



Le Club alpin du Canada

Rapport sur l'état des montagnes

Volume 2, mai 2019

Incendies de forêt :
causes, conséquences et
coexistence

Page 4

Vivre et respirer
le changement

Page 14



Le Club alpin du Canada

Rapport sur
l'état des
montagnes

Volume 2, mai 2019

Le Club alpin du Canada
C.P. 8040, Canmore, Alb.
T1W 2T8 Canada
Téléphone : 403 678-3200
Télécopieur : 403 678-3224

info@alpineclubofcanada.ca
www.alpineclubofcanada.ca

Données de catalogage avant
publication (Canada)
The Alpine Club of Canada's
State of the Mountains Report

Rédaction :
Lael Parrott
Zac Robinson
David Hik
Conception graphique : Zac Bolan
Traduction : Jean-Phillippe Gravel
ISBN : 978-0-920330-75-3

© 2019, Club alpin du Canada
Tous droits réservés. Aucune
partie de ce livre ne peut être
copiée ou reproduite sans
l'autorisation de l'auteur ou du
sujet.

Photo page couverture :
Nelson 2017.
Photo Adrian Wagner Studio
Deuxième de couverture :
Lumière du soir sur la cascade
au CGA du Glacier Hallam.
Photo Mary Sanseverino



Sommaire

Avant-propos
Lael Parrott, Zac Robinson et David Hik 2

En couverture

Incendies de forêt : causes, conséquences et coexistence
Lori Daniels 4

Vivre et respirer le changement : un point de vue Tutchone du sud sur le climat et la recherche
Tosh Southwick et Kate Ballegooyen 14

Faits saillants

Montagnes et populations humaines

Le programme de sécurité de Parcs Canada porte sur la prévention et l'intervention
Conrad Janzen 18

La collaboration entre exploitants et touristes pourrait soutenir la durabilité du tourisme alpin
Elizabeth A. Halpenny 20

Fondements passés et futurs : le système de refuges du Club alpin du Canada
James Gudjonson 23

Fonte rapide des bancs de glace pérenne aux monts Selwyn et Mackenzie, TNO
Glen MacKay, Leon Andrew, Naomi Smethurst et Thomas D. Andrews 26

Vie dans les montagnes

Le caribou des montagnes du sud au parc national Jasper
Layla Neufeld 29

Les mammifères des versants montagneux
Jason T. Fisher et Alina C. Fisher 32

La température aquatique importe aux migrations de saumon rouge au fleuve Fraser
Mike Lapointe, David Patterson, Maxine Forrest, Kendra Robinson et Angus Straight 34

Le dendroctone du pin invite à repenser nos priorités
Felix Sperling 38

Le « sang des glaciers » : un Sérenguéti microscopique
Casey B. Engstrom et Lynne M. Quarmby 40

Montagnes physiques

Naissance d'une chaîne de montagnes aux Appalaches de Terre-Neuve
John W. F. Waldron 42



Avant-propos

La lueur dorée chez soi au Camp général d'alpinisme du CAC de 2018, au glacier Hallam.
Photo Mary Sanseverino

Les montagnes sont des ressources naturelles et culturelles majeures.

Le Club alpin du Canada (CAC), l'organisation alpine nationale du Canada, se dévoue à renseigner de manière accessible, actuelle et exacte au sujet des forces qui influent sur les lieux de montagne, leurs écosystèmes et leurs collectivités. Ce Rapport sur l'état des montagnes annuel a été produit par le CAC avec la collaboration de chercheurs, de membres de communautés et d'organisations partenaires. Notre reconnaissance va aux nombreux experts qui ont généreusement partagé leurs réflexions et leurs points de vue, ainsi qu'à la Société géographique royale du Canada et à la revue *Canadian Geographic* pour leurs efforts soutenus pour la diffusion de ce rapport.

La variété des montagnes du Canada définit en grande partie l'identité du pays. Elles lui fournissent des ressources naturelles et économiques cruciales comme l'eau, la biodiversité, la forêt et des activités récréatives. Elles constituent aussi le foyer de plusieurs populations habitant des petites communautés éloignées. Or, des changements locaux et planétaires affectent ces lieux d'une manière qui n'est pas encore bien comprise. Le Rapport sur l'état des montagnes du CAC voudrait recueillir et partager les meilleures connaissances disponibles concernant les montagnes Canadiennes, d'un océan à l'autre.

Plusieurs évaluations mondiales documentent les principaux facteurs de stress auxquels sont confrontées les montagnes de la planète. Par exemple, un nouveau rapport de la Plateforme

intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES en anglais), parue en mai 2019, résumait exhaustivement la santé en déclin des écosystèmes du monde. Les montagnes sont indispensables au maintien de la biodiversité et de services écosystémiques dont les gens et toutes les espèces dépendent. Des organismes comme la Mountain Research Initiative (<http://www.mountainresearchinitiative.org>) promeuvent la recherche sur les changements internationaux dans les régions montagneuses, cherchant à améliorer la collaboration mondiale.

La recherche et l'éducation alpine obtiendront aussi de nouvelles ressources au Canada. Le 16 avril 2019, les réseaux fédéraux des Programmes des centres d'excellence ont annoncé que le Réseau canadien des

montagnes recevrait un financement de 18,3 millions \$ en cinq ans (2019–2024). Avec ces fonds, le RCM espère développer de nouveaux programmes collaboratifs visant à repérer et réagir aux conditions changeantes des montagnes canadiennes. Le Rapport sur l'état des montagnes de 2020 fournira davantage d'informations à son sujet, mais vous pouvez visiter leur site Web pour en savoir plus (<http://canadianmountainnetwork.ca>).

Le présent Rapport sur l'état des montagnes s'ouvre avec l'article de fond du Dr Lori Daniels, une de nos plus éminentes expertes en feux incontrôlés by de forêt. Au cours des deux dernières années, de nombreux grands incendies ont brûlé des millions d'hectares de forêt montagneuse de l'Ouest canadien. La fumée résultante suffoqua la C.-B. et l'Alberta des semaines entières durant l'été, cachant la vue aux visiteurs venus contempler les sommets des Rocheuses et de la chaîne Columbia. Les conséquences de ces feux sont sérieuses pour les écosystèmes et les communautés de ces montagnes, et le Dr Daniels résume les facteurs qui ont contribué à ces grands incendies, dont des décennies de politique d'extinction des feux et de changements climatiques. Mais elle fournit aussi avec optimisme des directives pour une meilleure gestion des feux et pour une résilience forestière et communautaire améliorée devant les incendies présents et à venir.

Nous présentons aussi une suite à l'article de fond du précédent Rapport, qui décrivait les transformations graves qui surviennent lorsque le recul des glaciers altère le cours des rivières et leurs bassins hydrographiques. Tosh Southwick et Kate Ballegooyen apportent un point de vue tutchone du sud sur la recherche et le climat dans le sud-ouest du Yukon en décrivant les impacts quotidiens du changement climatique sur la vie des peuples des communautés autochtones éloignées et la pertinence des savoirs autochtones pour comprendre l'importance de ces changements.

Le Rapport 2019 sur l'état des montagnes comprend dix autres faits saillants. Vous pourrez y lire sur la biodiversité, de la petite à la grande échelle, des algues des neiges et des dendroctones du pin jusqu'aux caribous et aux ours. L'expérience personnelle des montagnes canadiennes intéresse nombre d'autres contributions, comme les défis du tourisme durable,

le réseau de refuges du CAC, et le programme de sécurité de Parcs Canada. Vous pourrez aussi vous informer sur la formation des montagnes et la naissance des Appalaches terre-neuviennes, et les conséquences dues à la perte des bancs de glace pérenne dans les Territoires du Nord-Ouest.

Nous espérons que ces aperçus, de concert avec le Rapport de 2018 et nos futurs rapports annuels, seront pour vous une source importante d'informations sur les montagnes canadiennes.

Lael Parrott, Zac Robinson et David Hik
Mai 2019

Lael Parrott est vice-présidente du CAC en accès et environnement, professeure titulaire et directrice à l'institut de biodiversité, résilience et services écosystémiques à l'Université de la Colombie-Britannique, Okanagan.

Zac Robinson est vice-président du CAC en culture de montagne et professeur agrégé d'histoire à la Faculté d'éducation physique et de loisirs de l'Université de l'Alberta.

David Hik est professeur à la Faculté des sciences biologiques et doyen adjoint à la faculté des sciences de l'Université Simon Fraser.

Plusieurs évaluations mondiales documentent les principaux facteurs de stress auxquels sont confrontées les montagnes de la planète.

De gauche à droite : David Hik, Lael Parrott et Zac Robinson – 2018.
Photo Mary Sanseverino



Incendies de forêt : causes, conséquences et coexistence



Incendie de forêt à Syringa Creek, 2018. Photo Ashley Voykin

Lori Daniels

L'incendie de forêt est devenu un problème diabolique – complexe, exigeant, richement paradoxal. Au cours des étés 2017 et 2018, des feux intenses, rapides et incontrôlables ont battu des records en consommant 2,5 millions d'hectares de forêts et de prairies en Colombie-Britannique (figure 1). Les feux de 2017 ont brûlé sous un climat propice aux incendies qui a battu 85 records de chaleur, forcé l'évacuation de 65 000 personnes et imposé un état d'urgence de 70 jours.¹ De nombreux grands feux brûlèrent à l'intérieur du sud de la C.-B., où le complexe du Plateau franchit un nouveau record quand près de 20 incendies fusionnèrent pour brûler 545 151 hectares dans la région de la côte Cariboo-Chilcotin. Que les incendies de 2018 battent les records d'étendue établis en 2017 était stupéfiant. À l'apogée de la saison des incendies de 2018, 566 feux brûlaient simultanément. Répartis à travers les six points sensibles de la C.-B., 49 feux étaient nettement visibles ou présentaient une éventuelle menace à la sécurité publique. En 2017, plus de 20 000 personnes furent sous alerte d'évacuation pour de longues périodes, plusieurs devaient quitter leur foyer et, malheureusement, nombre d'habitations furent perdues. Ensemble, les grands feux du nord-ouest de la C.-B. brûlèrent plus de 575 000 hectares de forêt subboréale et produisirent une fumée qui fit de la qualité de l'air dans l'Ouest canadien la plus risquée au monde pendant plusieurs journées en août (figure 2). Le soulagement de ces feux incontrôlés dépendait des pluies saturantes de l'automne.

Ces saisons des feux extrêmes de 2017-18 dans les forêts alpines de la Cordillère canadienne ne sont pas isolées. Elles participent d'une tendance planétaire où les régions brûlées s'agrandissent et où le comportement extrême des feux crée des méga-incendies aux coûts écologiques, sociaux et économiques exorbitants, comme nous avons pu le voir récemment de l'Ontario à

la Colombie-Britannique, mais aussi aux É.-U., en Argentine, au Chili, en Nouvelle-Zélande, en Australie, en Indonésie, en Inde, au Portugal, en Grèce, en Espagne, en Italie, en France...^{2,3} Dans l'Ouest canadien, les vagues de chaleur record du printemps et du début de l'été indiquent depuis 15 ans que la saison des feux commence plus tôt et que les sécheresses estivales sont plus

longues et sévères — signes de notre nouvelle réalité en temps de changements climatiques et des liens fondamentaux qu'entretiennent la chaleur et la sécheresse avec les feux de forêt. Les saisons des feux ne battront pas toutes des records, mais la fréquence de saisons similaires à 2017 et 2018 augmentera au cours de notre vie. Et nous savons aussi que nos forêts alpines et les collectivités qui s'y trouvent sont peu résistantes aux incendies et que s'y adapter est un besoin urgent.⁴

Une force naturelle complexe et variée

Une première et nécessaire étape vers une adaptation efficace serait de comprendre les incendies forestiers. Ceux-ci remplissent une fonction écosystémique essentielle et sont une force évolutive qui a maintes fois modelé l'écologie des arbres, des plantes et de la faune. Le climat, la topographie et les caractéristiques de la végétation et des combustibles déterminent l'intensité, le taux de propagation et le comportement de chaque feu de forêt. Ces feux comprennent trois catégories générales : les feux de profondeur, qui brûlent les matières organiques sous la surface du sol; les feux de surface, qui consomment les matières organiques en décomposition et la végétation basse en surface du sol, et les feux de cime, qui se répandent parmi les faîtes des arbres. La gravité de l'impact sur la végétation reflète le type, l'emplacement, l'heure et la durée du feu, ainsi que les conditions météo et les contributions du hasard. Un régime d'incendies décrit les attributs spatiaux et temporels de nombreux feux dans un paysage au cours du temps. Les incendies forestiers peuvent interagir avec d'autres perturbations, comme les dendroctones du pin, de façon additive ou synergique. De nouvelles perturbations et autres surprises écologiques peuvent découler de la chronologie et l'enchaînement des événements.

Dans les latitudes boréales et tempérées, les régimes d'incendie historiques ont varié le long de gradients environnementaux reflétant les interactions entre le climat et la topographie, qui déterminent les types de végétation (figure 3). Les déserts arides occupent les environnements les plus secs, situés souvent dans les zones d'ombre pluviométrique (les versants protégés du vent et de la pluie) des chaînes de montagnes. Bien qu'un climat chaud et sec soit un moteur de combustion, la végétation discontinue empêche les incendies de se propager. L'effet des rares incendies

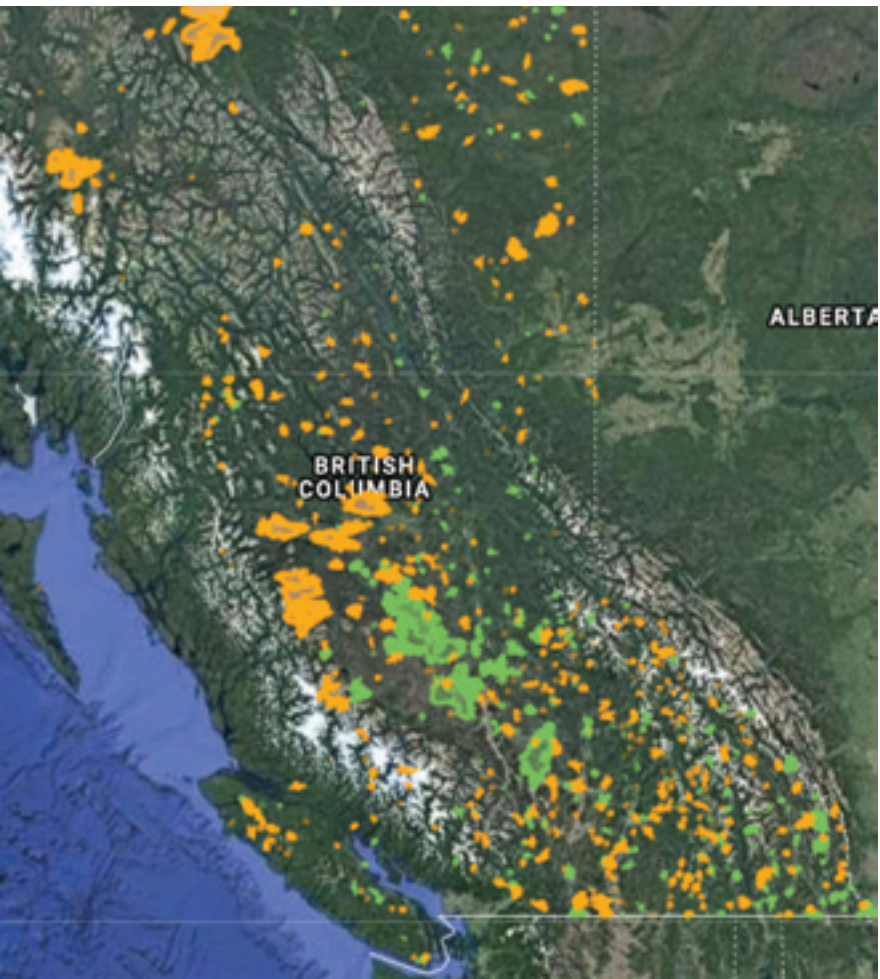
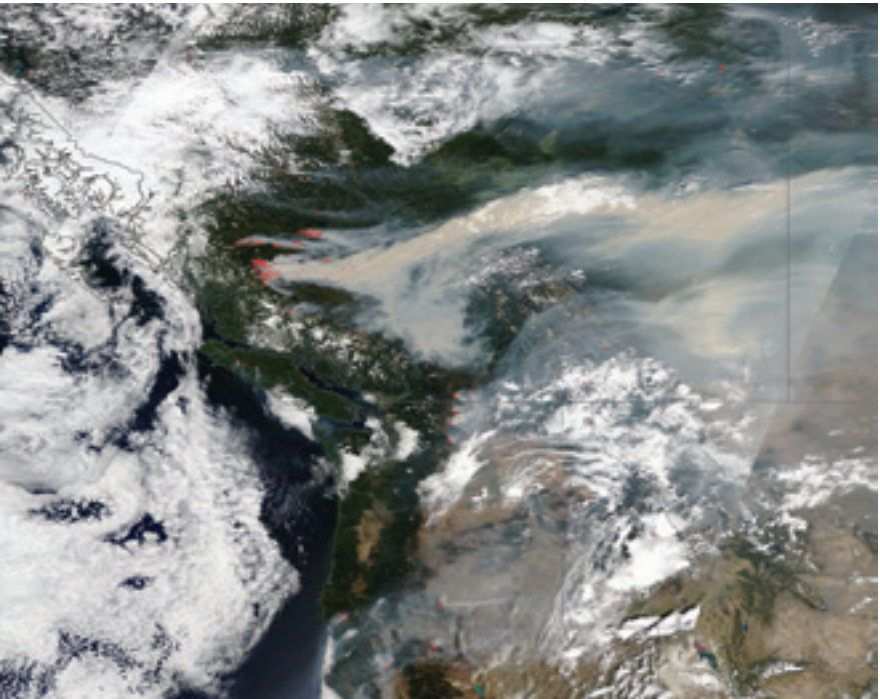


Figure 1 — Les incendies de forêt ont brûlé 2,5 millions d'hectares en 2017 (en vert) et 2018 (orange) des prairies aux forêts subalpines et des forêts boréales aux forêts pluviales tempérées côtières (source : <https://emergency-maps.lightship.works/>)

Figure 2 — Vue satellite de la fumée causée par les incendies de Colombie-Britannique le 17 août 2018, causant une des pires qualités d'air au monde (source : NASA WorldView <https://go.nasa.gov/2SbCF2n>).





s'avère très élevé sur les plantes indigènes, peu adaptées au phénomène. À l'opposé, les forêts pluviales tempérées du littoral croissent dans les environnements les plus humides sur le côté venteux des chaînes de montagnes. Ces forêts fertiles ne sont vulnérables aux feux de cime qu'en temps d'extrême sécheresse. Par conséquent, les incendies y sont rares, mais peuvent être graves vu l'abondante végétation exposée au feu.

Dans les montagnes, les régimes des feux varient selon les dénivelés allant du fond des vallées chaudes et sèches jusqu'aux environnements alpins neigeux et froids. Bien que des incendies diversement sévères ont historiquement brûlé à toutes ces hauteurs, la sévérité des feux croît généralement avec l'altitude. Historiquement, les feux de surface fréquents laissaient croître les prairies et les régions boisées dans les fonds des vallées où le climat estival chaud et sec est généralement propice à la combustion. Les courts intervalles séparant les feux de surface, habituellement moins de 10 à 25 ans, limitaient l'accumulation de combustible, de sorte que la gravité des feux demeurait basse. Les herbes, plantes herbacées, arbustes et certains arbres sont adaptés aux feux de surface en accumulant de la biomasse et des tissus régénératifs sous le sol. Les racines épaisses et isolantes protègent la croissance des tissus. Certains arbres sont endommagés, mais survivent, formant de fines cicatrices dans leurs cernes de croissance qui témoignent des feux de surface passés. Des feux répétés à haute fréquence ou peu sévères entretenaient les structures forestières et les charges de combustible — une rétroaction qui perpétuait le régime des feux de surface.

Les feux de cime intenses brûlent à de longs intervalles de cent à deux cents ans dans les forêts subalpines de haute altitude, semblables à plusieurs forêts boréales et subboréales du Canada. Dans ces forêts, le climat local influence fortement la fréquence et l'intensité des feux par des configurations de saisonnalité, de température et de précipitation. Avec les étés brefs et frais du climat mésique en haute altitude, la poussée des arbres et l'accumulation des combustibles se font lentement. Les sécheresses rendent vulnérable au feu la végétation des forêts subalpines adultes. Sous des conditions venteuses, le blocage persistant des

Incendie de forêt à Syringa Creek, 2018.
Photo Ashley Voykin

systèmes de haute pression entraîne un climat chaud et sec particulièrement propice aux feux de cime. Et bien que la gravité de ces feux tue la plupart des arbres, les arbres survivants et les vestiges fournissent des refuges naturels et des semences à une prochaine génération de forêt. La régénération naturelle forme des forêts équiennes (d'âge uniforme). Dans le temps et l'espace, les feux de cime périodiques diversifient la composition, la structure et les combustibles forestiers. Ils influencent aussi le comportement du feu et créent des pare-feux naturels qui perpétuent la diversité du paysage et les effets variables du feu.

On considère les forêts alpestres de moyenne altitude comme les plus complexes et variées, ce qui reflète la sévérité variable de leurs régimes des feux. À travers l'histoire, des incendies de gravité basse à moyenne brûlaient environ chaque 25 à 60 ans, diminuant les combustibles de surface et la densité du sous-étage arboré, cicatrisant les arbres et créant de petites ouvertures où de nouveaux arbres pouvaient s'établir. Les incendies plus graves brûlaient par intervalles allant de 60 ans à plusieurs siècles, générant des portions de forêt équienne. Lors d'un incendie unique sur plusieurs paysages, des portions de forêt brûlaient simultanément à des gravités variables. Dans la durée, cette gravité variable ajoutait à la complexité de la forêt alpestre.

