

**LE COUVERT FORESTIER LANAUDOIS MAINTIEN-IL
SES CARACTÉRISTIQUES PRÉINDUSTRIELLES?**

Rapport remis à

La Conférence Régionale des Élus de Lanaudière

par

Eric Alvarez ing.f.
doctorant en aménagement forestier
Université Laval

Collaborateur de la
Société d'Histoire Forestière du Québec

Québec, février 2009



Résumé

L'objectif de cette étude était d'établir un constat de l'état du couvert forestier de la forêt lanaudoise comparativement à des conditions préindustrielles. Pour ce faire, nous avons comparé le couvert forestier actuel des UAFs 62-51 et 62-52 avec des conditions préindustrielles sur la base de deux études scientifiques. La principale altération est une diminution marquée des résineux dans le paysage forestier. Il faut cependant mettre en contexte qu'une forte proportion du territoire forestier analysé n'avait pas d'appellation due aux coupes dans les 20 dernières années. Si la priorité devait être donnée à accroître la proportion des résineux, il apparaît aussi nécessaire de faire un suivi de l'abondance des feuillus intolérants considérant la forte présence de forêt en régénération issue de coupes.

Table des Matières

RÉSUMÉ	2
TABLE DES MATIÈRES	3
OBJET DE L'ÉTUDE	4
LOCALISATION DU TERRITOIRE ANALYSÉ	4
BASES THÉORIQUES DE L'ÉTUDE	4
MÉTHODOLOGIE	7
RÉSULTATS/DISCUSSION	9
UAF 62-51.....	9
UAF 62-52.....	12
DIAGNOSTIC - FORÊT LANAUDOISE	18
RECOMMANDATIONS	19
BIBLIOGRAPHIE	20

Objet de l'étude

Établir un constat de l'état du couvert forestier de la forêt lanaudoise comparativement à des conditions préindustrielles.

Localisation du territoire analysé

L'étude s'est attardée à l'analyse des UAF 62-51 et 62-52 qui sont localisées dans la région de Lanaudière (Figure 1). Elles ont respectivement une superficie productive de 1 967 km² et 2 540 km². Écologiquement, l'UAF 62-51 est située dans le sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'est et l'UAF 62-52 dans la sapinière à bouleau jaune de l'ouest (Gosselin 2001).

Bases théoriques de l'étude

L'analyse fut basée sur le principe du concept de « variabilité naturelle » qui est un outil essentiel afin d'élaborer une stratégie d'aménagement durable (Landres et al. 1999). Ce concept a été intégré dans tous les principaux programmes de certification durable, dont le Forestry Stewardship Council (FSC) (Hagan et Whitman 2006; Forest Stewardship Council Canada 2007). Il a pour prémisse que :

« (...) the flora and fauna present at the time of European settlement are adapted to the range of conditions at that time; so maintaining the system somewhere within this range would provide a high probability of producing conditions suitable for most, if not all, of these species » (Wallin et al. 1996).

Malgré son intérêt, ce concept a cependant ses limites. Tout d'abord, cet outil d'aménagement est spatialement et temporellement dépendant (King 1993; Cissel et al. 1994; White et Walker 1997; Veblen 2003). C'est-à-dire qu'il n'y a pas de période temporelle de référence qui puisse être extrapolable à toutes les situations et un indicateur de biodiversité approprié à grande échelle (ex. : un pays) pourrait ne pas l'être à une échelle plus locale (ex. : unité d'aménagement) (Levin 1992; Landres et al. 1999; Kneeshaw et al. 2000; Hagan et Whitman 2006). Meetemeyer (1989) précise qu'un phénomène qui apparaît ordonné à une échelle de perception pourrait apparaître aléatoire à une autre échelle et Wu (1999) spécifie que les observations faites à une échelle de perception ne sont pertinentes qu'à cette échelle.

Une autre limitation concerne le fait que la notion de variabilité naturelle est surtout applicable dans des situations d'équilibre ou de « shifting-mosaic steady state ». Dans ces cas, la forêt devrait évoluer avec une certaine stabilité dans le temps à moins de changements climatiques importants qui pourraient influencer le régime des perturbations naturelles. On peut par exemple rencontrer ces situations suite à une longue période sans feux majeurs (Baker 1989; Spies et Turner 1999). En présence de feux « catastrophiques » ou très fréquents, cet équilibre pourrait cependant être inatteignable (Baker 1989; Bergeron et Dubuc 1989; Shinneman et Baker 1997).

En fait, les systèmes en non-équilibre et les phénomènes aléatoires sont communs dans les systèmes écologiques (Wu 1999). Conséquemment, dans des conditions de non-équilibre, il peut non seulement être difficile d'établir des conditions de référence ou d'affirmer que ces écosystèmes ont des limites de variabilité naturelle bien définies et que ces limites sont stables dans le temps (White et Walker 1997; Swetnam et al. 1999). Dans un contexte où on souhaite se baser sur des balises de variabilité naturelle ou préindustrielle pour établir des stratégies d'aménagement proche de la nature, c'est une considération à garder à l'esprit. Les informations historiques permettant rarement de pouvoir établir toute la variabilité possible, il est essentiel de référer à ces informations avec une approche ouverte; les limites de variabilités naturelles doivent être interprétées comme des repères et non des balises fixes.

