



Élaborer des approches de recherche afin de comprendre la réaction de la biodiversité à l'enlèvement de biomasse

L.A. Venier; I. Aubin; K. Webster; A. Rive; D.M. Morris;
J.A. Rice et P. Hazlett

L'ATELIER SUR LA BIOMASSE FORESTIÈRE ET LA BIODIVERSITÉ



22 - 23 FÉVRIER 2012

Sault Ste. Marie (Ontario)

2014

Ressources Naturelles Canada

Service canadien des forêts

Centre de foresterie des Grands Lacs

Rapport d'information GLC – X – 12F

ÉLABORER DES APPROCHES DE RECHERCHE AFIN DE COMPRENDRE LA RÉACTION DE LA BIODIVERSITÉ À L'ENLÈVEMENT DE BIOMASSE

L.A. Venier; I. Aubin; K. Webster; A. Rive; D.M. Morris; J.A. Rice et P. Hazlett

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Grands Lacs
Sault Ste. Marie (Ontario) Canada
1219, rue Queen Est
Sault Ste. Marie (ON) P6A 2E1

Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario
Centre de recherche sur l'écosystème des forêts du Nord
Lakehead University Campus
955 Oliver Road
Thunder Bay (ON) P7B 5E1

Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario
Direction des forêts
Roberta Bondar Place
70 Foster Drive
Sault Ste. Marie (ON) P6A 6V5

Publié par :
Ressources naturelles Canada,
Service canadien des forêts,
Centre de foresterie des Grands Lacs,
Sault Ste. Marie (Ontario) Canada
1219, rue Queen Est
Sault Ste. Marie (ON) P6A 2E1

Rapport d'information no. : GLC-X-12F
2014

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Élaborer des approches de recherche afin de comprendre la réaction de la biodiversité à l'enlèvement de biomasse (2012 : Sault Ste. Marie, Ont.)

Rapport sur l'atelier sur la biomasse forestière et la biodiversité,
Service canadien des forêts, Sault Ste. Marie (Ontario), 22 et 23 février, 2012 /
Venier, L.A., Aubin, I., Webster, K., Rive, A., Morris, D.M., Rice, J.A., Hazlett, P.

(Rapport d'information ; GLC-X-12)

Monographie électronique en format PDF.

Publié aussi en anglais sous le titre : Developing research approaches to understand biodiversity response to biomass removal, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, ON, February 22 and 23, 2012.

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 978-0-660-22699-6 ISSN 2562-0746 (En Ligne)

No de cat. : Fo123-2/12-2014F-PDF

1. Biomasse forestière--Aspect de l'environnement--Canada--Congrès.
2. Biodiversité forestière--Canada--Congrès. 3. Sylviculture--Aspect de
l'environnement—Canada--Congrès. I. Aubin, Isabelle, 1952- II. Venier, L. A.
(Lisa Ann), 1965- III. Centre de foresterie des Grands Lacs IV. Service canadien
des forêts V. Titre. VI. Collection: Rapport d'information (Centre de foresterie
des Grands Lacs) GLC-X-12

SD387 B48 F6714 2014

333.75'160971

C2014-980044-4

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelconque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et le nom de l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par Ressources naturelles Canada (RNCAN) et que la reproduction n'a pas été faite en association avec RNCAN ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de RNCAN. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec RNCAN à droitdauteur.copyright@rncan-nrcan.gc.ca.

©Sa Majesté la Reine du Canada, représentée par le ministre de Ressources naturelles Canada, 2014

Table des matières

1. INTRODUCTION	1
1.1 Contexte de l'atelier	1
1.2 Justification.....	1
1.3 Objectif de l'atelier	2
1.4 Objectifs du rapport sur l'atelier	3
1.5 Le contexte scientifique	4
2. LE POINT DE VUE DES INTERVENANTS	8
2.1 Le point de vue des communautés forestières et des Premières nations.....	8
2.2 Le point de vue de l'industrie	10
2.3 Du point de vue des politiques sur les forêts.....	11
2.4 Messages-clés et thèmes communs selon les points de vue des intervenants	12
3. PRIORITÉS RELATIVES À LA RECHERCHE	13
3.1 Messages-clés et thèmes communs quant aux priorités de recherche.....	13
3.1.1 Le profil du bois mort.....	13
3.1.2 Intensité du traitement	14
3.1.3 Courbes de réaction des espèces	15
3.1.4 Conditions de référence et conditions souhaitées à l'avenir	15
3.1.5 Échelle	16
3.1.6 Variables des réactions	16
4. SURVEILLANCE DE L'EFFICACITÉ	17
4.1 Messages-clés et thèmes communs quant à la surveillance de l'efficacité	17
4.1.1 Méthodes étendues et intensives	17
4.1.2 Espèces indicatrices.....	18
4.1.3 Stratification	18
4.1.4 Profil du bois mort	18
5. CONCLUSIONS	18
5.1 Les prochaines étapes	19
5.2 L'objectif de l'atelier a-t-il été atteint?	20
6. DOCUMENTS CITÉS	20
ANNEXES	26
ANNEXE 1 : Liste des participants.....	27
ANNEXE 2 : Renseignements biographiques sur les participants à l'atelier	30
ANNEXE 3 : Structure de l'atelier.....	42

A3.1 Structure de l'atelier	42
A3.2 Jour 1.....	42
A3.3 Jour 2.....	43
ANNEXE 4 : Modèles conceptuels pour les séquences des effets	44
A4.1 L'importance d'un cadre de travail conceptuel.....	44
A4.2. En quoi consiste un modèle pour les séquences des effets?	44
A4.3 Étapes pour la construction du modèle pour les séquences des effets.....	45
A4.4 Comprendre les incidences de l'intensification du prélèvement de biomasse.....	46
A4.5 Modèle de microbes du sol (Figure 4)	46
A4.6 Modèle de végétation (Figure 5).....	50
A4.8 Messages-clés et thèmes communs quant au modèle conceptuel.....	53
ANNEXE 5 : Priorités relatives à la recherche	55
A5.1 Points saillants des groupes	55
ANNEXE 6 : Surveillance de l'efficacité.....	61
ANNEXE 7 : Programme de l'atelier.....	65
ANNEXE 8 : Matériel préparatoire.....	68

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte de l'atelier

Un atelier a eu lieu au Centre de foresterie des Grands Lacs, les 22 et 23 février 2012, dans le but d'élaborer un cadre de travail pour évaluer la durabilité de la récolte de biomasse forestière du point de vue de la biodiversité. Cet atelier était financé par le Service canadien des forêts (SCF) de Ressources naturelles Canada (RNCan), par l'entremise du fonds « Leadership en foresterie pour promouvoir des avantages environnementaux » (LFPAE). Ce financement a été fourni par la Direction de la politique, de l'économie et de l'industrie (DPEI) du SCF, qui est responsable des questions d'accessibilité et d'acceptation des marchés, des questions qui sont soulevées dans nos marchés internationaux. Les marchés internationaux élaborent des critères de durabilité pour la biomasse, et la DPEI doit s'assurer que ces critères ne nuisent pas à l'industrie canadienne. Les résultats de cet atelier viendront soutenir ces efforts, d'un point de vue scientifique.

Divers organismes fédéraux et provinciaux s'intéressent tout particulièrement au développement et à la mise en œuvre d'une bioéconomie forestière durable. En Ontario, un Protocole d'entente (PE) Canada-Ontario concernant la coopération en foresterie a été signé par le ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario (MRNFO) et le SCF de RNCan, pour déterminer les enjeux prioritaires qui devraient faire l'objet d'une collaboration dans ce domaine. Ce PE a amené la formation d'un groupe de travail technique formé d'experts en sciences et en politiques des deux gouvernements (Groupe de travail technique en bioéconomie forestière Canada-Ontario) en vue d'aborder les priorités scientifiques et bioéconomiques communes à l'Ontario et au Canada. Par conséquent, l'objectif de l'atelier est étroitement aligné avec le mandat du groupe de travail technique et les priorités des gouvernements de l'Ontario et du Canada. Bien qu'ils soient axés sur le point de vue de l'Ontario, nous prévoyons que les objectifs et les résultats de l'atelier répondront également aux priorités d'autres provinces comme le Québec, la Colombie-Britannique et Terre-Neuve-et-Labrador, qui étaient représentées à l'atelier.

Les participants invités provenaient d'une variété de disciplines et ils avaient divers points de vue. Ils représentaient l'industrie forestière, les universités, les organismes fédéraux et provinciaux responsables de l'aménagement des forêts, les collectivités forestières et les Premières nations. Les participants de la communauté scientifique avaient une expertise dans un vaste éventail de taxons et de disciplines, dont les oiseaux, les mammifères, les invertébrés, les microorganismes du sol, les champignons, les arbres, la végétation de sous-bois, la foresterie, la composition des sols, la conservation, la modélisation et le bois mort (voir Annexe 1 : Liste des participants, et Annexe 2 : Biographie des participants). Nous espérons que cette vaste représentation permettrait d'avoir de multiples points de vue qui seraient pertinents aux fins du développement de méthodes de recherche pouvant répondre aux questions politiques liées à la récolte de biomasse.

1.2 Justification

Les gouvernements s'intéressent de plus en plus à la récolte de biomasse, en partie parce que les marchés des produits traditionnels et les emplois connexes sont en baisse depuis peu, et aussi en raison de l'important débat public et politique portant sur les changements climatiques et à la nécessité de réduire la

croissance des émissions de gaz à effet de serre du Canada. Lors d'un récent examen national effectué par le Fonds mondial pour la nature et par l'Association des produits forestiers du Canada (2010) sur les règlements pertinents s'appliquant à la récolte de biomasse, toutes les provinces inspectées avaient pris certains engagements politiques primordiaux en vue d'une plus grande utilisation des carburants renouvelables. L'examen a également permis de découvrir que la récolte de biomasse forestière et les préoccupations connexes sur ses incidences environnementales sont de plus en plus discutées et débattues par l'ensemble des provinces. Toutes les provinces évaluées ont également indiqué que la récolte de biomasse doit être effectuée dans le cadre des politiques et des lignes directrices existantes sur l'aménagement des forêts. On a soulevé des préoccupations concernant la crédibilité scientifique et l'acceptation sociale du développement du secteur de la bioénergie. Le rapport de Greenpeace Canada intitulé « De biomasse à... biomascarade » (2011) et un rapport interne d'Environnement Canada sur les points de vue des organisations non gouvernementales de l'environnement (ONGE) et d'un groupe voué à la conservation sur la récolte de biomasse forestière au Canada (Dagg et coll., 2011) soulignent les préoccupations quant aux incidences écologiques de la récolte de biomasse, dont les incidences sur la biodiversité et l'habitat faunique, ainsi que sur la fertilité du sol et la productivité des forêts. De nombreux organismes sont d'avis que les résidus forestiers ne sont pas des ressources de biomasse acceptables, en raison de leur importance pour la biodiversité et la productivité (Dagg et coll., 2011). Nous disposons cependant de très peu de preuves scientifiques, surtout au sein des écosystèmes forestiers de l'Amérique du Nord, pour étayer ou réfuter cet énoncé.

1.3 Objectif de l'atelier

Nous savons que la biomasse forestière – y compris les résidus – est importante pour la biodiversité et la productivité, mais nous ignorons dans quelle mesure cela est vrai. L'objectif de cet atelier était de définir un cadre de recherche et des méthodes de surveillance pouvant déterminer la quantité et la qualité de biomasse forestière devant être laissées sur le site, sans amoindrir la durabilité ou l'intégrité du système. Ce cadre de travail est conçu pour (1) déterminer les *connaissances actuelles*, (2) déterminer les *priorités scientifiques*, y compris la surveillance, et (3) proposer des *méthodes de recherche* afin de tenir compte de ces priorités.

Les objectifs de l'atelier ont été organisés autour d'un simple modèle de gestion adaptative. La gestion adaptative est un processus officiel visant à améliorer continuellement les pratiques de gestion en tirant des leçons des résultats de méthodes opérationnelles et expérimentales (Figure 1).

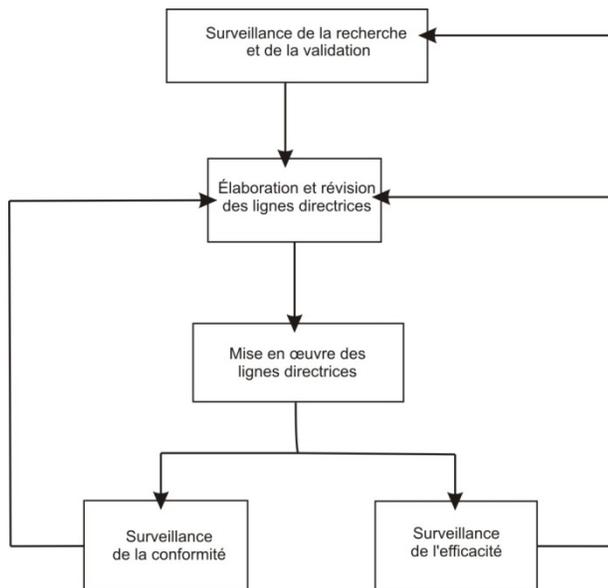


Figure 1. Simple schéma du cadre de gestion adaptative.

La gestion adaptative a été adoptée en Ontario et ailleurs en tant que paradigme dominant pour l'aménagement durable des forêts (MRNO, 2009). La Figure 1 présente un schéma très simple de la méthode de gestion adaptative. Selon cette méthode, la recherche joue un rôle dans deux domaines. Le premier domaine est l'utilisation de méthodes expérimentales pour déterminer des modèles et élucider les relations de cause à effet (à la Figure 1, il s'agit de la surveillance de la recherche et de la validation). Les résultats d'un tel travail procurent les renseignements requis pour développer et aussi réviser les lignes directrices relatives à l'aménagement des forêts (Puddister et coll., 2011). Ces méthodes de recherche donnent aussi la possibilité d'étudier les relations au-delà des pratiques actuelles, au moyen de la manipulation expérimentale des sites. Le deuxième domaine est l'utilisation d'expériences de mesurage pour effectuer une surveillance de l'efficacité, en surveillant les effets de la mise en œuvre actuelle des lignes directrices. Pour assurer la surveillance de l'efficacité, il faut se poser la question suivante : « Si les pratiques approuvées actuellement sont appliquées comme prévu, permettront-elles d'obtenir les résultats désirés? » Ces programmes de surveillance procurent les renseignements essentiels à la révision des lignes directrices existantes et suggèrent de nouveaux secteurs de recherche (c.-à-d., la détermination des principales incertitudes). Nous avons organisé cet atelier en fonction de cette division entre la recherche par manipulations et la surveillance de l'efficacité. La surveillance de l'efficacité permet d'évaluer nos pratiques actuelles, tandis que la recherche par manipulations devrait nous aider à évaluer les pratiques que nous pourrions adopter à l'avenir.

1.4 Objectifs du rapport sur l'atelier

L'objectif du présent rapport est de consigner les activités de l'atelier, de rendre disponible le contenu des discussions et de faire la synthèse de ces discussions sous forme de messages-clés et de thèmes communs. En fonction des résultats de l'atelier et de consultations supplémentaires, nous développerons une déclaration de principes afin de définir l'état des connaissances à ce sujet. Afin de mettre l'accent sur les messages-clés de l'atelier, nous avons ajouté certains détails de l'atelier dans les annexes, dont la liste des participants (Annexe 1), des renseignements biographiques sur les participants (Annexe 2), un plan de la

structure de l'atelier (Annexe 3), les résultats de notre développement de modèles conceptuels pour les séquences des effets (Annexe 4), des éléments de discussion sur les priorités de recherche (Annexe 5), des éléments de discussion sur les méthodes de surveillance de l'efficacité (Annexe 6), le programme de l'atelier (Annexe 7) et les documents préparatoires envoyés aux participants avant l'atelier (Annexe 8).

1.5 Le contexte scientifique

Notre définition de la biodiversité est « la variété de la vie et de ses processus, y compris les gènes, les espèces, les communautés, les écosystèmes et les processus écologiques et évolutionnaires qui leur permettent de fonctionner » (Noss et Cooperrider, 1994). Cette définition est large et confère une souplesse considérable quant aux types de réponses que nous pouvons souhaiter évaluer, dans le contexte de la recherche et de la surveillance.

Aux fins du présent atelier, nous définissons la bioénergie comme une énergie découlant de la récolte forestière et des résidus de cette récolte, mais sans inclure les récoltes d'origine forestière à courte rotation (p. ex., les peupliers hybrides et les saules). Cependant, au cours de l'atelier, nous avons mis l'accent sur des incidences supplémentaires précises (des effets) pouvant être associées à la récolte de biomasse en dehors de la récolte traditionnelle (une pratique standard pour l'écosystème en question). Nous avons défini la récolte de biomasse comme étant l'intensification du prélèvement de la biomasse en dehors de la récolte forestière traditionnelle, ajoutant qu'elle comprend possiblement (1) le prélèvement de résidus de récolte forestière, (2) le prélèvement d'arbres non marchands et (3) le raccourcissement des cycles de rotation. Le principal effet de la récolte de biomasse est le prélèvement de biomasse supplémentaire dans la forêt, et l'un des principaux domaines ayant été étudiés du point de vue de la biodiversité est l'incidence du changement dans l'approvisionnement actuel et futur en bois mort.

Le bois mort est un élément crucial pour la biodiversité des écosystèmes forestiers. Le bois mort désigne les débris ligneux grossiers, les petits débris ligneux et le bois mort sur pied. L'importance du bois mort est fortement prouvée par le lien qui existe entre les espèces menacées et en voie de disparition en Scandinavie et la perte de bois mort. Une grande partie des organismes forestiers dépend du bois mort ou du bois en déperissement (les espèces saproxyliques, 20-25 % en Finlande; Siitonen, 2001) et de nombreuses espèces menacées et en voie de disparition (selon l'Union internationale pour la conservation de la nature) sont saproxyliques. En Suède, plus de 60 % des invertébrés menacés des forêts utilisent des grumes ou des chicots (Berg et coll., 1994) et 44 % des espèces menacées, en Finlande, sont gravement affectées par la réduction de la quantité du bois mort (Rassi et coll., 1992, cité par Siitonen, 2001).

Des éléments probants suggèrent également que les niveaux de biomasse morte dans les forêts scandinaves sous aménagement sont très inférieurs à ceux des forêts scandinaves perturbées naturellement et des forêts aménagées de l'Ontario, bien que les plantations de l'Ontario puissent avoir des volumes relativement peu élevés de bois mort (Tableau 1). Ces affirmations sont fondées sur un vaste échantillonnage effectué à l'échelle provinciale par le réseau permanent de placettes-échantillons, dans le cadre du programme de croissance et de rendement Growth and Yield de l'Ontario (c.-à-d. que des débris ligneux grossiers ont été mesurés dans 2 046 stations boisées). Le Rapport sur l'état des forêts de l'Ontario suggère qu'une réduction de près de 50 % du volume de débris ligneux grossiers s'est produite dans des peuplements de pins gris aménagés (Rapport sur l'état des forêts de l'Ontario – Critères et

indicateurs, 2012). Toutefois, il peut être problématique d'effectuer des comparaisons directes entre les peuplements aménagés et naturels en raison de la grande variété d'âges des peuplements avant et après la perturbation, des types de peuplements et des méthodes utilisées pour mesurer la biomasse ou le volume de bois mort.

Bien que la quantité de bois mort soit certainement importante, on doit également tenir compte de sa qualité. Par exemple, des opérations forestières comme la coupe sélective dans la forêt boréale de l'est de la Finlande (Sippola et coll., 2001) ont produit plus de 40 % moins de volume de bois mort dans les forêts anciennes après récolte, par rapport aux forêts naturelles souffrant d'un décroissement particulier de grumes relativement intactes (catégories de décomposition 1 à 3). On a obtenu des résultats semblables en Suède, où la coupe sélective (22 à 26 tiges ha⁻¹), un siècle auparavant, a produit un nombre réduit de grumes en décomposition dans les peuplements non coupés (Josefsson et coll., 2010). En Colombie-Britannique, les sites récoltés de 1998 à 2004 avaient des volumes de bois grossier après récolte qui étaient comparables à ceux des peuplements non récoltés de référence, mais une densité nettement plus faible des gros morceaux de débris ligneux grossiers (c.-à-d., >10 m de long; BCMFR, 2008).

Il y a des effets connus au prélèvement de la biomasse sur la biodiversité pour de nombreux taxons différents, mais nous avons très peu de preuves quant au seuil d'effets, ou même quant aux niveaux au-delà desquels les effets sont non durables (Tableau 2). Parmi les exceptions, notons les documents de Work et Hibbert (2011), qui suggèrent qu'un niveau de 40 m³ · ha⁻¹ de bois mort soit requis pour conserver le complément complet de mouches saproxyliques. Work et coll. (2004) suggèrent un seuil de 43 m³ · ha⁻¹ pour conserver les assemblages de carabes, et Kappes et coll. (2009) recommandaient un seuil d'au moins 20 m³ · ha⁻¹ dans les forêts caducifoliées, en prenant en considération les gastropodes, les diplopedes, les isopodes, les chilopodes et les coléoptères. Vous trouverez ci-dessous un bref état des connaissances sur les effets de la récolte de biomasse sur la biodiversité :

Végétation

- Les forêts boréales européennes ont une longue liste d'espèces végétales rares et en voie de disparition, contrairement aux forêts de l'Amérique du Nord (Haeussler et coll., 2004).
- La couverture non vasculaire augmente à mesure que le bois mort augmente. Les espèces vasculaires semblent être moins dépendantes des débris ligneux grossiers, bien que les espèces vasculaires saproxyliques et les espèces qui dépendent des grumes-abris pour leur recrutement pourraient être affectées également par la perte de débris ligneux grossiers (Crites et Dale, 1998; Haeussler et Bergeron, 2004; Cole et coll., 2008).

Tableau 1. Estimations de la biomasse ($T \cdot ha^{-1}$) et du volume ($m^3 \cdot ha^{-1}$) des débris ligneux grossiers, pour des peuplements non aménagés et aménagés, en Amérique du Nord et en Scandinavie

Site	Type de peuplements (naturel/aménagé)	Âge du peuplement (ans)	Volume ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	Biomasse ($T \cdot ha^{-1}$)	Référence
Ontario	Jeunes peuplements après incendie	10 – 14	42 – 78	s.o.	Wang et coll., 2003
Michigan	Pins gris après incendie	1 – 75	s.o.	0,5 – 31	Rothstein et coll., 2004
Ontario	Origine de l'incendie, peuplement de pins gris	45 – 68	s.o.	1,2 – 2,8	Foster et coll., 1995
Nouveau-Brunswick	Forêt boréale mixte naturelle	55 – 105	s.o.	4 – 20	Fleming and Freedman, 1998
Saskatchewan	Pins gris après incendie	79	s.o.	6,4	Howard et coll., 2004
Fennoscandie du Sud	Forêts anciennes et matures	80 – 500	60 – 90	s.o.	Siitonen, 2001
Saskatchewan	Peuplements de pins gris récoltés	0 – 29	s.o.	4,0 – 14,2	Howard et coll., 2004
Nouveau-Brunswick	Plantations d'épinettes noires	3 – 21	s.o.	0,6 – 25	Fleming and Freedman, 1998
Ontario	Plantations de jeunes épinettes (exploitation par arbres entiers)	10 – 14	10,6	2,2	Hunt, 2010
Ontario	Plantations de jeunes pins (exploitation par arbres entiers)	10 – 14	19,4 – 34,9	3,6 – 9,2	Hunt, 2010
Ontario	Plantations d'épinettes d'âge moyen (exploitation par tiges entières)	31 – 40	0,3 – 5,9	0,1 – 1,6	Hunt, 2010
Ontario	Plantations de pins d'âge moyen (exploitation par tiges entières)	31 – 40	1,2 – 24,6	0,3 – 5,4	Hunt, 2010
Ontario	Plantations de pins plus âgés (exploitation par tiges entières)	47 – 53	6,7 – 33,3	1,9 – 11,5	Hunt, 2010
Ontario	Forêt boréale mixte (exploitation par arbres entiers)	96 – 101	94 – 225 (41 – 59 %), mais avec 9 et 17 % d'empilements en bordure de route	s.o.	Ralevic et coll., 2010
Ontario	Épinettes noires (exploitation par arbres entiers)	101	53 (25 %), mais avec 7 % d'empilements en bordure de route	s.o.	Ralevic et coll., 2010
Fennoscandie du Sud	Forêts aménagées	1 – 140	2 – 10	s.o.	Siitonen, 2001
Fennoscandie du Sud	Forêts aménagées >140 ans	>140	15,9	s.o.	Siitonen, 2001

Champignons

- Il est estimé que seulement 5 % des espèces sont connues (Hawksworth, 2006), ce qui limite l'utilité de ce groupe en tant qu'indicateur.
- Il est important de conserver des grumes et des rémanents d'âges, de tailles et de degrés de décomposition différents, pour préserver la diversité des champignons saprotrophes (Bunnell and Houde, 2010).
- Les petits débris ligneux provenant des rémanents constituent un habitat important pour le champignon de pourriture du bois (Allmér et coll., 2009).
- Le prélèvement des résidus d'exploitation des peuplements de conifères n'a eu aucun effet, après 25 ans, sur la richesse des champignons saprotrophes de la litière ou sur la fréquence de la présence d'espèces abondantes (Allmér et coll., 2009).

La majorité des espèces de champignons figurant sur la liste rouge en Suède utilisent les débris ligneux grossiers comme substrat primaire (Allmér et coll., 2009).

