

→→→ 3.7 – Organisation spatiale



Manuel de détermination des possibilités forestières

Mise à jour le 22 mars 2024

La considération de la dimension spatiale dans le calcul des possibilités forestières est généralement le facteur ayant le plus d'influence sur le résultat final. Néanmoins, la prise en compte de ce phénomène à l'échelle stratégique n'est que partielle puisque des éléments de planification plus opérationnelle telles les infrastructures, les essences peu attribuées et les difficultés de récolte et d'harmonisation vont intervenir dans la planification et la réalisation de la récolte.

Problématique

L'organisation spatiale des forêts concerne l'arrangement des peuplements à différentes échelles de perception¹. Dans les forêts qui n'ont pas encore été récoltées, cette organisation a été modelée par les perturbations naturelles passées. L'aménagement forestier crée une mosaïque forestière dont les caractéristiques diffèrent de celles des paysages naturels (quantité et taille des aires en régénération, configuration de la forêt résiduelle). Ces différences apportent des enjeux sociaux (acceptabilité sociale des pratiques, accès au territoire), économiques (coûts liés au réseau routier, dispersion de la récolte) ou environnementaux (fragmentation de l'habitat de certaines espèces).

Aménagement forestier

Objectif

Dans le domaine bioclimatique de la pessière à mousses, l'objectif de l'aménagement préconisé vise à maintenir dans le temps des massifs forestiers de grande taille, peu fragmentés et bien répartis dans l'unité d'aménagement². Pour ce faire, l'approche consiste à concentrer les interventions forestières et ainsi assurer le maintien et le recrutement de massifs forestiers dans le temps³. La cible de configuration de la forêt résiduelle (quantité, composition, répartition) vise à émuler les conditions créées par les feux.

Une approche similaire est poursuivie dans le domaine bioclimatique de la sapinière, néanmoins à une échelle plus fine compte tenu de la dynamique naturelle différente où les perturbations sont d'une ampleur plus limitée.

Moyens

La récolte est planifiée par le biais d'unités territoriales appelées « compartiments d'organisation spatiale ». Les compartiments d'organisation spatiale sont des subdivisions de l'unité d'aménagement d'une taille de l'ordre de 10 000 hectares dans la pessière à mousses.

Dans la sapinière, les compartiments d'organisation spatiale sont des entités dont la superficie est de l'ordre de 1 000 hectares. Ces tailles de massifs seraient suffisamment grandes pour maintenir la plupart des espèces sensibles à la fragmentation, ceci afin de refléter la taille de la superficie perturbée naturellement.

¹ Jetté, J.-P., M. Leblanc, M. Bouchard et N. Villeneuve. 2013a. Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré, Partie I – Analyse des enjeux. Ministère des Ressources naturelles, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, Qc, 150 p.

² Une approche différente d'organisation spatiale des forêts est appliquée pour le territoire de la pessière couvert par l'Entente concernant une nouvelle relation entre le gouvernement du Québec et les Cris du Québec. Se référer à la section 3.13.1 – Régime forestier adapté pour les Cris du Québec.

³ Jetté, J.-P., M. Leblanc, M. Bouchard et N. Villeneuve. 2013a. Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré, Partie I – Analyse des enjeux. Ministère des Ressources naturelles, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, Qc, 150 p.

Jetté, J.-P., M. Leblanc, M. Bouchard, S. Déry et N. Villeneuve. 2013b. Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré, Partie II – Élaboration de solutions aux enjeux. Ministère des Ressources naturelles, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, Qc, 159 p.



Dans les domaines de l'érablière et dans le territoire du *Régime forestier adapté pour la Nation Crie*, la coupe mosaïque demeure employée pour assurer une dispersion des ouvertures du couvert, et ce, conformément aux prescriptions du *Règlement sur l'aménagement durable du territoire forestier* et de l'*Entente concernant une nouvelle relation entre le gouvernement du Québec et les Cris du Québec*. Une extension des modalités de cette entente dans le bassin du Lac-Saint-Jean est aussi présente.

La figure 1 montre les modes de répartition spatiale utilisés dans le calcul des possibilités forestières des unités d'aménagement.

