

Titre du projet	Évaluation de la biomasse forestière comme matière première de la bioénergie : Disponibilité et récupération de la biomasse dans les forêts inéquiennes
Numéro d'identification du projet	BIO 063
Promoteur	Le Conseil des gouverneurs de l'Université de Toronto
Nombre de partenaires participants	8
Coût total du projet (en milliers de dollars)	813
Contribution totale du promoteur et des partenaires (en milliers de dollars)	227
Contribution totale de l'Initiative écoÉNERGIE sur l'innovation (en milliers de dollars)	273
Contribution totale du gouvernement (en milliers de dollars)	273
Points saillants du projet	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mise au point de méthodes de télédétection pour dresser l'inventaire des peuplements inéquiennes. ○ Mise au point d'un modèle permettant d'estimer la récupération de la biomasse non commercialisable ○ Publication de 4 documents et présentation de 5 manuscrits
Date de présentation à RNCAN	5/31/16

Sommaire. Au cours de dernières années, le secteur forestier du Canada a souffert de l'accroissement de la concurrence internationale et de la diminution de la demande de produits de sciage et de papier conventionnels. En même temps, il y a eu croissance du marché de l'énergie renouvelable et des charges d'alimentation de biomasse inutilisée. Ces tendances offriront un avantage compétitif aux compagnies qui peuvent utiliser le bois non commercialisable pour réduire leurs coûts énergétiques et/ou alimenter le marché de l'énergie.

Il y a une quantité considérable de bois non commercialisable dans les forêts inéquiennes de la région des Grands Lacs et du Saint-Laurent (GLSL), qui possède également la demande et la capacité nécessaires pour l'utiliser comme charge d'alimentation dans la production de bioénergie. Toutefois, afin d'exploiter ces avantages régionaux, les compagnies forestières et énergétiques ont besoin de meilleures estimations de la disponibilité de biomasse non commercialisable. En outre, elles doivent savoir quelle quantité peut réellement être récupérée afin de pouvoir décider s'il y a lieu d'intégrer la récupération de la biomasse dans leurs activités et déterminer comment cela influera sur le reste de leur chaîne d'approvisionnement.

À cette fin, nous avons mis au point de nouvelles méthodes pour dresser l'inventaire des peuplements inéquiennes par télédétection, y compris le LIDAR et l'imagerie multispectrale. Nous avons également mis au point un modèle permettant d'estimer la récupération de la biomasse non commercialisable des peuplements inéquiennes. Les résultats de nos recherches ont été communiqués dans neuf documents : quatre de ces documents ont déjà été publiés dans des revues à comité de lecture et les cinq autres ont été présentés aux fins de publication.

Contexte. Les forêts inéquiennes de la région des GLSL sont généralement gérées au moyen de méthodes de coupe partielle (coupe jardinatoire ou progressive) qui abattent entre le tiers et les deux tiers des arbres (respectivement), y compris des arbres commercialisables et non commercialisables. Les arbres non commercialisables ne conviennent pas au sciage ou à la production de pâte pour diverses raisons : parce qu'il s'agit d'essences indésirables présentant de mauvaises propriétés pour le sciage ou la production de fibre, parce qu'il s'agit d'arbres malades ou difformes ou parce qu'il s'agit d'arbres trop petits pour le sciage de bois d'œuvre (c.-à-d. perchis de moins de 24 cm de diamètre). Ces arbres non commercialisables sont souvent abattus pour affranchir les arbres commercialisables restants de toute concurrence (et pour éclaircir le sous-étage lorsqu'il y a surabondance de perchis), mais ils ne sont pas sortis du peuplement, sauf lorsqu'ils sont utilisés comme bois de chauffage. Les cimes et les branches des arbres commercialisables sont également laissés sur place avec le reste des arbres non commercialisables.

