

INCENDIES DANS L'ARCTIQUE :

effets des feux de forêt sur divers écosystèmes aquatiques
des Territoires du Nord-Ouest



Suzanne E. Tank^{1*}, David Olefeldt², William L. Quinton³, Christopher Spence⁴, Nicole Dion⁵, Caren Ackley³, Katheryn Burd², Ryan Hutchins¹, and Samson Mengistu¹

¹ Département des sciences biologiques, Université de l'Alberta, Edmonton, Alberta, Canada

² Département des ressources renouvelables, Université de l'Alberta, Edmonton, Alberta, Canada

³ Centre des sciences de l'eau et des régions froides, Université Wilfred Laurier, Waterloo, Ontario, Canada

⁴ Environnement et Changement climatique Canada, Saskatoon, Saskatchewan, Canada

⁵ Ministère des Ressources en eau, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest, Canada

* suzanne.tank@ualberta.ca

Résumé

À l'été 2014, le sud des Territoires du Nord-Ouest (T.N.-O.) a connu une saison de feux de forêt sans précédent, qui a ravagé des zones réparties dans deux écorégions (les plaines de la taïga et le bouclier de la taïga). Ces zones couvraient un paysage composé de pergélisol, de divers types de végétation et de terres incendiées précédemment. Notre étude a été menée dans les régions du Dehcho, du Tłı̨chǫ-Wek’èezhii et de l'Akaitcho des T.N.-O., qui comprennent les zones les plus brûlées de la saison des feux de forêt de 2014. Dans ces régions, nous avons travaillé dans des bassins versants brûlés et non brûlés jumelés sur les plaines de la taïga et le bouclier de la taïga pour examiner les réactions aux feux dans les eaux de surface et les eaux souterraines. Nous avons également examiné la qualité de l'eau dans une série de 50 bassins versants stratifiés en fonction de l'écorégion et de l'historique des feux, et variés en matière de caractéristiques au sein des bassins versants, comme l'étendue des terres humides. Ce plan d'échantillonnage, qui couvre un éventail aussi important que possible de variabilité des paysages, nous permet de différencier les effets des feux de forêt d'autres variables

des paysages qui ont un effet cumulatif sur la santé de l'écosystème aquatique. Bien que les feux de forêt aient eu un effet évident sur la composition chimique des eaux interstitielles, cet effet était moindre à la sortie du cours d'eau et à l'échelle du paysage. Plutôt que d'avoir un effet prédominant sur la qualité de l'eau, les feux de forêt semblent être l'une des nombreuses variables du paysage qui agissent de concert pour déterminer la qualité de l'eau dans le sud des T.N.-O.

Introduction

À l'été 2014, le sud des Territoires du Nord-Ouest (T.N.-O.) a connu une saison de feux de forêt sans précédent, qui a ravagé des zones réparties dans deux écorégions (la Taïga des Plaines et la Taïga du Bouclier). Ces zones couvraient un paysage composé de pergélisol, de divers types de végétation et de terres incendiées précédemment (fig. 1, 2). Notre étude a été menée dans les régions du Dehcho, du Wek’èezhii et de l'Akaitcho, qui comprennent les zones les plus largement brûlées de la saison des feux de forêt

Citation suggérée :

Tank, S.E., Olefeldt, D., Quinton, W.L., Spence, C., Dion, N., Ackley, C., Burd, K., Hutchins, R., and Mengistu, S. 2018. « Incendies dans l'Arctique : effets des feux de forêt sur divers écosystèmes aquatiques des Territoires du Nord-Ouest », Savoir polaire : Aqhaliat 2018, Savoir polaire Canada, p. 31-38. Identificateur d'objet numérique : 10.35298/pkc.2018.04

de 2014. Nous avons entrepris une approche de pente étagée — *vers le bassin versant* — pour comprendre comment les effets du feu se propagent dans les écosystèmes aquatiques, de la plus petite échelle (eaux interstitielles des pentes) à la plus grande échelle (paysage du sud des T.N.-O.). Pour ce faire, nous avons couplé des mesures intensives de la chimie de l'eau interstitielle et de la sortie des cours d'eau dans certains bassins hydrographiques brûlés et non brûlés avec une série de mesures exhaustives dans 50 bassins versants qui variaient selon l'étendue des feux dans les bassins, l'écorégion et des caractéristiques comme l'étendue des terres humides (figure 2). Cette conception nous permet d'explorer les effets mécanistes des feux de forêt sur la qualité de l'eau des cours d'eau, tout en différenciant ces effets d'autres variables du paysage qui ont une incidence cumulative sur les caractéristiques des écosystèmes aquatiques.