Une « science des cernes » pour l'histoire des feux

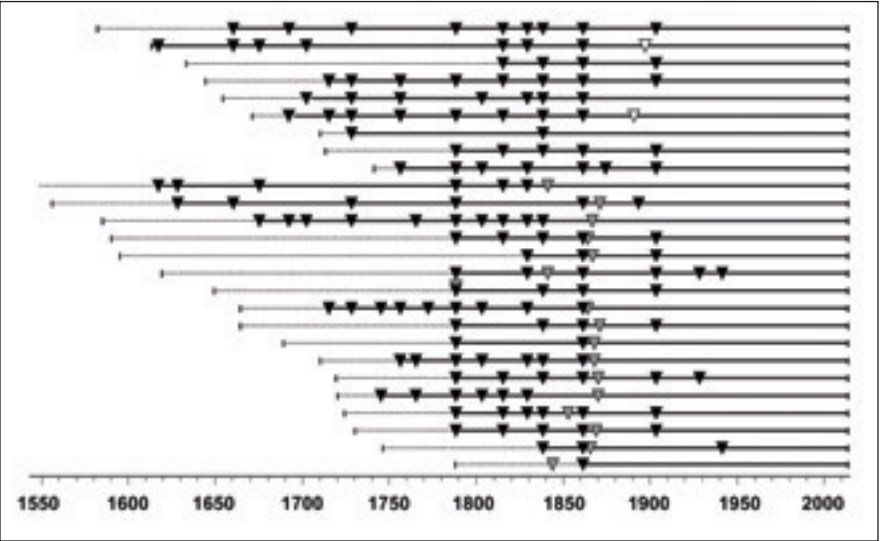
Surface Les feux de surface et de cime ayant des impacts différents sur les forêts, plusieurs pistes d'enquête se combinent pour reconstituer l'histoire des feux. L'analyse des cernes de croissance des arbres aide à comprendre historiquement les régimes des feux de gravité basse et mixte qui incluaient généralement les feux de surface.^{5,6} Les cicatrices de feu de chaque arbre, chicot, grume ou souche témoignent directement des feux de surface de basse gravité qui ont endommagé l'arbre sans le tuer (figure 4). Âgés, les « arbres-vétérans » peuvent comprendre des cicatrices de feux survenus à des siècles de distance. Une méthode appelée « interdatation » (voir l'encadré) permet de déterminer l'année précise de l'incendie : la compilation des dates des cicatrices des arbres d'une forêt produit une archive historique de la survenue, du calendrier et de la fréquence des incendies (figure 5). Le recoupement de l'âge des arbres, de leur historique de croissance et de l'année de leur mort corrobore le calendrier



et la sévérité inférés des feux. Dans un seul feu, des espèces à écorce mince, de petits arbres en régénération et même de grands arbres à l'écorce épaisse sont tués, créant des ouvertures que des repousses d'arbres colonisent par la suite. En définitive, les feux de surface successifs génèrent des forêts complexes et hétérogènes parmi les

Figure 3 — Les cicatrices d'incendie témoignent de feux de surface de basses gravités qui, par le passé, ont endommagé les arbres sans les tuer. En recoupant les motifs des cernes de croissance des arbres, l'interdatation permet de déduire que ce mélèze occidental établi en 1682 et décédé en 1957 a survécu à 6 incendies durant sa vie. (source : Jamie Myers)

Figure 4 — L'historique des incendies de la forêt expérimentale Alex Fraser (Université de la C.-B.) près du lac Williams, C.-B., montre que des feux ont brûlé une année sur 15 de 1650 à 1943, sans incendie depuis lors. Chaque droite horizontale représente l'un des 26 sites. La longueur des droites représente la durée de vie des arbres les plus âgés échantillonnés sur le site. Les triangles noirs indiquent les années marquées par des cicatrices dues à des feux de surface; les triangles verts et blancs sont des années où des groupes d'arbres se sont établis. 76 p. cent des arbres se sont établis à la suite de l'incendie de 1863, le plus étendu de tous (source : Wesley Brookes, MSc thesis, UBC-Vancouver).



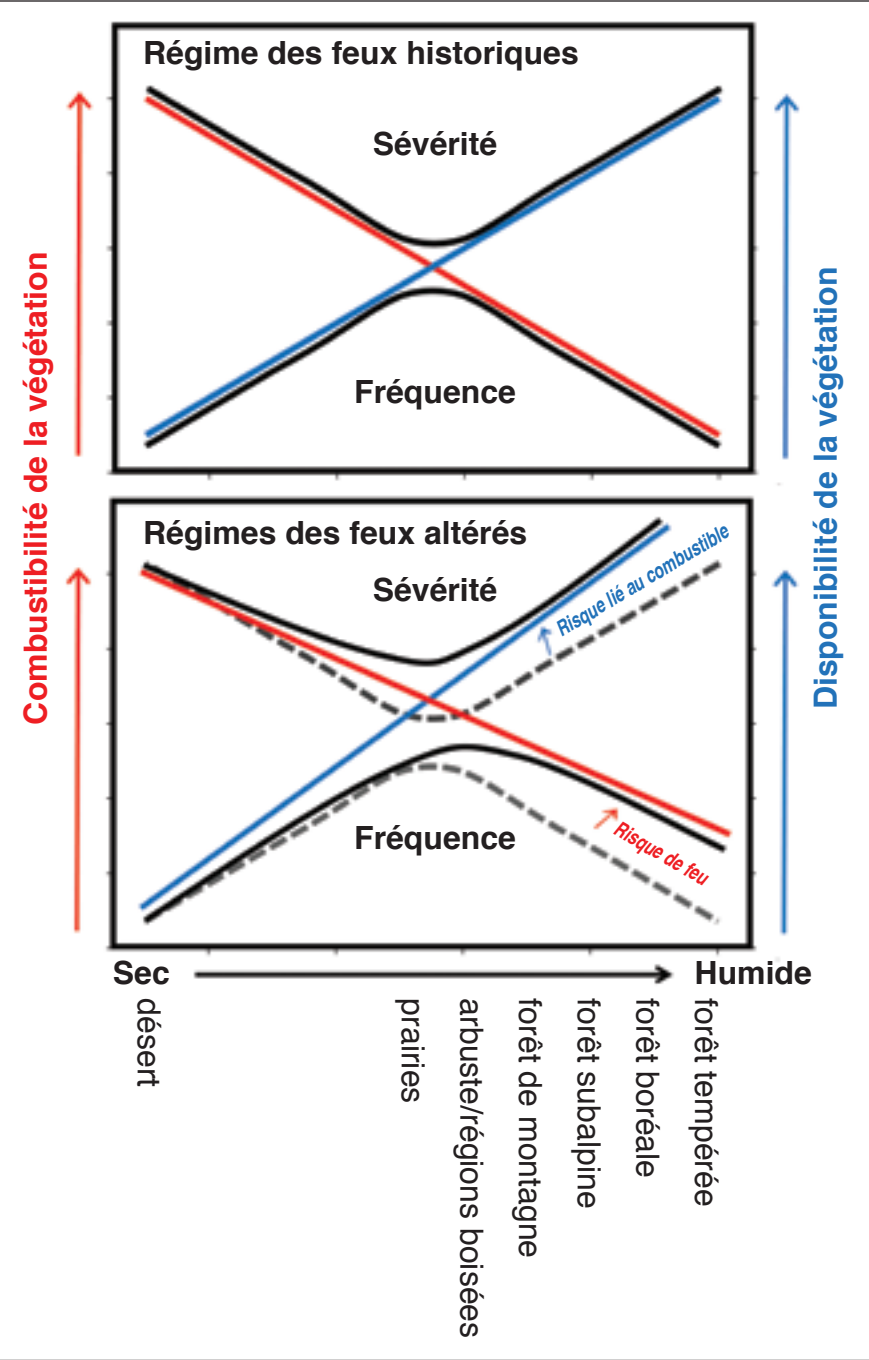


Figure 5 — Dans les régimes d'incendies historiques (carré supérieur), la fréquence et la gravité des feux étaient inversement liées et variaient le long de gradients environnementaux influençant la combustibilité (en rouge) et la disponibilité (en bleu) de végétation inflammable dans un écosystème. Les impacts humains et les changements climatiques ont altéré les régimes d'incendies (carré inférieur). L'extinction des feux et les décès d'arbres dus à la sécheresse et au dendroctone du pin font que les dangers liés aux combustibles s'accumulent. Les risques d'incendie augmentent avec l'assèchement de la végétation, plus vulnérable au feu durant les sécheresses prolongées ou sévères.

paysages, avec une vaste étendue d'arbres d'âge et de formats variés. À l'inverse, les arbres qui se régénèrent à la suite d'un feu de cime grave sont d'un format et d'un âge similaires, avec peu d'arbres-vétérans ou cicatrisés par le feu. Dans les paysages aux régimes des feux de haute gravité, les feux de cime créent une mosaïque de forêts nettement délimitées dans le temps par des feux différents. Enfin, des preuves indépendantes comme des témoignages oraux, des pièces documentaires, des photographies, la chimie du sol et la présence de charbon et de pollen dans les sédiments lacustres sont recherchées pour corroborer l'historique des feux de surface et de cime reconstitué à partir des cicatrices des arbres.

Conséquences des régimes de feux perturbés : le paradoxe de l'extinction des feux

De fortes preuves montrent que les régimes des feux sont perturbés depuis le 20^e siècle (figure 5). Le degré de perturbation varie selon le régime historique des feux. Les feux de surface dans les fonds de vallées et les forêts alpestres du Canada ont pratiquement été éliminés, comme dans les autres forêts de l'ouest de l'Amérique du Nord⁵. Nos données sur les cicatrices d'incendie montrent constamment que les feux de surface fréquents ont cessé entre la fin du 19^e et la moitié du 20^e siècles⁶⁻¹⁰ : un résultat de la colonisation européenne couplée aux variations climatiques et à la gestion actuelle des incendies. L'attribution de terres aux colons éloigna les peuples autochtones de leurs territoires traditionnels tandis que des lois contre les feux d'origine humaine diminuaient les pratiques culturelles impliquant le feu.¹¹ L'utilisation des terres à des fins d'agriculture et d'élevage changea la distribution et la continuité des combustibles et réduisit la propagation des feux. Régionalement, la fraîcheur et l'humidité relative des années 1940 à 1970 furent propices aux incendies.¹²⁻¹³ Mais le plus grand facteur reste probablement la détection systématique et l'extinction active des feux de forêt assistés par l'évolution technologique.

Le « paradoxe de l'extinction des feux » reflète les effets négatifs de cette approche sur la diversité, la santé et les combustibles forestiers (figure 3). La perception sociétale du feu de forêt comme force de destruction a justifié une gestion coercitive des feux. Avant l'an 2010, la mission du Service de lutte contre les incendies en C.-B. était de « contrôler les feux de forêt et fournir des actions d'urgence afin de protéger la vie et les biens, particulièrement les prairies et les forêts (p.7) ». ¹⁴ Accomplissant sa mission, le programme de protection a détecté et étouffé 92 p. cent des feux de forêt moins de 24 heures suivant l'allumage, et ce, avant que leur étendue n'excède quatre hectares. Après plusieurs décennies, ces réussites ont cependant entraîné des conséquences imprévues. Avec l'extinction croissante des feux de surface faciles à contrôler, les arbres se mirent à empiéter sur les prairies et la densité des forêts s'accrut. Sans feux de surface périodiques, les arbres de sous-bois qui tolèrent l'ombre, mais pas le feu, forment des « combustibles étagés » qui conduisent les feux de surface vers les cimes. Avec l'accumulation en surface des combustibles dangereux, cette structure modifiée de plusieurs forêts augmente les risques

de feux de cime graves et suscite l'inquiétude sur leurs capacités de résilience quant aux incendies actuels.^{6-10, 15}

Les impacts humains sur les régimes de feux graves dans les forêts boréales et subalpines sont plus subtils et certains chercheurs ont considéré ces impacts humains comme mineurs parce que la période d'étouffement est plus courte que l'intervalle moyen entre les feux de cimes.¹⁶ Aussi, des feux de cimes continuent de brûler dans plusieurs endroits au pays, spécialement sous un climat chaud, sec et venteux ou dans les endroits éloignés au nord de la zone des forêts aménagées.¹⁷ En C.-B., pendant les décennies où l'on tentait d'étouffer tous les incendies, les forêts mûrissaient en formant des combustibles uniformes dans les paysages. Le haut rendement d'abattage des grands arbres au début des années 1900, suivi par la foresterie industrielle et la régénération des forêts de conifères, ont aussi simplifié et uniformisé l'état des forêts. Depuis les années 2000, les forêts matures présentent un habitat de choix aux dendroctones du pin, maintenant présents sur 18,1 millions d'hectares en C.-B. et se propageant à l'est des Rocheuses jusqu'en Alberta.¹⁸ Les insectes augmentèrent la proportion d'arbres morts et les « coupes de sauvetage » ajoutèrent à l'abondance des combustibles de surface, qui contribuèrent aux incendies extrêmes de 2017-18 en C.-B. Les combustibles abondants et uniformes, avec le climat chaud, sec et venteux créèrent des incendies rapides et imprévisibles, difficiles à contenir et réprimer, causant de graves impacts (Figure 3).

Incendies et changement climatique

Les changements climatiques exacerbent les incendies de forêt de plusieurs façons ¹⁹⁻²², les conséquences directes des nouveaux records de chaleur, des sécheresses prolongées et les grands risques d'incendie à l'origine de feux rapides et intenses étant les plus évidentes (figure 3). En C.-B. durant l'été 2017, 85 records de chaleur furent atteints, pendant que les codes de sécheresse et de temps violent propices au feu se multipliaient. Récemment, des recherches de pointe sur les incendies de 2017 avançaient le taux de probabilité de plus de 95% p. cent que ces records de chaleur étaient dus à l'activité humaine.²³ La météo propice au feu y avait triplé et la superficie de terrain brûlée était neuf fois plus grande. Indirectement, le changement climatique affecte aussi les allumages par la foudre et la durée des saisons d'incendies. Plusieurs des incendies de forêt en 2017-18 ont commencé quand des milliers d'éclairs



Incendie de forêt à Peachland, 2018. Photo Jason Lehoux Photography

de foudre sèche déclenchèrent entre 100 et 180 feux sur des périodes de 1 à 3 jours. Ces tendances inquiètent, puisqu'une augmentation de 12 p. cent d'éclairs est prévue pour chaque degré Celsius de réchauffement²⁴, malgré un pourcentage variable selon les régions.²⁵ Le climat hivernal a aussi de l'influence sur les incendies forestiers. Des hivers plus tempérés mènent à des manteaux neigeux plus minces, une fonte des neiges et une saison des feux commencés plus tôt, et aggravent les sécheresses estivales.²⁶ Ces conséquences différées de l'hiver contribuent à une activité renforcée des incendies à la suite des hivers chauds d'El Niño et l'augmentation de la superficie brûlée dans l'ouest des États-Unis (liée à la précocité des printemps depuis les années 1980²⁶), et font prévoir des risques de feu extrêmes, des saisons d'incendies plus longues et des feux plus fréquents et plus graves dans l'ouest du Canada.¹⁹⁻²²

Les incendies de forêt sont animés par le changement climatique et y contribuent. Les feux de 2017-18 ont émis 120 et 175 mégatonnes de dioxyde de carbone dans l'atmosphère²⁷ — soit deux et trois fois plus d'émissions que les montants annuels normaux pour toute la C.-B.²⁸ Selon la prévision de feux plus fréquents et sévères, les courts intervalles entre ces feux produiront en moyenne des forêts plus jeunes et une baisse de la séquestration de carbone. Par ailleurs, les sécheresses estivales réduisent la survie des arbres en régénération et la croissance des arbres mûrs, et stimulent la mortalité des arbres sous la pression des sécheresses et des perturbations dues au climat comme les invasions d'insectes. En fait, des rapports récents indiquent que les effets combinés des incendies, du dendroctone du pin ponderosa et de l'exploitation font des forêts de la C.-B. une

Les incendies de forêt sont animés par le changement climatique et y contribuent.

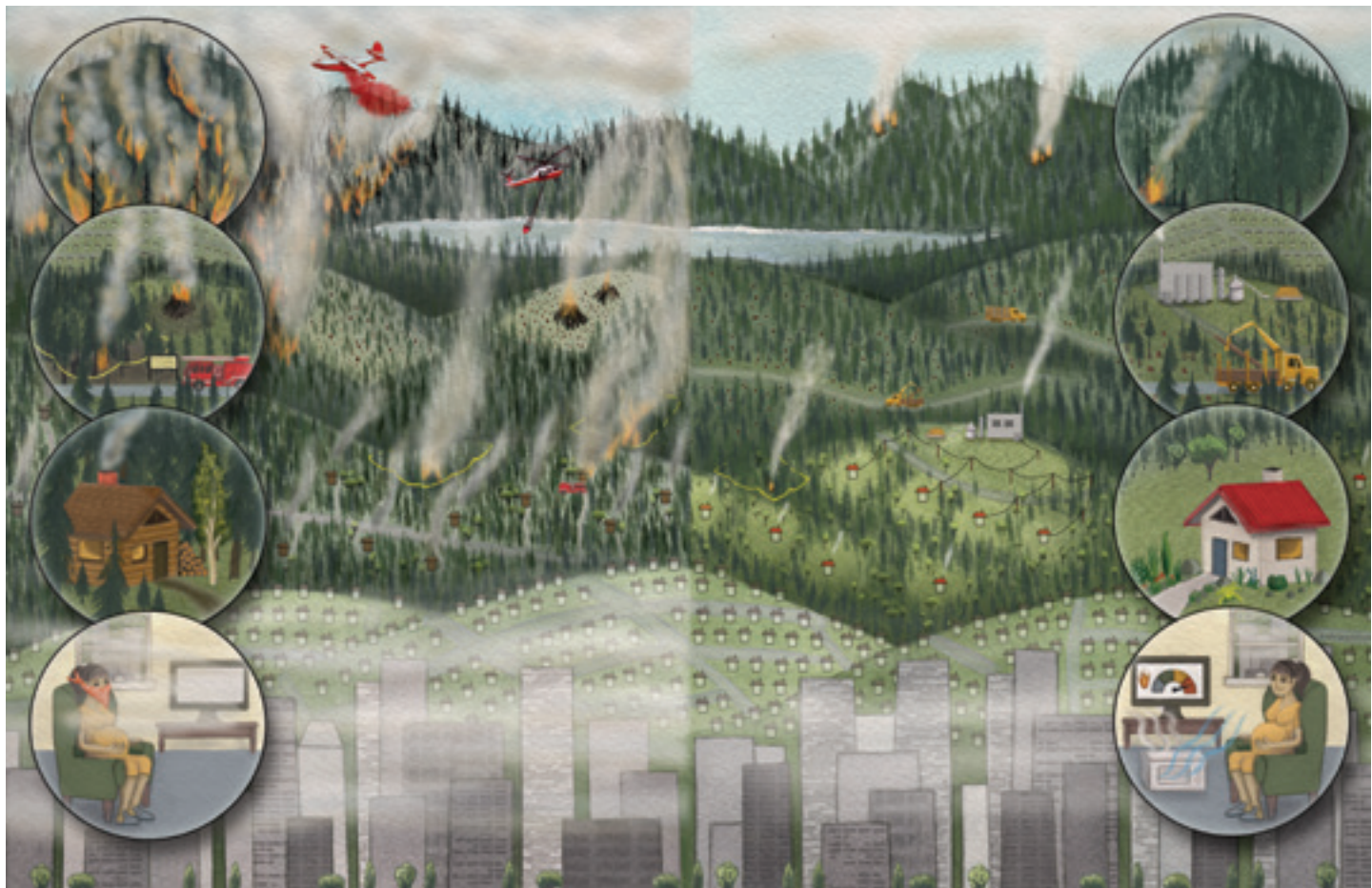


Figure 6. Passage d'une ère de méga-incendies (à gauche) à la coexistence avec le feu (à droite). Des changements transformateurs en gestion des incendies et de la forêt (ci-haut) et une participation accrue des citoyens et des propriétaires à FireSmart (ci-bas), pour que notre société s'adapte aux incendies de forêt et au changement climatique, sont indispensables (illustration : Jen Burgess / @isolinestudios; source : Bowman et. coll. 2018, Fire, 1, 27).

source nette de carbone atmosphérique plutôt qu'un puits.^{28, 29} Une quantité plus élevée de gaz à effet de serre conduit à plus de réchauffement et plus de risques d'incendie ou de feux liés au carburant. Cette rétroaction souligne le besoin d'atteindre (et, préférablement, de dépasser) à long terme les objectifs internationaux d'émissions de carbone et d'atténuer à court terme les émissions dues aux incendies de forêt incontrôlables.