Par conséquent, il y a une quantité considérable de biomasse non commercialisable dans la région des GLSL, ainsi que la demande et la capacité pour l'utiliser comme charge d'alimentation dans la production de bioénergie. Toutefois, afin d'exploiter ces avantages régionaux, les compagnies forestières et énergétiques ont besoin de meilleures estimations de la disponibilité de biomasse non commercialisable. En outre, elles doivent savoir quelle quantité peut réellement être récupérée afin de pouvoir décider s'il y a lieu d'intégrer la récupération de la biomasse dans leurs activités et déterminer comment cela influera sur le reste de leur chaîne d'approvisionnement.

Beaucoup de compagnies forestières utilisent une plateforme logicielle appelée FPIInterface pour prendre ces décisions. FPIInterface a été mis au point par FPIInnovations et utilise un modèle appelé BiOS pour prévoir la récupération de la biomasse non commercialisable en fonction de données sur l'inventaire forestier ou de données de télédétection. Toutefois, BiOS a été conçu à l'origine pour des forêts boréales équiennes et ne convenait donc pas à une utilisation dans la région des GLSL. Par conséquent, ce projet avait pour but de mettre au point de nouvelles méthodes pour dresser l'inventaire des peuplements inéquiennes et prévoir la récupération de la biomasse non commercialisable.

Objectif 1. Notre premier objectif principal était d'utiliser des données LIDAR pour prévoir la structure des tailles des peuplements inéquiennes. Afin de formuler des prévisions ayant un lien direct avec la récupération du produit, la répartition des diamètres a d'abord été divisée en six classes de structure : gaule, perche, petite grume de sciage, moyenne grume de sciage, grosse grume de sciage et très grosse grume de sciage. Puis, la densité d'arbres dans chaque

classe a été prévue en utilisant deux méthodes non paramétriques : imputation par k du plus proche voisin (*k-nearest neighbor* ou k-NN) et méthode de forêt aléatoire (*random forest*).

La méthode de la forêt aléatoire s'est avérée être plus exacte que la méthode k-NN. Après le groupement des répartitions prévues du diamètre en neuf classes de structure du peuplement, les notes de précision ont révélé que les structures de peuplements particuliers sont difficiles à prévoir. Néanmoins, la méthode de la forêt aléatoire est suffisamment robuste pour prévoir la structure de peuplement pour les peuplements les plus communs. Par conséquent, cette méthode peut être utilisée par nos partenaires pour préciser la structure des peuplements inéquiennes puisque le modèle BIOS modifié prévoit la récupération d'après la densité (et l'identité des essences) des arbres dans différentes classes de tailles (voir plus loin).

Objectif 2. Notre deuxième objectif principal était d'utiliser l'imagerie pour délimiter chaque couronne d'arbre aux fins d'identification subséquente (voir l'objectif 3 ci-après). En outre, nous cherchions à mettre au point une méthode par ligne de partage des eaux qui utilise toutes les bandes spectrales disponibles lors de l'utilisation de l'imagerie multispectrale, de même qu'une méthode d'ajustement multi-échelle permettant de déterminer la valeur paramétrique qui convient le mieux à chaque couronne de référence plutôt que de choisir une valeur paramétrique unique en fonction de son adaptation générale à l'image dans son ensemble.

La méthode de segmentation par ligne de partage des eaux multi-bande s'est avérée être plus exacte que les méthodes existantes qui suivent les vallées. La méthode d'ajustement multi-échelle s'est également avérée être plus exacte que le choix d'une valeur paramétrique unique en fonction de son adaptation générale à l'image dans son ensemble. Cette méthode peut donc être utilisée par nos partenaires comme première étape dans la quantification de la composition des essences (décrite plus loin).

Objectif 3. Notre troisième objectif principal était d'utiliser l'imagerie pour identifier l'essence de chacune des couronnes délimitées. En outre, nous cherchions à utiliser l'imagerie sur plusieurs saisons pour distinguer les essences semblables pouvant présenter des différences saisonnières dans le facteur de réflexion.

Lors de l'utilisation des images d'une seule saison, on a obtenu la plus grande exactitude (0,7) avec une image du milieu de l'été. L'utilisation d'une imagerie sur plusieurs saisons a considérablement amélioré l'exactitude (0,77). Par conséquent, nos partenaires peuvent utiliser l'une ou l'autre des méthodes pour préciser l'abondance relative des essences principales, qui est aussi importante que la structure du peuplement pour prévoir la récupération.