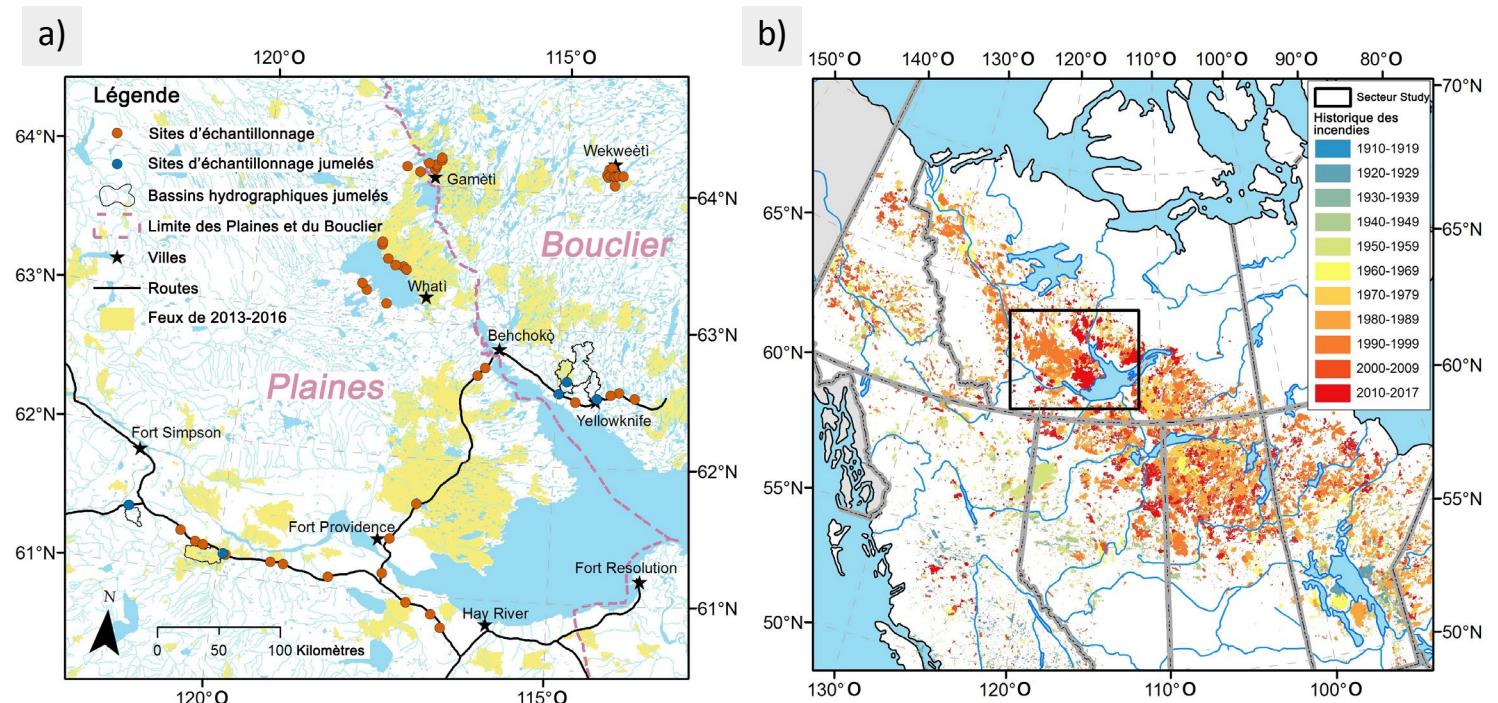
Des recherches antérieures ont montré que les feux de forêt peuvent modifier considérablement la chimie des écosystèmes d'eau douce en pente descendante. Par

exemple, la combustion de couches organiques et la perte de végétation peuvent augmenter les nutriments (Betts et Jones, 2009; fig. 2) et des toxines comme le mercure (Kelly et coll. 2006), mais entraîner une diminution des matières organiques (Betts et Jones, 2009) dans les écosystèmes aquatiques bénéficiaires, bien que les résultats puissent également être mixtes (p. ex., Olefeldt et coll. 2013). À la suite d'un incendie de forêt, la cicatrice brûlée est également plus sensible au dégel du pergélisol que les zones adjacentes non perturbées, parce que la perte de la canopée des arbres entraîne une plus grande charge d'énergie à la surface du sol, et le sol noirci absorbe également plus d'énergie. L'approfondissement des couches actives qui en résulte peut avoir une incidence supplémentaire sur la chimie de l'eau qui s'écoule de la terre aux cours d'eau, alors que les sols qui étaient auparavant gelés deviennent disponibles pour le contact avec l'eau. Dans la Taïga du Bouclier, les sols se composent généralement d'horizons organiques jusqu'au substrat rocheux, avec de minces sols minéraux. En revanche, les tourbières profondes sont abondantes dans la Taïga des Plaines, mais le sol sous-jacent est composé de tills minéraux épais. Ainsi, on peut s'attendre à ce que l'effet des feux de forêt diffère fondamentalement entre ces deux régions, avec des augmentations des matières organiques où l'approfondissement ou l'allongement des voies

Figure 1: Images of burned regions on the Taiga Shield (a; Boundary Creek) and Taiga Plains (b; Spence Creek); potential nutrient effects downstream of a burn scar (c; algal mats in Notawohka Creek that are not common elsewhere); and recovery from burn two years post-fire (d; stream draining to Lac La Martre, Whatì).



Figure 2 : (a) Les emplacements d'échantillonnage superposés sur les périmètres d'incendie 2013-2016 (les bassins hydrographiques brûlés et non brûlés jumelés qui ont fait l'objet de nos mesures intensives sont indiqués en bleu; les 50 emplacements d'échantillonnage synoptique sont indiqués en orange) et (b) l'historique d'incendie pour la région, la zone plus détaillée de l'échantillon de référence a) est indiquée par une case.



d'écoulement permettent l'accès aux sols organiques, et des augmentations des éléments nutritifs inorganiques (p. ex., nitrate et phosphate) et des ions où l'eau est acheminée par des horizons inorganiques. L'approfondissement du dégel peut aussi encourager l'établissement de *taliks* (c.-à-d. une couche de dégel permanent entre la couche active sus-jacente et le pergélisol sous-jacent; Gibson, 2017), ce qui peut permettre l'écoulement de l'eau et des constituants chimiques connexes tout au long de l'année. Ces changements dans la chimie de l'eau associés aux feux de forêt sont importants parce que les changements dans les concentrations de nutriments, de matières organiques, de sédiments et de contaminants dans les cours d'eau peuvent à leur tour modifier le fonctionnement écologique des systèmes d'eau douce (voir, par exemple, Minshall et coll. 2001, Allen et coll. 2005, Kelly et coll. 2006, Smith et coll. 2011, et Silins et coll. 2014).

