

FÉVRIER 2019

FORÊT
• NATURE

**HORS
SÉRIE**
N°1

Édition spéciale de Forêt.Nature, revue trimestrielle éditée par l'asbl Forêt Wallonne - Bureau de dépôt : 50000 Namur-Masspost - n° d'agrégation : P202241

LA SCIENCE AU SERVICE DE LA FORÊT DE DEMAIN



ACCORD-CADRE DE RECHERCHES
ET VULGARISATION FORESTIÈRES
2014-2019

FORÊT • NATURE

UNE ÉQUIPE PLURIDISCIPLINAIRE AU SERVICE
DES GESTIONNAIRES DE LA FORÊT ET DE LA NATURE

FORMATION

CATALOGUE DE FORMATIONS
PROFESSIONNELLES POUR
LES GESTIONNAIRES FORESTIERS

ATELIERS
forestiers



DÉVELOPPEMENT

ACCOMPAGNEMENT PRO SILVA
APPLICATIONS WEB



COMMUNICATION

REVUE FORÊT.NATURE
FORÊT-MAIL
ÉVÉNEMENTS



Forêt
MAIL

La revue de
presse mensuelle
gratuite sur la
forêt et la nature.



Des vidéos de démonstration de
techniques sylvicoles.

GESTION DE PROJET

PROJETS ÉCO-FORESTIERS, CONSULTANCE À L'INTERNATIONAL, PARTENARIATS MULTI-ACTEURS, FORÊTS DU MONDE

FORETNATURE.BE

FORÊT.NATURE est éditée par
Forêt Wallonne asbl
ISSN 1372-8903

Rédaction

Rue de la Plaine 9 | B-6900 Marche
info@foretnature.be
T +32 (0)84 22 35 70

Rédacteur en chef

Christophe Heyninck
c.heyninck@foretnature.be

Directeur (éditeur responsable)

Marc Bussers
m.bussers@foretnature.be

Mise en page

Martin Dellicour (C'est beau !)

Publicité

Contactez la rédaction

Abonnements (4 numéros/an)

Belgique : 49 € (étudiant : 26,50 €)
Europe : 66 €
Vente au numéro : 15 € (+ port)

Commande via la librairie en ligne
librairie.foretnature.be

Conseil d'administration

Philippe Blerot, Hugues Claessens (ULg-GxABT), Benjamin de Potter (DNF), Étienne Gérard, Didier Marchal (DNF), Étienne Orban de Xivry, Quentin Ponette (UCL-ELIe), Stéphane Vanwijnsberghe (Bruxelles Environnement)

Collaborateurs

Caroline Guillier (Pro Silva)
c.guillier@foretnature.be
Sébastien Petit (Formation)
s.petit@foretnature.be
Céline Prévot (Formation)
c.prevot@foretnature.be
Christine Sanchez (Pro Silva)
c.sanchez@foretnature.be
Nathalie Simon (Éditions)
n.simon@foretnature.be

Photo de couverture

© Martin Dellicour

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction.

La rédaction remercie les auteurs et les photographes pour leur contribution.

La revue FORÊT.NATURE est réalisée avec le soutien de l'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières.



ÉDITO

Dépérissement des forêts, perte conséquente de notre biodiversité, changements climatiques, déséquilibre forêt-gibier, tous ces éléments concourent à tirer le signal d'alarme pour la survie de notre patrimoine forestier. Lorsqu'on connaît le rôle essentiel que joue la forêt dans la protection de notre planète terre, on a de quoi s'inquiéter.



Une partie de notre société, et en particulier notre jeunesse, a bien compris qu'un basculement est en cours et s'accélère suite à la réaction trop timide du monde politique. Les manifestations organisées dans le cadre des changements climatiques démontrent que la finitude de notre planète commence à être perçue et qu'on ne peut plus accepter qu'un grand nombre d'activités humaines conduisent à dégrader, souvent de manière irréversible, les fondements de la vie sur terre.

Cet impact négatif ne date pas d'hier évidemment et le Gouvernement, sur proposition du Département de la Nature et des Forêts, l'a bien compris en prenant une série de mesures dont la révision du code forestier et, il y a vingt ans, en mettant sur pied l'Accord-cadre de recherches et de vulgarisation forestières. Nos universités jouent un rôle essentiel dans la connaissance, le savoir et l'enseignement des mécanismes qui régissent l'écosystème forestier. La recherche est le principal pilier qui permet à notre société d'évoluer, de progresser, de corriger ses erreurs, au fur et à mesure que la science nous aide à comprendre les interactions entre les différentes composantes du vivant.

Cette connaissance, ce savoir, il faut les intégrer dans les modes de gestion et les faire passer aux acteurs de terrain, en l'occurrence les agents des services extérieurs du DNF d'une part, et les propriétaires privés et leurs gestionnaires d'autre part. C'est l'asbl Forêt Wallonne, aujourd'hui Forêt.Nature, qui assure ce transfert par la formation continue des agents et par sa revue, à la satisfaction de tous.

Cette trilogie recherche-vulgarisation-gestion a fait ses preuves et tous les Ministres qui se sont succédés ont appuyé sans réserve cette association.

Le contenu de ce hors-série de Forêt.Nature vous démontrera l'abondance et la qualité des recherches menées.

Que cet Accord-cadre puisse perdurer encore longtemps au bénéfice de l'avenir de nos enfants et de toute notre société. ♦

Philippe Blerot

Inspecteur général honoraire
du Département de la Nature et des Forêts

FORÊT
•NATURE

ATELIERS
forestiers

PRO SILVA
APPUI SYLVICOLE

salamandre

OUTILS POUR UNE GESTION RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

L'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières, un outil complet et exemplaire !

Erwin Ulrich

Pôle recherche-développement-innovation de Fontainebleau-Compiègne
Office National des Forêts, Direction Territoriale Seine-Nord, France



Fédérer les acteurs wallons de la recherche forestière en un seul programme depuis 20 ans avec une telle dynamique qui ne se dément pas, c'est exceptionnel !

Les actions de recherche menée par l'UCLouvain et l'ULiège intéressent d'ailleurs grandement les chercheurs et gestionnaires français ! Il s'agit, par exemple, des recherches sur les risques nutritionnels, les stress hydriques, l'analyse détaillée du comportement des essences dans les forêts mélangées et l'analyse de la croissance des essences dans les forêts irrégulières qui complètent utilement nos recherches françaises.

Deux caractéristiques importantes de cet Accord-cadre permettent de lui donner toute son utilité pour la gestion forestière :

- 1) Être à l'écoute des besoins du terrain pour réaliser des recherches appliquées qui aboutissent à des outils directement utilisables par les gestionnaires : fichierecologique.be, qui mérite un vrai « Bravo ! », le développement d'un système intégré d'évaluation de l'équilibre forêt-grande faune, d'itinéraires techniques, de recommandations ou bien de guides sylvicoles après analyse détaillée du comportement des essences concernées, par exemple.
- 2) Assurer le transfert des connaissances rapidement via la vulgarisation et les formations car c'est un métier à part entière. Disposer au sein de l'Accord-cadre d'un vulgarisateur hors pair comme Forêt.Nature est à ce titre fondamental. Leurs outils et publication sont d'ailleurs fortement appréciés par mes collègues à l'ONF.

La qualité des équipes de recherches mobilisées couplée à celle d'un bon vulgarisateur et la boucle est bouclée entre la recherche et la gestion ! Que cela continue ainsi avec le nouvel Accord-cadre 2019-2024 !



François Ningre

Ingénieur de recherche, équipe ForeSTree,
Institut National de la Recherche Agronomique,
France

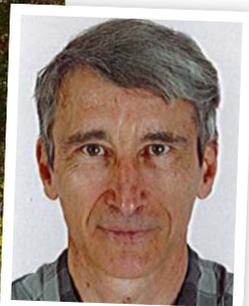


L'Accord-cadre est un projet de recherche qui est original et ambitieux. Porté par un collectif interdisciplinaire et interactif d'Universitaires de renommée internationale et Forêt.Nature, il est soutenu sans faille par le Service public de Wallonie. C'est cette interactivité, ce soutien et la cohérence sur le long terme des actions de recherche – grâce aux accords-cadres successifs – qui font la force et la portée des recherches qui y sont menées. Ces dernières suscitent d'ailleurs bien des envies au-delà de la seule Wallonie.

L'accord-cadre est aussi, de sa construction au rapport final, un creuset remarquable de réflexion et d'échanges entre gestionnaires et chercheurs.

C'est également un fonctionnement exemplaire dans sa forme, ponctué par des comités de suivi technique et des comités de pilotage, conduits dans un esprit de respect mutuel : respect des attentes des gestionnaires forestiers, de leur impatience légitime à bénéficier des résultats et respect de la liberté des chercheurs dans leurs choix de stratégies d'avancement des projets.

L'Accord-cadre est enfin un outil bien conçu et efficace grâce à Forêt.Nature, le partenaire de vulgarisation qui transfère les connaissances et conçoit des outils pratiques mis à disposition des gestionnaires forestiers publics comme privés.



Frank Wolter

Directeur, Administration de la nature
et des forêts, Ministère de l'Environnement,
du Climat et du Développement durable
du Grand-Duché de Luxembourg



La multiplicité des acteurs est un défi organisationnel, mais avant tout une réelle opportunité pour bénéficier au maximum de la multifonctionnalité de nos forêts. L'Accord-cadre de recherches et de vulgarisation forestière en Wallonie est un exemple parfait d'interface fonctionnel entre les attentes de la société, le soutien scientifique des universités et la gouvernance politique.

La vulgarisation est à nos yeux un engrenage essentiel de cet instrument qu'il faut continuer à développer afin d'optimiser la communication entre les acteurs de la forêt. Le Grand-Duché de Luxembourg est fier de pouvoir participer en tant qu'observateur à cet outil de recherche dynamique, unique en son genre dans la Grande Région et générateur de nombreuses collaborations.



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

Administration de la nature et des forêts

SOMMAIRE

FÉVRIER 2019

HORS SÉRIE N°1

- 6** 1999-2019 : 20 ANS D'ACCORD-CADRE DE RECHERCHES ET VULGARISATION FORESTIÈRES
Didier Marchal

GESTION DES RISQUES ET RÉSILIENCE DES FORÊTS

- 12** UNE CARTE POUR LE CONFORT CLIMATIQUE DES ARBRES EN FORÊT WALLONNE
Raphaèle Van der Perre, Stephen Bythell

- 14** CONNAÎTRE LA FERTILITÉ DE SES SOLS FORESTIERS EN QUELQUES CLICS
François Ridremont, Jonathan Lisein, Florent Wampach, Sophie Cordier

- 16** IDENTIFICATION DES ZONES OÙ LES ARBRES RISQUENT DE SOUFFRIR D'UN MANQUE DE MAGNÉSIUM
Hugues Titeux, Raphaèle Van der Perre, J. Genon

- 18** UN OUTIL POUR ESTIMER LES EXPORTATIONS D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS LORS DE LA RÉCOLTE DU BOIS
Frédéric André, Holger Wernsdörfer, Paul Igor Hounzandji

- 20** LES ARBRES ONT-ILS UNE MÉMOIRE DES STRESS ?
Julie Losseau

- 22** DIAGNOSTIC DE L'ÉQUILIBRE FORÊT-GRANDE FAUNE SAUVAGE GRÂCE AUX INVENTAIRES D'ÉCORCEMENT
Romain Candaele

- 24** DIAGNOSTIC DE L'ÉQUILIBRE FORÊT-GRANDE FAUNE GRÂCE AUX ENCLOS-EXCLOS
Romain Candaele

- 26** COMMENT NOS ARBRES RÉAGISSENT-ILS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ?
Nicolas Latte, Philippe Taverniers

NOUVEAUX OUTILS POUR LA GESTION FORESTIÈRE

- 30** LA FORÊT FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES
Mathieu Jonard

- 32** ÉVALUER LE NIVEAU DE PRODUCTIVITÉ DES PEUPELEMENTS FORESTIERS
Jérôme Perin

- 34** MISE EN PLACE D'UNE CARTOGRAPHIE CONTINUE DE LA FORÊT WALLONNE
Nicolas Latte

- 36** LA TECHNOLOGIE LIDAR AU SERVICE DE LA GESTION FORESTIÈRE
Nicolas Latte

38 SIMULER L'ÉVOLUTION DE LA FORÊT WALLONNE
Jérôme Perin, Nicolas Latte

40 DÉNOMBRER LA GRANDE FAUNE DE NOS FORÊTS
PAR VOIE AÉRIENNE : UTOPIE OU RÉALITÉ ?
Peter Gaucher, Nicolas Latte

42 DU MODÈLE MATHÉMATIQUE À L'ACTION DE
TERRAIN
Jérôme Perin

VALORISER LA DIVERSITÉ DES ESSENCES

46 COMMENT FAIRE COHABITER LES CHÊNES AVEC
D'AUTRES ESSENCES EN FORÊT ?
Grégory Timal

48 LES ARBORETUMS : UN HÉRITAGE EN OR POUR
NOS FORÊTS ?
Morgane Dendoncker

50 LES PEUPELEMENTS MÉLANGÉS, L'AVENIR DE
NOS FORÊTS DANS UN CLIMAT CHANGEANT ?
Géraud de Streel

52 LE BOULEAU, UNE ESSENCE D'AVENIR !
Héloïse Dubois

54 NEUF PEUPELEMENTS RÉSINEUX GÉRÉS SANS
COUPE RASE SOUS LA LOUPE
Gauthier Ligot

L'ACCORD-CADRE AU SERVICE DU MONDE FORESTIER

58 FICHIERECOLOGIQUE.BE, UN OUTIL POUR
RENFORCER LA MULTIFONCTIONNALITÉ ET LA
RÉSILIENCE DES FORÊTS
Sébastien Petit, Hugues Claessens, Quentin
Ponette, Caroline Vincke, Franz Weissen, Didier
Marchal

60 VULGARISER LES RÉSULTATS DE RECHERCHES
ET CRÉER LES OUTILS PRATIQUES POUR LES
GESTIONNAIRES
Christophe Heyninck, Marc Bussers

62 L'ACCORD-CADRE AU SERVICE DE LA POLITIQUE
FORESTIÈRE EN WALLONIE
Philippe Lejeune, Hugues Claessens

64 UN RÉSEAU D'EXPÉRIMENTATIONS DE
SYLVICULTURE SUIVI À LONG TERME
Gauthier Ligot, Benoît Mackels, Thibaut Delaite,
Allan Borremans

66 LES SATELLITES VIENNENT EN AIDE À LA
GESTION DE L'ÉPIDÉMIE DE SCOLYTE
Nicolas Latte

68 POURSUIVRE LA RECHERCHE FORESTIÈRE AU
SERVICE DES FORÊTS ACTUELLES ET FUTURES
Quentin Ponette, Hugues Claessens, Didier
Marchal, Caroline Vincke



1999-2019 : 20 ANS D'ACCORD-CADRE DE RECHERCHES ET VULGARISATION FORESTIÈRES

Le 2 juin 1999, le Gouvernement wallon signe le premier Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières.

 **Didier Marchal** Département de la Nature et des Forêts
didier.marchal@spw.wallonie.be



S'inscrivant dans la politique forestière mondiale de l'époque (Rio 1992, Helsinki 1993, Lisbonne 1998), cet Accord formalise le partenariat entre la Région wallonne, l'Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège) et l'Université Catholique de Louvain-la-Neuve (UCLouvain), ces deux dernières diplômant les futurs ingénieurs forestiers. C'est le début d'une grande aventure qui se poursuit encore 20 ans plus tard.

À l'issue d'une première période de 5 ans, l'Accord-cadre a fait l'objet d'un audit externe piloté par l'Office National des Forêts (ONF, France). On y soulignait notamment le fait que l'Accord-cadre était un outil efficace pour la recherche et le développement mais aussi pour la vulgarisation scientifique et technique, assurée par Forêt.Nature.

Il est utile de rappeler ici que le principe fondateur de l'Accord-cadre repose sur six grands enjeux :

- Mieux remplir les missions de gestion, prévues dans le code forestier, en s'appuyant sur les résultats d'une recherche « finalisée ».
- Orienter les travaux de recherche sur des thématiques représentant un intérêt concret.
- Augmenter l'efficacité des actions de recherche et développement forestiers en coordonnant les travaux de recherche sur les matières forestières, tout en fixant des priorités qui correspondent aux problèmes des gestionnaires.
- Simplifier le travail des gestionnaires forestiers par la mise au point d'outils techniques et informatiques bien conçus.
- Obtenir un meilleur transfert des connaissances par une vulgarisation de la recherche au profit des agents du Département de la Nature et des Forêts (DNF). • Assurer la formation des agents du DNF pour faire évoluer les pratiques des gestionnaires forestiers.

C'est autour de ces enjeux qu'ont été bâtis les Accords-cadres successifs. Ainsi, le deuxième Accord-cadre (2004-2009) avait un double objectif :

- D'une part, le développement et l'aboutissement d'un programme coordonné de recherches forestières s'inscrivant dans la problématique de la gestion durable du patrimoine naturel.
- D'autre part, la diffusion des résultats, la vulgarisation et la formation de terrain des gestionnaires forestiers.

Ensuite, le troisième Accord-cadre (2009-2014) s'est développé autour du thème mobilisateur de la « gestion adaptative ».

Une des originalités de l'Accord-cadre est que les thèmes de recherche sont issus d'une concertation entre les gestionnaires forestiers et les chercheurs. À ce titre, les thématiques du quatrième Accord-cadre (2014-2019) se présentaient de la manière suivante :

- Évaluation des risques et gestion des forêts dans le cadre des changements globaux.
- Outils d'analyse prospective pour la forêt wallonne.
- Conception de systèmes sylvicoles innovants pour la forêt wallonne.
- Équilibre forêt-grande faune.
- Réponse à des questions de recherche ponctuelles.
- Vulgarisation et formations forestières.

Afin d'illustrer la cohérence de l'Accord-cadre, on notera qu'il est en parfaite concordance avec le Plan quinquennal de recherches forestières approuvé par le Gouvernement wallon le 7 juin 2012.



Par ailleurs, il rencontre plusieurs objectifs de la gestion durable des forêts selon le « Plan de Progrès PEFC pour la Wallonie ». On citera la vulgarisation des notions de gestion durable des forêts auprès du grand public, le maintien ou l'amélioration de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers, ou encore la prise en compte de la biodiversité dans les pratiques forestières.

Une des productions emblématique du dernier Accord-cadre est la version numérique du Fichier écologique des essences : fichierecologique.be. Après plusieurs années de recherche pour mettre à jour les fiches essences et construire les cartes bioclimatiques, des niveaux hydriques et trophiques, un outil d'aide à la décision a été mis en place. L'aboutissement de ce projet est la parfaite illustration du bon fonctionnement de la synergie entre les universités et l'acteur de vulgarisation qu'est Forêt.Nature. Cette réussite a été confirmée par les statistiques d'utilisation de l'application web et maintes fois soulignée par tous les acteurs belges et étrangers depuis le lancement de cette version 2.0 du Fichier écologique des essences à Demo Forest en août 2017.

Mais l'Accord-cadre ne se résume évidemment pas au Fichier écologique. Les recherches qui y sont menées sont vulgarisées par les chercheurs au travers d'articles qui paraissent régulièrement dans la revue Forêt.Nature.

Bibliographie

- Blerot P.** (2004). Un « Accord Cadre de Recherche et Vulgarisation Forestières » ? Pour qui ? Pour quoi ? *Forêt Wallonne* 73 : 3-7.
- Marchal D.** (2014). *Quinze ans d'Accord-cadre de Recherches et Vulgarisation forestières (1999-2014)*. *Forêt Wallonne* 129 : 3-7.
- Petit S., Claessens H., Vincke C., Ponette Q., Marchal D.** (2017). *Le Fichier écologique des essences, version 2.0*. *Forêt.Nature* 143 : 12-19.

D'un autre côté, l'équipe de Forêt.Nature assure la formation des agents du DNF, sur base des principaux résultats de la recherche. Cela se traduit par un calendrier de formation établi conjointement avec le DNF.

Gérer un Accord-cadre de cette ampleur n'est pas chose aisée. Le pilotage est actuellement assuré conjointement par le DEMNA (Département de l'étude du milieu naturel et agricole) et le DNF. Le fonctionnement de l'Accord-cadre repose sur des comités techniques et un comité de pilotage qui se réunissent deux fois par an (3 jours en janvier et 3 en juin). Les premiers sont essentiellement constitués par le personnel du DNF et du DEMNA, le second faisant également appel à des représentants français et luxembourgeois du monde de la recherche et de l'administration forestière.

Le nouvel Accord-cadre (2019-2024) sera sans doute un peu différent des précédents, mais l'objectif reste de fournir des solutions pratiques aux questions que se posent les gestionnaires de terrain.