Invertébrés

- Dans les forêts boréales mixtes de l'Alberta, les peuplements ayant $< 43 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de bois mort différaient des peuplements ayant plus de bois mort, du point de vue des assemblages d'espèces de carabes (Work et coll., 2004).
- Bien que les débris ligneux grossiers soient probablement plus importants, certaines espèces sont tout spécialement associées aux petits débris ligneux (Jonsell, 2008).
- Une hétérogénéité élevée des microhabitats (rémanents laissés sur le site) était liée à un accroissement des microarthropodes et des macroarthropodes (p. ex., Janssen et coll., 2009).
- La présence de bois mort a accru la richesse des acariens avec une plus grande (et unique) richesse sur les grumes en décomposition (Déchéne et Buddle, 2010).
- Plus de $20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de bois mort sont nécessaires pour fournir une connectivité de l'habitat aux arthropodes qui vivent dans les litières, dans les forêts caducifoliées (Kappes et coll., 2009).
- Comparaison entre des résidus d'exploitation enlevés par rapport aux résidus doublés, quinze à dix-huit ans après la récolte. Les communautés de macroinvertébrés et de microinvertébrés présentes dans le sol et les réseaux trophiques ont été affectés par la récolte des arbres entiers, avec une réduction de l'abondance de l'ordre de 29 à 55 %, selon le taxon (Bengtsson et coll., 1997).
- Les réactions initiales, après le prélèvement des résidus, sont habituellement plus solides et plus répandues que les effets à long terme.
- Le prélèvement de petits débris ligneux dans les forêts appalachiennes a fait baisser la densité des araignées (Castro et Wise, 2009).

Vertébrés

- On estime que 26 % des vertébrés qui vivent dans les forêts de l'Ontario utilisent les cavités des arbres et que 36 % d'entre eux utilisent le bois mort (Naylor, 1994).
- De nombreuses études donnent des exemples de l'importance des débris ligneux grossiers pour les petits mammifères terricoles (p. ex., en tant que corridors pour les déplacements, en tant que partie de la chaîne trophique et pour conserver l'humidité du sol).
- Dans le cadre d'une méta-analyse, on est arrivé à la conclusion qu'il n'y a aucun effet constant sur les petits mammifères (Riffell et coll., 2011).

- Les oiseaux réagissent négativement à la perte de chicots (nidification) et de débris ligneux grossiers (alimentation) (Riffell et coll., 2011).
- Le prélèvement de débris ligneux grossiers et de chicots a eu un léger effet négatif sur les amphibiens, selon seulement deux études (Riffell et coll., 2011).

Orientation générale

- Le bois mort est une ressource clé pour le biote de la forêt.
- On a effectué beaucoup plus de recherches en Scandinavie qu'en Amérique du Nord.
- Les niveaux de conservation de la biomasse dans les forêts aménagées de la Scandinavie sont souvent beaucoup moins élevés qu'en Ontario.
- Les incidences sur les espèces sont beaucoup plus graves en Scandinavie, comme le démontrent les espèces qui figurent sur la liste rouge.
- Certaines espèces dépendent des petits débris ligneux, mais nous disposons de très peu de renseignements sur le lien entre la biodiversité et les petits débris ligneux.
- Les études à long terme sont rares.
- La plupart des études se font à l'échelle du peuplement.
- Il est rare que l'on détermine des seuils de réaction.
- Pour la plupart des taxons et des types de forêts, nous ne savons pas combien de débris ligneux il faut conserver pour maintenir la biodiversité.

2. LE POINT DE VUE DES INTERVENANTS

Pour que la gestion adaptative fonctionne de manière efficace, la participation de tous les intervenants est nécessaire. Il faut tenir compte des points de vue et des valeurs des intervenants lors de l'élaboration des objectifs et des méthodes de tout programme de recherche. La section suivante met l'accent sur les points de vue de différents intervenants exprimés au cours de l'atelier, quant à l'objectif et au contenu de la recherche sur les incidences de la récolte de biomasse pour la bioénergie sur la biodiversité.

2.1 Le point de vue des communautés forestières et des Premières nations

Un représentant du Northeast Superior Regional Chiefs' Forum (NSRCF) et deux représentants de la Communauté forestière du nord-est du lac Supérieur étaient présents à l'atelier (voir l'Annexe 1). Nous leur avons demandé de nous faire part de leurs préoccupations relatives à la récolte de la biomasse.

Les représentants de la communauté forestière ont souligné la nécessité pour les chercheurs d'exprimer plus clairement leurs objectifs de recherche et de créer de meilleurs liens entre les communautés scientifiques et forestières. La récolte de la biomasse représente une lueur d'espoir pour de nombreuses personnes ayant perdu leur emploi en raison de la réduction continue de la demande de produits ligneux traditionnels au Canada. Une meilleure communication entre les utilisateurs des forêts et les scientifiques favorisera la collaboration pour les initiatives scientifiques, et ainsi assurera la durabilité des pratiques forestières.

Le représentant des Premières nations considère que l'augmentation de la demande de biofibre est un phénomène inévitable. Les Premières nations ont souligné l'importance de s'attaquer aux questions de recherche au moyen d'une méthode plus holistique, en mettant également l'accent sur l'importance de la gestion adaptative et la nécessité de mobiliser tous les intervenants quant à des projets potentiels d'aménagement forestier, que ceux-ci soient axés sur la recherche, de nature économique ou simplement récréative. D'après eux, le « programme scientifique » accuse habituellement un retard sur le « programme politique ». Dans le cas de la récolte de biomasse, ils croient que la demande de biofibre du marché dicte l'intensité et la fréquence auxquelles les activités de récolte de biomasse seront effectuées. En réaction aux demandes du marché, les décideurs devront créer rapidement des lignes directrices et des mesures pour évaluer les pratiques de récolte de biomasse liées à la bioénergie, afin d'assurer une récolte durable. Par conséquent, les décideurs poussent les chercheurs à déterminer les seuils de conservation de biomasse requis pour assurer une durabilité.

Cependant, les Premières nations précisent qu'il faut du temps pour comprendre entièrement les effets d'une récolte intensive de biomasse sur la biodiversité et sur les processus écosystémiques. Dans ce cas, la capacité des scientifiques à fournir des résultats dans un bref délai est limitée. Les Premières nations ont également demandé aux chercheurs de déterminer s'il existe des seuils d'effets. Par exemple, les réactions peuvent varier considérablement d'une espèce à l'autre. Les réactions peuvent être linéaires plutôt que dotées d'un point d'inflexion, obligeant les décideurs à prendre la décision, là où un prélèvement accru signifie une biodiversité réduite. En fait, la détermination de la quantité de biomasses à laisser sur le site n'est pas juste une question scientifique, mais également communautaire et sociale. Les communautés doivent décider du niveau d'incidence qui est acceptable.

Nous avons également demandé aux communautés forestières et aux Premières nations de déterminer les questions importantes sur lesquelles la recherche devrait se pencher, afin d'évaluer de manière efficace et efficiente les incidences d'une récolte intensive de biomasse. Ils ont proposé les idées suivantes :

- Respecter la valeur intrinsèque de l'écosystème;
- Adopter une approche écologique préventive;
- Assurer des calendriers de réalisation adéquats à long terme;
- S'assurer que les résultats mesurables sont correctement quantifiés;
- Inclure une solide méthode scientifique et sociale axée sur la communauté et dotée d'un programme convergent;
- Quantifier les niveaux de biomasse avec plus de précision;
- Reconnaître que la biodiversité est aussi importante que la régénération des arbres;
- Terminer un examen des pratiques exemplaires pour s'assurer de ne pas réinventer la roue – RNCAN et le MRNO disposent déjà de stratégies détaillées sur la biodiversité et des cadres de planification de l'aménagement forestier centrés sur la durabilité.

Les représentants des communautés forestières et des Premières nations estiment que la gestion adaptative constitue un bon moyen de régler ces problèmes. Ils suggèrent d'adopter entièrement une méthode de gestion adaptative pour apprendre tout en agissant, plutôt que de penser que nous pouvons apprendre et ensuite agir.

2.2 Le point de vue de l'industrie

Des représentants de Tembec, des Produits forestiers Résolu et d'Ontario Power Generation étaient présents à l'atelier (voir l'Annexe 1). Les représentants de l'industrie ont affirmé être des adeptes convaincus du système de certification Forest Stewardship Council (FSC). Par conséquent, ils s'engagent à s'assurer que les exigences écologiques de leurs opérations soient satisfaites. Lorsqu'elles le seront, ils continueront d'étudier les possibilités d'utiliser du matériel de biomasse, en plus des autres produits forestiers qu'ils récoltent traditionnellement. Ils devraient ainsi contribuer à l'économie globale et optimiser les opérations. Le système de certification est également vu comme une occasion de renouvellement amélioré de la sylviculture ou, dans certains cas, de restauration des peuplements.

Nous avons demandé aux représentants de l'industrie de déterminer l'état actuel de la récolte quant à la bioénergie et de prédire l'avenir de la récolte de biomasse, alors que la biomasse deviendra de plus en plus recherchée.

L'industrie ne prévoit pas d'augmentation importante de la demande de biomasse dans un avenir prévisible, en raison du manque de marchés viables. La demande pour les résidus forestiers et la bioénergie augmente très lentement au Canada. L'industrie ne prévoit pas le même niveau d'intensification que celui de la Fennoscandie, parce que la demande du marché n'est pas suffisamment élevée pour générer un tel niveau d'intensification dans un avenir prévisible. L'industrie croit que le passage à des opérations de récolte de biomasse plus intensives ne se produira probablement pas dans un proche avenir. L'industrie forestière prévoit plutôt des changements mineurs aux opérations, avec une demande accrue de biomasse forestière, provoquant une réduction des cimes et des branches laissées sur l'aire de coupe, une augmentation des matériaux de trop petite taille apportés au bord du chemin afin d'être traités, et une augmentation des récoltes d'espèces autrefois considérés comme indésirables.

L'industrie a déterminé les effets de l'intensification de la récolte de biomasse sur les caractéristiques des sites ou sur les facteurs abiotiques :

Dans la forêt boréale :

- Possibilité de prélèvement partiel de fibres non marchandes et non commercialisables;
- Les éléments nutritifs laissés sur place à la suite du brûlage pour éliminer les rémanents d'exploitation forestière au bord des routes seront remplacés par de plus petits volumes de matériaux non brûlés;
- La récolte de biomasse s'harmonisera étroitement avec l'incidence des pratiques de récolte par arbres entiers;
- L'intensification facilitera la réalisation des objectifs en matière d'aménagement forestier (c.-à-d., la conversion des peuplements);
- Il y aura des possibilités de pratiquer une gestion intensive de la biomasse selon une approche triade.

Dans la forêt des Grands Lacs et du Saint-Laurent :

- Moins de cimes et de branches laissées sur l'aire de coupe (toutes les sortes de récolte : coupe à blanc, coupe de jardinage et coupe progressive), ce qui peut aboutir en une réduction de l'habitat et des éléments nutritifs disponibles;
- Prélèvement partiel des espèces non marchandes et non commercialisables.

Nous avons également demandé aux représentants de l'industrie de déterminer les questions importantes sur lesquelles la recherche devrait être axée, afin d'évaluer correctement et de manière efficace l'incidence d'une récolte intensive de biomasse.

Un point important pour les membres de l'industrie est la détermination du seuil économique relatif aux activités de récolte de biomasse (c.-à-d., quelle quantité de biomasse devons-nous prélever pour la rendre économiquement viable?). À l'inverse, ils aimeraient que la recherche leur donne un seuil écologique en déterminant le niveau maximal de récolte de fibres qui serait réalisable sans affecter la biodiversité et l'intégrité de l'écosystème.

Les priorités de recherche déterminées par l'industrie sont résumées ci-dessous :

- L'incidence possible d'un plus grand prélèvement d'espèces non marchandes (p. ex., le cèdre, la pruche et le mélèze laricin) sur les populations animales, ces arbres servant d'habitat à de nombreux mammifères;
- Détermination des niveaux de seuil de conservation pour assurer la productivité du site, la biodiversité et la conservation des services écosystémiques connexes;
- La pertinence de l'expérience scandinave pour le Canada. Détermination des sites où un prélèvement extrêmement intense pourrait s'appliquer;
- L'applicabilité de l'exploitation par arbres entiers à différents types de peuplements;
- Les incidences sur le renouvellement sylvicole et la composition des espèces;
- Les effets à court et à long terme sur les valeurs écologiques, dont la biodiversité, la productivité du sol et la conservation de l'eau.

2.3 Du point de vue des politiques sur les forêts

Des représentants des politiques sur les forêts du Service canadien des forêts, du MRNFO et du British Columbia Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations étaient présents à l'atelier. Nous leur avons demandé d'identifier les lacunes quant aux connaissances et les priorités de recherche devant être abordées pour contribuer à la politique sur la récolte de biomasse.

Les représentants des politiques sur les forêts comprennent l'importance de conserver de la biomasse sur place, afin de contribuer à la santé actuelle et à long terme des forêts. Ce groupe reconnaît le rôle que joue la biomasse dans la conservation des cycles d'éléments nutritifs et des autres processus écologiques, en aidant à soutenir les populations de microorganismes et la diversité de la flore et de la faune, ainsi que son rôle dans le soutien de la productivité des peuplements forestiers actuels et futurs.

Bien que l'élaboration de toute politique sur l'utilisation de la biomasse doive s'insérer dans le plus vaste cadre législatif et stratégique de la province, une telle politique, qui aurait une incidence directe au niveau

du peuplement ou des opérations, devrait également être assez pratique pour pouvoir être mise en œuvre et évaluée d'une manière efficace et efficiente.

Dans la plupart des territoires de compétence, les politiques sont examinées et révisées régulièrement, alors la contribution scientifique à l'orientation politique devrait être fondée sur les connaissances actuelles. Là où des expériences, une surveillance ou des essais continus ne peuvent offrir de recommandations ni de résultats clairs, la politique est habituellement élaborée en utilisant une méthode préventive, et les futurs progrès de la communauté scientifique sont intégrés pendant les révisions subséquentes des politiques.

En soi, le groupe des politiques sur les forêts, à l'atelier, s'est adressé à la communauté scientifique lors de l'atelier pour obtenir une orientation quant à la quantité de biomasse qu'il faut conserver après les activités forestières visant à soutenir la santé des forêts. Si une telle information n'est pas immédiatement disponible, le personnel des politiques sur les forêts pourrait alors s'adresser à la communauté scientifique pour obtenir une estimation du moment où cette information deviendra disponible, afin de pouvoir mettre en place une planification des politiques au moyen des méthodes préventives appropriées.

Les orientations-clés devraient comprendre :

- La quantité et la qualité de biomasse devant être laissées dans la forêt, y compris, si possible, la gamme de tailles des morceaux, les espèces souhaitées et le niveau de décomposition du bois qu'il faudrait conserver;
- La quantité de biomasse devant être conservée devrait différer selon la sorte de forêt (p. ex., pins par rapport aux peuplements feuillus par rapport aux peuplements mixtes), l'âge du peuplement, le type de sites, etc.;
- En décrivant la quantité devant être conservée, quelle partie devrait être composée de débris ligneux grossiers, de petits débris ligneux et de souches?
- Y a-t-il des sites vulnérables où il faudrait envisager de ne prélever aucune biomasse?
- Un modèle économique qui décrit le coût du prélèvement ou de la conservation de la biomasse sur le site.

2.4 Messages-clés et thèmes communs selon les points de vue des intervenants

Communication

Il faut améliorer la communication entre les intervenants. Tous les intervenants doivent s'efforcer de créer et de maintenir des liens entre les groupes. En particulier, les chercheurs doivent s'efforcer de mieux articuler et de communiquer leurs objectifs aux communautés forestières et de les inclure dans la prestation de leurs programmes de recherche et de surveillance. Il est essentiel d'avoir des définitions communes pour que les groupes d'intervenants parviennent à bien communiquer.

Seuils

Pour déterminer les seuils de conservation de biomasse, il ne faut pas tenir compte uniquement de critères scientifiques, mais également de seuils socialement acceptables. En outre, les seuils économiques en vue d'optimiser la viabilité (prélever le plus de biomasses possible) doivent être équilibrés avec la minimisation des incidences (la quantité à conserver). Les décideurs ont besoin de savoir comment les

seuils applicables et développés sur un site peuvent être appliqués à différents types de sites pouvant différer quant à leur vulnérabilité.

Orientation

L'orientation de la recherche sur la récolte de biomasse doit être holistique et comprendre les incidences sur la productivité future, la biodiversité, les autres services écosystémiques et la société.

Délais d'exécution

Les activités scientifiques pourraient prendre plus de temps que souhaité pour l'élaboration d'une politique sur la conservation de la biomasse. Ce besoin d'une telle politique confère une urgence à ces activités, mais elles sont quelque peu limitées par les ressources disponibles. Par exemple, bien que certaines incidences à court terme puissent être observées au cours de deux à trois ans de récolte de biomasse (p. ex., les essais de récolte de biomasse d'Island Lake), les incidences à plus long terme pourraient ne pas être observées avant la fermeture du couvert forestier et encore plus tard (> 15 ans; p. ex., les essais de productivité du sol à long terme).

3. PRIORITÉS RELATIVES À LA RECHERCHE

Dans le cadre d'un processus de gestion adaptative, les projets de recherche par manipulations sont importants pour déterminer les incidences possibles d'une perturbation donnée sur la biodiversité. Les résultats de telles expériences procurent les renseignements cruciaux qui sont requis pour l'élaboration et les révisions subséquentes de lignes directrices relatives à la récolte de biomasse pour la bioénergie.

Dans un monde idéal, les expériences permettraient de préciser les incidences de la récolte de biomasse sur la biodiversité quant à tous les éléments de cette dernière, dans tous les types d'écosystèmes et à différentes échelles temporelles et spatiales. Cependant, en raison des ressources limitées, il est nécessaire d'établir la priorité des éléments à mesurer pour s'assurer que nous mesurons des éléments qui nous aideront à répondre efficacement à nos questions de recherche, dans le cadre d'un budget et d'un calendrier établis. (La discussion relative à la présente section se trouve à l'Annexe 5.)

3.1 Messages-clés et thèmes communs quant aux priorités de recherche

3.1.1 Le profil du bois mort

Certains participants ont souligné l'importance d'analyser le bois mort du point de vue d'un profil dans le temps. Le bois mort est une ressource dynamique (c.-à-d. qu'il y a une succession temporelle dans la disponibilité et la décomposition du bois mort). On s'attend à ce que la disponibilité des débris ligneux grossiers change au fil du temps dans les peuplements récoltés qui se rapportent aux perturbations naturelles, selon l'écosystème. Dans la région boréale, à la suite de la coupe à blanc, on laisse moins de matériel résiduel qu'à la suite d'une perturbation naturelle (Brassard et Chen, 2006). Dans les jeunes forêts, le volume de débris ligneux grossiers, l'abondance de chicots et le volume de grosses grumes sont beaucoup plus élevés dans les peuplements perturbés naturellement que dans les peuplements coupés à blanc (Brassard et Chen 2006). À court terme, on s'attend à ce que les peuplements perturbés par des feux

de forêt aient une poussée de débris ligneux grossiers à mesure que les tiges détruites par le feu tombent. On s'attend à ce que le recrutement de nouveaux débris ligneux grossiers soit retardé, tant dans les peuplements perturbés naturellement que dans les peuplements coupés à blanc, après la poussée initiale à mesure que les jeunes peuplements de remplacement se développent. À long terme, on s'attend à ce que les volumes de débris ligneux grossiers convergent à mesure que les arbres-pionniers meurent par éclaircie naturelle, puis tombent. L'étape du développement du peuplement lors d'une perturbation est extrêmement importante, parce que si les peuplements sont perturbés de nouveau avant la convergence, il y aura alors perte cumulative de débris ligneux grossiers sur de multiples générations.

Le modèle d'étude devrait permettre de comparer le volume laissé sur le site et d'examiner la distribution de différentes qualités de bois mort (c.-à-d., taille, espèce et catégorie de décomposition) dans l'ensemble du paysage, le type de peuplements et le stade de succession. Tous s'entendaient pour affirmer que l'intensification de la récolte de biomasse susciterait probablement un passage à un bois mort de plus faible qualité. Il faudrait comparer le profil du bois mort à celui des forêts qui a été récolté ainsi qu'à celui qui provient d'une perturbation naturelle.

3.1.2 Intensité du traitement

Tous les participants se sont entendus sur la nécessité d'effectuer des expériences par manipulations qui comprendraient un vaste gradient de traitements de prélèvement de biomasse. On a souligné que le modèle d'étude et le gradient de prélèvement de biomasse qui en est résulté ne devraient pas être limités à ce qui se fait actuellement dans la pratique (p. ex., la comparaison classique des seules tiges par rapport aux arbres entiers); on devrait plutôt pousser le système assez loin, quant au prélèvement de biomasse, afin d'obtenir un signe. L'intensité de traitement suivante a été suggérée (volumes de débris ligneux grossiers de surface conservés sur le site) : 0, 10, 40, 80 m³ · ha⁻¹.

Les représentants de l'industrie et les chercheurs se sont intéressés à cette approche, mais pour différentes raisons. Les chercheurs voulaient un modèle de recherche contenant des traitements d'extraction de biomasse avec un gradient assez vaste pour élucider la forme de l'ensemble de la courbe de réaction. Ainsi, on obtiendrait des renseignements sur l'existence d'un seuil ou sur l'incidence relative d'une variété d'options sylvicoles. De plus, les chercheurs se sont intéressés à l'incidence de multiples rotations de récolte de biomasse. Dans une certaine mesure, l'inclusion d'un traitement de prélèvement extrême pourrait être considérée comme un substitut pour des prélèvements moins extrêmes répétés au cours de multiples rotations. Les participants de l'industrie ont manifesté peu d'intérêt pour le développement d'un modèle d'étude comparant la seule tige à l'arbre entier, car cette comparaison est déjà étudiée et l'utilisation de rémanents d'exploitation forestière au bord des routes est déjà une pratique approuvée. Du point de vue de la rentabilité, l'industrie souhaite savoir s'il est possible d'utiliser davantage certains peuplements sans compromettre la biodiversité et, dans l'affirmative, quels peuplements et quelles circonstances. Quelques participants ont également souligné le fait que cela peut prendre des décennies avant que les résultats des expériences soient disponibles. Par conséquent, l'expérience devrait être conçue de manière à permettre des mesures à plus long terme et de répondre aux questions qui pourraient être importantes plus tard (p. ex., dans le cas d'une augmentation encore plus grande de la demande de biomasse, alors que le pétrole serait rare ou plus coûteux).

On s'est demandé s'il faudrait mesurer l'intensité du prélèvement de biomasse en fonction de ce qui est prélevé ou de ce qui est laissé sur le site. Bien que le principal intérêt de l'industrie soit de savoir la quantité de biomasse que l'on peut prélever sans affecter la biodiversité, la question de la biodiversité et des processus écosystémiques consistera probablement davantage à savoir combien de biomasses sont conservées, parce que celles qui sont conservées constituent les ressources de la biodiversité. Il faudrait alors ajuster les taux de prélèvement en fonction de la quantité de biomasse sur le site avant la récolte. Du point de vue de la gestion et de la politique, les cibles de conservation sont bien plus faciles à atteindre.

3.1.3 Courbes de réaction des espèces

On pourrait associer plusieurs courbes de réaction possibles de différentes espèces au prélèvement de biomasse. La détermination de la nature de la courbe de réaction contribuera au processus décisionnel. Les espèces pourraient résister au changement dans le cas d'un vaste éventail de prélèvements de biomasse, ou y être extrêmement sensibles. S'il existe un seuil, les espèces pourraient être résistantes jusqu'à un certain point (le seuil), puis subir un changement écologique brusque (Berch et coll., 2011). Bien que l'existence de seuils facilite quelque peu les décisions relatives à la gestion, le soutien empirique des seuils est limité. Un autre facteur ajoute à la complexité du problème : différentes espèces auront probablement des courbes de réaction différentes, y compris des seuils différents, le cas échéant. Par conséquent, même si la science peut brosser un tableau adéquat de la réaction de la biodiversité au prélèvement de biomasse, on aura toujours besoin d'une évaluation sociale du niveau d'incidence avec lequel nous souhaitons vivre.

3.1.4 Conditions de référence et conditions souhaitées à l'avenir

Pendant l'atelier, une importante discussion fut centrée sur la question de savoir si le régime de perturbation naturel constitue la condition de référence appropriée, ou si cette condition correspondrait plutôt aux forêts aménagées suivant les pratiques actuelles. Les aménagistes forestiers de l'Ontario ont mentionné qu'ils sont mandatés en vertu de la *Loi de 1994 sur la durabilité des forêts de la Couronne* pour reproduire le régime de perturbation naturelle et les caractéristiques naturelles du paysage dans les limites des exigences sylvicoles. Cependant, on suppose que les pratiques actuelles sont viables. Cette déclaration sur la durabilité n'est pas fondée sur la science relative au prélèvement de biomasse, mais sur d'autres caractéristiques des forêts, comme les caractéristiques naturelles du paysage. Il faudrait évaluer la durabilité quant à la quantité de biomasse prélevée dans la forêt par rapport à la perturbation naturelle.

La vitalité et la vigueur à long terme des forêts de la Couronne devraient être prévues au moyen de pratiques forestières qui, dans les limites des exigences sylvicoles, imitent les perturbations naturelles et les caractéristiques naturelles du paysage [filtre brut], tout en réduisant au minimum tous les effets néfastes sur les végétaux, les animaux, l'eau, le sol, l'air, ainsi que les valeurs sociales et économiques, y compris les valeurs récréatives et patrimoniales [filtres fins] (Loi de 1994 sur la Durabilité des forêts de la Couronne, al. 2(3)2).

L'utilisation de la perturbation naturelle en tant que « mesure de contrôle » soulève des défis. Premièrement, la perturbation naturelle est très variable, alors il est nécessaire de comprendre la gamme

totale de variabilité associée à la perturbation naturelle, souvent appelée « les limites de la variabilité naturelle ». De même, les régimes de perturbation naturelle en soi sont altérés par les changements climatiques (p. ex., l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux, le vent, les événements extrêmes et les espèces exotiques ou envahissantes). Ces changements pourraient produire des effets cumulatifs inconnus et, de ce fait, l'utilisation d'un point de vue historique quant au régime de perturbation naturelle en tant que point de référence pourrait s'avérer problématique.

