

Méthode générale

La méthode générale réalisée à partir de données provenant du feu de Parent est illustrée à la figure 2. Elle présente les grandes étapes qui ont permis de produire le portrait évolutif du couvert 17 ans après feu, sur la base des mêmes unités spatiales que celles qui ont été utilisées pour l'élaboration du modèle de prédiction 5 ans après feu, afin de faciliter le suivi de l'évolution du couvert forestier entre 5 et 17 ans. Chaque grande étape est présentée dans une couleur différente pour faciliter la compréhension et est détaillée par la suite dans un encadré correspondant à sa couleur.

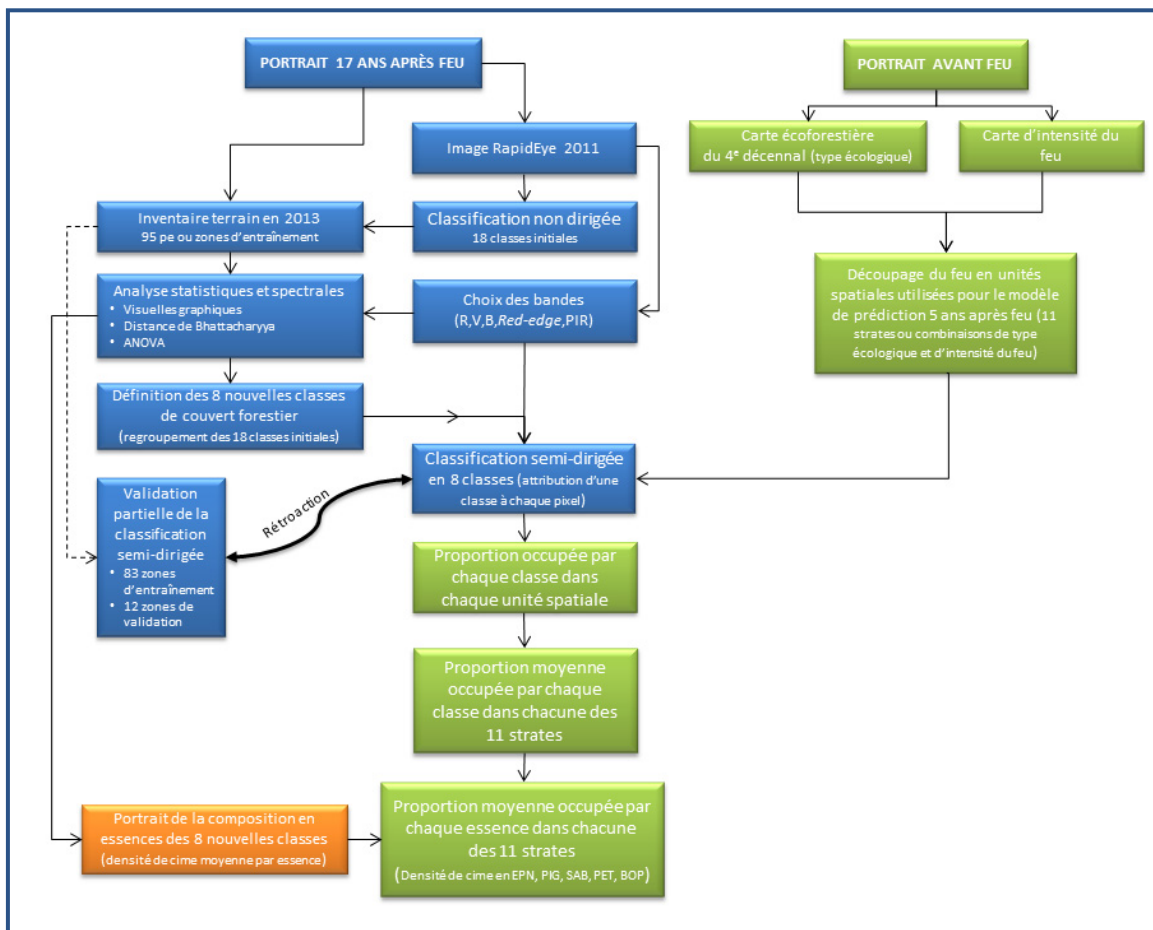


Figure 2 : Principales étapes de la méthode suivie pour l'obtention du portrait 17 ans après feu

Classification du couvert forestier à partir d'une image satellitaire

Le portrait du couvert 17 ans après feu repose au préalable sur plusieurs analyses d'une image RapidEye prise en juillet 2011 sur le territoire du feu de Parent. Sa résolution spatiale est de 6,5 et elle dénombre 5 bandes spectrales (bleue, rouge, verte, *red-edge* et proche infrarouge).