Coexister avec le feu : un changement transformateur

La gestion des incendies et des forêts nécessite des changements transformateurs essentiels pour réaliser la résilience des forêts et des communautés aux incendies présents et futurs⁴ (figure 6). En 2012, la mission du Service de lutte contre les incendies de la C.-B. s'est élargie pour favoriser la durabilité, la santé et la résilience des écosystèmes en plus de la protection des

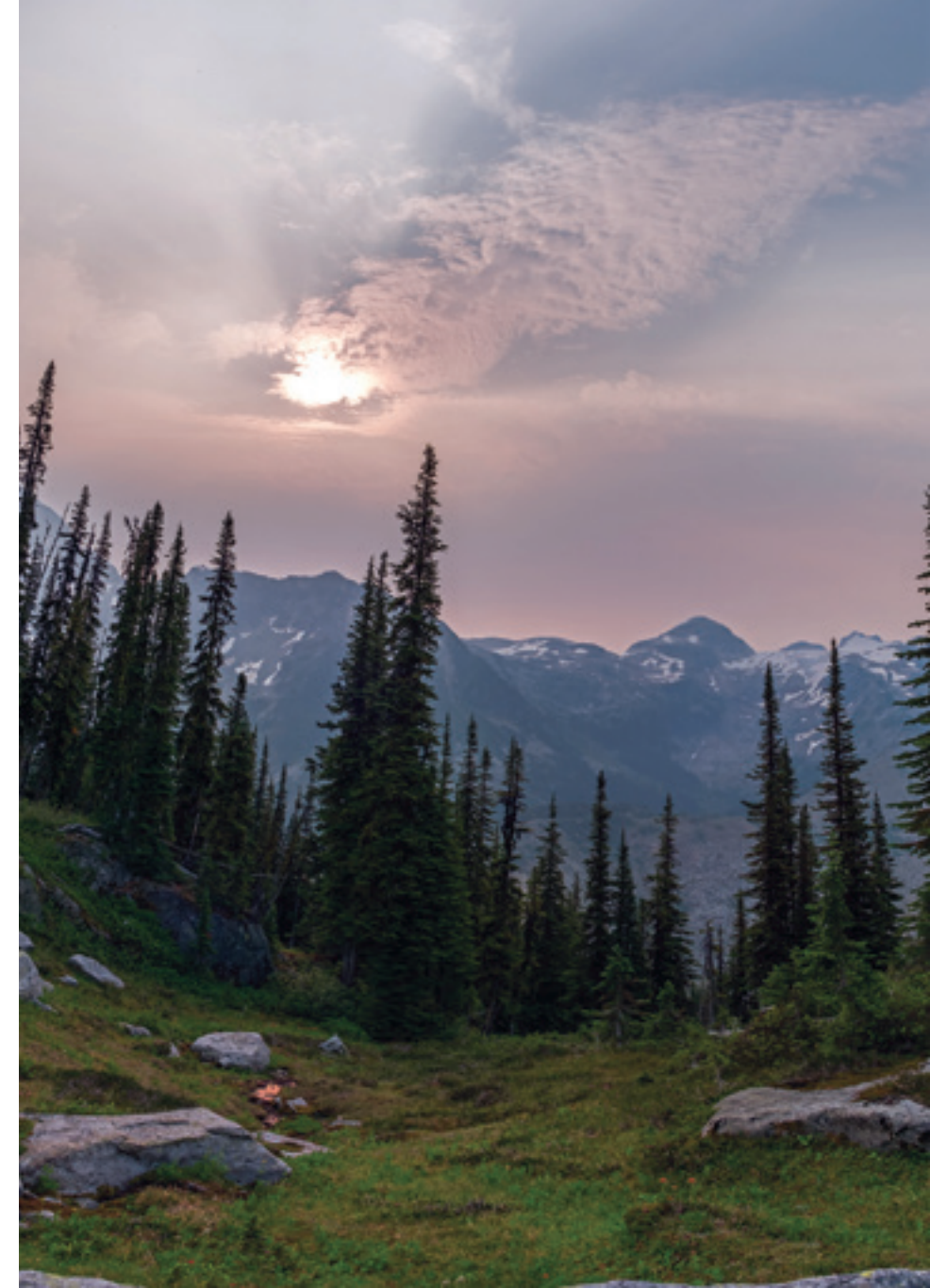
vies et des biens à risque.³⁰ Malgré leur apparence contre-intuitive, des solutions à long terme doivent inclure les feux dans le paysage. Les incendies contrôlés, par exemple, sont une stratégie qui permet aux feux de brûler s'ils ne mettent pas la vie et les propriétés en péril. Ces feux de forêt jouent un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes dans les paysages naturellement inflammables. Ils réduisent et diversifient efficacement les combustibles, créent des garde-feu naturels, et atténuent les risques d'incendies futurs incontrôlables.

La gestion proactive de la végétation est un substitut aux feux de forêt plus proche des communautés où l'on étouffe encore les incendies. En fait, la gestion de la végétation est l'un des sept piliers du programme *FireSmart*, conçu pour les Canadiens habitant des environnements exposés au feu (voir l'encadré). Dans les

zones périurbaines, les chances d'étouffer un feu augmentent quand les combustibles de surface et étagés sont réduits et que la voûte forestière est dégagée par l'éclaircissage et l'émondage des arbres. La structure forestière qui en résulte est moins encline aux feux de cime et crée un espace défendable utile aux pompiers en cas d'incendie. C'est pourquoi toutes les communautés que la forêt entoure profiteraient d'une gestion proactive de la végétation pour atténuer les combustibles à risque, qu'importe le genre de forêt et le degré de perturbation aux régimes de feux historiques qui en résultent.

Sous les bonnes conditions, le feu peut faire plus de bien que de mal — le brûlage dirigé étant l'exemple ultime où le feu aide à combattre le feu.³¹ Des « ordonnances » soigneusement planifiées sont uniquement réalisées sous les bonnes conditions météorologiques pour atteindre les résultats voulus sur le comportement du feu et s'assurer que la fumée monte et se disperse. Les brûlages extensifs sont pratiqués sur une région, tandis que les brûlages de « tas » réduisent en des lieux discrets et limitent la propagation du feu. Combiné à l'éclaircissage des forêts, le brûlage dirigé extensif est très efficace pour diminuer les combustibles de surface et les risques de feux de cime. Le brûlage extensif s'est montré efficace pour restaurer les écosystèmes vulnérables au feu. Par exemple, la gestion proactive des feux de plusieurs parcs nationaux canadiens pratique le brûlage dirigé pour rétablir l'intégrité écologique et améliorer la résilience du paysage.³² Depuis les années 1980, des spécialistes en gestion du feu et de la végétation ont réussi à employer l'incendie de forêt et le brûlage dirigé pour rétablir l'habitat faunique dans des forêts et des prairies, diminuer les risques d'incendie catastrophiques dans des forêts affectées par le dendroctone du pin, créé des pare-feu pour atténuer l'exposition des collectivités aux risques d'incendie, et réduire les combustibles dangereux près des localités, des sites historiques et des infrastructures essentielles.

Équilibrer les coûts et les bénéfices des brûlages dirigés est un enjeu de société. Les impacts de la fumée sur la qualité de l'air, la visibilité, la santé humaine et les émissions de gaz à effet de serre sont un compromis à l'avantage des brûlages dirigés.³³ Les émissions de fumée des brûlages dirigés sont de court terme et plus faibles que celles des feux incontrôlables et les citoyens peuvent en être avertis pour protéger leur santé.



Compte tenu de la grandeur et l'intensité des incendies forestiers et des terribles quantités de fumée qu'ils ont émises aux étés 2017-18, l'importance des brûlages dirigés extensifs se trouve en tête des pourparlers sur la gestion forestière et les incendies futurs.

L'impact socio-économique substantiel des incendies de 2017-18 a entraîné des discussions pour transformer la gestion forestière en C.-B. En effet, de ses 57 millions d'hectares de forêt, 22 constituent le « territoire de base » de son exploitation forestière.³⁴ Après la Seconde Guerre mondiale, une gestion uniquement axée sur le bois d'œuvre souhaitait développer une économie de ressources puissante et soutenir les communautés rurales. Soixante-dix ans après, de nombreux indices montrent qu'il en

Des cieux enfumés voilent le soleil matinal au Camp général d'alpinisme du CAC de 2017 au glacier Albert. Photo Mary Sanseverino

FireSmart guide les Canadiens sur les façons de se préparer et de vivre avec les feux de forêt. Les propriétaires résidentiels, les usagers de la forêt et tous les niveaux de gouvernement ont la responsabilité d'être bien préparés. Les sept disciplines de FireSmart sont l'éducation, la gestion de la végétation, la législation et la planification, les questions de développement, la coopération entre organisations, la planification des urgences, et la formation polyvalente. Pour en savoir plus, consulter firesmartcanada.ca (en anglais).



Incendie de Peachland, 2018.
Photo Jason Lehoux Photography

Pendant que notre
société s’adapte
au changement
climatique, il est
essentiel d’apprendre
à coexister avec les
incendies de forêt.

résulta des forêts plus vulnérables au changement climatique et ses perturbations. Par souci du profit économique, intéressé par l’état de certaines parcelles forestières seulement, les forêts sont devenues plus simples et homogènes, des fonctions écosystémiques essentielles ont été altérées, et la prise de conscience de ces impacts humains accumulés, lente à venir.

Un point de vue holistique sur le paysage, des changements transformateurs dans la gestion des forêts et des incendies sont maintenant nécessaires pour parvenir à la résilience des forêts et des communautés quant aux incendies de forêt présents et futurs.^{28, 29, 33} En C.-B., deux études pilotes sont conduites sur des paysages d’un million d’hectares, où contribue la science occidentale de l’historique des régimes de feux ainsi que les savoirs écologiques autochtones. Des plans innovateurs parlent d’incendies

contrôlés, de coupes d’éclaircie et de brûlages dirigés pour créer des pare-feu stratégiquement placés pour altérer le comportement du feu, spécialement près des collectivités. Diversifier la gestion forestière au-delà des seuls produits de bois d’œuvre impliquera une exploitation réduite dans certaines régions et la pratique d’une sylviculture plus variable pour les forêts aux structures et aux espèces plus diversifiées. Des incitatifs pour l’énergie verte et un usage plus grand de la biomasse sont nécessaires pour réduire la quantité de moyens et gros déchets de bois actuellement atténués par le « brûlage de tas ». Avec des charges diminuées de combustible, les brûlages extensifs dirigés réduiraient les petits combustibles de surface, créeraient des pare-feu et protégeraient les forêts en régénération, avec de faibles émissions de fumée. Nous avons besoin d’une vision à long terme pour les forêts qui se régènèrent après un feu ou une coupe. Par exemple, il peut être tentant de planter une grande densité d’arbres à croissance rapide pour séquestrer et stocker le carbone le plus rapidement possible, mais ces forêts denses ont contribué à la gravité des incendies récents. Dans plusieurs forêts, planter moins d’arbres et mélanger les espèces diminuera les tensions de la compétition et de la sécheresse, ainsi que l’accumulation de combustibles dangereux pendant que la forêt mûrit. En pareil cas, « le moins est le mieux » pour accroître la survie des arbres et la résilience forestière dans notre monde en réchauffement.

Message à conserver

Pendant que notre société s’adapte au changement climatique, il est essentiel d’apprendre à coexister avec les incendies de forêt.⁴⁻³³ Pour certains, accepter les solutions stratégiques du brûlage dirigé et des incendies contrôlés semble contre-intuitif. Pour d’autres, les coûts économiques d’une gestion transformée de la forêt seraient prohibitifs. Et pourtant, comprendre profondément le rôle essentiel des incendies de forêt dans le fonctionnement des écosystèmes montre bien les défauts de l’extinction des feux et de la production de bois d’œuvre telles que pratiquées par le passé, sans oublier la terrible vulnérabilité de nos forêts et collectivités. Le bricolage ne suffira pas : pour que notre société coexiste en sécurité avec les incendies de forêt, l’heure des changements transformateurs a sonné.

Lori Daniels est professeure aux département des sciences de la forêt et de la conservation de l’Université de la Colombie-Britannique.

Références

1

Les statistiques rapportées par Environnement Canada et le Service de lutte contre les incendies de la C.-B. ont été compilées par Lori Daniels durant la saison des feux de 2017 et 2018.

2

Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P.H., Holden, Z.A., Brown, T.J., Williamson G.J. & Bowman, D.M.J.S. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6, 7537 (2015).

3

Bowman, D.M.J.S., Williamson, G.J., Abatzoglou, J.T., Kolden, C.A., Cochrane, M.A. & Smith, A.M.S. Human exposure and sensitive to globally extreme wildfire events. *Nature Evolution and Ecology*, 1, 58. (2017).

4

Daniels, L.D., Gray, R.W. & Burton, P.J. 2017 Megafires in BC - Urgent Need to Adapt and Improve Resilience to Wildfire. Open letter to BC Premier Horgan and Minister Donaldson <http://treering.sites.olt.ubc.ca/files/2013/02/2017-Wildfires-and-Resilience.pdf> (2017).

5

Daniels, L.D., Sherriff, R.L., Yocom-Kent, L. & Heyerdahl, E.H. Deciphering the complexity of fire regimes through dendro-ecological analyses. Éd. : M.M. Amoroso, L.D. Daniels, P. Baker, J.J. Camerero. *Dendroecology: Tree-ring Analyses Applied to Ecological Studies*, Springer Life Sciences (2017).

6

Marcoux, H.M., Daniels, L.D., Gergel, S.E., Da Silva, E., Gedalof, Z. & Hessburg, P.F. Differentiating mixed- and high-severity fire regimes in mixed-conifer forests of the Canadian Cordillera. *Forest Ecology and Management*, 341, 45-58 (2015).

7

Chavardès, R.D. & Daniels, L.D. Altered mixed-severity fire regime has homogenized montane forests of Jasper National Park. *International Journal of Wildland Fire*, 25, 433-444 (2016)

8

Greene, G.A. & Daniels, L.D. Spatial interpolation and mean fire interval analyses quantify metrics of historical mixed-severity fire regimes. *International Journal of Wildland Fire*, 26, 138-147 (2017).

9

Harvey, J.E., Smith, D.J. & Veblen, T.T. Mixed-severity fire history at the forest-grassland ecotone in west central British Columbia, Canada. *Ecological Applications*, 27, 1746-1760 (2017).

10

Rogeanu, M.-P., Flannigan, M.D., Hawkes, B.C. & Arthur, R.J. Fire regime departure in southern Alberta, Canada : implications for forest and wildfire management. *International Journal of Wildland Fire*, 25, 1117-1130 (2016).

11

Pogue, A. *Humans, Climate and an Ignitions-Limited Fire Regime at Vaseux Lake*. MSc Thesis, Department of Forest and Conservation Sciences, Faculty of Forestry, University of British Columbia, Vancouver (2017).

12

Daniels, L.D., Maertens, T.B., Stan, A.B., McCloskey, S.P.J., Cochrane, J.D. & Gray, R.W. Direct and indirect impacts of climate change on forests : three case studies from British Columbia. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 33, 108-116 (2011).

13

Chavardès, R.D., Daniels, L.D., Gedalof, Z. & Andison, D.W. Human influences superseded climate to disrupt the 20th century fire regime in Jasper National Park, Canada. *Dendrochronologia*, 48, 10-19 (2018).

14

Government of British Columbia. *British Columbia Forest Service Protection Program Strategy*. Wildfire Management, Forest Service of British Columbia, Victoria BC (2006).

15

Stockdale, C., McLoughlin, N., Flannigan, M. & Macdonald, S.E. Could restoration of a landscape to a pre-European historical vegetation condition reduce burn probability? *Ecosphere*, 10, 10.1002/ecs2.2584 (2019).

16

Johnson, E.A., Miyanishi, K. & Bridge, S.R.J. Wildfire regime in the boreal forest and the idea of suppression and fuel buildup. *Conservation Biology*, 15, 1554-1557 (2001).

17

Ressources naturelles Canada. Base nationale de données sur les feux de forêt du Canada 1980-2017. Gouvernement du Canada, Ottawa. <http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/ha/nfdb> (Consulté le 15 févr. 2019)

18

Cooke, B.J. & Carroll, A.L. Predicting the risk of mountain pine beetle spread to eastern pine forests : Considering uncertainty in uncertain times. *Forest Ecology and Management*, 396, 11-25 (2017).

19

Wotton, B.M., Nock, C.A. & Flannigan, M.D. Forest fire occurrence and climate change in Canada. *International Journal of Wildland Fire*, 19,253-271 (2010).

20

Wang, X., Parisien, M-A., Taylor, S.W. Perakis, D.D., Little, J.M. & Flannigan, M.D. Future burn probability in south-central British Columbia. *International Journal of Wildland Fire*, 25, 200-212 (2016).

21

Wang, X., Parisien, M-A, Taylor, S., Candau, J-N., Stralberg, D., Marshall, G., Little, J. & Flannigan, M.D. Projected changes in daily fire spread across Canada over the next century. *Environmental Research Letters*, 12 025005 (2017).

22

Wotton, B.M., Flannigan, M.D. & Marshall, G. Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada. *Environmental Research Letters*, 12:095003 (2017).

23

Kirchmeier-Young, M.C., Gillett, N.P., Zwiers, F.W., Cannon, A.J. & Anslow, F.S. Attribution of the influence of human-induced climate change on an extreme fire season. *Earth's Future*, 7, 2-10 (2019).

24

Romps, D.M., Seeley, J.T., Vollaro, D. & Molinari, J. Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming. *Science*, 346, 851-854 (2014).

25

Finney, D.L., Doherty, R.M., Wild, O., Stevenson, D.S., MacKenzie, I.A. & Blyth, A.M. A projected decrease in lightning under climate change. *Nature Climate Change*, 8, 210-213 (2018).

26

Westerling, A.L.R. Increasing western US forest wildfire activity : sensitivity to changes in the timing of spring. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 371, 20150178 (2016).

27

Personal Communication, Dr. Mark Parrington, Copernicus Atmosphere Monitoring Service, Earth Observation Programme, European Union.

28

Wieting, J. Hidden, ignored and growing: BC's forest carbon emissions. Sierra Club of British Columbia, Victoria, BC (2019).

29

Fletcher, R. Canada's forest actually emit more carbon than they absorb. CBC News February 12, 2019, <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/canada-forests-carbon-sink-or-source-1.5011490> (consulté le 15 févr. 2019)

30

Government of British Columbia. Wildfire Management Branch Strategic Plan 2012-2017. Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations, Victoria, BC (2012).

31

Weber, M.G. & Taylor, S.W. The use of prescribed fire in the management of Canada's forested lands. *The Forestry Chronicle*, 68, 324-334 (1992).

32

Gestion du feu, Science et conservation, Parcs Canada. (2018) <https://www.pc.gc.ca/en/nature/science/conservation/feu-fire> (Consulté le 15 févr. 2019)

33

Bowman, D.M.J.S., Daniels, L.D., Johnston, F.H., Williamson, G.J., Jolly, W.M., Magzamen, S., Rappold, A.G., Brauer, M. & S.B. Henderson. Can air quality management drive sustainable fuels management at the wildland-urban interface? *Fire*, 1, 27 (2018).

34

Forest governance in the province of British Columbia, Sustainable Forest Management Canada https://www.sfmcanada.org/images/Publications/EN/BC_info.Province.and_territories.EN.pdf (Consulté le 15 févr. 2019)



Vivre et respirer le changement : un point de vue Tutchone du sud sur le climat et la recherche

Le bassin sec et poussiéreux d'Ä'äy Chù (rivière Slims) en mai 2018.
Photo Zac Robinson

Sans la participation et la direction étroites et profondes de la Première Nation de Kluane, il ne peut y avoir de réduction des risques, de réponses aux questions, ou de solutions aux nouveaux défis présentés par le changement climatique.

Coécrit par Tosh Southwick (citoyen PNK) et Kate Ballegooyen (employée du PNK)

En regardant en direction de Lù'àn Män (le lac Kluane), il est difficile d'ignorer l'impact qu'a le changement climatique sur le territoire traditionnel de la Première Nation de Kluane (PNK, ou KFN en anglais). Au moment d'écrire ceci, le mois de novembre touche à sa fin, la température est supérieure à zéro, et la glace ne couvre que partiellement ce lac, le plus grand et le plus profond du Yukon. Dans un passé pas si lointain, en octobre, nos Anciens arpentaient la glace du lac en tendant leurs filets pour capturer du poisson blanc. Cela n'est pas le seul exemple du changement du climat au cœur de ce territoire traditionnel.

En mai 2016, le glacier Kaskawulsh dans le territoire du Yukon a reculé au point de détourner le cours supérieur de Ä'äy Chù (rivière Slims), qui auparavant se déversait dans Lù'àn Män, dans un tout autre bassin versant, par la rivière Alsek. Depuis, les niveaux d'eau de Lù'àn Män ont baissé de trois mètres en moyenne. Ce cas de « piratage de rivière » a suscité l'attention des chercheurs, des médias et du gouvernement à l'international, non sans ignorer largement ses impacts auprès des communautés autochtones éloignées et nordiques, les plus touchées pourtant par le changement climatique. La vaste couverture médiatique et plusieurs chercheurs n'ont pas tenu compte de l'histoire de la communauté. Or la communauté et le peuple étroitement liés à ce lieu ne peuvent pas rester dans l'absence. Sans la

participation et la direction étroites et profondes de la Première Nation de Kluane, il ne peut y avoir de réduction des risques, de réponses aux questions, ou de solutions aux nouveaux défis présentés par le changement climatique. Armés d'un savoir et de pratiques traditionnels remontant à plusieurs générations, ce sont nos citoyens et nos Aînés qui vivent et respirent ces changements.

La Première Nation de Kluane est l'une des 11 premières nations du Yukon à s'autogouverner, ayant récemment célébré 15 années d'autonomie gouvernementale. Cette entente, qui comprend une superficie de terres d'environ 906 mètres carrés, avec des droits d'exploitation de surface et souterrains, était l'une des premières du genre au Canada à reconnaître des pouvoirs étendus,

similaires à ceux des provinces, aux gouvernements des Premières Nations. La Première Nation de Kluane, d'ascendance des Tutchone du Sud, est basée dans la communauté de Burwash Landing sur les rives de Lù'àn Män, le plus grand lac du territoire. Elle compte approximativement 250 citoyens, dont environ 120 vivent dans le territoire traditionnel.

L'environnement forme l'identité culturelle des Premières Nations

Comme citoyens de la PNK, nous habitons une région que nos ancêtres considéraient comme leur foyer et, comme nos ancêtres, nous sommes intimement liés à cette terre. Elle fait partie de nous comme nous faisons partie d'elle. Lorsque la terre change, elle nous change aussi. Cette terre, et notre lien avec elle forment nos traditions, nos valeurs et nos visions du monde, toutes ensemble.

Aujourd'hui, nous devons « réapprendre » le lac et notre territoire traditionnel, qui sont irréversiblement changés — signifiant qu'il faut adapter nos interactions avec notre territoire traditionnel. Nous sommes parvenus à un état où les savoirs traditionnels sur lesquels nous comptons depuis des générations doivent se

réajuster jour pour refléter les nouveaux apprentissages, les nouvelles observations et réalités. Nous ne pouvons plus tendre nos filets là où nos arrière-grands-mères les tendaient en croyant que les résultats seraient bons, car le niveau du lac diminue et que sa température monte. Les poissons s'adaptent à ces changements, et nous devons nous adapter aussi.

En certains endroits, nous ne pouvons plus faire confiance au calendrier ou à l'épaisseur de la glace, et nous ne pouvons donc plus aller dans nos zones de pêche et de piégeage hivernales comme nous le faisons il y a à peine quelques années. Les citoyens de la Première Nation de Kluane doivent trouver des façons nouvelles de naviguer sur les réalités désormais largement inconnues de ce lac gelé.