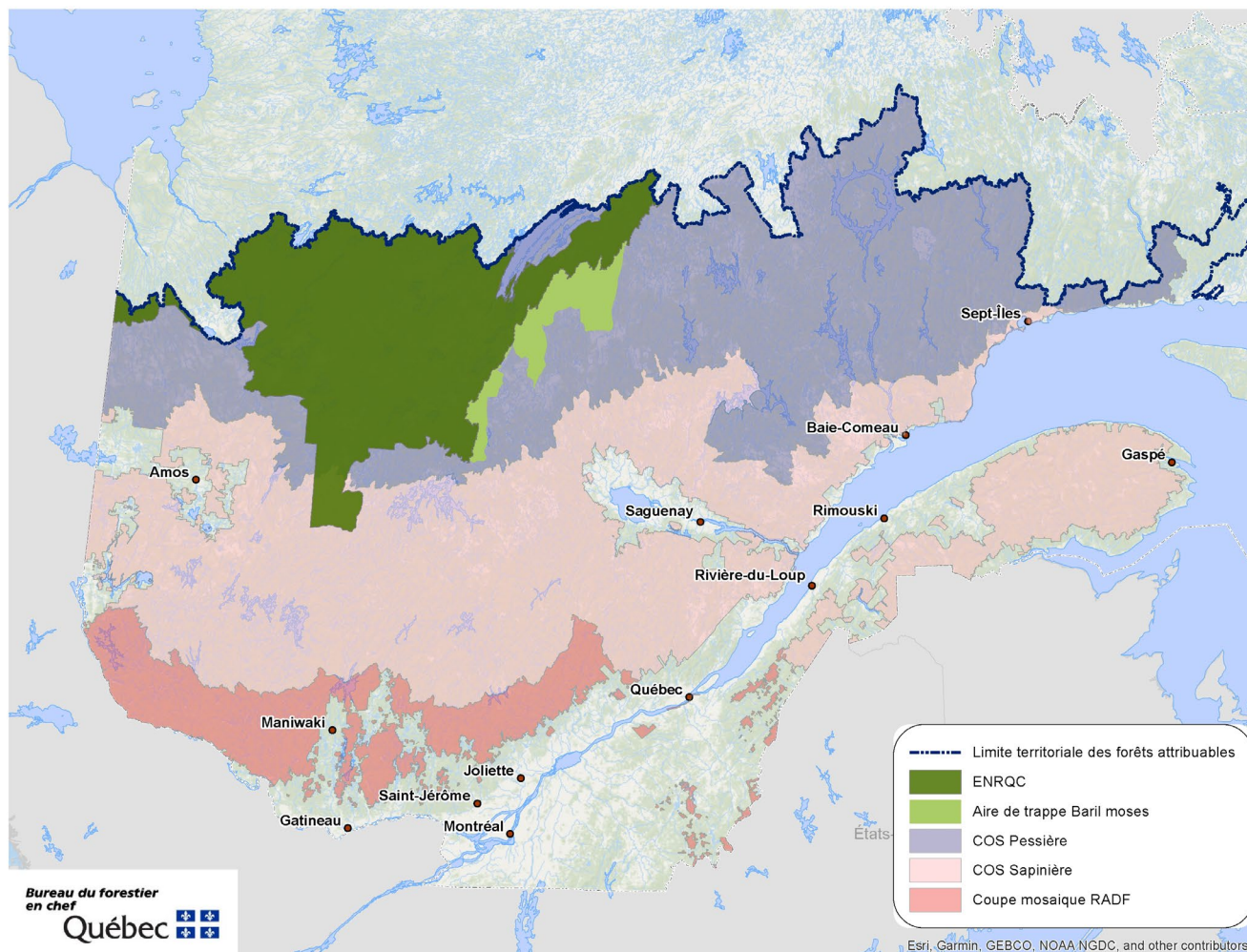


Figure 1. Modes de répartition spatiale utilisés dans le calcul des possibilités forestières des unités d'aménagement

Traitement dans les travaux du Forestier en chef

Les travaux réalisés pour la période 2023-2028 reflètent cette diversité d'approches. Le découpage par domaine de végétation ne correspondant pas à celui des unités d'aménagement pour certaines d'entre elles, les aménagistes responsables de la planification ont parfois adopté l'approche dominante pour éviter d'avoir de multiples approches dans la même unité d'aménagement. Ce n'est cependant pas le cas partout, certaines unités d'aménagement pouvant avoir deux, voire trois modes d'organisation spatiale différents. Les rapports de calcul des possibilités forestières de chaque unité d'aménagement précisent où sont appliqués ces différents modes de répartition spatiale.

Organisation spatiale

Les éléments auxquels répondent les travaux de modélisation dans le cadre du calcul des possibilités forestières sont :

Organisation spatiale adaptée à la pessière (RADF, articles 144-146)

Une contrainte de maintien de 30 % de forêts de plus de 7 mètres par compartiment, une ouverture à la récolte de 10 ans suivie d'une période de fermeture d'au moins 30 ans viennent encadrer les travaux de modélisation des compartiments standards. De plus, des compartiments dits *pérennes* n'ont pas de contraintes d'ouverture/fermeture, mais ont une contrainte de maintien d'au moins 70 % de forêt de plus de 7 mètres en permanence.

