

JOURNÉE DE TRANSFERT

CHERCHEURS ↔ GESTIONNAIRES

COLLOQUE DE RESTITUTION DE L'ACCORD-CADRE
DE RECHERCHES ET VULGARISATION FORESTIÈRES 2009-2014



LA MARLAGNE, WÉPION
LE MARDI 28 JANVIER 2014

9h30 Grégory Timal, Hugues Claessens	page 6
Les hêtraies-chênaies et leur régénération naturelle en lumière	
10h00 Olivier Baudry	page 7
Le densiomètre convexe : un outil pertinent pour estimer la disponibilité en lumière en forêt feuillue	
10h15 François Lehaire	page 8
Les dispositifs enclos-exclos : une solution pour évaluer l'équilibre forêt-grande faune ?	
11h15 Laurent Saint-André, Paul-Igor Hounzandji	page 9
Des modèles de biomasse et de minéralomasse pour la gestion forestière : quelles avancées ? Pour quels usages ?	
11h35 Jérôme Perin	page 10
Étude de la croissance et du niveau de production des peuplements résineux en Wallonie	
11h50 Stéphanie Bonnet	page 11
Quantifier la ressource forestière grâce au LiDAR, quelques applications concrètes	
12h05 Philippe Lejeune	page 12
IFA : un nouvel outil pour la mise en place d'inventaire forestiers d'aménagement	
13h45 Nicolas Latte	page 13
Influence du changement climatique sur l'accroissement du hêtre en Wallonie	
14h00 Tanguy Manise	page 14
Stress hydrique et croissance radiale : comparaison des réponses du hêtre, du chêne, du douglas et de l'épicéa en Wallonie	
14h15 Raphaëlle Van der Perre	page 15
Des apports d'amendements pour améliorer la stabilité des peuplements aux stress ?	
14h30 Quentin Ponette, Hugues Claessens	page 16
Le nouveau Fichier Écologique des Essences : pourquoi et comment ?	

Journée de transfert Chercheurs ↔ Gestionnaires

Colloque de restitution de l'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières 2009-2014

28 janvier 2014 | La Marlagne, Wépion

Quelques explications sur l'Accord-cadre de recherches et de vulgarisation forestières

Le principe fondateur de l'Accord-cadre de recherches et de vulgarisation forestières, dont le premier vu le jour en 1999, était de regrouper les potentiels, les compétences et les expertises des deux facultés agronomiques actives dans le domaine forestier en Wallonie, dans la perspective de travailler en étroite convergence avec le Département de la Nature et des Forêts de la DGO3. Le principe est d'autant plus pertinent que ces deux facultés diplômèrent aussi des ingénieurs appelés à entrer un jour dans le cadre de l'administration forestière.

L'objectif prioritaire était de réaliser, en parfaite cohérence avec les besoins de la gestion forestière courante (impliquant les acteurs de terrain) et en respectant les objectifs de recherche des universités concernées (équilibre entre recherche fondamentale [libre] et appliquée), un ensemble de recherches capables de répondre à de nombreux problèmes ou questions relevant de l'amélioration de la gestion de la forêt.

En vue de valoriser les résultats des recherches et des études menées sur des thématiques définies en commun, un véritable consortium fût créé, regroupant le DNF, l'ULg-GxABT et l'UCL, auxquels fût aussi associé un opérateur extérieur, Forêt Wallonne asbl, chargé de la vulgarisation et de la formation des agents forestiers aux techniques que les recherches avaient développées.

Ce troisième Accord-cadre (2009-2014) regroupe les forces existantes autour d'un thème mobili-

sateur, celui de la « gestion adaptative ». Il s'agit d'identifier des mesures et des pratiques de gestion, de les valider par la recherche, en vue de répondre et d'anticiper à tout ce qui peut agir sur la durabilité de la forêt et qui nécessite de trouver des réponses adéquates (changements globaux ou stress hydriques, par exemple).

Raisonner en termes de « gestion adaptative » est d'une brûlante actualité. En effet l'évolution du contexte forestier conduit de plus en plus à envisager une planification souple de la gestion des forêts. Celle-ci doit pouvoir prendre des risques de manière contrôlée en vue d'améliorer la résistance et la résilience de l'écosystème « forêt » par rapport aux perturbations pouvant l'affecter. Il s'agit aussi d'organiser une sylviculture qui puisse satisfaire à l'avenir des besoins mal cernés aujourd'hui, voire insoupçonnés. En d'autres mots, la gestion forestière, au sens large du terme, doit être adaptée dans un contexte de développement durable de manière à mieux prendre en compte les évolutions en cours ou attendues.

De nombreuses actions de recherche ont été menées au cours de ce troisième Accord-cadre, et de nombreux articles de vulgarisation ont été publiés à leur sujet au sein de la revue Forêt Wallonne. Pour réaliser ce colloque, il a été indispensable d'effectuer une sélection parmi les sujets de recherche. Pour permettre une vision plus globale de l'Accord-cadre, la liste de toutes les actions de recherche qui ont été travaillées ces cinq dernières années est donnée ci-après.

Groupe 1. Gestion sylvicole adaptative et écologie des essences forestières : régénération, croissance et production ligneuse

- Réponse à des questions ponctuelles – Inventaires en cantonnements (ULg, GxABT).
- Typologie des sols à argiles blanches et définition de leurs aptitudes stationnelles (UCL).
- Contribution à la révision du Fichier Écologique des Essences en vue de la gestion adaptative (UCL).
- Développement de modèles autécologiques et Fichier Écologique des Essences révisé en vue de la gestion adaptative (ULg, GxABT).
- Conception d'itinéraires et d'outils de diagnostic pour la régénération des chênes indigènes (UCL) :
 - Réactivité de la régénération à la refermeture du couvert en futaie irrégulière.
 - Comment régénérer les différents types de chênaies wallonnes : présentation du protocole.
- Étude de la dynamique des peuplements feuillus irréguliers (ULg, GxABT).
- Croissance, productivité et sylviculture du douglas, de l'épicéa commun et des mélèzes (ULg, GxABT).