Notre long et définitif historique de résilience et d'adaptation demeure ce en quoi nous pouvons nous fier. Comme nos Anciens forcés de s'adapter à plusieurs changements durant leur vie, les générations actuelles devront adapter nos pratiques traditionnelles à la vitesse des changements climatiques. Il faudra se concentrer sur ces changements et apprendre de nouvelles manières de passer ce savoir aux générations futures.

Grace Southwick, directrice générale et citoyenne PNK, et Dennis Dickson, ancien de la PNK, observent le glacier Kaskawulsh en 2018.
Photo Erika MacPherson





Des élèves de la Kluane Lake School montrent Lù'àn Män du doigt, leur maison nichée parmi les eaux supérieures et habitat du saumon du fleuve Yukon, 2017.
Photo David Hik

*C'est une expérience
surréelle que d'entendre
parler ou de lire au sujet
du lieu auquel vous
appartenez sans que
votre communauté,
votre peuple et
votre histoire soient
mentionnés.*

De bien des façons, la PNK est à l'avant-garde de l'adaptation au changement climatique. Nous avons réalisé des évaluations de risques dans le territoire traditionnel, installé des panneaux solaires et un système local de chauffage à bio-masse, en attendant la construction d'éoliennes qui réduiront notre dépendance au diesel. La Première Nation de Kluane dispose aussi d'une stratégie de sécurité alimentaire pour affronter les changements dans les niveaux de subsistance des récoltes.

La direction de la Première Nation de Kluane a toujours aspiré à l'autosuffisance et à la résilience de sa communauté. Cette vision a permis à la PNK de réagir activement au changement climatique et ceux d'Ääy Chù (rivière Slims) en s'associant à des chercheurs du ministère des Pêches et des Océans, d'Environnement et Changement climatique Canada, et la Direction des ressources en eau du gouvernement du Yukon pour évaluer les effets du changement climatique sur les habitats de fraie du saumon et la qualité de l'eau, afin de comprendre les réactions du lac au changement climatique. La PNK s'est aussi associée à des chercheurs de l'Université de Waterloo pour proposer une prise de mesure de l'épaisseur de la glace à travers le lac pour assurer la sécurité des déplacements pendant l'hiver.

L'année dernière, la PNK et le conseil des ressources renouvelables Dän Keyi ont animé ensemble un Sommet de la recherche sur le lac Kluane (Kluane Lake Research Summit) pour examiner les recherches courantes et passées concernant le lac. Le Sommet encouragea les occasions d'apprendre réciproquement entre les délégués par des présentations, des activités et des échanges. Un engagement pour l'apprentissage interculturel, le développement de protocoles de recherche et les priorités de la PNK, ainsi qu'une inclusion plus grande des savoirs traditionnels dans la recherche ont fait partie des principales recommandations du Sommet, dont une prochaine édition est prévue pour le printemps 2019.

C'est une expérience surréelle que d'entendre parler ou de lire au sujet du lieu auquel vous appartenez sans que votre communauté, votre peuple et votre histoire soient mentionnés. Or cette expérience n'est pas nouvelle et reste la norme pour les citoyens de la Première Nation de Kluane. En tant que membres de la PNK, nous identifions tout de suite les recherches qui ont été faites sur le territoire traditionnel de la Première Nation de Kluane sans sa participation. Ces recherches présentent presque toujours une vision incomplète de la vraie histoire, la veine déconnectée d'une certaine vérité plutôt qu'un projet holistique et complet fondé sur un partenariat authentique. Bien sûr, l'une des raisons principales découle du fait que la PNK, comme bien des communautés autochtones, hérite de cette recherche plus qu'elle ne l'entraîne. La manière dont s'effectue la recherche sur les territoires traditionnels des communautés autochtones a besoin d'accomplir un virage fondamental. Par exemple, elle pourrait se réorienter vers un processus fondé sur le partenariat, voire dirigé par la Première Nation du lieu. D'après notre expérience, les communautés qui dirigent les questions de la recherche s'impliquent davantage et la recherche s'en trouve enrichie d'autant. L'invitation à contribuer à la présente publication, et les mains sincèrement tendues de certains chercheurs pour une nouvelle façon de travailler, nous font espérer que ce virage approche.

Il est vite devenu évident que la PNK avait besoin de raconter son histoire indépendamment des chercheurs, des médias ou du gouvernement. L'automne dernier, le Prairie Climate Centre de l'Université de Winnipeg (observatoire du climat dans les provinces des prairies) proposa à la PNK de faire selon le point de vue communautaire



des Premières Nations un récit sur le changement climatique. Nous avons raconté l'histoire de la Ääy Chù et de la baisse des niveaux d'eau, dont ils n'avaient pas entendu parler. Des citoyens se sont rendus à l'orteil du glacier Kaskawulsh pour observer ce changement, une tâche qui n'était pas facile (image 1). Des jeunes de la PNK furent également formés en prévision du tournage, des entrevues et du montage d'un film. Des Anciens et des membres de la communauté parlèrent en entrevue non seulement des changements récents, mais aussi de leurs observations à long terme et des savoirs traditionnels. Nous espérons projeter ce film au prochain Sommet de recherche pour montrer les impacts du changement climatique sur la vie quotidienne de ceux et celles qui vivent dans les communautés autochtones nordiques et éloignées.

La recherche effectuée en territoires traditionnels a grandement besoin de la direction des personnes qui les habitent. Son programme a besoin de se tourner vers les partenariats et les questions et solutions communautaires. Dans le Nord, les

communautés autochtones sont sur la première ligne des changements climatiques. Les solutions doivent provenir des membres qui savent ce qui profite le mieux à leurs communautés. Nous espérons que, dans le futur, la recherche se fera avec la Première Nation de Kluane, guidée par nos valeurs, nos objectifs et nos questions de recherche, et que notre savoir traditionnel se trouvera à l'avant-plan de ces études sur ce territoire traditionnel et qu'elles seront effectuées pour et par des citoyens de la PNK.

Tosh Southwick est une citoyenne de la Première Nation de Kluane qui fait partie du clan du loup. Elle est présentement vice-présidente associée à l'engagement et la réconciliation des peuples autochtones au Yukon College.

Kate Ballegooyen est coordonnatrice pour la Première Nation de Kluane dans la Loi sur l'évaluation environnementale et socioéconomique au Yukon. Dévouée à des évaluations de développement pour la PNK, elle cherche aussi à faciliter des projets de recherche sur le territoire traditionnel et habite Burwash depuis cinq ans.

Vue sur la vallée d'Ääy Chù (rivière Slims) depuis Lù'àn Män (lac Kluane), 2018.
Photo Zac Robinson

Le programme de sécurité de Parcs Canada porte sur la prévention et l'intervention

Conrad Janzen

Parcs Canada a en partie pour mission d'encourager les visiteurs à explorer et savourer les parcs nationaux — ce qui, toutefois, n'est pas sans risque.

Dans les années 1950, deux accidents graves au mont Victoria et au mont Temple du parc national de Banff, tuant 11 personnes, poussèrent Parcs Canada à étoffer ses capacités de sauvetage en montagne.¹ Aujourd'hui, des équipes de spécialistes en services de sécurité travaillent à temps plein dans les parcs montagneux de Banff, Yoho, Kootenay, Jasper, mont Revelstoke et des lacs Glacier et Waterton afin de réduire la probabilité et l'intensité des accidents dans les parcs nationaux.²

Ces équipes de sécurité se composent de membres de l'Association des guides de montagne canadiens (ACMG) et de la Canadian Avalanche Association (CAA) qui sont formés en recherches et sauvetages (SAR). Ils se fient également à des chiens pisteurs d'avalanche avec leurs dresseurs, au personnel de répartition de Parcs Canada, à des pilotes d'hélicoptère de secours, à des équipes médicales et d'autres équipes de Parcs Canada formées pour réagir aux accidents. Ces équipes sont parées à réagir chaque jour et à toute heure que ce soit au sol, par l'air ou par l'eau à une variété d'accidents, tant sur les prairies que sur les sommets les plus glacés.

Le principe de responsabilité partagée est central à ce programme de sécurité, ce qui veut dire que si Parcs Canada visera à favoriser l'agrément et la sécurité de leurs expériences, les visiteurs ne restent pas moins les premiers responsables de leur sécurité.³ Cette responsabilité partagée est d'autant plus importante dans les aires éloignées ou difficiles d'accès, où l'autonomie joue un rôle crucial et où les sauvetages peuvent être considérablement retardés.

Le programme de sécurité en montagne se concentre sur les deux aspects de la prévention et de l'intervention. La prévention vise à conscientiser les visiteurs au sujet des dangers, à les préparer à leur expérience et les informer des services d'intervention disponibles. Le but est de les encourager à prendre des décisions éclairées tout en profitant des parcs montagneux. Ces mesures de prévention comprennent l'animation de programmes de sensibilisation aux dangers, des réponses personnalisées aux questions des visiteurs et des ressources pour les aider à planifier leurs expéditions. L'un des aspects de cette stratégie de prévention consiste à fournir sur les médias sociaux des photos de terrain et de l'état des pistes, ainsi que des rapports d'accidents pour informer leurs prises de décision. Cette information mise à jour est particulièrement utile concernant les itinéraires alpins, rapidement transformés par le recul des glaciers et une couverture neigeuse changeante.

En hiver, les mesures de prévention font publier quotidiennement des bulletins avalanche pour informer les visiteurs des risques

d'avalanche, et font réaliser des contrôles d'avalanches sur les pentes qui surplombent les autoroutes pour protéger les automobilistes en route dans les parcs de montagne. Ces contrôles se font à l'aide de systèmes de contrôle à distance des avalanches, d'explosifs déployés par hélicoptère et, dans le parc national Glacier, d'un contrôle par artillerie militaire.

La réaction aux accidents implique la localisation de l'accident et la réalisation du sauvetage. L'augmentation de l'accès au téléphone cellulaire, de nouveaux outils de localisation et de communication par satellite ont facilité l'échange d'appels et de coordonnées précises aux équipes de secours. Dans plusieurs cas, des conversations peuvent maintenant s'échanger durant les incidents. Cette communication plus claire aide à déterminer le niveau d'urgence de l'incident, à en repérer plus précisément le lieu et ajuster l'intervention en conséquence. Au résultat, les délais d'intervention raccourcissent, le résultat s'améliore pour les patients et les ressources sont minimisées. Les visiteurs sont tous encouragés d'apporter l'équipement de communication qui convient à la région qu'ils visitent.

Réaliser un sauvetage demande une gamme d'accessoires pour le transport terrestre, aquatique ou aérien. Le transport terrestre comprend des véhicules hors route comme des vélos électriques, des motoneiges, des civières à roues et des systèmes de cordages. Les sauvetages qui demandent un transport sur mer emploient en outre des bateaux et des canots motorisés. L'accès aérien se fait par hélicoptères qui se posent à proximité ou qui élinguent les gens hors du site de l'accident.⁴

Aujourd'hui, les sauvetages par hélicoptère fournissent l'intervention la plus rapide dans la plupart des régions des parcs en montagne et des secours effectués par un minimum de personnes, même en terrain accidenté. Disposer d'hélicoptères et de pilotes de sauvetage équipés pour les secours par élinguage sont des éléments clés de l'efficacité et l'utilité des sauvetages par hélicoptère.

L'emploi de drones pour évaluer et rechercher un accident ou apporter des provisions à une personne commence à peine d'être exploré dans les parcs montagneux. Avec l'augmentation des durées de vol et la capacité de transporter des charges plus lourdes, le rôle des drones pourrait s'accroître dans les interventions.

S'associer à d'autres groupes en recherches et sauvetages (SAR) contribue à l'échange de



connaissances et augmente les capacités d'intervention. Les équipes de sécurité s'entraînent régulièrement avec des SAR provinciaux, aident lors d'accidents adjacents aux parcs, et sollicitent d'autres SAR quand davantage de ressources sont nécessaires. De plus, les équipes de sécurité et sauvetage s'entraînent avec d'autres membres du personnel de Parcs Canada et fournissent une assistance technique dans les accidents qui surviennent dans des régions alpines comme aux parcs nationaux de Kluane (Yukon) ou d'Auyuittuq (île de Baffin).

Réduire la probabilité et la gravité des accidents reste le but premier du Programme de sécurité en montagne. Une bonne communication avec les visiteurs, la mise en place de nouvelles technologies et de partenariats avec d'autres organisations aident à réaliser ce but et promouvoir des expériences agréables au cœur des parcs de montagne.

Conrad Janzen est spécialiste de sécurité en montagne aux parcs nationaux de Banff, Yoho et Kootenay. Il est aussi un guide de montagne ACMG certifié, un membre professionnel de la Canadian Avalanche Association, et détient un baccalauréat en kinésiologie comportant une majeure en plein air de l'Université de Calgary.

Références

1. Mountain Safety program. *Pc.gc.ca* (2019). at <https://www.pc.gc.ca/en/pn-np/mtn/secureiteenmontagne-mountainsafety/programme-program>
2. Parks Canada. *Directive on Visitor Safety*. 3-20 (Parks Canada, 2012).
3. Parks Canada. *Visitor Safety fact sheet*. (Parks Canada, 2015).
4. Parks Canada. *Visitor Safety Program - 2017 IEM Statistics*. (Parks Canada, 2018).

Ci-dessus : L'équipe de sécurité du parc national de Banff. Rangée du fond (g. à d.) : John-Paul Kors, Brian Webster, Lisa Paulson, Tim Haggarty, Ian Jackson, and Steve Holeczi. Rangée avant (g. à d.) : Conrad Janzen et Aaron Beardmore. Absents : Alex Lawson, Grant Statham, Mike Henderson (et le chien Cazz). Photo Banff Visitor Safety

Ci-contre : Utilisation d'un hélicoptère et d'une élingue pour un sauvetage en montagne. Photo Ian Jackson

L'emploi de drones pour évaluer et rechercher un accident ou apporter des provisions à une personne commence à peine d'être exploré dans les parcs montagneux.

La collaboration entre exploitants et touristes pourrait soutenir la durabilité du tourisme alpin



La station de ski et de planche à neige
Sunshine au parc national de Banff.
Photo Sherpas Cinema

Les exploitants
d'entreprises touristiques
doivent avancer et
s'engager dans des
programmes soucieux de
l'environnement qui sont
importants et variés.

Elizabeth A. Halpenny

Le pin à blanche écorce (pin albicaule) a commencé de faire partie de la liste des espèces menacées du Canada en 2010.¹ Trois ans plus tard, la station de ski du lac Louise abattait 38 pins albicaules.^{2,3,4} L'espèce est vulnérable à la rouille vésiculeuse, maladie dont la prolifération dans les régions alpines nord-américaines est liée au changement climatique. La suppression des pins, prétendument pour améliorer l'expérience des visiteurs et les opérations en pente, fit ressortir la nécessité d'une vigilance constante concernant les efforts pour conserver la biodiversité dans les Rocheuses canadiennes. L'exploitant de cette destination prisée par les skieurs choisit une marche à suivre proactive pour corriger cette erreur. Il accrut ses programmes de gestion environnementale, engagea à plein temps pour la station un responsable environnemental, et travailla avec des consultants et Parcs Canada pour identifier et étiqueter les 7 000 pins à écorce blanche sur son emplacement.⁵ La station de ski du lac Louise développa également des programmes d'éducation interprétative et environnementale à l'intention des visiteurs, des occasions pour les vacanciers d'apprendre et de renforcer l'engagement du secteur privé dans la protection de l'environnement. Ces initiatives, entreprises par l'une des dernières stations de ski en Amérique du Nord à être possédées et administrées de manière familiale, franchissent un pas important pour la durabilité de l'environnement et du tourisme dans les montagnes canadiennes.

Au Canada, le Conseil canadien du ski estime que les stations de ski générèrent des revenus de 1,373 milliard \$ en 2016/17; le revenu total des opérations hivernales dans l'Ouest canadien était de 794 millions \$.⁶ Les exploitants d'entreprises touristiques, s'ils comptent sur des relations à long terme avec les environnements alpins, si

essentiels pour attirer leur clientèle, doivent avancer et s'engager dans des programmes soucieux de l'environnement qui sont importants et variés. En contrepartie, les clients doivent choisir de manière éclairée et consciencieuse leurs destinations de voyage pour soutenir les exploitants soucieux de durabilité.

David Weaver, de l'université Griffith de Brisbane, écrivait en 2001 sur l'éventualité d'un tourisme de masse,⁷ arguant que les grandes excursions en bateau et autres activités guidées apportaient aux touristes l'occasion d'avoir un contact direct avec la nature, rehaussé par des programmes d'éducation environnementale et facilité par des investissements écologiquement transparents tels que les infrastructures vertes. Cette opportunité se présente dans de nombreux parcs nationaux alpins. Par exemple, les visites en bateau de l'étang Western Brook au parc national du Gros-Morne, qui reçoivent annuellement plus de 35 000 visiteurs, ont vu leur fréquentation augmenter de 17 % en 2017.⁸ Le discours reçu par les visiteurs pendant ces excursions manque toutefois de profondeur et appelle rarement les actions quotidiennes et éclairées qui habilitent les visiteurs à atténuer les changements climatiques, mieux conserver la biodiversité, ou servir d'autres régimes environnementaux. Les exploitants expliqueront souvent qu'en vacances, les visiteurs ne veulent pas entendre de messages négatifs, préoccupants ou culpabilisants. Mais des stratégies plus récentes, conçues pour aider les touristes à comprendre des défis environnementaux complexes et leur rôle de causeurs et de solutionneurs de problèmes, peuvent rehausser l'expérience des visiteurs à l'aide de récits positifs et personnalisés qui les équipent pour mieux s'informer et passer aux actes.⁹

Les exploitants en tourisme alpin de masse qui souhaitent s'engager davantage pour la justice écologique et contre le changement climatique pourraient utiliser cette approche. Les panneaux d'interprétation que Parcs Canada fournit au glacier Angel du mont Edith Cavell ou les emblématiques circuits en buggy de Pursuit au glacier Athabasca — qui est en rapide déclin — sont deux attractions dans les Rocheuses canadiennes qui fournissent des liens entre le recul des glaciers et le changement climatique. Mais on tente peu de les associer à l'activité humaine, et les visiteurs ne se font pas conseiller des manières constructives de réduire leur contribution au phénomène.¹⁰ Renforcer les comportements pro-environnementaux des touristes dans les destinations alpines canadiennes peut passer par l'utilisation de messages similaires. Des occasions de collaboration existent là où les exploitants invitent les touristes à réduire avec eux l'empreinte carbone de leur séjour. Demander aux visiteurs de réutiliser leurs



Un groupe visite le glacier Athabasca
du champ de glace Columbia au parc
national de Jasper, Alberta.
Photo Brewster Travel Canada

serviettes et de retarder leur changement de draps sont des exemples simples qui réalisent des économies importantes en eau, en énergie et en utilisation de détergent.¹¹ Cependant, pour que le secteur touristique fasse progresser adéquatement la durabilité écologique, des programmes plus explicites et ambitieux doivent être adoptés dans les destinations alpines canadiennes. Que l'on pense aux prés de Crystal Creek dans la vallée Kangaroo, en Australie, où il est demandé aux clients, à leur arrivée, de consentir à un engagement environnemental, de s'informer sur les efforts environnementaux de la station et d'adapter leur consommation d'eau et d'énergie lorsqu'ils sont à l'hôtel.¹² Un bilan quotidien de leur consommation d'eau interpelle davantage la conscience et l'action des visiteurs, qui collaborent avec leur hôte pour diminuer leur empreinte carbone.

Cette collaboration hôte-visiteur pourrait croître au Canada. En ce moment, la ville de Banff étudie la proposition d'un Plan directeur environnemental, occasion importante d'imposer et soutenir les efforts verts des exploitants touristiques.¹³ Un suivi de l'empreinte carbone des touristes est proposé dans ce plan comme un moyen de faire comprendre l'impact profond du tourisme longue distance de masse

Pour que le
secteur touristique
fasse progresser
adéquatement la
durabilité écologique,
des programmes plus
explicites et ambitieux
doivent être adoptés
dans les destinations
alpines canadiennes.

Fréquentation des parcs de montagne de Parcs Canada, 2011-2018 ¹⁴					
2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
7 339 978	7 334 558	7 977 977	8 554 610	8 946 690	9 207,562
Note : Les parcs de montagne sont : Banff, Jasper, Yoho, Kootenay, Lacs-Waterton, et Mont-Revelstoke, Glaciers. Sources : Fréquentation à Parcs Canada 2011-12 à 2015-16, et Fréquentation à Parcs Canada 2017-18.					



Excursion de Shoreline Cruise, parc national de Lacs-Waterton.
Photo Travel Alberta / Katie Goldie

Les 9,2 millions de visiteurs de 2016/17 et 2017/18 des sept parcs montagneux de Parcs Canada représentent à la fois un défi et une opportunité.

sur les environnements alpins. Les 9,2 millions de visiteurs de 2016/17 et 2017/18 des sept parcs montagneux de Parcs Canada représentent à la fois un défi et une opportunité.¹⁴ La coproduction de résultats en réduction des changements climatiques par l'engagement des visiteurs et des partenariats productifs entre les exploitants et les autorités managériales, comme entre la ville de Banff et Parcs Canada, sont des moyens de progression essentiels. En guise d'exemple, le Plan environnemental de Banff expose brièvement l'expansion du transport durable par le développement de voies cyclables et d'un service de navette qui communiquent avec Calgary. Si nous espérons conserver les célèbres sommets enneigés des destinations alpines canadiennes, ce genre d'initiatives est indispensable.

Elizabeth A. Halpenny est professeure associée à la faculté de kinésiologie, sport et récréation de l'Université de l'Alberta.