3.1.5 Échelle

Tous les groupes ont mentionné le problème des échelles spatiales et temporelles.

3.1.5.1 Échelle temporelle : Comme il est mentionné précédemment, la disponibilité du bois mort change au cours du développement et de la succession d'un peuplement, et elle est particulièrement divergente entre les peuplements, immédiatement après la récolte et après un feu. De plus, des morceaux individuels de bois mort subissent une succession de décompositions au cours desquelles ils procurent des ressources appropriées en vue d'une progression d'organismes (voir la discussion du groupe C, à l'Annexe 5). Le niveau de prédiction du bois mort à travers le temps sera crucial, pour évaluer les incidences à long terme sur la biodiversité.

3.1.5.2 Échelle spatiale : L'échelle spatiale a également soulevé un problème crucial, parce que la capacité d'examen dépend de la disponibilité du financement et aura une forte incidence sur la capacité de généraliser les constatations à d'autres régions. Les groupes ayant des contraintes budgétaires ont suggéré un modèle d'étude au niveau du peuplement au moyen d'un stade sensible clé de l'écosystème ou du développement (voir le groupe A, Annexe 5). Les groupes ayant plus de ressources (groupe D, Annexe 5) ont suggéré un modèle stratifié parmi les paysages et les chronoséquences, notamment pour tenir compte de la variabilité dans les processus écosystémiques (p. ex., dispersion, feu, hydrologie, associations d'espèces) à ces échelles.

3.1.5.3 Taille des placettes : On a estimé que des tailles de placettes allant de 70 m x 70 m (0,5 ha) à 100 m x 100 m (1,0 ha) étaient raisonnables, pour étudier les principaux taxons liés au profil du bois mort (p. ex., insectes et champignons). Ces tailles de placette étaient considérées comme un bon compromis par rapport à la détermination de la variabilité naturelle, car elles sont assez grandes pour étudier les principaux taxons tout en conservant la faisabilité opérationnelle et financière. L'échelle des placettes dicte certainement les taxons qui conviennent à l'étude. Par exemple, il ne serait pas possible d'étudier des oiseaux ou des mammifères au moyen de placettes de traitement de 0,5 ha; des blocs de traitement de 10 ha seraient plus appropriés. Le groupe D a recommandé un modèle niché qui intégrerait des échelles spatiales nichées, pour traiter un plus vaste éventail de taxons.

3.1.6 Variables des réactions

Un ensemble de mesures intensives et étendues a été suggéré :

3.1.6.1 : Des mesures intensives devraient être prises quant à des taxons sélectionnés. Le choix des taxons à étudier devrait être fondé sur des études rétrospectives effectuées dans des écosystèmes forestiers similaires ayant un plus long passé de prélèvements intensifs de biomasse. On devrait mettre l'accent sur :

- Les taxons ou les groupes sensibles aux changements dans le bois mort (p. ex., les espèces saproxyliques, qui utilisent le bois mort comme habitat ou ressource);
- Les taxons qui possèdent le plus de liens avec d'autres taxons et les processus écosystémiques;
- Les espèces qui ont un lien solide avec la productivité du peuplement (p. ex., celles qui suscitent un cycle de substances nutritives);
- Les espèces ayant une valeur culturelle ou sociale.

3.1.6.2 : La mesure étendue serait axée sur le profil du bois mort (quantité et qualité) en tant que mesure de remplacement de l'habitat et de la disponibilité des ressources pour les principales espèces vulnérables. Ces mesures empiriques pourraient alors être accompagnées de modélisation, pour prédire la disponibilité des ressources de bois mort au fil du temps et suivant divers scénarios d'aménagement.

4. SURVEILLANCE DE L'EFFICACITÉ

La surveillance de l'efficacité est la phase d'évaluation d'une méthode de gestion adaptative pour la gestion des ressources (Rempel et coll., 2004). Elle repose sur la surveillance des résultats des pratiques de gestion, pour voir si elles permettent d'atteindre les objectifs de gestion. Une surveillance de l'efficacité doit s'appuyer sur des hypothèses, l'hypothèse étant le lien proposé entre les mesures de la gestion et les résultats souhaités. Par exemple, dans le contexte de la récolte de biomasse, une mesure de gestion proposée pourrait nécessiter de laisser $X \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de biomasse sur le site, afin de conserver l'intégrité écologique. L'évaluation comprendrait une surveillance de la conformité pour confirmer que la quantité requise a été laissée sur le site, et une surveillance de l'efficacité pour confirmer que les communautés d'invertébrés n'ont pas changé, sous réserve des limites établies. Il s'agirait de l'une des nombreuses hypothèses possibles pouvant être générées à partir de cette unique application de gestion. La discussion sur les méthodes de surveillance de l'efficacité se trouve à l'Annexe 6.

4.1 Messages-clés et thèmes communs quant à la surveillance de l'efficacité

4.1.1 Méthodes étendues et intensives

Les trois groupes participants ont préconisé la mesure détaillée du profil du bois mort (quantité, qualité, catégorie de décomposition, taille et distribution), et suggéré l'utilisation de mesures du bois mort sur de grandes étendues (à l'échelle du paysage) en tant que mesures de remplacement pour la biodiversité. Un groupe est allé plus loin en suggérant de modéliser la dynamique du bois mort, de manière à prédire les futurs niveaux de bois mort et de biodiversité. En lien avec cette méthode étendue, les trois groupes ont argumenté sur une composante à plus petite échelle, intensive, qui aiderait à établir les liens entre les caractéristiques et la dynamique du bois mort ainsi que la biodiversité connexe. Une composante intensive permanente validerait l'hypothèse que les niveaux de bois mort sont adéquats pour soutenir la biodiversité.

4.1.2 Espèces indicatrices

Les trois groupes ont démontré le bien-fondé de l'utilisation d'espèces indicatrices ayant été directement affectées par le prélèvement de biomasse. Dans certains cas, on a suggéré que l'exemple scandinave pourrait donner une idée sur le choix des espèces indicatrices appropriées, c.-à-d., les espèces qui sont connues comme étant sensibles au prélèvement de biomasse. Dans d'autres cas, on a simplement discuté du fait que la vulnérabilité au prélèvement de biomasse doit être l'un des critères quant au filtre de sélection des indicateurs. D'autres critères pour la sélection d'indicateurs ont été précisés dans la documentation (p. ex., Heink et Kowarik, 2010).

4.1.3 Stratification

La nécessité de stratifier l'échantillonnage sur une variété de variables a été notée par tous les groupes. Les variables suggérées comprenaient le type de couverts (bois de feuillus, conifères et forêt mixte), l'âge (premier stade, stade médian et dernier stade de succession écologique), les sortes de perturbations naturelles (feu, infestation d'insectes et création d'ouvertures) et le temps écoulé depuis la perturbation. Ces variables auront des incidences sur la quantité de biomasse à un site donné, au moment de la récolte, ainsi que sur le lien entre la biomasse et la biodiversité.

4.1.4 Profil du bois mort

Finalement, la majeure partie de la discussion prouve que la compréhension de la dynamique des débris ligneux est essentielle en vue d'atteindre l'objectif. Les caractéristiques des débris ligneux changent au fil du temps et, par conséquent, les incidences du prélèvement de biomasse changeront au fil du temps. La compréhension de la façon dont la disponibilité des débris ligneux différera entre les peuplements perturbés naturellement et les peuplements de forêts aménagées, au fil du temps, est la clé pour prédire les incidences du prélèvement de biomasse sur la biodiversité, maintenant et à l'avenir. La modélisation est probablement la meilleure façon de générer des prédictions sûres, quant à la disponibilité des débris ligneux, et par conséquent, quant à la biodiversité à l'avenir.

5. CONCLUSIONS

Le présent atelier a mis en lumière la nécessité et l'importance de la communication et de la participation des intervenants. Cette communication est essentielle pour comprendre les différentes valeurs forestières, en envisageant la récolte de biomasse. En outre, la compréhension des incidences de la récolte de biomasse sur la biodiversité nécessite une approche scientifique holistique et socioéconomique. La détermination de seuils pour le prélèvement de biomasse dépendra non seulement des renseignements d'ordre scientifique, mais également des compromis d'ordre social et économique.

La biodiversité et les chaînes alimentaires trophiques qu'elle crée constituent un système complexe. Malgré cette complexité, il est également nécessaire de simplifier notre connaissance du système sans compromettre les interconnexions, les effets en cascade et les rétroactions parmi les niveaux trophiques. L'un des principaux groupes a déterminé que les espèces saproxyliques (c.-à-d., les champignons, bactéries, insectes, oiseaux et mammifères) sont des indicateurs de premier ordre qui dépendent du bois mort, bien que d'autres niveaux trophiques puissent contenir d'autres pièces du casse-tête de la biodiversité. Ce manque d'information sur les interactions trophiques constitue une lacune de

connaissances cruciales dans la compréhension des incidences immédiates et à long terme de la récolte de biomasse.

Les études qui traitent des incidences de la récolte de biomasse sur la biodiversité devront d'abord être axées sur une échelle propre au site et au niveau du peuplement, et intégrer des traitements qui comprennent les prélèvements allant au-delà de la récolte des seules tiges et des arbres en entier, et même au-delà des demandes actuelles de biomasse, afin de tenir compte des demandes futures. Après avoir résolu la question des connexions, des interactions et des incidences à une échelle plus réduite et sur des sites vulnérables, les expériences pourront comprendre un plus vaste éventail de types de sites, à des échelles spatiales plus grandes.

L'expérience scandinave et les décennies de recherche sur la récolte des seules tiges et des arbres entiers nous ont apporté des connaissances utiles qui peuvent nous servir de point de départ pour comprendre les incidences de la récolte de biomasse sur les forêts canadiennes. Plusieurs méta-analyses sont en cours et nous procureront un fondement solide pour déterminer les lacunes au niveau des connaissances et de la conception d'expériences nouvelles et novatrices, et contribuer à l'élaboration de stratégies en vue de la surveillance de l'efficacité.

5.1 Les prochaines étapes

En fonction des résultats des discussions lors de l'atelier, nous suggérons que les étapes suivantes constituent les prochaines étapes importantes pour développer des recherches en vue de déterminer la quantité et la qualité de biomasses forestières qu'il faut laisser sur le site afin de conserver la durabilité et l'intégrité des écosystèmes forestiers :

1. Puisque les pratiques actuelles de récolte de biomasse ne sont pas très différentes les unes des autres, en matière de prélèvements de biomasses provenant de récoltes traditionnelles, la surveillance de l'efficacité ne montrera probablement pas une réaction de la biodiversité propre à la récolte de biomasse. Pour cette raison, on devrait mettre l'accent sur les recherches par manipulations où la variation des traitements peut être plus grande et, par conséquent, nous éclairer davantage.
2. Il faudrait mettre l'accent sur la mesure et la modélisation de la dynamique du bois mort, afin de comprendre comment la récolte de biomasse affecte les écosystèmes, par rapport à une perturbation naturelle et aux pratiques standards de récolte, avec le temps et l'espace.
3. Il faudrait utiliser les modèles conceptuels et la documentation actuelle pour développer et appliquer un filtre d'indicateur de biodiversité, en vue de sélectionner et d'établir les priorités quant aux indicateurs possibles.
4. Il faudrait effectuer des expériences au niveau du peuplement avec un vaste éventail de traitements et de taxons étudiés pour élaborer des courbes de réaction des espèces au prélèvement de biomasse et pour étudier le potentiel du développement d'indicateurs multitrophiques qui saisissent les incidences sur les processus écosystémiques (p. ex., le projet de récolte de biomasse d'Island Lake). Communiquez avec l'auteur principal, pour de plus amples renseignements à ce sujet.

5. Il faudrait étudier les paysages actuels par le biais de la SIG pour évaluer leur potentiel à être examinés quant aux incidences à long terme du prélèvement de biomasse sur la biodiversité au moyen de la chronoséquence.
6. On devrait concevoir et établir le coût de grandes études à l'échelle spatiale et temporelle, afin d'encourager et de déterminer les possibilités de financement. Si possible, les modèles d'étude devraient être modulaires, afin que les éléments puissent être utilisés à mesure que le financement devient disponible.
7. Il faudrait consulter tous les intervenants à chacune des étapes susmentionnées.

5.2 L'objectif de l'atelier a-t-il été atteint?

L'objectif de cet atelier était de définir un cadre de recherche et des méthodes de surveillance pouvant déterminer la quantité et la qualité de biomasse forestière devant être laissée sur le site sans amoindrir la durabilité ou l'intégrité du système. Les messages clés et thèmes communs indiqués tout au long du rapport procurent des éléments du cadre de travail souhaité, bien qu'un cadre complet n'ait pas été défini. L'élaboration de chacune des prochaines étapes au moyen des messages-clés et des thèmes communs en tant que guides mènerait à un cadre de recherche plus complet. Le cadre de travail comprendrait les méthodes suggérées pour modéliser la dynamique du bois mort, déterminer les espèces indicatrices et concevoir les expériences au niveau du peuplement afin d'élaborer les courbes de réaction des espèces, en concevant et en établissant les coûts des études de chronoséquence au niveau du paysage, et en concevant des études nichées à grande échelle et à long terme. Toutes ces composantes orienteraient les futures recherches quant à la détermination de la quantité et de la qualité de biomasse forestière devant être gardée sur le site, pour conserver l'intégrité du système.

6. DOCUMENTS CITÉS

- Addison, J.A.; Barber, K.N. 1997. Response of soil invertebrates to clearcutting and partial cutting in a boreal mixedwood forest in northern Ontario. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario). Rapport d'information GLC-X-1.
- Allmér J.; Stenlid, J.; Dahlberg, A. 2009. Logging-residue extraction does not reduce the diversity of litter-layer saprotrophic fungi in three Swedish coniferous stands after 25 years. Canadian Journal of Forest Research 39:1737-1748.
- Amaranthus, M.P.; Trappe, J.M.; Molina, R.J. 1989. Long-term forest productivity and the living soil. Pages 36-52 dans D.A. Perry, R. Meurisse, B. Thomas, R. Miller, J. Boyle, J. Means, D.R. Perry et R.F. Powers (éditeurs), Maintaining the Long-Term Productivity of Pacific Northwest Forest Ecosystems. Timber Press, Portland, OR.
- Bengtsson, J.; Persson, T.; Lundkvist, H. 1997. Long-term effects of logging residue addition and removal on macroarthropods and enchytraeids. Journal of Applied Ecology 34:1014-1022.
- Berch, S.; Morris, D.; Malcolm, J. 2011. Intensive forest biomass harvesting and biodiversity in Canada: A summary of relevant issues. The Forestry Chronicle 87:478-487.

- Berg, A.; Ehnström, B.; Gustafsson, L.; Hallingbäck, T.; Jonsell, M.; Weslien, J. 1994. Threatened plant, animal, and fungus species in Swedish forests: distribution and habitat associations. *Conservation Biology* 8:718-731.
- Boddy, L.; Frankland, J.C.; van West, P. 2008. *Ecology of saprotrophic basidiomycetes*. Academic Press, Amsterdam, The Netherlands.
- Brassard, B.W.; Chen, H.Y.H. 2006. Stand structural dynamics of North American boreal forests. *Critical Reviews in Plant Sciences* 25:115-137.
- [BCMFR] British Columbia Ministry of Forests and Range. 2008. Resource Stewardship Monitoring: Stand-level Biodiversity Analysis of 2005/2006 Field Season Data by Biogeoclimatic Zone. B.C. Min. For. Ran., For. Prac. Br. Victoria, B.C. FREP.
- Bunnell, F.L.; Houde, L. 2010. Down wood and biodiversity – implications to forest practices. *Environmental Reviews* 18:397-421.
- Caners, R.T.; Macdonald, S.E.; Belland, R.J. 2009. Recolonization potential of bryophyte diaspore banks in harvested boreal mixed-wood forest. *Plant Ecology* 204:55-68.
- Castro, A.; Wise, D. H. 2009. Influence of fine woody debris on spider diversity and community structure in forest leaf litter. *Biodiversity and Conservation* 18:3705-3731.
- Cole, H.A.; Newmaster, S.G.; Bell, F.W.; Pitt, D.; Stinson, A. 2008. Influence of microhabitat on bryophyte diversity in Ontario mixedwood boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research* 38:1867-1876.
- Cornett, M.W.; Reich, P.B.; Puettmann, K.J.; Frelich, L.E. 2000. Seedbed and moisture availability determine safe sites for early *Thuja occidentalis* (Cupressaceae) regeneration. *American Journal of Botany* 87:1807-1814.
- Crites, S.; Dale, M.R.T. 1998. Diversity and abundance of bryophytes, lichens, and fungi in relation to woody substrate and successional stage in aspen mixedwood boreal forests. *Canadian Journal of Botany* 76:641-651.
- Dagg, J.; Anderson, K.; Lovekin, D.; Weis, T. 2011. eNGO and Conservation Group Outreach on Biomass. Final Report. Pembina Institute. www.pembina.org/pub/2398 (voir mars 2012)
- DeBellis, T.; Kernaghan G.; Widden, P. 2007. Plant community influences on soil microfungal assemblages in boreal mixed-wood forest. *Mycologia* 99:356-367
- Déchêne, A.D.; Buddle, C. M. 2010. Decomposing logs increase oribatid mite assemblage diversity in mixedwood boreal forest. *Biodiversity and Conservation* 19:237 – 256.
- Eisenbies, M.H.; Vance, E.D.; Aust, W.M.; Seiler, J.R. 2009. Intensive utilization of harvest residues in southern pine plantations: quantities available and implications for nutrient budgets and sustainable site productivity. *Bioenergy Research* 2:90-98.
- Fleming, T.L.; Freedman, B. 1998. Conversion of natural, mixed-species forests to conifer plantations: implications for dead organic matter and carbon storage. *Ecoscience* 5:213-221.
- Forge, T.A.; Simard, S.W. 2000. Trophic structure of nematode communities, microbial biomass, and nitrogen mineralization in soils of forests and clearcuts in the southern interior of British Columbia. *Canadian Journal of Soil Science* 80:401-410.
- Foster, N.W.; Morrison, I.K.; Hazlett, P.W.; Hogan, G.D.; Salerno, M.I. 1995. Carbon and nitrogen cycling within mid- and late-rotation jack pine. *Dans* W.W. McFee and J.M. Kelly (éditeurs). *Carbon forms and functions in forest soils*. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.

- Greenpeace Canada. 2011. Fuelling a Biomess.
http://www.greenpeace.org/canada/Global/canada/report/2011/10/ForestBiomess_Eng.pdf (voir mars 2012)
- Grime, J.P. 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology* 86:902-910.
- Gross J.E. 2003. Developing conceptual models for monitoring programs. National Park Service, Inventory and Monitoring Program, Ft. Collins, CO.
http://science.nature.nps.gov/im/monitor/docs/Conceptual_modelling.pdf (voir mars 2012)
- Grove, S.J. 2002. Saproxyllic insect ecology and sustainable management of forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33:1-23.
- Haeussler, S.; Bergeron, Y. 2004. Range of variability in boreal aspen plant communities after wildfire and clear-cutting. *Canadian Journal of Forest Research* 34:274-288.
- Haeussler, S.; Bartemucci, P.; Bedford, L. 2004. Succession and resilience in boreal mixedwood plant communities 15-16 years after silvicultural site preparation. *Forest Ecology and Management* 199:349-370.
- Haeussler, S.; Bedford, L.; Leduc, A.; Bergeron, Y.; Kranabetter, J.M. 2002. Silvicultural disturbance severity and plant communities of the southern Canadian boreal forest. *Silva Fennica* 36:307-327.
- Hagerberg D.; Wallander, H. 2002. The impact of forest residue removal and wood ash amendment on the growth of the ectomycorrhizal external mycelium. *FEMS Microbiology Journal* 39:139-146.
- Hartmann, M.; Lee, S.; Hallam, S.J.; Mohn, W.W. 2009. Bacterial, archaeal and eukaryal community structures throughout soil horizons of harvested and naturally disturbed forest stands. *Environmental Microbiology* 11:3045-3062.
- Hassett, J.E.; Zak, D.R. 2005. Aspen harvest intensity decreases microbial biomass, extracellular enzyme activity, and soil nitrogen cycling. *Soil Science Society of America Journal* 69:227-235.
- Hawksworth, D.L. 2006. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycological Research* 95:641-55.
- Heink, U.; I. Kowarik. 2010. What criteria should be used to select biodiversity indicators? *Biodiversity Conservation* 19:3769-3797.
- Homyack, J.A.; Haas, C.A.; Hopkins, W.A. 2011. Energetics of surface-active terrestrial salamanders in experimentally harvested forest. *Journal of Wildlife Management* 75:1267-1278.
- Hopkin, S.P. 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Houston, A.P.C.; Visser, S.; Lautenschlager, R.A. 1998. Microbial processes and fungal community structure in soils from clear-cut and unharvested areas of two mixed wood forests. *Canadian Journal of Botany* 76:630-640.
- Howard, E.A.; Gower, S.T.; Foley, J.A.; Kucharik, C.J. 2004. Effects of logging on carbon dynamics of a jack pine forest in Saskatchewan, Canada. *Global Change Biology* 10:1267-1284.
- Hunt, S.L.; Gordon, A.M.; Morris, D.M. 2010. Carbon stocks in managed conifer forests in northern Ontario, Canada. *Silva Fennica* 44:563-582.
- Imbeau, L.; Monkkonen, M.; Desrochers, A. 2001. Long-term effects of forestry on birds of the eastern Canadian boreal forests: a comparison with Fennoscandia. *Conservation Biology* 15:1151-1162.
- Janssen, P.; Fortin, D.; Hébert, C. 2009. Beetle diversity in a matrix of old-growth boreal forest: influence of habitat heterogeneity at multiple scales. *Ecography* 32:423-432.

- Jensen, P.G.; Demers, C.L.; McNulty, S.A.; Jakubas, W.J.; Humphries, M.M. 2012. Marten and fisher responses to fluctuations in prey populations and mast crops in the northern hardwood forest. *Journal of Wildlife Management* 76:489-502.
- Johnston, J.C.; Holberton, R.L. 2009. Forest management and temporal effects on food abundance for a ground-foraging bird (*Catharus guttatus*). *Forest Ecology and Management* 258:1516-1527.
- Johnston, J.M.; Crossley Jr. D.A. 1993. The significance of coarse woody debris for the diversity of soil mites. *Dans* J.W. McMinn and D.A. Crossley Jr. (éditeurs), *Biodiversity and Coarse Woody Debris in Southern Forests: Effects on Biodiversity*. Workshop Proceedings. Athens, GA, October 18-20, 1993. United States Dept. of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. General Technical Report SE-94.
- Jones, D.M.; Theberge, J.B. 1983. Variation in red fox, *Vulpes vulpes*, summer diets in northwest British Columbia and southwest Yukon. *Canadian Field-Naturalist* 97:311-314.
- Jonsell, M. 2008. Saproxylic beetle species in logging residues: which are they and which residues do they use? *Norwegian Journal of Entomology* 55:109-122.
- Jonsson, B.G.; Kruys, N.; Ranius, T. 2005. Ecology of species living on dead wood – lessons for dead wood management. *Silva Fennica* 39:289-309.
- Josefsson, T.; Olsson, J.; Östlund, L. 2010. Linking forest history and conservation efforts: Long-term impact of low-intensity timber harvest on forest structure and wood inhabiting fungi in northern Sweden. *Biological Conservation* 143:1803-1811.
- Kappes, H.; Jabin, M.; Kulfan, J.; Zach, P.; Topp, W. 2009. Spatial patterns of litter-dwelling taxa in relation to the amounts of coarse woody debris in European temperate deciduous forests. *Forest Ecology and Management* 257:1255-1260.
- Lee, P.; Sturgess, K. 2001. The effects of logs, stumps, and root throws on understory communities within 28-year-old aspen-dominated boreal forests. *Canadian Journal of Botany* 79:905-916.
- Lovei, G.L.; Sunderland, K.D. 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera : Carabidae). *Annual Review of Entomology* 41:231-256.
- Marshall V.G. 2000. Impacts of forest harvesting on biological processes in northern forest soils. *Forest Ecology and Mnaagement* 133:43-60.
- Martin, K.; Aitken, K.E.H.; Wiebe, K.L. 2004. Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada: Nest characteristics and niche partitioning. *Condor* 106:5-19.
- Martin, K.; Eadie, J.M. 1999. Nest webs: a community-wide approach to the management and conservation of cavity-nesting forest birds. *Forest Ecology and Management*. 115:243-257.
- Maser, C.; Anderson, R.G.; Cromack, K., Jr; Williams, J.T.; Martin, R.E. 1979. Dead and down woody material. Pages 78-95 *Dans* J.W. Thomas (éditeurs) *Wildlife Habitats in Managed Forests. The Blue Mountains of Oregon and Washington*, USDA Agricultural Handbook. USDA.
- Mazur, K.M.; James, P.C. 2000. Barred Owl (*Strix varia*). *Dans* A. Poole and F. Gill (éditeurs) *Birds of North America*, No. 508. The Birds of North America, Inc., Philadelphia, PA.
- Mills, S.E.; Macdonald, S.E. 2005. Factors influencing bryophyte assemblage at different scales in the western Canadian boreal forest. *Bryologist* 108:86-100.
- Naylor, B.J. 1994. Managing wildlife habitat in red pine and white pine forests of central Ontario. *Forestry Chronicle* 70:411-419.
- Newmaster, S.G.; Parker, W.C.; Bell, F.W.; Paterson, J.M. 2007. Effects of forest floor disturbances by mechanical site preparation on floristic diversity in a central Ontario clearcut. *Forest Ecology and Management* 246:196-207.