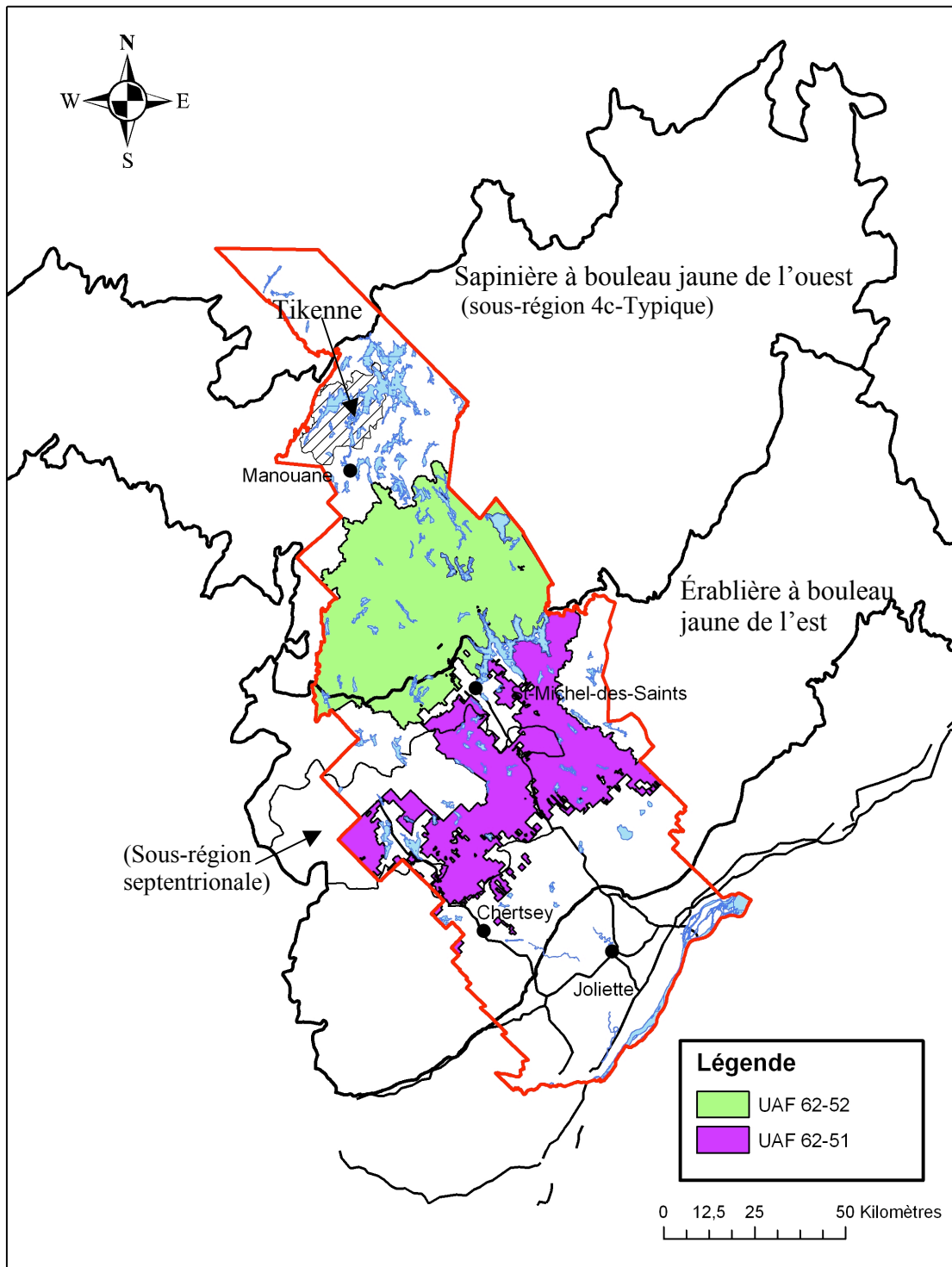


Figure 1. Localisation des UAFs 61-51 et 61-52 et du paysage Tikenne.

Méthodologie

L'analyse a consisté à comparer le couvert forestier actuel des UAF 62-51 et 62-52 avec des données préindustrielles. Pour l'UAF 62-51, la comparaison s'est basée sur l'étude de Barrette et Bélanger (2007) alors que pour l'UAF 62-52, l'analyse s'est référée à Alvarez et al. (2009) . Cette distinction dans les études qui ont servi de base de comparaison était nécessaire pour tenir compte du fait que ces deux UAF étaient dans des sous-domaines bioclimatiques différents (Figure 1). Les deux études référées sont adaptées aux conditions écologiques des deux UAFs.