Bien que l'influence des feux de forêt sur la chimie de l'eau ait été étudiée dans certains systèmes de collines du nord et dans de petits bassins hydrographiques subarctiques, y compris en Alaska (Betts et Jones, 2009; Koch et coll. 2014), il a été mal étudié aux T.N.-O. Cette situation est préoccupante d'un point de vue propre aux T.N.-O., car le paysage subarctique est composé d'une diversité de caractéristiques propres à une région, qui peuvent agir de façon cumulative et distincte pour influencer la chimie de

l'eau en pente descendante. Étant donné que la fréquence des feux de forêt augmente dans le nord du Canada (Kasischke et Turetsky, 2006; Flannigan et coll. 2009), il est impératif que nous entreprenions des évaluations régionales de ses effets sur les composantes aquatiques et d'autres écosystèmes. Ces évaluations ciblées aideront à prédire comment les incendies pourraient influencer les écosystèmes aquatiques dans divers types de paysages et, par conséquent, à comprendre également les changements qui pourraient en résulter sur le plan des ressources naturelles (réseaux trophiques, poissons) et de l'infrastructure (eau potable).

Methods

Notre projet de *pente en cascade — vers le bassin versant — jusqu'au paysage* s'articule en trois volets.

Premièrement, nous avons travaillé à l'intérieur de sites ciblés brûlés et non brûlés sur la Taïga des Plaines (ruisseaux Notawohka et Scotty) et sur la Taïga du Bouclier (ruisseaux Boundary et Baker; figure 2) pour examiner les effets des feux de forêt sur la température du sol, l'accumulation de neige, la profondeur de la table de gel et la composition chimique de l'eau disponible pour le ruissellement vers les cours d'eau (c.-à-d. eau interstitielle mobile). Deuxièmement, nous avons effectué des mesures fréquentes de la chimie des débits dans ces bassins hydrographiques appariés, afin de mieux

comprendre la réponse à petite échelle des bassins versants aux feux de forêt. Enfin, nous avons entrepris une étude synoptique de 50 bassins hydrographiques brûlés et non brûlés (figure 2) en juin-juillet 2016 et en mai-juin 2017, et un sous-ensemble de ces bassins a été échantillonné en août et en septembre 2016. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'une collaboration entre des chercheurs universitaires, des scientifiques du gouvernement fédéral et des scientifiques aquatiques du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest (GTNO). Les habitants des collectivités de Jean Marie River, Fort Simpson, Whatì, Wekweèti et Gamèti ont également fait partie intégrante de la planification du projet et de la collecte d'échantillons, comme il est indiqué ci-dessous.

Afin de cibler l'eau disponible pour le déplacement vers le bas de la pente, des échantillons d'eau interstitielle ont été prélevés à la nappe phréatique à l'aide d'échantilleurs MacroRhizon (taille des pores de 0,15 µm; Rhizosphere Research Products, Wageningen, Pays-Bas) (Burd et coll. 2018) ou en filtrant l'eau recueillie à partir des échantillons de puits (Sartorius 0,45 µm). Les échantillons de cette composante ont été analysés à l'Université de l'Alberta, soit dans des laboratoires individuels, soit au Biogeochemical Analytical Service Laboratory (BASL) accrédité par la CALA (ISO 17025). Nous avons prélevé des échantillons hebdomadaires de nos bassins hydrographiques jumelés brûlés et non brûlés pendant quatre semaines après le début du débit au printemps, et chaque mois par la suite en 2015, 2016 et 2017. Ces échantillons de sortie de bassins versants jumelés ont été prélevés au moyen de protocoles établis par la Division des ressources en eau du GTNO, et ont été analysés au laboratoire environnemental de la Taïga du GTNO. Les stations météorologiques préexistantes (ruisseau Baker, non brûlé) et propres au projet (ruisseau Boundary, brûlé) de la Taïga du Bouclier ont recueilli des données sur la température de l'air, l'humidité relative, le rayonnement net, la vitesse du vent et la pluie dans les ruisseaux Baker, Boundary et Scotty.

Pour nos relevés synoptiques de 50 sites, nous avons accédé à tous les cours d'eau possibles situés près des routes 1 et 3, et nous avons également travaillé avec les collectivités de Whatì, de Wekweèti et de Gamèti pour accéder aux sites des cours d'eau à partir des lacs sur lesquels ces collectivités sont situées. Les sites d'échantillonnage ont été stratifiés sur des terrains brûlés et non brûlés. Des échantillons chimiques ont ensuite été prélevés selon des protocoles normalisés, filtrés sur le terrain (filtres GF/F prébrûlés Whatman, taille des pores de 0,7 µm) et entreposés dans un lieu réfrigéré,

dans l'obscurité, en vue d'analyses ultérieures au BASL de l'Université de l'Alberta.