- Nguyen-Xuan, T.; Bergeron, Y.; Simard, D.; Fyles, J.W.; Pare, D. 2000. The importance of forest floor disturbance in the early regeneration patterns of the boreal forest of western and central Quebec: A wildfire versus logging comparison. *Canadian Journal of Forest Research* 30:1353-1364.
- Noss, R.F.; Cooperrider, A. 1994. *Saving nature's legacy: Protecting and restoring biodiversity*. Island Press, Washington, DC.
- Noyce, K.V.; Kannowski, P.B.; Riggs, M.R. 1997. Black bears as anteaters: seasonal associations between bear myrmecophagy and ant ecology in north-central Minnesota. *Can. J. Zool.* 75:1671-1686.
- OMNR (Ontario Ministry of Natural Resources). 2009. *Forest Management Planning Manual for Ontario's Crown Forests*.
<http://www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Forests/2ColumnSubPage/286583.html> (voir 13 juin 2013).
- Ontario's State of the Forest Report – Criteria and Indicators 2012. Ontario Ministry of Natural Resources.
http://www.web2.mnr.gov.on.ca/mnr/forests/public/publications/SOF_2011/indicators/233.pdf (voir 10 juillet 2013).
- Orrock, J.; Pagels, J.F. 2002. Fungus consumption by the southern red-backed vole (*Clethrionomys gapperi*) in the southern Appalachians. *American Midland Naturalist* 147:413-418.
- Pearce, J.L.; Venier, L.A.; McKee, J.; Pedlar, J.; McKenney, D. 2003. Influence of habitat and microhabitat on carabid (Coleoptera : Carabidae) assemblages in four stand types. *Canadian Entomologist* 135:337-357.
- Powers RF. 1989. Maintaining long-term forest productivity in the Pacific Northwest: defining the issues. Pages 3-16 *Dans* D.A. Perry, R. Meurisse, B. Thomas, R. Miller, J. Boyle, J. Means, D.R. Perry and R.F. Powers (éditeurs). *Maintaining the Long-Term Productivity of Pacific Northwest Forest Ecosystems*. Timber Press, Portland, OR.
- Puddister, D.; Dominy, S.W.J.; Baker, J.A.; Morris, D.M.; Maure, J.; Rice, J.A.; Jones, T.A.; Majumdar, I.; Hazlett, P.W.; Titus, B.D.; Fleming, R.L.; Wetzell, S. 2011. Opportunities and challenges for Ontario's forest bioeconomy. *The Forestry Chronicle* 87:468-487.
- Ralevic, P.; Ryans, M.; Cormier, D. 2010. Assessing forest biomass for bioenergy: Operational challenges and cost considerations. *Forestry Chronicle* 86:43-50.
- Rempel, R.S.; Andison, D.W.; Hannon, S.J. 2004. Guiding principles for developing an indicator and monitoring framework. *Forestry Chronicle* 80:82-90.
- Riffell, S.; Verschuyf, J.; Miller, D.; Wigley, T.B. 2011. Biofuel harvest, coarse woody debris, and biodiversity – a meta-analysis. *Forest Ecology and Management* 261:878-887.
- Roberts, M.R. 2004. Response of the herbaceous layer to natural disturbance in North American forests. *Canadian Journal of Botany* 82:1273-1283.
- Rothstein, D.E.; Yermakov, Z.; Buell, A.L. 2004. Loss and recovery of ecosystem carbon pools following stand-replacing wildfire in Michigan jack pine forests. *Canadian Journal of Forest Research* 34:1908-1918.
- Royo, A.A.; Carson, W.P. 2006. On the formation of dense understory layers in forests worldwide: consequences and implication for forest dynamics, biodiversity, and succession. *Canadian Journal of Forest Research* 36:1345-1362.
- Sayer, E.J. 2006. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews* 81:1-31.

- Schilling, E.B.; Lackaby, B.G.; Rummer, R. 1999. Belowground nutrient dynamics following three harvest intensities on the Pearl River floodplain, Mississippi. *Soil Science Society of America Journal* 63:1856-1868.
- Siira-Pietikäinen, A.; Pietikäinen, J.; Fritze, H.; Haimi J. 2001. Short-term responses of soil decomposer communities to forest management: clear felling versus alternative forest harvesting methods. *Canadian Journal of Forest Research* 31:88-99.
- Siitonen, J. 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletin* 49:243-254.
- Simard, M.J.; Bergeron, Y.; Sirois, L. 2003. Substrate and litterfall effects on conifer seedling survivorship in southern boreal stands of Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 33:672-681.
- Sippola, A.L.; Lehesvirta, T.; Renvall, P. 2001. Effects of selective logging on coarse woody debris and diversity of wood-decaying polypores in eastern Finland. *Ecological Bulletin* 49:243-254.
- St. Laurent, M.H.; Ferron, J.; Haché, S.; Gagnon, R. 2007. Effects of stand structure and landscape characteristics on habitat use by birds and small mammals in managed boreal forest of eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 37:1298-1309.
- Vance E.D. 2000. Agricultural site productivity: principles derived from long-term experiments and their implications for intensively managed forests. *Forest Ecology and Management* 138:369-396.
- Venier, L.A.; Pearce, J.L. 2007. Boreal forest landbirds in relation to forest composition, structure, and landscape: implications for forest management. *Canadian Journal of Forest Research* 37:1214-1226.
- Wang, C.K.; Bond-Lamberty, B.; Gower, S.T. 2003. Carbon distribution of a well- and poorly-drained black spruce fire chronosequence. *Global Change Biology* 9:1066-1079.
- Walmsley, J.D.; Godbold, D.L. 2009. Stump harvesting for bioenergy – A review of the environmental impacts. *Forestry* 83:17-38.
- Wise, D.H. 1993. *Spiders in Ecological Webs*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Wookey, P. A.; Aerts, R.; Bardgett, R.D.; Baptist, F.; Bråthen, K.A.; Cornelissen, J.H.C.; Gough, L.; Hartley, I.P.; Hopkins, D.W.; Lavorel, S.; Shaver, G.R. 2009. Ecosystem feedbacks and cascade processes: understanding their role in the responses of Arctic and alpine ecosystems to environmental change. *Global Change Biology* 15:1153-1172.
- Work, T.T.; Hibbert, A. 2011. Estimating species loss of saproxylic insects under scenarios of reduced coarse woody material in eastern boreal forests. *Ecosphere* 2 : Article 41.
- Work, T.T.; Shorthouse, D.P.; Spence, J.R.; Volney, W.J. A.; Langor, D. 2004. Stand composition and structure of the boreal mixedwood and epigaeic arthropods of the Ecosystem Management Emulating Natural Disturbance (EMEND) landbase in northwestern Alberta. *Canadian Journal of Forest Research* 34:417-430.
- World Wildlife Fund, Forest Products Association of Canada. 2010. A National Scan of Regulations and Practices Relevant to Biomass Harvesting.
http://assets.wwf.ca/downloads/biomass_report_2010.pdf (voir juillet 2013).

ANNEXES

ANNEXE 1 : Liste des participants

Lisa Venier	Organisatrice de l'atelier, chercheuse scientifique, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario). Lisa.Venier@rncan-nrcan.gc.ca
Isabelle Aubin	Organisatrice de l'atelier, chercheuse scientifique, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario). Isabelle.Aubin@rncan-nrcan.gc.ca
Kara Webster	Organisatrice de l'atelier, chercheuse scientifique, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario). Kara.Webster@rncan-nrcan.gc.ca
Dave Morris	Organisateur de l'atelier, chercheur scientifique, Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, Centre de recherche sur l'écosystème des forêts du Nord, Thunder Bay (Ontario). Dave.M.Morris@ontario.ca
Andre Arsenault	Chercheur scientifique, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Cornerbrook (Terre-Neuve). Andre.J.Arsenault@rncan-nrcan.gc.ca
Jim Baker	Coordonnateur des affaires et de la science, Direction de la recherche-développement appliquée, Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, Guelph (Ontario). Jim.Baker@ontario.ca
Nathan Basiliko	Professeur, University of Toronto, Toronto (Ontario). Nathan.Basiliko@utoronto.ca
Wayne Bell	Chercheur scientifique, Institut de recherche forestière de l'Ontario, Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, Sault Ste. Marie (Ontario). Wayne.Bell@ontario.ca
Heather Cole	Assistante de recherche, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario). Heather.Cole@rncan-nrcan.gc.ca
Phyllis Dale	Conseillère principale, science, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Ottawa (Ontario). Phyllis.Dale@rncan-nrcan.gc.ca
Nancy Densmore	Directrice du Programme d'évaluation des forêts et des montagnes, Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations, Victoria (Colombie-Britannique). Nancy.Densmore@gov.bc.ca
Robert Fleming	Chercheur scientifique, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario). Rob.Fleming@rncan-nrcan.gc.ca
Dominique Gravel	Professeur, Université du Québec à Rimouski, Dominique_Gravel@uqar.qc.ca
Tanya Handa	Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec.)
Paul Hazlett	Chercheur scientifique, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario). Paul.Hazlett@rncan-nrcan.gc.ca

Steve Hounsell	Senior Advisor, Corporate Sustainable Development Group, Ontario Power Generation, Toronto (Ontario). steve.hounsell@opg.com
Trevor Jones	Chercheur scientifique, Institut de recherche forestière de l'Ontario, Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario. Sault Ste. Marie (Ontario) Trevor.Jones2@ontario.ca
Martin Kaiser	Gestionnaire, expansion stratégique commerciale, Produits forestiers Résolu, Thunder Bay (Ontario). martin.kaiser@resolutefp.com
Colin Lachance	Secrétaire général et conseiller culturel, Northeast Superior Regional Chiefs' Forum. colinlachance@msn.com
Maxime Larivee	Détenteur d'une bourse de perfectionnement postdoctoral, Université d'Ottawa, Ottawa (Ontario). mlarrive@uottawa.ca
Jason Linkewich	Vice-président, Stratégie d'approvisionnement en fibres, Tembec, Témiscaming (Québec). Jason.linkewich@tembec.com
Clara Lauziere	Directrice générale, Northeast Superior Forest Community. Clara.Lauziere@nsfc.ca
Joe Maure	Spécialiste en bioéconomie forestière, Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, Direction des relations avec l'industrie. Joe.Maure@ontario.ca
Jay Malcolm	Professeur, University of Toronto, Toronto (Ontario). Jay.Malcolm@utoronto.ca
Christian Messier	Professeur, Université de Québec à Montréal, Montréal (Québec) messier.christian@uqam.ca
Marco Moretti	Chercheur scientifique, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, Suisse.
David Nanang	Directeur général, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario). David.Nanang@rncan-nrcan.gc.ca
David Paré	Chercheur scientifique, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, Ste-Foy (Québec). David.Pare@rncan-nrcan.gc.ca
Dan Puddister	Coordonnateur de la gestion scientifique, Institut de recherche forestière de l'Ontario, Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, Sault Ste. Marie (Ontario). dan.puddister@ontario.ca
Robert Rempel	Chercheur scientifique, Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, Centre de recherche sur l'écosystème des forêts du Nord. Thunder Bay (Ontario). Rob.Rempel@ontario.ca
Jim Rice	Forestier en matière de guides de gestion des forêts, Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, Direction des forêts. Jim.Rice@ontario.ca
Laura Sanderson	Assistante de recherche, Invasive Species Centre, Sault Ste. Marie (Ontario).
Al Stinson	Spécialiste des partenariats en science forestière, Direction des sciences et de l'information, Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, North Bay (Ontario). Al.Stinson@ontario.ca
Brian Titus	Chercheur scientifique, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (Columbia-Britannique).

	Brian.Titus@rncan-nrcan.gc.ca
Melissa Todd	Écologiste de la recherche faunique, BC Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations, C.-B. Nanaimo (Colombie-Britannique.). Melissa.Todd@gov.bc.ca
Suzanne Wetzel	Chercheuse scientifique, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario). Suzanne.Wetzel@rncan-nrcan.gc.ca
Tim Work	Professeur, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec). timothy@uqam.ca
Alix Rive	Technicienne d'atelier, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario).
Jean-Lionel Payeur-Poirier	Technicien d'atelier, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario).
Craig Zimmerman	Technicien d'atelier, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario).
Idaline Laigle	Stagiaire, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario).

ANNEXE 2 : Renseignements biographiques sur les participants à l'atelier

André Arsenault

André est un écologiste des forêts qui travaille au Centre de foresterie de l'Atlantique, RNCAN, SCF, à Corner Brook, Terre-Neuve-et-Labrador, ainsi qu'un professeur auxiliaire à la Thompson Rivers University de Kamloops et au campus Grenfell de la Memorial University, à Corner Brook. André est fasciné par les écosystèmes des forêts, la science et la façon dont la société utilise les renseignements pour aménager les forêts. Dans le cadre de sa maîtrise en science, il a eu le privilège d'étudier la dynamique des forêts d'érables du Québec, lesquelles ont connu un déclin mystérieux à la fin des années 1980, ainsi que le modèle et le processus des anciennes forêts tropicales humides des Côtes de la Colombie-Britannique, au début des années 1990, dans le cadre de son doctorat. André a travaillé en tant que biologiste pour le BC Forest Service de Kamloops pendant 15 ans sur une variété de sujets, dont des études sur les anciennes forêts écologiques et les régimes de perturbation d'une variété de types de forêts de l'écozone de la cordillère alpestre, et il a étudié la réaction des écosystèmes à des expériences naturelles à grande échelle et intégré des expériences de systèmes sylvicoles. Parmi ses projets de recherche actuels, mentionnons l'étude de la dynamique de la forêt et des perturbations dans une forêt de conifères à Terre-Neuve-et-Labrador le long de gradients de latitude et d'altitude, la réaction des écosystèmes à la suite de différentes expériences sylvicoles multidisciplinaires en Colombie-Britannique et à Terre-Neuve-et-Labrador, l'écologie de distribution des lichens arboricoles en Colombie-Britannique et à Terre-Neuve-et-Labrador, et l'écologie des perturbations des écosystèmes des forêts xérophiles de l'ouest de l'Amérique du Nord.

Andre.J.Arsenault@RNCAN-NRCAN.gc.ca

Pedro Antunes

Pedro Antunes est directeur de la Chaire de recherche en biologie des espèces envahissantes (financée par le ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario) et professeur agrégé (département de biologie, Algoma University) depuis 2010. Actuellement, il est également le président du North American Invasive Species Network et le rédacteur en chef du journal international *Symbiosis*. M. Antunes détient un B.Sc. en biologie (Université d'Évora, Portugal, 1999) et un doctorat en science du sol (University of Guelph, 2005). Il a effectué des recherches postdoctorales en écologie microbienne moléculaire (2005-2007), et en 2008, il a déménagé à Berlin, en Allemagne, afin d'occuper un poste de professeur adjoint à la recherche en écologie à l'Université Freie. Actuellement, ses recherches sont axées principalement sur les rôles que les organismes du sol jouent pour contrôler ou faciliter l'invasion par des plantes non indigènes.

Pedro.Antunes@algonau.ca

Isabelle Aubin

Isabelle Aubin est chercheuse en écologie de la végétation au du Centre de foresterie des Grands Lacs (CFGL), RNCAN, SCF, à Sault Ste. Marie, et professeure adjointe à l'Université du Québec à Rimouski. Les sujets de ses enquêtes sont les incidences des perturbations d'origine humaine sur les écosystèmes des forêts, en mettant l'accent sur l'application de la théorie écologique aux problèmes pratiques de l'aménagement des forêts. Chef des chercheurs de la base de données du réseau TOPIC (« Traits fonctionnels des plantes au Canada »), elle travaille en vue de relever le défi que représente le réseautage de données.

Isabelle.Aubin@RNCAN-NRCAN.gc.ca, 705-541-5516

Jim Baker

Jim Baker est le coordonnateur des affaires et de la science de la Direction de la recherche-développement appliquée du MRNFO. Il vit à Guelph. Il contribue à diverses initiatives scientifiques et politiques auxquelles participe le MRNFO, RNCAN, les universités, l'industrie forestière et d'autres partenaires. L'une de ces initiatives est la Caribou Field Study Team (*équipe d'étude sur le terrain du caribou*), qui aborde les incertitudes politiques concernant la viabilité à long terme du caribou des bois, en Ontario. Parmi ses autres emplois, il effectue la moitié des travaux de secrétariat du PE Canada-Ontario concernant la coopération en foresterie. Actuellement, Jim collabore également avec une équipe scientifique et politique du MRNFO de l'Ontario et de RNCAN, en vue de mettre fin aux incertitudes politiques concernant les initiatives en matière de bioéconomie.

Jim.Baker@ontario.ca, 519-826-6543

Nathan Basiliko

Nathan Basiliko est un professeur adjoint au département de géographie (campus Mississauga) nommé conjointement à la faculté de foresterie de l'University of Toronto. Ses recherches sont axées sur la biogéochimie microbienne du sol dans les forêts et les marécages tempérés et boréaux, et elles mettent l'accent sur le carbone du sol, les gaz à effet de serre et la dynamique des éléments nutritifs. Ses projets actuels de collaboration financés sont axés sur 1) les incidences du changement climatique sur les tourbières du Grand Nord et boréales, 2) les avantages et les inconvénients de la modification de la sélection traditionnelle et des systèmes sylvicoles de coupe progressive pour fournir une biomasse supplémentaire à la matière première énergétique dans l'écorégion du Saint-Laurent et des Grands Lacs, 3) les systèmes de bioénergie axés sur la pyrolyse pour la biomasse des forêts et l'utilisation du biochar comme amendement du sol et 4) les mesures de contrôle des flux de méthane dans les sols des forêts aménagées.

Nathan.Basiliko@utoronto.ca, 905-569-4515

Wayne Bell

Wayne Bell est un chercheur forestier à l'IRFO (Institut de recherche forestière de l'Ontario) de MRNFO à Sault Ste. Marie (Ontario). Il étudie les effets des activités humaines et de la perturbation naturelle sur l'écologie, la diversité et la succession des plantes forestières. Il se concentre notamment sur l'aménagement intensif, la biodiversité, la récolte de biomasse et la nouvelle gestion de la végétation.

Wayne.Bell@ontario.ca, 705-946-7401

Heather Cole

Heather Cole est une employée au CFGL, RNCAN, SCF. Elle a récemment terminé son doctorat à l'Institut fédéral de recherches sur la forêt (Suisse), enquêtant sur l'utilisation de données sur l'histoire naturelle pour la modélisation de la distribution des espèces. Elle travaille actuellement avec Isabelle Aubin, se concentrant sur l'approche par trait et l'utilisation des traits fonctionnels des plantes en tant que base de l'évaluation quantitative des écosystèmes naturels.

Phyllis Dale

Phyllis Dale est une conseillère scientifique travaillant au RNCAN, SCF à Ottawa. Elle détient un doctorat en biologie moléculaire des plantes de l'University of Alberta (1996). Elle s'occupe de l'Herbier de pathologie forestière du Centre de foresterie du Pacifique ainsi que des bases de données sur les maladies des arbres forestiers, et elle effectue des recherches sur le terrain concernant ces maladies. Elle vérifie la détermination des maladies des arbres forestiers au moyen d'outils moléculaires de pointe.

Phyllis.Dale@RNCAN-NRCAN.gc.ca, 613-947-8992

Nancy Densmore

Nancy Densmore est une forestière professionnelle œuvrant pour le Ministry of Forests, Lands, and Natural Resource Operations du gouvernement de la C.-B. En tant que spécialiste de la biodiversité travaillant pour la Resource Practices Branch à Victoria, en C.-B., elle est responsable des lois et des politiques concernant la biodiversité au niveau du peuplement, et en particulier des arbres fauniques et des débris ligneux grossiers. Depuis 2004, Nancy fait partie d'un programme de surveillance à l'échelle de la province, le Forest and Range Evaluation Program (FREP), en tant que chef de l'équipe de la biodiversité. Le FREP surveille 11 valeurs énumérées dans la législation provinciale (la *Forest and Range Practices Act* et le *Forest and Range Practices Regulations*) qui comprennent la biodiversité, le poisson/rivulaire, la qualité de l'eau, les sols, les supports visuels et le patrimoine culturel. La surveillance de la biodiversité vise les blocs de coupe récoltés et la quantité ainsi que la qualité des conservations d'arbres sur pied et de débris ligneux grossiers. Le site Web du programme FREP et les résultats publiés à la suite de la surveillance se trouvent à l'adresse : <http://www.for.gov.bc.ca/hfp/frep/index.htm>.

Nancy.Densmore@gov.bc.ca, 250-356-5890

Rob Fleming

Rob Fleming est un écologiste des forêts travaillant pour le CFGL, RNCAN, SCF à Sault Ste. Marie. Il détient une maîtrise en foresterie (sylviculture et physiologie des arbres) et un doctorat en science des sols (microclimat). L'un de ses projets actuels concerne les effets de l'intensité des récoltes sur l'évolution : le développement de l'étage dominant et du sous-étage, et les contraintes subies par l'environnement.

Rob.Fleming@RNCAN-NRCAN.gc.ca, 705-541-5632

Dominique Gravel

Dominique Gravel est professeur à l'Université du Québec à Rimouski et titulaire d'une chaire de recherche du Canada de niveau II en écologie écosystémique. Il s'intéresse aux interactions complexes entre la distribution des espèces, la structure communautaire et le fonctionnement des écosystèmes. L'un des objectifs majeurs de son programme de recherche actuel est le développement de nouveaux outils et méthodes pour mieux comprendre le rôle de la biodiversité dans le fonctionnement d'écosystèmes complexes comme les réseaux d'interactions. Ses activités de recherche reposent sur des questions précises, et pour répondre à ces questions, il étudie différents écosystèmes et modèles, depuis les bactéries aux peuplements forestiers.

dominique_gravel@uqar.ca, 418-723-1986 poste 1752

Paul Hazlett

Paul Hazlett est un scientifique des sols forestiers travaillant au CFGL, RNCAN, SCF de Sault Ste. Marie. Au cours des 15 dernières années, ses recherches étaient axées sur les liens terrestres et aquatiques dans les écosystèmes forestiers et l'incidence des pratiques d'aménagement des forêts sur le cycle des éléments nutritifs et la viabilité des forêts. Il est actuellement cochercheur pour l'expérience de LTSP (productivité du sol à long terme) de pins gris en Ontario, effectuant des recherches en vue d'examiner l'incidence d'un éventail de prélèvements de biomasse sur les réserves d'éléments nutritifs et la disponibilité. Il est membre du groupe de travail technique en bioéconomie du SCF de RNCAN et du MRN de l'Ontario.

Paul.Hazlett@RNCAN-NRCAN.gc.ca, 705-541-5630

Steve Hounsell

Steve Hounsell est un biologiste affichant plus de 36 ans d'expérience de travail au sein d'Ontario Power Generation (OPG) et l'ancien Ontario Hydro. Steve travaille au sein du Corporate Sustainable Development Group d'Ontario Power Generation. Il dirige les programmes de biodiversité d'OPG. Il était responsable de l'élaboration et de la mise en œuvre d'une politique sur la biodiversité, la première de ce genre dans l'industrie de l'électricité. Il a beaucoup contribué à la conservation des terrains boisés, dans le sud de l'Ontario. Steve est également le président d'Arbres Ontario, un membre du Conseil de la biodiversité de l'Ontario, et un directeur fondateur du Canadian Business and Biodiversity Council. Steve est également l'ancien président d'Ontario Nature.

Steve.hounsell@opg.com;

steve.hounsell@rogers.com,

Bureau : 416-592-2766

Domicile : 905-276-4462

Trevor Jones

Trevor Jones est un chercheur en écosystèmes de feuillus travaillant à l'IRFO de MRNFO. Il détient un doctorat en foresterie de l'University of Toronto (2006). Il étudie les effets des activités humaines et des perturbations naturelles sur les forêts du Saint-Laurent et des Grands Lacs. Les travaux actuels comprennent les effets de la récolte de biomasse. Autre expertise : la dendrochronologie.

Trevor.Jones2@ontario.ca, 705-946-7487

Martin Kaiser

Martin Kaiser est le directeur de l'optimisation des fibres aux Produits forestiers Résolu à Thunder Bay, en Ontario. Il s'est joint à l'entreprise en 1995 dans le cadre du programme de celle-ci visant l'amélioration continue des activités, puis il a occupé une série de postes de supervision et de gestion dans les opérations forestières et les opérations d'usines de pâtes et papiers des divisions de l'entreprise situées en Ontario et à Terre-Neuve-et-Labrador. Au cours des cinq dernières années, il s'est consacré au développement des possibilités commerciales axées sur la biomasse, en Ontario. Martin détient un B.Sc. en foresterie de la Lakehead University (1985) et une maîtrise en administration des affaires de l'Université York (1991). Il est également un forestier professionnel inscrit. Ses projets actuels sont axés sur le développement des approvisionnements en biomasse pour soutenir la bioénergie (la production combinée de chaleur et d'électricité, les granules de bois) et d'autres possibilités basées sur la biomasse, comme la biomasse forestière, la biomasse agricole, les cultures énergétiques spécialisées et le programme de gestion de la qualité des biocarburants.