Le climat évolue, les forêts doivent s'adapter tout comme les techniques sylvicoles. Un travail intense et passionnant nous attend pour garantir l'avenir d'un patrimoine naturel wallon remarquable d'une part et une filière économique prospère d'autre part. Plus que jamais, l'Accord-cadre constitue un outil de premier plan pour relever collectivement ces défis. ◆

UN COLLECTIF AU SERVICE DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE



Frédéric André

frederic.andre@uclouvain.be

Par le biais de mes recherches, j'ambitionne de contribuer à l'approfondissement des connaissances relatives au fonctionnement des écosystèmes forestiers afin d'apporter des réponses pragmatiques aux questions qui se posent pour faire face aux défis des changements climatiques.



Marc Bussers

m.bussers@foretnature.be

Issus d'une famille de scientifiques et de chercheurs, passionné de forêt, chercheur de sens, voilà pourquoi participer à un tel collectif avec les équipes universitaires engagées au service de la forêt de demain est un plaisir au quotidien !



Romain Candaele

romain.candaele@uliege.be

La gestion des grands ongulés amène des parties prenantes, aux perceptions et intérêts différents, à collaborer. L'évaluation objective de l'équilibre forêt-grande faune nécessite des prises de mesures coûteuses en temps mais elle fournit des bases solides sur lesquelles les forestiers et les chasseurs peuvent s'appuyer lors des prises de décision.



Hugues Claessens

hugues.claessens@uliege.be

À la fois ressource en bois, lieu de récréation et de ressourcement et réservoir de biodiversité, la forêt mérite bien sa place au cœur des attentes de la société. A travers mon enseignement et mes recherches, j'aime participer à sa gestion durable.



Géraud de Streel

geraud.destreel@uclouvain.be

La recherche scientifique est une entreprise collégiale magnifique où chaque chercheur s'attèle à apporter sa pierre à l'édifice afin de faire progresser le niveau global de connaissances et, par là, la société elle-même. C'est une chance pour moi de pouvoir y participer.

Morgane Dendoncker

morgane.dendoncker@uclouvain.be

J'ai l'envie et l'espoir, peut-être un peu fou, de contribuer à la sauvegarde des forêts pour les générations futures.



Héloïse Dubois

heloise.dubois@uliege.be

Observer, écouter, analyser la sylviculture enseignée par les arbres eux-mêmes avec le concours des professionnels qui les côtoient au quotidien pour créer une forêt d'avenir.



Christophe Heyninck

c.heyninck@foretnature.be

Transmettre les connaissances aux gestionnaires forestiers avec savoir-faire, tel est mon défi quotidien depuis 18 ans (et plusieurs éclaircies) au service des chercheurs et de l'écosystème forestier.



Mathieu Jonard

mathieu.jonard@uclouvain.be

Par mon travail de recherche, je suis heureux d'apporter ma pierre à la connaissance des écosystèmes forestiers, d'aider à la mise en place d'une gestion des forêts adaptée à l'environnement changeant et de contribuer à relever le défi climatique.



Nicolas Latte

nicolas.latte@uliege.be

Attiré par la Nature depuis mon enfance, je me retrouve tout naturellement à faire des études sur le vivant à Gembloux, et travaille actuellement au service de notre belle forêt wallonne. Depuis 12 ans dans le monde de la recherche, en passant par l'inventaire régional, la dendrochronologie et la télédétection, toute mon attention porte sur la forêt, sa caractérisation, sa gestion et sa pérennité.



Philippe Lejeune

p.lejeune@uliege.be

La forêt wallonne est un bien collectif qui mérite toute notre attention dans un contexte chargé d'incertitude. L'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières nous donne l'opportunité de mettre nos compétences au service de ce patrimoine. Les nombreux défis à relever constituent une source permanente de motivation pour mener nos travaux de recherche.





Gauthier Ligot

gligot@uliege.be

Du suivi à la modélisation de sylvicultures innovantes – pour que nos forêts répondent au mieux aux attentes de la société de demain. *Without deviation from the norm, progress is not possible* (Frank Zappa)



Julie Losseau

Tout au long de ma recherche j'ai essayé de garder cette question en tête : qu'est-ce que cela implique pour le gestionnaire forestier? Le sujet a beau me passionner, l'idéal est de le partager et que les résultats de la recherche aident à guider le gestionnaire !



Sébastien Petit

s.petit@foretnature.be

« En forêt, il y a toujours à apprendre », une phrase qui ressort presque à chaque formation en guise de conclusion de la part des participants et qui traduit parfaitement ma vision des forêts. C'est un écosystème complexe, encore peu connu, mais passionnant à découvrir !



Jérôme Perin

j.perin@uliege.be

Équilibrer les fonctions écologiques, économiques et sociales de la forêt nécessite une vision à long terme des conséquences des choix sylvicoles. Je développe des outils permettant de tester différentes stratégies de gestion sans mettre en danger nos ressources forestières.



Quentin Ponette

quentin.ponette@uclouvain.be

Du plus loin que je m'en souviens, ma curiosité pour la nature est née sous les frondaisons de la forêt de Bon-secours, toute proche de notre maison d'alors. A travers mes recherches, j'ai aujourd'hui la chance de concilier ma passion pour les arbres et pour les sols !

Mes objectifs ? Mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes forestiers en vue de proposer des modes de gestion innovants, respectueux de l'environnement et suffisamment flexibles dans un environnement changeant.

Grégory Timal

g.timal@cdaf.be

Je cherche à donner aux praticiens des outils les aidant à gérer des forêts plus diversifiées, tout en restant attentif aux réalités socio-économiques et aux défis environnementaux auxquels ils doivent faire face.



Hugues Titeux

hugues.titeux@uclouvain.be

Je suis curieux de nature ; chercher à comprendre le fonctionnement des écosystèmes forestiers m'apporte la dose quotidienne de découvertes.



Raphaèle Van der Perre

Observer la nature et la complexité de ses mécanismes m'a toujours fascinée : comme par exemple l'ingéniosité de la liane caméléon (*Boquila trifoliolata*) et de la plante qui danse (*Codariocalyx motorius*). Les arbres me touchent particulièrement : ils sont grands et puissants mais leur immobilité les rend fragiles. Ils ont leurs besoins et leurs limites qu'il nous faut évaluer si nous voulons préserver l'intégrité de nos forêts. Certes nous ne pourrions jamais lever entièrement le voile sur tous les mystères de la nature, mais chaque recherche nous permet de mieux la comprendre.



Caroline Vincke

caroline.vincke@uclouvain.be

Être chercheuse en écologie forestière ? C'est se sentir en lien étroit avec la Nature, explorer le monde et sa beauté avec créativité, apprendre constamment, se remettre en question et contribuer à faire changer les mentalités. C'est fun !





GESTION DES RISQUES ET RÉSILIENCE DES FORÊTS

UNE CARTE POUR LE CONFORT CLIMATIQUE DES ARBRES EN FORÊT WALLONNE

Le fichier écologique des essences intègre un nouveau découpage du territoire wallon en dix zones bioclimatiques. Basées sur des données climatiques actualisées et sur la réponse des espèces forestières au changement climatique, elles en constituent la porte d'entrée.

 **Raphaèle Van der Perre, Stephen Bythell**
UCLouvain

 **Encadrement scientifique :**
Patrick Bogaert, Quentin Ponette, Caroline Vincke
(UCLouvain). Les données de l'IRM ont été préparées par **Christian Tricot** (IRM).

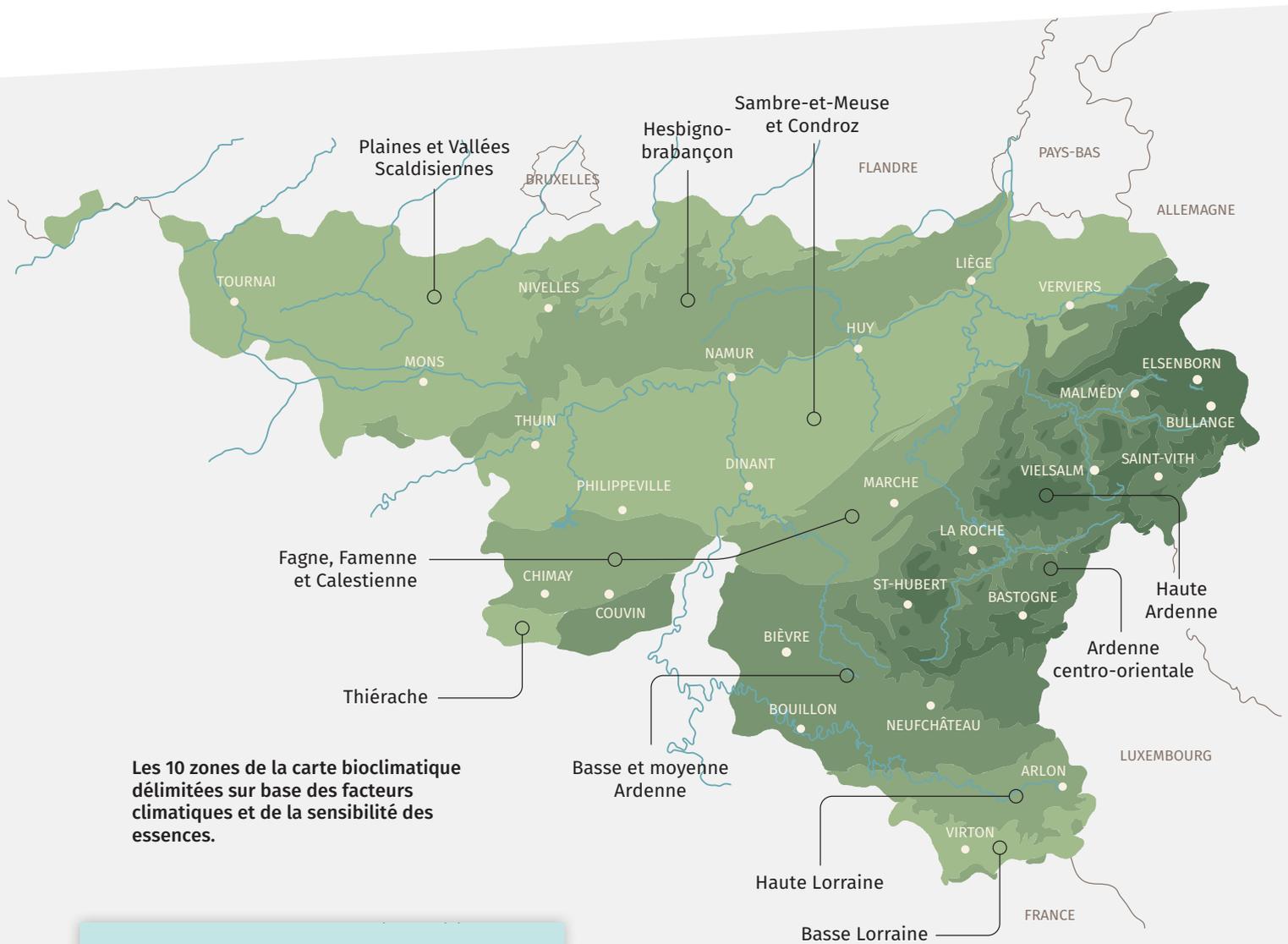
Le climat exerce un impact majeur sur la croissance, la survie et la capacité de reproduction des plantes. Il agit directement sur leur fonctionnement, mais aussi par ses effets sur le sol et les autres organismes vivants, qui interagissent avec les végétaux.

Les plantes sont sensibles aux valeurs annuelles de paramètres climatiques, comme la température moyenne annuelle ou les précipitations totales, mais également aux fluctuations entre saisons d'une même année, ou d'une année à l'autre. Les plantes sont ainsi très sensibles à des écarts (excès ou déficits), aux conditions moyennes caractéristiques de leur zone de croissance, et au moment où ces écarts se produisent : au printemps ou en été, à l'âge adulte ou en jeunesse...

Le découpage d'un territoire sur une base climatique constitue donc la première porte d'entrée pour définir en quoi un site est accueillant ou non pour une espèce végétale donnée.

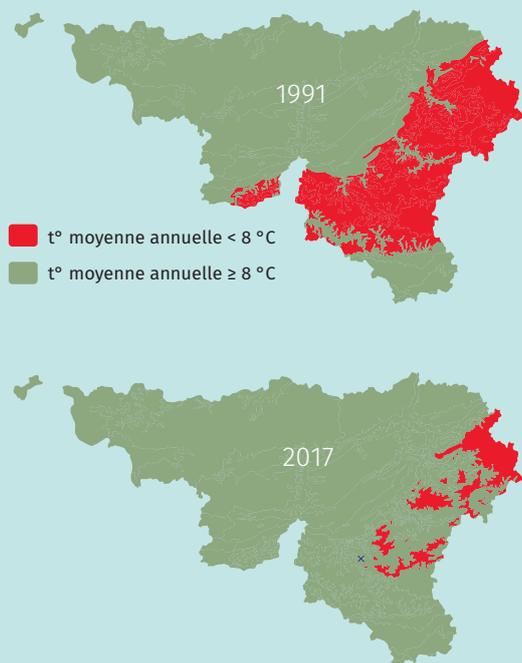
Dans une première étape, à partir des données climatiques de températures et de précipitations enregistrées entre 1986 et 2005 en Wallonie, plusieurs indicateurs climatiques utiles pour la plante ont été calculés sur une maille de 500 x 500 m ; ils ont permis d'identifier quatre grandes régions climatiques. Celles-ci ont été redécoupées en 10 zones bioclimatiques sur base exclusive des sensibilités climatiques des espèces forestières.

Le nouveau découpage permet donc d'évaluer, dans une première étape du diagnostic, la compatibilité climatique des espèces pour chaque zone et d'obtenir ainsi une liste d'espèces classées selon ce critère. Dans une seconde étape, l'analyse via le fichier écologique définit en quoi le site est pourvu en éléments nutritifs et alimenté en eau ; de la même manière que pour le climat, un niveau d'aptitude dit « hydro-trophique » peut ainsi être défini pour chaque espèce. Le choix final repose alors sur l'analyse d'autres contraintes (par exemple, une sensibilité aux gelées tardives, au vent, aux canicules etc.), l'étude



Les 10 zones de la carte bioclimatique délimitées sur base des facteurs climatiques et de la sensibilité des essences.

Évolution de la zone de risques climatiques pour le merisier, établie en considérant un seuil de température moyenne annuelle de 8 °C.



La carte bioclimatique a également permis de mettre en évidence les changements climatiques apparus ces dernières années.

des facteurs de compensation et d'aggravation (un versant exposé au sud va par exemple aggraver l'intensité d'une sécheresse), et la prise en compte des objectifs du forestier. ◆

CONNAÎTRE LA FERTILITÉ DE SES SOLS FORESTIERS EN QUELQUES CLICS

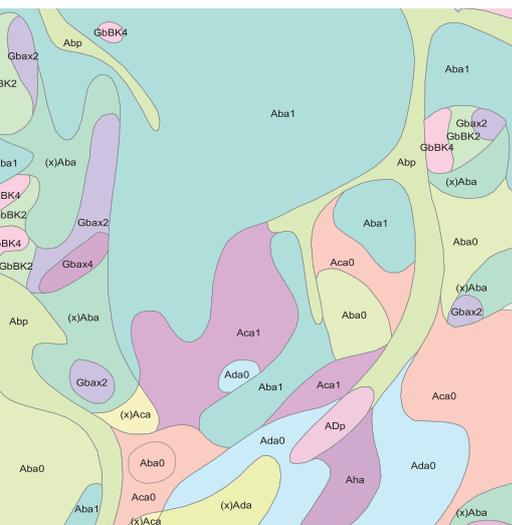
Savez-vous vous situer précisément sur la carte ? Alors, vous pouvez désormais avoir une idée de la disponibilité en eau et en éléments nutritifs sous vos pieds en quelques clics !

 François Ridremont, Jonathan Lisein,
Florent Wampach, Sophie Cordier ULiège

 Encadrement scientifique :
Hugues Claessens (ULiège)

LE SAVIEZ-VOUS ?

De 1948 à 1990, une équipe de dizaines de pédologues a parcouru la Belgique en tous sens, réalisant un sondage du sol tous les 70 mètres ! Ils ont produit une carte des sols au 1/5000 publiée et numérisée au 1/20.000 que les agronomes et forestiers du monde entier nous envient. Elle fournit une information précise sur la texture du sol (teneurs en argile, limon, sable et cailloux), son drainage, sa profondeur, les entraves à l'enracinement, etc.



En Belgique, l'information cartographique sur le milieu naturel est remarquablement complète et précise. On dispose d'une carte des sols au 1/20.000, d'une carte topographique précise au mètre près, de cartes climatiques, géologiques et j'en passe. À partir de cette mine d'informations, il est possible de déduire des tas d'informations écologiques et de les cartographier.

Dans le cadre de la révision du Fichier écologique des essences et de son automatisation, nous avons élaboré des cartes de disponibilité en eau (selon une échelle hydrique) et en éléments minéraux (selon une échelle trophique) des sols qui se basent sur une série de paramètres écologiques issus de ces bases de données cartographiques :

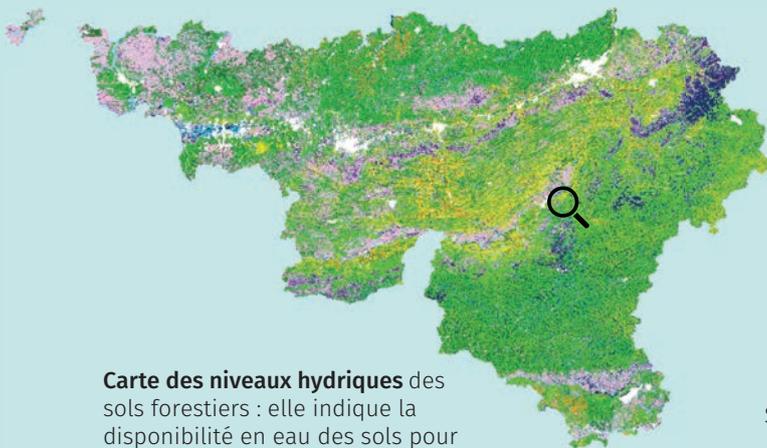
- La position topographique de la station qui est responsable de l'accumulation ou des pertes d'eau.
- L'exposition aux rayons solaires qui provoque la transpiration de la végétation et l'évaporation de la réserve d'eau du sol.
- La texture ⁽¹⁾ du sol qui détermine sa capacité à retenir l'eau et les éléments minéraux.
- La profondeur du sol qui montre l'ampleur de la réserve d'eau disponible.
- La quantité de cailloux qui limite la capacité de stockage d'eau du sol.
- La lithologie ⁽²⁾ et la nature des cailloux qui déterminent la richesse chimique du sol.
- Le profil de sol qui est en relation avec la migration des éléments minéraux.

¹ Granulométrie du sol : de plus grossier (cailloux, sable) à plus fin (argile).

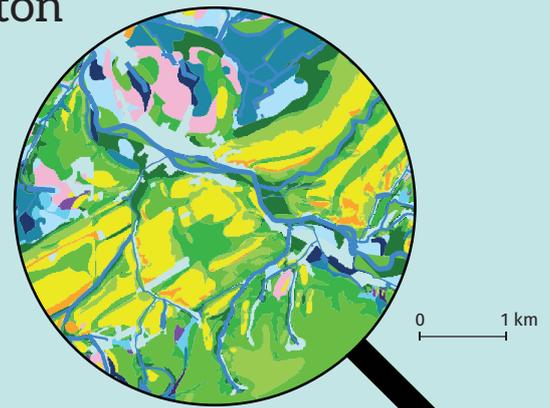
² Caractéristique des roches d'une couche géologique.

³ Exigences et tolérances des espèces vis-à-vis des facteurs du milieu.

Zoom sur Hotton

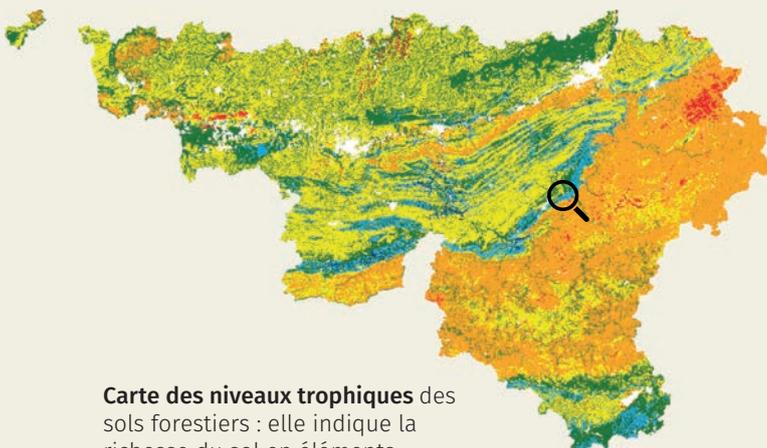


Carte des niveaux hydriques des sols forestiers : elle indique la disponibilité en eau des sols pour les arbres.