Afin de nous permettre de calculer l'exportation des constituants et de normaliser le flux total de ces constituants par zone de bassin hydrographique (c.-à-d. le rendement; Tank et coll. 2012), nous avons également mesuré les rejets à chaque site. Pour les quatre bassins versants jumelés, les données sur les rejets sont recueillies activement par la Division des relevés hydrologiques du Canada aux ruisseaux Scotty et Baker. Dans le cas des ruisseaux Boundary et Notawohka, la décharge a été déterminée à l'aide de transducteurs de pression dans le cours d'eau et à l'aide de courbes de notation des débits jaugés. Pour les 50 sites synoptiques, le point de rejet a été mesuré en même temps que le prélèvement d'échantillons de chimie de l'eau à l'aide d'un vélocimètre à effet Doppler acoustique portatif FlowTracker2 (SonTek Inc., San Diego, CA) et de la méthode de vitesse de surface transversale.

Les limites des bassins versants ont été déterminées à partir d'un modèle d'élévation numérique de 20 mètres (<http://geogratis.gc.ca>) (10.5) et de la boîte à outils sur l'hydrologie. Les coordonnées des points de captage acquises pendant le prélèvement d'échantillons ont été utilisées comme points d'écoulement pour les délimitations. Par la suite, les délimitations de bassins ont été utilisées pour déterminer les caractéristiques des bassins versants, y compris la pente et le pourcentage de couverture de divers types de paysages (couverture terrestre canadienne, vers 2000 [vecteur] – série GeoBase). Les zones marquées par les incendies ont été extraites de la base de données nationale sur les incendies SIG fournie par le Service canadien des forêts.

Résultats préliminaires

La collaboration entre les partenaires gouvernementaux et la collectivité nous a permis d'obtenir une forte couverture temporelle et spatiale dans nos efforts d'échantillonnage. Notre travail de jumelage des bassins hydrographiques a en outre permis de capter avec succès les débits printaniers initiaux en 2015, qui représentaient la première vague de ruissellement après la saison des feux de forêt de 2014 (fig. 3). L'échantillonnage subséquent a donné lieu à une excellente couverture de la crue printanière en 2016 et en 2017, et la collecte s'est poursuivie pendant chacune des trois années d'échantillonnage dans les cas où les débits se sont poursuivis sous la glace (p. ex., ruisseau Boundary; figure 3). Notre relevé synoptique a facilité la saisie d'une gamme de paysages dans la Taïga des Plaines et la Taïga du

Bouclier. Par exemple, la couverture des lacs et des milieux humides à l'intérieur du bassin versant variait de près de 0 % à plus de 80 % du bassin versant, tandis que la pente moyenne du bassin versant — un important régulateur de la résidence de l'eau dans le paysage — variait selon un gradient important dans chacune des deux écorégions (figure 4). Les bassins hydrographiques touchés par les feux de forêt étaient bien répartis dans ces gradients paysagers et englobaient environ la moitié des bassins hydrographiques étudiés. Les régions du Bouclier et des Plaines différaient dans leur proportion de lacs, de milieux humides et de la pente moyenne du bassin versant, suivant les différences sous-jacentes entre ces régions physiographiques.

Les sites brûlés et non brûlés différaient de toute évidence dans leur chimie de l'eau à l'échelle de la parcelle, mais ces différences semblaient diminuer avec le mouvement dans

le réseau hydrologique (fig. 5). Par exemple, en utilisant le carbone organique dissous (COD) comme espèce chimique modèle, nos résultats montrent des concentrations élevées de COD dans les eaux interstitielles brûlées de la Taïga des Plaines (fig. 5a), mais que ce signal s'atténue à la sortie du bassin versant, où l'augmentation des exportations de COD au cours de la saison entière dans les bassins hydrographiques brûlés par paires était beaucoup plus modeste (fig. 5 b). Parmi les 50 sites synoptiques échantillonnés au milieu de l'été 2016, cette différence disparaît, sans effet prédominant des feux de forêt sur la concentration de COD (figure 5c) dans la grande variété de bassins hydrographiques que nous avons échantillonnés (figure 4). Cette constatation générale d'effets faibles à nuls des feux de forêt à l'échelle synoptique était cohérente pour tous les autres paramètres clés de la qualité de l'eau. Par exemple, les éléments nutritifs, qui stimulent

Figure 3 : Les dates d'échantillonnage (cercles) sont superposées sur les hydrographes de rejet pour les sites de bassins versants appariés afin de montrer la couverture de l'échantillon dans diverses conditions de débit : (a) Les dates d'échantillonnage des ruisseaux Scotty et Notawohka ont été superposées à l'hydrographe du ruisseau Scotty, (b) les dates d'échantillonnage du ruisseau Baker ont été superposées à l'hydrographe du ruisseau Baker (à noter l'échelle logarithmique), et (c) les dates d'échantillonnage du ruisseau Boundary ont été superposées à l'hydrographe du ruisseau Boundary.