Martin.Kaiser@resolutefg.com, 807-475-2356

Colin Lachance

Colin Lachance détient un baccalauréat en géographie physique et une maîtrise en études environnementales, avec une concentration en planification des ressources naturelles. En tant qu'ex-employé du gouvernement fédéral (16 ans en tout), il a occupé une foule de postes, dont celui de directeur national de l'environnement et des ressources naturelles au sein d'Affaires indiennes et du Nord Canada (AINC). Colin a également passé de nombreuses années à aider les Premières nations dans plusieurs secteurs, dont le bien-être, le développement culturel et spirituel, la gouvernance, le développement économique, la protection environnementale et le développement des capacités. Il a travaillé directement avec une multitude de membres des Premières nations partout au Canada, ainsi qu'avec plusieurs conseils tribaux et deux organisations provinciales territoriales installées en Ontario. Au cours des cinq dernières années, il a contribué à l'amélioration de méthodes détaillées et appropriées au niveau culturel, en vue du développement des collectivités autochtones. Il est actuellement le secrétaire général et le conseiller culturel du Northeast Superior Regional Chiefs' Forum (NSRCF). Ce groupe, composé de cinq chefs, a été établi pour contribuer à l'amélioration d'une méthode régionale visant à résoudre les conflits quant aux ressources entre les Premières nations et l'État.

colinlachance@msn.com, 819-360-6725

Idaline Laigle

Idaline Laigle est venue de France pour faire un stage au RNCAN, SCF, CFGL sur l'agrile du frêne avec Isabelle Aubin. Avec ce stage de six mois, elle terminera sa maîtrise en écologie et en aménagement des forêts. Elle souhaite vraiment assister à cet atelier parce qu'elle aimerait rester au Canada pour obtenir un doctorat sur les incidences de la récolte de biomasse et sur l'intégrité écologique des forêts.

idaline.laigle@gmail.com, 705-541-5672

Clara Lauzière

Clara Lauzière, la directrice générale de la Communauté forestière du nord-est du lac Supérieur, était partisane du développement régional et des collaborations participatives en tant que stratégie pour aider les collectivités à réagir à l'économie forestière changeante. Avec une formation en politique et administration de premier et deuxième cycle, Clara a consacré 10 ans en développement communautaire économique dans le nord de l'Ontario et les quatre dernières années dans la région du nord-est du lac Supérieur, contribuant à l'établissement d'une organisation de développement régional axée sur le secteur forestier. Clara a recommandé avec ardeur dans l'ensemble de la région l'importance de voir la forêt comme une ressource entière et cherche à développer davantage de possibilités pour les produits forestiers non ligneux en tant que moteurs économiques de cette région.

clara.lauziere@nafc.ca, 705-864-2031

Jason Linkewich

Jason est actuellement le vice-président de la stratégie d'approvisionnement en fibres de Tembec et est employé de Tembec depuis avril 2003. Il a commencé à travailler pour l'industrie des produits forestiers en tant que contrôleur de scierie et a évolué jusqu'à son poste actuel de vice-président de la stratégie d'approvisionnement en fibres. Il a participé à la stratégie des produits forestiers tout au long de sa carrière et a été actif dans l'optimisation de la chaîne d'approvisionnement des produits forestiers, afin d'obtenir et de vendre des produits pour Tembec. Originaire de Thunder Bay, Jason est diplômé de la Lakehead University, où il a obtenu un baccalauréat en commerce en 1993 avec une concentration en comptabilité et marketing. Il a également obtenu son titre de comptable en management accrédité en 1995. En plus d'acquiescer ce titre, Jason a été actif au sein de l'Ontario Society of Management of Accountants, ayant servi pendant deux mandats au sein de son Conseil des gouverneurs et pendant un mandat en tant que président du Conseil (2004-2005).

jason.linkewich@tembec.com, 819-627-4879

Jay Malcolm

Jay R. Malcolm a reçu son B.Sc. et sa M. Sc. de l'University of Guelph et son doctorat de l'University of Florida. Après l'obtention d'un postdoctorat à la Queen's University, il s'est joint à la faculté de foresterie de l'University of Toronto en 1997. Ses domaines de spécialisation comprennent la biologie de conservation, l'écologie tropicale, l'écologie du paysage et les incidences écologiques du changement climatique. Ses intérêts de recherche comprennent l'écologie mammalienne et la biogéographie, la diversité et l'abondance des organismes tropicaux, les incidences du réchauffement climatique sur les écosystèmes naturels, les liens entre la structure du paysage et la diversité biologique, les adaptations mammaliennes à la vie arboricole et à la saisonnalité, et l'importance du bois mort en tant qu'habitat. Jay Malcolm a réalisé d'importants travaux sur le terrain dans la forêt boréale du Canada, l'Amazonie brésilienne et la République centrafricaine.

jay.malcolm@utoronto.ca, 416-978-0142

Joe Maure

Joe Maure est le coordonnateur d'une unité de bioéconomie forestière dans la division de la foresterie du MRNFO, à Sault Ste. Marie. L'intérêt de Joe pour la bioéconomie est né en travaillant à la scierie de ses parents, près de North Bay, alors que ces derniers réfléchissaient à la possibilité d'utiliser de la sciure de bois et des dosses. Il a étudié la foresterie à la Lakehead University et a passé du temps avec l'industrie à réaliser des inventaires forestiers, travaillant dans des camps de bûcherons, dans des systèmes de transport du bois, et comme draveur. Joe s'est joint au MRNFO en tant que forestier d'unité à Temagami en 1988, où il a préparé plusieurs plans de gestion des matières ligneuses avant de déménager en Colombie-Britannique, où il a travaillé à titre de spécialiste de la planification et analyste forestier. En 1999, Joe est retourné en Ontario, au sein du MRNFO, et a poursuivi sa fonction analytique en tant que coordonnateur de l'industrie forestière, où il a travaillé sur les stratégies provinciales pour l'approvisionnement en bois et sur plusieurs systèmes d'information et de rapports d'usine. Au cours des sept dernières années, Joe a participé directement aux initiatives de bioéconomie forestière de l'Ontario et fut le coauteur de plusieurs documents connexes en bioéconomie. D'ailleurs, il s'est acharné en faveur de l'utilisation de la sciure de bois et des dosses.

Joe.Maure@ontario.ca, 705-945-5892

Christian Messier

Christian Messier est professeur d'écologie forestière au Département de biologie de l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Il a obtenu son baccalauréat en foresterie (1984) et sa maîtrise (1986) en écologie forestière à l'Université Laval, à Québec, et son doctorat (1991) à l'University of British Columbia, à Vancouver. Après un an à l'Université d'Helsinki, en Finlande, pour des études postdoctorales, il a obtenu un poste de professeur à l'UQAM en 1992. Ses intérêts de recherche sont vastes, allant de la compréhension de base de la croissance et de la mort des arbres aux outils décisionnels en vue de mieux aménager les forêts naturelles et urbaines. Ses recherches l'ont amené à étudier divers biomes à travers le monde. Il a publié plus de 150 articles de revues scientifiques et a récemment codirigé la rédaction d'un livre sur l'aménagement forestier durable, pour la forêt boréale, et d'un autre livre pour le grand public appelé *Ecology in the City*. Il est également le coauteur d'un livre récent intitulé *A Critique of Silviculture : Managing for Complexity*. Il est le directeur de la nouvelle chaire de recherche CRSNG-Hydro-Québec sur le contrôle de la croissance des arbres.

messier.christian@uqam.ca, 514 987-3000, poste 4009

<http://www.cef-cfr/index.php?n=Membres.ChristianMessier>

Marco Moretti

Marco Moretti est écologiste communautaire à l'Institut fédéral de recherches sur la forêt WSL à Bellinzona (dans le sud de la Suisse). Il dirige un groupe de recherche interdisciplinaire au sein de la communauté : l'unité d'écologie. Ses principaux intérêts de recherche sont l'évaluation de la réaction taxonomique et fonctionnelle aux changements environnementaux dans l'ensemble des taxons, des processus et des écosystèmes à différentes échelles spatiales, de l'échelle locale (y compris l'autocorrélation spatiale) à l'échelle du paysage (composition et configuration). Les « taxons » comprennent les plantes et les animaux, surtout les invertébrés de différentes guildes trophiques, les « processus » sont le feu, l'aménagement des forêts, l'urbanisation et l'invasion par des espèces exotiques, tandis que les « écosystèmes » sont les forêts, les prairies et les villes. Au cours de la dernière année, il a travaillé sur des mécanismes qui lient les traits de l'ensemble des niveaux trophiques, pour une meilleure compréhension ou pour le fonctionnement de l'écosystème et des services sous-jacents.

marco.moretti@wsl.ch, +41-91-821-52-36

Dave Morris

Dave Morris a obtenu son baccalauréat et sa maîtrise de la Lakehead University, et son doctorat en biologie environnementale de l'University of Guelph. Dave est chercheur scientifique pour le MRNFO depuis 1986, et il est actuellement le chef du Programme d'écologie des peuplements, au Centre de recherche sur l'écosystème des forêts du Nord, à Thunder Bay, en Ontario. Le programme de recherche de Dave Morris est axé sur le cycle des éléments nutritifs dans les systèmes boréaux, et l'accent est mis sur l'évaluation des incidences des systèmes de récolte sur le développement structurel des peuplements, la nutrition des peuplements et la productivité. De plus, il a été professeur auxiliaire à la faculté de gestion des ressources naturelles de la Lakehead University pendant plus de 15 ans. Pendant ce temps, il a participé à la formation de plus de 25 diplômés, au niveau de la maîtrise et du doctorat.

Dave.M.Morris@ontario.ca, 807-343-4006

David Paré

David Paré est un chercheur scientifique au Centre de foresterie des Laurentides du SCF, RNCAN et un professeur auxiliaire de plusieurs universités dans l'ensemble du CEF (Centre d'étude de la forêt). Son travail de recherche vise à mieux comprendre les effets des pratiques forestières, y compris la récolte intensive de biomasse, ainsi que les espèces d'arbres sur les sols, le cycle du carbone et la productivité des forêts. Récemment, il a été l'examinateur expert du chapitre sur la bioénergie du rapport spécial du GIEC sur les énergies renouvelables publié en juin 2011.

David.Pare@RNCAN-NRCAN.gc.ca, 418-648-7598

Dan Puddister

Depuis 2006, Dan Puddister est le coordonnateur de la gestion scientifique de l'Institut de recherche forestière de l'Ontario du MRNFO, à Sault Ste. Marie. Dan s'est joint au MRNFO en 1988, débutant en tant que biologiste de district responsable de l'évaluation et de la gestion des populations de poissons et d'animaux sauvages ainsi que de l'habitat, faisant partie de nombreuses équipes de planification de l'aménagement forestier dans l'ensemble du nord de l'Ontario. En 1998, il a obtenu un poste principal dans un bureau, développant les programmes d'éducation permanente et de certification des inspecteurs de conformité de l'Ontario, ainsi qu'un partenariat entre l'industrie forestière et le MRNFO. Dan faisait partie de l'équipe de rédacteurs des lignes directrices sur l'habitat du poisson et l'environnement, pour les chemins d'accès et les traversées de cours d'eau, et il a participé à l'élaboration du *Guide de gestion forestière pour la conservation de la biodiversité à l'échelle du peuplement et du site*. Il copréside le groupe de travail technique fédéral-provincial en bioéconomie, et codirige l'élaboration du plan d'action sur le changement climatique et les sciences intégrées aux forêts du MRNFO.

Rob Rempel

Rob Rempel est un chercheur scientifique travaillant au MRNFO et le chef du Programme d'écologie spatiale du Centre de recherche sur l'écosystème des forêts du Nord. Ses domaines d'intérêt sont l'écologie spatiale, la modélisation de l'habitat et la méthodologie expérimentale, et tout particulièrement les oiseaux chanteurs, les orignaux et les écosystèmes humides. Les recherches de Rob au MRNFO ont d'abord été axées sur l'évaluation de l'efficacité des lignes directrices sur l'habitat de l'orignal, mais plus récemment, il s'est concentré sur la modélisation de l'utilisation de l'habitat forestier par les oiseaux chanteurs, et sur la façon dont ces modèles peuvent être utilisés pour évaluer l'efficacité de l'orientation du *Guide sur les paysages* en vue d'atteindre les objectifs liés à la conservation de la biodiversité. Récemment, Rob a contribué à l'élaboration d'un plan stratégique pour évaluer l'efficacité des nouvelles lignes directrices sur l'aménagement des forêts.

Rob.Rempel@ontario.ca, 705-541-2165

Jim Rice

J.A. (Jim) Rice est un forestier en matière de guides de gestion des forêts qui travaille pour la Section des politiques forestières du ministère des MRNFO à Sault Ste. Marie (Ontario). Jim apporte ses compétences à la mise en œuvre, la surveillance et l'examen du *Guide de gestion forestière pour la conservation de la biodiversité à l'échelle du peuplement et du site* (alias le *Guide sur les peuplements et les sites* de l'Ontario). Avant de se joindre à la Section des politiques forestières du ministère en 2010, Jim a passé plus de 20 ans à travailler comme spécialiste de la recherche forestière en Ontario, ayant des compétences en sylviculture dans les régions de la forêt boréale et de la forêt du Saint-Laurent et des Grands Lacs.

Jim.Rice@ontario.ca, 705-541-2165

Alix C. Rive

Alix C. Rive est une biologiste chercheuse travaillant pour les Consultants forestiers DGR inc. à Québec, et est également une employée occasionnelle de RNCAN, CFS, CFGL, à Sault Ste. Marie (Ontario). Elle travaille actuellement avec une équipe de scientifiques de RNCAN à l'élaboration d'un cadre de travail afin de fournir aux concepteurs de politiques, gestionnaires forestiers et biologistes chercheurs des méthodes de surveillance pour évaluer la durabilité de la récolte de biomasse au moyen de la biodiversité. Elle consulte les Consultants forestiers DGR sur les projets de certification du FSC (Forest Stewardship Council), les plantes rares, les espèces en péril des PFNL, les récoltes à courte rotation d'origine forestière (les saules) pour la bioénergie, et effectue des inventaires de plantes et de forêts avec l'équipe sur le terrain de DGR pendant l'été.

rivealix@gmail.com, alix.rive@dgr.ca, 418-802-0148

Al Stinson

Al Stinson est un spécialiste en science forestière qui travaille pour la Direction des sciences et de l'information du MRNFO, à North Bay. Il a travaillé pendant environ 36 ans dans le domaine de la gestion des ressources, occupant de nombreux postes, dont celui de technicien forestier principal, de gestionnaire des opérations et d'agent de liaison avec les Autochtones. Sa formation comprend une vaste expérience opérationnelle en préparation et mise en œuvre de prescriptions sylvicoles. Al a fait partie de nombreuses équipes de planification d'aménagements forestiers. Il a travaillé à l'élaboration et à la prestation de programmes de formation sylvicoles, comme le programme sylvicole de certification du marquage de l'Ontario. Il a fait partie d'équipes de projets de recherche, apportant des contributions opérationnelles, effectuant des travaux de coordination de projets et offrant des conseils. Il a également participé à l'élaboration de politiques et de lignes directrices relatives à la sylviculture, à l'échelle provinciale. Il participe actuellement à de nombreux projets scientifiques, et forme des partenariats en vue de soutenir ces projets. Ceux-ci comprennent la récolte de biomasse dans des opérations de récolte partielle dans la région forestière du Saint-Laurent et des Grands Lacs, la récolte de biomasse dans la forêt boréale, les technologies LIDAR pour l'amélioration des inventaires forestiers, de nombreux essais sylvicoles dans les régions de la forêt boréale et de la forêt du Saint-Laurent et des Grands Lacs, et des formations et certifications sylvicoles dans la région du Saint-Laurent et des Grands Lacs. Il est actuellement membre de l'équipe qui réécrit les lignes directrices sylvicoles de l'Ontario, pour la région des Grands Lacs et du Saint-Laurent.

Al.Stinson@ontario.ca, 705-475-5613

Angela St. Michael

Angela St. Michael est la spécialiste des projets du secteur forestier de la Communauté forestière du nord-est du lac Supérieur, et elle dirige actuellement les projets axés sur la forêt dans la région du nord-est du lac Supérieur. Ceux-ci comprennent la mise en place de bleuetières sur les terres de la Couronne, et la participation avec les collectivités à des recherches sur l'énergie de remplacement, sur l'éducation et sur la durabilité de la biomasse. Angela est diplômée en foresterie de l'University of Toronto et possède une expérience diversifiée en planification de l'aménagement forestier et en planification de l'utilisation des terres.

angela_st.michael@nsfc.ca, 705-870-0013

Brian Titus

Brian Titus est chercheur scientifique pour le RNCAN, SCF depuis plus de 25 ans, et travaille actuellement au Centre de foresterie du Pacifique à Victoria, en Colombie-Britannique. Il est un écologiste des forêts spécialisé dans les effets de l'aménagement forestier sur le cycle des éléments nutritifs et sur la réaction des arbres du peuplement final. Il a commencé à travailler sur les effets des rémanents sur les éléments nutritifs en Écosse, au début des années 1980, et il a poursuivi ses travaux à Terre-Neuve-et-Labrador, avant de déménager en Colombie-Britannique, au milieu des années 1990. Il est membre de l'équipe nationale du SCF qui travaille sur la durabilité de la récolte intensive de forêts aménagées; il travaille aussi étroitement avec ses collègues du gouvernement provincial de la Colombie-Britannique sur le même sujet. Il s'intéresse activement aux sciences qui contribuent au développement d'indicateurs, de lignes directrices et de règlements assurant une gestion durable des prélèvements de biomasse pour la bioénergie et d'autres bioproduits.

Brian.Titus@RNCAN-NRCAN.gc.ca, 250-298-2397

Melissa Todd

Melissa A. Todd est une écologiste en recherche faunique travaillant pour la Coast Area Research Section du Ministry of Forests, Lands, and Natural Resource Operations (anciennement Forest Research) de la Colombie-Britannique, à Nanaimo. Elle dirige actuellement un groupe de chercheurs scientifiques qui étudient la biodiversité associée au bois mort, en C.-B., afin de soutenir l'élaboration d'une orientation quant à la récolte de biomasse, un élément du programme de recherche provincial sur la biomasse ligneuse coordonné par Shannon Berch. Elle appuie également les projets d'utilisation des souches (classification de l'habitat des souches) et d'analyse du cycle de vie (indicateurs de biodiversité) pour ce programme. Melissa effectue des recherches afin de répondre aux besoins de renseignements quant à la gestion des ressources naturelles de la région côtière (Coast Area) de la Colombie-Britannique, évaluant les effets du développement sur la biodiversité, l'écologie communautaire et les espèces en péril. Elle participe actuellement à plusieurs projets d'étude des espèces et des communautés étroitement associées au bois mort sur le sol, y compris à des enquêtes relatives aux besoins d'habitat terrestre de la grenouille à queue côtière, à la réaction de la souris sylvestre de Keen à la restauration des rives, à la dépendance du pic buveur de sève de Williamson aux communautés de fourmis associées aux débris ligneux grossiers, et à la réaction des communautés d'arthropodes du sol à la sylviculture alternative. Avant de se joindre à Forest Research, Melissa a passé 10 ans comme biologiste de conservation avec l'industrie forestière dans le centre-ouest intérieur de la C.-B., où elle a dirigé les recherches régionales en matière d'étalonnage de débris ligneux grossiers et d'élaboration de stratégies de conservation.

Melissa.Todd@gov.bc.ca, 250-751-3132

Lisa Venier

Lise Venier est une chercheuse scientifique au RNCAN, SCF, CFGL à Sault Ste. Marie (Ontario). Ses recherches sont axées sur 1) la façon dont la biodiversité réagit aux perturbations naturelles et à celles de la récolte forestière et 2) le développement de méthodes d'intégration d'indicateurs à l'aménagement des forêts. Elle est membre du groupe de travail technique fédéral-provincial en bioéconomie des forêts et commence un projet sur le terrain cet été, à Chapleau, pour examiner les incidences du prélèvement de biomasse forestière sur la biodiversité des invertébrés. Elle fait également partie du comité organisateur de l'atelier sur la biomasse et la biodiversité.

Lisa.Venier@RNCAN-NRCAN.gc.ca, 705-541-5605

Kara Webster

Kara Webster est une chercheuse scientifique en écologie des sols forestiers au RNCAN, SCF, CFGL. Elle souhaite comprendre comment le sol fait pour soutenir les forêts naturelles, et comment l'aménagement forestier et le changement climatique affectent les principaux services écosystémiques, comme le stockage de l'eau et la séquestration du carbone. Pour ce faire, elle combine la surveillance sur le terrain, la modélisation empirique et écosystémique, ainsi que la cartographie sur SIG afin d'étudier les processus pédologiques à diverses échelles spatiales. Cette recherche fournira des connaissances permettant de mieux comprendre le rôle des sols comme indicateurs écologiques des forêts productives, une connaissance qui sera utilisée pour améliorer les politiques sur la durabilité des forêts et la gestion du carbone en situation de changement climatique. Ses projets de recherche actuels comprennent la cartographie des zones sources critiques dans des forêts où la topographie est complexe, les incidences des méthodes de sylviculture, notamment les incidences du prélèvement de biomasse pour la production de bioénergie sur la fonction microbienne et le cycle des éléments nutritifs dans le sol, et la dynamique du carbone et de la production de gaz à effet de serre dans les milieux humides boréaux et les tourbières des pergélisols.

Kara.Webster@RNCAN-NRCAN.gc.ca, 705-541-5520

ANNEXE 3 : Structure de l'atelier

A3.1 Structure de l'atelier

Le format de l'atelier a été conçu pour faciliter l'expression des différents points de vue (industrie, communauté forestière, Premières nations, politique et recherche) qui entourent la question des incidences de la récolte de biomasse pour la bioénergie sur la biodiversité, ainsi que les différentes disciplines scientifiques (de l'écologie microbienne à l'écologie théorique) requises pour aider à répondre à ces questions. La méthode consistait à utiliser diverses activités d'animation pour générer un débat et un consensus autour de l'établissement des priorités quant aux activités de recherche à réaliser.

Le programme général de l'atelier se trouve à l'Annexe 7.

Avant l'atelier, des questions ont été envoyées aux participants (Annexe 8), pour s'assurer qu'ils soient bien préparés pour l'atelier. Pendant l'atelier, l'équipe organisationnelle et des conférenciers ont donné des présentations afin de fournir le contexte et les renseignements généraux. Au début, afin de se familiariser avec les différents points de vue, les participants ont été invités à donner des exemples de changements qui se sont produits dans leur travail, parce qu'ils devaient prendre en considération la récolte de biomasse pour la bioénergie.

On a posé les questions suivantes aux participants :

- Quelle forme la récolte de biomasse pour la bioénergie prend-elle actuellement?
- Comment pourrait-elle changer, à mesure que la biomasse devient plus attirante à l'avenir?
- Quelles sont les principales inquiétudes relatives à la récolte de biomasse?
- Quelles sont les récentes questions de recherche résultant des demandes de bioénergie?

A3.2 Jour 1

Le premier jour de l'atelier a été consacré 1) au développement d'un modèle conceptuel des incidences du prélèvement de biomasse sur la biodiversité, pour servir de cadre de travail aux activités suivantes et 2) à la détermination de méthodes de recherche qui permettraient de préciser une quantité viable de biomasse prélevée, du point de vue de la biodiversité. La journée a été séparée en deux séances principales d'ateliers.

A3.2.1 Modèle conceptuel : première séance du jour 1

L'objectif de la première séance était de déterminer les liens sous-jacents et les causes entre le prélèvement accru de biomasse et les incidences possibles sur la biodiversité. Les participants ont d'abord été séparés en 10 petits groupes d'expertises semblables afin de parvenir à un consensus dans une discipline donnée. On a demandé aux chercheurs de déterminer les éléments et processus sensibles à la récolte de biomasse dans leur discipline. En même temps, on a demandé aux participants des communautés politiques, industrielles et forestières d'énumérer les questions importantes qui devraient être abordées dans le cadre de cette recherche. Cela a été fait pour s'assurer que la recherche proposée

réponde aux questions pertinentes pour les autres groupes. Dans la deuxième partie de l'exercice, on a divisé de nouveau les participants en quatre plus grands groupes multidisciplinaires, chacun ayant la tâche de développer un modèle conceptuel pour les séquences des effets liant les activités de récolte aux effets probables sur la biodiversité et sur les processus écosystémiques. Ces modèles et les séquences critiques identifiées ont contribué à orienter les activités d'établissement des priorités de recherche.

A3.2.2 Méthodes de recherche : deuxième séance du jour 1

Après la présentation d'un exemple d'étude sur le terrain par Jay Malcolm (University of Toronto), la deuxième séance en ateliers fut consacrée à la détermination et à l'établissement des priorités quant aux méthodes de recherche pouvant déterminer efficacement une quantité viable de biomasse prélevée, du point de vue de la biodiversité. On a invité les participants à élaborer une proposition de recherche par manipulations qui pourrait saisir la réaction des éléments et processus déterminés dans le modèle conceptuel conçu au cours de la première activité, en fonction des différents niveaux théoriques de financement.

A3.3 Jour 2

Le deuxième jour de l'atelier était axé sur l'élaboration d'hypothèses sur la surveillance de l'efficacité et sur l'établissement des priorités quant à ces hypothèses.

A3.3.1 Surveillance de l'efficacité : première séance du jour 2

Après une présentation du cadre de surveillance de l'efficacité en Ontario (Robert Rempel, chercheur scientifique, Centre de recherche sur l'écosystème des forêts du Nord), la première séance en ateliers du jour 2 comprenait deux étapes. Premièrement, on a demandé aux personnes de formuler une ou plusieurs hypothèses sur la surveillance de l'efficacité qui contribueraient à l'atteinte de l'objectif primordial de l'atelier. Puis, au sein des groupes, chaque personne a présenté son hypothèse au groupe, aux fins de discussion et de critique. On a ensuite révisé les hypothèses à la lumière des commentaires. On a demandé à chaque participant d'évaluer ses hypothèses en terme de faisabilité, de vulnérabilité, de connectivité et de degré d'intégration. Ensuite, tous les participants ont voté pour les hypothèses.

A3.3.2 Priorités quant à la surveillance de l'efficacité : deuxième séance du jour 2

Nous avons choisi les trois meilleures hypothèses pour la surveillance de l'efficacité en fonction des votes, et nous avons affecté un petit groupe à chacune d'entre elles. On a demandé aux groupes d'élaborer un plan de surveillance de l'efficacité afin de vérifier les hypothèses.

ANNEXE 4 : Modèles conceptuels pour les séquences des effets

A4.1 L'importance d'un cadre de travail conceptuel

Au début de l'atelier, nous avons consacré du temps au développement de modèles conceptuels pour les incidences du prélèvement de biomasse sur la biodiversité, afin de cadrer les discussions subséquentes sur les priorités de recherche et la surveillance de l'efficacité. Un modèle conceptuel est une représentation simplifiée d'un système complexe qui illustre les parties de la composante et leurs interactions. C'est un cadre de travail sur la façon dont nous pensons qu'un système fonctionne. Un bon modèle conceptuel est un outil important à toutes les étapes de l'élaboration d'un programme de surveillance ou de gestion adaptatif (Gross, 2003).

