

---

**Auteur(s) et titre (pour fins de citation) :**

Blais, A.-M. Juin 2004. *Synthèse des connaissances sur l'impact des feux sur la balance en carbone des forêts boréales*. Rapport préparé par Environnement Illimité inc. pour Hydro-Québec Production, direction Barrages et Environnement, unité Environnement. Montréal, QC. 96 p. et annexes.

**Résumé :**

Le présent mandat vise à documenter le rôle des feux de forêt dans l'écosystème boréal et à synthétiser l'information disponible sur la perte en carbone résultant de la combustion et de la modification des flux de carbone (production primaire et décomposition) suite aux feux de forêt. L'impact du réchauffement climatique et des ravages d'insectes sur la susceptibilité des forêts au feu fait aussi partie des sujets abordés dans le cadre de ce rapport.

Les feux de forêt d'origine naturelle, c'est-à-dire allumés par la foudre, sont responsables de la majorité de la superficie brûlée en Amérique du Nord, et possiblement aussi en Russie. Ces feux jouent un rôle écologique fondamental dans la forêt boréale en contrôlant, en interaction avec le climat et les conditions locales de croissance, la structure en âge et la composition en espèces de la forêt boréale, de même que les flux de carbone.

Les feux libèrent du carbone ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  et particules) directement dans l'atmosphère par la combustion de la biomasse et de la matière organique des couches superficielles du sol (p. ex. la litière et l'humus). En Amérique du Nord, le feu brûle entre 0,2 et 7,6 Mha de forêt par année en région boréale (2,0 Mha en moyenne, entre 1959 et 1997), la majorité de la superficie brûlant durant un nombre limité d'années caractérisées par des grands feux. Cela se répercute en une perte directe totale en carbone (TgC ou  $10^{12}\text{gC}$ ) très variable d'une année à l'autre, par exemple de 3 à 115 TgC.an<sup>-1</sup> (moy. 26,4 TgC.an<sup>-1</sup>, 1959-1995) au Canada (Amiro et al. 2001). L'estimation de la perte directe totale en carbone est très sensible aux valeurs de superficie brûlée, lesquelles sont fiables pour l'Amérique du Nord (depuis 1970) mais pas pour la Russie, à l'exception de quelques estimations récentes basées sur l'analyse d'images satellites.

Lorsqu'elle est rapportée par unité de superficie brûlée, l'estimation de la perte directe en carbone pour le Canada et la Russie est identique ( $13,0 \text{ tC} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ , Amiro et al. 2001 et Shvidenko et Nilsson 2000), alors que celle de l'Alaska est près de deux fois plus élevée ( $20,2 \text{ tC} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ , French et al. 2003). Cette différence, de même que l'incertitude associée à ces estimations, est due à une controverse au niveau de l'importance attribuée à la combustion de la couverture morte (litière, humus et tourbe) et à l'utilisation d'approches différentes pour caractériser le patron spatial et temporel de gravité du feu (degré de brûlage), lequel varie entre autres en fonction du type de feu (surface ou cime), du degré d'humidité et de la densité du combustible, et de la présence de combustibles étagés.

En plus de conduire à l'émission de quantités significatives de carbone lors de la combustion de la biomasse, les feux de forêt entraînent une perte additionnelle en carbone vers l'atmosphère en réduisant initialement la production primaire nette (PPN) et en modifiant le taux de décomposition de la matière organique (ou respiration hétérotrophe,  $R_h$ ). De façon générale, cette perte indirecte en carbone causée par les feux de forêt est peu connue et peu documentée.

Par le suivi temporel des variations de la PPN (observations satellites de l'indice de végétation ou NDVI), des auteurs ont observé une baisse de 30 à 80 % de la PPN des forêts boréales du Canada et de l'Alaska dès la première année suivant un feu. D'autres études suggèrent qu'une perte d'une telle ampleur pourrait perdurer jusqu'à 3 à 10 ans après un feu. Le nombre d'années requis pour qu'un peuplement brûlé retrouve son niveau de productivité d'avant feu en région boréale varie considérablement dans la littérature, entre 2 et 50 ans. La seule étude ayant effectué un suivi temporel (1982-1998) de la PPN de peuplements brûlés ( $n = 61$ ) à partir d'images satellites du NDVI pour le Canada et l'Alaska, établit la période de rétablissement à 9 ans en moyenne (de 2 à 14 ans). Les autres études qui permettent d'évaluer l'impact du feu sur la PPN reposent sur une approche par chronoséquence. Cette approche, qui revient à comparer des peuplements d'âge différent, ne permet pas

d'estimer directement la baisse de la PPN ni la durée de la période de rétablissement, puisque l'on ne connaît pas exactement la PPN d'avant le feu.