Une première classification non dirigée a été réalisée sur l'image, dans le but d'orienter l'échantillonnage des zones d'entraînement² qui permettront de réaliser par la suite une classification plus précise du territoire, grâce à l'approche « semi-dirigée ». Dix-huit classes forestières ont été définies lors de la classification non dirigée.

Un inventaire sur le terrain pour caractériser les essences forestières présentes dans les 18 classes a été réalisé en 2013 dans des placettes de 25 m x 25 m approximativement.

Des analyses statistiques réalisées avec le logiciel SAS sur les placettes d'inventaire jumelées à des analyses des signatures spectrales ont permis de regrouper les 18 classes initiales en 8 nouvelles classes de composition forestière. Ces nouvelles classes ont finalement été retenues pour la classification semi-dirigée.

² Les zones d'entraînement représentent des éléments réels sur le terrain dont on connaît la signification thématique et qui se délimitent de façon homogène dans leur signature spectrale. Elles peuvent être, comme c'est le cas présent, définies en fonction d'un inventaire terrain pour servir de référence quant à l'extrapolation de cette composition forestière à l'ensemble des images.

Résultats du portrait évolutif du couvert 17 ans après feu

Classification semi-dirigée du couvert forestier

La figure 3 présente le résultat de la classification semi-dirigée obtenue pour le territoire du feu de Parent. Cette classification a permis d'attribuer à chaque pixel l'une des 8 huit classes de couvert. La validation partielle de cette classification est globalement satisfaisante, avec une précision³ supérieure à 70 % et un Kappa⁴ supérieur à 0,7 quelle que soit la méthode de validation utilisée.

Portrait de la composition en essences des 8 classes

Les données d'inventaire ont permis de calculer une densité de cime moyenne pour chaque essence présente dans les huit classes de couvert (Tableau 1). Ce portrait met en évidence un gradient de composition et de densité. On retrouve :

- **Deux classes résineuses relativement denses, où le pin gris est l'unique essence résineuse.** La classe 101 est plus dense (71 %) que la classe 102 (53 %).
- **Deux classes résineuses moins denses** (densités de cime totales inférieure à 40 %). La classe 103 est composée de pin gris et d'épinette noire, en proportions similaires. La classe 104 est exclusivement constituée d'épinette.

- **Trois classes de composition mélangée** avec une densité de cime totale élevée, variant de 67 à 75 %. La classe 105 est dominée par les essences résineuses (35 %), essentiellement du pin gris. Les classes 106 et 107 sont majoritairement feuillues, dominée par le peuplier faux-tremble. La classe 106 est caractérisée par la présence la plus élevée en bouleau blanc, alors que la classe 107 a une présence non négligeable en feuillus non commerciaux.
- **Une classe exclusivement feuillue et la plus dense** (densité de cime totale de 89 %). L'essence dominante de la classe 108 est le peuplier faux-tremble (47 %) suivie des feuillus non commerciaux (34 %).

Une analyse visuelle graphique des signatures spectrales montre que les classes sont généralement distinctes les unes des autres sur plusieurs bandes, et particulièrement pour la bande 5 du proche infrarouge, qui permet de bien distinguer les trois types de couvert (résineux, mélangé et feuillu) (Figure 4). Certaines confusions existent néanmoins et sont confirmées par d'autres analyses portant sur la séparabilité spectrale : confusions entre les classes 102 et 103 d'une part et entre les classes 105 et 106 d'autre part. Ces confusions ne sont pas jugées problématiques, car elles concernent des classes dont la composition présente des similitudes.