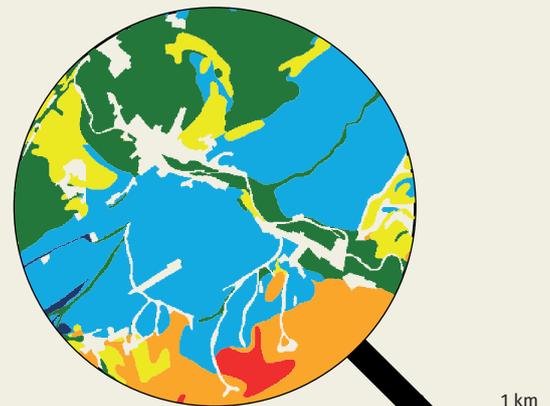


Sol + sec Sol + humide

Ces 3 niveaux hydriques 2, 1 et 0 (sols plus ou moins bien pourvus en eau) couvrent 60 % de la surface forestière en Wallonie.



Carte des niveaux trophiques des sols forestiers : elle indique la richesse du sol en éléments minéraux disponibles pour les arbres.



Sol + riche Sol + pauvre

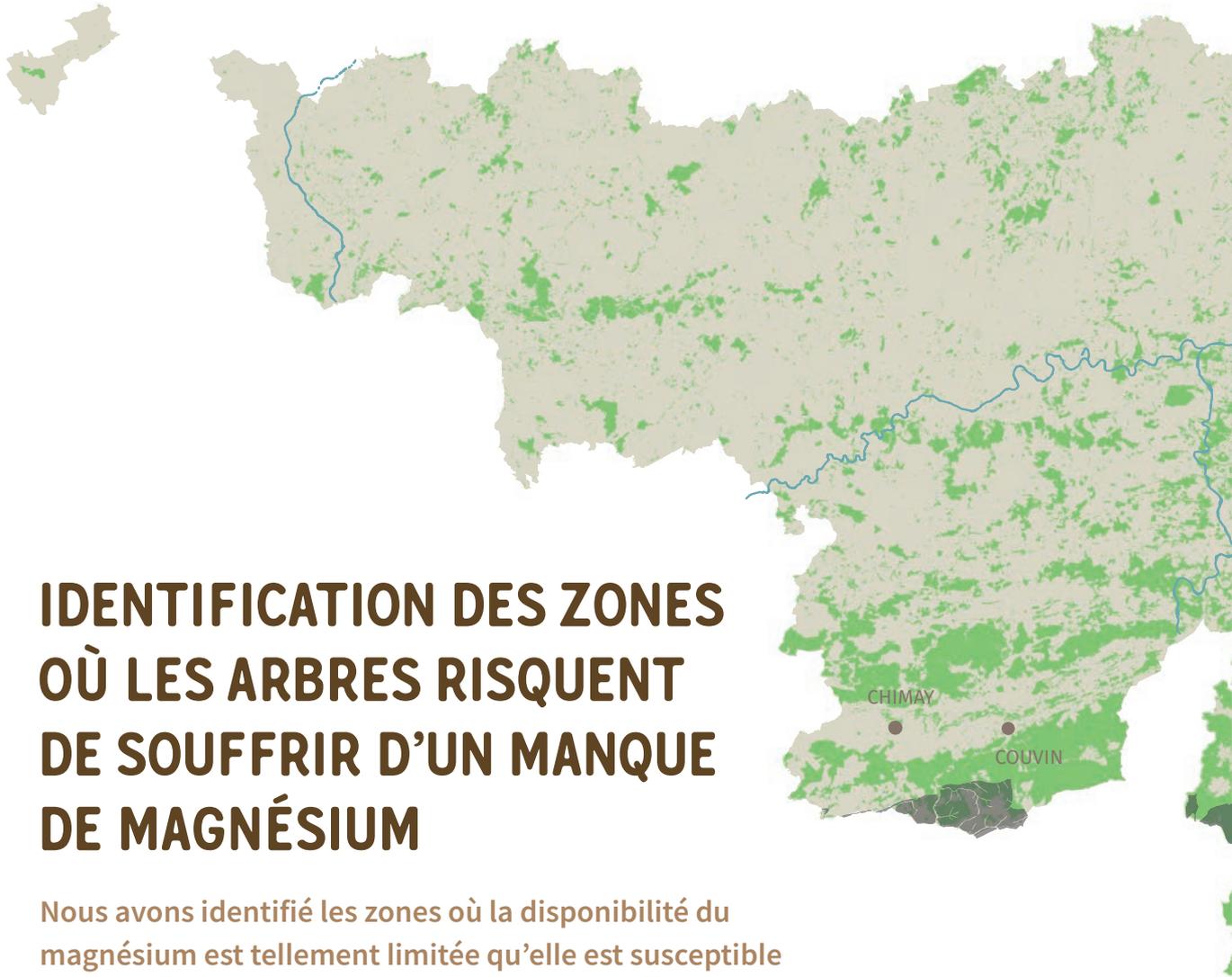
Ces 2 niveaux trophiques -2 et -1 (sols pauvres) couvrent 82 % de la surface forestière en Wallonie.

Ces paramètres ont été introduits dans les clés hydrique et trophique établies par François Weissen pour le Guide de boisement et légèrement modifiées d'après notre expérience de son utilisation. Couplées à l'information cartographique, ces clés nous ont alors permis de cartographier les niveaux hydriques et trophiques des sols forestiers en tout point du territoire. Une information rendue disponible en ligne dans l'application *fichierecologique.be*.

Avec les cartes bioclimatiques de la Wallonie, ces cartes constituent un des piliers du Fichier écologique des essences. Couplées à l'information sur l'autécologie⁽³⁾ des essences, elles permettent à tout un chacun de définir une liste d'essences forestières en adéquation avec leur station pour toute parcelle forestière. ♦

Bibliographie

- Petit S., Claessens H., Ponette Q., Vincke C., Marchal D. (2017). *Le Fichier écologique des essences, version 2.0. Forêt.Nature 143 : 12-19.*
 Wampach F., Lisein J., Cordier S., Ridremont F., Claessens H. (2016) *Cartographie de la disponibilité en eau et en éléments nutritifs des stations forestières de Wallonie. Forêt.Nature 143 : 47-60.*



IDENTIFICATION DES ZONES OÙ LES ARBRES RISQUENT DE SOUFFRIR D'UN MANQUE DE MAGNÉSIUM

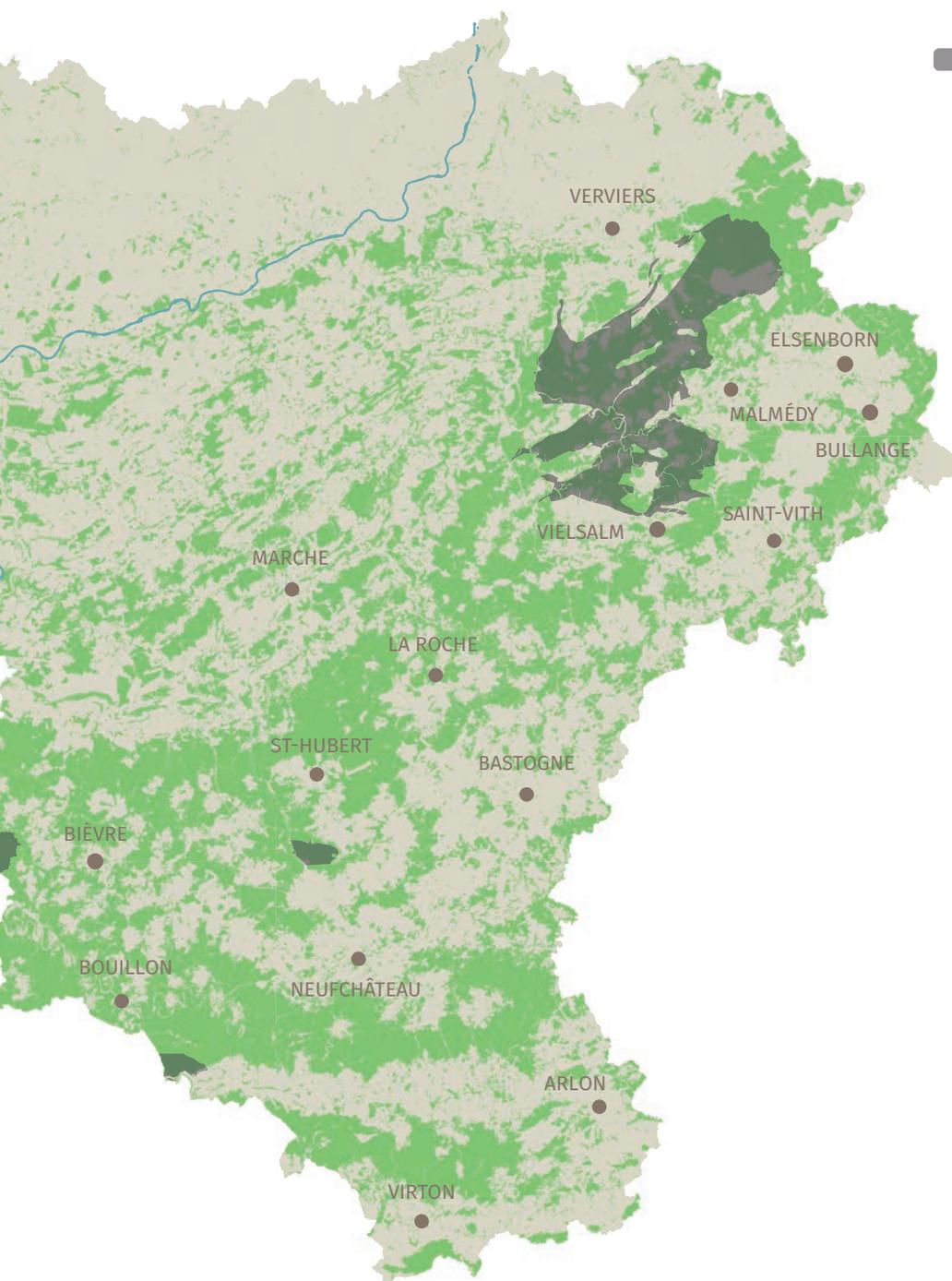
Nous avons identifié les zones où la disponibilité du magnésium est tellement limitée qu'elle est susceptible d'affaiblir les arbres. Des pratiques de gestion adaptées y sont donc recommandées.

 **Hugues Titeux, Raphaèle Van der Perre, J. Genon** UCLouvain

 **Encadrement scientifique :**
Quentin Ponette (UCLouvain)

Pour se développer, les plantes ont besoin d'eau, de lumière et d'éléments nutritifs, tels que l'azote, le phosphore ou le magnésium. Dans les cultures, ces derniers sont apportés sous forme d'engrais, de fumier ou de compost. En forêt, les principales sources sont les pluies (surtout pour l'azote) et les minéraux du sol (pour les autres éléments). Ces minéraux, provenant des roches, sont présents dans le sol, et libèrent les éléments nutritifs qu'ils contiennent à un rythme extrêmement lent. Dans les forêts wallonnes, nous avons diagnostiqué que le magnésium est l'élément le plus problématique, car sa disponibilité est souvent trop faible.

Les objectifs de ce travail étaient de mettre au point une méthode de mesure de la disponibilité du magnésium dans nos sols forestiers et d'identifier les zones où celle-ci est insuffisante ou risque de le devenir.



■ Zones où l'on retrouve des roches de l'étage Cambrien.

LE SAVIEZ-VOUS ?

Certains champignons (appelés mycorhizes) aident les racines à accéder aux éléments nutritifs protégés dans les minéraux résistants, en attaquant ces derniers au moyen d'un acide très efficace : l'acide oxalique.



LE SAVIEZ-VOUS ?

Comme nous, les arbres sont affaiblis lorsqu'ils manquent de magnésium (on parle aussi de carence).

La première étape consistait à mettre au point une méthode de mesure de la disponibilité en magnésium qui permet de reproduire ce qui se passe au niveau des racines. Cette méthode est basée sur une attaque des minéraux du sol par de l'acide oxalique en laboratoire.

La deuxième étape vise à prédire cette disponibilité sur base d'informations déjà connues et cartographiées. À cette fin, les résultats de la première étape sont analysés en détails en vue d'identifier les facteurs explicatifs clés.

Au stade actuel des recherches, l'âge des roches sous-jacentes (appelé « étage géologique ») semble déterminant par rapport au risque de carence en magnésium. Par exemple, les roches de l'étage Cambrien⁽¹⁾ sont caractérisées par une disponibilité très faible en magnésium.

La dernière étape consistera à associer des recommandations de gestion pour chaque niveau de disponibilité. Dans les zones les plus sensibles, il conviendra surtout de limiter les pertes en magnésium, afin de garantir la fertilité à long terme. Les pratiques pouvant engendrer des pertes importantes sont l'exportation des fines branches après exploitation forestière (coupe), ainsi que les coupes à blanc en l'absence de végétation pré-établie. ◆

¹ Formées il y a environ 500 millions d'années.

UN OUTIL POUR ESTIMER LES EXPORTATIONS D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS LORS DE LA RÉCOLTE DU BOIS

La récolte du bois s'accompagne d'une exportation d'éléments nutritifs. Un prélèvement irraisonné de la biomasse ligneuse peut dès lors engendrer des déséquilibres nutritionnels graves au sein des forêts, compromettant la durabilité de ces écosystèmes. Dans ce contexte, un outil permettant d'estimer ces exportations minérales a été développé.

 Frédéric André, Holger Wernsdörfer, Paul Igor Hounzandji UCLouvain

 *Encadrement scientifique :*

Quentin Ponette et Mathieu Jonard (UCLouvain), en collaboration avec Laurent Saint-André (INRA). Les données de l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières de Wallonie ont été préparées par Hugues Lecomte (DNF).



Les arbres sont découpés en différentes parties selon leur catégorie de grosseur.



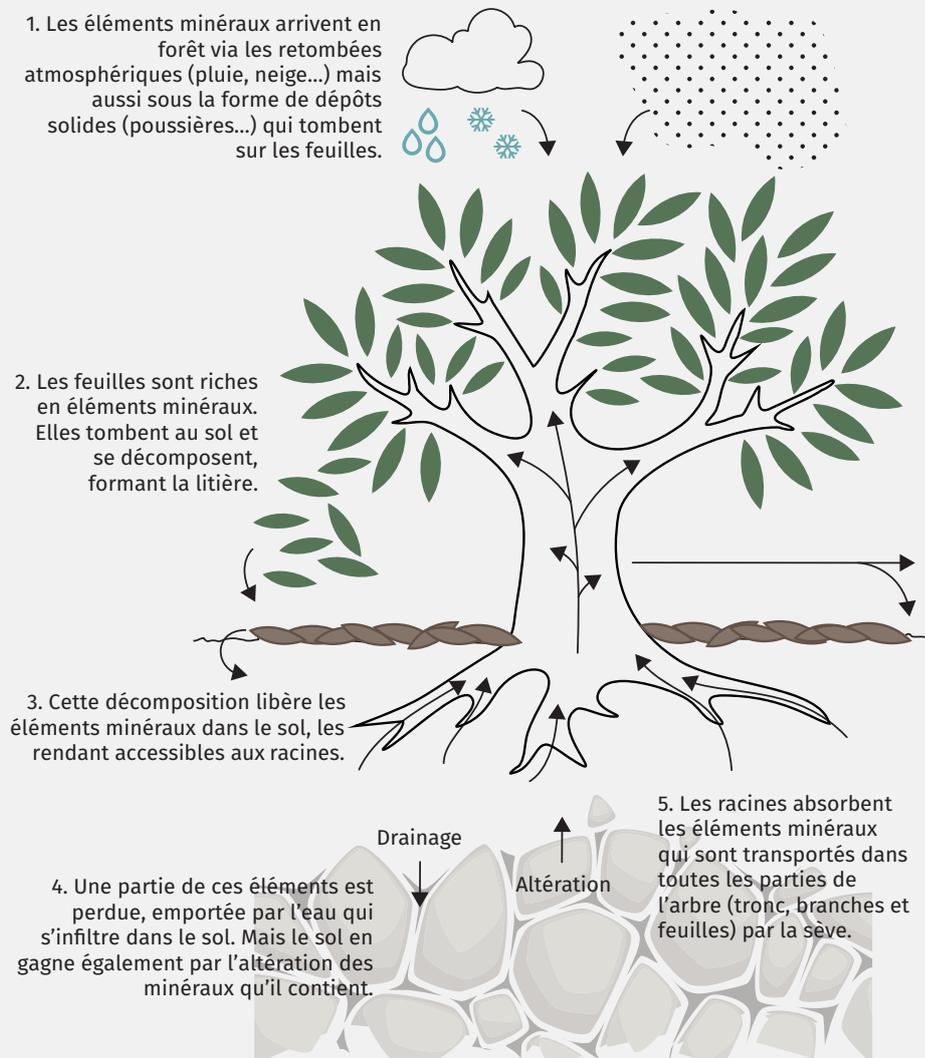
Chaque partie est ensuite pesée pour déterminer sa biomasse et sa minéralomasse (masse des éléments minéraux).

Dans la lutte contre le changement climatique, l'utilisation accrue du bois comme source d'énergie renouvelable fait partie des solutions envisagées pour atteindre les objectifs de réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre. Dans cette perspective, les rémanents, correspondants aux fines branches et aux petits arbres jusqu'ici laissés en forêt, sont susceptibles d'être récoltés avec les troncs et les grosses branches lors des exploitations forestières. Ceci n'est toutefois pas sans risques pour la vitalité des forêts. En effet, une récolte plus intensive du bois accentue l'exportation hors de l'écosys-

tème des éléments minéraux contenus dans les arbres exploités et peut être à l'origine d'un appauvrissement du sol, engendrant une perte de croissance, voire même une augmentation de la mortalité des arbres. Une gestion durable de la forêt passe donc par la quantification des exportations minérales accompagnant les exploitations afin de définir des intensités de prélèvement compatibles avec le maintien à long terme de la fertilité des sols.

Les objectifs de cette recherche sont, premièrement, de déterminer les minéralomasses, c'est-à-dire les quanti-

Gagner et perdre des éléments minéraux



Le saviez-vous ?

Dans les arbres, les plus fines branches présentent des concentrations d'éléments minéraux jusqu'à 15 fois supérieures à celles observées dans les troncs. Ainsi, les fines branches contiennent jusqu'à plus de 20 % de la minéralomasse exploitée alors qu'elles représentent moins de 10 % en termes de biomasse.

6. Une partie des éléments minéraux est perdue lorsque le bois est coupé pour être utilisé.

Les rémanents, c'est-à-dire les parties de l'arbre qui ne sont pas emmenées par le bûcheron (petites branches et feuilles), se décomposent et libèrent à leur tour les éléments minéraux qui seront disponibles pour les racines.

tés d'éléments minéraux contenues dans les arbres, et leur répartition entre les différents organes et, deuxièmement, d'en déduire les exportations en fonction de l'intensité de récolte. L'étude se focalise sur les forêts de chêne et de hêtre, espèces feuillues prépondérantes en Wallonie.

Les résultats révèlent une forte décroissance des concentrations d'éléments minéraux avec le diamètre des organes. Dès lors, à biomasses récoltées égales, les pertes minérales pour l'écosystème sont beaucoup plus fortes pour les branches que pour les troncs. Par ailleurs, pour certains éléments tel le magnésium, présentant souvent

des niveaux critiques de disponibilité dans les sols ⁽¹⁾, la quantité exportée lors de l'exploitation des bois peut être supérieure aux apports par les retombées atmosphériques. Or, celles-ci constituent généralement les principales entrées minérales dans l'écosystème. Ces résultats soulignent l'importance de définir les intensités de prélèvement de la biomasse de manière raisonnée. Ils seront intégrés à la cartographie des risques de carence ⁽¹⁾ afin de fournir au gestionnaire un outil d'aide à la décision lui permettant de répondre à la question « Quelle intensité maximale de récolte autoriser en fonction du type de sol sans compromettre la vitalité de ma forêt ? ». ♦

¹ Voir l'article « Identification des zones où les arbres risquent de souffrir d'un manque de magnésium » page précédente.

LES ARBRES ONT-ILS UNE MÉMOIRE DES STRESS ?

La perte de vitalité récente de nombreux chênes wallons a été expliquée par l'analyse de leur croissance durant les 40 dernières années, reliée à l'histoire des stress vécus par ces arbres.

 Julie Losseau UCLouvain

 *Encadrement scientifique :*
Caroline Vincke, Mathieu Jonard (UCLouvain)

En 2014, de nombreux chênes de Wallonie ont montré des signes sévères d'affaiblissement (ils portaient moins de feuilles et poussaient très lentement), avec parfois près de 60 % de mortalité, ce qui est le signal le plus clair que quelque chose ne fonctionne pas normalement.

Il était essentiel de comprendre comment et pourquoi cela s'était produit car avoir des forêts en bonne santé est primordial dans le contexte des changements climatiques : elles fixent du CO₂, un de principaux gaz à effet de serre, produisent du bois, créent des habitats pour la biodiversité, régulent le cycle de l'eau, etc. De plus, 17 % de la surface de la forêt wallonne est occupée par les chênes sessile ou pédonculé.