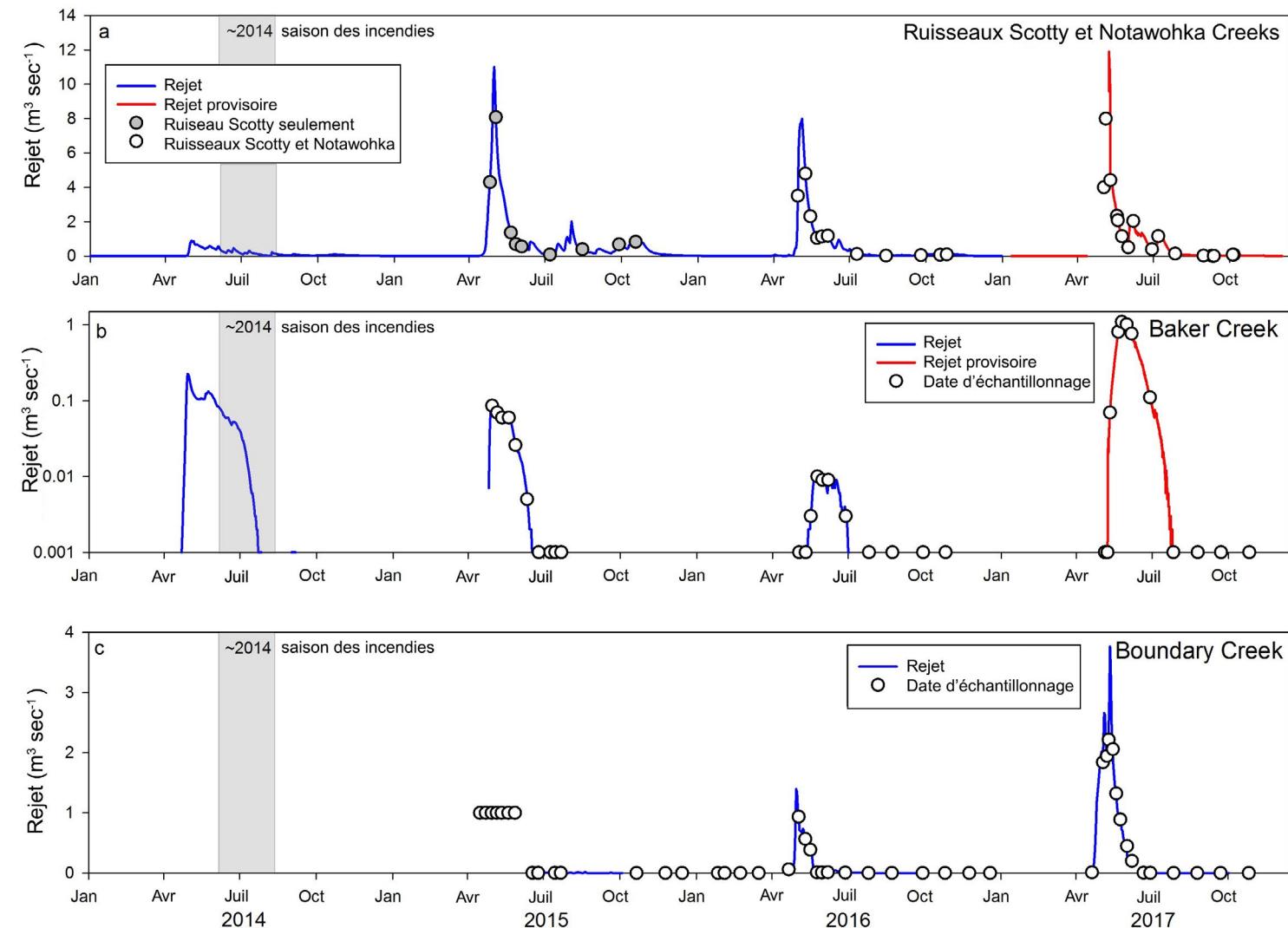
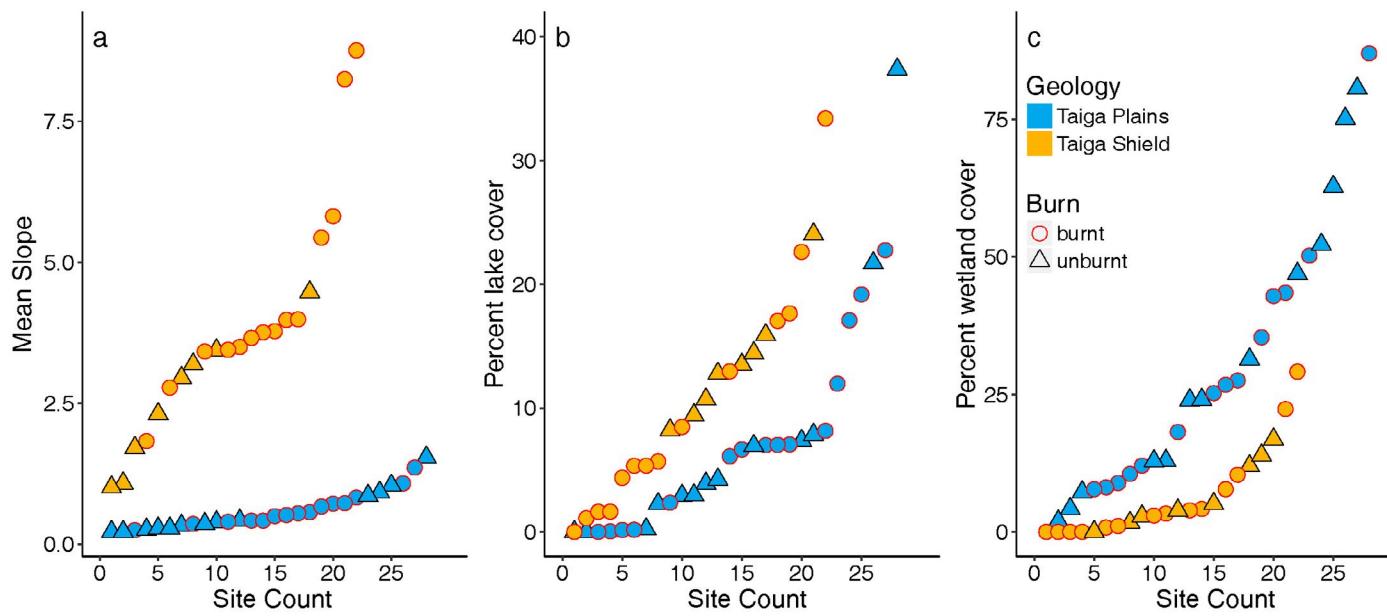