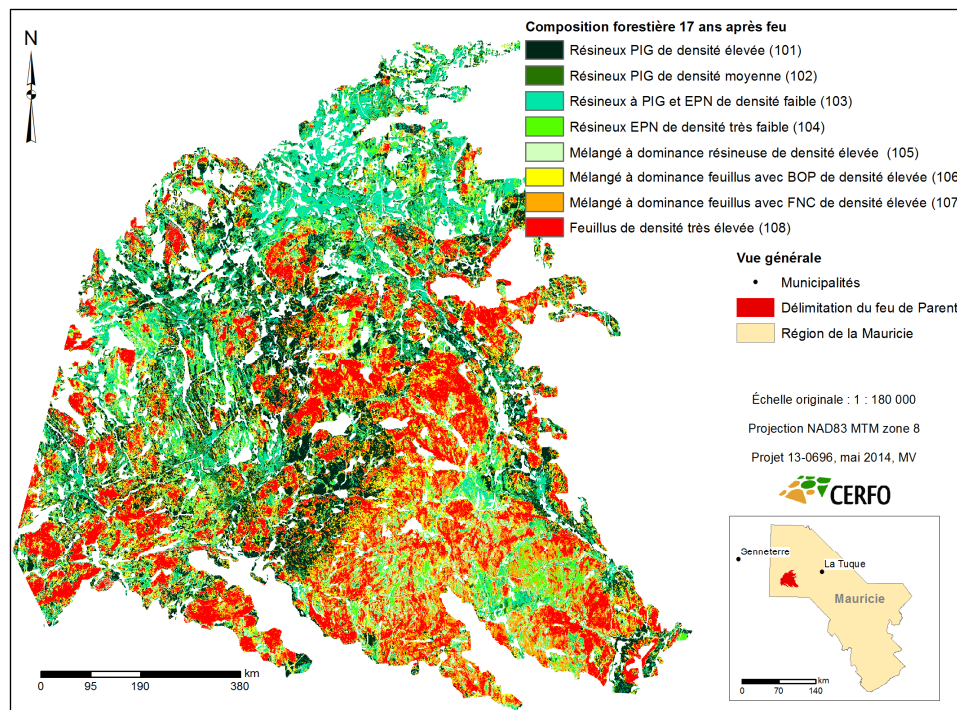


Figure 3 : Classification semi-dirigée du feu de Parent

Portrait du couvert forestier 17 ans après feu

Le tableau 2 présente la proportion moyenne occupée par chacune des 8 classes de couvert dans les 11 combinaisons de type écologique et intensité de feu. De ce tableau en est déduite la densité de cime moyenne par essence calculée dans chaque strate (Tableau 3).

Il est donc possible, pour tout polygone écoforestier dont on connaît le type écologique et l'intensité du feu, d'estimer une densité moyenne de cime prédite sur un horizon de 15-20 ans, pour les 5 principales essences forestières commerciales (dans la mesure où cette combinaison de type écologique et intensité de feu est l'une des 11 strates à l'étude).

³ La précision globale est une mesure qui tient compte de la précision de la classification en calculant le nombre de pixels correctement classifiés selon les pixels de référence.

⁴ Le kappa permet de mesurer la force de la classification par rapport à une classification totalement due au hasard.

Tableau 3 : Densité moyenne de cime occupée par essence dans les 11 strates à l'étude

Strate	PIG	EPN	SAB	RES	PET	BOP	FNC	FI	Total
MS22_I	10	5	2	17	35	6	22	40	82
MS22_II	7	5	1	12	39	6	26	44	83
RS22_I	21	8	3	30	22	6	11	27	72
RS22_II	22	7	2	29	24	6	13	29	74
RS25_I_II	15	9	2	26	22	6	13	27	68
RE21_I_II	39	7	1	46	7	1	2	7	60
RE22_I_II	38	7	1	45	9	3	3	10	62
RE24_I_II	25	11	1	37	6	2	3	8	49
RE25_I	22	12	1	35	8	3	4	11	52
RE25_II	22	12	1	35	8	3	4	10	53
RE39_I_II	19	13	1	33	6	2	3	8	46

Les valeurs des intervalles de confiance varient entre 0 et 3.

- **Les strates de types écologiques RS22 et RS25** (sapinière à épiphyte noire sur texture moyenne et drainage mésique ou subhydrique) ont une composition mixte en PET (22-24 %) et FNC (11-13 %) d'une part, et PIG (15-22 %) et EPN (7-9 %) d'autre part, ce qui est aussi relativement en accord avec les essences qui colonisent habituellement ces types écologiques (SAB-EPN-BOP). La présence du PIG alors qu'il ne figure pas parmi les essences habituelles peut s'expliquer par une colonisation de cette espèce sur les portions plus xériques de ces deux types écologiques (sol plus mince, plus pauvre, où le passage du feu aurait en plus accentué la diminution de la fertilité du site). La présence importante du PIG pourrait également être reliée aux travaux de récupération (dissémination des semences lors des travaux de récolte) et de plantations effectués à la suite du feu, qui auraient alors augmenté « artificiellement » la présence de l'espèce.
- **Les strates de types écologiques RE21, RE22, RE24 et RE25** (pessière noire à mousses sur texture variant de grossière à moyenne et de drainage mésique ou subhydrique) ont un portrait relativement similaire, largement dominés par les essences résineuses (35-45 %), avec une présence des feuillus inférieure ou égale à 10 %. Parmi les 3 types écologiques à l'étude, le PIG est plus présent sur les milieux mésiques (RE22) que subhydriques (RE24 et RE25), ce qui est cohérent avec l'autécologie de cette espèce. À nouveau, cette composition concorde parfaitement avec la composition théorique de la végétation potentielle RE2, qui est constituée de PIG et EPN, et dominé par les essences résineuses.

- **La strate de type écologique RE39** (pessière noire à sphaignes sur milieu hydrique) est le type où la densité de cime totale est la plus faible, égale à 46 %. Ce type est principalement constitué de PIG (19 %) et EPN (13 %) et très peu de FI. Il s'agit d'ailleurs du type écologique où la présence en EPN est la plus élevée, ce qui s'explique par sa capacité à croître sur un milieu très pauvre, contrairement aux autres essences commerciales. La présence du PIG avec 19 % de densité de cime est surprenante, car cette espèce ne colonise généralement pas les tourbières hydriques. La faible présence d'EPN peut s'expliquer par la fertilité du site, qui est parmi les plus pauvres, entraînant alors une croissance des semis très lente et donc une densité de cime réduite.