Nous avons donc recensé tous les « événements » qui pourraient avoir affaiblis ces arbres centenaires durant leur vie : attaques d'insectes, gels, sécheresses, qualité du sol et autres caractéristiques du lieu de plantation qui ne conviennent pas à leurs préférences.

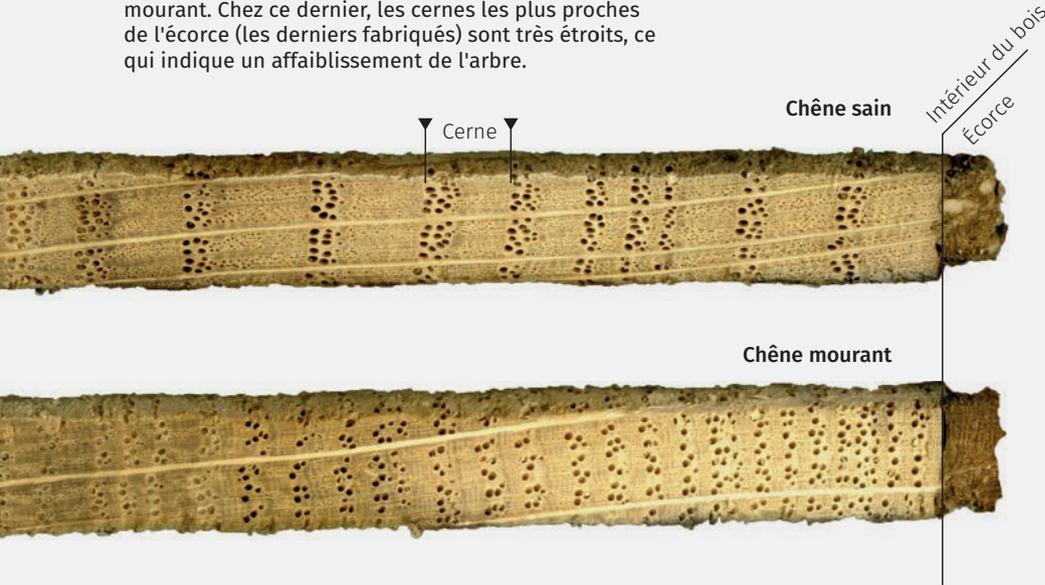
Pour connaître leur réaction à ces stress, nous avons prélevé des échantillons de bois dans des chênes en bonne santé, dans des chênes affaiblis et dans des chênes morts en 2014, et ce dans plusieurs forêts. À partir de ces échantillons carottés à l'horizontal de l'écorce jusqu'au cœur de l'arbre, nous avons mesuré la quantité de bois produite chaque année par chaque individu car cela constitue une sorte de mémoire des stress successifs.

Les arbres morts et affaiblis ont commencé à montrer des signes de faiblesse entre 1975 et 1987 suite à des sécheresses répétées, des hivers rigoureux et des attaques de chenilles qui les ont dépouillés de leurs feuilles. Tous les autres stress vécus ensuite jusqu'en 2014 les ont empêchés de se rétablir. Les arbres ont en effet une réelle capacité à résister aux stress à condition qu'ils disposent ensuite d'une période suffisamment longue de récupération dans des conditions non stressantes.

Ce type de recherche permet de mieux comprendre la réaction des arbres aux stress répétés et donc de mieux gérer les forêts, par exemple, en diminuant la densité des arbres pour un meilleur accès aux ressources (eau et éléments nutritifs), en les plantant là où il se sentent le mieux (station adaptée), en les mélangeant avec d'autres espèces (mixité), en protégeant la qualité des sols pour que leurs racines soient les plus efficaces, etc.

En comprenant mieux le fonctionnement des arbres, on peut aussi mieux simuler leur développement dans le temps grâce à des outils de modélisation. ♦

Carotte prélevée sur un chêne sain et sur un chêne mourant. Chez ce dernier, les cernes les plus proches de l'écorce (les derniers fabriqués) sont très étroits, ce qui indique un affaiblissement de l'arbre.



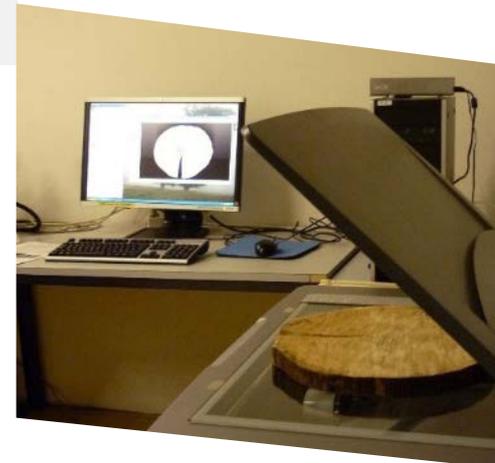
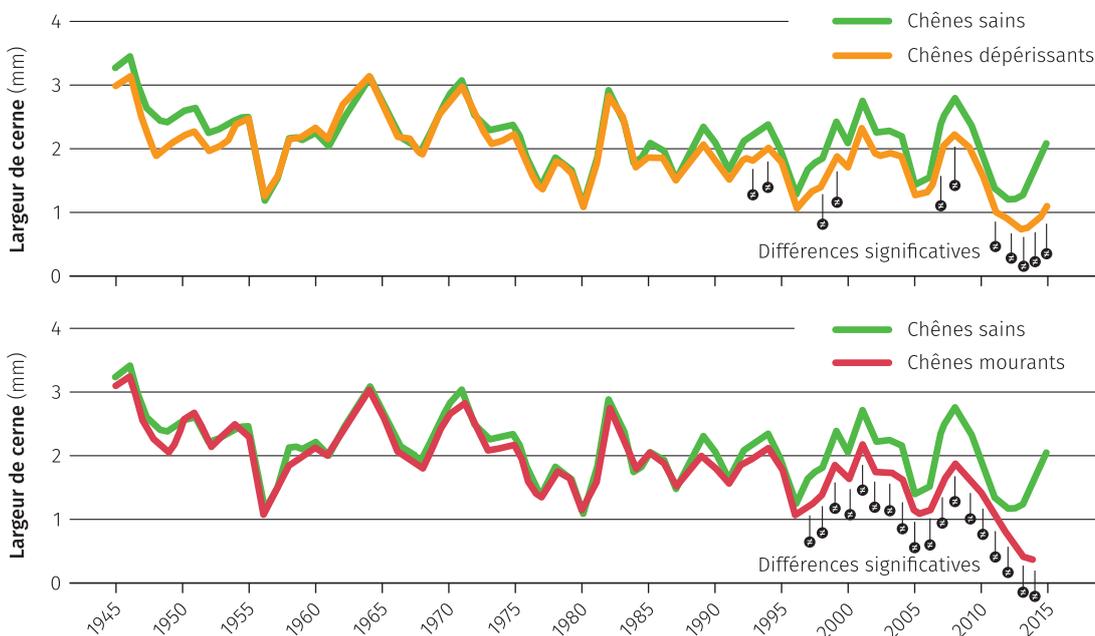
LE SAVIEZ-VOUS ?

Avoir beaucoup de feuilles est un signe de bonne santé pour un arbre : elles lui permettent de transformer l'énergie solaire en sucres, indispensables pour son fonctionnement.



Le matériau bois permet à l'arbre de se tenir debout, de véhiculer la sève, de stocker des réserves énergétiques et des composés de défense immunitaire. C'est aussi une des mémoires de l'arbre : l'anatomie des cellules du bois et leur nombre dépendent de l'histoire de l'arbre. Une sorte de bibliothèque !

Comparaison de l'évolution des largeurs de cerne. Entre les chênes sains et dépérissants en haut et entre les chênes sains et mourants en bas. Pour chaque état sanitaire, la courbe est la moyenne de largeurs de cerne des arbres de quatre peuplements (les années où les trajectoires de croissance sont différentes sont indiquées par les barres noires verticales).



DIAGNOSTIC DE L'ÉQUILIBRE FORÊT-GRANDE FAUNE SAUVAGE GRÂCE AUX INVENTAIRES D'ÉCORCEMENT

Quinze années de mesure de l'écorcement frais pour retracer l'évolution des pressions causées par le cerf sur la forêt wallonne.

 Romain Candaele ULiège

 *Encadrement scientifique :*
Philippe Lejeune (ULiège)

Ces dernières décennies ont vu un développement important des populations de cerfs accompagné d'une augmentation de leur impact sur la forêt wallonne. Des méthodes d'évaluation objectives sont nécessaires pour mener une gestion adéquate. L'évolution des effectifs fait partie des informations cruciales à considérer même s'il ne peut constituer l'unique critère de gestion.

Les écorcements causés par le cerf ont un impact économique important. L'épicéa est la principale essence de production de la région. C'est aussi l'essence la plus touchée par les dégâts avec près de 6 millions de mètres cubes atteints, soit 12 % de son volume sur pieds, selon l'Inventaire forestier wallon. Ce chiffre atteint même 14 % en Haute Ardenne. Un arbre écorcé perdrait en moyenne 30 % de sa valeur en raison du développement de pourritures et de colorations, les rendant impropres aux usages à forte valeur ajoutée.

Depuis 2004, le Département de la Nature et des Forêts recense annuellement les dégâts d'écorcement frais dans tous les peuplements résineux de moins de 30 ans (taux estimé par échantillonnage d'une placette par 4 ha). L'inventaire représente 257 000 ha de forêt occupée par le cerf, soit 85 % de son aire de répartition en Wallonie. Grâce à l'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières, l'équipe de Gembloux Agro-Bio Tech effectue des analyses visant à expliquer comment les densités

de population, le climat, le paysage, la topographie ainsi que la structure et la composition des peuplements inventoriés influencent l'intensité des écorcements.

Les résultats obtenus montrent que les écorcements sont très fortement liés aux densités de population, mais également à différentes variables locales. Les dégâts sont plus importants dans les zones à forte densité de cervidés, à proximité des zones agricoles et lorsque l'on s'éloigne des routes ou des zones urbanisées. Des conditions hivernales rigoureuses accentuent les dégâts car elles réduisent les ressources alimentaires disponibles. Dans une moindre mesure, la structure et la composition de la forêt avoisinante, le type de sol, l'importance des faînéés ainsi que la topographie ont également un impact. Celui-ci s'explique notamment par l'effet de ces facteurs sur la quantité de nourriture disponible ou par leur influence sur la fréquentation, par le cerf, des peuplements sensibles.

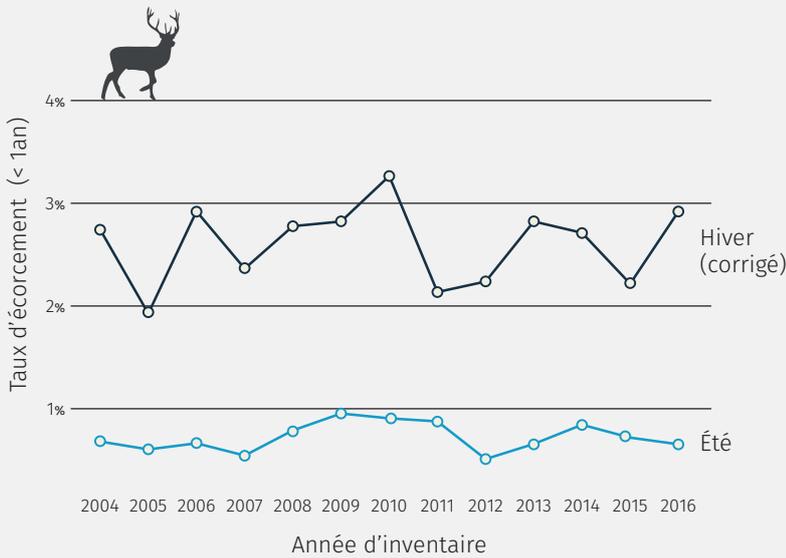
L'inventaire et les analyses effectuées permettent de retracer l'évolution de l'intensité des écorcements en discernant la part de cette évolution due au climat de celle due aux densités de population. Cette information sera d'une grande aide lors de la fixation des plans de tir par les gestionnaires de la forêt. ♦



En hiver, pas de circulation de sève, donc l'écorce est plus difficile à détacher par le cerf. On voit bien les traces de ses dents.



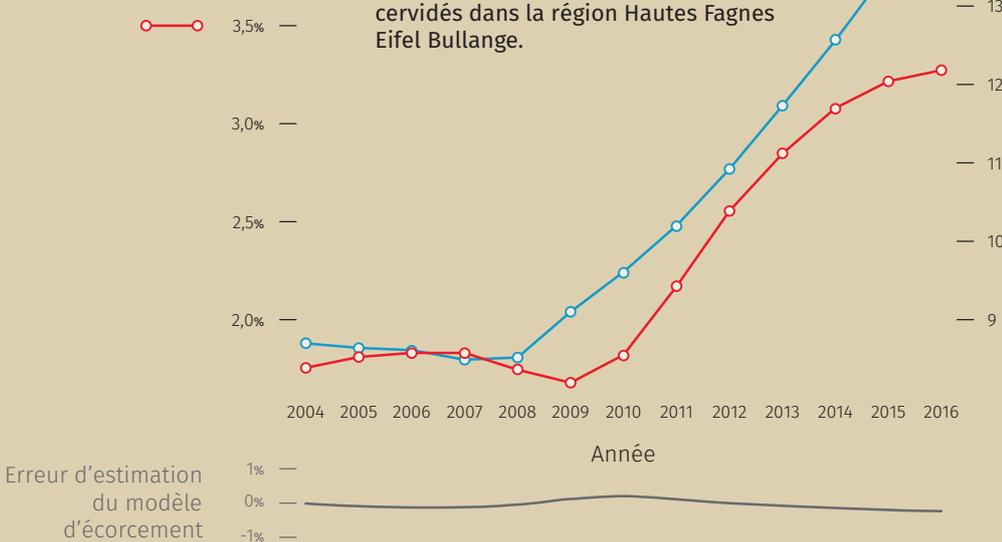
En été, la sève circule sous l'écorce. Le cerf peut alors détacher facilement de grands lambeaux d'écorce.



Taux d'écorcement avec correction de l'effet du climat

L'inventaire d'écorcement et les corrections qui lui sont appliquées reflète bien l'évolution réelle de la population de cervidés dans la région Hautes Fagnes Eifel Bullange.

Indice d'abondance des populations de cerfs*



* Le nombre de cerfs tirés ou trouvés morts par mille hectares de forêt reflète en moyenne la population présente, mais des décalages peuvent se marquer sur le court terme. L'observation des erreurs du modèle d'écorcement, qui utilise les prélèvements comme indicateur de population, permet de détecter de tels décalages. Dans le secteur des Hautes Fagnes Eifel Bullange, les erreurs n'évoluent pas avec le temps l'augmentation des prélèvements reflète donc une augmentation de la population.

DIAGNOSTIC DE L'ÉQUILIBRE FORÊT-GRANDE FAUNE GRÂCE AUX ENCLOS-EXCLOS



La Wallonie s'est dotée en 2016 d'un vaste réseau de mesure de l'impact des ongulés sauvages sur la régénération forestière. Quels bilans peut-on espérer tirer de ce dispositif ? Exemple de Florenville.

 **Romain Candaele** ULiège

 **Encadrement scientifique :**
Philippe Lejeune (ULiège)

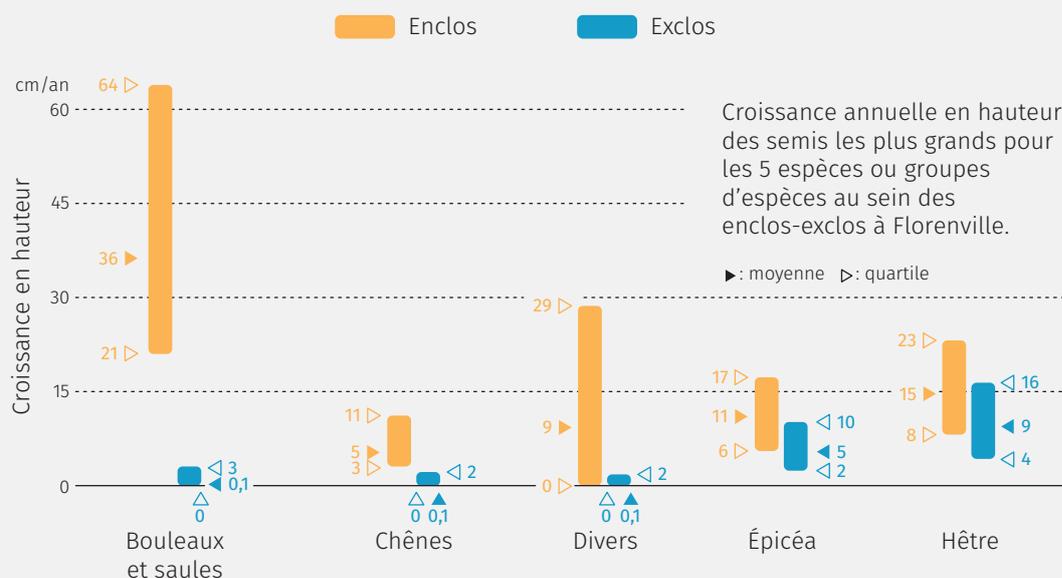
En broutant les semis qu'ils apprécient le plus, comme les chênes, les bouleaux, les saules ou les érables, les ongulés sauvages exercent un impact déterminant sur la régénération des forêts en réduisant la diversité en espèces pour des décennies. Cette diversification est pourtant une nécessité pour rendre les forêts plus résilientes face aux problèmes sanitaires et aux changements climatiques. À ce titre, elle est inscrite comme objectif de gestion au code forestier. Bien entendu, d'autres facteurs parfois difficiles à quantifier, tels que la lumière, la pré-

sence de sous-bois ou la fructification des semenciers, peuvent également influencer la réussite d'une régénération diversifiée.

L'installation d'enclos-exclos est une technique prometteuse pour évaluer la part de responsabilité des ongulés dans les situations où la régénération naturelle n'est pas suffisante. La végétation se développant en enclos, à l'abri donc, constitue alors un témoin sans aucune pression d'ongulé. Elle peut être comparée à celle s'étant développé à côté, en exclos, dans les mêmes conditions mais avec la pression réelle des ongulés dans la zone.

Un réseau de 48 enclos-exclos a été installé en 2012 dans le cantonnement de Florenville et suivi jusqu'en 2016. Ces dispositifs ont été placés en hêtraie, dans des trouées favorables au développement de la régénération. Au sein de chaque plage de semis, la croissance des semis les plus hauts de chaque essence a été observée durant quatre années.

Dans les conditions réelles de ce site (exclos), le hêtre, et dans une moindre mesure l'épicéa sont très souvent les plus abondants et ont la croissance la plus rapide. Ils sont donc quasiment les seuls sur lesquels le sylviculteur pourra compter pour renouveler son peuplement.



La croissance en hauteur de toutes les espèces est affectée négativement par les ongulés. Des conséquences négatives sont à craindre sur la diversification des forêts, pourtant nécessaire pour améliorer leur résilience faces aux aléas climatiques et requise par le code forestier.



En l'absence d'ongulés (enclos), les saules et des bouleaux sont présents dans environ 40% des dispositifs et ont une croissance nettement supérieure à ce qui est observé en conditions réelles, et supérieure à celle des autres essences. Même les chênes sont présents dans presque 50 % des dispositifs et ont une croissance nettement supérieure à celle observée en présence d'ongulés.

Dans cette zone, les ongulés représentent donc une difficulté majeure à la diversification des peuplements. Cet impact sur la diversité spécifique est d'autant plus pré-occupant que le hêtre et l'épicéa, qui résistent le mieux aux pressions des ongulés, sont par contre parmi les es-

pèces les plus sensibles aux canicules et aux sécheresses estivales qui s'annoncent de plus en plus fréquentes et intenses.

Ce type d'analyses va prochainement être appliqué au réseau de plusieurs centaines d'enclos-exclos installés par le DEMNA, le DNF, la Société royale forestière de Belgique et la Cellule d'appui à la petite forêt privée. Un tel dispositif devrait donc permettre de mieux comprendre dans quelle mesure les ongulés contrarient ou non la réussite des objectifs sylvicoles. ♦

COMMENT NOS ARBRES RÉAGISSENT-ILS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ?

Les changements globaux, qu'ils soient climatiques ou sociétaux, nous forcent à adapter notre manière de gérer les forêts. Les certitudes du passé sont remises en cause. Les signes de faiblesse qui se manifestent chez certains arbres nous font, par exemple, réfléchir à leur place en forêt au vu du climat futur.

 Nicolas Latte, Philippe Taverniers ULiège

 *Encadrement scientifique :*
Hugues Claessens (ULiège)

À ce titre, le hêtre, une des espèces majeures de nos forêts, a été passé sous la loupe de la dendrochronologie. L'idée de base est d'analyser comment la croissance des hêtres a été affectée dans le passé par les événements climatiques stressants (sécheresses de 1976 et de la décennie 1990, canicules de 1948, 1994, 2003) pour imaginer comment elle pourrait se comporter dans le climat futur, qui, selon toutes les prévisions, verra ces stress se multiplier et s'amplifier.