Références

1. Whitebark pine. Species at Risk Public Registry. Consulté le 10 janv. 2019, à <https://wildlife-species.canada.ca/species-risk-registry/species/speciesDetails.e.cfm?sid=1086>
2. Conboy, M. (2018). Lake Louise fined \$2.1 Million for unlawful destruction of whitebark pine. *Crag and Canyon*, Dec. 2, 2018. Consulté le 18 janv. 2019, à <https://www.thecragandcanyon.ca/news/local-news/lake-louise-fined-2-1-million-for-unlawful-destruction-of-whitebark-pine>.
3. Foubert, T. (2018). Whitebark recovery plan expected as part of ski hill sentencing. *Rocky Mountain Outlook*, Jul 19, 2018. Consulté le 3 févr. 2019, à <https://www.rmoutlook.com/article/whitebark-recovery-plan-expected-as-part-of-ski-hill-sentencing-20180719>
4. Grant, M. (2018). Lake Louise ski resort wants fine reduced from \$2M to \$200,000 for chopping down endangered trees. CBC.ca, 21 déc. 2018. <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/alberta-lake-louise-trees-remove-sentence-appeal-1.4956228>
5. Graveland, B. (2018). Lake Louise ski resort fined \$2M for removal of endangered trees. CBC.ca, 18 nov. 2018. Consulté le 10 janv. 2019, à <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/alberta-lake-louise-trees-remove-sentence-1.4927034>.
6. SkiCanada.org (2019). Canadian ski and snowboard industry revenues estimated at nearly \$1.4 Billion. Downloaded Jan 30, 2019 from <https://www.skicanada.org/canadian-ski-snowboard-industry-revenues-estimated-nearly-1-4-billion/>
7. Weaver, D. B. (2001). Ecotourism as mass tourism: Contradiction or reality? *Cornell hotel and restaurant administration quarterly*, 42(2), 104-112.
8. Newfoundland Labrador: Department of Tourism, Culture, Industry and Innovation. Newfoundland and Labrador Provincial Tourism Performance 2017. Consulté le 8 févr. 2019, à : [https://www.tcii.gov.nl.ca/tourism/tourism_research/pdf/Annual_Performance_Report_2017_\(Final%20April%202018\).pdf](https://www.tcii.gov.nl.ca/tourism/tourism_research/pdf/Annual_Performance_Report_2017_(Final%20April%202018).pdf)
9. Warren, C., & Coghlan, A. (2017). Can the hospitality sector ask customers to help them become more sustainable?. *Progress in Responsible Tourism*, 98. Consulté le 10 janv. 2019, à <http://icrtourism.com.au/wp-content/uploads/2012/09/filePIRT51.pdf#page=100>.
10. Lemieux, C. J., Groulx, M., Halpenny, E., Stager, H., Dawson, J., Stewart, E. J., & Hvenegaard, G. T. (2018). "The End of the Ice Age?": Disappearing World Heritage and the Climate Change Communication Imperative. *Environmental Communication*, 12(5), 653-671.
11. Warren, Christopher, and Susanne Becken. "Saving energy and water in tourist accommodation: A systematic literature review (1987-2015)." *International Journal of Tourism Research* 19.3 (2017) : 289-303.
12. Warren, C., Becken, S., & Coghlan, A. (2017). Using persuasive communication to co-create behavioural change-engaging with guests to save resources at tourist accommodation facilities. *Journal of Sustainable Tourism*, 25(7), 935-954.
13. Town of Banff (2019). Environmental Master Plan. Consulté le 10 janv. 2019, à <http://banff.ca/index.aspx?NID=290>
14. Parks Canada Agency (2019). Parks Canada Attendance 2017-18. Consulté le 8 févr. 2019, à <https://www.pc.gc.ca/en/docs/pc/attend>.



Fondements passés et futurs : le système de refuges du Club alpin du Canada

James Gudjonson

Dès que la prudence le justifiera, des refuges seront construits en des endroits stratégiques et éloignés pour la convenance des membres et des personnes responsables... donnant un accès confortable à tous les lieux connus ou encore à découvrir.

— Elizabeth Parker, cofondatrice du CAC, 1907¹

Dans trois ans seulement, le refuge du col Abbot du CAC sera centenaire. Pensez, si vous le voulez bien, à ce qu'un siècle peut contenir, au pan d'histoire — récits, rires, souvenirs, amitiés, aventures — que comprennent ces quatre murs de pierre élevés sur le col venteux entre les monts Victoria et Lefroy. Les fameux guides suisses du Canadien Pacifique qui bâtirent la structure en 1922 n'auraient sans doute pas prévu que près d'un siècle plus tard leur refuge aurait non seulement abrité des générations d'alpinistes, mais serait aussi devenu un refuge iconique de la communauté alpine.²

Ces guides suisses n'auraient sans doute pas davantage prévu la crise climatique qui transforme si rapidement nos environnements alpins, ni que la glace fondant sous ce refuge iconique (et qui en menace l'existence même) est liée au réchauffement climatique. En 2018, un groupe d'alpinistes, de passage au refuge, remarquaient et rapportaient un « effondrement du sol » au côté nord du bâtiment. Le boubier semblait fait de roche fracturée, auparavant bien en place par le pergélisol adossé au glacier, maintenant en voie de

disparition. Un défi pour les temps présents.

Étant la seconde structure habitable la plus élevée au Canada, le refuge du col Abbot a traversé bien des épreuves au cours de ce siècle. Il passa près d'être détruit en 1968 alors qu'il tombait en ruines, mais les rénovations de 1969 et 1984 et sa désignation comme édifice fédéral du patrimoine en 1997 l'ont conservé pour une autre génération. Grâce à la réaction rapide et l'action décisive de Parcs Canada et du personnel du CAC, cette dernière crise en 2018 a été prévenue par la stabilisation du

Le refuge Stanley Mitchell
Photo Leigh McClurg

Étant la seconde structure habitable la plus élevée au Canada, le refuge du col Abbot a traversé bien des épreuves au cours de ce siècle.



Le refuge du col Abbot, vers 1923.
Photo Glenbow Archives

refuge, qui accueillera bientôt de nouveaux visiteurs.

Le refuge du col Abbot n’est pas le seul refuge historique où les alpinistes se reposent, partagent leurs repas, s’échangent des histoires et planifient leur aventure du lendemain. L’histoire et la culture alpines célèbrent aussi à juste titre les refuges A.O. Wheeler, Elizabeth Parker, Stanley Mitchell et Conrad Kain dans leurs partages. Ils font partie du système élargi du CAC qui comprend trente-trois refuges sur le continent depuis les Adirondacks jusqu’à l’île de Vancouver, formant le plus grand réseau de refuges en arrière-pays du Canada. Et si la plupart des refuges se situent dans les Rocheuses canadiennes et la chaîne Columbia, l’ajout récent d’un refuge au pic 5040 de la réserve

Le refuge du col Abbot en cours de
restauration, septembre 2018.
Photo Tetra Tech Inc.



de parc national Pacific Rim élève à quatre le nombre de refuges en zone côtière de la C.-B., tandis qu’avec le bon avancement d’un refuge projeté à Spearhead près de Whistler, d’autres installations de classe mondiale se profilent aux horizons de l’Ouest.

À l’est de la côte de la C.-B., le CAC a respectivement bâti, acquis ou remis à neuf trois refuges ces quatre dernières années. Le refuge Louise et Richard Guy au parc national Yoho, le refuge du lac Cameron au sud de l’Alberta et le refuge Bon Echo en Ontario aident tous à répondre à la croissance de la demande pour davantage de refuges éloignés. Depuis quatre ans, le taux de fréquentation des refuges du CAC a augmenté de 33 p cent, un signe d’approbation retentissant pour nos installations et une incontestable preuve que la culture et les loisirs alpins prospèrent au pays.

Il découle toutefois de cette expansion que nous devons soigneusement tenir compte de nos impacts sur les fragiles écosystèmes alpins et subalpins et reconnaître que même ces espaces les plus éloignés seront toujours des espaces partagés. En guise d’exemple, le refuge Louise et Richard Guy, bâti en 2015 selon des normes très élevées d’efficacité et de durabilité, souligne l’engagement du Club pour la gestion de l’environnement et l’éthique globale de ses membres. Situé en altitude au-dessus de la ligne des arbres sur la face ouest du glacier Wapta, le petit refuge de ski intègre plusieurs technologies de pointe qui réduisent son empreinte carbone et prolongent sa longévité. Mais son utilisation se limite aux seuls mois d’hiver, vu sa proximité avec une zone d’habitat essentielle aux grizzlis. Toujours avec la collaboration étroite de Parcs Canada, notre fier partenaire, le CAC tient donc cette installation fermée de mai à novembre.

Conserver et cultiver notre rapport aux espaces sauvages alpins est une tâche, un travail sérieux que le CAC a à cœur. Aldo Leopold, le grand écologiste américain, parlait ainsi du labeur qu’impliquait la préservation du chalet où sa famille et lui se réfugiaient d’un « trop-plein de modernité » : « Sur cette ferme sablonneuse du Wisconsin, d’abord épuisée puis abandonnée par notre société soi-disant meilleure et plus grande, nous tâchons de rebâtir, à la pelle et à la hache, ce que nous perdons ailleurs. C’est ici que nous cherchons — et trouvons encore — notre nourriture venue de Dieu. »³ Cette « nourriture venue de dieu »,

la relation à nos patries sauvages où tant d’individus découvrent la plénitude et l’apaisement, est liée à la création et la conservation d’espaces propices à cette découverte. « Quand nous reconnaissons dans les terres une communauté dont nous faisons partie, » poursuit Leopold, « nous pouvons commencer d’en user avec amour et respect. »⁴ Ce processus de changement trouve un exemple dans le système de refuges du CAC : des valeurs d’intendance évoluant depuis des générations grâce à la relation de ses membres avec l’environnement alpin, affectant à son tour la manière dont nous développons et entretenons nos installations en ces lieux auxquels nous sommes liés. Le club Alpin du Canada continuera d’intégrer plus de cent années de relation avec les montagnes à ses décisions, qui affecteront les générations d’alpinistes futures.

Jim Gudjonson est vice-président aux installations du Club alpin du Canada, ainsi que le directeur, Environnement et Développement durable, à l’Université Thompson Rivers de Kamloops. Il est aussi un guide de montagne ACMG/IFMGA certifié.

Références

- ↑ Parker, E. The Alpine Club of Canada. *Canadian Alpine Journal* 1, 5-6 (1907).
- ↑ Kariel, H and P. *Alpine Huts in the Rockies, Selkirks, and Purcells*. 13-16 (The Alpine Club of Canada, 1986); Robinson, Z and Slemon, S. Hard time in the Canadian Pacific Rockies. *Canadian Rockies Annual* 1, 64-73 (2016).
- ↑ Leopold, A. Foreword, *A Sand Country Almanac: And Sketches Here and There*, viii (1949).
- ↑ Ibid.

Le refuge Louise et Richard Guy au mont des Poilus.
Photo Eric Petersen





Fonte rapide des bancs de glace pérenne aux monts Selwyn et Mackenzie, TNO

Figure 1 — 2007 : des chercheurs travaillent au banc de glace alpin KfTe-1, qui aura presque entièrement fondu en 2017.
Photo Tom Andrews/GTNO

Les bancs de glace alpine des montagnes Selwyn et Mackenzie détiennent des archives incroyables de la relation sur plusieurs millénaires entre la glace pérenne, le caribou des montagnes du nord et des chasseurs Shúhtagot’ine d’avant l’arrivée des Européens.

Glen MacKay, Leon Andrew, Naomi Smethurst et Thomas D. Andrews

Le 16 août 2017, nous fîmes notre visite annuelle à un banc de glace alpin appelé KfTe-1 dans le cadre du Projet d’étude sur les bancs de glace des Territoires du Nord-Ouest (TNO) dans les monts Selwyn et Mackenzie. Notre équipe de projet — un partenariat à long terme entre des archéologues du Centre du patrimoine septentrional Prince-de-Galles et des anciens de la communauté Shúhtagot’ine de la bande des Dènès Tulita — s’était arrêtée sur ce site presque chaque année depuis 2005 pour observer son état et prélever des artefacts archéologiques et des spécimens biologiques qui fondaient hors de la glace (figure 1). Comparativement à nos visites précédentes, l’apparence que présentait la plaque de glace nous frappa. Même si elle était encore obscurcie par une mince couche de neige laissée par le manteau neigeux de l’hiver, il était clair que la glace sous-jacente s’était considérablement détériorée. Quand nous sommes retournés sur le terrain, nous avons continué de surveiller KfTe-1 en utilisant les images disponibles du satellite Sentinel-2 de l’Agence spatiale européenne. Au premier octobre, la neige du dernier hiver avait fondu, et il semblait que la plaque de glace sous-jacente avait presque complètement disparu.

Les bancs de glace alpine des montagnes Selwyn et Mackenzie détiennent des archives incroyables de la relation sur plusieurs millénaires entre la glace pérenne, le caribou des montagnes du nord et des chasseurs Shúhtagot’ine d’avant l’arrivée des Européens. Les jours chauds d’été, le caribou recherche les plaques de glace pour se rafraîchir et pour fuir les hordes de parasites et d’insectes piqueurs infestant la toundra et la forêt alpines. Les plaques de glace fondantes sont cerclées d’une épaisse bande noire de déjections de caribou

accumulées sur plusieurs générations. Pour les chasseurs humains, les bancs de glace étaient durant l’été des lieux prévisibles de chasse au caribou, et les bancs de glace qui fondent découvrent maintenant des armes de chasse en parfait état de conservation — certaines âgées de milliers d’années — qui furent perdues ou abandonnées durant la chasse (Figure 2). Les bancs de glace sont propices à la bonne conservation d’artefacts et de matières biologiques non seulement parce qu’ils sont gelés, mais aussi parce qu’ils bougent relativement peu.

Comme les glaciers, ils s’accumulent grâce aux précipitations hivernales et se forment au cours du temps pendant que la neige soufflée par le vent s’accumule sur les pentes montagneuses à l’abri du vent.² Les bancs de glace pérenne tendent à se former sur les pentes donnant sur le nord, où les amas de neige échappent davantage à la lumière solaire directe. À la différence des glaciers, ils n’atteignent généralement pas une masse suffisante pour descendre en aval, évitant ainsi aux fragiles artefacts d’être réduits en morceaux par le mouvement de la glace.

À KfTe-1, l’un des plus vieux bancs de glace connus dans les montagnes Selwyn, ce profil répété d’accumulation de neige en hiver et d’usage par le caribou en été a créé des couches de glace stratifiées séparées par de minces pellicules de déjections de caribou. En 2008, une carotte glaciaire de 3,5 m extraite de la plus épaisse partie de KfTe-1 a révélé huit couches distinctes de déjections qui dataient successivement de 700 à 5 000 ans environ.³ Les chercheurs ont utilisé ces couches d’excréments gelés pour analyser les modèles d’alimentation du caribou, les changements climatiques et de végétation du paysage alpin, et même les anciens virus infectant les plantes au fil du temps.^{4,5} Ils ont aussi utilisé l’ADN extrait d’os de caribou prélevés des

bancs de glace pour étudier l’évolution démographique du caribou dans les montagnes Selwyn et Mackenzie.⁶

En plus d’être de précieuses archives archéologiques et écologiques, les bancs de glace alpins sont aussi des zones écologiquement sensibles du paysage alpin. Bien que le lien entre le caribou et la glace reste la dynamique première de ces sites, les bancs de glace procurent aussi un habitat aux petits mammifères et aux oiseaux comme les marmottes, les écureuils terrestres et les lagopèdes. L’un des artefacts les plus uniques recueillis de KfTe-1 est un piège à écureuil probablement installé par des chasseurs qui attendaient le caribou (voir figure 2). Des os de carcajou et des excréments de loups découverts à KfTe-1 indiquent aussi l’importance des bancs de glace pour les charognards et les prédateurs.

Si KfTe-1 est sur le point de disparaître, il aura fondu davantage ces dernières années qu’il ne l’aura jamais fait en quelque 5 000 ans. Et cette perte accélérée de bancs de glace pérenne n’est pas sans précédent dans les montagnes Selwyn et Mackenzie. Entre 2009 et 2011, nous avons observé la fin d’un plus petit banc de glace appelé KhTe-2 (figure 3). Une carotte de

En plus d’être de précieuses archives archéologiques et écologiques, les bancs de glace alpins sont aussi des zones écologiquement sensibles du paysage alpin.

Figure 2 — Artefacts archéologiques prélevés des bancs de glace fondants des monts Mackenzie et Selwyn : a) Détail d’une flèche complète (env. 340 ans); b) Pointe de fléchette avec lanière (env. 2 400 ans); c) Détail d’un piège à écureuil (env. 1 000 ans). Photos : Susan Irving/GTNO. Aide à la mise en page : Dot Van Vliet, GTNO.



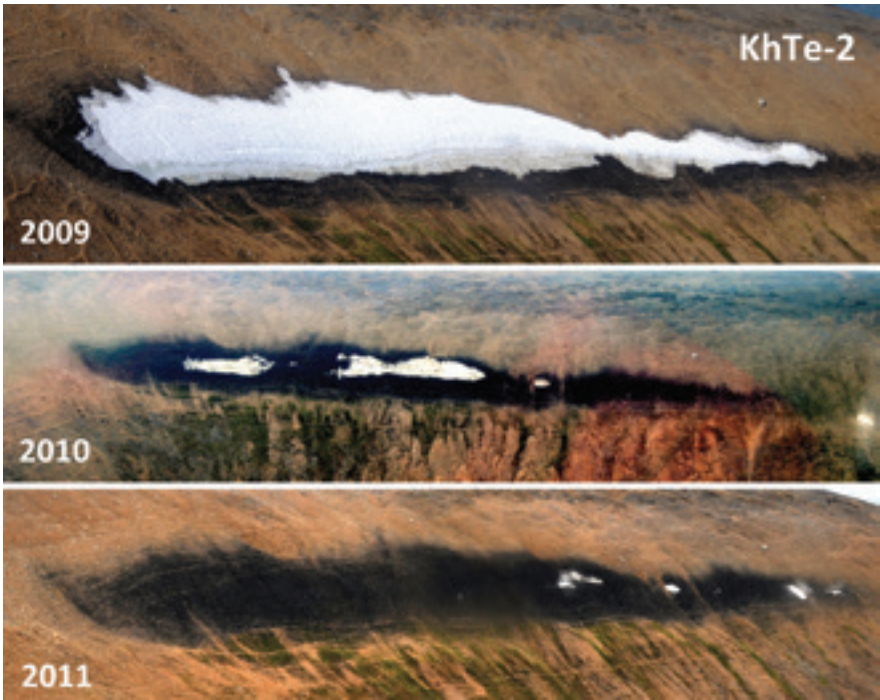


Figure 3 — La fonte rapide de KhTe-2 est survenue entre 2009 et 2011. En 2011, il n'en restait qu'une strie d'excrément de caribou de 300 mètres le long du flanc montagneux. Photos Tom Andrews/ GTNO.

De fragiles artefacts
archéologiques
libérés de la glace
se détérioreront
rapidement s'ils ne sont
pas immédiatement
collectés.

glace prélevée de ce site en 2007 montrait qu'au moins une partie de ce banc de glace datait de presque 3 000 ans.⁷ Surpris de cette perte rapide, nous avons émis l'hypothèse d'un point de basculement à partir duquel la quantité de chaleur solaire absorbée par les montants croissants de déjections accumulées en bordure des bancs de glace précipitait la fonte de la glace restante.

Avec le changement climatique qui fait basculer l'équilibre vers la fonte catastrophique des bancs de glace alpins, il est important de faire le bilan de ce qui sera perdu. De fragiles artefacts archéologiques libérés de la glace se détérioreront rapidement s'ils ne sont pas immédiatement collectés. Dans de grands bancs de glace comme KfTe-1, les couches stratifiées de déjections se fonderont en une couche unique beaucoup moins utile pour l'étude des changements environnementaux à travers le temps. Le caribou y perdra aussi un habitat de secours important à un moment où s'adapter à un environnement alpin qui se réchauffe rapidement est difficile. La perte accélérée des bancs de glace alpins dans les montagnes Selwyn et Mackenzie mettent en évidence le besoin de conduire des recherches soutenues sur les bancs de glace partout où ils existent encore dans les chaînes de montagnes canadiennes.

Glen MacKay est l'archéologue territorial auprès du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, établi au Centre du patrimoine septentrional

Prince-de-Galles à Yellowknife. Il participe au projet d'étude sur les bancs de glace des TNO depuis 2005. Leon Andrew est un ancien hautement respecté des Shúhtagot'ine et un chercheur doué d'une vaste expérience des monts Selwyn et Mackenzie. Habitant à Norman Wells, Andrew participe au projet d'étude sur les bancs de glace des TNO depuis 2005. Naomi Smethurst est l'archéologue d'évaluation des Territoires du Nord-Ouest établi au Centre du patrimoine septentrional Prince-de-Galles à Yellowknife. Elle participe au projet d'étude sur les bancs de glace des TNO depuis 2016. Thomas D. Andrews, Ph. D., est directeur et copropriétaire de Spruceroot Group Heritage Consulting et ancien archéologue territorial du Centre du patrimoine septentrional Prince-de-Galles à Yellowknife. Il participe au projet d'étude sur les bancs de glace des TNO depuis 2005.

Références

1. Andrews, T.D., MacKay, G., Andrew, L. Archaeological Investigations of Alpine Ice Patches in the Selwyn Mountains, Northwest Territories. *Arctic* 65(5), 1-21 (2012).
2. Meulendyk, T., Moorman, B.J., Andrews, T.D., MacKay, G. Morphology and development of ice patches in Northwest Territories, Canada. *Arctic* 65(5), 43-58 (2012).
3. Ibid.
4. Galloway, J.M. et al. Diet and habitat of mountain woodland caribou inferred from dung preserved in 5,000-year-old alpine ice in the Selwyn Mountains, Northwest Territories, Canada. *Arctic* 65(5), 59-79 (2012).
5. Ng, T.F.F. et al. Preservation of viral genomes in 700-year-old caribou feces from a subarctic ice patch. *Proceedings of the National Academy of Science* 111(47), 16842-16847 (2014).
6. Letts, B. et al. Ancient DNA reveals genetic continuity in mountain woodland caribou of the Mackenzie and Selwyn Mountains, Northwest Territories, Canada. *Arctic* 65(5), 80-94 (2012).
7. Meulendyk, T. et al. Morphology and development of ice patches (2012).