Afin de pouvoir comparer le couvert forestier des UAFs avec les classifications présentées par Barrette et Bélanger (2007) et Alvarez (2009), nous avons établi les concordances présentées au Tableau 1.

Soulignons que dans les études de référence il était question de « variabilité préindustrielle » pour reconnaître le fait que le territoire à l'étude avait déjà été exploité par l'industrie du sciage du 19^e siècle pour la récolte des grands pins blancs (*Pinus strobus* L.), pins rouges (*Pinus resinosa* Ait.) et épinettes rouges (*Picea rubens* Sarg.). Ce n'étaient donc pas des territoires totalement vierges d'interventions humaines.

Tableau 1. Concordances entre les classifications de Barrette et Bélanger (2007) ainsi que Alvarez et al. (2009) et le couvert forestier des UAFs 62-51 et 62-52. Certains types forestiers sont distincts entre les deux études.

UAFs 62-51 et 62-52	
Stades de développement	
Mature	Classes d'âge 70 et + Classes bi-étagées commençant par 70 ou + « Jin » avec classe de densité « A » ou « B » « Vin »
Jeune	Classes d'âge 30 et 50 Classes bi-étagées commençant par 30 ou 50 « Jin » avec classe de densité « C » ou « D »
En régénération	Classes d'âge 10, Sans classes d'âge (CT,...)
Types forestiers	
Pinède grise	PgPg
Pessière noire	EE
Résineux	Tous les résineux non classés EE ou PgPg
Résineux-Feuillus (Barrette)	Tous les mélangés à dominance résineuse
Feuillus-Résineux (Barrette)	Tous les mélangés à dominance feuillue
MFi (RFi/FiR) (Alvarez)	Mélangés avec feuillus intolérants
MFt (RFt/FtR) (Alvarez)	Mélangés avec feuillus tolérants
Feuillus (Barrette)	Tous les types forestiers feuillus
Fi (Alvarez)	Feuillus intolérants (bouleau blanc, peuplier faux-tremble)
Ft (Alvarez)	Feuillus tolérants (bouleau jaune, érable à sucre)

Résultats/Discussion

UAF 62-51

Particularités de l'étude de Barrette et Bélanger (2007)

Cette étude fut basée sur différents inventaires forestiers historiques (IFH) à plusieurs échelles de paysage. Toutefois, les données les plus précises pour établir des statistiques concernant les limites de variabilité préindustrielle avaient 139 km² en moyenne. Une des limites des informations historiques de cette étude était que les résultats référaient principalement au stade mature.

État d'équilibre

Dans le cadre de cette étude, il est apparu que les feux, épidémies d'insectes et le vent avaient naturellement dynamisés le territoire. Quoique Barrette et Bélanger (2007) ne se prononçaient pas sur une situation d'équilibre ou de non-équilibre, les faits qu'en moyenne 37 % des différents inventaires analysés étaient en régénération suite à des feux et que l'épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clemens)) de 1910 à 1920 avait endommagé 25 % des peuplements matures sont une indication d'une dynamique naturelle forte. Il n'est donc pas garanti que les conditions préindustrielles étaient en situation d'équilibre. Le portrait forestier préindustriel était probablement plus variable que ce qui put être mesuré. Comme mentionné dans la section « Bases théoriques de l'étude », les limites de variabilités naturelles de cette étude devraient être interprétées comme des repères et non des balises fixes.

Constats généraux

Comparativement à des conditions préindustrielles, le couvert forestier de l'UAF 62-51 s'en distingue par (Tableau 2):

- une plus faible proportion de peuplements matures;
- une diminution de la proportion des types forestiers résineux (R) et des mélangés à dominance résineuse (Résineux-Feuillus);
- une augmentation de la proportion des peuplements feuillus.

Quoique plusieurs des composantes du couvert forestier de l'UAF 62-51 étaient à l'intérieur de leurs limites de variabilité préindustrielle, ces dernières avaient été établies sur la base de territoires plus petits (139 km²) que l'UAF 62-51 (2 165 km² de superficie totale). Une conséquence est que la variabilité va naturellement être plus grande à plus petite échelle que s'il avait été possible de la mesurer à l'échelle de l'UAF. En utilisant une variabilité à plus petite échelle, on augmente la probabilité de se retrouver dans des marges de variabilité préindustrielles. Le fait que les peuplements « Résineux » et « Feuillus » soient en dehors de ces limites exprime donc un grand écart par rapport à des conditions préindustrielles.

L'analyse de Barrette et Bélanger (2007) s'est exprimée sur la base de la superficie totale. Dans leur cas, la superficie non productive était en moyenne de 7%. Dans le cas de l'UAF 62-51, cette dernière s'est établie à 9%, ce qui est un écart trop faible pour changer les constats généraux.