Les résultats sont surprenants. L'ensemble des hêtraies que nous avons échantillonnées en Belgique (286 arbres sur 35 sites) accusent des diminutions de croissance marquées les années de canicule ou de sécheresse printanière. Ces stress climatiques étant de plus en plus fréquents au cours du temps, la croissance du hêtre a progressivement faibli depuis les 40 dernières années, au fur et à mesure qu'il épuise ses réserves pour réparer les dégâts dans ses vaisseaux et à sa ramure. On peut d'ailleurs penser que les défoliations qui s'amplifient depuis les années 1990 y sont au moins partiellement liées.

À la recherche d'espèces qui devraient mieux supporter un climat plus sec et plus chaud, nous avons analysé la réponse du tilleul à petites feuilles, espèce plus continentale, selon les mêmes méthodes. Cette essence a montré une réaction au changement climatique différente de celle du hêtre. Bien qu'affecté par les années sèches, sa croissance se restaure immédiatement l'année suivante. Globalement, en Wallonie, l'augmentation de la température (dans les limites actuelles) semble lui convenir. On peut attribuer ce comportement à deux caractéristiques qui lui permette de s'adapter à l'inverse du hêtre : un enracinement très puissant et profond qui peut mobiliser des ressources en eau dans les profondeurs du sol et les failles de la roche, et sa capacité à limiter sa transpiration dès que les journées sont trop chaudes, réduisant les pertes d'eau et évitant le dessèchement de ses tissus.

Cet exemple illustre qu'il existe bel et bien des alternatives aux grandes essences de production, trop peu nombreuses, qui dominent la forêt. Cela devrait pousser les forestiers à revoir leurs habitudes pour tirer davantage parti des autres essences d'arbres disponibles. ♦

Bibliographie

Latte et al. (2017). *Le Hêtre face au changement climatique : le cas de la Belgique*. *Revue forestière française* 69(3) : 205-218.

Latte et al. (2015). *Dendroécologie du hêtre en forêt de Soignes*. *Forêt.Nature* 137 : 24-37.

Debruxelles et al. (2012). *La dendroécologie : un outil pour affiner nos connaissances sur l'autécologie des essences forestières*. *Forêt Wallonne* 116 : 3-17.

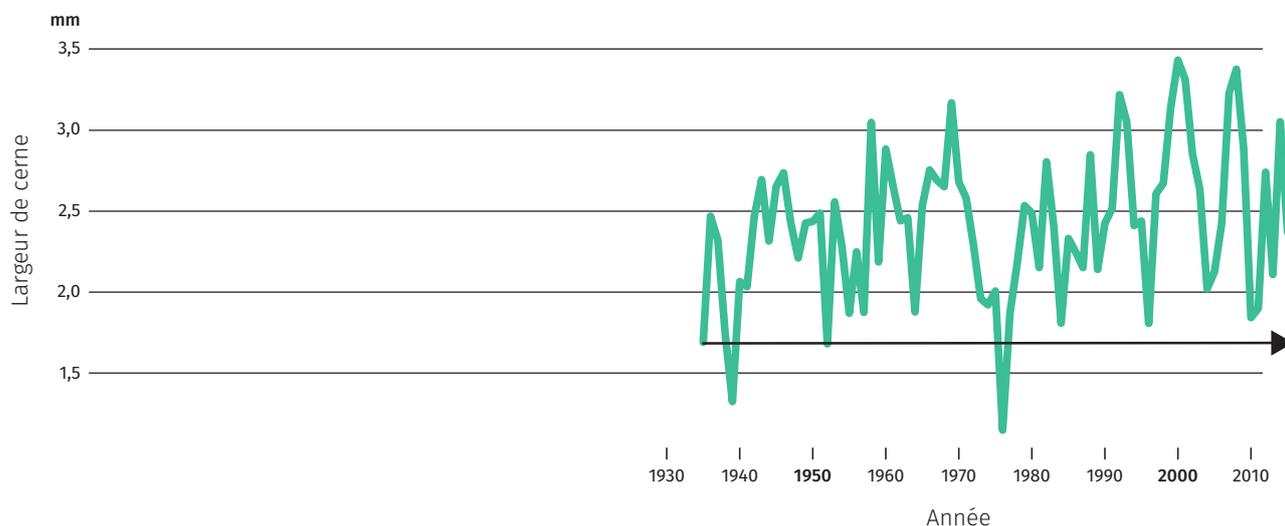
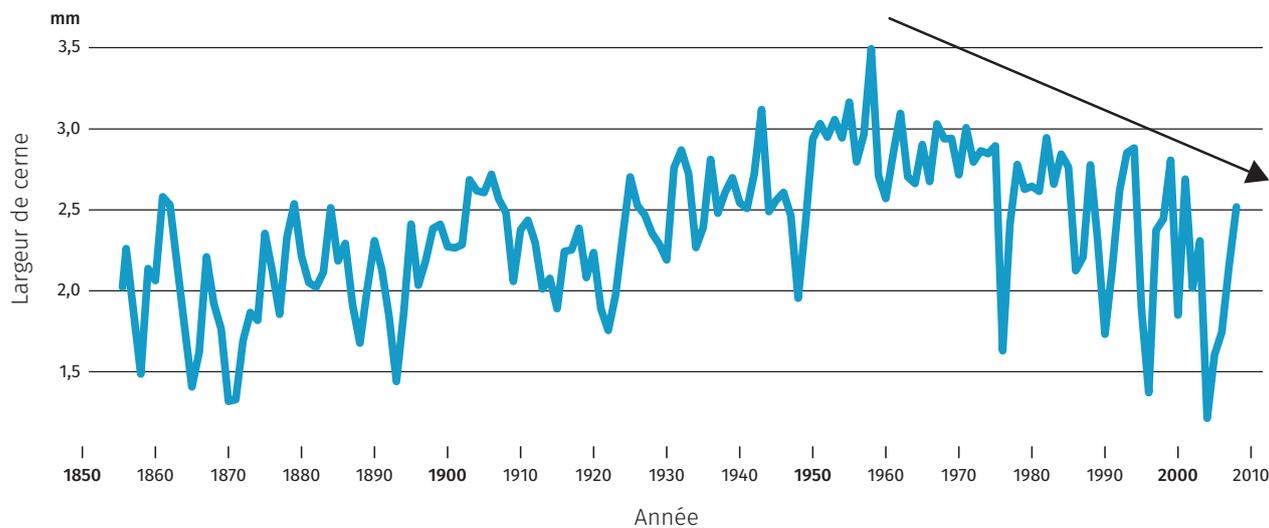


LE SAVIEZ-VOUS ?

La dendrochronologie s'intéresse à la croissance des arbres, plus particulièrement, la largeur des cernes mesurée sur des échantillons de bois (carottes ou rondelles). Elle permet de retracer l'historique de l'accroissement annuel des arbres et d'étudier son évolution dans le temps en lien avec les conditions écologiques.



Évolutions moyennes de la largeur de cerne du hêtre (en bleu) et du tilleul à petites feuilles (en vert) au cours du temps en Wallonie. On voit que les deux essences sont affectées pour les années difficiles (sécheresse ou canicule). Cependant, contrairement au hêtre, l'accroissement du tilleul reste stable sur le long terme malgré l'augmentation de la fréquence des stress climatiques.







NOUVEAUX OUTILS POUR LA GESTION FORESTIÈRE

LA FORÊT FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques affectent, tantôt positivement, tantôt négativement, les multiples facteurs qui règlent la croissance des forêts. Prédire l'effet résultant n'est pas chose aisée. Nous tentons d'y parvenir en modélisant le fonctionnement des forêts.

 Mathieu Jonard UCLouvain

COMPRENDRE

Tout au long de leur vie, les arbres ont besoin de lumière, d'eau et de nutriments pour croître et entretenir leurs tissus. L'accès à ces ressources fait l'objet d'une compétition entre arbres et est également tributaire du climat. Diverses études montrent que l'éclosion des bourgeons a tendance à se produire plus tôt avec le réchauffement climatique. Toutefois, même si la photosynthèse est favorisée par l'allongement de la période de végétation et par la hausse de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère, la vitalité des arbres pourrait se détériorer suite à des stress hydriques plus intenses lors de vagues de chaleur ou en période de sécheresse.

Les effets attendus du changement climatique sont donc mitigés, avec certains aspects positifs et d'autres plus négatifs. Pour une forêt en particulier, il est difficile de prévoir quelle sera la résultante car les changements climatiques affectent un grand nombre de facteurs qui interagissent entre eux et peuvent donner lieu à des rétroactions.

Pour parvenir tout de même à prédire l'impact des changements climatiques sur les forêts, des modélisateurs mettent au point des algorithmes synthétisant l'état des connaissances. Depuis 2012, nous développons le modèle HETEROFOR prédisant la croissance des arbres en fonction de leur capacité à acquérir les ressources.

La spécificité de notre approche est de considérer les arbres individuellement et de les positionner les uns par rapport aux autres. Ceci nous permet de simuler la dynamique de croissance de peuplements complexes constitués d'arbres de différentes essences et de taille variable.

EXPLORER LE CHAMP DES POSSIBLES

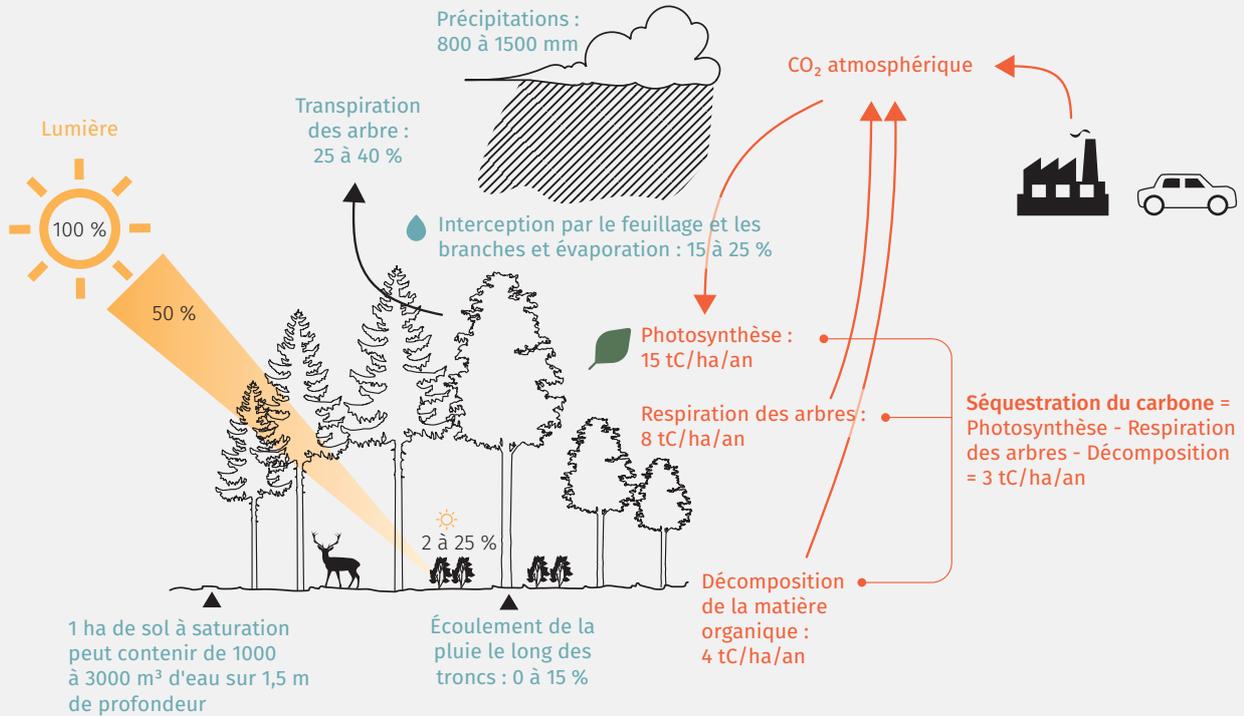
Le changement climatique est en cours mais son intensité future reste incertaine et dépendra, notamment, de l'éventuelle réussite des stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Actuellement, plusieurs scénarios climatiques sont donc envisageables auxquels s'ajoutent une série de scénarios de gestion des forêts. Grâce à des projections climatiques réalisées à l'échelle du globe et affinées pour la Wallonie par l'IRM, nous pouvons simuler la dynamique forestière pour différents sites d'étude bien documentés et leur appliquer des stratégies de gestion contrastées.

ADAPTER LA GESTION

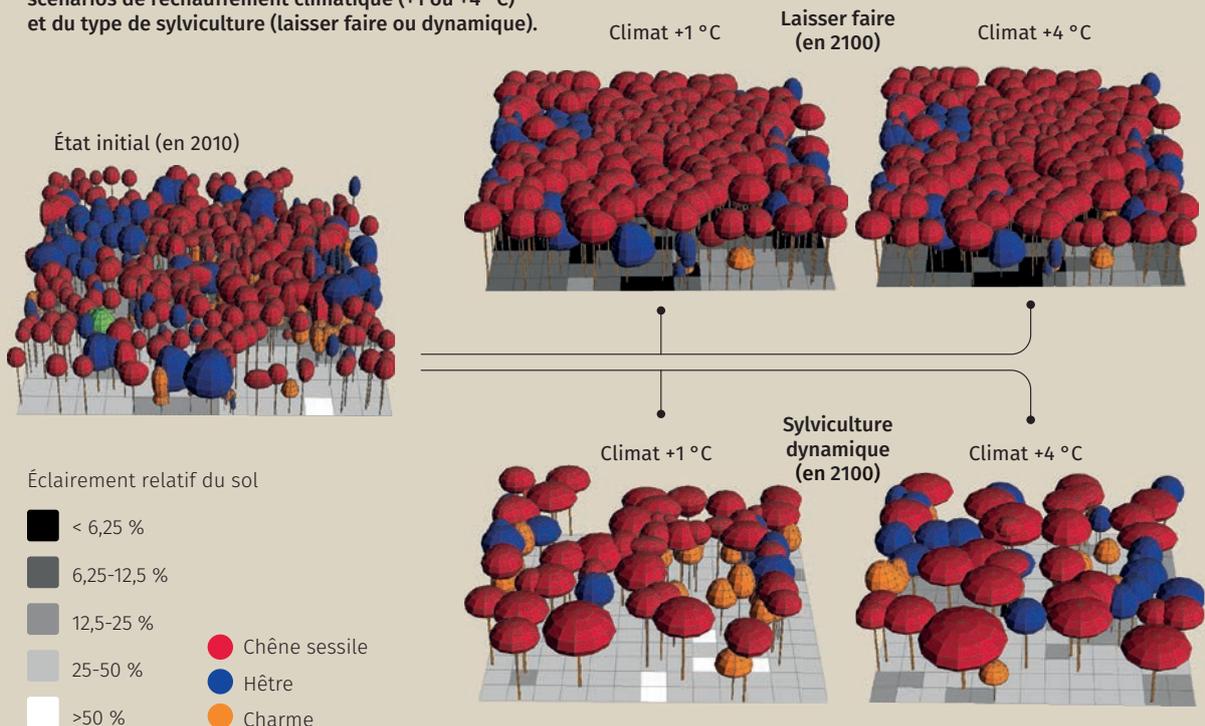
L'objectif de ces simulations est de couvrir l'ensemble des évolutions possibles afin d'identifier les modes de gestion les plus appropriés c'est-à-dire ceux qui conféreront une meilleure résilience aux forêts compte tenu des incertitudes environnementales à venir. ♦

Quelques chiffres clefs (ordre de grandeur) sur le cycle de l'eau et du carbone en forêt



CONCEPTUALISATION SOUS FORME D'UN MODÈLE

Pour cette chênaie-hêtraie, notre modèle propose par exemple 4 projections (en 2100) en fonction de deux scénarios de réchauffement climatique (+1 ou +4 °C) et du type de sylviculture (laisser faire ou dynamique).



ÉVALUER LE NIVEAU DE PRODUCTIVITÉ DES PEUPELEMENTS FORESTIERS

Estimer le niveau de productivité d'un peuplement forestier est une démarche fondamentale pour guider le choix d'un itinéraire sylvicole. Les gestionnaires forestiers peuvent désormais facilement calculer l'indice de productivité des futaies pures équiennes grâce à l'outil en ligne « H50 ».

 Jérôme Perin ULiège

 *Encadrement scientifique :*
Hugues Claessens, Jacques Hébert (ULiège)

L'indice de productivité est un outil de diagnostic précieux qui permet de caractériser l'adéquation entre une essence et son lieu d'implantation (station) ainsi que le potentiel de production d'une parcelle forestière. Il est souvent utilisé par les gestionnaires forestiers en combinaison avec d'autres outils tels que les tables de production pour planifier les interventions sylvicoles et plus particulièrement les éclaircies.

Cet indice représente la hauteur dominante théoriquement atteinte par le peuplement à un âge de référence, le plus souvent 50 ans. Il est estimé en comparant la hauteur dominante d'un peuplement d'âge connu aux valeurs de référence présentées sous la forme de courbes de productivité pour chaque essence forestière. Son intérêt majeur est ainsi de permettre une estimation de la productivité d'un peuplement à partir d'une mesure ponctuelle d'une variable relativement simple à mesurer, la hauteur dominante, et peu affectée par les opérations sylvicoles.

Un important travail a été entrepris ces dernières années pour mettre à jour les courbes de productivité des principales essences de production et augmenter leur accessibilité au public. Un outil informatique regroupant les modèles de productivité les plus pertinents pour la forêt wallonne et permettant un calcul automatisé de l'indice de productivité a ainsi été développé et est accessible en ligne ⁽¹⁾. 



¹ gembloux.ulg.ac.be/gestion-des-ressources-forestieres/estimation-si/

Outil web développé pour calculer l'indice de productivité

Valeurs à encoder :

- **ID** : (optionnel) identifiant pour le peuplement (nom, numéro...).
- **Essence** : essence forestière qui compose le peuplement (code prédéfini de deux lettres).
- **Âge** : nombre d'années écoulées depuis la plantation du peuplement.
- **HDom** : hauteur dominante (en mètres) du peuplement.

Cliquer ensuite sur « Calculer ».

ID	Essence	Âge	HDom
EP		65	32
DO		75	54
MZ		46	22

ID	Essence	Âge	HDom	H50	Classe	Production	Remarques
EP		65	32	27.46	2	Moyen	
DO		75	54	41.05	1	Haut	
MZ		46	22	22.9	3	Faible	

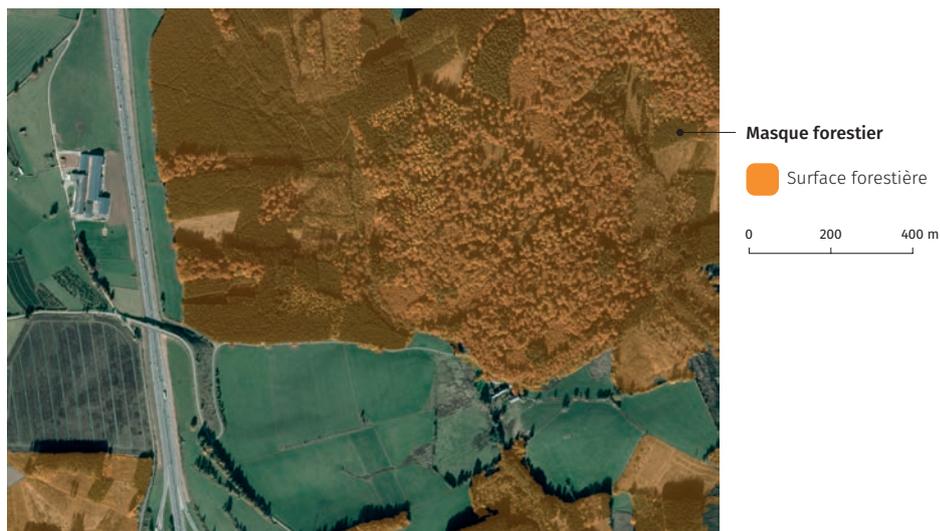
gembloux.ulg.ac.be/gestion-des-ressources-forestieres/estimation-si/

On obtient un diagnostic des niveaux de productivité correspondants :

- **H50** : indice de productivité (hauteur dominante théoriquement atteinte à 50 ans).
- **Classe** : classe de productivité correspondante.
- **Production** : appréciation du niveau de production (faible, moyen ou haut).
- **Remarques** : remarques éventuelles.

Évolution de la hauteur dominante selon les nouvelles courbes de productivité mises à jour pour l'épicéa en 2014 selon les 5 classes de productivité reconnues pour la Wallonie.