Groupe 2. Fonctionnement biogéochimique et écophysiological des écosystèmes forestiers : gestion adaptative face aux risques

- Impact de la densité, de la composition spécifique et de la structure sur la disponibilité et la

distribution des ressources en eau et minéraux de l'écosystème forestier (UCL) :

- Estimation des risques nutritionnels liés à la récolte accrue de biomasse en forêt.
- Estimation du bilan hydrique et du risque de stress hydrique pour des peuplements d'avenir en Région wallonne.
- Impact des amendements et de la fertilisation sur la résistance des peuplements à des stress hydriques (UCL).
- Conception d'un outil de suivi de l'évolution de la vitalité des forêts soumises aux changements globaux, climatiques en particulier (UCL).
- Conception de modèles de flux (eau, éléments minéraux) destinés à prédire la réaction des écosystèmes forestiers face aux stress (changements climatiques) (UCL).

Groupe 3. Système global d'analyses prospectives et outils dendrométriques

- Développement de nouveaux outils dendrométriques (ULg, GxABT).
- Intégration d'outils de modélisation dans un système global d'analyse prospective pour la forêt wallonne (ULg, GxABT).

Groupe 4. Vulgarisation et Formations forestières

- Vulgarisation des résultats des recherches et formations des gestionnaires forestiers avec l'aide d'un opérateur spécialisé (Forêt Wallonne asbl).

Programme de la journée

9h15 **Introduction**
François Ghysel

François Ghysel
Représentant du Ministre des Travaux publics,
de l'Agriculture, de la Ruralité, de la Nature,
de la Forêt et du Patrimoine
francois.ghysel@gov.wallonie.be

Introduction à la journée
Philippe Blerot

Philippe Blerot
Inspecteur général du Département de la Nature
et des Forêts (SPW, DGO3)
philippe.blerot@spw.wallonie.be

Session #1 **Entre lumière et gibier : la régénération naturelle des feuillus**

Modérateur : Marc Herman

Marc Herman | DEMNA
marc.herman@spw.wallonie.be

9h30 **Les hêtraies-chênaies
et leur régénération naturelle
en lumière**
Grégory Timal
Hugues Claessens

Grégory Timal | UCL, CDAF
g.timal@cdaf.be

Hugues Claessens | GxABT, ULg
hugues.claessens@ulg.ac.be

10h00 **Le densiomètre convexe :
un outil pertinent pour estimer
la disponibilité en lumière
en forêt feuillue**
Olivier Baudry

Olivier Baudry | UCL
olivier.baudry@uclouvain.be

10h15 **Les dispositifs enclos-exclos :
une solution pour évaluer
l'équilibre forêt-grande faune ?**
François Lehaire

François Lehaire | GxABT, ULg
francois.lehaire@ulg.ac.be

10h30 Synthèse et questions-réponses

10h50 Pause

Session #2 **Modèles et inventaires :**
le suivi de la ressource au service de la gestion

Modératrice : Emmanuelle Bousson

Emmanuelle Bousson | DNF
emmanuelle.bousson@spw.wallonie.be

11h15 **Des modèles de biomasse
et de minéralomasse pour la gestion
forestière : quelles avancées ?
Pour quels usages ?**
Laurent Saint-André
Paul-Igor Hounzandji

Laurent Saint-André | INRA
st-andre@nancy.inra.fr

Paul-Igor Hounzandji | UCL
ablo.hounzandji@uclouvain.be

11h35 **Étude de la croissance et du niveau
de production des peuplements
résineux en Wallonie**
Jérôme Perin

Jérôme Perin | GxABT, ULg
j.perin@ulg.ac.be

11h50 **Quantifier la ressource forestière
grâce au LiDAR, quelques applications
concrètes**
Stéphanie Bonnet

Stéphanie Bonnet | GxABT, ULg
s.bonnet@ulg.ac.be

12h05 **IFA : un nouvel outil pour la mise
en place d'inventaire forestiers
d'aménagement**
Philippe Lejeune

Philippe Lejeune | GxABT, ULg
p.lejeune@ulg.ac.be

12h20 Synthèse et questions-réponses

12h40 Repas

Session #3 **Risques hydriques et nutritionnels,
révision du fichier écologique des essences :
des pistes et des outils pour mieux préparer
la forêt wallonne aux changements**

Modérateur : Didier Marchal

Didier Marchal | DNF
didier.marchal@spw.wallonie.be

Stress hydrique et climatique

13h45 **Influence du changement climatique
sur l'accroissement du hêtre
en Wallonie**
Nicolas Latte

Nicolas Latte | GxABT, ULg
nicolas.latte@ulg.ac.be

14h00 **Stress hydrique et croissance radiale :
comparaison des réponses du hêtre,
du chêne, du douglas et de l'épicéa
en Wallonie**
Tanguy Manise

Tanguy Manise | UCL
tanguy.manise@uclouvain.be

14h15 **Des apports d'amendements
pour améliorer la stabilité
des peuplements aux stress ?**
Raphaëlle Van der Perre

Raphaëlle Van der Perre | UCL
raphaele.vanderperre@uclouvain.be

Révision du Fichier Écologique des Essences

14h30 **Le nouveau Fichier Écologique
des Essences : pourquoi et comment ?**
Quentin Ponette
Hugues Claessens