Au début du processus de planification, un modèle conceptuel sert à cadrer des idées, des discussions et des documents pertinents, afin de fournir un contexte plus vaste. Il procure le contexte pour organiser les renseignements et les connaissances. Le modèle conceptuel est formulé par différents experts, qui y contribuent au moyen de leur compréhension de la dynamique du système. L'élaboration d'un bon modèle conceptuel, au début du processus, aide à : 1) officialiser la compréhension actuelle des processus et de la dynamique du système, 2) déterminer les limites et la portée du système d'intérêt, 3) déterminer les liens des processus dans l'ensemble des périmètres disciplinaires (Gross, 2003).

Lorsque le cadre de base a été déterminé, le modèle conceptuel permet d'examiner les composantes et processus importants ainsi que leurs rôles, interconnexions et liens fonctionnels. Ainsi, à cette étape, le modèle fournit un moyen de souligner les principaux liens qui ont été très peu étudiés, établissant de ce fait les priorités pour les études futures, et déterminant les éléments qui constitueraient des indicateurs efficaces quant aux incidences de la surveillance.

Au fil de l'évolution de la recherche et du programme de surveillance, on obtient de nouveaux renseignements et on surveille les indicateurs. Ces connaissances mises à jour nous permettent de quantifier et d'avoir une compréhension plus approfondie des composantes et des liens qui mènent à des changements adaptatifs du modèle conceptuel.

Tout au long de ce processus, la communication du programme de gestion adaptative entre les scientifiques, les analystes politiques, les aménagistes forestiers, les intervenants et le public est essentielle. Le modèle conceptuel fournit un cadre de travail commun pour communiquer les connaissances, les lacunes, les résultats et les incidences.

A4.2. En quoi consiste un modèle pour les séquences des effets?

Un modèle pour les séquences des effets est un outil d'aide au processus décisionnel qui soutient les gestionnaires, les chercheurs et les praticiens participant à différents niveaux de planification pour l'écosystème, et dans ce cas, à l'aménagement des forêts. Dans notre contexte, ici, le modèle fournit un cadre de travail pour déterminer les effets des pratiques d'aménagement des forêts sur les éléments du système, tant directs qu'indirects, ainsi que les processus écosystémiques. Le but est de résumer tous les effets prévus d'une intensification du prélèvement de biomasse, par rapport à la perturbation naturelle, sur les composantes et les processus au sein de l'écosystème forestier. Le modèle est indépendant de

l'échelle, quant au temps et à l'espace, afin que les effets puissent être immédiats ou à long terme, et à l'échelle locale ou à celle du paysage.

A4.3 Étapes pour la construction du modèle pour les séquences des effets

Pendant l'atelier, on a demandé aux participants de contribuer au développement du modèle conceptuel. Au départ, des groupes d'experts d'un même secteur se sont rencontrés pour souligner les principaux éléments et processus liés à leur domaine d'expertise (microorganismes du sol, champignons, végétations non ligneuses, facteurs abiotiques, insectes et araignées, mammifères et oiseaux, arbres), puis de plus gros groupes ont été formés avec des personnes d'expertises différentes, afin de construire un modèle. L'organigramme du processus était le suivant (Figure 2) :

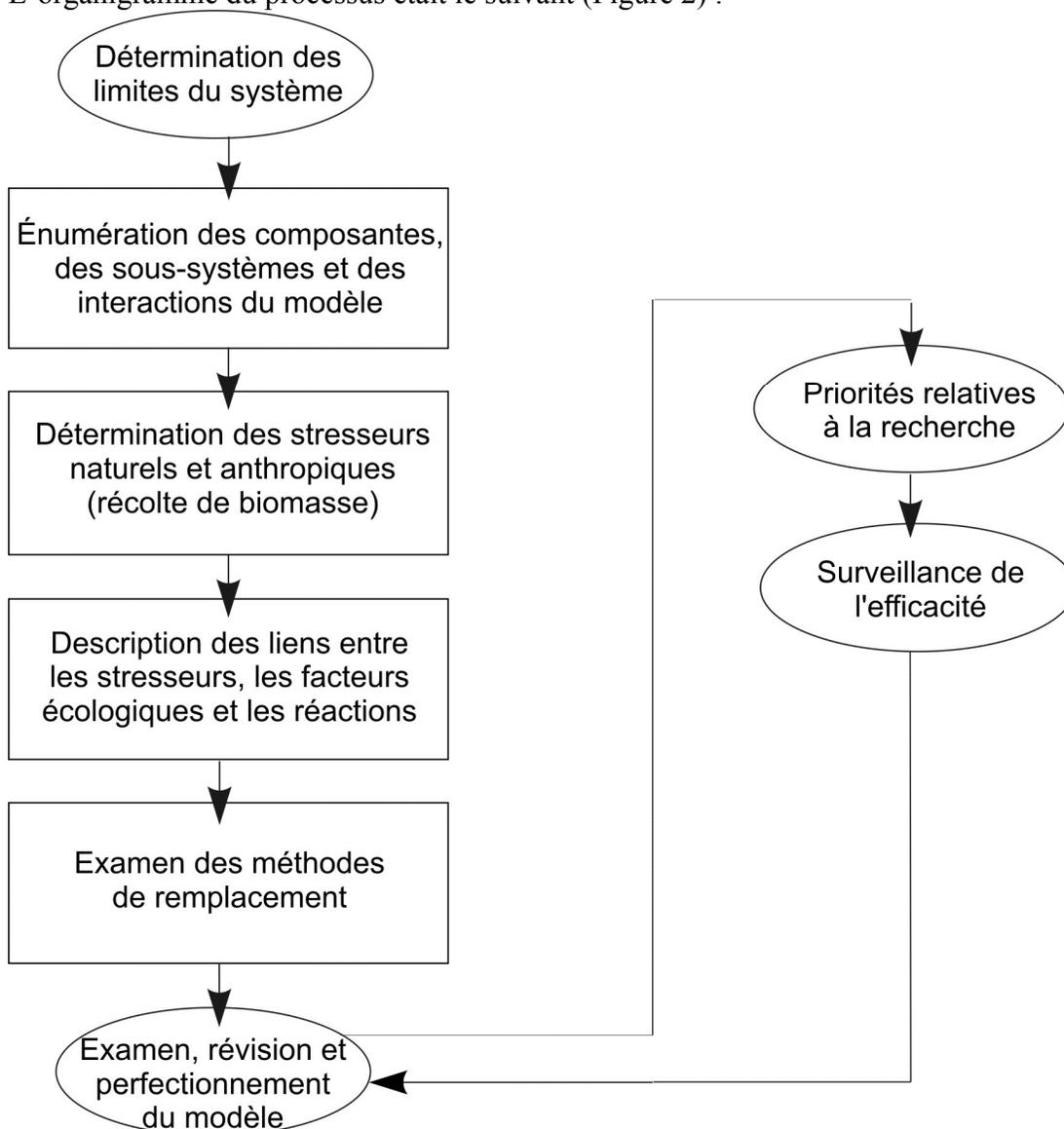


Figure 2. Organigramme des étapes suivies pour développer le modèle conceptuel.

A4.4 Comprendre les incidences de l'intensification du prélèvement de biomasse

L'intensification du prélèvement de biomasse peut avoir des incidences de premier et de deuxième ordres sur l'écosystème. Les incidences de premier ordre sont les composantes directement affectées par l'intensification du prélèvement de biomasse et comprennent la perte de bois mort, les changements climatiques ou microclimatiques, les changements dans la structure des sols et de la végétation résiduelle, et les dommages physiques (Figure 3). Les incidences de deuxième ordre sont sur le biote et sont modifiées légèrement par les changements occasionnés par les incidences directes, en reconnaissant qu'il y a des rétroactions parmi les niveaux trophiques, alors les incidences sur un niveau trophique peuvent être « ressenties » à d'autres niveaux (Figures 4-6).

Bien que le modèle pour les séquences des effets soit indépendant de l'échelle, il est important de reconnaître les différentes échelles temporelles et spatiales possibles des incidences des différents effets. La plupart des changements indiqués aux Figures 3-6 comportent une solide composante temporelle qui ne pourrait pas être saisie dans le modèle. Par exemple, la séquence temporelle des changements dans le profil du bois mort n'est pas saisie dans le modèle, mais a généralement été notée comme étant une perte prévue de débris ligneux grossiers. Les questions d'échelles temporelles et spatiales seront abordées en tant que questions-clés dans les sections Priorités de recherche et Schéma de contrôle. Les questions finales quant à l'établissement du plan de recherche devront tenir compte de la trajectoire temporelle prévue de ces changements.

Dans les sections suivantes, nous décrivons les incidences sur les trois groupes principaux : les microbes du sol (décomposeurs et pathogènes) (Figure 4), la végétation (producteurs primaires) (Figure 5) et les animaux (consommateurs et prédateurs) (Figure 6).

A4.5 Modèle de microbes du sol (Figure 4)

Les principaux services écosystémiques que les microbes du sol fournissent comprennent la décomposition et le cycle des éléments nutritifs, le mutualisme et le parasitisme. Les microbes du sol sont essentiels à la décomposition de la litière, à la minéralisation des éléments nutritifs essentiels des plantes et à la conservation de ces éléments nutritifs dans le système du sol. Les champignons saproxyliques sont les décomposeurs dominants des écosystèmes forestiers qui participent à la décomposition initiale du carbone (C) dans les tissus lignifiés. Les champignons mycorrhiziens sont importants dans le cycle des éléments nutritifs, surtout dans celui du phosphore (P). Les bactéries sont importantes dans le cycle des éléments nutritifs, surtout dans celui de l'azote (N), mais également pour le C et le soufre (S). Ces microbes pourraient être des hétérotrophes (p. ex., des méthanogènes provenant de l'acétate et des méthanotrophes) qui dépendent de substrats organiques, ou ils pourraient être des chimiotrophes dépendants de substrats inorganiques (p. ex., des ammonifères, des organismes nitrificateurs et dénitrificateurs, des bactéries dénitrifiantes, des méthanogènes du CO₂ et des espèces fixatrices de l'azote).

Incidences du prélèvement de biomasse pour la bioénergie sur la biodiversité de la forêt
Carte des effets

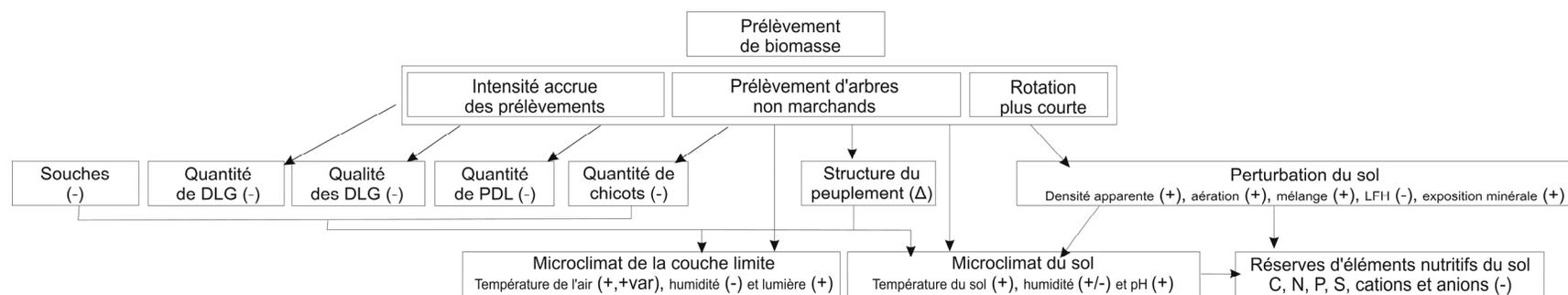


Figure 3. Carte des effets de haut niveau quant aux incidences du prélèvement de biomasse pour la bioénergie sur les propriétés écosystémiques. Les effets pourraient être croissants (+), décroissants (-), croissants et décroissants (+/-), inconnus (?), refléter les changements (Δ) quand l'orientation est inconnue, ou à variabilité croissante (+var).

La récolte affecte directement ces processus par la réduction et la redistribution de matière organique, le compactage, les changements de tapis végétal et la modification du microclimat, lesquels affectent la distribution, la composition et l'activité des biocénoses du sol. Les forêts nordiques ont évolué avec de grandes perturbations et sont très résistantes. Le présent ensemble de biotes dans ces forêts procure une redondance utile et un système biologique de sol simplifié nuira probablement au cycle des éléments nutritifs, à la croissance des arbres et à la santé des forêts, et pourra mener à des problèmes d'organismes nuisibles (Marshall, 2000).

Bien que quelques études examinent les incidences de la récolte intensive de biomasse sur la bioénergie des microbes du sol, certaines études ont examiné les effets à court terme de la coupe à blanc. La coupe à blanc mène généralement à des baisses de biomasse microbienne (Schilling et coll., 1999) et à une activité extracellulaire des enzymes (Hassett et Zak, 2005) au cours de la deuxième année suivant la récolte, bien que la réaction au cours de la première année puisse d'abord être une augmentation ou aucune tendance, selon la composition microbienne du sol avant la récolte (Siira-Pietikäinen et coll., 2001). La respiration suit la réaction de la biomasse, d'abord accrue à la suite de la récolte (Schilling et coll., 1999; Walmsley et Godbold, 2009), en raison de l'épuisement du substrat facilement décomposable des rémanents d'exploitation et de la biomasse de racines mortes, puis elle diminue (Siira-Pietikäinen et coll., 2001). Les bactéries pourraient ne démontrer aucun effet, diminuer (surtout les espèces fixatrices de l'azote) ou augmenter (Siira-Pietikäinen et coll., 2001). Les effets sur les champignons comprennent des changements dans la composition et la diversité des espèces (Sayer, 2006) et une diminution de la biomasse fongique (Siira-Pietikäinen et coll., 2001; Forge et Simard, 2000). Les champignons subissent généralement des incidences négatives – surtout la mycorhize – probablement liées à une diminution du nombre d'apex des racines mycorhiziens (Siira-Pietikäinen et coll., 2001), et les incidences sur les champignons non mycorhiziens sont habituellement peu connues (Marshall, 2000). Le rétablissement du fonctionnement microbien se produit habituellement après 10 ans (p. ex., Houston et coll., 1998), bien que l'on ait observé certains changements à plus long terme dans la composition des communautés (Hartmann et coll., 2009). Les changements à plus long terme sont moins apparents en raison du rétablissement graduel de la plupart des composantes biologiques avec la fermeture du couvert (Marshall, 2000).

Les principaux facteurs affectant les microbes du sol associés à la récolte de biomasse sont les changements à l'environnement physique et chimique et les substrats métaboliques (c.-à-d., la matière biologique, pour les hétérotrophes, et les molécules inorganiques, pour les chimiotrophes). Le microclimat du sol affecte les taux de réactions enzymatiques (la température), la solubilisation du substrat (l'humidité du sol et le pH) et l'ionisation (le pH). La perturbation du sol affecte le microclimat du sol, mais affecte aussi les horizons pédologiques (la densité apparente, l'aération et le mélange), déterminant la quantité d'oxygène dans le sol, laquelle influence les réactions d'oxydation et de réduction dans le sol. La litière, les débris ligneux grossiers, les petits débris ligneux et les souches et les matières organiques dans le sol fournissent le substrat carbonique qui alimente le métabolisme hétérotrophe. La quantité détermine le montant brut de substrat disponible, influant sur le nombre de microbes, mais la qualité du substrat détermine les organismes qui décomposeront cette matière (p. ex., les champignons dont les rapports C/N sont plus élevés peuvent décomposer la matière organique dont les rapports C/N sont plus élevés) et le taux auquel la matière est décomposée.

Incidences du prélèvement de biomasse pour la bioénergie sur la biodiversité de la forêt
Carte des effets

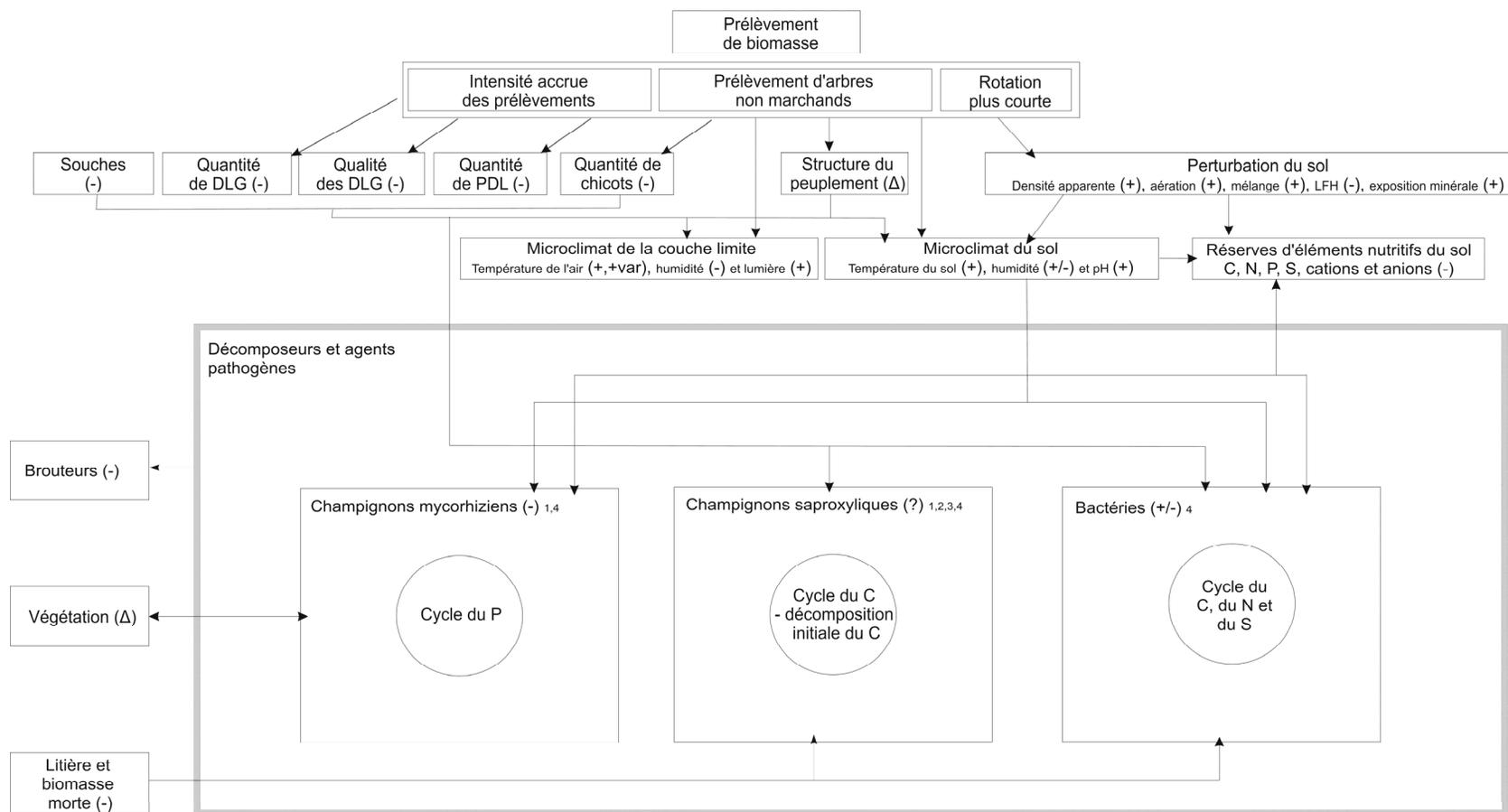


Figure 4. Carte des effets du prélèvement de biomasse pour la bioénergie sur les microbes du sol. Les effets pourraient augmenter (+), diminuer (-), réagir des deux façons (+/-), être inconnus (?) ou refléter les changements (Δ). Références : ¹Forge et Simard 2000, ²Marshall 2000, ³Sayer 2006, ⁴Siira-Pietikäinen et coll. 2001.

Une diminution de la matière organique et de l'apport d'éléments nutritifs est peut-être l'incidence la plus évidente d'un prélèvement intensifié de biomasse (Hagerberg et Wallander, 2002). Quant aux corollaires, les expériences agricoles à long terme pourraient procurer les meilleures données quant aux incidences d'une foresterie plus intensive. L'une des principales constatations des recherches agricoles à long terme est l'importance de retourner les résidus des « récoltes » au sol (Vance, 2000). En plus des résidus comme source de C et d'éléments nutritifs pour les microbes, le fait de laisser des débris sur le site récolté procure des tannins solubles qui freinent les bactéries nitrifiantes, réduit le lessivage des nitrates et des cations (Powers, 1989), procure des matières qui atténuent les effets néfastes de la machinerie de récolte sur les sentiers de débardage (Addison et Barber, 1997), accroît la conservation d'humidité, réduit l'érosion et fournit des sites aux bactéries de fixation asymbiotique d'azote (Amaranthus et coll., 1989; Powers, 1989).

Les effets indirects des prélèvements intensifiés de biomasse sont les incidences des changements au sein de la communauté microbienne du sol, qui filtre jusqu'à d'autres niveaux trophiques. Les décomposeurs ont un solide contrôle « ascendant » des niveaux trophiques plus élevés, fournissant le service écosystémique de recyclage des éléments nutritifs qui est requis à des niveaux trophiques plus élevés. De plus, les agents pathogènes affectent la taille de la communauté et la composition des niveaux trophiques plus élevés. Les interactions en matière de mutualisme, comme par la fixation de l'azote ou les associations mycorhiziennes, affectent la composition et la vigueur de la végétation.

Inversement, les microbes du sol, à leur tour, sont affectés par les changements aux niveaux trophiques plus élevés qui créent des contrôles « descendants ». En particulier, les microbes sont affectés par la quantité de substrats carboniques provenant de la litière végétale (feuilles, branches, exsudats des racines, etc.) et par la biomasse d'animaux morts, qui sont disponibles pour la décomposition.

A4.6 Modèle de végétation (Figure 5)

La végétation sera probablement affectée directement et indirectement par le prélèvement de biomasse, en raison des dommages et de la concurrence, respectivement (Roberts, 2004). Une intensité accrue des prélèvements influera probablement sur la réaction de la végétation, en ce qui a trait à la stratégie de régénération et à la concurrence (Haeussler et coll., 2004; Roberts, 2004).

Les changements dans le profil du bois mort affecteront probablement la communauté végétale. Bien que la perte de chicots affecte directement les épiphytes et les lichens, la perte ou la modification des caractéristiques des débris ligneux pourraient affecter le recrutement de la végétation et la survie en raison de la modification du microclimat, de la perte de grumes-abris et de la réduction de la diversité de l'habitat (Lee et Sturgess, 2001; Crites et Dale, 1998; Cole et coll., 2008; Newmaster et coll., 2007). La composition et la structure de la communauté végétale pourraient également être affectées par la perte de bois mort en raison d'une modification possible de la décomposition et de la nutrition du sol à la suite d'une réduction de l'abondance des champignons saproxyliques. Les changements dans la décomposition qui affectent la nutrition du sol pourraient mener à des changements dans la composition des espèces, certaines espèces étant plus particulièrement sensibles à la limitation d'éléments nutritifs.

Une augmentation des perturbations du tapis forestier pourrait également affecter la communauté végétale (Nguyen-Xuan et coll., 2000; Haeussler et coll., 2002; Newmaster et coll., 2007). Une durée de rotation plus

brève pourrait aussi affecter la végétation, notamment si elle ne donne pas assez de temps à la communauté végétale pour converger sur un assemblage communautaire mature avant la prochaine rotation. De brèves rotations ont été montrées pour favoriser le développement d'une couche de végétation de sous-bois dense qui peut retarder le recrutement des arbres (Royo et Carson, 2006).

La végétation a un effet immédiat de filtre et de fondateur sur les processus écosystémiques, par l'entremise des espèces dominantes, des espèces subordonnées qui influencent le recrutement des espèces dominantes et des espèces transitoires, respectivement (Grime, 1998). Les changements dans la communauté végétale auront probablement un effet de rétroaction synergique, suscitant un autre impact. Par exemple, la modification de la composition et de la structure de la végétation de sous-bois pourrait affecter la disponibilité et la composition de la propagule, des semences et de la banque de semences, suscitant une autre modification de la communauté de sous-bois, à plus long terme. Les changements dans la communauté végétale pourraient également affecter d'autres groupes trophiques. La végétation influence les groupes trophiques plus élevés par la modification de l'habitat et des ressources des animaux. La réaction de la végétation pourrait aussi affecter les groupes trophiques moins élevés, par exemple, la faune du sol et les champignons associés à une composition ou à une structure particulière de végétation (De Bellis et coll., 2007). Les changements dans la communauté végétale pourraient également affecter les processus écosystémiques, comme la productivité du sol (p. ex., Wookey et coll., 2009). Cependant, le manque d'informations sur les principaux traits des effets, comme la fumure foliaire et les éléments nutritifs des racines, le contenu en lignine et le contenu phénolique pour de nombreuses espèces-clés de sous-bois réduisent notre capacité à prédire comment une communauté végétale modifiée à la suite d'une récolte de biomasse pourrait affecter la productivité du sol.

A4.7 Modèle invertébré et vertébré (Figure 6)

Étant donné la portée de ce modèle, nous avons produit une représentation relativement simple des composantes et des interactions possibles pour ces groupes. Il est important de noter que plusieurs des relations de ce modèle sont basées sur les exigences physiques quant à l'habitat et ne sont pas nécessairement de nature trophique. Les nombreux organismes saproxyliques sont importants (ceux qui sont directement ou indirectement dépendants du bois mort). Les champignons saprotrophes fournissent une base à un grand contingent de fungivores, y compris le Collembole (Hopkin, 1997), les diptères (Grove, 2002), les coléoptères (Grove, 2002) et les acariens (Johnston et Crossley, 1993). Ceux-ci, ainsi que les invertébrés saprotrophes, fournissent la fondation trophique à une grande variété de prédateurs invertébrés, de mammifères insectivores (Maser et coll., 1979), et d'oiseaux qui s'alimentent au sol ainsi que dans l'écorce (Imbeau et coll., 2001; Johnston et Holberton, 2009). À leur tour, ceux-ci sont les proies d'une variété de prédateurs de niveau trophique supérieur, dont les strigidés (Mazur et James, 2000), les martres (Jensen et coll., 2012) et les renards (Jones et Theberge, 1983).