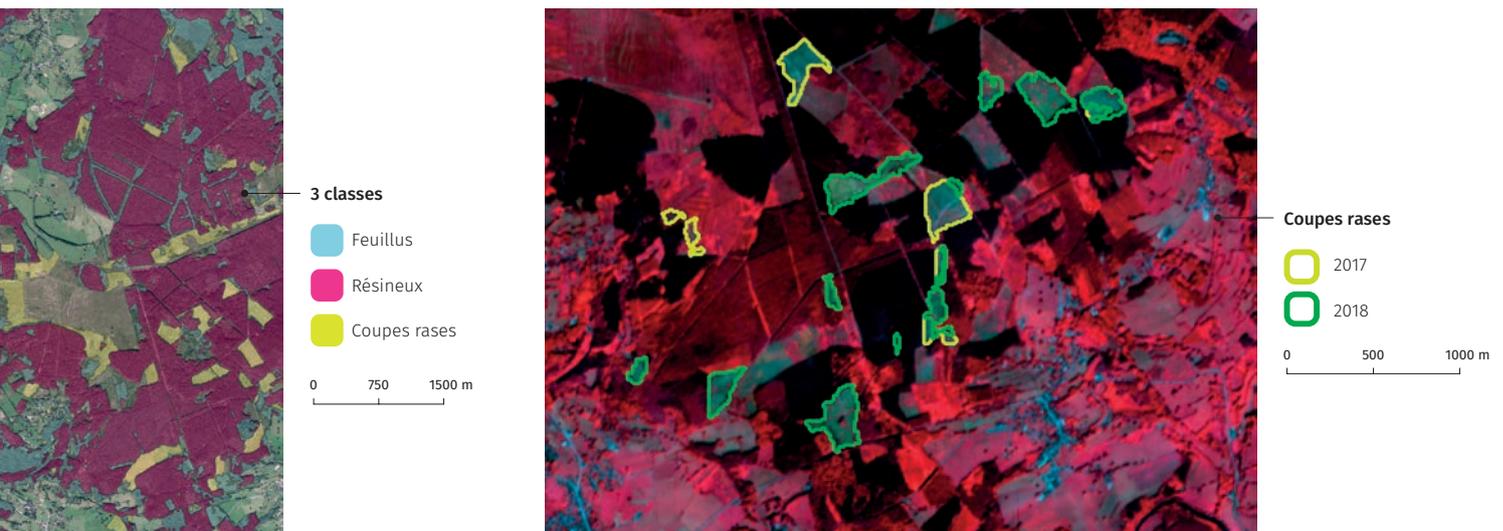


MISE EN PLACE D'UNE CARTOGRAPHIE CONTINUE DE LA FORÊT WALLONNE

La forêt couvre plus de 30 % du territoire wallon et est en constante évolution (éclaircies, mises à blanc, plantations ou régénérations naturelles, changements d'affectation, etc.). Il est donc important de pouvoir suivre ces changements, notamment au travers de l'inventaire forestier régional, mais aussi via la production et la mise à jour de cartes thématiques décrivant l'emprise forestière ou encore la distribution des coupes rases et des principaux types de peuplements.

 Nicolas Latte ULiège

 *Encadrement scientifique :*
Philippe Lejeune (ULiège)



Différents produits cartographiques sont en cours d'élaboration par l'équipe de Gembloux Agro-Bio Tech, avec le soutien de l'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières et celui de deux projets Interreg : *ForêtProBos* et *Regiowood 2*.

Une première carte, qualifiée de masque forestier, décrit les limites des surfaces forestières productives en 2016. Elle recense les surfaces boisées et récemment exploitées de plus de 0,5 ha et d'au moins 20 mètres de large. Son tracé est basé sur la compilation des différentes couches d'ortho-images produites par le Service public de Wallonie depuis 2006.

Elle est complétée par une seconde carte, dite « 3 classes », qui délimite les peuplements feuillus et résineux ainsi que les coupes rases (ou les très jeunes plantations). Cette carte, d'une résolution spatiale de 10 mètres, est construite au départ des images issues des satellites européens Sentinel-2.

Ces deux cartes, produites pour l'année 2016, sont complétées par la cartographie annuelle des coupes rases (années 2017 et 2018), elle aussi issue d'images Sentinel-2.

À terme, il est envisagé d'améliorer le découpage de la carte des types de peuplements pour y distinguer les principales essences qui les composent. Les données LiDAR présentées par ailleurs peuvent également être utilisées pour caractériser les peuplements cartographiés en termes de classes de hauteur, voire de volume sur pieds.

Les différents produits cartographiques évoqués sont en cours de validation et seront prochainement mis à disposition du public sur le portail cartographique de Wallonie. ♦

Bibliographie

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.*

LA TECHNOLOGIE LIDAR AU SERVICE DE LA GESTION FORESTIÈRE

 **Nicolas Latte** ULiège

 **Encadrement scientifique :**
Philippe Lejeune (ULiège)

La caractérisation dendrométrique des peuplements forestiers constitue un des actes techniques les plus importants pour le gestionnaire forestier. Elle permet notamment d'estimer la valeur d'une coupe et d'assurer le suivi de normes sylvicoles. Cette caractérisation repose presque exclusivement sur des mesures de terrain (grosseur et hauteur des arbres) réalisées en plein ou par échantillonnage et l'application de modèles ou de barèmes de cubage.

Depuis une dizaine d'années la technologie LiDAR est apparue comme une source d'information très fiable pour caractériser les peuplements forestiers. Les données LiDAR acquises par voie aérienne se présentent sous la forme d'un nuage de points définis par leur coordonnées (x, y, z). Chaque point correspond à l'impact d'une impulsion laser avec 1 élément de la zone survolée (bâtiment, arbre, sol, etc.). La densité de points peut varier de 1 à plusieurs dizaines de points par mètre carré. Le nuage de points peut être transformé en différentes couches cartographiques synthétiques. Les plus communément utilisées sont le modèle numérique de terrain (MNT) et le modèle numérique de hauteur (MNH) qui correspondent, respectivement, à l'altitude du sol et à la hauteur des sommets des éléments (depuis le sol).

Les données LiDAR peuvent donc être utilisées dans des modèles statistiques pour estimer directement certains paramètres dendrométriques classiques tels que la hauteur dominante, la surface terrière ou encore le volume sur pied.

Le Service Public de Wallonie s'est doté en 2014 d'une couche LiDAR couvrant l'ensemble de la Wallonie. Celle-ci est constituée de pas moins de 43 milliards de points, soit un peu plus de 2 points par mètre carré.

À l'heure actuelle, ces données ont permis de créer un modèle de prédiction de la hauteur dominante des peuplements forestiers résineux. Ce modèle est accessible au

départ de l'application Forestimator qui est une extension du logiciel cartographique open-source QGIS. Il est nécessaire de disposer d'une couche cartographique délimitant les parcelles que l'on souhaite décrire. Moyennant une connexion internet, quelques clics de souris suffisent pour estimer la hauteur dominante de chaque parcelle. Si les essences et les dates de plantation sont encodées dans ce parcellaire, Forestimator peut en outre estimer le niveau de productivité de la parcelle.

Le Service Public de Wallonie a programmé l'acquisition d'une nouvelle couche LiDAR régionale en 2020, avec une densité de points supérieure à 5 points/m². Ce nouveau jeu de données devrait permettre d'étendre les fonctionnalités de Forestimator à d'autres variables dendrométriques (volume, surface derrière, grosseurs moyenne...) et au cas, plus complexe, des peuplements irréguliers et mélangés. ♦

Pour en savoir plus

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LE LIDAR :

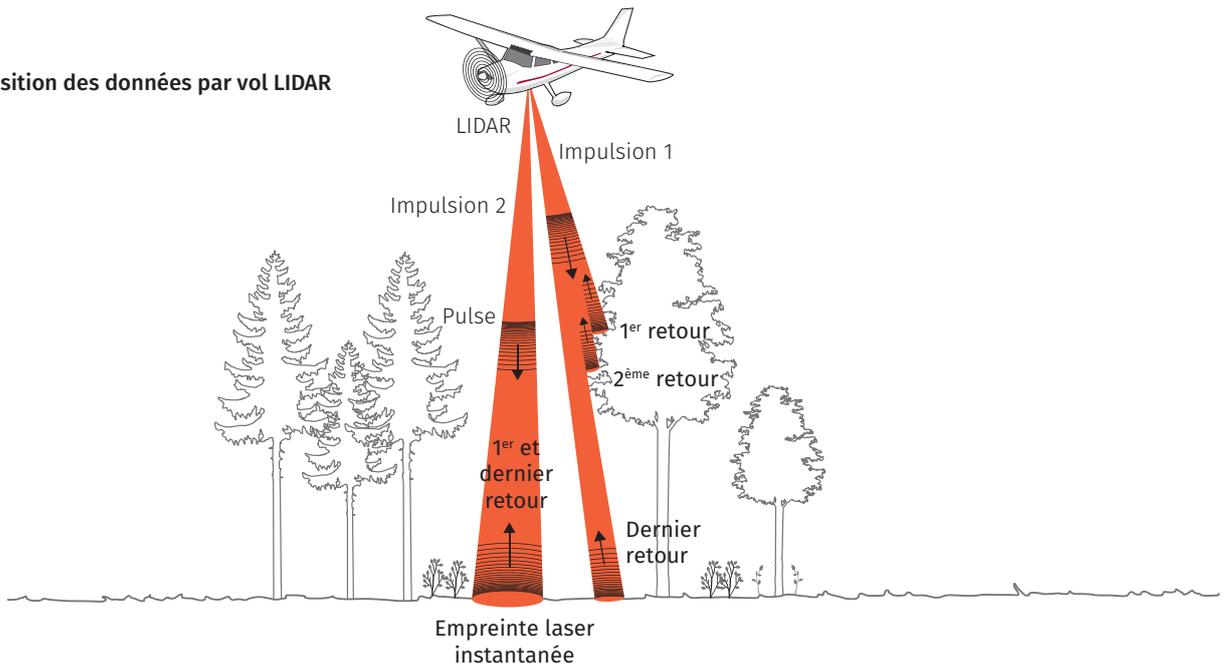
Bonnet S., Toromanoff F., Bauwens S., Michez A., Dedry L., Lejeune P. [2013]. *Principes de base de la télédétection et ses potentialités comme outil de caractérisation de la ressource forestière. Partie 2. Le LiDAR aérien. Forêt Wallonne 124 : 28-41 (14 p., 11 fig., 2 tab., 24 réf.)*.

POUR EN SAVOIR PLUS SUR FORESTIMATOR :

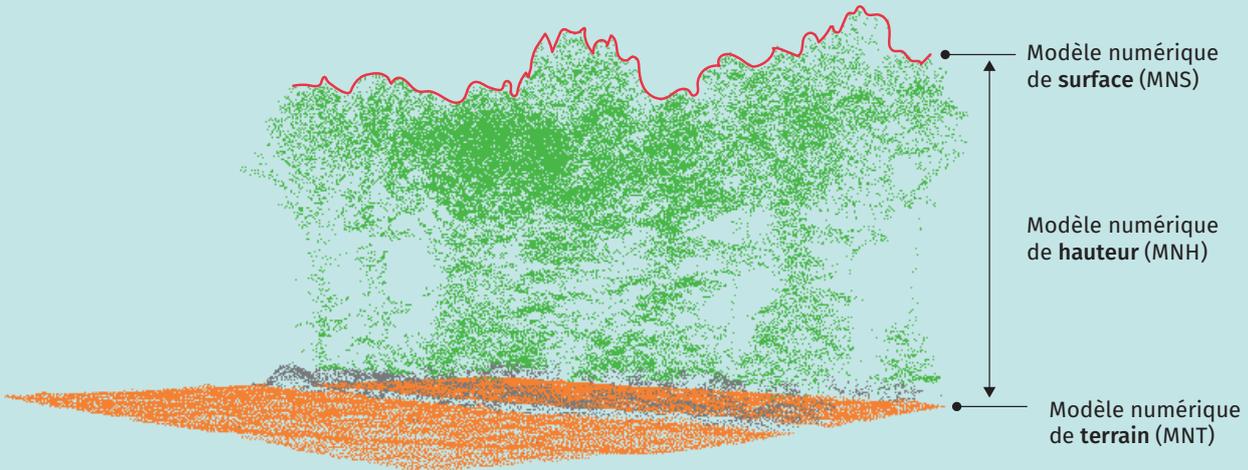
Dedry L., De Thier O., Perin J., Michez A., Bonnet S., Lejeune P. (2015). *ForEstimator : un nouvel outil cartographique pour mieux connaître la forêt wallonne. Forêt.Nature 135 : 40-46.*

Dedry, L., De Thier, O., Perin, J., Michez, A., Bonnet, S., Lejeune, P. (2015) *FORESTIMATOR : un plugin QGIS d'estimation de la hauteur dominante et du Site Index de peuplements résineux à partir de LiDAR aérien, Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, n° 211-212 Spécial Forêt.*

Acquisition des données par vol LIDAR



Construction des différents modèles numériques sur base du nuage de points obtenu par le LIDAR

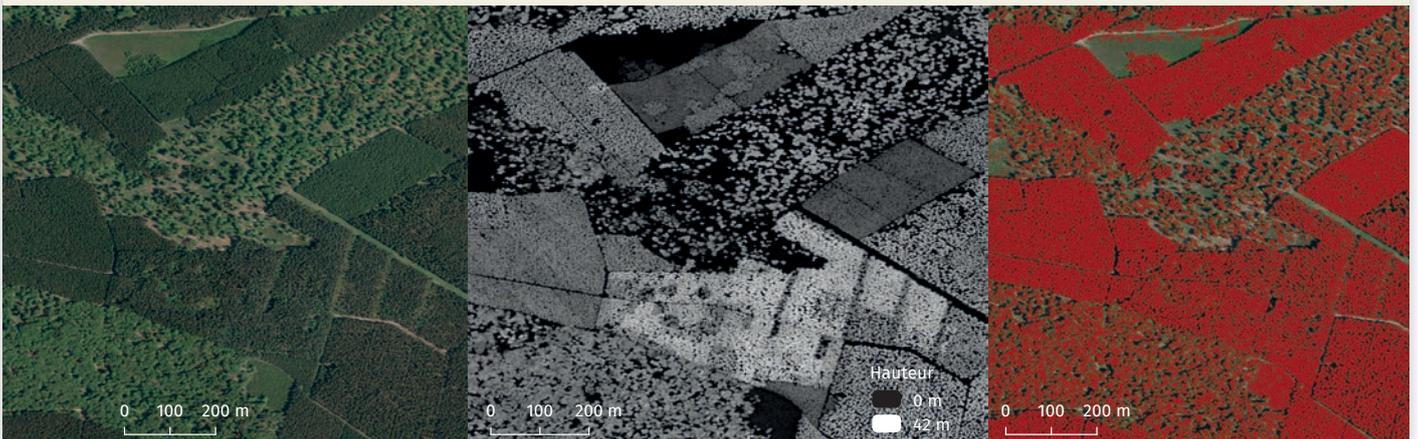


Prédiction de la hauteur dominante avec Forestimator

1. Photo aérienne de la zone (orthophotoplan)

2. Modèle numérique de hauteur

3. Localisation des apex des arbres (maxima locaux)



SIMULER L'ÉVOLUTION DE LA FORÊT WALLONNE

La politique forestière de la Wallonie peut désormais s'appuyer sur un outil de simulation de l'évolution des ressources forestières développé à partir des données issues de l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières de Wallonie (IPRFW) et de la télédétection.

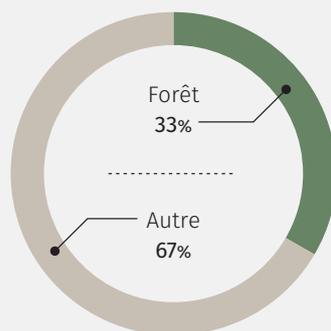
 **Jérôme Perin, Nicolas Latte** ULiège

 **Encadrement scientifique :**
Jacques Hébert (ULiège)

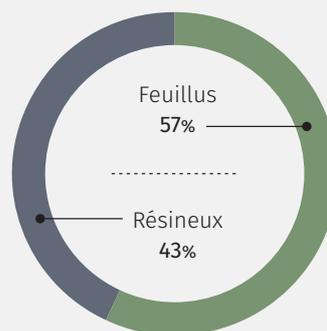
La mise en œuvre d'une politique forestière durable repose sur une bonne compréhension de l'impact des décisions prises sur l'évolution des ressources forestières. Il est ainsi essentiel de disposer d'informations précises et continuellement actualisées concernant nos forêts et les principaux processus qui régissent leur évolution (croissance, récolte, régénération, mortalité...).

Ce qu'il faut savoir

La Wallonie couvre 16 901 km² et est couverte à 33 % de forêts productives et non-productives, soit 556 200 ha.

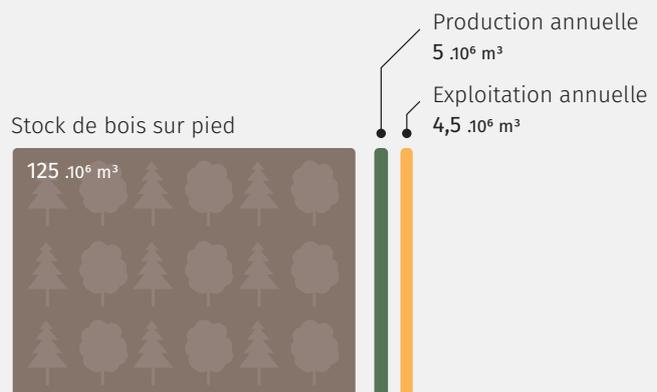


475 200 ha sont des peuplements productifs (57 % de feuillus et 43 % de résineux)



Le stock de bois fort sur pied (c'est-à-dire le bois contenu dans les troncs jusqu'à une circonférence de 22 cm) est estimé à plus de 125 millions de m³.

Entre 2001 et 2011, la forêt a produit chaque année environ 5 millions de m³ et nous en avons exploité 4,5 millions par an. Cette sous-exploitation s'explique en grande partie par une forte capitalisation de gros arbres dans les peuplements feuillus.



À l'échelle de la Wallonie, il s'agit d'un travail considérable concernant plus d'un demi-million d'hectares, soit le tiers du territoire régional. Il est assuré par l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières de Wallonie (IPRFW) grâce à un impressionnant réseau d'observations de plus de 11 000 placettes d'échantillonnage dont les arbres sont mesurés tous les 5 à 15 ans.

Il est toutefois indispensable de caractériser cette ressource et son évolution avec un pas de temps plus court, davantage compatible avec les prises de décisions économiques et politiques. En particulier considérant qu'une proportion importante de nos forêts doit faire face à diverses évolutions (changements globaux, mises à blanc, chablis, maladies, nouvelles opportunités économiques...).

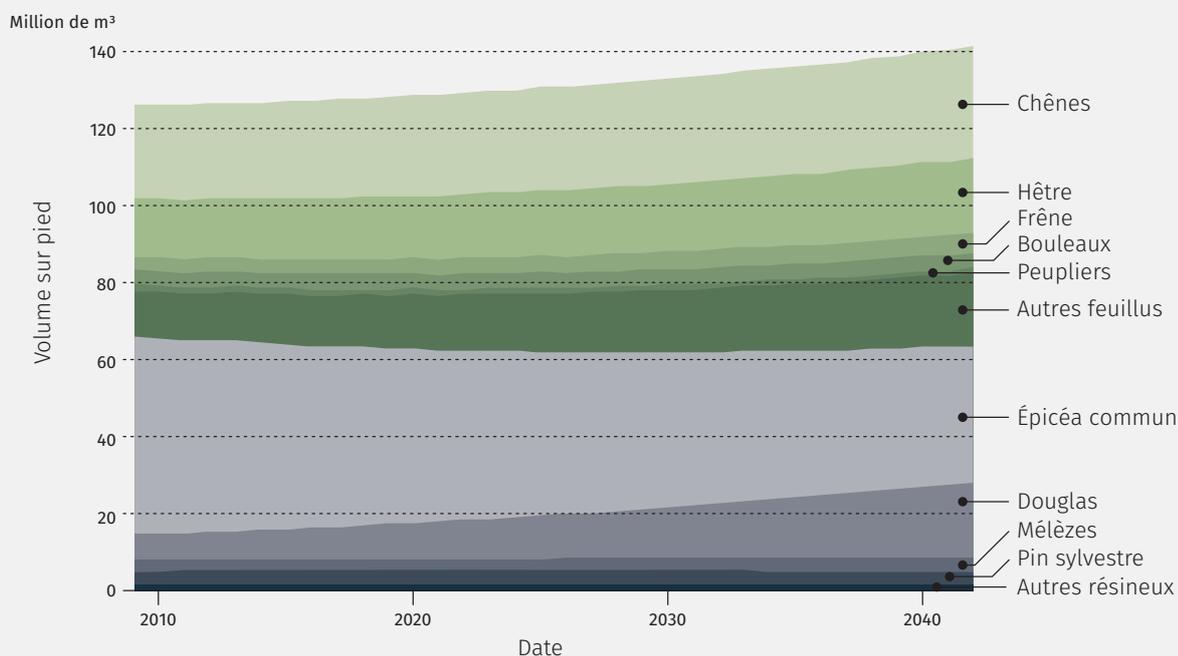
À cet effet, nous avons combiné le potentiel des données IPRFW, de l'imagerie aérienne et de la modélisation statistique pour développer un logiciel capable de simuler annuellement la croissance, les récoltes et la régénéra-

tion au sein de tous les peuplements forestiers de Wallonie. La totalité de la forêt wallonne est ainsi représentée par plus d'un demi-milliard d'arbres simulés.