Limites du portrait évolutif produit

- **La classification du couvert forestier à partir de l'image RapidEye repose exclusivement sur une analyse de la composition végétale en place et n'a pas considéré le milieu physique** sur lequel se retrouve la végétation. Or, en présence d'une faible densité de cime, la signature spectrale peut être influencée non seulement par la végétation mais aussi par le milieu physique qui la supporte (ex : milieu humide, platière de sable). Des confusions entre certaines classes de couvert ont été mises en évidence et ne sont peut-être pas étrangères au fait que le milieu physique n'a pas été considéré dans l'analyse. La présence surprenante du PIG dans les 2 strates à RE39 pourrait peut-être s'expliquer par une confusion de strate. Ces hypothèses demeurent à vérifier.
- **Le portrait évolutif repose sur un échantillon limité des zones d'entraînement**, en particulier pour les classes qui présentent des confusions (102, 103, 105 et 106 ont entre 2 et 4 zones d'entraînement). Un échantillonnage supplémentaire pourrait éventuellement estomper les confusions actuellement présentes.
- **Le portrait évolutif est produit selon des strates qui ont été choisies a priori**. Le portrait évolutif a été produit selon les strates utilisées pour le modèle de prédiction 5 ans après feu, correspondant à la combinaison d'intensité du feu et de type écologique. Ce choix a été fait afin de pouvoir suivre, sur la base des mêmes unités spatiales, l'évolution du couvert forestier entre 5 et 17 ans après feu. Il est par contre possible que d'autres paramètres qui n'ont pas été considérés, aient une influence significative sur la composition du couvert 17 ans après feu et pourraient éventuellement améliorer la précision du portrait évolutif. Néanmoins, il est important de considérer que le type écologique est une variable synthèse, qui intègre à la fois la notion de milieu physique et de composition végétale. Son utilisation pour produire le portrait évolutif garantit donc la prise en considération de nombreux paramètres.

Conclusion

Le présent projet fait la démonstration que l'on peut produire à partir d'une image RapidEye, une classification du couvert forestier de qualité satisfaisante, permettant de distinguer des groupements d'essences. De plus, l'utilisation d'analyses statistiques réalisées sur les données d'inventaire a permis de bonifier la méthode conventionnelle utilisée pour l'établissement des zones d'entraînement de la classification semi-dirigée. La cartographie de la densité de cime des principales essences commerciales réalisée sur le feu de Parent, à l'échelle des mêmes combinaisons de type écologique et intensité de feu que celles utilisées pour le portrait de la régénération 5 ans après feu, permet ainsi de proposer un portrait évolutif de la composition du couvert forestier sur un horizon de 5 à 17 ans après le passage d'un feu. Ce portrait prédictif, disponible pour 11 combinaisons de type écologique et intensité de feu, qui couvrent en moyenne au moins 75% de la superficie productive dans la région, est applicable à tout feu se produisant dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc de l'ouest.

Dans l'optique d'une amélioration du portrait proposé, il pourrait être intéressant de vérifier si l'intégration du milieu physique lors de la détermination des classes de couvert permettrait d'améliorer la qualité de la classification de l'image RapidEye. De plus, comme tout projet de modélisation, il serait fort pertinent de vérifier la conformité du portrait évolutif prédit, en le comparant au portrait obtenu dans d'autres feux situés dans le même sous-domaine bioclimatique.

Principales références

Boulfroy, E., J. Khaldoune, F. Grenon, D. Blouin, et P. Bournival. 2013.

Scénarios d'évolution de la composition des peuplements après feu sur un horizon de 15-20 ans, applicables au domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc - Première année. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2013-22. 55 p. + 2 annexes.

Boulfroy, E., M. Varin, P. Bournival, G. Lessard, et D. Blouin. 2014.

Scénarios d'évolution de la composition des peuplements après feu sur un horizon de 15-20 ans dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc - Deuxième année. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2014-10. 99 p. + 3 annexes.

Côté, S., P. Bournival, E. Boulfroy, D. Blouin et L. Vachon. 2012.

Mise à jour d'un modèle de prédiction de la régénération forestière 5 ans après feu et application aux territoires récemment brûlés en Mauricie dans la sapinière à bouleau blanc. CERFO. Rapport 2012-12. 119 pages + 3 annexes.

La réalisation de ce projet a été rendue possible grâce à deux programmes de financement, soit : Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier - Volet 1, du MRNF et Programme de financement de la recherche et développement en aménagement forestier (PFRDAF), du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.