Quentin Ponette | UCL
quentin.ponette@uclouvain.be

Hugues Claessens | GxABT, ULg
hugues.claessens@ulg.ac.be

15h00 **L'exemple d'une nouvelle fiche**
Sébastien Petit

Sébastien Petit | Forêt Wallonne asbl
s.petit@foretwallonne.be

15h15 Synthèse et questions-réponses

15h35 **Un œil extérieur sur l'Accord-cadre**
François Ningre [INRA]

François Ningre | INRA
ningre@nancy.inra.fr

16h00 **Clôture**
Philippe Blerot

Philippe Blerot | DNF
philippe.blerot@spw.wallonie.be

Les chênaies-hêtraies et leur régénération en lumière

Quentin Ponette, Grégory Timal, Pascal Balleux, Olivier Baudry
UCL, ELIe - CDAF

Hugues Claessens, Gauthier Ligot
ULg, GxABT

L'exposé aborde la problématique de la régénération naturelle en chênaie, en particulier dans le contexte de la chênaie-hêtraie ardennaise. Dans un premier temps, il dresse un bilan général de la chênaie wallonne : évolution des superficies, état de la régénération naturelle en chênaie et aptitudes stationnelles des peuplements. Le point de vue des forestiers sur la régénération naturelle est ensuite abordé par le biais de quelques résultats marquants issus d'une enquête menée en 2012 auprès des agents du DNF. Il y est question de l'état et des circonstances de la régénération observée, des causes d'échec et des pratiques sylvicoles. Le cas d'une régénération naturelle obtenue avec succès en chênaie-hêtraie ardennaise est présenté en détails.

La présentation se poursuit en se focalisant sur la régénération naturelle en hêtraie-chênaie irrégulière ardennaise. En s'appuyant sur les résultats de dispositifs expérimentaux mis en place

pour tester l'influence de la compétition et de l'éclaircissement sur les semis de hêtres et de chênes, des recommandations sylvicoles visant à favoriser la régénération naturelle du chêne sont proposées.

L'exposé se clôture par une présentation plus générale de l'ensemble des contextes sylvicoles des chênaies wallonnes, en lien avec les itinéraires de régénération correspondants qui sont actuellement en cours de développement. ■

Alderweireld M., Ligot G., Latte N., Claessens H. [2010]. Le chêne en forêt ardennaise, un atout à préserver. Forêt Wallonne 109 : 10-24.

Claessens H., Perin J., Latte N., Lecomte H., Brostaux Y. [2010]. Une chênaie n'est pas l'autre : analyse des contextes sylvicoles du chêne en forêt wallonne. Forêt Wallonne 108 : 3-18.

Le densiomètre convexe : un outil pertinent pour estimer l'éclairement en forêt feuillue

Olivier Baudry
UCL, ELle

La lumière est l'un des principaux facteurs physiques d'intérêt pour le forestier. Dans le sous-étage forestier, le dosage de la lumière permet le développement de la régénération naturelle, le contrôle de la végétation accompagnatrice ou encore la qualité du bois.

Pourtant, l'estimation de l'éclairement en forêt est encore bien souvent réalisée soit de manière subjective, soit via des indicateurs dendrométriques indirects tels que la surface terrière ou la densité de bois. Dans de nombreux cas, et en particulier pour les peuplements feuillus hétérogènes, la pertinence de ces indicateurs doit être remise en question.

Créé en 1956, le « densiomètre sphérique » est un petit instrument utilisé par les écologues et forestiers américains pour mesurer la fermeture du couvert, c'est-à-dire la proportion d'hémisphère occultée par la canopée. Il n'avait, jusqu'ici, pas traversé l'Atlantique.

Dans une étude réalisée dans dix peuplements feuillus composés de hêtre et de chêne de compositions variées, nous avons comparé les performances du densiomètre sphérique à celles d'instruments scientifiques de pointe. En parallèle, en laboratoire, nous avons finement décrits le fonctionnement de l'appareil ainsi que les variations liées à son mode d'utilisation.

Les résultats ont permis de caractériser l'angle de vue de l'appareil et de montrer que les différentes portions zénithales de l'hémisphère étaient différemment comptabilisées. Grâce à cette distorsion de l'hémisphère, l'appareil intègre un rayon-

nement supérieur pour les portions zénithales de l'hémisphère et se rapproche des conditions réelles. Le densiomètre couvre principalement les portions zénithales de l'hémisphère et peu les zones à l'horizontale.

L'appareil a aussi montré un bon pouvoir de prédiction de l'éclairement relatif. La relation avec les mesures d'éclairement réalisées au moyen de capteurs quantiques est de type polynomial ($R^2 : 0,85$). Cette relation permet d'estimer l'éclairement dans le sous-étage de chênaies et de hêtraies.

Nous avons également développé une grille d'utilisation du densiomètre, de manière à limiter la variabilité inter-opérateurs.

D'un usage simple et d'un accès peu coûteux, le densiomètre revêt d'intéressantes perspectives pour compléter la gamme d'outils disponibles par le gestionnaire forestier. Accompagné de seuils d'éclairements, par exemple pour la survie du chêne, cet outil peut être utilisé dans de nombreux contextes météorologiques pour doser la lumière en forêt. ■

Baudry O., Charmetant C., Ponette Q. [2010]. Le climat lumineux en forêt et quelques outils d'estimation. Forêt Wallonne 107 : 42-54.

Baudry O., Charmetant C., Collet C., Ponette Q. [2013]. Mesurer l'ouverture du couvert et estimer la disponibilité en lumière en forêt feuillue au moyen du densiomètre convexe. Forêt Wallonne 126 : 17-28

Les dispositifs enclos-exclos : une solution pour évaluer l'équilibre forêt-grande faune ?