Nos simulations montrent que si les tendances des vingt dernières années, sur lesquelles se basent les simulations, se maintiennent, la ressource augmentera globalement dans les trois prochaines décennies d'environ 11 % (soit 14 millions de mètres cubes), grâce essentiellement au douglas et aux feuillus, alors que les volumes disponibles en épicéa ne cesseront de diminuer. Le simulateur apporte donc une vision prospective, utile à l'industrie du bois par exemple, et, en outre, il peut aussi prévoir l'évolution de la ressource sous l'effet de différentes options de politique forestière (modification du code forestier, prime à la plantation, définition d'aires protégées...). ◆

Évolution de la production forestière d'ici 2040

La simulation de production jusqu'en 2040, basée sur les tendances actuelles, permet d'orienter les politiques forestières en connaissance de cause et offre aux industriels une vision d'avenir nécessaire aux investissements.



DÉNUMBRER LA GRANDE FAUNE DE NOS FORÊTS PAR VOIE AÉRIENNE : UTOPIE OU RÉALITÉ ?

L'équilibre forêt-faune est un des principaux enjeux en matière de gestion durable des forêts en Europe. La connaissance des effectifs, ou au moins de leur évolution, est une information essentielle pour asseoir une gestion cynégétique appropriée.

 Peter Gaucher, Nicolas Latte ULiège

 *Encadrement scientifique :*
Philippe Lejeune (ULiège)

Actuellement, en Wallonie, celle-ci est basée sur la détermination d'Indices Nocturnes d'Abondance (INA). Ces indices résultent de comptages nocturnes le long de circuits prédéfini (de 10 à 20 km par 1000 hectares). Cette méthode, bien que relativement lourde à mettre en œuvre peut être considérée comme objective et opposable.

Le développement fulgurant de la technologie drone a permis de proposer de réelles solutions en matière de miniaturisation des caméras ainsi que des systèmes de traitement d'image de plus en plus performants. Le recours à des drones pour des inventaires « gibier » dans nos forêts reste cependant confronté au problème d'endurance qui ne dépasse guère 1 heure de vol et surtout aux contraintes réglementaires. Ces dernières imposent notamment au pilote d'avoir constamment son drone en visuel, ce qui représente un véritable challenge en forêt. La transposition des équipements développés pour les drones sur un ULM présente par contre de multiples avantages dont une durée de vol plus importante, une législation plus souple et la possibilité d'embarquer plusieurs caméras.

Les essais menés actuellement à Gembloux Agro-Bio Tech dans ce domaine laissent entrevoir des possibilités d'estimation d'indices de densité au départ de survols réalisés par ULM en utilisant simultanément une caméra couleur et une caméra thermique. Pour que cette approche constitue une alternative pertinente par rapport aux INA, des progrès doivent cependant encore être réalisés dans l'automatisation de la détection des animaux sur les milliers d'images acquises à chaque vol. À moyen terme, l'assouplissement de la réglementation « drone » et l'augmentation de leur autonomie devraient permettre d'envisager de réaliser des vols nocturnes tirant ainsi parti de la présence de la plupart des animaux en zone découverte, rendant une proportion plus importante de ceux-ci visibles. ♦



Une fois le matériel accroché à l'ULM, l'avion peut survoler les zone à traiter.

DU MODÈLE MATHÉMATIQUE À L'ACTION DE TERRAIN

En Wallonie, les plantations résineuses représentent environ 43% de la surface des forêts et fournissent annuellement plus de 3 millions de m³ de bois, soit plus du double de nos forêts indigènes (feuillues). La plupart sont des peuplements de production intensive de bois destiné à une industrie spécifique : sciages pour la construction essentiellement, ainsi que des sous-produits pour les panneaux, le papier et l'énergie. Dans ces conditions, l'administration forestière vise à optimiser ses méthodes de production.

 Jérôme Perin ULiège

 *Encadrement scientifique :*
Hugues Claessens, Jacques Hébert (ULiège)

Notre recherche a consisté à modéliser la dynamique de croissance des résineux (épicéa, douglas et mélèzes) en termes d'évolution de la densité du peuplement, du nombre et de la grosseur des arbres et du volume de bois produit au cours du temps. Les modèles ont permis de construire GYMNOS, un simulateur (qui a été intégré dans la plateforme de simulation internationale CAPSIS) grâce auquel il est désormais possible de prévoir l'évolution d'une plantation résineuse sous l'influence des interventions du sylviculteur.

Equipés de ce simulateur, nous avons rassemblé un groupe de travail constitué de gestionnaires et de spécialistes du bois connaissant les besoins de l'industrie avec pour tâche d'établir des scénarios sylvicoles définis par différents paramètres que peut estimer le simulateur : distance de plantation, cloisonnements, âge de la première éclaircie, intensité, modalité et rotation des éclaircies, dimensions d'exploitation, etc. En dialoguant avec le simulateur, le GT a défini les scénarios sylvicoles

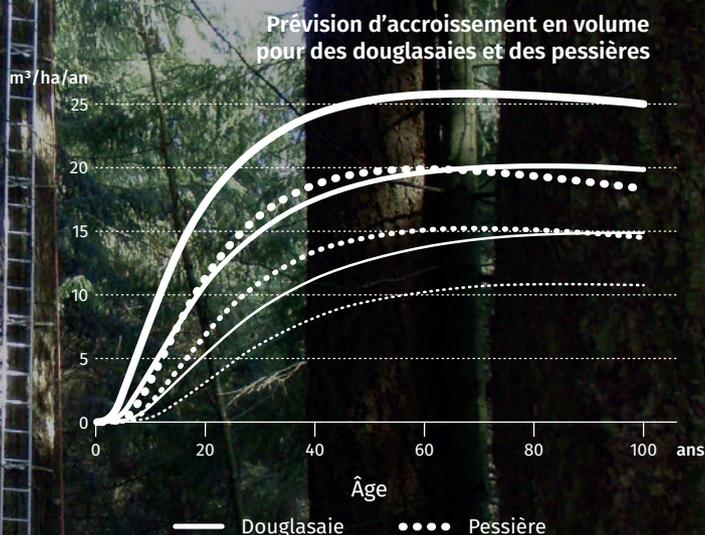
qui lui semblent optimaux par rapports aux objectifs des gestionnaires et aux besoins de l'industrie.

Ceux-ci ont été traduits en normes de sylviculture. Pour chaque norme, le simulateur a alors construit une table de production, c'est-à-dire un tableau qui décrit l'évolution de la plantation au cours du temps selon différents paramètres que le sylviculteur domine. Cette table propose aussi les coûts et les revenus de la production de bois. ♦

Ce qu'il faut savoir

Une recherche qui tire parti de toutes les sources de données possibles !

Les modèles de croissance s'appuient sur la mesure de plus de 18 000 arbres dans 500 peuplements et dispositifs expérimentaux. Les données de différentes sources ont été rassemblées : l'Inventaire permanent des ressources forestières de Wallonie, le suivi de dispositifs expérimentaux de sylviculture, le réseau de placettes de mesures en mélèzes et en douglas établi grâce au FRIA et à l'Accord-cadre de recherches et de vulgarisation forestières, ainsi qu'une étude particulière de la croissance en hauteur des arbres, qui a nécessité, pour le douglas l'intervention d'un grimpeur chevronné pour tutoyer les cimes à 50 m de hauteur.



Exemple de table de production pour une douglaie

Classe de productivité 2, plantation 2.5 x 2 m																								
Caractéristiques :		Essence : douglas						Plantation : 2.5 x 2 (85% de reprise)						Rotation : 6 ans										
		Classe II (36 m à 50 ans)						Cloisonnement : 1 ligne sur 9						Taux d'actualisation : 2 %										
Table de production		Avant prélèvement					Prélèvement					Après prélèvement					Accroissements							
Age années	Hdom m	Nha N/ha	Cg cm	Gha m³/ha	Vha m³/ha	Nha N/ha	Cg cm	Gha m³/ha	Vha m³/ha	Nha N/ha	Cg cm	Gha m³/ha	Vha m³/ha	ACC cm/ha/an	ACG m³/ha/ar	AMG m³/ha/ar	ACV m³/ha/ar	AMV m³/ha/ar	PTV m³/ha	h/d	Ecl %	Dist m		
17	13.5	1613	46	26.8	150	527	44	8.2	45	1086	46	18.6	104	2.5	2.27	1.57	22.8	8.8	150	92	32.6	3.3		
23	18.1	1082	61	32.2	241	355	53	7.9	57	727	65	24.3	185	2.5	2.04	1.76	24.5	12.5	287	88	32.8	4.0		
29	22.4	724	80	36.6	332	203	68	7.5	66	520	84	29.0	265	2.5	1.84	1.81	25.3	15.0	434	84	28.1	4.7		
35	26.5	518	99	40.0	417	139	85	8.0	82	379	103	32.1	336	2.5	1.68	1.82	25.2	16.7	586	81	26.8	5.5		
41	30.3	378	118	42.0	487	93	104	8.0	91	285	123	34.1	396	2.6	1.50	1.80	24.7	18.0	737	78	24.6	6.4		
47	33.7	284	138	43.1	544	61	122	7.2	91	223	142	35.9	453	2.6	1.37	1.76	24.1	18.8	885	75	21.4	7.2		
53	37.0	223	158	44.1	597	42	141	6.6	89	181	161	37.5	508	2.6	1.27	1.71	23.4	19.4	1,030	72	18.8	8.0		
59	39.9	180	177	45.1	649	30	160	6.1	88	150	181	39.0	561	2.6	1.18	1.67	22.8	19.8	1,170	69	16.7	8.8		
65	42.7	150	196	46.1	698	22	180	5.7	87	128	199	40.3	611	2.6	1.10	1.62	22.2	20.1	1,307	67	14.7	9.5		
71	45.3	128	215	46.9	745	18	195	5.3	85	111	218	41.6	660	2.6	1.03	1.58	21.7	20.3	1,441	65	13.7	10.2		
77	47.7	111	233	47.8	790	14	216	5.0	84	97	235	42.8	706	2.6	0.98	1.54	21.2	20.4	1,571	64	12.2	10.9		
83	49.9	97	251	48.7	833	97	251	48.7	833	-	-	-	-	-	1.50	-	20.5	1,698	62	-	-	-		
Distribution des volumes produits par classe de grosseur																								
Age années	Hdom m	Classes de grosseur - Volume sur pied										Classes de grosseur - Volume prélevés										VMP	VMA	totale
		20-40	40-60	60-70	70-90	90-120	120-150	150-180	180+	VMP	VMA	20-40	40-60	60-70	70-90	90-120	120-150	150-180	180+	€/ha	€/ha			
17	13.5	29	89	27	5	0	0	0	0	2,211	1,579	10	26	8	2	0	0	0	0	591	422	1,579		
23	18.1	8	71	56	89	17	0	0	0	6,914	4,385	5	26	10	13	2	0	0	0	1,151	730	4,807		
29	22.4	1	26	37	124	143	0	0	0	13,867	7,809	1	14	14	19	18	0	0	0	2,064	1,162	8,960		
35	26.5	0	7	14	75	220	102	0	0	21,719	10,860	0	5	8	25	31	12	0	0	3,388	1,694	13,174		
41	30.3	0	1	3	26	180	227	49	0	29,344	13,029	0	1	2	14	43	23	7	0	4,543	2,017	17,037		
47	33.7	0	0	0	6	76	257	198	6	36,912	14,553	0	0	4	31	35	19	0	0	5,088	2,010	20,578		
53	37.0	0	0	0	1	21	165	288	122	44,590	15,611	0	0	0	1	12	42	25	9	5,533	1,937	23,646		
59	39.9	0	0	0	0	3	54	276	315	51,842	16,117	0	0	0	2	24	42	19	5,957	1,852	26,089			
65	42.7	0	0	0	0	0	12	140	545	58,051	16,025	0	0	0	0	5	42	39	6,270	1,731	27,849			
71	45.3	0	0	0	0	0	2	38	704	63,057	15,457	0	0	0	0	2	18	64	6,328	1,551	29,012			
77	47.7	0	0	0	0	0	0	6	783	67,210	14,629	0	0	0	0	0	4	79	6,370	1,387	29,736			
83	49.9	0	0	0	0	0	0	0	833	71,050	13,732	0	0	0	0	0	0	4	833	71,050	13,732	30,223		
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	72	41	78	140	144	157	1043	-	30,225	





**VALORISER
LA DIVERSITÉ
DES ESSENCES**

COMMENT FAIRE COHABITER LES CHÊNES AVEC D'AUTRES ESSENCES EN FORÊT ?

Le chêne est l'essence reine des futaies feuillues wallonnes mais sa croissance est lente. La cohabitation avec des essences plus dynamiques, comme le frêne et l'érable, est intéressante à plus d'un titre. Mais comment gérer cette diversité sur le long terme ? Cette question se pose également pour d'autres associations d'essences, comme les mélanges à pin sylvestre.

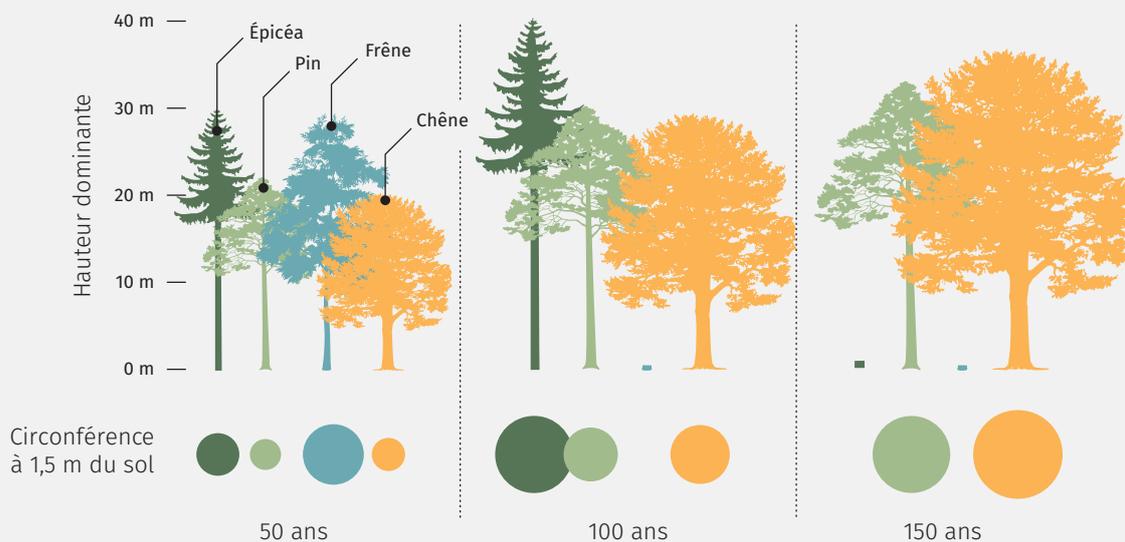
 Grégory Timal CDAF asbl

 Encadrement scientifique :
Quentin Ponette (UCLouvain)

Le chêne est l'essence feuillue la plus représentée au sein des forêts wallonnes. Il entre dans la composition de forêts assez diversifiées, sur des terrains qui le sont tout autant. Sur les sols les plus fertiles, il est ainsi fréquent de le retrouver en mélange avec d'autres feuillus dits « précieux », dont le frêne, l'érable et le merisier. Alors qu'il faut en moyenne 150 à 200 ans au chêne pour qu'il atteigne

sa maturité, ces feuillus précieux ne nécessitent que 60 à 80 ans, soit deux à trois fois moins de temps. L'intérêt de cette association est multiple. Intérêt économique, la récolte des feuillus précieux procurant des revenus intermédiaires aux propriétaires forestiers. Intérêt pour la biodiversité, en associant des espèces de caractéristiques contrastées. Intérêt face aux changements globaux et aux

Croissances comparées en hauteur et circonférence de l'épicéa commun, du pin sylvestre, du frêne et du chêne sessile.



maladies, la multiplicité des essences constituant une assurance en cas de défaillance de l'une d'elles.

En revanche, la création et le maintien de cette association d'essences au fil du temps n'est pas une évidence pour les forestiers. Les raisons tiennent dans l'aversion du chêne pour la concurrence, ses difficultés de régénération et sa croissance lente. Certains feuillus précieux se reproduisent plus abondamment et plus régulièrement que les chênes, et leurs semis poussent plus rapidement. Sans intervention humaine, bon nombre de semis de chênes peuvent disparaître. Cette compétition pour la lumière continue également à l'âge adulte mais elle peut être régulée par les coupes d'éclaircie.

L'objectif de notre recherche est d'aider les forestiers à mieux gérer le mélange. Nous cherchons à identifier des méthodes permettant de régler la coexistence des espèces à différents stades de leur vie. En plus du mélange du chêne et des feuillus précieux, nous étudions également l'association du pin sylvestre, très résistant à la sécheresse, avec d'autres essences plus productives. Dans ce dernier cas, c'est le pin qui joue le rôle de l'essence à croissance lente.

Nous recherchons des solutions avant tout sur le terrain, en recueillant le savoir-faire de certains praticiens expérimentés restés dans l'ombre. Nous partons à la rencontre des gestionnaires, des propriétaires, pour les interroger



Mélange de chênes avec des frênes et des mélèzes. Comment maintenir ce mélange sans qu'une essence ne finisse par dominer les autres ?

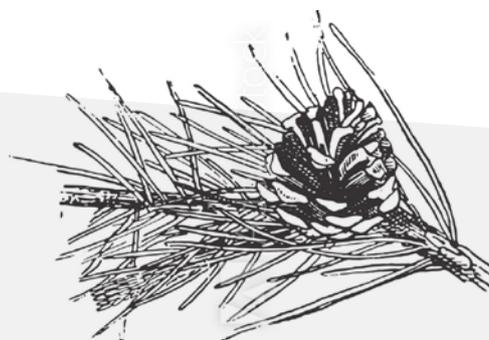
et comprendre leurs pratiques. Tous les éléments recueillis forment un puzzle dont il manque inévitablement des pièces. Les articles et livres spécialisés nous aident à le compléter.

En définitive, notre but est de formuler des recommandations utiles pour que les forestiers d'aujourd'hui puissent continuer à cultiver le chêne ou le pin sylvestre au sein de forêts plus diversifiées. ♦

LE PIN SYLVESTRE, ESSENCE OUBLIÉE ?

Le pin sylvestre était il y a près de 120 ans la plus importante essence résineuse de Belgique : il couvrait 135 000 ha. Il était apprécié dans les mines de charbon, dont il constituait les étauçons, ou encore dans les houblonnières pour ses perches. On le cultivait alors en futaies pures. Avec l'évolution de la société, notamment la fermeture des bassins miniers, le pin sylvestre fut progressivement remplacé par d'autres résineux plus productifs comme l'épicéa.

Malgré cela, il conserve plusieurs atouts : couvert léger, favorable au développement d'un sous-étage



ainsi qu'au mélange d'essences ; capacité à pousser sur des terrains difficiles, très humides ou très secs, que les autres résineux plus productifs ne tolèrent pas. En l'associant à d'autres essences plus productives, ou même avec le chêne, on obtient des forêts plus diversifiées et mieux adaptées aux changements climatiques.



Carottage d'un Sapin de Nordmann dans l'arboretum de Saint-Hubert

LES ARBORETUMS : UN HÉRITAGE EN OR POUR NOS FORÊTS ?

Comment diversifier les forêts et maintenir une bonne production de bois dans un contexte de changement climatique ? L'étude de nouvelles espèces issues de plantations en arboretums contribue à répondre à cette question.