Tableau 2. Valeurs comparatives entre les proportions de stades de développement et de peuplements forestiers d'une forêt préindustrielle et l'UAF 62-51 (mise à jour : 2000). Proportions calculées en référence à la superficie totale (Barrette et Bélanger 2007).

	Valeurs Préindustrielles				UAF 62-51 (2 165 km ²) ^b
	Minimum ^a	Maximum ^a	Médiane	Moyenne	
Stade de développement					
Mature	22	75	62	54	45
Jeunes	1	57	11	25	25
En Régénération	0	25	10	12	21
Types forestiers matures					
Résineux	6	23	10	12	3
Résineux-Feuillus ^c	7	39	27	25	12
Feuillus-Résineux ^c	3	13	10	11	11
Feuillus ^c	0	6	1	2	19
Pessière noire	0	5	<1	3	1
Pinède grise	<1	<1	<1	2	-

^a Limites basées sur des territoires d'une superficie moyenne de 139 km².

^b Superficie totale.

^c Feuillus intolérants (bouleau blanc, peuplier faux tremble) et tolérants (érable à sucre, bouleau jaune) et à l'ombre.

UAF 62-52

Particularités de l'étude de Alvarez et al. (2009)

Comparativement à l'étude de Barrette et Bélanger (2007), les limites de variabilité préindustrielle de l'étude d'Alvarez et al. (2009) se présentaient à trois différentes échelles de paysage. Pour se rapprocher des dimensions de l'UAF 62-51 (2 540 km² de superficie productive), les résultats à l'échelle 1 400 km² ont été retenus. Une limite était qu'à cette échelle il n'avait été possible d'établir le portrait que d'un ou deux paysages (selon les caractéristiques du couvert). En conséquence, la variabilité n'était pas toujours mesurée, ne serai-ce que pour les valeurs minimales et maximales. Dans ces cas, afin de donner une approximation, les résultats des minimums et maximums établis à une échelle de paysage inférieure sont présentés. Il conviendra cependant de garder à l'esprit que la variabilité alors présentée est plus grande que celle à laquelle on aurait pu s'attendre si on l'avait mesurée à une échelle se rapprochant plus des dimensions de l'UAF.

Aussi, si Barrette et Bélanger (2007) avaient des données historiques basées sur la superficie totale, dans le cas de l'étude d'Alvarez et al. (2009) il était fait référence à la superficie productive.

État d'équilibre

Dans Alvarez et al. (2009), une analyse de l'état d'équilibre du paysage à l'échelle 4 169 km², basée sur l'étude de Turner et al. (1993), a permis de constater que le paysage préindustriel n'était pas en équilibre « steady-state ». En conséquence, considérant la grande variabilité associée au paysage préindustriel, il était recommandé de tout d'abord comparer le portrait actuel en fonction de quelques grandes caractéristiques de la forêt préindustrielle. Les statistiques servaient dans une deuxième étape afin à qualifier les écarts.

Constats généraux

Le couvert préindustriel de l'UAF 62-52 (en date de 2003) respectait quatre des six grandes caractéristiques de la forêt préindustrielle (Tableau 3). Les deux distinctions sont : 1) un couvert feuillu plus abondant, 2) une moins grande abondance des pessières noires et pinèdes grises.

Tableau 3. Comparaison du couvert forestier de l'UAF 62-52 avec les principales caractéristiques préindustrielles du couvert forestier adapté à la sapinière à bouleau jaune de l'ouest (sous-région 4c-Typique).

Caractéristiques préindustrielles	Respectée dans l'UAF 62-52?
Types de couverts (résineux, mélangés, feuillus)	
Le couvert « mélangé » domine le paysage	√
Le couvert « feuillu » est le moins abondant	X
Types forestiers (pessières noires, ...)	
Les pessières noires et pinèdes grises dominant le type de couvert résineux	X
Les « mélangés avec feuillus intolérants » (bouleau blanc particulièrement) dominant le type de couvert mélangé	√ ^a
Le type forestier « feuillus intolérants » (bouleau blanc particulièrement) domine le couvert feuillu	√ ^a
Stades de développement	
En moyenne, les stades matures (60-100 ans) et surannés (101 ans et +) dominant.	√

^a En beaucoup moins forte proportion que dans les conditions préindustrielles.

Les statistiques permettent de mieux visualiser la très grande diminution du type de couvert résineux au profit du couvert feuillu (Figure 2) ainsi que la diminution de la proportion des pessières noires et pinèdes grises (Figure 3).

Ces constats doivent toutefois être mis en relation avec le fait que dans l'UAF 62-52 on rencontre une très grande proportion de forêt « en régénération » (< 20 ans) (Figure 4). Le territoire forestier de cette UAF étant actuellement très perturbé par les coupes forestières, les constats pourraient fortement évoluer dès que les types forestiers actuellement en régénération vont se faire attribuer une appellation.