Le caribou des montagnes du sud au parc national Jasper

Layla Neufeld

En 1878, les consœurs anglaises Algernon et Alice Heber-Percy écrivaient un court ouvrage sur une excursion de chasse au trophée, *Journal of Two Excursions in the British North West Territory*. Leurs voyages les avait emmenées dans les Rocheuses, à Henry House en particulier (près de l'actuelle Jasper, Alberta), où elles consignèrent dans le détail des excursions faites de longues ascensions, de glaciers, de falaises abruptes, de traces toutes fraîches de caribou, et de leur éventuel succès à chasser un groupe de caribous dans la chaîne Maligne, un spécimen mâle y étant décrit comme une apparition saisissante.¹ Évidemment, les montagnes de Jasper étaient différentes alors, avec son long historique de présence autochtone et les impacts nettement moindres des populations pionnières non autochtones comparativement à aujourd'hui. Pour le caribou des bois, le terme d'espèce en voie de disparition appartenait encore au futur.

Malgré leur intérêt, les rares anecdotes comme celles d'Heber-Percy n'indiquent pas utilement le statut historique des hardes de caribous. Les mesures des tendances ou des nombres d'il y a quatre-vingts ans et plus étaient surtout des suppositions, mais ces premiers comptes rendus confirment que les caribous, historiquement, étaient plus largement distribués.

De même, le rôle des parcs nationaux était différent. En 1907, quand le Parc forestier de Jasper fut établi sous l'Acte des terres fédérales, des parcelles durent mises de côté et mises à l'abri de l'exploitation, mais la promotion du tourisme et l'observation de la faune devinrent vite un point de mire important. Et bien que l'expérience des visiteurs tienne un rôle clé dans les parcs nationaux, leur mission actuelle porte également une grande attention à la conservation de l'« intégrité écologique ». L'intégrité écologique se définit comme un état où l'écologie d'une région est intacte et que son écosystème, fonctionnant par lui-même, conserve la suite des espèces qui y vivent depuis des millénaires et les processus (comme la migration et la dissémination) qui

Deux mâles s'affrontent dans l'alpage. Photo Layla Neufeld





Caribou parmi les fleurs sauvages.
Photo Layla Neufeld

**Le déclin d'une espèce en
péril dans l'actuel Parc
national de Jasper est un
danger signifiant la perte
possible de son intégrité
écologique.**

soutiennent les cycles biologiques de ces espèces.

Le déclin d'une espèce en péril dans l'actuel Parc national de Jasper est un danger signifiant la perte possible de son intégrité écologique. Ce qui nous laisse avec ces questions : comment en sommes-nous arrivés là, pourquoi cela continue-t-il et que doit-on faire?

Pour y répondre, il faut des données fiables. Nous pouvons maintenant documenter avec précision les tendances et les dimensions des hardes en nous branchant sur de nouvelles techniques telles que le jumelage de génotypes individuels à travers deux échantillons annuels pour estimer par la suite la taille de la population. Les diverses approches ont leurs nuances, mais racontent toutes que le caribou est à deux doigts de disparaître du sud du parc national Jasper.

Comme c'est le cas pour de nombreuses espèces en péril, les caribous sont vulnérables aux changements environnementaux et se reproduisent lentement. N'atteignant pas l'âge de se reproduire avant 3 ans, probablement sans le faire chaque année et en mettant bas un seul petit à la fois, les populations de caribous subissent mal les tensions dues aux changements

dans la prédation. Dans le sud du Canada, les prédateurs, principalement les loups, ne font pas dépendre leur survie du caribou, mais les impacts d'une prédation accrue sur les hardes de caribous peuvent être rapides et substantiels. Les loups font ce à quoi la nature les a programmés : défendre un territoire, chasser, trouver des partenaires — ce en quoi ils sont habiles — et se reproduire, ce qui leur vient naturellement. Lorsqu'ils disposent de plus de proies, comme dans les aires de répartition du caribou dans la majorité du Canada en raison du changement d'âge des forêts suite à l'exploitation industrielle et d'une surabondance de nourriture pour les ongulés dans les jeunes forêts en régénération, les loups peuvent élever davantage de petits. Par leur nombre croissant, les loups augmentent leur territoire de chasse et les caribous deviennent des prises accessoires. Or, le nombre croissant de loups entraîne plus de rencontres avec les caribous, qui perdent contre les loups.

Sans changements de paysage importants dans le parc national de Jasper, pourquoi ce déclin du caribou? Un apport important a été l'histoire de l'administration du parc, qui a fabriqué un écosystème pauvre pour le caribou. Dans les

premières années de l'histoire du parc, quand l'observation de la faune était prioritaire, le parc avait adopté une approche sévère contre les prédateurs. Des programmes de contrôle étendu des prédateurs se perpétuèrent à divers degrés jusqu'en 1959. Du personnel embauché à cet effet éliminait les prédateurs, utilisant des appâts et des poisons jusqu'aux confins de l'arrière-pays. La quantité de prédateurs se considérait « sous contrôle » à cette époque. Au même instant, en 1920, le wapiti était réintroduit dans la région après en avoir été extirpé à la fin des années 1800. Ils prospérèrent dans un paysage sans prédateurs, passant de moins d'une centaine jusqu'à des milliers de têtes au début des années 1930. Des programmes de retrait s'imposèrent alors que le broutage intensif des wapitis affectait leur environnement. En 1959, quand le contrôle des prédateurs cessa, les populations de wapitis tournaient autour de 2 000 et s'observaient dans les prairies alpines, en des lieux où on s'étonnerait de les voir aujourd'hui. Les loups revinrent dans ce mode peuplé de wapitis naïfs et en santé : des conditions idéales pour se reproduire.

Les populations de loups sont notoirement difficiles à mesurer. Quand des gens se trouvaient régulièrement dans l'arrière-pays, les observations répétées nous permettaient d'estimer grossièrement le nombre et la densité des loups. À présent, nous utilisons toujours l'observation pour évaluer les populations de loups, mais nous nous aidons aussi de la technologie. Un réseau de caméras dans le parc national Jasper permet de détecter des individus, la couleur et la composition des meutes, et délimiter le territoire des meutes à travers le parc. Cette technique simple, combinée à un regard attentif et au souci du détail, est devenue une méthode fiable pour estimer l'évolution du nombre des loups. Il a fallu du temps pour que leur population décroisse, mais elle a constamment décru depuis 1970 et aurait décru encore plus vite, n'eût été les sources d'alimentation supplémentaires dues aux morts routières jusqu'en 2006. Depuis 2005, les loups ont décru de 5,9 à 1,5 loup par 1000 km².

La recherche nous dit que les hardes de caribous se portent le mieux quand la densité des loups est inférieure à 3 pour 1000 km² et que les loups n'accèdent pas facilement à l'habitat des caribous par l'entremise des pistes bondées. Nous n'avons atteint ce seuil de densité que depuis 2013 dans le parc national Jasper. Malheureusement, les hardes de caribous sont à présent devenues très petites, et se révèlent incapables de récupérer



Photo Layla Neufeld

sans aide à cause des contraintes biologiques actuelles. Parcs Canada continue d'étudier la faisabilité de faire augmenter les populations de cette iconique espèce alpine au parc de Jasper, un projet excitant qui souhaite apporter l'élan dont l'espèce a besoin pour permettre aux parcs nationaux de continuer de protéger et de présenter des écosystèmes alpins intacts, incluant l'ensemble naturel de ses espèces.

Layla Neufeld est la biologiste du caribou au parc national de Jasper du Canada. Le programme de rétablissement du caribou comprend également Karly Savoy (agente des communications, sensibilisation et éducation) et Jean-Francois Bisailon (gestionnaire de projet, Programme de conservation du caribou dans les parcs nationaux des montagnes).

Références

1. Heber Percy, A. and Heber Percy, A. *Journal of Two Excursions in the British North West Territory of North America*. 28. (Bennion and Horne, 1879).

**Les populations de
loups sont notoirement
difficiles à mesurer.
Quand des gens se
trouvaient régulièrement
dans l'arrière-pays, les
observations répétées
nous permettaient
d'estimer grossièrement
le nombre et la densité
des loups.**



Les mammifères des versants montagneux

Jason T. Fisher et Alina C. Fisher

Les montagnes sont l'un des derniers bastions pour les grands mammifères en Amérique du Nord, des citadelles écologiques, en quelque sorte, qui ont permis aux espèces indigènes de se perpétuer. L'élevage n'y a pas remplacé les grands ongulés — cerfs, orignaux, wapitis, moutons et cerfs —, tandis que les grands prédateurs y trouvent un refuge contre les persécutions. Mais l'ère anthropocène n'a pas épargné les environnements montagneux des effets du changement climatique et des transformations du paysage qui empiètent sur les murs de cette forteresse, non sans conséquences sur ces mammifères.

Les Rocheuses canadiennes présentent un cas spécial de ce phénomène planétaire. Le bassin sédimentaire de l'Ouest canadien qui s'étend depuis les Rocheuses est riche en pétrole et en gaz, et leur extraction alimente l'économie. L'exploitation forestière — et le refoulement des incendies pour protéger ces ressources — est un pilier des environnements montagneux depuis plus d'un siècle, ce qui a entraîné des changements dans les régimes de perturbation. Avec l'augmentation de la richesse par habitant, les loisirs ont autant cru en popularité qu'ils ont passé de l'impact réduit de la randonnée à l'impact élevé des véhicules récréatifs et tous terrains. La révolution industrielle est peut-être arrivée tard dans les montagnes, mais elle est arrivée.

La transformation du paysage provoquée par l'activité humaine a pris une avance radicale sur nos capacités à suivre ses effets sur les communautés de mammifères, ou à en comprendre les causes principales. Par conséquent, la communauté mammifère des montagnes change, bien que nous n'en ayons pas conscience. Mais la technologie progresse aussi. De passe-temps amusant qu'il était, le piégeage photographique s'est rapidement changé en outil scientifique indispensable. Les caméras numériques peuvent saisir des milliers d'images qui, réseautées avec les captures d'autres caméras, nous renseignent comme nous ne pouvions pas l'imaginer il y a dix ans. Pour la première fois, nous pouvons évaluer efficacement où les mammifères se trouvent dans un paysage et, plus important encore, savoir où ils ne sont pas alors qu'ils devraient y être. Nous pouvons maintenant évaluer de manière fiable la population de multiples espèces dans un même paysage, afin

de comprendre l'interaction des prédateurs et des proies. Nous pouvons mesurer leurs modèles comportementaux quotidiens et observer les changements de comportement. Pour la première fois, nous pouvons enquêter scientifiquement sur les effets que les nombreuses transformations du paysage entraînent chez des communautés entières de mammifères de montagne. Et les informations, comme on peut s'y attendre, mélangent le bon avec le mauvais.

Les grizzlis forment une espèce à risque et iconique du versant oriental des Rocheuses. Un moratoire interdisant sa chasse en Alberta a freiné ses pertes en population, mais l'augmentation de l'accès routier entraîne des morts de grizzli dues à l'interaction humaine. Même sur les versants moins développés de la Colombie-Britannique, l'utilisation des sols pour cultiver de la nourriture (les vergers, par exemple) attire les grizzlis et augmente leurs chances d'être tués — créant un piège écologique.

Mais les grizzlis ne sont peut-être pas les plus touchés. Le véritable canari dans cette mine de charbon est le carcajou, qui avait l'habitude d'occuper une variété d'écosystèmes partout au Canada et dans le nord des États-Unis. La colonisation européenne a limité leurs aires de répartition vers l'Arctique et ces citadelles montagneuses. L'amnésie générationnelle en a fait conclure plusieurs que le carcajou était une espèce montagnarde — quand les montagnes (et pour l'instant, quelques régions de la forêt boréale) sont les seuls lieux au sud de l'Arctique où nous l'avons laissé perdurer. La transformation du paysage qui progresse dans les vallées montagneuses et le long des pentes crée des aires qui n'offrent plus de refuges au carcajou : une perte certaine que nous a confirmé le piégeage photographique.

La recherche sur les carcajous des Rocheuses albertaines a débuté il y a quinze ans dans le parc sauvage Willmore et les paysages fonctionnels adjacents des versants et des contreforts orientaux. Des caméras, de même que des captures de poils et des analyses d'ADN montrèrent que les carcajous s'en sortaient plutôt bien dans le Willmore, mais se faisaient affreusement rares dans les paysages adjacents : seuls cinq carcajous furent découverts sur l'entièreté de cette étendue, dont trois étaient sans doute de la même famille. Dans les années 2010, une collaboration de scientifiques a étendu cette recherche dans les parcs nationaux de Banff et Yoho ainsi que les adjacents pays de Kananaskis et aire sauvage de Ghost River, sur un rayon de plus de 12 000 km². Malheureusement, la



même tendance s'y déroulait : les carcajous s'en sortaient bien dans les parcs nationaux, mais leur rareté se faisait alarmante à l'extérieur. Dans tout Kananaskis — depuis longtemps une icône de l'habitat du carcajou —, sept carcajous seulement furent trouvés, surnommés « Les sept mercenaires ». En comparaison, des dizaines de carcajous habitaient des régions de même dimension dans les parcs nationaux.

Le constat reste cohérent sur toutes les pentes orientales des Rocheuses : la zone d'occupation des carcajous s'est contractée sous notre nez et continue probablement de le faire. Une analyse attentive montre que les effets cumulatifs du changement climatique et de la transformation du paysage — incluant l'exploitation forestière, l'extraction et le transport pétroliers, et les loisirs — sont à blâmer. Les raisons de ce constat sont encore à l'étude.

De bonnes nouvelles subsistent malgré tout : la même analyse sur la communauté entière d'animaux carnivores montre que l'étendue de ces effets ne se fait pas sentir chez toutes les espèces. Les lynx, cougars, lynx roux et d'autres espèces semblent perdurer, du moins jusqu'à présent. Cependant, même celles-ci ont montré des signaux de réponse négative devant l'étendue de la transformation du paysage des pentes orientales. Leurs réactions aux transformations dans un proche avenir sont incertaines, mais il est clair que la gestion et la protection du paysage sont requises pour s'assurer que les montagnes demeurent des citadelles où les mammifères puissent se réfugier.

Jason Fisher est professeur adjoint à la faculté d'Études environnementales de l'Université de Victoria et chercheur principal à InnoTech Alberta. Alina Fisher est écologiste, rédactrice scientifique indépendante et chercheuse en communications des sciences établie à Victoria.

Images d'un élan, d'un ours, d'un cougar et d'un caribou dans leur environnement captées par des caméras à détection de mouvement. Photos: Jason Fisher

La transformation du paysage provoquée par l'activité humaine a pris une avance radicale sur nos capacités à suivre ses effets sur les communautés de mammifères, ou à en comprendre les causes principales.

La température aquatique importe aux migrations de saumon rouge au fleuve Fraser



Ci-dessus : Saumons rouges en fraie à la rivière Adams, 2010. Photo Ian Guthrie.

Ci-dessous : Figure 1 – Malcolm Nicol, technicien aux relevés nivométriques de la neige au Ministère de l'Environnement de Colombie-Britannique effectue une vérification des équivalents en eau de neige à la station alpine de prélèvement d'eau de neige de la rivière Chilliwack. Photo Ted Litke, ministère de l'Environnement de C.-B.



Mike Lapointe, David Patterson, Maxine Forrest, Kendra Robinson, Angus Straight

Haut dans la chaîne Côtière, 1 600 mètres au-dessus de la vallée du Fraser, Malcolm Nicol effectue l'une de ses nombreuses visites à la station de la rivière Chilliwack pour mesurer le manteau neigeux alpin (figure 1). Sa station fait partie d'un réseau visité chaque année à la fin de l'hiver et au printemps pour mesurer et décrire les niveaux des manteaux neigeux qui fondent et se déversent chaque été dans les nombreux bassins versants de la Colombie-Britannique (figure 2).¹ Alors que les districts et les municipalités se soucient des risques d'inondation suivant la fonte des neiges en période de crue, le personnel du Programme de Surveillance et Environnement (PSE) de Pêches et Océans Canada (DFO) et la Commission pour le Saumon du Pacifique prévoit les impacts de la fonte des neiges et d'autres facteurs sur les températures et le débit du fleuve Fraser, et le taux de réussite des saumons rouges quand ils migrent pour rejoindre leurs frayères.²

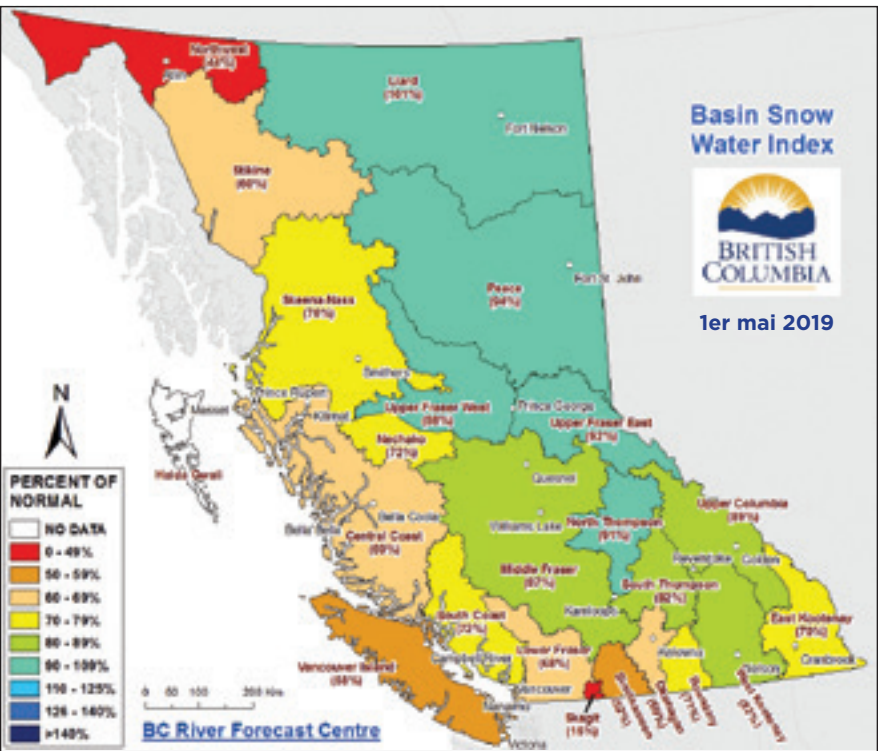
La chaleur des températures du fleuve Fraser s'associe à un taux de migrations réussies peu élevé (figure 3). Alors que les disparités dans la figure 3 résultent d'une variété de facteurs en plus de la mortalité avant fraie, les effets physiologiques des températures d'eau tiède sur la migration des saumons se trouvent bien documentés.³ L'eau tiède contient moins d'oxygène que l'eau froide, et les saumons du fleuve Fraser semblent avoir une capacité de travail adaptée aux températures fluviales qu'ils ont connues historiquement.⁴ Avant les années 1990, des

températures fluviales historiques supérieures à 18 °C se produisaient rarement — moins de 15 p. cent des ans (figure 4). Aussi n'est-il pas étonnant que la mortalité touche le saumon quand les températures s'élèvent au-dessus de ce seuil. Après tout, les saumons qui migrent en amont accomplissent d'énormes efforts, nageant quotidiennement l'équivalent d'un marathon dans le sens contraire du courant fluvial. Les niveaux des manteaux neigeux au printemps et les prévisions météorologiques saisonnières sont utilisées pour anticiper les températures et les débits fluviaux en été, cette information étant transmise aux responsables des pêches pour informer leurs plans de pêche présaisonniers.⁵ Cependant, ces prévisions à long terme de l'état du fleuve sont imprécises en raison des phénomènes climatiques imprévisibles tels que les épisodes de pluie intense.

Pour contrecarrer ces sources d'incertitude, les responsables du saumon au fleuve Fraser utilisent également des prévisions à court terme de 10 jours sur le débit et la température, fournies deux fois par semaine par le Programme de Surveillance du DFO. Ces prévisions s'appuient sur des prévisions météorologiques fournies par Environnement Canada et des données en temps réel sur la température et le débit fournies par des capteurs de données stratégiquement situés dans le bassin versant du fleuve Fraser.⁶ Le personnel de la Commission pour le saumon du Pacifique utilise par la suite des modèles d'administration ajustés qui lient les conditions de température et de flux passés du fleuve aux divergences historiques (figure 3) pour prévoir

Figure 3 — La relation des différences de pourcentage entre les estimations du saumon rouge entré à la partie basse du fleuve Fraser et atteignant sa frayère en amont, et les températures du fleuve, indiquées par les points noirs. Les températures représentent des moyennes de 31 jours centrées sur les pics migratoires annuels du saumon rouge du fleuve Fraser* dans le cours inférieur du fleuve. Les lignes pointillées délimitent les températures fluviales supérieures et inférieures à 18 °C et quand les différences de pourcentage sont supérieures ou inférieures à zéro. Quand les températures dépassent 18 °C, les différences de pourcentage ont toujours été inférieures à zéro, indiquant que la mortalité des poissons est le principal facteur à contribuer aux divergences des estimations entre les deux sites d'évaluation des abondances. La mortalité peut encore advenir dans des températures inférieures à 18 °C, mais peut être dissimulée par des erreurs dans les estimations d'abondance effectuées sur les deux terrains.