Incidences du prélèvement de biomasse pour la bioénergie sur la biodiversité de la forêt

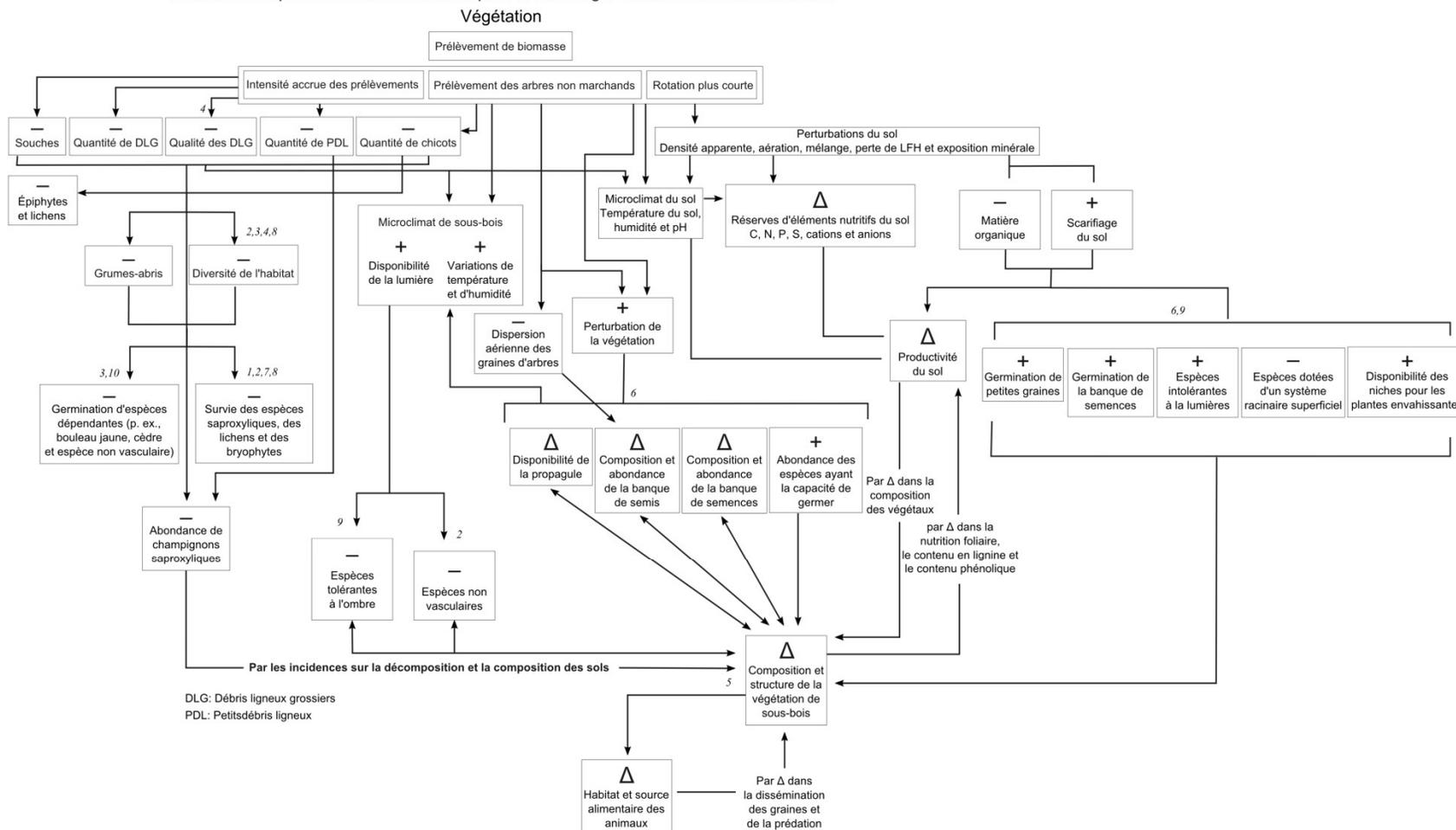


Figure 5. Modèle conceptuel pour les séquences des effets sur la végétation. Références : ¹Caners et coll. 2009, ²Cole et coll. 2008, ³Cornett et coll. 2000, ⁴Crites et Dale 1998, ⁵DeBellis et coll. 2007, ⁶Haeussler et al. 2002, ⁷Jonsson et coll. 2005, ⁸Mills et MacDonald 2005, ⁹Newmaster et coll. 2007, ¹⁰Simard et coll. 2003.

Pour ce qui est de l'habitat et de l'environnement physiques, on s'attend à ce que la structure des peuplements ait un effet important sur la composition de la communauté d'oiseaux (Venier et Pearce, 2007). Les chicots sont une composante nécessaire à une variété d'oiseaux nichant dans les cavités (Martin et Eadie, 1999) et de mammifères (Martin et coll., 2004), et l'on s'attend à ce que le prélèvement d'arbres non marchands réduise le recrutement futur de chicots. On s'attend aussi à ce que le microclimat de la couche limite, qui est affecté par la structure des peuplements et la quantité ainsi que la structure du bois mort, influe sur les amphibiens, les petits mammifères (Maser et coll., 1979) et les invertébrés épigés (Pearce et coll., 2003). Les effets du prélèvement de biomasse sur les animaux du sol ressemblent aux effets sur les microbes du sol. Comme indiqué dans la section sur les microbes du sol, la réduction et la redistribution de matière organique et les effets connexes (p. ex., le compactage du sol, les changements dans la communauté des plantes, les changements au niveau du microclimat) auront une incidence considérable sur les communautés animales du sol. Bien que nous n'ayons pas documenté toutes les composantes et connexions possibles à la Figure 6, il est clair que le prélèvement de biomasse a le potentiel d'affecter une grande partie de la chaîne trophique et d'avoir des incidences directement par l'entremise de changements à la structure de l'habitat et au microclimat. Il semble probable que les incidences les plus directes (les effets qui sont plus directement liés à la perte de biomasse) constitueront de meilleures cibles pour la recherche initiale, puisque leurs effets sont moins susceptibles d'être confondus par des interactions et des stressors supplémentaires non connexes.

A4.8 Messages-clés et thèmes communs quant au modèle conceptuel

- Les effets du prélèvement de biomasse sont surtout modifiés par la perte de débris ligneux sous toutes ses formes, les changements de microclimat en raison de la perte de couverture et un accroissement de la perturbation du sol, surtout par l'entremise du compactage.
- Il y a une multitude d'incidences physiques, chimiques et biotiques qui se produisent lors de la récolte de biomasse.
- Les incidences physiques comprennent l'altération de l'habitat et les changements au microclimat.
- Les incidences chimiques sont liées au pH et au carbone du sol, ainsi qu'à la disponibilité des éléments nutritifs.
- Les incidences biotiques sont surtout liées aux interactions de la chaîne alimentaire (effets trophiques).
- En plus de ces effets directs, il y a des effets indirects en cascade sur les parties supérieure et inférieure de la chaîne alimentaire.
- Il n'y a pas toujours d'effet positif ou négatif clair, surtout là où il y a une communauté d'organismes (p. ex., des bactéries et des champignons) qui sont composés de différentes espèces jouant des rôles différents ou redondants.
- Les liens entre les niveaux trophiques ont généralement été peu étudiés, et la solidité de la connexion et de la rétroaction entre ces niveaux n'a pas été quantifiée.
- Nous nous attendons à ce que de nombreux effets soient propres au type de forêts, comme les forêts de conifères par rapport aux forêts caducifoliées.

Incidences du prélèvement de biomasse pour la bioénergie sur la biodiversité de la forêt
Carte des effets

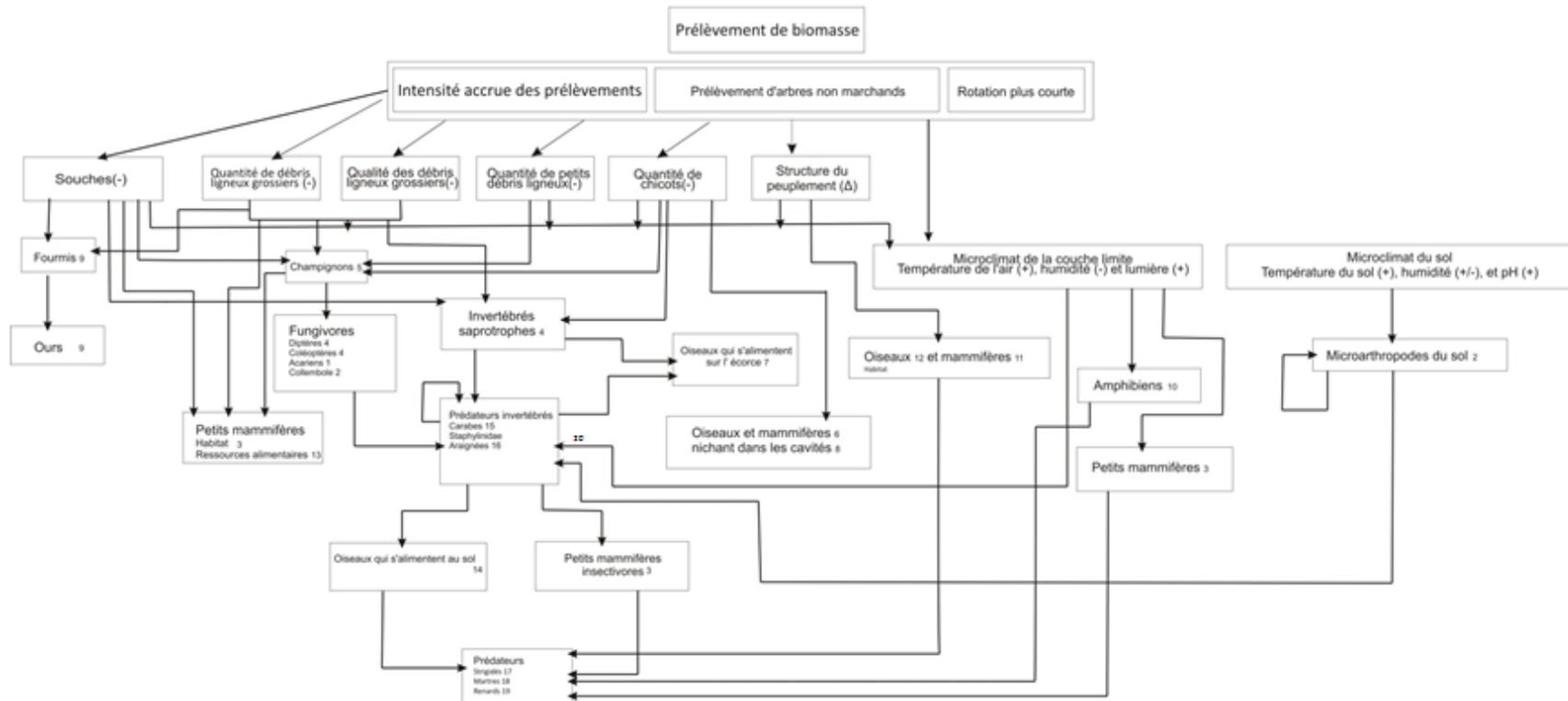


Figure 6. Modèle conceptuel pour les séquences des effets, pour les invertébrés et les vertébrés. Références : ¹Johnston et Crossley 1993, ²Hopkin 1997, ³Maser et coll. 1979, ⁴Grove 2002, ⁵Boddy et coll. 2008, ⁶Martin et Eadie 1999, ⁷Imbeau et coll. 2001, ⁸Martin et coll. 2004, ⁹Noyce et coll.1997, ¹⁰Homyack et coll.2011, ¹¹St-Laurent et coll.2007, ¹²Venier et Pearce 2007, ¹³Orrock et Pagels 2002, ¹⁴Johnston et Holberton 2009, ¹⁵Lovei et Sunderland 1996, ¹⁶Wise 1993, ¹⁷Mazur et James 2000, ¹⁸Jensen et coll. 2012, ¹⁹Jones et Theberge 1983, ²⁰Pearce et coll. 2003.

ANNEXE 5 : Priorités relatives à la recherche

Pendant l'atelier, les participants ont été séparés en quatre groupes multidisciplinaires et ont été invités à déterminer les questions de recherche et les hypothèses sous-jacentes devant être traitées afin d'élaborer une politique en vue d'assurer la durabilité de la récolte pour la bioénergie. En outre, on leur a demandé d'échanger leurs idées sur l'élaboration d'une expérience relative à une recherche par manipulations qui pourrait tester efficacement les hypothèses proposées. Les modèles conceptuels développés au cours de la première activité ont fourni un cadre de travail à partir duquel on pouvait élaborer des hypothèses prioritaires. On a donné à chacun des groupes un niveau de financement fictif différent (c.-à-d., un montant d'argent pour exécuter le projet de recherche : 50 000 \$, 100 000 \$, 500 000 \$ et un million de dollars par année). On s'attendait à ce que les différents niveaux de financement suscitent différents impératifs quant à l'établissement des priorités. On a demandé à chaque groupe de déterminer :

- Les éléments à mesurer en vue d'évaluer les incidences du prélèvement de biomasse sur la biodiversité;
- La méthode utilisée pour mesurer ces éléments;
- Les énoncés particuliers des hypothèses devant être testées;
- Des renseignements détaillés sur le modèle d'étude devant être mis en œuvre.

Dans cette section, nous présentons d'abord les points saillants des propositions de recherche élaborées par chaque groupe. Ensuite, nous fournissons un résumé des messages-clés et des éléments communs du modèle d'étude parmi les groupes, puis nous mentionnons les préoccupations et les questions qui ont été soulevées parmi les groupes.

A5.1 Points saillants des groupes

A5.1.1 Groupe A

Niveau de financement : 50 000 \$/an

A5.1.1.1 Question examinée par le groupe :

Ce groupe s'est concentré sur le problème de l'orientation des politiques avec des ressources limitées. Il a résumé les questions de la recherche comme suit : dans un contexte de récolte pour la bioénergie, combien de rémanents devraient être laissés sur le site et en quoi ce résultat varie-t-il suivant le type de sites?

Ce groupe a mis l'accent sur le fait qu'au-delà de la composante de recherche, cette question comprenait une solide composante sociale et communautaire. Par conséquent, une pensée critique et une analyse décisionnelle dans un contexte de gestion adaptative comprenant les valeurs de multiples intervenants devraient être utilisées comme point de départ pour orienter les objectifs et les questions de la recherche. Suivant cette ligne de pensée, on devrait accorder la priorité aux projets qui peuvent s'adapter aux valeurs de plus d'un intervenant.

Suivant un scénario de ressources limitées, les membres de ce groupe sentaient que la priorité devrait être accordée à l'acquisition de bonnes connaissances à jour fondées sur un examen et une synthèse de la

documentation et des modèles théoriques. Une rétrospective circumboréale des études a été suggérée en tant que bon outil d'apprentissage (p. ex., dans ce cas, les effets d'une gestion intense à rotations multiples provenant de régions nordiques comme la Fennoscandie). On pourrait ensuite développer un modeste essai à long terme assorti de traitements-clés et d'éléments-clés de surveillance. L'essai devrait être axé sur ce qui pourrait se produire à l'avenir, suivant un scénario de valeur de biomasse plus élevée et de pressions possibles en vue de l'augmentation des niveaux de prélèvement de biomasse au-delà des pratiques actuelles.

A5.1.1.2 Modèle d'étude :

Le modèle d'essai devrait être fondé sur les résultats et la méthode appliquée ailleurs avec succès, pour une question de recherche semblable. L'essai devrait comprendre une gamme contrastée de prélèvements de biomasse (c.-à-d., 100 % des rémanents laissés sur le site, un niveau intermédiaire et 0 % laissés sur le site), afin d'aider à déterminer un seuil. Un traitement de perturbation naturelle (p. ex., le feu, dans le cas d'une forêt boréale) devrait être envisagé en tant que point de référence (contrôle). Afin de réduire les ressources requises, il faudrait choisir un délai critique dans la succession, par exemple, quand le bois mort est à son plus bas niveau, et par conséquent, à son niveau le plus contraignant.

A5.1.1.3 Réaction variable devant être mesurée :

Avec des ressources limitées, un groupe trophique ou fonctionnel clé devrait être choisi en tant qu'élément à surveiller. On a suggéré les espèces saproxyliques et celles qui sont connues pour avoir un lien solide avec la productivité du peuplement (p. ex., suscitant un cycle d'éléments nutritifs). De plus, une croissance réduite des arbres en tant que substitut d'un changement quant à la productivité du site a également été suggérée en tant qu'indicateur potentiel.

Avec des ressources limitées, il faudrait choisir les éléments à mesurer en gardant à l'esprit les points de vue de multiples intervenants. Par exemple, la réaction variable que l'on choisit de mesurer pourrait aussi être celle qui offre le plus de valeur pour les Premières nations, être connue comme étant vulnérable sur le plan de la biodiversité, et être celle qui pourrait plus facilement orienter l'élaboration des politiques.

A5.1.2. Groupe B

Niveau de financement : 100 000 \$/an

A5.1.2.1 Question examinée par le groupe :

Ce groupe a axé ses discussions sur l'existence ou la non-existence d'une réaction seuil au prélèvement de biomasse. Il a fourni des questions précises découlant de différents points de vue :

Point de vue de l'industrie : combien de biomasse pouvons-nous prélever d'un site sans provoquer d'incidence importante? Si un seuil existe, il constituerait la cible opérationnelle pour la conservation de rémanents.

Point de vue de la recherche : quelle est la forme de la courbe de réaction de la biodiversité au prélèvement croissant de biomasse? Existe-t-il un seuil? Les seuils seront-ils différents, parmi les taxons? Varient-ils avec le temps écoulé depuis la perturbation?

A5.1.2.2 Modèle d'étude :

Le modèle expérimental a été axé sur la manipulation de différentes caractéristiques du profil du bois, surtout sur deux axes principaux :

- a) La quantité de biomasse. Un modèle expérimental comprenant une gamme complète de prélèvements de biomasse.
- b) Qualité des débris ligneux. Elle devrait comprendre différentes compositions d'espèces (c.-à-d., bois de feuillus et bois d'œuvre résineux), mais également différentes catégories de taille et différents niveaux de décomposition. Elle permettrait de répondre à la question « Avons-nous besoin de gros bois, ou suffirait-il d'avoir beaucoup de petit bois? »

Avec des ressources limitées, on a reconnu qu'une série complète de prélèvements de biomasse (quant à la quantité et à la qualité – suscitées par la composition des espèces – en se fondant sur le discours de Jay Malcolm) était impossible. Pour ce cas, le groupe a suggéré un modèle d'étude simplifié, ne gardant que deux niveaux de traitements de prélèvements de biomasse. Il sentait que la meilleure méthode aurait été d'avoir un ensemble jumelé de prélèvements qui réunirait le niveau actuel d'acceptation (l'un étant plus élevé et l'autre, moins élevé), tout en restant faisable sur le plan opérationnel et économique. Si possible, ceci devrait être stratifié par une conservation élevée de bois de feuillus, par rapport à une conservation élevée de bois d'œuvre résineux. Si le nombre de types de sites est limité en raison des restrictions budgétaires, le groupe suggère d'utiliser la documentation pour déterminer ceux qui sont jugés les plus sensibles au prélèvement de biomasse.

Pour la sélection des variables et des indicateurs de réaction, le groupe a suggéré d'examiner le cas des régions dotées d'écosystèmes forestiers similaires (p. ex., l'Europe), qui possèdent une plus longue expérience d'intensification de prélèvement de biomasse, et de déterminer ce qu'elles ont perdu en raison de cette intensification et au fil du temps (c.-à-d., les taxons vulnérables en Europe). Il suggère d'utiliser la documentation européenne et les espèces européennes signalées, pour déterminer les espèces qui sont sensibles aux prélèvements intensifs. Les espèces « sœurs » en Amérique du Nord, c.-à-d., possédant des caractéristiques ou des exigences similaires, pourraient alors être définies comme étant des espèces potentiellement vulnérables.

Ce groupe a suggéré une méthode de nœud à trois taxons, en tant que variables de réaction à mesurer :

- Communautés d'oiseaux (exigent une complexité verticale);
- Petits mammifères (exigent une complexité horizontale);
- Communautés de champignons (certaines réactions de débris ligneux grossiers propres aux espèces).

Un quatrième nœud supplémentaire, les insectes, a également été suggéré. Pour obtenir une évaluation de niveau écosystémique sans avoir à tout mesurer, on a suggéré d'effectuer une analyse détaillée de quelques groupes-clés sélectionnés, qui constituent de bons liens entre ces nœuds.

Ce groupe a émis l'hypothèse que les niveaux trophiques moins élevés seront plus affectés par une intensité croissante du prélèvement de biomasse.

A5.1.3 Groupe C

Niveau de financement : 500 000 \$/an

A5.1.3.1 Question examinée par le groupe :

Le groupe a résumé les questions de la recherche comme suit : comment la diversité change-t-elle avec l'intensité de la récolte de biomasse? Le groupe était d'avis qu'une question tout aussi importante, mais moins malléable était de savoir comment la récolte de biomasse affecte les services écosystémiques. Actuellement, nous n'en connaissons pas suffisamment sur la réaction des différentes composantes de l'écosystème et sur le lien entre la biodiversité et les processus et services écosystémiques pour répondre à cette question, mais le groupe estimait que cette question serait importante à l'avenir. Par exemple, si l'objectif sous-jacent de la récolte de biomasse est de remplacer les systèmes qui utilisent des carburants fossiles et d'améliorer le réchauffement climatique, il faudrait reconnaître que les écosystèmes des forêts jouent un rôle important dans la composition de l'atmosphère en échangeant du dioxyde de carbone, du méthane et de l'oxyde nitreux. Nous devrions examiner les incidences de la récolte de biomasse sur les microbes qui produisent ces gaz afin de confirmer que cette forme d'aménagement forestier n'aggrave pas le problème des émissions de gaz à effet de serre.

A5.1.3.2 Modèle d'étude :

Ce groupe a souligné que non seulement l'abondance de bois mort et la distribution changent au fil du temps, mais que l'état de décomposition du bois mort change également au fil du temps. Par conséquent, les mesures de contrôle appropriées doivent tenir compte du temps écoulé depuis la perturbation et du temps écoulé depuis la mort de l'arbre. Les membres ont débattu sur l'utilisation de deux chronoséquences nichées en tant que mesures de contrôle : des peuplements qui correspondent à différentes charges de bois mort à différents stades de succession et, à l'intérieur de cela, des chronoséquences de grumes allant du bois mort frais au bois mort bien décomposé. Ces deux chronoséquences fourniraient la gamme complète de la variabilité naturelle du profil du bois mort.

Deux méthodes simultanées pourraient être utilisées pour examiner l'incidence du prélèvement de biomasse sur la biodiversité. Premièrement, on pourrait étudier des sites ayant subi de précédentes perturbations causées par des prélèvements de biomasse, afin de les utiliser dans une étude rétrospective. Cette méthode serait limitée par la disponibilité des peuplements, avec le traitement approprié au stade de succession approprié. L'avantage de cette méthode rétrospective serait la capacité d'examiner une chronoséquence complète immédiatement, plutôt que de devoir attendre la succession. La deuxième méthode serait de mettre des traitements en place afin d'examiner la gamme complète des prélèvements de biomasse. Le groupe a recommandé que les sites soient inclus avec les niveaux suivants de biomasse ligneuse laissés sur le site : 80, 40, 20, 10, 0 m³ · ha⁻¹. Cette gamme de conservation réunirait les 40 m³ · ha⁻¹ suggérés en tant que valeur de seuil basée sur la recherche dirigée par T. Work sur les invertébrés.

Si les ressources sont limitées, il faudrait effectuer cette expérience dans l'écosystème le plus vulnérable. Par exemple, en sélectionnant un peuplement récemment perturbé et en manipulant la biomasse ligneuse dans un gradient de conservation de débris ligneux grossiers. Un ensemble supplémentaire de traitements pourrait également comprendre un gradient de petits débris ligneux.

A5.1.3.3 Variables des réactions à mesurer :

- Accent mis sur les groupes d'organismes qui sont connus pour réagir aux pertes de bois mort;
- Le groupe a mis l'accent sur des plantes vasculaires et non vasculaires, ainsi que sur des groupes d'insectes (p. ex., les invertébrés des litières de feuilles);
- Les groupes qui utilisent le bois mort comme ressource, comme les champignons et les insectes saprotrophes (plus susceptibles d'être vulnérables à l'état de décomposition du bois mort);
- Un paramètre qui pourrait être utile, pour lier les changements de biodiversité aux principaux services écologiques, serait la biomasse au sein de chaque niveau trophique. En effectuant le suivi de l'augmentation de biomasse, vous pouvez, en retour, suivre le flux d'énergie (carbone) entre chaque niveau trophique.

A.5.1.4 Groupe D

Niveau de financement 1 000 000 \$/an

A5.1.4.1 Question examinée par le groupe :

Le groupe a résumé les questions de la recherche comme suit : l'intensification du prélèvement de biomasse mènera-t-elle à une diminution de la biodiversité? Quand le prélèvement de biomasse devient-il nuisible à la résistance de l'écosystème? Quelle est la manipulation minimale (prélèvement de biomasse) requise pour obtenir un signal? Y a-t-il une réaction linéaire ou un niveau de seuil provoquant une réaction négative? En quoi ce seuil écologique se compare-t-il à un seuil socialement acceptable?