François Lehaire, Philippe Lejeune
ULg, GxABT

Au cours des dernières décennies, l'augmentation des populations des grands ongulés herbivores et leur influence sur la végétation forestière ont été clairement mises en évidence. Cette situation explique que le contrôle et le suivi de la pression de la grande faune sur l'écosystème constitue une des préoccupations majeures des forestiers. Il convient de mettre en œuvre une démarche objective et rigoureuse pour diagnostiquer l'état de l'équilibre sylvo-cynégétique. Dans ces conditions, le recours à des dispositifs de type enclos-exclos constitue une alternative intéressante dans la mesure où ils permettent de mettre en évidence des situations de déséquilibre ou de détecter de manière précoce toute dégradation d'une situation jugée initialement acceptable.

En Wallonie, les dispositifs enclos-exclos utilisés reposent sur la comparaison, d'une part, du milieu réel (exclos) complètement accessible à la grande faune présente dans la zone d'étude et, d'autre part, d'un milieu dit de « contrôle » (enclos) inaccessible à toutes populations de grands ongulés

(sanglier, cerf, chevreuil et mouflon). Les enclos-exclos jouent un rôle didactique indéniable en exposant côte à côte deux situations qui peuvent être très contrastées. Au-delà de cet aspect visuel, des données objectives peuvent être rapidement collectées pour réaliser sur une base statistique des analyses plus détaillées (relevé floristique, ainsi que hauteur, nombre de tiges et recouvrement de certaines strates de végétation).

En 2006, plusieurs dispositifs pilotes (4 x 4 mètres) ont été installés dans des trouées forestières pour suivre la dynamique de la végétation basse (herbacée et ligneuse). Les observations ainsi récoltées jusque 2012 ont permis de calculer une série d'indicateurs susceptibles d'objectiver la pression subie par l'écosystème forestier sous l'action des grands herbivores. ■

Lehaire F., Morelle K., Licoppe A., Lejeune p. [2013]. Les enclos-exclos : une technique éprouvée pour l'évaluation et le monitoring de l'équilibre forêt-grande faune. Forêt Wallonne 125 : 3-14

Des modèles de biomasse et de minéralomasse pour la gestion forestière : quelles avancées ? Pour quels usages ?

Laurent Saint-André
INRA

Paul-Igor Hounzandji, Mathieu Jonard, Quentin Ponette
UCL, ELLe

Les gestionnaires forestiers utilisent depuis longtemps des tarifs de cubage à des fins d'estimation du volume marchand. Par contre, l'usage de tarifs pour évaluer la biomasse et le contenu en éléments minéraux, la minéralomasse, est plus récent et répond à de nouvelles prérogatives assignées aux gestionnaires dans le cadre des changements climatiques et de la gestion durable des forêts (maintien des fonctions du sol).

Dans ce contexte, le projet EMERGE avait comme objectif d'estimer le volume total, la biomasse totale et la biomasse complémentaire de bois énergie que l'on trouve principalement dans le houppier (les branches) pour les principales essences forestières européennes. À ces modèles sont associées des estimations de minéralomasse et de pouvoir calorifique afin d'étudier plus finement les exports en éléments minéraux et l'énergie récupérable.

En lien avec plusieurs autres projets, dont l'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières, EMERGE a abouti à la création d'un entrepôt de données d'une ampleur exceptionnelle. Les don-

nées ont permis de produire des modèles génériques de volume total des arbres à partir de mesures simples (circonférence à 1,30 mètre et hauteur totale), pour une vingtaine d'essences de la ressource forestière, mais avec des modèles feuillus ou résineux « gris » pour les autres essences. Les données de l'inventaire ont permis de construire un modèle compatible avec le précédent pour le volume de tige et pour près de soixante essences, classées en douze groupes cohérents, pour des prédictions sur des essences complémentaires. En parallèle, les premiers modèles génériques de biomasse (six essences) et de minéralomasse (principalement hêtre et chêne) ont été construits, avec un lien ensuite sur le pouvoir calorifique exprimé en fonction de la composition minérale du bois.

Ces modèles, outre leur intérêt direct dans le cadre des inventaires réalisés par les gestionnaires ou les inventaires forestiers nationaux pour caractériser la ressource, sont bien évidemment des outils qui s'intègrent dans les modèles de croissance afin de simuler l'évolution de la ressource forestière en fonction des différentes contraintes et potentialités. ■

Étude de la croissance et du niveau de production des peuplements résineux en Wallonie

Jérôme Perin
ULg, GxABT

Nos recherches visent à améliorer les connaissances de base en sylviculture et en écologie des essences résineuses dans l'optique d'une gestion forestière à vocation principale de production de bois de qualité. Nos études se focalisent principalement sur les futaies équiennes pures de douglas, d'épicéa et de mélèze mais il est prévu de les étendre aux peuplements mélangés d'épicéa-douglas.

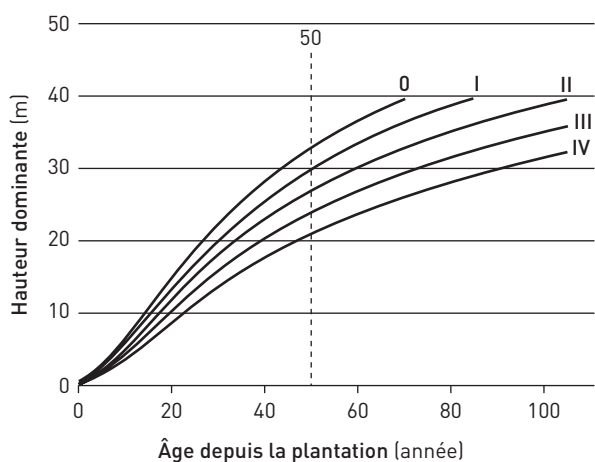
D'un point de vue pratique, cette action de recherche vise, à terme, à proposer différents scénarios sylvicoles qui devraient fournir un panel de solutions techniques directement applicables sur le terrain, en fonction des essences elles-mêmes, des stations et des conditions locales particulières auxquelles les sylviculteurs sont confrontés. À cet effet, nous tentons de mieux comprendre les relations liant la croissance en hauteur et en grosseur des arbres avec les caractéristiques des peuplements comme la surface terrière, le volume ou le nombre de tiges.