Le fait que le couvert feuillu ne soit pas le moins abondant est dû en bonne partie à la forte présence du type forestier « feuillus tolérants » (Figure 3). De fait, les feuillus tolérants étaient aussi une composante particulièrement importante du couvert mélangé comparativement à des conditions préindustrielles. Soulignons ici que les problèmes d'enfeuillement associés aux coupes sont généralement le fait des feuillus intolérants (bouleau blanc, peuplier faux-tremble) (Haeussler et Kneeshaw 2003).

Pour expliquer la relative forte abondance des feuillus tolérants dans l'UAF 62-52, on peut se référer à un des paysages utilisés pour établir le portrait préindustriel dans l'étude de Alvarez et al. (2009). Ce paysage (Tikenne, Figure 1) se distinguait des autres paysages par une plus grande présence de types forestiers avec des feuillus tolérants (28 % comparativement à 0 % — 10 % pour les autres paysages ayant servis à établir le portrait préindustriel) probablement due à un historique de feux moins important. Les derniers grands feux (1923) n'avaient brûlé 9 % de la superficie de Tikenne.

Pour l'UAF 62-52, la classe d'âge 70 ans, soit celle à laquelle devraient correspondre les types forestiers issus des feux de 1923, représentait cependant 28 % de la superficie productive. Quoique cette valeur est très supérieure à celle de Tikenne, il faudrait valider que cette classe d'âge soit essentiellement liée au feu et déterminer l'historique avant les feux de 1923, en particulier les feux de 1870 qui ont touché les paysages étudiés par Alvarez et al. (2009).

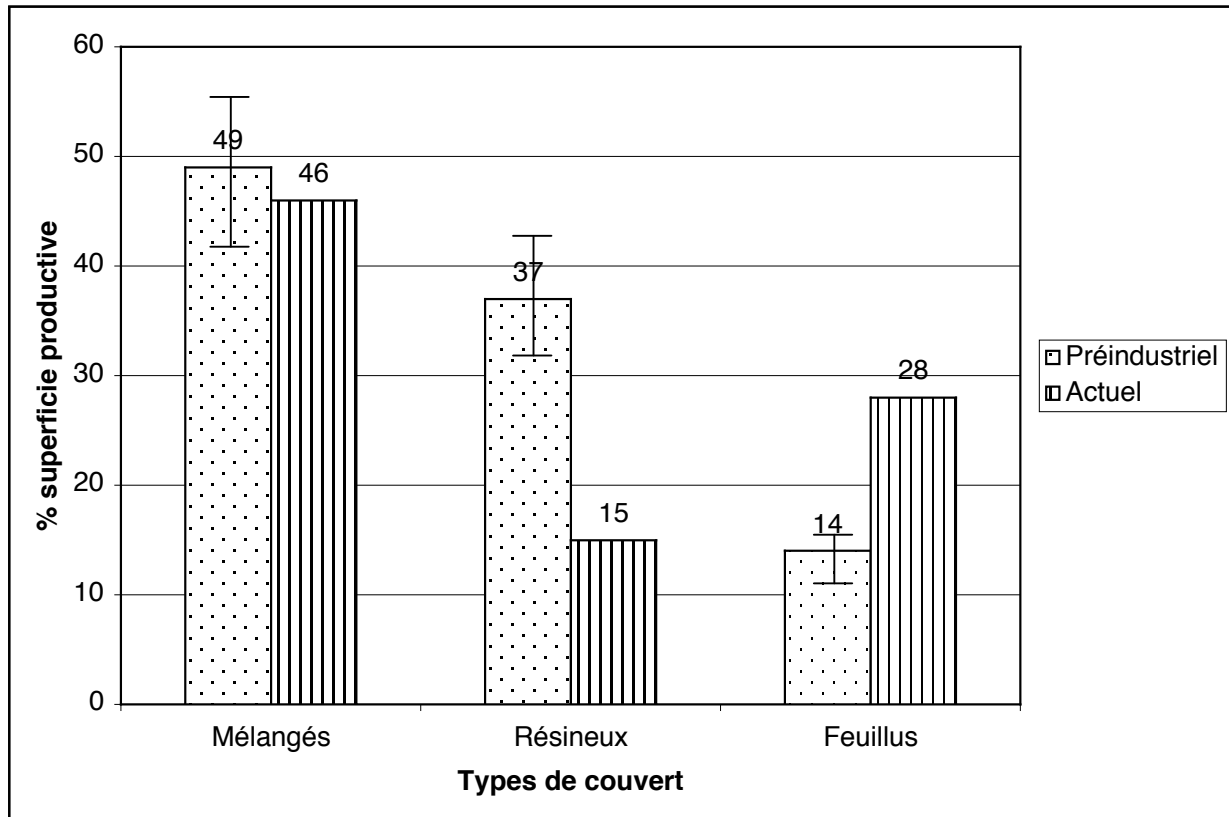


Figure 2. Comparaison entre les proportions des différents couverts forestiers de l’UAF 62-52 et les conditions préindustrielles définies par Alvarez et al. (2009). (note : les proportions pour le paysage « actuel » ne sont pas égales à zéro car il y a une forte proportion du territoire sans appellation forestière)