Figure 4 : Répartition des sites d'échantillonnage synoptique dans diverses conditions du paysage (chaque point montre un bassin hydrographique individuel) : (a) pente, (b) pourcentage de la couverture lacustre et (c) pourcentage de la couverture humide pour les sites de la Taïga des Plaines (bleu) et de la Taïga du Bouclier (orange). Dans chaque type de paysage, les sites brûlés sont indiqués par des cercles rouges et les sites non brûlés par des triangles noirs. Les sites d'échantillonnage individuels sont classés selon l'augmentation de la couverture de l'état du paysage dans le bassin versant; noter les différences d'échelle sur l'axe des y.



la production primaire à la base des réseaux trophiques aquatiques (azote total dissous; phosphore total dissous; figures 5 d et 5e), et les ions, qui peuvent indiquer des changements (approfondissement et/ou transition vers le cycle permanent) dans les voies d'écoulement terrestres (en utilisant le calcium comme exemple; figure 5f), n'ont pas montré non plus de différence entre les bassins hydrographiques brûlés et non brûlés. Même si, dans certains cas, il y avait des différences dans les constituants chimiques entre les écorégions (p. ex., figure 5f), les feux de forêt n'ont pas supplanté d'autres caractéristiques variables du paysage pour causer un effet évident sur la chimie de l'eau dans les sites synoptiques que nous avons étudiés.

Il convient de noter que les résultats de l'étude synoptique que nous présentons ont été recueillis dans des conditions de débit relativement faible au milieu de l'été, alors que la connectivité entre les cours d'eau et le paysage peut être faible, et aussi deux étés après la saison de brûlage de 2014 (c.-à-d. pour les échantillons prélevés pendant l'été 2016; la figure 1d montre un bassin typique deux ans après le feu). Nos travaux sur les bassins versants appariés ont indiqué que les constituants, y compris le COD, les ions et certains métaux, étaient élevés au cours de la période de ruissellement printanier immédiatement après le feu (voir, par exemple, les preuves d'une augmentation des nutriments immédiatement après le feu dans la figure 1c). Toutefois, cet effet a été de courte durée. Dans l'ensemble du sud des T.N.-O., il semble que les feux de forêt ne

soient qu'un des nombreux contrôles du paysage sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, et que cette perturbation n'ait pas d'effet prépondérant sur la qualité de l'eau à l'échelle pluriannuelle.