Organisation spatiale adaptée à la sapinière

Une contrainte de maintien de 30 % de forêts de plus de 7 mètres par compartiment d'organisation spatiale et de 60 % de forêts de plus de 7 mètres par unité territoriale d'analyse ainsi qu'une période de retour d'au moins 20 ans viennent encadrer les travaux de modélisation.

Coupe mosaïque (RADF, articles 138-143)

Cette approche est émulée en utilisant un pseudo-planificateur qui crée et améliore par essais successifs la disposition des aires de coupes et des forêts résiduelles. Les paramètres employés (taille, adjacence, délais) sont calibrés afin de représenter les contraintes imposées par le Règlement et par la pratique passée. Cette approche tient aussi compte d'une taille minimale opérationnelle de 5 hectares pour les coupes totales et de 15 hectares pour les coupes partielles. En raison de contraintes de l'outil employé, les paramètres spatiaux sont évalués sur 30 ans.

Coupe mosaïque (ENRQC, chapitre 3)

Cette approche est reproduite en utilisant un pseudo-planificateur qui crée et améliore par essais successifs la disposition des aires de coupe et des forêts résiduelles. Les paramètres employés (taille, adjacence, délais) sont calibrés afin de représenter les contraintes imposées par les modalités de l'*Entente*. Conformément à celle-ci, des paramètres différents sont employés pour les coupes dans les territoires d'intérêt faunique et dans la partie résiduelle des aires de trappe. Cette approche tient aussi compte d'une taille minimale opérationnelle de 5 hectares pour les coupes totales et de 15 hectares pour les coupes partielles. En raison de caractéristiques du logiciel utilisé, les paramètres spatiaux sont évalués sur 30 ans.

En plus de ces règles générales, des considérations spécifiques peuvent venir ajuster l'approche déployée dans une unité d'aménagement donnée en ce qui a trait, par exemple, aux accès stratégiques, aux plans de protection de l'habitat du caribou, aux mesures d'harmonisation particulières, à l'arrimage avec les activités d'aménagement en cours et aux ajustements de paramètres liés à la taille de l'unité d'aménagement ou aux activités qui s'y déroulent.

Développement d'une approche heuristique de génération du calendrier d'ouverture et de fermeture des compartiments

Dans le calcul des possibilités forestières de 2018-2023 et des précédents, l'approche de modélisation des compartiments utilisait le concept d'aire d'analyse (AAunit). Elle a été abandonnée au profit d'une nouvelle approche plus performante qui repose sur une application interne appelée *BFECopt*.

La modélisation des approches par compartiments repose sur l'imposition d'un calendrier prévoyant l'ouverture périodique des compartiments pour forcer l'agglomération désirée des coupes. Cette application assure dorénavant la génération du calendrier d'ouverture et de fermeture des compartiments d'organisation spatiale des modèles de programmation linéaire du Forestier en chef.

Organisation spatiale

L'approche est basée sur une formulation par *unit restricted model*⁴. La méthode de génération du calendrier d'ouverture et de fermeture se divise en deux phases. La première phase consiste à la génération d'une solution initiale qui respecte l'ensemble des éléments des contraintes qui sont imposées à la modélisation. Cette phase consiste à réoptimiser le modèle à la suite de l'application du calendrier d'ouverture et de fermeture pour chaque tranche de 25 % de compartiments d'organisation spatiale du territoire jusqu'à l'obtention d'une solution réalisable. La deuxième phase consiste à une série d'essais d'amélioration par permutation de la solution obtenue dans la phase 1 par *Greedy Algorithm*⁵. Même si le critère d'optimalité de la solution ne peut pas être mathématiquement prouvé, l'approche permet la génération d'un calendrier satisfaisant en réalisant une trentaine de cycles d'amélioration. De plus, cette approche permet de traiter en une seule opération des compartiments en pessière et d'autres en sapinière, ce qui est avantageux dans le cas d'unités d'aménagement qui ont les deux approches sur leur territoire.

Variables de suivi

Des indicateurs relatifs à l'organisation spatiale peuvent être suivis à long terme dans le cadre du calcul des possibilités forestières :

- ▶ pourcentage de la superficie forestière productive d'un compartiment d'organisation spatiale constitué de strates d'aménagement de 7 mètres et plus de hauteur,
- ▶ pourcentage de la superficie forestière productive dans les compartiments d'organisation spatiale et les unités territoriales d'analyse dans les unités d'aménagement en sapinière sous dérogation à la coupe en mosaïque constituées de strates d'aménagement de 7 mètres et plus de hauteur
- ▶ pourcentage de la superficie forestière productive d'une unité territoriale de référence constituée de strates d'aménagement de 7 mètres et plus de hauteur.