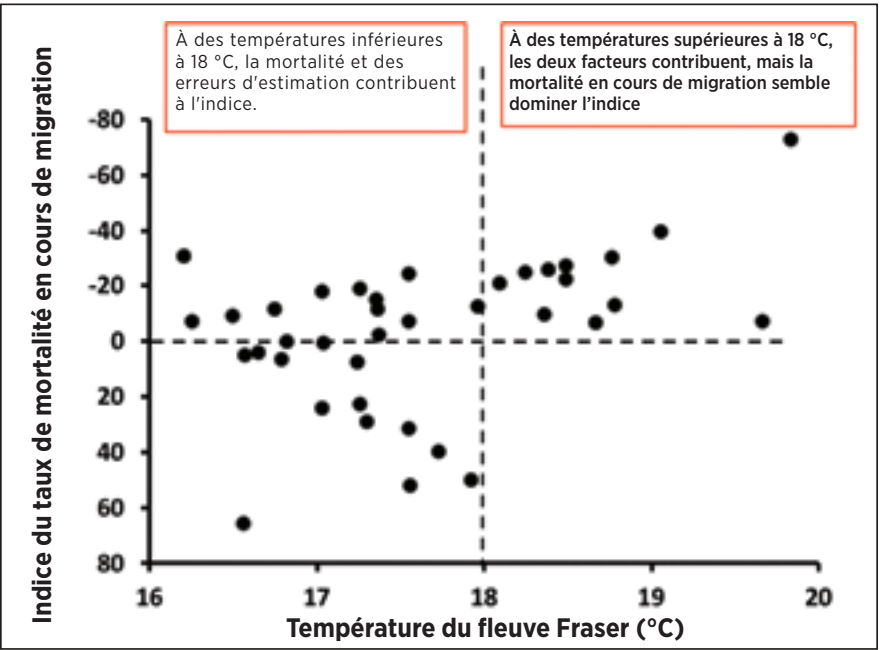
* Les données présentées concernent le groupe des stocks de saumons rouges connus comme les montaisons d'été, excluant le stock de la rivière Harrison. Trois ans sur quatre, ce groupe contribue le plus au retour total du saumon rouge au fleuve Fraser.



les disparités auxquelles s'attendre au cours de l'année, selon la combinaison des conditions fluviales observées et prévues.⁷ Ces prédictions éclairent les décisions de gestion; il est commun de réduire les taux de récolte disponibles selon le taux de mortalité prévu, pour s'assurer qu'un nombre ciblé de poissons atteignent leur zone de frai.

Malheureusement, comme d'autres chercheurs ont documenté la récession rapide des glaciers alpins, les températures du fleuve Fraser augmentent. Le calendrier du pic de la fonte des neiges et de la crue d'automne subit une

Figure 2 – La carte d'arpentage des neiges de Colombie-Britannique donne les indices de niveaux d'eau de neige du premier mai 2018. Utilisée avec l'autorisation du Gouvernement de la C.-B., Ministère des forêts, des terres, de l'exploitation des ressources naturelles et du développement rural — Centre de prévision du régime fluvial (River Forecast Centre).



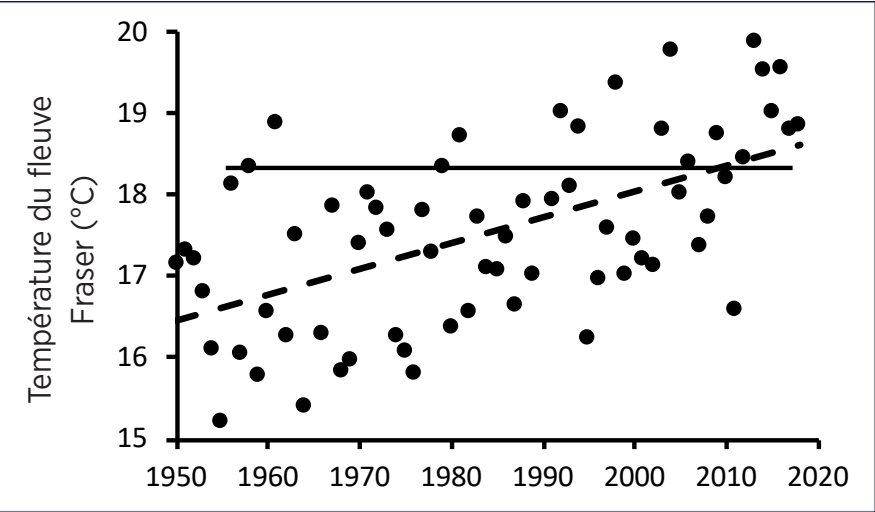


Figure 4 — Température moyenne du fleuve Fraser au mois d'août. Les points noirs sont les températures annuelles moyennes tracées pour le mois d'août de chaque année, de 1950 à 2018. La ligne pointillée est la droite de régression la mieux adaptée. La tendance temporelle des températures du fleuve est statistiquement très significative et la valeur R2 indique que près d'un tiers de la variation des températures de cette période de près de 70 ans peut s'expliquer par une tendance à l'augmentation de 0,3 °C par décennie. La droite horizontale continue délimite les températures supérieures et inférieures à 18 °C.

Dure épreuve pour ce saumon rouge de la rivière Adams, 2010.
Photo Ian Guthrie



transition qui les fait survenir plus tôt en saison, ce qui laisse moins d'eau fraîche pour protéger le fleuve contre les températures chaudes de l'été. Dans les quarante années qui précèdent 1990, seules cinq années ont vu la température moyenne du fleuve dépasser 18 degrés Celsius (moins de 15 p. cent des ans). Depuis 1991, les températures moyennes du Fraser ont franchi le cap des 18 °C quinze années sur vingt-huit (plus de 53 p. cent du temps), dont chaque année depuis 2012 (figure 4). Pour le mois d'août, les températures moyennes du fleuve Fraser ont augmenté de plus de 2 °C depuis 1950 (figure 4).

Le saumon du Pacifique s'adaptera-t-il à ces changements? Des expériences dans les couvoirs ainsi que des preuves concernant d'autres environnements (comme pour le saumon rouge du bassin de l'Okanagan) laissent croire que le saumon dispose d'une capacité évolutive à s'adapter, mais leur réaction dépendra sans doute de la rapidité avec laquelle leurs environnements changent

par rapport à leur vitesse d'adaptation.⁸

Mike Lapointe était biologiste en chef à la Commission pour le saumon du Pacifique avant de prendre sa retraite après 27 ans de services. David Patterson est biologiste en chef au Programme de Surveillance et Environnement (PSE) de Pêches et Océans Canada depuis plus de 15 ans. En plus de gérer les modèles d'ajustement du PSE, Maxine Forrest administre le laboratoire de mesurage du PSE à Vancouver (C.-B.). Kendra Robinson, biologiste, et Angus Straight, étudiant diplômé, travaillent avec Patterson au PSE, situé sur le campus de l'Université Simon Fraser à Burnaby, C.-B.

Remerciements

Le développement de modèles d'ajustement de la gestion et leur mise en place résultent d'un travail d'équipe. En plus des personnes citées dans les références, nous remercions Keri Benner et son équipe pour leurs évaluations; Fiona Martens, Cory Lagasse et leurs équipes pour leurs estimations hydroacoustiques sur l'abondance de saumons rejoignant la partie basse du fleuve à Mission, C.-B.; la Division des relevés hydrologiques du Canada et d'autres pour leur aide avec les capteurs de données installés à travers le fleuve Fraser et ses affluents; et les anciens membres de l'équipe du DSE qui ont fourni deux fois par semaine des prévisions sur la température et le débit du fleuve Fraser pendant la période estivale de migration des saumons. Enfin, les décisions concernant l'adoption formelle de facteurs d'ajustement de la gestion sont le domaine du Conseil du fleuve Fraser, un organe consultatif de la Commission pour le saumon du Pacifique chargé des décisions sur les récoltes de saumon rouge et de saumon du Pacifique.



Commission pour le saumon du Pacifique,
1155 Robson Street, Suite 600, Vancouver, BC, V6E 1B5
www.psc.org

Département des Pêches et Océans Canada, École de gestion des ressources et de l'environnement (School of Resource and Environmental Management),
Université Simon Fraser, Burnaby, BC, V5A 1S6

Références

1. Litke, T. A snapshot of BC's snow survey program. *The Avalanche Journal* Vol. 114, 10-11 (2017) (<https://issuu.com/theavalanchejournal/docs/vol114>).
2. Morrison, J., Foreman, M.G.G. Forecasting Fraser River flows and temperatures during upstream salmon migration. *Journal of Environmental Engineering and Science* 4 (2), 101-111 (2005); Macdonald, J.S., Patterson, D.A., Hague, M.J., Guthrie, I.C. Modeling the influence of environmental factors on spawning migration mortality for sockeye salmon fisheries management in the Fraser River, British Columbia. *Transactions of the American Fisheries Society* 139, 768-782 (2010); Hague, M.J., Patterson, D.A. Evaluation of statistical river temperature forecast models for fisheries management. *North American Journal of Fisheries Management* 34 (1), 132-146 (2014).
3. Crossin, G.T. et al. Exposure to high temperature influences the behaviour, physiology, and survival of sockeye salmon during spawning migration. *Canadian Journal of Zoology* 86 (2), 27-140 (2008); Martins, E.G., et al. Effects of river temperature and climate warming on stock-specific survival of adult migrating Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Global Change Biology* 17, 99-114 (2011); Eliason, E.J. et al. Differences in thermal tolerance among sockeye salmon populations. *Science* 332 (6025), 109-112 (2011).
4. Farrell, A.P., et al. Pacific Salmon in Hot Water: Applying Aerobic Scope Models and Biotelemetry to Predict the Success of Spawning Migrations. *Phys. Biochem. Zool.* 81 (6), 697-708 (2008); Eliason et al. (2011).
5. Patterson, D.A., et al. A perspective on physiological studies supporting the provision of scientific advice for the management of Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Conservation Physiology* doi:10.1093/conphys/cow026 (2016).
6. Hague, M. J., Patterson, D.A., Macdonald, J.S. Exploratory correlation analysis of multi-site summer temperature and flow data in the Fraser River basin. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 2797, 1-60 (2008).
7. Macdonald et al. (2010); Hague and Patterson (2014).
8. Hague, M.J., et al. Modelling the future hydroclimatology of the lower Fraser River and its impacts on the spawning migration survival of sockeye salmon. *Global Change Biology* 17 (1), 87-98 (2011).

www.pac.dfo-mpo.gc.ca/science/habitat/frw-rfo/index-eng.html

La rivière Adams, Colombie-Britannique.
Photo Ian Guthrie

Le saumon du Pacifique s'adaptera-t-il à ces changements?



Le dendroctone du pin invite à repenser nos priorités

Vue vers le sud depuis le sommet de
Old Fort, Jasper.
Photo Z. MacDonald

Felix Sperling

Sur toute la longueur des versants est des Rocheuses canadiennes, les forêts de pins sont maintenant menacées par le dendroctone du pin ponderosa (*Dendroctonus ponderosae*), ce qui ne veut pas dire que nous savons quoi faire avec lui. Les populations de dendroctones se sont étendues dans les états de l'Ouest et la Colombie-Britannique dans les années 1990 et 2000, guidées par le changement climatique planétaire et des pratiques de gestion forestière et de lutte contre les incendies. L'insecte a envahi le pin tordu latifolié et d'autres espèces de pins dans la C.-B. À l'apogée en 2005, il aura tué plus de la moitié de tout le pin marchand de la C.-B. dès 2012.¹ En Alberta, les vols de ces coléoptères dans le nord sont passés bien au-delà de Grande Prairie en 2006, pendant qu'ils atteignaient Canmore et Banff dans le sud. Plus récemment, les insectes ont balayé le parc national Jasper en direction de Hinton, créant un nouveau front. De petites infestations ont aussi été détectées dans la région, intouchée jusqu'à récemment, entre Hinton et Canmore, ainsi qu'à proximité de la ville de Rocky Mountain House.² Comme en C.-B., les forêts étendues et matures de pin tordu latifolié du centre-ouest de l'Alberta pourraient ne pas survivre longtemps, et le dendroctone du pin, balayerai ensuite la forêt boréale de pin gris dans l'est du Canada.¹

Cette crise en lente évolution a fait ressortir plusieurs visions conflictuelles de ce que les forêts des versants orientaux de Rocheuses devraient nous apporter. La région alimente le tourisme et fournit des services écosystémiques tels que la régulation des bassins hydrographiques, en plus de produits du bois qui conservent la compétitivité mondiale des industries forestières — autant d'aspects importants qui soutiennent l'emploi et la viabilité économique des communautés locales. Il n'est pas évident de décider lequel de ces usages est le plus important, et des compromis sont manifestement nécessaires, comme le démontre la nouvelle proposition de zone protégée dans l'arrière-pays de Bighorn.³ Le défi consiste à trouver le bon équilibre sans répéter les erreurs passées.

Gérer le dendroctone du pin se trouve compliqué par des effets de seuil de population. À sa phase

endémique, les larves perceuses d'écorce survivent dans les arbres affaiblis dispersés dans la forêt. Or, avec la pression des sécheresses et les peuplements d'arbres matures et d'âge égal qu'encourage le contrôle des feux, les populations tournent à une phase épidémique où, comme un feu touchant un seuil de température critique, les coléoptères peuvent envahir des arbres qui n'auraient jamais succombé en temps normal. Ainsi, une stratégie pour contrôler les dendroctones est de les surprendre tôt et les surveiller attentivement pour voir si la situation demande des pièges à phéromones et l'abattage d'arbres isolés, ou si des coupes de sauvetage à grande échelle sont nécessaires — manière de lutter contre le feu par le feu. Mais ces stratégies de sauvetage ne sont peut-être pas efficaces à long terme. Des hivers froids sont peut-être le seul facteur capable de contrôler le nombre de

coléoptères, même si les coupes de sauvetage retardent à court terme les déclenchements d'épidémie.⁴ Par conséquent, les coupes de sauvetage valent-elles l'éventuel prix écologique qu'elles coûtent?

La Colombie-Britannique a beaucoup appris sur le dendroctone du pin ponderosa, dont le fait qu'abattre des forêts infestées à des fins de sauvetage peut créer de nouvelles conditions d'habitat qui excluent un retour à l'état d'origine.⁵ Des preuves montrent aussi que des coupes de sauvetage étendues pourraient perturber les bassins hydrographiques et exacerber la crue des eaux en augmentant l'accumulation de neige en hiver, accroissant la neige fondue au printemps et altérant les débits de cours d'eau en été.^{6,7} Le problème ne concerne donc pas seulement les communautés en haute terre, mais aussi des villes comme Edmonton ou Calgary, dont l'approvisionnement en eau dépend des cours d'eau venant des versants orientaux. Les avantages de ce genre de services écosystémiques pourraient l'emporter sur ceux de l'exploitation forestière.

Une autre question est de savoir si les dendroctones du pin ponderosa sont uniformément adaptés aux conditions variées de leur zone de répartition et y réagissent partout de la même manière. Des études génétiques montrent que les populations du sud en C.-B. et en Alberta sont différentes des populations du nord, et qu'il y a des hybrides au parc national Jasper.⁸ Ceci peut nous aider à déduire les populations sources de nouvelles expansions, mais il reste encore à voir si les insectes hybrides de Jasper et Hinton sont plus ou moins viables que ceux du nord ou du sud. Cette diversité génétique montre un potentiel d'adaptation à de nouvelles conditions, les différentes espèces de champignons responsables du bleuissement du bois, qui collaborent avec les coléoptères pour vaincre un arbre, augmentant la complexité du problème. Aussi rien ne garantit que, arrivés dans une région nouvelle, les dendroctones du pin se comporteront comme ils se sont comportés ailleurs.

Il pourrait être également utile de reconsidérer même les hypothèses les plus admises. Une croyance répandue veut que les arbres tués par les dendroctones sont beaucoup plus vulnérables au feu. Par exemple, le premier objectif d'un comité de consultation de la ville de Hinton sur le dendroctone du pin visait la protection de la communauté contre les feux de forêt.⁹ Or une enquête menée dans l'ouest des États-Unis suggère que les dommages causés par les

coléoptères n'augmenteraient pas les risques d'incendie.¹⁰ Il se peut donc que cette préoccupation pour les feux soit déplacée, et l'abattage des arbres morts, essentiellement cosmétique.

Ces études montrent qu'il reste beaucoup à savoir sur le dendroctone du pin et son rôle dans l'environnement, et sur ce que sont nos meilleurs intérêts. La possibilité d'un plus grand nombre d'infestations de dendroctones sur les versants orientaux des Rocheuses nous donne ainsi une nouvelle occasion de réexaminer — et améliorer — nos façons d'y réagir.

Felix Sperling est professeur au département des sciences biologiques de l'Université de l'Alberta.

Références

1. Natural Resources Canada. Mountain pine beetle. Consulté le 17 jan., 2019. <https://www.nrcan.gc.ca/forests/fire-insects-disturbances/top-insects/13397> <https://www.nrcan.gc.ca/forests/fire-insects-disturbances/top-insects/13381> <https://www.nrcan.gc.ca/forests/fire-insects-disturbances/top-insects/13399>
2. Michelin, L. Mountain pine beetle invades Rocky area. *Red Deer Advocate*. 19 déc. 2018. www.reddeeradvocate.com/news/mountain-pine-beetle-invades-rocky-area/
3. Gerein, K. Beautiful Bighorn deserves better than ugly political games. *Edmonton Journal*, 10 jan. 2019, page A2. <https://edmontonjournal.com/news/politics/keith-gerein-beautiful-bighorn-deserves-better-than-ugly-political-games>
4. Natural Resources Canada. Stand development following mountain pine beetle outbreaks in south-central British Columbia. Consulté le 17 jan. 2019. <http://cfs.nrcan.gc.ca/projects/63>
5. Dykstra, P.R. Are we crossing ecological thresholds by salvage logging in landscapes disturbed by mountain pine beetle? MSc thesis, Simon Fraser University. (2009) <http://summit.sfu.ca/item/9431>
6. Pike, R.G., Redding, T.E., Moore, R.D., Winker, R.D., Bladon, K.D. (editors). Compendium of forest hydrology and geomorphology in British Columbia. B.C. Min. For. Range, For. Sci. Prog., Victoria, B.C. and FORREX Forum for Research and Extension in Natural Resources, Kamloops, B.C. Land Management Handbook 66. (2010). www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Lmh/Lmh66.htm ;
7. Green, K.C., Allia, Y. A paradigm shift in understanding and quantifying the effects of forest harvesting on floods in snow environments. *Water Resources Research* 48: W10503 (2012) <https://doi.org/10.1029/2012WR012449>
8. Trevoy, S.A.L., Jones, J.K., Sperling, F.A.H. Where did mountain pine beetle populations in Jasper Park come from? Tracking beetles with genetics. *The Forestry Chronicle* 94, 20-24 (2018). doi.org/10.5558/11fc2018-004
9. Hinton mountain pine beetle advisory committee workplan. Town of Hinton. Consulté le 17 jan. 2019 (2018) www.hinton.ca/DocumentCenter/View/6967/HMPB-Workplan
10. Hart, S.J., Schoennagel, T., Veblen, T.T., Chapman, T.B. Area burned in the western United States is unaffected by recent mountain pine beetle outbreaks. *Proc. National Academy of Sciences, USA* 112, 4375-4380 (2015). <https://doi.org/10.1073/pnas.1424037112>. *Sciences, USA* 112, 4375-4380 (2015). <https://doi.org/10.1073/pnas.1424037112>



Arbre des environs du lac Edith de Jasper tué par le dendroctone du pin ponderosa.
Photo Z. MacDonald

Des preuves montrent aussi que des coupes de sauvetage étendues pourraient perturber les bassins hydrographiques et exacerber la crue des eaux en augmentant l'accumulation de neige en hiver, accroissant la neige fondue au printemps et altérant les débits de cours d'eau en été.

Le « sang des glaciers » : un Sérenguéti microscopique



Figure 1 — « Sang des glaciers » sous l'orteil du glacier Lava, mont Garibaldi, C.-B.
Photo Casey Engstrom.

Un examen au microscope dévoile tout un écosystème dont la beauté et la complexité étonnent.

Casey B. Engstrom et Lynne M. Quarmby

Chaque été, les champs de neige alpins du Canada subissent une transformation étonnante, passant du blanc au rose, à l'orange, ou un rouge éclatant, parfois appelé « sang des glaciers ». Ces proliférations d'algues microscopiques sont assez vastes pour apparaître en imagerie satellite, couvrant parfois plus d'un tiers de la surface neigeuse.¹ Ces dernières années, ces algues des neiges ont attiré l'attention pour leur éventuel impact sur le climat et les cycles hydrologiques : absorbant davantage d'énergie solaire, la neige rouge accélère la fonte des neiges, et l'observateur peut remarquer comment la fonte de cette neige rouge creuse des tranchées bien plus profondes que la neige blanche qui l'entoure.

Un examen au microscope dévoile tout un écosystème dont la beauté et la complexité étonnent. Nous y voyons des algues, des champignons, des bactéries, des ciliées et des rotifères; sur le plan moléculaire se trouvent aussi des archaea et des virus.^{2,3} Bien que nous ignorons encore les détails, le microbiome de cette algue comprend tout un réseau d'herbivores, de parasites et de symbiotes. L'une de nos micrographies favorites, à la suite d'un voyage de collecte aux montagnes du sud-ouest de la C.-B., montre un tardigrade au ventre bourré d'algues

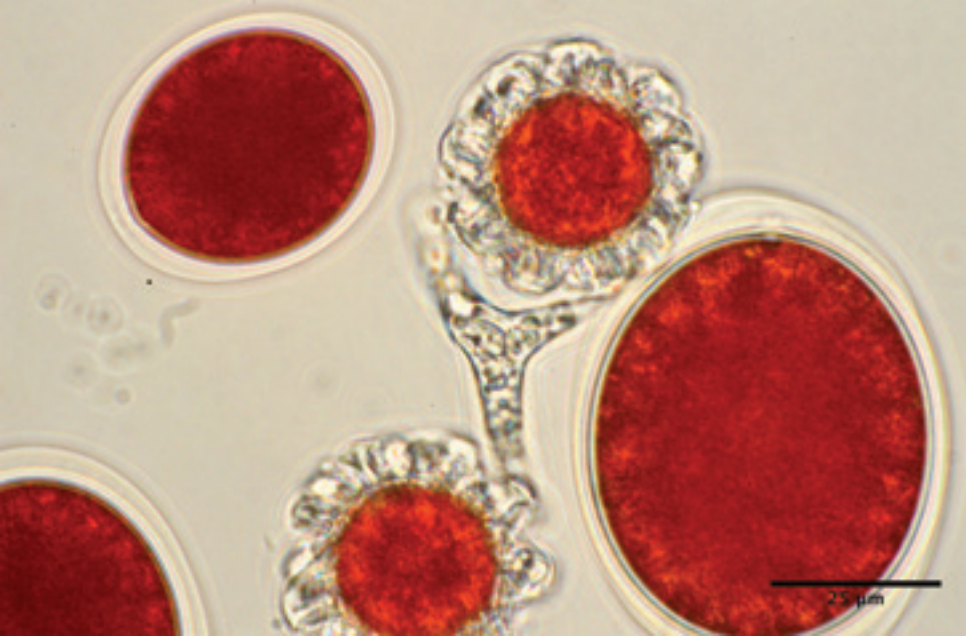
rouges. Une autre image présente une rangée de chytrides attachés à une cellule algale, paraissant suçoter le pigment énergétique et gras par des hyphes saillants à l'intérieur de l'algue. Les algues ont une coloration brillante, rouge-rubis, orange ou jaune, et sont souvent dotées d'un enrobage translucide doté de brides, de crampons ou de tourelles. Si les algues des neiges ressemblent à leurs cousines tempérées et mieux connues, des étapes de leur cycle biologique donnent à certaines espèces une apparence fort différente : de petites nageuses vertes biflagellées

peuvent se changer en kystes blindés de rouge, ou en imposantes cellules marron que nous avons appelées « vaisseaux amiraux » — chacune recelant des douzaines de petits rejets verts.