Dans un premier temps, de nouveaux modèles de productivité ont été élaborés pour l'épicéa, le douglas et les mélèzes. Ils permettent une estimation rapide et précise du potentiel de production

d'un peuplement à partir de la connaissance de sa hauteur dominante et de son âge. Ces modèles ont été incorporés dans une application informatique simple d'utilisation mise à la disposition du public.

Plus récemment, nous avons finalisé la mise au point de nouveaux modèles de croissance en grosseur et d'outils permettant de simuler les prélèvements et la mortalité naturelle. Tous ces modèles et ces outils ont été intégrés au sein d'un simulateur nommé « GYMNOS ». Ce module informatique permet de simuler l'évolution des peuplements résineux de la plantation à la mise à blanc et de tester des scénarios sylvicoles.

La vitesse de croissance, la rentabilité, la qualité du bois produit, la stabilité des peuplements... sont actuellement évalués dans GYMNOS en fonction de divers paramètres tels que les densités de plantation, l'âge du peuplement lors de la première éclaircie, l'intensité et la fréquence des prélèvements, le terme d'exploitabilité... L'analyse critique du résultat de tous ces tests mènera à définir les caractéristiques des nouveaux scénarios sylvicoles optimisés pour les pessières, les douglasaies et les mélézières. ■



Estimation de l'indice de productivité

Valeurs d'entrée

Entrez les valeurs des peuplements

ID	Essence	Âge	HDom

- Essence acceptées :
- Épicéa (Ep)
 - Douglas (Dg)
 - Mélèze (Mz)

Calculez

Résultats

ID	Essence	Âge	HDom	H50	Classe	Production	Remarques

Quantifier la ressource forestière grâce au LiDAR, quelques applications concrètes

Stéphanie Bonnet, Laurent Dedry, Sébastien Bauwens, Tanguy De Jaegere, Philippe Lejeune
ULg, GxABT

Après l'avènement des Systèmes d'Information Géographique et l'utilisation de plus en plus répandue des images aériennes et satellitaires, le LiDAR constitue une nouvelle avancée dans la quantification et le monitoring des ressources naturelles en général et forestières en particulier. Le LiDAR est une technologie d'acquisition d'information en trois dimensions. Collectées le plus souvent à partir d'un avion, les données LiDAR prennent la forme de nuages de points plus ou moins denses qui décrivent finement les structures tridimensionnelles des zones observées et donc du couvert végétal dans le cas de zones forestières. Même si, à l'heure actuelle, l'acquisition des données reste encore relativement coûteuse et leur traitement apparemment complexe, les perspectives d'utilisation de ces données apparaissent très prometteuses au plan de la gestion forestière.

La capacité du LiDAR à mesurer la hauteur de la canopée permet la production d'une couche cartographique continue qui représente la hauteur maximum atteinte par la végétation en chaque pixel (Modèle Numérique de Hauteur, MNH) avec une résolution spatiale très élevée (de 25 cm à 1 mètre selon les cas). Une première estimation de la hauteur moyenne ou dominante peut être dérivée de ce MNH à l'échelle de la parcelle.

Dans le cas des plantations résineuses les sommets des arbres (co-)dominants sont identifiés par détection des maxima locaux. Leur hauteur et position géographique sont ensuite calculées. Cette seconde étape conduit à une estimation plus précise de la hauteur dominante. La combinaison de ces données avec des modèles dendrométriques simples permet en outre une estimation d'autres paramètres dendrométriques importants que sont le nombre de tiges, la surface terrière et le volume

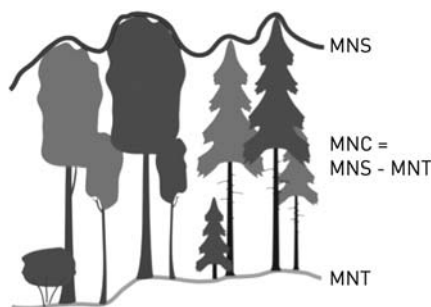
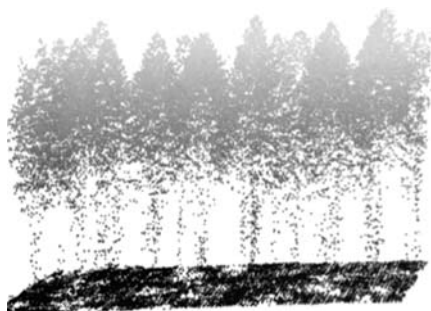
par hectare, ainsi que la grosseur moyenne et la distribution des tiges par classes de grosseurs.

Outre la modélisation de paramètres dendrométriques en peuplements résineux, nos recherches se focalisent également sur l'identification de la typologie de structure et de composition des peuplements feuillus irréguliers, ainsi que sur la cartographie des trouées et leur caractérisation en termes de régénération. En effet, la capacité du LiDAR à pénétrer la canopée forestière offre des possibilités intéressantes pour la délimitation des zones de trouées. Cette cartographie, basée sur l'exploitation de couches cartographiques dérivées du LiDAR brut, décrit la hauteur et la porosité du couvert forestier. Nos résultats conduisent à une précision globale sur les trouées détectées de l'ordre de 80 %. Les travaux actuellement en cours cherchent à évaluer les possibilités de détection et de caractérisation de la végétation basse présente au sein de ces trouées (régénération et végétation).