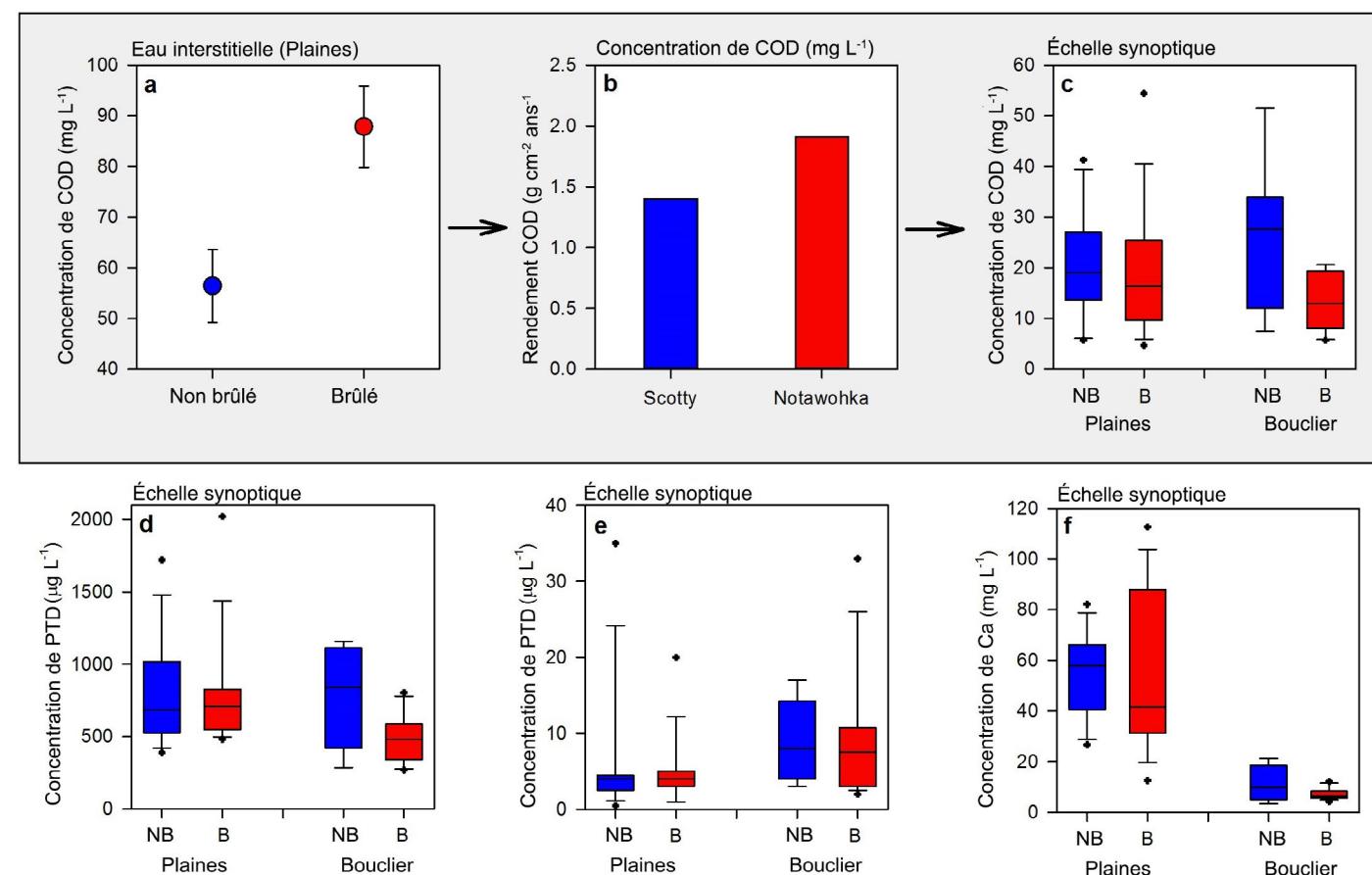
Conclusions

Les résultats de ce projet indiquent que l'incendie n'a pas d'effet permanent sur la chimie de l'eau en aval dans les cours d'eau du sud des T.N.-O. Il s'agit toutefois d'un résultat quelque peu contradictoire avec les études menées dans les régions boréales non gelées de l'Alaska subarctique et de Alberta, qui ont montré clairement les effets des feux de forêt sur les éléments nutritifs, les matières organiques et les toxines des cours d'eau (Betts et Jones, 2009; Kelly et coll. 2006). Cette recherche pourrait plutôt s'ajouter à d'autres études émergentes qui montrent que les écosystèmes aquatiques sont relativement résilients aux effets des feux de forêt dans leurs bassins hydrographiques (p. ex., Lewis et coll. 2014), et suggère que, sur des échelles de temps annuelles, les effets des feux de forêt sont relativement faibles comparativement à d'autres facteurs spatialement variables de la chimie de l'eau, et donc difficiles à différencier de la variabilité contextuelle.

Préoccupations pour la collectivité

La saison des feux de forêt de 2014 a brûlé 3,4 millions d'hectares de territoire (figure 1). Comme la zone de perturbation se trouvait en grande partie dans le sud des

Figure 5 : Concentrations et rendements constituants (exportations normalisées par zone) dans les sites brûlés (B) et non brûlés (NB), pour l'échantillonnage à des échelles allant des eaux interstitielles au vaste paysage : (a) concentration d'eau interstitielle de carbone organique dissous (COD) dans les zones brûlées et non brûlées du bassin versant du ruisseau Scotty; (b) taux de COD à la sortie du bassin versant du ruisseau Scotty (>99,8 % non brûlé) et du ruisseau Notawohka (>90 % brûlé) au cours de la totalité de la saison 2016; (c) concentrations de COD de l'échelle synoptique des échantillons recueillis dans les 50 bassins versants au cours de l'été 2016; et (d, e, f) azote total dissous (ATD) de l'échelle synoptique, phosphore total dissous (PTD), et concentrations de calcium (Ca) dissous, entièrement prélevés lors de l'été 2016.



T.N.-O., plus densément peuplé, les incendies ont touché la majorité des habitants des T.N.-O., entraînant la fermeture de routes, de multiples évacuations de collectivités et des préoccupations importantes quant aux effets de cette perturbation catastrophique sur l'environnement et la santé humaine (Baltzer et Johnstone, 2015). Ces préoccupations ont mené à un atelier de collaboration qui a réuni des scientifiques et des gestionnaires du gouvernement territorial, des scientifiques universitaires et des scientifiques du gouvernement fédéral. Cet atelier fut à l'origine des travaux qui ont mené au présent rapport. Nos recherches ont été menées en collaboration directe avec le personnel de la Division des ressources en eau du GTNO, qui a contribué à la conception de l'étude et a joué un rôle clé dans les efforts déployés sur le terrain. Leur participation centrale à ce travail a été essentielle pour s'assurer que les priorités territoriales sont respectées dans le cadre de cette recherche.

Nous avons utilisé diverses avenues afin d'établir des liens entre notre recherche et les collectivités locales.

Notre échantillonnage dans la région Tłı̨chǫ (étés 2016 et 2017) a été facilité par les directeurs de la collectivité et s'est déroulé en collaboration avec des guides locaux qui ont joué un rôle déterminant dans la prise de décisions relatives à la sélection des sites, en plus de nous aider à accéder aux terres locales. Des travaux ont été réalisés dans la région du Dehcho en collaboration avec des membres de la Première Nation de Jean Marie River, qui ont participé à l'échantillonnage d'un cours d'eau local (ruisseau Spence) abondamment brûlé pendant l'incendie de 2014. Nous avons constaté que ces partenariats sont essentiels pour veiller à ce que les efforts d'échantillonnage ciblent adéquatement les secteurs préoccupants. Et ces liens se poursuivent également dans les projets connexes.