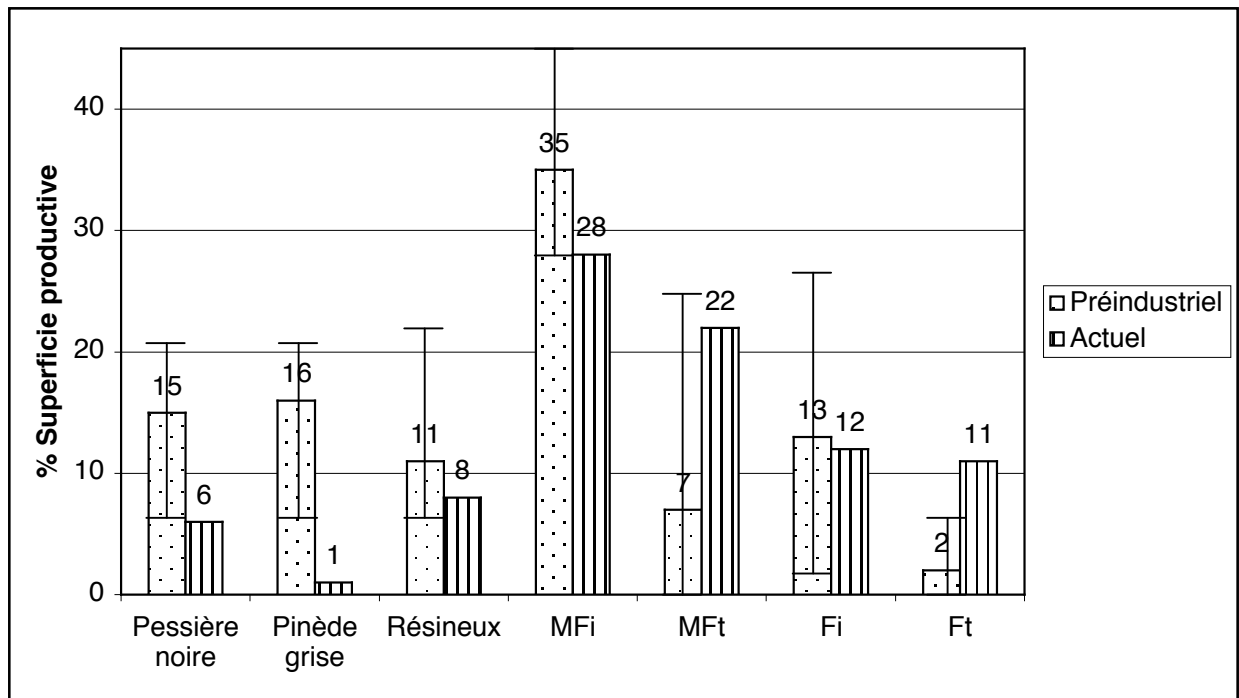


Figure 3. Comparaison entre les proportions des différents types forestiers de l’UAF 62-52 et les conditions préindustrielles définies par Alvarez et al. (2009). Les minimums et maximums sont basés sur des résultats à une échelle de paysage inférieure aux dimensions de l’UAF. La variabilité présentée est donc plus grande que celle à laquelle on pourrait s’attendre s’il avait été possible de l’établir à une échelle comparable à celle de l’UAF. Voir le Tableau 1 pour la correspondance des codes. (note : les proportions pour le paysage « actuel » ne sont pas égales à zéro car il y a une forte proportion du territoire sans appellation forestière)