Derrière cette technologie complexe réside un outil polyvalent et multifonctionnel qui constitue une réelle opportunité d'appuyer le forestier dans la caractérisation de la ressource. ■

Bonnet S., Toromanoff F., Fourneau F., Lejeune P. [2011]. Principes de base de la télédétection et ses potentialités comme outil de caractérisation de la ressource forestière. I. Images aériennes et satellitaires. Forêt Wallonne 114 : 45-56.

Bonnet S., Toromanoff F., Bauwens S., Michez A., Dedry L., Lejeune p. [2013]. Principes de base de la télédétection et ses potentialités comme outil de caractérisation de la ressource forestière. Partie 2. Le LiDAR aérien. Forêt Wallonne 124 : 28-41



IFA : un logiciel simple pour la réalisation et le traitement d'inventaires forestiers d'aménagement

Olivier De Thier, Jonathan Lisein, Philippe Lejeune
ULg, GxABT

Les inventaires constituent des outils importants dans le contexte d'une gestion durable de nos massifs forestiers. Traditionnellement, ces inventaires étaient réalisés en plein (mesure de tous les arbres), ce qui représentait une charge de travail considérable pour les forestiers de terrain.

L'intérêt de recourir aux inventaires par échantillonnage a été démontré dans de nombreuses études scientifiques. Malheureusement, cette approche est encore trop souvent considérée comme complexe et réservée à un personnel spécialisé, notamment dans le cadre des inventaires régionaux ou nationaux.

Considérant la volonté du DNF d'assortir les plans d'aménagement des forêts soumises d'un volet inventaire, une application informatique a été développée, afin d'aider les gestionnaires à réaliser des inventaires par échantillonnage dans les forêts dont ils préparent ou revoient le plan d'aménagement.

Cette application, baptisée IFA (pour Inventaire Forestier d'Aménagement) comporte des fonctionnalités utiles à la préparation du plan d'inventaire, au suivi des opérations de terrain, à l'encodage, à l'archivage et au traitement des données.

Elle est constituée d'une interface « bureau » et d'une interface « terrain ».

L'interface « bureau » est utilisée pour préparer les plans d'échantillonnage (liste des unités d'échantillonnage couvrant les parcelles à inventorier) et pour définir les variables qui seront collectées lors des campagnes de terrain. La collecte des données peut faire l'objet d'un encodage sur support papier ou directement sur support informatique en utilisant l'interface « terrain » sur une tablette

endurcie. En cas d'encodage « papier », les données sont ensuite encodées au bureau à l'aide du module d'encodage de l'interface « bureau ».

La dernière étape du processus concerne le traitement des données qui est réalisé de manière standardisée et automatique après avoir défini quelques paramètres concernant notamment les surfaces sur lesquelles portent l'analyse. Les résultats se présentent sous la forme de tableaux de synthèse ou de graphiques et sont stockés, par rubriques, dans différentes feuilles de calcul d'un fichier Excel. Parmi les résultats qui sont produits, on peut citer les principaux paramètres dendrométriques moyens (nombre de tiges, surface terrière, volume à l'hectare, hauteur dominante), une caractérisation de la structure et de la composition (nombre de tiges par classe de grosseur et par essence), des estimations du recouvrement de la régénération, des estimations de la fréquence de défauts ou dégâts sur les arbres de la futaie ou sur la régénération naturelle, des estimations d'accroissements en circonférence ou en volume (en cas de remesurages dans les unités d'échantillonnage d'un précédent inventaire). Lorsque l'inventaire concerne des plantations résineuses et qu'un parcellaire informatisé est disponible et renseigne les dates de plantation, le logiciel peut également fournir des indications sur le niveau de productivité (hauteur dominante atteinte à 50 ans) et sur l'accroissement attendu au sein des unités d'échantillonnage.

Avec ce logiciel, le DNF dispose désormais d'un outil simple, permettant de gérer de manière standardisée les données d'inventaires forestiers par échantillonnage. Cette application devrait, à terme, aider à généraliser la réalisation d'inventaires lors de la préparation ou de la révision de plans d'aménagement des forêts soumises. ■

Influence du changement climatique sur l'accroissement du hêtre en Wallonie

Nicolas Latte
ULg, GxABT

Depuis quelques décennies, des signes d'affaiblissement de plus en plus marqués ont été observés sur le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) un peu partout en Europe. L'inquiétude grandissante des gestionnaires forestiers s'inscrit dans la problématique complexe du changement climatique. Une étude dendroécologique a donc été réalisée afin de mieux comprendre la relation entre l'accroissement du hêtre et son environnement. Des mesures de cerne ont été effectuées sur des échantillons de bois issus de 158 hêtres sélectionnés dans douze hêtraies (de 84 à 206 ans) situées le long du gradient climatique de Wallonie (de 67 à 590 mètres d'altitude). L'analyse de l'évolution temporelle de l'accroissement et de sa relation avec le climat a abouti à trois résultats majeurs : l'accroissement

du hêtre a augmenté à partir des années '30 puis a diminué de manière soutenue à partir des années '80, la sensibilité climatique des hêtraies a aussi fortement augmenté et cette augmentation est plus forte pour les peuplements de base altitude, et les températures plus élevées en été et en début d'automne ont un impact négatif de plus en plus prononcé sur l'accroissement. Le réchauffement global rend les arbres de plus en plus dépendants de l'eau disponible (précipitation et sol). Les sécheresses et canicules plus fréquentes et intenses semblent progressivement affaiblir les arbres qui puisent de plus en plus dans leur réserve. L'étude comprend une discussion complète intégrant l'interprétation éco-physiologique des résultats mis en évidence. ■



Stress hydrique et croissance radiale : comparaison des réponses du hêtre, du chêne, du douglas et de l'épicéa en Wallonie

Tanguy Manise, Caroline Vincke
UCL, ELIe

Le contexte des changements climatiques induit une modification du cycle de l'eau, en particulier une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses estivales. Il est dès lors crucial de documenter la vulnérabilité des espèces ligneuses aux contraintes hydriques car leurs effets directs et cumulés sur le long terme peuvent être à l'origine de dépérissements et de mortalité.