Ces indicateurs permettent de vérifier que les cibles visées sont maintenues dans le temps.

Informations dans les rapports de calcul

L'organisation spatiale est documentée dans les rapports de calcul 2023-2028 sous une forme cartographique (figure 2). Un tableau présente également la proportion des compartiments ouverts à la récolte par période de 5 ans pour les modes par compartiment d'organisation spatiale (tableau 1).

⁴ Baskent, E. Z., et S. Keles, 2005. Spatial forest planning : A review. *Ecological modelling*, 188(2-4), 145-173.

⁵ Corman T. H., C. E. Leiserson, R. L. Rivest et C. Stein, 1990. Introduction to Algorithms, Chapter 17 Greedy Algorithms p.329

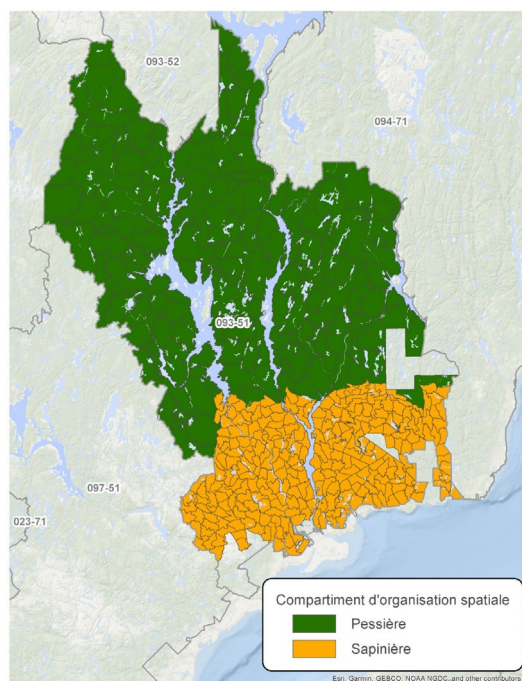


Figure 2. Répartition spatiale - Exemple tiré du rapport de calcul de l'unité d'aménagement 097-51

Tableau 1. Proportion des compartiments ouverts à la récolte par période de 5 ans pour les modes par compartiments d'organisation spatiale.

Compartiments d'organisation spatiale	2023-2028	2028-2033	2033-2038	2038-2043	2043-2048
Nombre total	432				
En pessière	166				
En sapinière	266				
Admissibles à la récolte	154	135	105	162	93
% de compartiments admissibles	36%	31%	24%	38%	22%

État des connaissances et développements futurs

Les travaux actuels de calcul par programmation linéaire sont spatialement référencés, c'est-à-dire que l'optimisation se réalise par le découpage le plus fin des thèmes du modèle. Il en résulte que l'unité la plus fine est considérablement plus grossière que les polygones individuels. De plus, l'optimisation peut récolter des portions de ces unités. Des fonctions permettent d'assigner précisément à des polygones donnés un calendrier de récolte qui illustre les résultats d'optimisation, mais cela n'influence pas l'optimisation elle-même et cette assignation est une parmi une infinité de possibilités.

Le besoin d'une spatialisation explicite et modélisée est donc important, d'autant plus que dans les activités de planification puis de récolte, les polygones forestiers ne sont pas récoltés selon leurs contours, mais redécoupés selon les besoins opérationnels.

Un des facteurs importants qui échappe pour le moment aux travaux par optimisation est le développement et l'évolution des infrastructures. Une certaine partie de ce phénomène est capté par la limitation du nombre de compartiments ouverts, mais cette prise en compte demeure limitée.

Des travaux sont en cours pour développer un émulateur de planification qui permettrait de mieux capter sur l'ensemble de l'horizon les contraintes et les objectifs liés à la dimension spatiale de la récolte. Ces développements sont basés sur l'utilisation d'algorithmes d'intelligence artificielle et de replanification.

Rédaction : Jean Girard, ing.f., M.Sc.

Collaboration : Lucie Bertrand, ing.f., Ph.D.; Karelle Jayen, biol. M.Sc.

Cartographie : Francesca Houde, ing.f.

Révision : Jean Girard, ing.f., M.Sc.; David Baril, ing.f.; Philippe Marcotte, ing.f., M.Sc.; Stéphane Petitclerc, ing.f.; Lucie Bertrand, ing.f., Ph.D.

Approbation : Louis Pelletier, ing.f., Forestier en chef