Plusieurs études supposent que la respiration hétérotrophe du sol est stimulée par l'apport additionnel de débris végétaux et l'augmentation de la température du sol observés suite à un feu de forêt. Cette hypothèse se base généralement sur des observations indirectes, telle que la relation entre le flux de CO<sub>2</sub> du sol et la température. Il existe peu d'observations directes de l'effet des feux de forêt sur la respiration du sol, et celles-ci sont généralement contradictoires, soit qu'elles montrent des valeurs plus élevées ou plus faibles du taux de respiration après un feu de forêt, ou par comparaison à des sites témoins.

Les études compilées sur le patron temporel de production nette de l'écosystème (PNE) au cours d'un cycle de vie d'une forêt indiquent que les forêts se comportent comme des sources nettes de carbone pour l'atmosphère après un feu, redevenant des puits nets à des âges variables (de 1 à 24 ans), pour finalement être en équilibre avec le CO<sub>2</sub> atmosphérique à maturité. Ces études suggèrent que la perte indirecte en carbone (baisse de la PPN et respiration des débris de combustion) est compensée à des âges variables selon le type de forêt (de 12 à 70 ans, pour une moyenne de 32 ans). La quantité de carbone émise lors d'un feu de forêt (perte directe par combustion) serait près de 4 fois plus importante que la perte indirecte, et compensée à un âge au moins quatre fois plus grand. En combinant ces estimations des pertes indirecte et directe en carbone, nous estimons que les peuplements boréaux récupèrent tout le carbone perdu après 160 ans en moyenne (entre 60 et 350 ans). Comparé à la durée du cycle des feux en forêt boréale, qui est en moyenne de 130 ans (entre 20 et 439 ans), ce chiffre suggère que le bilan de carbone des forêts boréales est à peu près nul (en équilibre) au cours du cycle de vie d'une forêt.

La durée du cycle des feux (l'inverse étant la fréquence des feux) constitue l'une des propriétés fondamentales du régime naturel des feux en regard du bilan de carbone des forêts. En ce qui concerne l'impact du réchauffement climatique sur la fréquence future des feux de forêt, les résultats d'études de modélisation qui utilisent les prévisions climatiques d'une atmosphère 2xCO<sub>2</sub> comme intrant dans la méthode canadienne de l'indice forêt-météo, suggèrent une augmentation générale de l'activité des feux de forêt en réponse au réchauffement climatique, sauf dans l'est du Canada, dans le cas de l'étude de Flannigan et al. (2001). Plusieurs auteurs considèrent qu'un tel impact se fait déjà ressentir, en se basant sur l'augmentation importante de la superficie brûlée au cours des deux dernières décennies en Amérique du Nord. Cependant, les études empiriques, basées sur la dendrochronologie ou l'étude du taux d'accumulation de charbon dans les sédiments lacustres au cours de l'Holocène, montrent l'existence d'un effet variable (à la hausse ou à la baisse) de l'accroissement de la température sur la fréquence des feux.

Les ravages d'insectes perturbent une superficie équivalente à celle qui est brûlée par les feux de forêt au Canada. Cependant, l'impact des infestations d'insectes sur la balance en carbone des forêts n'a pas encore fait l'objet d'études scientifiques approfondies, contrairement à celui des feux. En plus d'avoir un impact potentiel sur la perte en carbone des forêts boréales lors de la défoliation, les insectes pourraient augmenter la susceptibilité des forêts perturbées aux feux, en contribuant à la présence de combustibles étagés et à une forte proportion d'arbres morts.

**Mots clés :** Forêt boréale, feu de forêt, carbone, CO<sub>2</sub>, superficie brûlée, production primaire, respiration, réchauffement climatique

**Version :** Finale

**Date :** Juin 2004

**Code de diffusion :** Interne/Externe

**Cote au Centre de documentation Environnement d'Hydro-Québec :** HQ-2004-054