Cette étude a ainsi évalué, pour la période 1970-2010, la vulnérabilité au stress hydrique des quatre essences les plus représentées en Wallonie, à savoir les chênes (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), l'épicéa (*Picea abies*) et le douglas (*Pseudotsuga menziesii*). Pour chaque espèce, cinq à six peuplements répartis dans trois régions climatiques de Wallonie ont été sélectionnés. Sur la période de référence, les déficits hydriques édaphiques annuels (« indices de stress ») ont été quantifiés par modélisation pour chaque peuplement (Granier et al., 1999), après paramétrisation du modèle avec des données édaphiques (réserve en eau utile, par exemple) et écophysiologicalues acquises *in situ*. Ensuite, la croissance radiale des arbres sur cette même période a été analysée de façon à identifier (1) les impacts des indices de stress hydriques modélisés et (2) la sensibilité des essences à d'autres descripteurs des conditions stationnelles, en lien avec le stress hydrique.

La modélisation de l'intensité des stress hydriques a mis en évidence que les sites feuillus présentent un indice de stress moyen plus élevé que les sites résineux ; leur réserve en eau du sol globalement plus faible peut en partie expliquer ce constat. En comparant les indices de stress modélisés avec la croissance radiale des peuplements, il est apparu que pour un indice de stress annuel supérieur à 40 mm, 43 % des peuplements sont affectés. Les années pour lesquelles l'indice de stress moyen pour tous les peuplements est le plus élevé sont 1976 et 2003.

L'étude dendrochronologique de la croissance radiale a mis en évidence les éléments suivants:

- sur les quarante dernières années, seule une année (1976) a été défavorable l'année même pour la majorité des sites étudiés ;
- les feuillus, et surtout les hêtraies, présentent des pertes de croissance en cas d'année stressante (quel que soit le stress) beaucoup plus importantes que les résineux. Par ailleurs, la sensibilité au climat (la réponse de l'accroissement radial aux conditions climatiques) est beaucoup plus importante pour les peuplements feuillus. Pour le hêtre, cette sensibilité augmente de manière constante depuis 40 ans ;
- un synchronisme de la dynamique de croissance des différents peuplements d'une même espèce est observé pour les chênes, les hêtres et les épicéas ; il débute à des périodes variables selon l'espèce. Ce phénomène particulier suggère une augmentation de la réactivité des arbres vis-à-vis du climat, quel que soit le site sur lequel ils sont implantés.

La réserve en eau utile maximale du sol a une influence déterminante sur la croissance radiale de toutes les espèces étudiées : les arbres présents sur des sols à faible réserve en eau ont été les plus affectés et les plus sensibles au climat depuis 1970. On a observé une influence négative sur la croissance radiale des températures élevées d'été de l'année précédant la saison de végétation pour les chênes, les hêtres et les épicéas, et une influence positive des températures hivernales clémentes pour les douglas. Des pluies d'automne et d'hiver plus importantes sont favorables, en particulier pour les feuillus. Par ailleurs, un bilan hydrique du sol déficitaire dès le début de l'été de l'année en cours influence de manière négative la croissance des arbres.

Sur base de ces constats, il est plus que jamais nécessaire de veiller à l'adéquation essence-station sur base climatique mais aussi sur les critères qui favorisent une bonne prospection racinaire, tout en menant une sylviculture favorisant une recharge optimale en eau des sols forestiers. ■

Des apports d'amendements pour améliorer la stabilité des peuplements aux stress hydriques ?

Raphaèle Van der Perre, Mathieu Jonard, Quentin Ponette
UCL, ELLe

L'amendement, en améliorant les propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol, peut contribuer à restaurer la fertilité des sols forestiers dégradés. Au-delà d'un gain de productivité, l'amendement peut améliorer l'état sanitaire des peuplements et permettre à ceux-ci de surmonter les stress liés notamment aux aléas climatiques. Il peut aussi prévenir de possibles dépérissements.

Cet exposé s'intéresse plus particulièrement à l'influence des conditions climatiques sur la réaction des arbres à des apports d'amendements. Dans ce but, des carottes ont été prélevées sur des arbres issus de peuplements témoin et amendés plus de 10 ans auparavant, ce qui a permis d'appréhender la dynamique de réponse à l'apport d'amendement, et l'influence du climat sur celle-ci.

En général, l'approvisionnement en eau n'est pas limitatif en Ardenne, le principal obstacle à la croissance étant la disponibilité de certains éléments minéraux. L'apport d'amendement permet d'augmenter la croissance en levant une partie des contraintes nutritionnelles. Cette augmentation est donc plus ou moins importante selon

la fertilité chimique initiale du site. Pour l'épicéa commun, l'effet bénéfique de l'amendement sur la croissance radiale atteint un maximum 3 à 6 ans après l'application de l'amendement et diminue progressivement par la suite. À cette tendance générale se superpose un effet du climat durant la période de végétation qui, lorsqu'il favorise la disponibilité en eau, influence positivement la réponse à l'amendement. La sensibilité des épicéas amendés aux variations du climat peut s'expliquer par la distribution superficielle des racines fines, et par le fait que les modifications induites par le chaulage se localisent principalement dans les horizons de surface dont la teneur en eau est fortement influencée par le climat. ■

Jonard M., Legout A., Nicolas M., Dambrine E., Nys C., Ulrich E., Van der Perre R., Ponette Q. [2012]. Perte de vitalité des pessières ardennaises : impact des dépôts acidifiants et eutrophisants. Forêt Wallonne 118 : 43-51.