Remerciements

Cette recherche n'aurait pas eu lieu sans l'aide des directeurs de collectivités de la région Tłı̨chǫ (April Alexis et Shirley Dokum, Whatì; Gloria Ekendia-Gon, Gamèti; Adeline Football, Wekweèti) et du chef Gladys Norwegian de Jean

Marie River. Ces personnes ont sollicité des membres de la collectivité qui ont joué un rôle déterminant dans l'utilisation des terres locales et nous ont aidés à repérer les cours d'eau dans chacune des collectivités où nous avons effectué ce travail. Wayne et Lynn McKay ont également joué un rôle crucial dans l'échantillonnage par paires sur la Taïga des Plaines. Dans la région Tł'chǫ, nous avons eu la chance de pouvoir compter sur Lloyd Bishop (Whatì), Alfred Arrowmaker (Gamètì) et William Quitte (Wekweètì), qui ont participé directement à nos efforts d'échantillonnage.

À Jean Marie River, nous avons eu la chance d'avoir Derek Norwegian, Bill Norwegian, Douglas Norwegian, Richard Sanguez, Stanley Sanguez et Borris Sanguez, qui ont participé à nos efforts d'échantillonnage. Le financement de cette recherche provient de Savoir polaire Canada, du Programme de surveillance des effets cumulatifs, du Campus Alberta Innovates Program et du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, ainsi que d'un soutien en nature du GTNO.

Références

- Allen, E.W., Prepas, E.E., Gabos, S., Strachan, W.M.J., and Zhang, W.P. 2005. Methyl mercury concentrations in macroinvertebrates and fish from burned and undisturbed lakes on the Boreal Plain. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62:1963–1977. doi: 10.1139/f05-103.
- Baltzer, J. and Johnstone, J. 2015. The 2014 NWT fires: Developing a research framework. Workshop report provided to the Government of the Northwest Territories. 11 pp.
- Betts, E.F. and Jones, J.B. Jr. 2009. Impact of wildfire on stream nutrient chemistry and ecosystem metabolism in boreal forest catchments of interior Alaska. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 41:407–417. doi: 10.1657/1938-4246-41.4.407.
- Burd, K., Tank, S.E., Dion, N., Quinton, W.L., Spence, C., Tanentzap, A.J., and Olefeldt, D. 2018. Seasonal shifts in export of DOC and nutrients from burned and unburned peatland-rich catchments, Northwest Territories, Canada. *Hydrology and Earth System Science* 22:4455–4472. Available at <https://doi.org/10.5194/hess-22-4455-2018, 2018>.
- Flannigan, M., Stocks, B., Turetsky, M., and Wotton M. 2009. Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest. *Global Change Biology* 15:549–560. doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01660.x.
- Gibson, K. 2017. Long-term effects of wildfire on permafrost stability and carbon cycling in northern peatlands. M.Sc. thesis, University of Alberta. 98 pp.
- Kasischke, E.S. and Turetsky, M.R. 2006. Recent changes in the fire regime across the North American boreal region: Spatial and temporal patterns of burning across Canada and Alaska. *Geophysical Research Letters* 33:L09703. doi: 10.1029/2006gl025677.
- Kelly, E.N., Schindler, D.W., St. Louis, V.L., Donald, D.B., and Vlaclicka, K.E. 2006. Forest fire increases mercury accumulation by fishes via food web restructuring and increased mercury inputs. *Proceedings of the National Academy of Science* 103:19380–19385. doi: 10.1073/pnas.0609798104.
- Koch, J.C., Kikuchi, C.P., Wickland, K.P., and Schuster, P. 2014. Runoff sources and flow paths in a partially burned, upland boreal catchment underlain by permafrost. *Water Resources Research* 50:8141–8158. doi: 10.1002/2014wr015586.
- Lewis, T.L., Lindberg, M.S., Schmutz, J.A., and Bertram, M.R. 2014. Multitrophic resilience of boreal lake ecosystems to forest fires. *Ecology* 95:1253–1263.
- Minshall, G.F., Brock, J.T., Andrews, D.A., and Robinson, C.T. 2001. Water quality, substratum, and biotic responses of five central Idaho (USA) streams during the first year following the Mortar Creek fire. *International Journal of Wildland Fire* 10:185–199. doi: 10.1071/wf01017.
- Olefeldt, D., Devito, K.J., and Turetsky, M.R. 2013. Sources and fate of terrestrial dissolved organic carbon in lakes of a Boreal Plains region recently affected by wildfire. *Biogeosciences* 10:6247–6265. doi: 10.5194/bg-10-6247-2013.
- Silins, U., Bladon, K.D., Kelly, E.N., Esch, E., Spence, J.R., Stone, M., et al. 2014. Five-year legacy of wildfire and salvage logging impacts on nutrient runoff and aquatic plant, invertebrate, and fish productivity. *Ecohydrology* 7:1508–1523. doi: 10.1002/eco.1474.
- Smith, H.G., Sheridan, G.J., Lane, P.N.J., Nyman, P., and Haydon S. 2011. Wildfire effects on water quality in forest catchments: A review with implications for water supply. *Journal of Hydrology* 396:170–192. doi: 10.1016/j.jhydrol.2010.10.043.
- Tank, S.E., Frey, K.E., Striegl, R.G., Raymond, P.A., Holmes, R.M., McClelland, J.W., et al. 2012. Landscape-level controls on dissolved carbon flux from diverse catchments of the circumboreal. *Global Biogeochemical Cycles* 26:GB0E02. doi: 10.1029/2012GB004299.