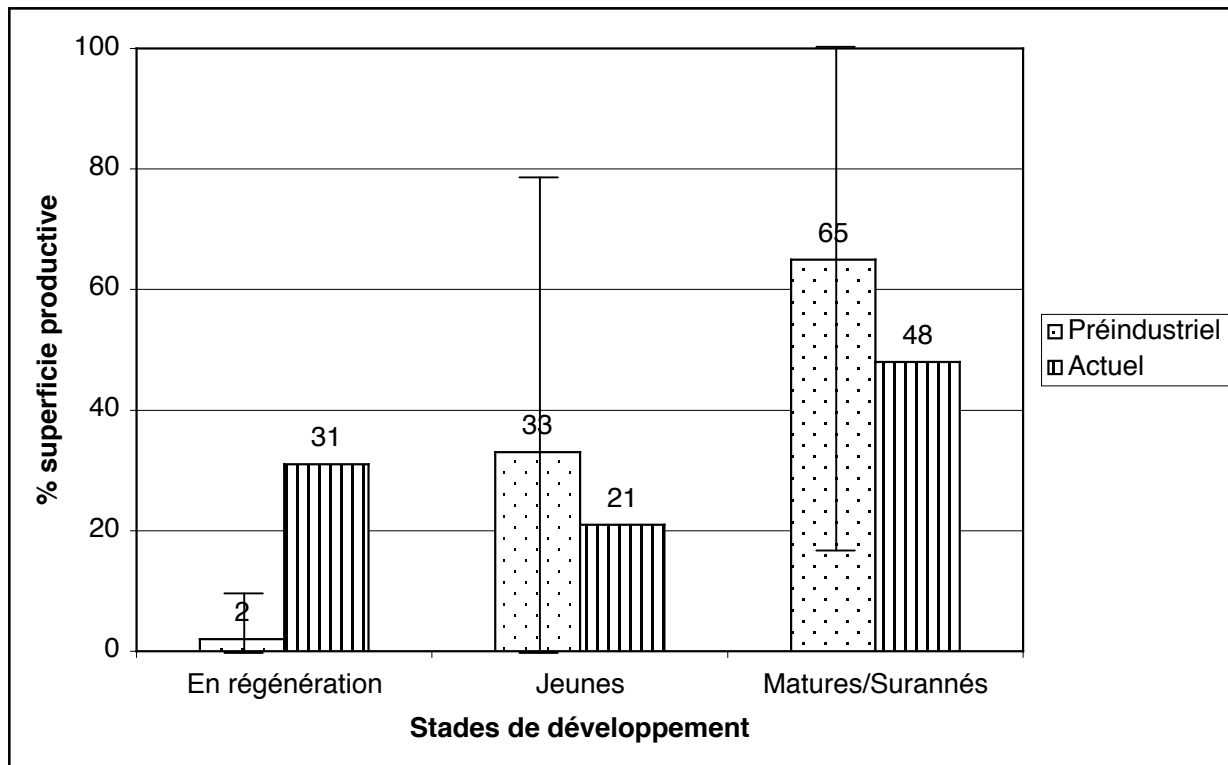


Figure 4. Comparaison entre les proportions des différents stades de développement de l’UAF 62-52 et les conditions préindustrielles définies par Alvarez et al. (2009). Les minimums et maximums sont basés sur des résultats à une échelle de paysage inférieure aux dimensions de l’UAF. La variabilité présentée est donc plus grande que celle à laquelle on pourrait s’attendre s’il avait été possible de l’établir à une échelle comparable à celle de l’UAF. (note : les proportions pour le paysage « actuel » ne sont pas égales à zéro car il y a une forte proportion du territoire sans appellation forestière)

Diagnostic - Forêt lanaudoise

De ce que l'on peut actuellement constater, comparativement à des conditions préindustrielles, la forêt lanaudoise, telle que représentée par les UAFs 62-51 et 62-52, se distingue par une diminution marquée des résineux qui s'exprime tant au niveau du couvert résineux pris dans son ensemble que des types forestiers résineux plus spécifiques.

La forte présence de forêt en régénération dans les deux UAFs est un signe que les coupes forestières ont été très présentes au moins dans les 20 dernières années dans la forêt lanaudoise. Dans les prochaines années cela va certainement créer une dynamique forestière propre à cette perturbation, mais de ce point de vue là il serait actuellement hasardeux d'anticiper les changements que cela pourrait apporter comparativement à une dynamique préindustrielle.

L'augmentation des feuillus ne doit pas être automatiquement considérée comme une altération. Ce sont les feuillus intolérants qui sont les plus associés aux coupes forestières et dans l'UAF 62-52 leur présence est dans l'ordre de grandeur des conditions préindustrielles. Dans le cas de l'UAF 61-51, la précision historique de l'étude de Barrette et Bélanger (2007) ne permettait pas de distinguer feuillus tolérants et intolérants et limitait en cela l'analyse. Aussi, comme mentionné dans Alvarez et al. (2009b), l'augmentation des feuillus intolérants suite aux coupes avait eu un effet additif à la dynamique naturelle. C'est-à-dire que leur augmentation dans le territoire n'était pas spécifiquement liée aux coupes mais plutôt aux perturbations en général. Finalement, la forte présence de feuillus tolérants est potentiellement due à l'historique des perturbations naturelles, particulièrement les feux.

Recommandations

La priorité devrait être non seulement d'accroître la proportion de peuplements « Résineux » mais aussi la proportion des essences résineuses dans les peuplements mélangés.

La proportion de feuillus, particulièrement de feuillus intolérants, devrait faire l'objet d'un suivi considérant la forte présence de forêt en régénération issue de coupes. Toutefois, actuellement, il n'apparaît pas nécessaire d'intervenir pour diminuer leur présence. Pour le territoire plus nordique de la forêt lanadoise, il conviendrait d'analyser plus en détail l'historique des perturbations naturelles pour comparer leur importance avec celle de l'étude de Alvarez et al. (2009 – chapitre 1). Il serait alors bon de classifier plus en détail l'état d'équilibre à l'aide de la méthodologie élaborée par Turner et al. (1993)(Turner et al. 1993).