Van der Perre R., Jonard M., Nys C., Ponette Q. [2010]. Impacts de l'amendement sur la réaction des peuplements au stress hydrique. Forêt Wallonne 107 : 21-37.

Le nouveau Fichier Écologique des Essences : pourquoi et comment ?

Stéphane Bythell, Adélaïde de Bont, Soraya Iboukassene,
Raphaëlle Van der Perre, Caroline Vincke, Quentin Ponette
UCL, ELle

Sophie Cordier, Eva Bifulchi, Sophie Cordier, Arthur Desjonquères,
François Ridremont, Hugues Claessens
ULg, GxABT

Le Fichier Écologique des Essences (FEE) et le Guide du Boisement (GB), résultat du travail d'une équipe interuniversitaire, ont été édités il y a plus de 20 ans. Plusieurs motivations ont justifié leur révision :

- les connaissances en autécologie ont évolué ;
- les changements globaux et leurs influences sur le milieu imposent de revoir l'aptitude des essences par rapport à leurs sensibilités climatiques particulières ;
- la sylviculture intègre aujourd'hui la multifonctionnalité des forêts. Le choix des essences doit donc tenir compte de l'ensemble des services écosystémiques impliqués ;
- les retours du terrain ont mis en évidence leurs atouts et faiblesses ; ils ont également révélé que l'outil GB était sous-utilisé malgré sa très grande efficacité [résultat de l'enquête réalisée auprès du DNF en 2010].

Le principe de base de la révision en cours est de fusionner les deux outils, en conservant les concepts qui ont fait leur succès, tout en les adaptant et en les complétant, parfois jusqu'à l'introduction de nouvelles rubriques.

Les modifications majeures portent sur :

- la mise à jour et la spatialisation à l'échelle de la Wallonie des descripteurs bioclimatiques conditionnant l'écologie des essences (avec redéfinition des limites des territoires écologiques) ;
- la redéfinition de la notion d'aptitude des essences, qui tient désormais compte de leurs services

écologiques (amélioration du sol, biodiversité...) et sylvicoles (abri, gainage...) en parallèle de leur capacité à produire du bois de qualité ;

- l'élaboration d'une matrice d'aptitude abiotique et floristique, accompagnée d'une description des contraintes physiques, hydriques et trophiques détaillée ;
- l'indication, par rubrique, de l'influence éventuelle des changements climatiques sur le facteur concerné et l'ajout, en fin de fiche-essence, d'une rubrique synthétisant le comportement de l'essence dans ce contexte ;
- l'insertion de suggestions de mesures complémentaires à réaliser sur le terrain pour s'adapter à des conditions particulières et raisonner au mieux le choix d'une essence au cas par cas.

Dans cette version revisitée de l'outil, l'analyse démarre par le positionnement de la station au sein d'une matrice à triple entrée (niveau hydrique, niveau trophique, climat), ce qui permet de définir une première liste d'essences potentiellement aptes à y être installées (approche issue de l'ancien GB). Cette liste est ensuite affinée au regard des sensibilités particulières de chaque essence, s'appuyant sur la lecture de chacune des fiches-essences détaillées (approche issue de l'ancien FEE). À ce jour, sept fiches-essence ont été révisées. Elles sont en cours d'évaluation par un groupe de travail réunissant praticiens et scientifiques, animé par l'asbl Forêt Wallonne. ■

9h30 Grégory Timal, Hugues Claessens	page 6
Les hêtraies-chênaies et leur régénération naturelle en lumière	
10h00 Olivier Baudry	page 7
Le densiomètre convexe : un outil pertinent pour estimer la disponibilité en lumière en forêt feuillue	
10h15 François Lehaire	page 8
Les dispositifs enclos-exclos : une solution pour évaluer l'équilibre forêt-grande faune ?	
11h15 Laurent Saint-André, Paul-Igor Hounzandji	page 9
Des modèles de biomasse et de minéralomasse pour la gestion forestière : quelles avancées ? Pour quels usages ?	
11h35 Jérôme Perin	page 10
Étude de la croissance et du niveau de production des peuplements résineux en Wallonie	
11h50 Stéphanie Bonnet	page 11
Quantifier la ressource forestière grâce au LiDAR, quelques applications concrètes	
12h05 Philippe Lejeune	page 12
IFA : un nouvel outil pour la mise en place d'inventaire forestiers d'aménagement	
13h45 Nicolas Latte	page 13
Influence du changement climatique sur l'accroissement du hêtre en Wallonie	
14h00 Tanguy Manise	page 14
Stress hydrique et croissance radiale : comparaison des réponses du hêtre, du chêne, du douglas et de l'épicéa en Wallonie	
14h15 Raphaëlle Van der Perre	page 15
Des apports d'amendements pour améliorer la stabilité des peuplements aux stress ?	
14h30 Quentin Ponette, Hugues Claessens	page 16
Le nouveau Fichier Écologique des Essences : pourquoi et comment ?	



ORGANISÉ PAR LES PARTENAIRES DE L'ACCORD-CADRE DE RECHERCHES ET VULGARISATION FORESTIÈRES