Objectif 4. Notre quatrième objectif principal était de modifier le modèle BIOS en vue d'une utilisation dans les forêts inéquiennes. En particulier, nous avons modifié le modèle de manière à prévoir la récupération d'après la répartition des arbres selon la taille (plutôt que d'après la taille moyenne des arbres), et nous avons ajusté les rapports de récupération pour chaque classe de taille afin de tenir compte des variations dans le bois de rebut liées à la taille.

Le modèle saisit maintenant la variation dans la récupération observée dans tous les systèmes sylvicoles (p. ex. coupe progressive) et toutes les méthodes de récolte (p. ex. en billes de longueur préétablie). Par conséquent, nos partenaires peuvent utiliser le modèle pour évaluer les réserves de biomasse dans les forêts inéquiennes de la région des GLSL, tout comme les autres membres de FPInnovations qui utilisent FPInterface pour l'optimisation de leur chaîne d'approvisionnement. En outre, nous mettons actuellement en œuvre le modèle pour les forêts acadiennes des provinces de l'Atlantique.

Avantages. Nous avons mis au point de nouvelles méthodes de télédétection pour dresser l'inventaire des forêts inéquennes ainsi qu'un modèle permettant d'estimer la récupération de biomasse non commercialisable. Les méthodes et le modèle peuvent être utilisés par nos partenaires (de même que les membres de FPInnovations qui utilisent FPInterface) pour décider s'il y a lieu d'intégrer la récupération de la biomasse dans leurs activités et pour déterminer comment cela influera sur le reste de leur chaîne d'approvisionnement. Le modèle peut également être utilisé par les organismes provinciaux pour mieux attribuer les réserves de bois aux compagnies qui peuvent tirer le meilleur parti du bois de qualité inférieure et des résidus de bois, y compris les blocs de récolte qui seraient par ailleurs ignorés par les compagnies qui ne cherchent que du bois de qualité supérieure. Par la suite, le modèle pourra aider ces compagnies à optimiser leurs activités en utilisant pleinement la valeur actuelle des peuplements de qualité inférieure tout en accroissant la valeur future par l'amélioration du peuplement.

Au cours des dernières années, le secteur forestier du Canada a souffert de l'accroissement de la concurrence internationale et de la diminution de la demande de produits de sciage et de papier conventionnels. En même temps, il y a eu croissance du marché de l'énergie renouvelable et des charges d'alimentation de biomasse inutilisée. Ces tendances offriront un avantage compétitif aux compagnies qui peuvent utiliser le bois non commercialisable pour réduire leurs coûts énergétiques et/ou alimenter le marché de l'énergie. Ces tendances permettront également aux gouvernements et aux sociétés d'État d'accroître la compétitivité d'autres industries en accroissant les réserves d'énergies tout en limitant les émissions de carbone.

Prochaines étapes

Publications : Comme nous l'avons déjà mentionné, nous avons déjà publié cinq documents, mais les quatre manuscrits présentés sont toujours en examen. Puisque chaque document exige généralement une révision approfondie, nous prévoyons passer la prochaine année à faire avancer les quatre manuscrits présentés dans le processus d'examen. Nous entendons également finaliser et présenter un dixième manuscrit qui estime les réserves et le coût de la biomasse à l'échelle régionale.

Forêts acadiennes : Notre prochaine étape en ce qui concerne le modèle BIOS consiste à l'appliquer aux forêts acadiennes des provinces de l'Atlantique dans le cadre d'un noyau d'innovation organisé par FPInnovations.

Poursuite des recherches : La plupart des chercheurs de ce projet se sont joints à un nouveau projet intitulé *AWARE: Assessment of Wood Attributes using Remote Sensing* (Évaluation des attributs du bois par télédétection). AWARE est un projet de recherche et développement coopératif (RDC) financé par le CRSNG. Le projet AWARE s'appuie sur les résultats de notre projet écoÉNERGIE pour évaluer si les méthodes de télédétection peuvent être appliquées à un vaste éventail de types de forêts, y compris les forêts boréales.