La manière dont, au printemps, ces cellules colonisent la surface neigeuse nous reste un mystère. Quand l'été s'achève, cet éphémère écosystème a déjà fondu, laissant des flaques rouges d'eau et de petits amas cellulaires pâteux sur les rochers. Nous avons observé que ces amas contiennent ce qui semble un microcosme du microbiome de l'algue des neiges — algues, moisissures et bactéries — : la possible « semence » qui inocule la neige intacte du printemps. Si tel est le cas, ces organismes doivent survivre à la chaleur et au dessèchement de l'été alors qu'ils se trouvent exposés sur les pierres, ainsi qu'aux gels de l'hiver sous un nouveau champ de neige. Des espèces mobiles pourront coloniser la neige printanière en nageant vers la surface (une migration épique pour un organisme d'un centième de millimètre de diamètre), tandis que d'autres se déposeront au gré du vent sur la surface neigeuse. Les réservoirs à partir desquels les surfaces de neige sont colonisées chaque année n'ont pas encore été identifiés.

Ces algues prospèrent sur la neige et se développent le mieux à des températures proches de zéro. Elles s'épanouissent quand la neige fondante libère ses nutriments et l'eau liquide. Nous ignorons encore comment l'essentiel de cette végétation n'est pas emporté par l'eau de fonte. Les biofilms l'expliquent peut-être, ainsi qu'une curieuse famille de molécules appelées « protéines de liaison à la glace ». Lorsque sécrétées, ces molécules peuvent ancrer les cellules aux granules de neige arrondies. Elles peuvent jouer un rôle protecteur pour l'intérieur des cellules en bloquant la croissance de cristaux de glace nuisibles.

Un défi de taille pour la vie photosynthétique sur la neige est l'exposition à plus d'énergie solaire que ne peuvent traiter les réactions biochimiques de la fixation du carbone, que les températures froides ralentissent. La conséquence étant un surplus de radicaux libres qui peuvent abîmer les cellules. Il se peut que le pigment rouge de l'algue, l'astaxanthine, tienne le double rôle d'antioxydant et de protection contre la lumière. Étant donné le caractère gras des molécules d'astaxanthine, nous nous demandons si elles sont aussi un réservoir d'énergie qui amorce la croissance au printemps, peut-être à partir des lieux les plus sombres de la neige profonde.



Les algues de neige sont-elles assez nombreuses pour transformer en profondeur les cycles du réchauffement et du carbone? Une étude estimait que la présence d'algues était responsable d'un cinquième des fontes saisonnières dans un champ de neige de l'Alaska. Compte tenu de la diversité et du caractère éphémère des cultures, mesurer leur impact et calculer leur rôle dans le cycle global du carbone sera difficile. Nos observations de terrain nous mènent à supposer que l'essentiel de cette culture d'algues des neiges se dépose au sol et dans les lacs alpins pour s'y comporter éventuellement comme un puits de carbone. Quels que soient les rôles qu'il aurait tenus ces derniers 10 000 ans dans le maintien des équilibres écologiques, ce microbiome deviendra inévitablement une des premières victimes du réchauffement de la terre, qui diminue les champs de neige alpins.

Étudiante au 3^e cycle, Casey Engstrom travaille au laboratoire du Dr Lynne Quarmby au département de biologie moléculaire et de biochimie de l'Université Simon Fraser. Pour en savoir plus sur les algues des neiges, visiter www.quarmby.ca.

Références

- Ganey, G.Q., Loso, M.G., Burgess, A.B., Dial, R.J. The role of microbes in snowmelt and radiative forcing on an Alaskan icefield. *Nat. Geosci.* 10, 754–759 (2017).
- Thomas, W.H., Duval, B. Snow Algae: Snow Albedo Changes, Algal-Bacterial Interrelationships; W.H. Thomas, B. Duval, Ultraviolet Radiation Effects. *Arctic and Alpine Research*, Vol. 27, No 4, 27, 389–399 (1995).
- Lutz, S. et coll. The biogeography of red snow microbiomes and their role in melting arctic glaciers. *Nat. Commun.* 7, 11968 (2016).

Figure 2 — Image microscopique de deux cellules de *Chlamydomonas nivalis* et de trois *Chlainomonas massifs*, avec un champignon chionaster au centre. La barre d'échelle est de 25 microns.
Photo Casey Engstrom.

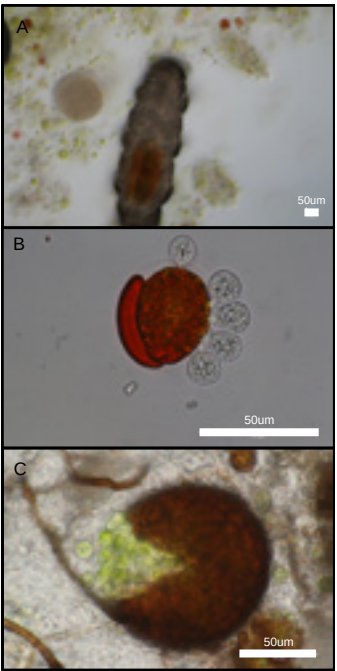
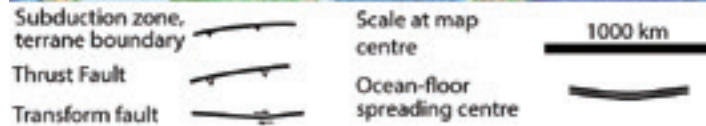
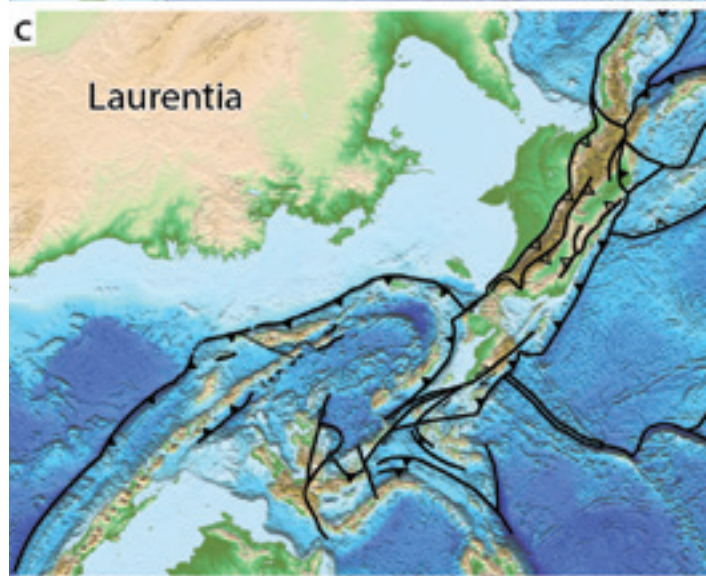
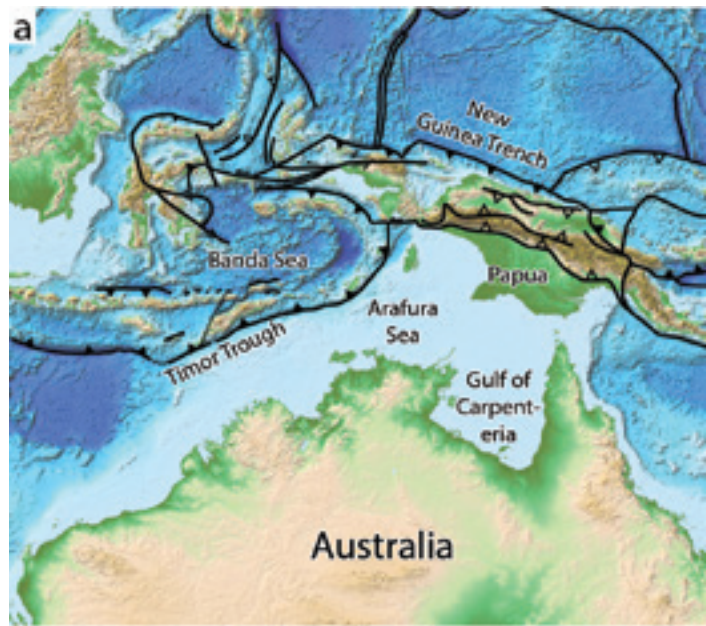


Figure 3 — A. Tardigrade à l'estomac rempli d'algues rouges. B. Chytrides attachés à une cellule algale. C. « Vaisseau amiral » avec éclosion d'espèces inconnues.
Photo Casey Engstrom.



Naissance d'une chaîne de montagnes aux Appalaches de Terre-Neuve

John W. F. Waldron

L'origine des montagnes : une histoire d'idées

En ces temps changeants, il est facile de se pencher sur les transformations du paysage alpin dues à l'humain, mais les montagnes grandissent et changent depuis des milliards d'années, et ce n'est qu'en comprenant les lentes, inexorables transformations géologiques que les montagnes traversent que nous pouvons arriver à comprendre la vitesse des changements actuels que le paysage subit.

Les montagnes émerveillaient les fondateurs de la géologie, mais ils ne parvenaient pas facilement à expliquer leur formation. Ils observèrent au dix-neuvième siècle que plusieurs d'entre elles étaient faites d'énormes amas de roche sédimentaire, et suggèrent que des dépressions chargées de sédiments, des « géosynclinaux » longs de plusieurs milliers de kilomètres, devaient avoir été comprimées pour former des ceintures montagneuses, ou orogènes. On supposa la présence de géosynclinaux le long des marges continentales est et ouest de l'Amérique du Nord pour expliquer les Appalaches et la Cordillère.

Les géologues, cependant, aspirent à expliquer le monde ancien au regard de processus actuels. Les géosynclinaux modernes s'étant révélés assez insaisissables, les géologues se sont donné du mal pour expliquer l'origine des montagnes.

Tectonique des plaques : comment se forment les montagnes

Deux avancées ont changé ce tableau à la fin du siècle dernier. Premièrement, des techniques géophysiques ont permis aux chercheurs d'obtenir une image de la couche sous le plateau et sous la pente continentaux. La strate était d'une épaisseur énorme : au large de l'est du Canada, par exemple, quelque douze kilomètres de couche sédimentaire s'étaient accumulés depuis le début de la période jurassique il y a quelque 200 millions d'années.¹

La seconde avancée fut la découverte de la tectonique des plaques² et particulièrement du processus de *subduction*, où une plaque de la croûte extérieure de la terre, la lithosphère, s'enfonce sous une autre et rejoint finalement le manteau terrestre qui l'absorbe. Dans une zone de subduction, la plaque en surplomb, qui

Figure 1

- (a) Carte du nord de l'Australie et de la Papouasie-Nouvelle-Guinée montrant les frontières complexes des plaques et d'autres failles (en noir) indiquant le processus en cours d'une collision arc-continent.³
- (b) Carte de l'est de l'Amérique du Nord montrant des failles majeures marquant les anciennes frontières des plaques de l'orogène appalachien.
- (c) Carte montrant la géographie et la configuration possible des plaques existantes à la naissance de l'orogène appalachien durant la moyenne période ordovicienne il y a environ 460 millions d'années, selon une version pivotée et réfléchie de la carte (a).⁴

n'est pas subduite, transporte généralement une chaîne incurvée de volcans, l'« arc volcanique ». Le long du bord de cette plaque chevauchante, les amas de sédiments dérivés des volcans s'avèrent aussi extrêmement volumineux.

L'un des processus par lesquels la tectonique des plaques peut instaurer une nouvelle ceinture montagneuse s'appelle une « collision arc-continent », qui se produit lorsqu'un continent est entraîné dans une zone de subduction. Le continent, trop flottant pour être subduit, est télescopé contre l'arc volcanique, et la subduction finit par s'arrêter. Ce processus contracte une vaste accumulation de couche sédimentaire de la marge continentale contre un autre amas de roche sédimentaire et volcanique provenant de l'arc, déformant les deux et produisant un nouvel orogène. Nous pouvons observer les progrès d'une collision arc-continent à Taïwan, et le long de la marge nord du plateau australien de Papouasie-Nouvelle-Guinée (figure 1a). Ce sont des orogènes en début de croissance : éventuellement, des cordillères beaucoup plus grandes, comme l'Himalaya, pourront se former par collision continentale.

La formation de montagnes aux Appalaches terre-neuviennes

Les montagnes de l'ouest de Terre-Neuve font partie de l'orogène des Appalaches (figure 1b), qui s'étendent de l'Alabama à la côte est de Terre-Neuve. Les Appalaches font partie d'une ceinture encore plus vaste, qui s'étendait dans la Pangée le plus au nord du Groenland et de la Norvège.

Les Appalaches ont commencé leur développement il y a 480 millions d'années environ, vers la fin de la période cambrienne, tandis que l'ancien océan (Iapetus) commençait de se fermer par subduction. Dix millions d'années après, le précurseur du continent nord-américain (Laurentie) subissait ses premières déformations alors qu'une zone de subduction entraînait en collision avec sa marge orientale (figure 2). Des preuves de cette collision se trouvent à l'ouest de Terre-Neuve, dont les spectaculaires fjords et les pics de la baie des Îles (figure 3a) et du parc national du Gros Morne.

La vieille marge continentale est représentée par des amas épais de calcaire déposés sur un plateau continental. Ceux-ci contiennent des récifs faits de coraux, d'éponges et d'autres fossiles qui montrent clairement que Terre-Neuve se situait sous les tropiques à l'époque. Durant la moyenne période ordovicienne, le plateau commença de s'abaisser alors que la bordure du continent s'approchait d'une zone de subduction. Les calcaires furent recouverts par du grès contenant des grains dérivés de l'arc volcanique en progression.

Ensuite, la marge continentale fut tirée sous une masse déformée de roche sédimentaire et magmatique, l'Allochtone du bras Humber (« Allochtone » signifiant étymologiquement « d'une autre terre »). Au sommet de l'empilement se trouvait une plaque de sol océanique, représentant l'arc volcanique entré en collision, dont des restes composent les hautes terres actuelles comme les collines Lewis (qui sont le point culminant de l'île), le mont Blow Me Down (Figure 3), et les célèbres Tablelands du parc national du Gros-Morne. Il y a quelque 460 millions d'années, l'ancienne Terre-Neuve

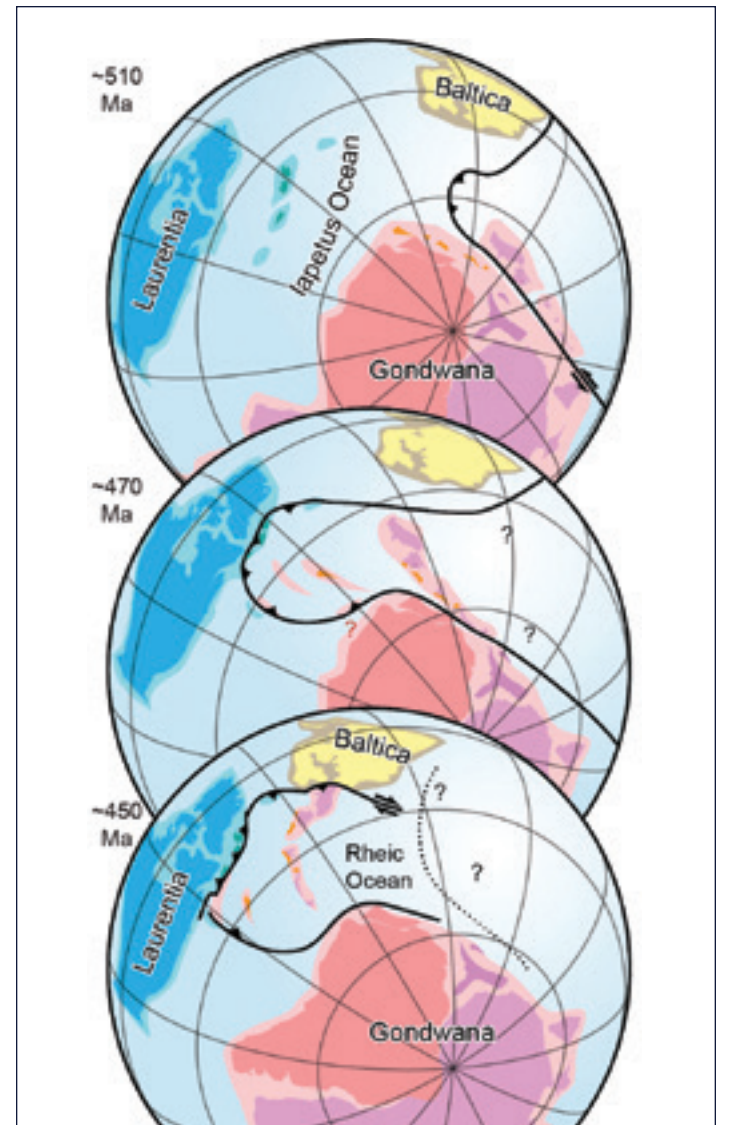


Figure 2 — Carte montrant l'emplacement possible de blocs continentaux majeurs, du cambrien à l'ordovicien supérieur.⁵ Les limites des plaques majeures sont en noir. Il y a environ 470 MA (millions d'années), une zone de subduction est entrée en collision avec la bordure est de l'ancienne Amérique du Nord (Laurentie), amorçant la formation des Appalaches.

Les montagnes émerveillaient les fondateurs de la géologie, mais ils ne parvenaient pas facilement à expliquer leur formation.



Figure 3 — Vue sur la baie des Îles depuis le mont Blow Me Down, Terre-Neuve. Les roches orange rouille sont des péridotites, riches en fer et en magnésium, représentant une plaque chevauchée du manteau terrestre. Le terrain bas au loin est occupé par des rochers plus tendres de l'ancienne bordure de la Laurentie.

Des millions d'années
d'érosion ont sculpté
ce paysage, qui nous
permet de voir l'intérieur
de la chaîne d'origine.

devait ressembler à une version inversée de l'actuelle Papouasie-Nouvelle-Guinée, comme le montre la figure 1c. La formation des montagnes se poursuivrait pour cent autres millions d'années, pendant que le supercontinent de la Pangée s'assemblait.

Soulèvement et érosion
— une histoire qui se poursuit

Les structures spectaculaires qui s'observent dans l'ouest de Terre-Neuve et ailleurs dans l'orogène appalachien résultent de déformations qui se sont produites dans le cœur profond de cette chaîne de montagnes pendant sa formation. Des millions d'années d'érosion ont sculpté ce paysage, qui nous permet de voir l'intérieur de la chaîne d'origine. Certaines des plus rapides érosions sont très récentes géologiquement : ces deux derniers millions d'années, les glaciers ont sculpté les vallées et les fjords profonds dans la côte ouest de l'île. Avec le retrait de la glace, la flottabilité continue de la lithosphère continentale lui a permis de se soulever. Comme avec les montagnes du monde, l'élévation des pics résulte d'un équilibre délicat où soulèvement et érosion continuent de se faire concurrence.

John Waldron est professeur au département des sciences de la terre et de l'atmosphère à l'Université de l'Alberta. Il enseigne la géologie structurale et conduit des recherches sur le développement des chaînes de montagnes, notamment dans l'est du Canada et le nord-ouest de l'Europe, utilisant comme preuves des roches sédimentaires déformées.

Références

1. Keen, C. E. et coll. Deep seismic reflection data from the Bay of Fundy and Gulf of Maine: tectonic implications for the northern Appalachians. *Canadian Journal of Earth Sciences* 28, 1096-1111 (1991).
2. Dewey, J. F. & Bird, J. M. Mountain belts and the new global tectonics. *Journal of Geophysical Research* 75, 2625-2647 (1970).
3. Amante, C. & Eakins, B. W. ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NESDIS NGDC-24, (National Geophysical Data Center, NOAA, 2009).
4. White, S. E., Waldron, J. W. F. & Harris, N. B. Anticosti Foreland Basin Offshore of Western Newfoundland: Concealed Record of Northern Appalachian Orogen Development. *Basin Research en révision*, (2019).
5. Waldron, J. W. F., Schofield, D. I., Murphy, J. B. & Thomas, C. W. How was the Iapetus Ocean infected with subduction? *Geology* 42, 1095-1098 (2014).



Le personnel et les participants du Camp général d'alpinisme de 2018 au glacier Hallam. Photo Paul Zizka



Établi en 1906, le Club alpin du Canada est un organisme sans but lucratif voué à promouvoir la culture, la connaissance et l'expérience alpine, l'accès responsable et l'excellence en matière de compétences et de leadership en montagne.
<http://alpineclubofcanada.ca>

Rapport sur l'état des montagnes

Une part importante du Canada se définit par la diversité de ses montagnes, qui lui fournissent des ressources naturelles et économiques cruciales comme l'eau, la biodiversité, la forêt et des activités récréatives. Elles hébergent aussi plusieurs populations résidant dans de petites communautés éloignées. Or, des changements locaux et planétaires affectent ces lieux d'une manière qui n'est pas encore bien comprise. Le Rapport sur l'état des montagnes du CAC voudrait recueillir et partager les meilleures connaissances disponibles sur les montagnes Canadiennes, d'un océan à un autre.



Club alpin du Canada
C.P. 8040
Canmore, Alb., T1W 2T8
www.alpineclubofcanada.ca