A5.1.4.2 Modèle d'étude :

Avec des ressources suffisantes, le groupe a suggéré d'augmenter la distribution et la résolution spatiales, augmentant le nombre d'expériences effectuées en parallèle, dont l'aspect social, et incluant un grand nombre de niveaux trophiques. Le principal défi déterminé par ce groupe était de trouver un modèle pouvant intégrer le point de vue du paysage, avec une modélisation suggérée en tant qu'outil utile pour y parvenir. Le groupe suggère de travailler au niveau du paysage et du peuplement, afin de maximiser l'application des résultats à des échelles régionales et nationales plus vastes. Il a déterminé la valeur du développement d'un réseau d'études dans l'ensemble du Canada. Le projet de recherche pourrait être conçu avec des sous-groupes de l'équipe de recherche, l'un étudiant des aspects physiques, et les autres, des aspects biologiques précis. En tant qu'exemple, il a présenté le projet GEEPN (Gestion de l'écosystème par émulation des perturbations naturelles). Le modèle expérimental devrait comprendre une stratégie pour lier à la composante abiotique la réaction des différents groupes d'éléments composant la chaîne trophique. On a déterminé que le temps et l'espace sont des éléments cruciaux dont il faut tenir compte quant au modèle de l'expérience. Il faudrait tenir compte de la variabilité spatiale naturelle. On a déterminé qu'une méthode dynamique de modélisation du système était un outil potentiellement utile, pour mettre à l'échelle les renseignements par rapport au temps et à l'espace. Une telle méthode conviendrait bien, pour faire de futures prédictions et pour déterminer les variables sensibles. Un éventail d'intensités de prélèvement (a été suggéré pour encadrer la conservation minimale de débris ligneux grossiers de $40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Ce groupe a suggéré un modèle niché stratifié par l'écorégion, comprenant six paysages de 500 km x 500 km et six sites de 100 m x 100 m). Des placettes de 70 m x 70 m à 100 m x 100 m ont été suggérées en tant qu'échelle minimale pour les unités d'échantillonnage.

Il suggère d'utiliser différents contrôles de la « perturbation naturelle », selon l'intensité du traitement, et d'y faire correspondre une sorte d'aménagement (p. ex., coupe progressive et coupe à blanc) à une sorte de perturbation précise d'intensité similaire (perturbation causée par le vent, les insectes et le feu).

A5.1.4.3 Variables de réactions à mesurer :

Il suggère une évaluation multiéchelle nichée des variables de réactions. Plus précisément, il suggère de mesurer un éventail de taxons. Il faudrait sélectionner les taxons en fonction de leur vulnérabilité, en accordant la priorité à celui ayant le plus de liens avec de multiples taxons. Il faudrait également mesurer les attributs structuraux (p. ex., le volume de bois grossier) et les variables abiotiques (p. ex., les éléments nutritifs du sol).

ANNEXE 6 : Surveillance de l'efficacité

Nous avons demandé aux participants de l'atelier de déterminer les hypothèses prioritaires qui devraient être traitées au moyen de la surveillance de l'efficacité, afin d'assurer la stabilisation de l'intégrité écologique dans le contexte de la récolte de biomasse. Le Tableau 2 énumère toutes les hypothèses qui ont été suggérées. Nous espérons que les hypothèses seraient assez précises pour pouvoir être testées sans beaucoup de discussions supplémentaires, par exemple, que les hypothèses indiqueraient les espèces ou les groupes d'espèces à examiner, et que l'échelle temporelle et spatiale serait précisée, etc. Toutefois, la plupart des participants ne voulaient pas être trop précis et généraient des hypothèses très vastes et générales qui requerront plus de discussions pour devenir testables. Nous avons ensuite demandé aux participants de voter pour les hypothèses qu'ils croyaient être de la plus haute priorité.

Tableau 2. Hypothèses suggérées par les participants individuels comme devant être prises en considération dans le cadre d'un programme de surveillance efficace

1. La caractérisation de la structure du peuplement et des débris ligneux grossiers (taille, catégorie et volume) sont de bonnes données pour déterminer les niveaux acceptables de biodiversité (microbes, plantes et faune).
2. À travers les échelles spatiales et au fil du temps, l'intensification de la récolte de biomasse (relative aux lignes directrices actuelles) à un niveau de $X \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ne mènera pas à : 1) l'extirpation ou la diminution à long terme des principales espèces fauniques (plantes ou animaux) qui dépendent directement de la biomasse forestière, 2) la dégradation de principaux processus écologiques associés à la création de débris ligneux.
3. La diversité des niches est réduite par les activités d'aménagement forestier, par rapport à la perturbation naturelle.
4. Les taux de rétablissement des communautés ne différeront pas entre les peuplements de récolte de biomasse et les peuplements perturbés naturellement. À l'échelle du peuplement, le profil de la communauté trophique (richesse et régularité), les plantes vasculaires, les arthropodes du sol, les petits mammifères de 0, 5 à 25 ans, sont appropriés comme références temporelles après traitement du rétablissement du peuplement.
5. La récolte de biomasse pourrait altérer la structure de sous-bois relative à la récolte traditionnelle et à la perturbation naturelle.
6. La récolte de biomasse n'affecte pas la biomasse microbienne ou la composition au niveau moléculaire ou fonctionnel.
7. Le programme de surveillance sera doté des outils de gestion adaptative et de la souplesse nécessaires à une réaction convenable à l'évolution des intervenants.
8. D'un point de vue social, un niveau plus intensif de récolte (au-delà des pratiques actuelles) sera acceptable ou attirant pour le public.
9. Au fil du temps (10-20 ans), la variabilité des stades de décomposition des grumes mortes diminuera en conséquence du prélèvement de biomasse.
10. Une surveillance annuelle de la biodiversité, comme précisée par une espèce clé de voûte (c.-à-d., une espèce qui réagit au bois sur pied et aux morceaux conservés) au niveau du peuplement, est suffisante pour effectuer le suivi des réactions aux incidences de l'aménagement des forêts causées par le prélèvement de biomasse.

<p>11. Les champignons mycorhiziens seront réduits par une récolte intensive, avec des liens directs au cycle des éléments nutritifs, à la croissance des arbres et à l'approvisionnement alimentaire pour les petits mammifères.</p>
<p>12. Par type de sites : la conservation de la gamme complète (ou 50 %) de bois abattu avant récolte (quantité, qualité des débris ligneux grossiers et des petits débris ligneux) et les exigences actuelles liées à la conservation des arbres sur pied permettront de conserver la gamme complète des espèces qui dépendent du bois mort, au fil du temps (bryophytes, lichens et espèces nichant dans des cavités).</p>
<p>13. À l'échelle du bloc de coupe, le rétablissement de la composition des espèces de plantes et les taux d'azote de la chute de litière suivant la récolte de biomasse varieront en fonction du type de sites, de l'intensité des prélèvements et du temps écoulé depuis la récolte.</p>
<p>14. Une récolte accrue de biomasse suscitera des niveaux plus élevés d'espèces de plantes non indigènes s'établissant sur un site donné, indiquant une altération de la communauté forestière. La récolte de biomasse suscitera une perte de bryophytes, la perturbation du site, les ouvertures des niches, la déstabilisation de la communauté forestière et l'altération du microsite.</p>
<p>15. Le prélèvement de biomasse n'affectera pas la distribution et l'abondance des lichens calicioïdes et des hépatiques à court terme (0-10 ans) ou à long terme (70 ans).</p>
<p>16. Les réductions dans le recrutement et la régénération des arbres, résultant de changements au microclimat et à la microtopographie, résulteront des opérations de récolte plus intensives.</p>
<p>17. La résistance augmentera avec le nombre de nœuds « clés » qui seront préservés dans le réseau de la chaîne alimentaire.</p>
<p>18. Un prélèvement accru de biomasse affectera négativement les facteurs abiotiques et réduira la quantité et la qualité de l'habitat qui, à son tour, réduira la diversité des macroarthropodes des forêts matures, et accroîtra la diversité des macroarthropodes opportunistes. Des changements à l'abondance relative se produiront au cours du temps.</p>
<p>19. Le niveau de conservation de débris ligneux grossiers et de petits débris ligneux lié à la récolte de biomasse n'affecte pas l'intégrité écologique, si on le compare à celui qui est provoqué par les perturbations naturelles, au cours d'une rotation complète.</p>
<p>20. Au niveau du paysage, les lignes directrices actuelles se rapportant à la récolte de biomasse ne réduisent pas les débris ligneux grossiers et les petits débris ligneux disponibles en dessous des niveaux viables du point de vue écologique, à long terme (une rotation).</p>
<p>21. Le Cadre politique de l'Ontario pour l'aménagement des forêts tient compte de la notion de durabilité. La quantité et les sortes de biomasse indiquées dans les Plans de gestion forestière peuvent être respectées sans changement important ou irréversible de la structure inhérente ou de la fonction écosystémique.</p>
<p>22. Nos lignes directrices actuelles imitent les processus de perturbation naturelle et les perturbations du paysage tout en minimisant les effets nocifs sur la vie des plantes, la vie des animaux, l'eau, le sol et l'air.</p>
<p>23. Le prélèvement accru de biofibres relatif à la récolte actuelle d'arbres entiers augmentera la disponibilité de l'azote du sol immédiatement après la récolte, mais elle diminuera au fil du temps.</p>
<p>24. La récolte de biomasse telle qu'elle est proposée dans les lignes directrices actuelles imitera les régimes de perturbation naturelle (en dépit des effets de la sylviculture après la récolte), ne contribuera pas à la perte de diversité au niveau des champignons, des plantes ou des animaux, ne causera pas de dommages irréparables à la fonction ou aux processus de l'écosystème, sera viable du point de vue économique et sera socialement acceptable.</p>

25. Les incertitudes liées à la biosurveillance sont plus grandes quand il y a moins de débris ligneux grossiers, le long d'une chronoséquence de types de peuplements (le temps écoulé depuis un feu).

Les participants ont évalué les hypothèses en fonction de la *faisabilité*, de la *vulnérabilité*, de la *connectivité* et du *degré d'intégration*. La faisabilité était la probabilité que l'hypothèse soit testée avec succès. La vulnérabilité était la probabilité que la réaction soit sensible au prélèvement de biomasse ou qu'un manque de réaction indique que l'intégrité écologique n'est pas compromise. La connectivité était mesurée en tant que nombre de nœuds de la séquence des effets qui étaient liés à la réaction. Le degré d'intégration était estimé d'après la façon dont les diverses composantes de l'hypothèse étaient intégrées à une compréhension synthétique du système. On a alors demandé à tous les participants de voter pour les hypothèses les plus prioritaires. Chaque participant avait cinq votes et pouvait voter plus d'une fois pour une hypothèse. Les trois hypothèses qui ont remporté le plus de votes sont les trois premières figurant dans le Tableau 2. Chacune de ces hypothèses a ensuite été donnée à un petit groupe, afin qu'il conçoive un projet de surveillance pouvant tester l'hypothèse.

A6.1 Groupe 1. Une caractérisation de la structure du peuplement et des débris ligneux grossiers (taille, catégorie de décomposition et volume) fournit de bonnes données pour déterminer les niveaux acceptables de biodiversité (microbes, plantes et faune).

La discussion portait sur une méthode à deux volets incluant une surveillance approfondie des débris ligneux (taille, catégorie de décomposition et volume). Il s'agirait essentiellement d'une surveillance de la conformité en ce sens qu'on surveille l'activité forestière en vue d'atteindre les objectifs relatifs aux débris ligneux qui devraient permettre d'atteindre les objectifs liés à la biodiversité. Le deuxième volet comprendrait la surveillance intensive de la biodiversité dans des sites ayant un gradient de conservation de débris ligneux, en présumant que les pratiques actuelles laisseraient des variations quant aux quantités de débris ligneux sur les sites. On a beaucoup discuté du taxon qui conviendrait le mieux à une surveillance intensive. On a reconnu qu'il serait adéquat de se pencher sur les espèces qui dépendent directement du bois mort (c.-à-d., les espèces saproxyliques), en partie parce que l'exemple scandinave suggère que ces espèces seront grandement affectées. On n'est parvenu à aucun consensus quant à d'autres groupes à surveiller, bien que la question de l'échelle spatiale appropriée ait été soulevée en soulignant que de nombreuses espèces ont besoin d'échelles spatiales relativement grandes, pour exercer une surveillance efficace (p. ex., oiseaux, mammifères et surveillance d'espèces saproxyliques au moyen de pièges à interception). D'autres variables qui affecteront le résultat ont été déterminées : région du site, type de sites, âge au moment de la récolte, système de récolte, sorte de perturbation et temps écoulé depuis la perturbation. Il faudrait stratifier l'échantillonnage en tenant compte de ces variables afin de bien comprendre la dynamique des débris ligneux en relation avec les opérations forestières. L'inclusion d'une sorte de perturbation, ici, suggère que la perturbation naturelle pourrait agir en tant que condition de référence pour les mesures, bien que ceci n'ait pas été énoncé explicitement. Certains membres ont mentionné que les pratiques actuelles permettent de conserver l'intégrité écologique. Cependant, pour autant que nous sachions, ceci n'a pas été démontré quant aux débris ligneux. L'âge au moment de la récolte est une variable intéressante, puisque le contenu des débris ligneux change au fil du temps dans les peuplements des forêts. À des stades ultérieurs, les débris ligneux sont récoltés au fil du temps, alors les forêts plus anciennes qui sont récoltées ont le potentiel d'avoir plus de débris ligneux que les forêts plus jeunes. On a suggéré que la surveillance de l'efficacité soit liée à des programmes permanents, dont

Silviculture Effectiveness Monitoring (*surveillance de l'efficacité des soins sylvicoles*), le programme Growth and Yield (*programme de croissance et de rendement*), le programme d'Inventaire forestier national (IFN), et l'Enhanced Forest Resource Inventory (EFRI) (*inventaire amélioré des ressources forestières*).

A6.2 Groupe 2. Dans l'ensemble des échelles spatiales et avec le temps, l'intensification de la récolte de biomasse (relative aux lignes directrices actuelles) à un niveau de $X \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ne mènera pas à 1) l'extirpation ou la diminution à long terme d'espèces-clés (plantes ou animaux) qui dépendent directement de la biomasse forestière, 2) la perte de processus écologiques clés associés à la création de bois mort.

Ce groupe a mis l'accent sur une méthode de stratification écologique avec des échantillons stratifiés par type de couverts (bois de feuillus, conifères et forêt mixte), âge (premier stade, stade médian et dernier stade de succession écologique) et types de perturbations naturelles (feu, infestation d'insectes et création d'ouverture). Le modèle d'échantillonnage serait niché avec un nœud principal d'échantillonnage défini du point de vue du paysage, quant à l'écorégion, et avec des sites d'échantillonnage secondaires au sein des nœuds. La sélection des espèces focales serait orientée par la recherche et les connaissances actuelles, et une diversité florale, faunique et fongique passerait par un « filtre de sélection des indicateurs ». Les critères de sélection comprendraient la vulnérabilité à l'aménagement, la capacité de détecter un effet, la dépendance et l'association. Le paramètre des espèces focales serait probablement l'occupation ou les probabilités d'occupation. Les caractéristiques et la dynamique du bois mort seraient mesurées, y compris la quantité, la qualité, la dispersion et la distribution. La dynamique du bois mort et son approvisionnement seraient modélisés en vue de soutenir le programme de surveillance.

A6.3 Groupe 3. La diversité des niches est réduite par les activités d'aménagement forestier, par rapport à la perturbation naturelle.

On a donné des exemples de diversité quant à la niche : la structure et la composition du peuplement, les débris ligneux grossiers et petits, la disponibilité de la lumière, le substrat et les propriétés du sol. Il est nécessaire de lier la diversité des niches à l'occurrence des espèces, afin de traiter plus directement la question de la biodiversité. On a appuyé l'idée d'utiliser la preuve scandinave pour les espèces vulnérables, afin de déterminer les espèces à surveiller. Comme pour la première hypothèse, on a suggéré d'utiliser les méthodes étendues et intensives. Ce groupe souhaitait particulièrement utiliser une méthode à échelles multiples, dont l'échelle du paysage, en raison de l'échelle des perturbations. Tel que l'énonce l'hypothèse, on a recommandé d'opter pour la perturbation naturelle en tant que condition de référence. On a souligné l'importance d'examiner la différence entre les divers types de forêts. Le gradient du prélèvement pourrait être examiné, de la perturbation lumineuse jusqu'à la perturbation intense. On a suggéré qu'il pourrait exister des sources de données disponibles, pour tester cette hypothèse, et que la modélisation devrait être utilisée pour comprendre la dynamique. On devrait mesurer les placettes tous les cinq ans, pour saisir la dynamique temporelle du changement de diversité à l'égard de la niche et de la réaction de la biodiversité au fil du temps.

ANNEXE 7 : Programme de l'atelier

Jour un : mercredi 22 février 2012

8 h 30 **Salutations et déroulement de l'atelier**

Lisa Venier et Isabelle Aubin
SCF-CFGL, Sault Ste Marie



Modératrice de la journée : Isabelle Aubin

Bloc un 9 h 40 **Survol**
«Aperçu des études sur les incidences de la récolte de biomasse sur la biodiversité»
Lisa Venier
SCF-CFGL, Sault Ste Marie

10 h *Pause café et thé*

10 h 15 **Séance n° 1 en petits groupes**

Bloc deux «Examen plus minutieux des effets du prélèvement de biomasse sur les taxons et détermination des priorités de recherche»



11 h **Séance interactive**
«Développement d'un modèle conceptuel pour les effets du prélèvement de biomasse sur la fonction et les composantes écosystémiques»



12 h *Dîner au CFGL*

13 h Synthèse de la table ronde sur le modèle conceptuel

13 h 30 **Présentation : Un exemple d'étude sur le terrain**

Bloc trois «Petits mammifères, champignons et communautés d'insectes de la forêt boréale, en tant que fonction de variation quant à la quantité et à la qualité des débris ligneux»
Jay Malcolm
University of Toronto



13 h 50 Séance n° 2 en petits groupes

«Examen plus minutieux des priorités de recherche»

15 h *Pause*

Bloc quatre	15 h 15	Rapports des groupes et synthèse de la table ronde
	16 h 15	Révision de la journée : Examen des défis qui nous attendent

16 h 30	Fin
18 h 30	Souper au restaurant Dock's

Jour deux : Jeudi 23 février 2012

8 h 30	Récapitulation du jour un Isabelle Aubin SCF-CFGL, Sault Ste Marie
--------	---

Modératrices de la journée : Lisa Venier et Kara Webster



8 h 45	Présentation du déroulement de l'atelier du jour 2 Lisa Venier SCF-CFGL, Sault Ste Marie
--------	---

Bloc un	8 h 55	Survol « Lignes directrices sur une foresterie fondée sur des hypothèses et surveillance de l'efficacité » Rob Rempel, MRN de l'Ontario
----------------	--------	---

9 h 15	Discours « La bioéconomie et son rapport à l'industrie forestière – passé, présent et futur » Joe Maure MRN, Direction des relations avec l'industrie, Sault Ste
--------	--

9 h 35	Séance n° 1 en petits groupes « Détermination des hypothèses clés pour la surveillance de l'efficacité »
--------	--



10 h 35	<i>Pause café et thé</i>
---------	--------------------------

Bloc deux	10 h 50	Synthèse de la table ronde « Classement des hypothèses par ordre de priorité »
------------------	---------	--

11 h 50	<i>Dîner au CFGL</i>
---------	----------------------

Bloc trois

12 h 50 Séance n° 2 en petits groupes

«Développement d'un schéma de contrôle en vue de tester les hypothèses»



14 h 20 **Synthèse de la table ronde**

15 h *Pause*

Bloc quatre

15 h 15 **Discussion plénière sur les points principaux et questions**



16 h 30 *Fin*

ANNEXE 8 : Matériel préparatoire

Matériel préparatoire pour les RESPONSABLES DE POLITIQUES et les AMÉNAGISTES FORESTIERS

Pour que l'atelier se déroule efficacement, nous aimerions que vous preniez le temps de réfléchir aux quelques questions ci-dessous.

Cette préparation est importante, car nous fonderons la réussite de l'atelier sur la qualité du « contenu » et des conversations découlant des exercices et des discussions du groupe.

Question préparatoire n° 1 :

Avec l'intérêt croissant envers la bioénergie, en quoi les pratiques de récolte et les opérations actuelles seront-elles modifiées?

Question préparatoire n° 2 :

Quelles sont les lacunes actuelles en matière de connaissances? Quelles priorités de recherche doivent être abordées pour contribuer à la politique sur la récolte de biomasse?

Question préparatoire n° 3 :

Les participants seront invités à développer un modèle conceptuel sur les effets du prélèvement de biomasse sur les éléments abiotiques et biotiques.

Veillez prendre quelques instants pour réfléchir aux éléments que vous incluriez dans un modèle conceptuel. Certains éléments sont-ils liés? Quels éléments ou interactions sont particulièrement plus sensibles au prélèvement de biomasse?

Exercice préparatoire n° 4 :

Matière à réflexion : nous vous invitons à écouter un TED TALK de trois minutes sur la simplification des modèles conceptuels complexes en cliquant sur le lien suivant :

http://www.ted.com/talks/eric_berlow_how_complexity_leads_to_simplicity.html

Finalement, vous trouverez ci-dessous quelques questions dont nous discuterons au cours de l'atelier, et auxquelles vous souhaiterez peut-être réfléchir à l'avance.

- Quels éléments devrait-on mesurer en priorité pour évaluer les incidences du prélèvement de biomasse sur la biodiversité, et de quelle façon?
- Quels éléments devrait-on traiter en priorité, dans le cadre d'un programme de surveillance qui mesure les incidences du prélèvement de biomasse sur la biodiversité? À quelles intensité, fréquence, etc.?

Merci, et au plaisir de discuter de tout cela prochainement!

Matériel préparatoire pour l'INDUSTRIE

Pour que l'atelier se déroule efficacement, nous aimerions que vous preniez le temps de réfléchir aux quelques questions ci-dessous.

Cette préparation est importante, car nous fonderons la réussite de l'atelier sur la qualité du « contenu » et des conversations découlant des exercices et des discussions du groupe.

Question préparatoire n° 1 :

Avec l'intérêt croissant pour la bioénergie, comment les pratiques de récolte et les opérations actuelles seront-elles modifiées?

Question préparatoire n° 2 :

Quelles sont les questions importantes sur lesquelles les chercheurs devraient se concentrer afin d'évaluer correctement et efficacement les incidences d'une récolte intensive de biomasse?

Question préparatoire n° 3 :

Les participants seront invités à développer un modèle conceptuel sur les effets du prélèvement de biomasse sur les éléments abiotiques et biotiques.

Veillez prendre quelques instants pour réfléchir aux éléments que vous incluriez dans un modèle conceptuel. De quelle façon certains éléments sont-ils liés? Quels éléments ou interactions sont particulièrement plus sensibles au prélèvement de biomasse?

Exercice préparatoire n° 4 :

Matière à réflexion : nous vous invitons à écouter un TED TALK de trois minutes sur la simplification des modèles conceptuels complexes en cliquant sur le lien suivant :

http://www.ted.com/talks/eric_berlow_how_complexity_leads_to_simplicity.html

Finalement, vous trouverez ci-dessous quelques questions dont nous discuterons au cours de l'atelier, et auxquelles vous souhaiterez peut-être réfléchir à l'avance.

- Quelles sont les nouvelles priorités de recherche émergeant de l'intérêt croissant pour la bioénergie qu'il faut étudier afin de contribuer à la politique sur le prélèvement de biomasse?

- Quelles sont les questions auxquelles il faut répondre en priorité?
- Quels sont les éléments que l'on devrait mesurer en priorité pour évaluer les incidences du prélèvement de biomasse sur la biodiversité, et de quelle façon?
- Quels sont les éléments que l'on devrait traiter en priorité, dans le cadre d'un programme de surveillance qui mesure les incidences du prélèvement de biomasse sur la biodiversité? À quelles intensité, fréquence, etc.?

Merci, et au plaisir de discuter de tout cela prochainement!

Matériel préparatoire pour les collectivités forestières et les Premières nations

Pour que l'atelier se déroule efficacement, nous aimerions que vous preniez le temps de réfléchir aux quelques questions ci-dessous.

Cette préparation est importante, car nous fonderons la réussite de l'atelier sur la qualité du « contenu » et des conversations découlant des exercices et des discussions du groupe.

Question préparatoire n° 1 :

Avec l'intérêt croissant pour la bioénergie, de quelle façon les communautés forestières seront-elles affectées?

Question préparatoire n° 2 :

Quelles sont les questions importantes sur lesquelles les chercheurs devraient se concentrer afin d'évaluer correctement et efficacement les incidences d'une récolte intensive de biomasse?

Question préparatoire n° 3 :

Les participants seront invités à développer un modèle conceptuel sur les effets du prélèvement de biomasse sur les éléments abiotiques et biotiques.

Veillez prendre quelques instants pour réfléchir aux éléments que vous incluriez dans un modèle conceptuel. De quelle façon certains éléments sont-ils liés? Quels éléments ou interactions sont particulièrement plus sensibles au prélèvement de biomasse?

Exercice préparatoire n° 4 :

Matière à réflexion : nous vous invitons à écouter un TED TALK de trois minutes sur la simplification des modèles conceptuels complexes en cliquant sur le lien suivant :

http://www.ted.com/talks/eric_berlow_how_complexity_leads_to_simplicity.html

Finalement, vous trouverez ci-dessous quelques questions dont nous discuterons au cours de l'atelier, et auxquelles vous souhaiterez peut-être réfléchir à l'avance.

- Quelles sont les nouvelles priorités de recherche émergeant de l'intérêt croissant pour la bioénergie qu'il faut étudier afin de contribuer à la politique sur le prélèvement de biomasse?

- Quelles sont les questions auxquelles il faut répondre en priorité?
- Quels sont les éléments que l'on devrait mesurer en priorité pour évaluer les incidences du prélèvement de biomasse sur la biodiversité, et de quelle façon?
- Quels sont les éléments que l'on devrait traiter en priorité, dans le cadre d'un programme de surveillance qui mesure les incidences du prélèvement de biomasse sur la biodiversité? À quelles intensité, fréquence, etc.?