Bibliographie

- Alvarez, E., L. Bélanger, L. Archambault, et F. Raulier. 2009a. Reconstitution de l'évolution du couvert forestier dans une forêt mélangée du Québec (Canada) et influence d'un siècle de récolte dans un contexte d'interactions de perturbations. *Dans* Influence d'un siècle de récolte forestière dans la forêt mélangée tempérée de la Mauricie. Thèse PhD. Université Laval, editors. Québec. Pages 71-119
- Alvarez, E., Bélanger, L., Archambault, L., et Raulier, F. 2009b. Portrait forestier préindustriel de la forêt mélangée tempérée en mauricie. *Can J Forest Res* : [Soumis]
- Baker, W. L. 1989. Landscape ecology and nature reserve design in the boundary waters canoe area, minnesota. *American Scientist* **70**(1) : 23-35
- Barrette, M., et Belanger, L. 2007. Reconstitution historique du paysage préindustriel de la région écologique des hautes collines du bas-saint-maurice. *Can. J. For. Res.* **37**(7) : 1147-1160
<http://dx.doi.org/10.1139/x06-306>
- Bergeron, Y., et Dubuc, M. 1989. Succession in the southern part of the canadian boreal forest. *Vegetatio* **79**(1-2) : 51-63
- Cissel, J., Swanson, F., Mckee, W., et Burditt, A. 1994. Using the past to plan the future in the pacific-northwest. *Journal of Forestry* **92**(8) : 30-46
- Forest Stewardship Council Canada. 2007. Norme de certification pour la région des grands lacs / saint-laurent. [en ligne]. Disponible à <http://www.fsccanada.org/francais.htm> [cité le 20 octobre 2008]
- Gosselin, J. 2001. Guide de reconnaissance des types écologiques : région écologique 3c : hautes collines du Bas-Saint-Maurice. Direction des inventaires forestiers, Forêt Québec, Ministère des ressources naturelles, [Québec]. 1 v. (f. mobiles) pp
- Haeussler, S., et D. Kneeshaw. 2003. Comparing forest amangement to natural processes. *Dans* Chapitre 9. In *Toward sustainable management of the boreal forest* Burton, P. J., C. Messier, D. W. Smith, et W. L. Adamowicz, editors. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. Pages 307-368
- Hagan, J., et Whitman, A. 2006. Biodiversity indicators for sustainable forestry: Simplifying complexity. *Journal of Forestry* **104**(4) : 203-210
- King, A. 1993. Considerations of scale and hierarchy. *Dans* Ecological integrity and the management of ecosystems. S. Woodley, J. K., and G. Francis., editors. St. Lucie Press, U.S.A. Pages 19-45

- Kneeshaw, D. D., Leduc, A., Drapeau, P., Gauthier, S., Paré, D., Carignan, R., Doucet, R., Bouthillier, L., et Messier, C. 2000. Development of integrated ecological standards of sustainable forest management at an operational scale. *The Forestry Chronicle* **76**(3) : 481-493
- Landres, P. B., Morgan, P., et Swanson, F. J. 1999. Overview of the use of natural variability concepts in managing ecological systems. *Ecological Applications* **9**(4) : 1179-1188
- Levin, S. A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* **73**(6) : 1943-1967
- Meentemeyer, V. 1989. Geographical perspectives of space, time, and scale. *Landscape Ecology* **3**(3/4) : 163-173
- Shinneman, D. J., et Baker, W. L. 1997. Nonequilibrium dynamics between catastrophic disturbances and old-growth forests in ponderosa pine landscapes of the black hills. *Conservation biology* **11**(6) : 1276-1288
- Spies, T. A., et M. G. Turner. 1999. Dynamic forest mosaics. *Dans* Maintaining biodiversity in forest ecosystems. Hunter Jr, M. L., editors. Cambridge University Press, Cambridge. Pages 95-160
- Swetnam, T. W., Allen, C. D., et Betancourt, J. L. 1999. Applied historical ecology: Using the past to manage for the future. *Ecological Application* **9**: 1189-1206
- Turner, M. G., Romme, W. H., Gardner, R. H., O'Neill, R. V., et Kratz, T. K. 1993. A revised concept of landscape equilibrium: Disturbances and stability on scaled landscapes. *Landscape Ecology* **8**(3) : 213-227 <http://www.springerlink.com/index/XV13970522540Q36.pdf>
- Veblen, T. T. 2003. Historic range of variability of mountain forest ecosystems: Concepts and applications. *The Forestry Chronicle* **79**(2) : 223-226
- Wallin, D. O., Swanson, F. J., Marks, B., Cissel, J. H., et Kertis, J. 1996. Comparison of managed and pre-settlement landscape dynamics in forests of the pacific northwest, usa. *Forest Ecology and Management* **85**: 291-309
- White, P. S., et Walker, J. L. 1997. Approximating nature's variation: Selecting and using reference information in restoration ecology. *Restoration Ecology* **5**(4) : 338-349
- Wu, J. 1999. Hierarchy and scaling: Extrapolating information along a scaling ladder. *Canadian Journal of Remote Sensing* **25**(4) : 367-380