 **Morgane Dendoncker** UCLouvain
(poursuite d'une recherche initiée par Alexandra Delente, UCLouvain)

 **Encadrement scientifique :**
Quentin Ponette, Caroline Vincke (UCLouvain), Vincent Badeau (INRA)

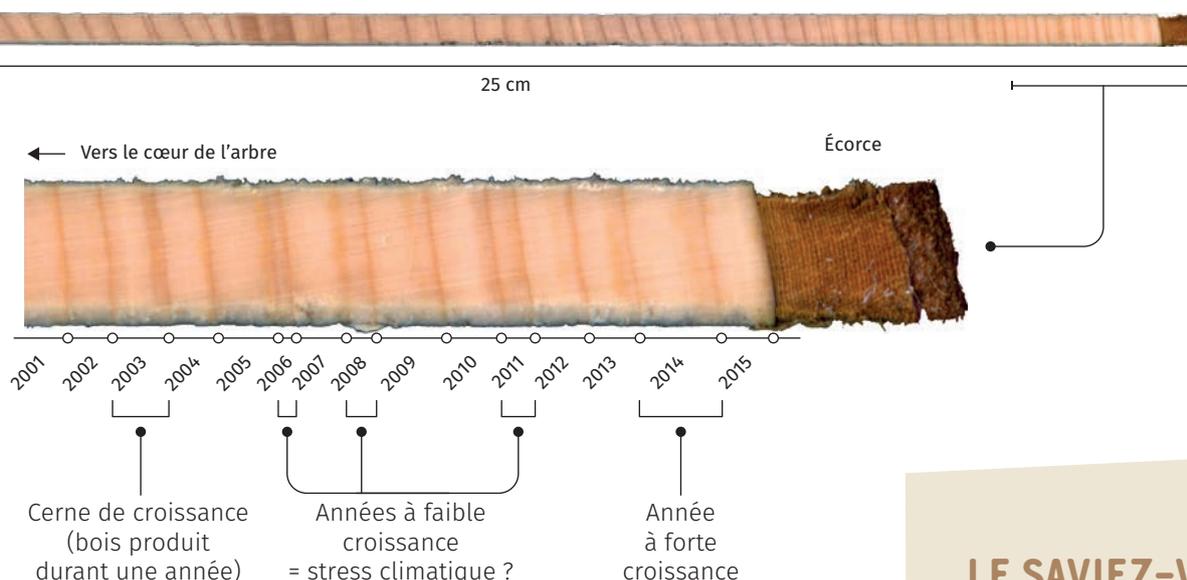
Dans les prochaines années, des changements importants en termes de températures et de précipitations sont attendus en Belgique. Certaines espèces actuellement présentes dans nos forêts en souffriront et risquent à long terme d'être moins fréquentes.

Pour faire face à ce risque, les forestiers recherchent de nouvelles essences à introduire dans nos forêts. Par chance, certaines espèces exotiques ont déjà été plantées sous nos climats, dans différents arboretums au début du 20^e siècle. Nous pouvons donc y étudier comment

les arbres se sont comportés face au climat belge et face aux différents stress climatiques (sécheresse, gelées, etc.) auxquels ils ont dû faire face durant leur vie.

Il était bien entendu impossible d'étudier toutes les espèces installées. Aussi en avons-nous choisi trois : le Sapin de Nordmann, le Cyprès de Lawson et le Thuya géant, qui sont connues pour être résistantes aux sécheresses, qui possèdent un bois de qualité permettant leur utili-

Délimitation des cernes de croissance sur une carotte de Thuya géant prélevée en 2015 dans l'arboretum de Gedinne.



sation dans plusieurs domaines (construction, meubles...) et qui poussent rapidement.

Comme ces atouts ont été mis en évidence dans l'aire d'origine de ces espèces, il nous faut vérifier que cela soit également le cas dans le contexte belge, dans un climat et sur des sols différents. Pour cela, nous avons prélevé des échantillons de bois par carottage (prélèvement horizontal depuis l'écorce jusqu'au cœur, d'un cylindre de 5 mm de diamètre) dans des plantations de ces trois espèces localisées dans différents arboretums.

Sur ces carottes de bois, nous pouvons donc mesurer les cernes de croissance de l'arbre, c'est-à-dire la quantité de bois produite chaque année. Cette croissance annuelle, qui reflète la santé de l'arbre, dépend entre autres du climat. Par exemple, une sécheresse au printemps pourra diminuer la croissance de l'arbre durant l'été.

Nous pouvons donc déduire quelle a été la réaction des arbres aux différents événements climatiques rencontrés depuis leur plantation jusqu'à aujourd'hui. Ces événements sont caractérisés par différents indices qui permettent de décrire l'intensité du stress subi. Nous nous intéressons particulièrement aux stress les plus intenses.

Si l'étude montre que les trois espèces choisies ont continué à prospérer dans des conditions inédites pour elles, elles pourraient être plantées dans nos forêts afin de maintenir une diversité d'espèces et une bonne production de bois dans le futur. ♦

LE SAVIEZ-VOUS ?

Le mot « arboretum » vient du latin et signifie « lieu planté d'arbres ». Leur création en Belgique date du début du 20^e siècle et avait pour but premier de tester la culture de différentes espèces, le plus souvent exotiques. Aujourd'hui, les arboretums sont également des lieux de collection et de conservation dans lesquels on peut découvrir de nombreuses espèces d'arbres.



Le plus grand arbre de Belgique se situe dans l'arboretum de Bouillon. Il s'agit d'un douglas vert qui mesure 63 mètres de haut.

CHIFFRES-CLEFS

En Belgique, on compte
27 arboretums, abritant
204 espèces différentes.

LES PEUPELEMENTS MÉLANGÉS, L'AVENIR DE NOS FORÊTS DANS UN CLIMAT CHANGEANT ?

Les changements climatiques impactent tous les composants du système Terre, y compris les forêts. Pour préparer la forêt à ces nouveaux défis, les stratégies de gestion doivent être adaptées dès à présent. Parmi celles-ci, le recours aux forêts mélangées constitue une option intéressante.

 **Géraud de Stree** UCLouvain

 *Encadrement scientifique :*

Quentin Ponette (UCLouvain), Damien Bonal, Catherine Collet (INRA)

L'augmentation attendue de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, par exemple, suite aux changements climatiques suscite beaucoup d'inquiétude chez les décideurs, les propriétaires et les gestionnaires par ses impacts possibles sur la forêt européenne.

Le recours aux peuplements mélangés figure en bonne place dans la liste des mesures envisagées pour réduire les effets négatifs de ces stress. Associer plusieurs espèces offre en effet la possibilité de répartir les risques, d'utiliser les ressources nutritives de manière complémentaire, ou encore de profiter de leurs sensibilités différentes aux aléas.

Mais dans quelles conditions le mélange d'espèces permet-il de réduire l'exposition des arbres à une sécheresse ? Pour répondre à cette question, nous nous sommes penchés sur la manière avec laquelle les effets du mélange sur la résistance à la sécheresse changent dans le temps et dans l'espace pour un couple d'espèces largement représentées à l'échelle européenne : le hêtre et le pin sylvestre.

Sur de nombreux sites d'études couvrant une grande diversité de climats à travers l'Europe, nous avons mesuré un indicateur d'efficacité d'utilisation de l'eau par les arbres (révélateur du stress qu'ils subissent lorsque cette ressource vient à manquer) en analysant la composition chimique du bois formé annuellement sur une période de 20 ans.

L'étude des peuplements purs, constitués d'une seule espèce, montre que le hêtre et le pin sylvestre utilisent

l'eau de manière contrastée, le hêtre étant beaucoup moins parcimonieux. De ce fait, il est possible qu'en associant les deux espèces dans un même peuplement, le fonctionnement de chacune soit modifié par la présence de l'autre.

Il apparaît que, si le mélange d'espèces est, en moyenne, bénéfique pour le hêtre, c'est l'inverse pour le pin sylvestre. L'effet du mélange dépend toutefois fortement de la disponibilité locale en eau.

Si l'effet est positif pour les deux espèces dans les sites secs, aucun effet du mélange n'est mis en évidence lorsque le niveau de sécheresse dépasse un certain seuil. Dans les sites bien pourvus en eau, en revanche, l'effet du mélange est le plus souvent positif pour le hêtre et défavorable au pin, reflétant la forte concurrence exercée par le hêtre dans ces conditions.

En cas d'épisodes de sécheresse ponctuels, le mélange n'améliore pas de manière systématique la résistance du peuplement : en effet, si dans certaines situations le mélange peut diminuer le niveau de stress observé, dans d'autres l'effet inverse est observé.

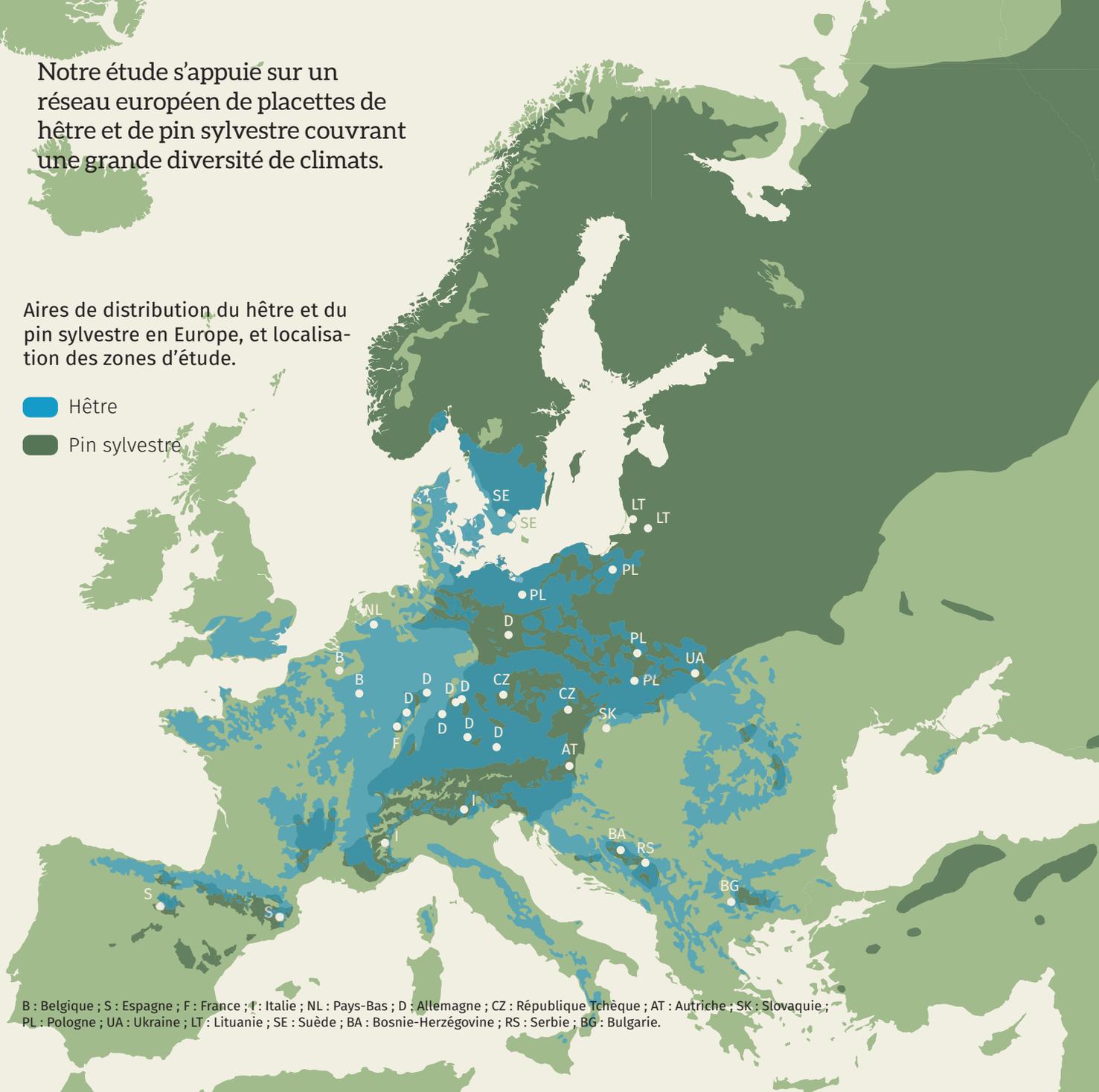
Ces résultats montrent que les effets du mélange sur la disponibilité en eau dépendent finement du contexte. Même si le mélange ne doit pas être vu comme un remède miracle face aux défis auxquels la forêt européenne sera confrontée, il s'agit d'une stratégie de gestion intéressante qui permet d'améliorer les performances des peuplements dans certaines circonstances et qui doit être envisagée en complément d'autres approches. ♦



Notre étude s'appuie sur un réseau européen de placettes de hêtre et de pin sylvestre couvrant une grande diversité de climats.

Aires de distribution du hêtre et du pin sylvestre en Europe, et localisation des zones d'étude.

- Hêtre
- Pin sylvestre



B : Belgique ; S : Espagne ; F : France ; I : Italie ; NL : Pays-Bas ; D : Allemagne ; CZ : République Tchèque ; AT : Autriche ; SK : Slovaquie ; PL : Pologne ; UA : Ukraine ; LT : Lituanie ; SE : Suède ; BA : Bosnie-Herzégovine ; RS : Serbie ; BG : Bulgarie.

LE BOULEAU, UNE ESSENCE D'AVENIR !

Chênes, hêtre, épicéa, pin et douglas dominant les forêts et l'industrie du bois en Europe de l'Ouest. Ce système, basé sur trop peu d'essences, montre ses limites. La crise que traversent l'épicéa et le douglas n'en est-elle pas une démonstration ? Il est urgent de repenser la gestion de nos forêts afin d'améliorer leur résistance aux aléas et leur contribution à la production de bois, à la qualité des sols et de l'eau, à la biodiversité.

 Héloïse Dubois ULiège

 Encadrement scientifique :
Hugues Claessens (ULiège)

Saviez-vous que le bouleau, champion de l'invasion des mises-à-blanc et des jeunes plantations, est en volume le 3e feuillu de Wallonie ? Pourtant, les gestionnaires l'ont le plus souvent éliminé des peuplements. Les rescapés ont principalement formé des bois tordus et de petite dimension, ne convenant pas à la fabrication de bois d'œuvre. Et pourtant...

Offert gratuitement par la nature, cet arbre élégant est productif dans une grande variété de climats et de sols, même là où peu d'autres essences se développent ; il s'adapte aux changements de son environnement ; il améliore la fertilité et la structure des sols ; il propose un habitat à de nombreuses espèces animales ou végétales... Néanmoins, sa gestion, pourtant simple, demande de la rigueur – il faut poser les bons gestes sylvicoles au bon moment – afin d'éviter qu'il n'étouffe, endommage les autres essences en mélange et lui permette de produire une grume sans défaut. Hélas, la moindre erreur se paie cash !

Le dépérissement d'autres essences, les mises-à-blanc non replantées ou les dégâts liés à la grande faune sauvage, face à laquelle il affiche une excellente résistance, amplifient sa présence. Rassurez-vous, le bouleau ne pourra pas tout envahir car il ne se régénère pas sous lui-même. Par contre, il prépare des conditions propices à l'installation d'autres essences sous son abri et constitue un allié de choix pour les mélanges avec des résineux ou des feuillus. L'Europe du Nord a développé une filière importante autour du bois de bouleau, que nous importons sous diverses formes. En Europe Occidentale, la ressource augmente et une gestion appropriée pourrait amener à terme une disponibilité en grumes de haute qualité. Avec sa révolution courte, le bouleau pourrait trouver sa place alors que la demande en bois est très élevée.

Notre recherche vise à répondre à ces défis : quelle est la place du bouleau dans notre contexte climatique et socio-économique ? Quelles sont les clés du sylviculteur pour produire du bouleau sans défaut et de grande dimension, en peuplement pur, mélangé ou comme abri pour d'autres essences ? ♦

Bibliographie

Dubois H., Latte N., Lecomte H. et Claessens H. (2016). *Le bouleau, une essence qui s'impose. Description de la ressource dans son aire de distribution. Forêt.Nature 140 : 44-58.*



Le bouleau peut produire dès 40 à 60 ans des grumes de 120 à 180 cm de circonférence et de haute qualité technologique et esthétique, au grand potentiel de valorisations.

Cette recherche a commencé par une analyse critique de la littérature mais surtout avec de nombreuses visites de terrain et échanges avec des professionnels : de la gestion forestière à l'industrie du bois, en Belgique, France, Allemagne, Finlande... Parallèlement, nous avons mis en place des dispositifs expérimentaux sur le terrain, avec la mesure de plus de 1000 bouleaux en Wallonie et en France.



Elle se poursuit par la modélisation de la dynamique de croissance du bouleau en relation avec les conditions locales et les interventions du forestier. Des connaissances essentielles pour mettre sur pied un guide de sylviculture pour la production de grumes sans défaut !

NEUF PEUPELEMENTS RÉSINEUX GÉRÉS SANS COUPE RASE SOUS LA LOUPE

Les scientifiques sont à l'œuvre pour mieux comprendre les processus en jeu et guider les praticiens.

 **Gauthier Ligot** ULiège

 *Encadrement scientifique :*
Hugues Claessens (ULiège)

Les peuplements résineux, soit la moitié de la forêt wallonne, sont traditionnellement gérés à l'aide de coupes rases suivies de plantations. Le gouvernement wallon a cependant décidé de promouvoir une sylviculture alternative de ces peuplements – une sylviculture nommée Pro Silva – car il est de plus en plus reconnu que la réalisation d'une coupe rase, opération lors de laquelle tous les arbres d'un peuplement sont exploités, change brutalement les conditions environnementales et paysagères avec des retombées parfois importantes pour la protection des sols et la biodiversité. En outre, ces peuplements résineux sont très souvent dominés par une seule espèce alors que l'intérêt de mélanger les espèces est de plus en plus manifeste pour la productivité et la santé des forêts.

Bien que les arguments soient nombreux pour justifier ce changement de sylviculture, les modalités pratiques pour mettre en œuvre ce changement restent peu maîtrisées et peuvent dérouter les acteurs de la filière.

En effet, en évitant les coupes rases et les plantations tout en favorisant les mélanges d'arbres d'espèces et d'âges différents, le forestier construit petit à petit un écosystème de plus en plus complexe, dans lequel un grand nombre de processus et d'interactions demeurent méconnus et pour lequel nous n'avons que peu de recul.

C'est là tout l'objet d'une des recherches de l'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières.

Afin d'y parvenir, un dispositif expérimental a été installé dans neuf peuplements résineux ardennais gérés sans coupe rase. L'objectif est de mieux comprendre les processus en jeu, de les modéliser pour être capable d'anticiper l'évolution de tels peuplements. Sur ces bases, les forestiers pourront gérer ces peuplements au mieux de manière à assurer leurs nombreux rôles sociétaux.

Au total, ce sont plus de 3 000 arbres qui ont été cartographiés et mesurés périodiquement. C'est également plus de 2 millions de semis qui ont été échantillonnés à l'aide de 108 placettes grâce auxquelles nous suivons leur croissance, leur diversité ainsi que différentes caractéristiques environnementales. C'est en outre plus de 18 vols drones, destinés à cartographier les arbres et à développer des méthodes de mesure innovantes. ♦



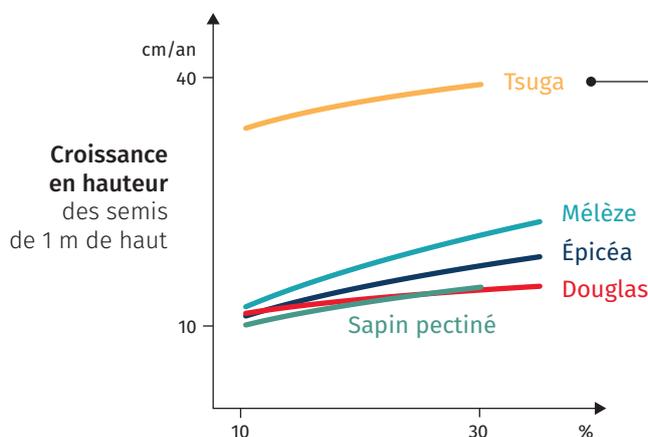
Des mesures variées et en grands nombres : notamment la mesure et la cartographie des arbres (1), le suivi de la croissance et survie des semis (2) et la mesure de la lumière disponible dans le sous-bois (3).



Promouvoir le mélange d'essences pour garantir la résilience de nos forêts

Dans cette douglasaie, le gestionnaire a choisi d'éviter la mise à blanc et de régénérer le peuplement naturellement sans plantation. La régénération est étonnamment plus diversifiée que le peuplement mère et heureusement d'ailleurs. La régénération de douglas, bien qu'elle dominait autrefois la régénération, est maintenant très affaiblie par différentes maladies. Tout n'est pas perdu puisque d'autres essences (ici des épicéas) peuvent assurer la relève.

LE SAVIEZ-VOUS ?



Faut-il considérer le tsuga hétérophile comme une espèce envahissante? Nos résultats apportent un premier élément de réponse : la croissance des semis de tsuga hétérophile est trois fois supérieure à celle des autres essences.

L'état sanitaire des plantations de douglas pose de plus en plus question ; qu'en est-il dans les régénérations naturelles ? Nos résultats montrent que les semis de douglas grandissent maintenant moins vite que l'épicéa alors que la situation inverse avait été observée il y a plus de 5 ans.

Éclairage relatif, c'est-à-dire le flux de lumière arrivant sous le couvert forestier par rapport à celui arrivant au-dessus





**L'ACCORD-CADRE
AU SERVICE
DU MONDE FORESTIER**

FICHIERECOLOGIQUE.BE, UN OUTIL POUR RENFORCER LA MULTIFONCTIONNALITÉ ET LA RÉSILIENCE DES FORÊTS

Production emblématique de l'Accord cadre de recherches et vulgarisation forestières, le « Fichier écologique des essences » nouvelle mouture est disponible sous la forme d'une application web depuis l'été 2017. Plus qu'un simple outil décrivant quelles essences installer selon les caractéristiques de chaque parcelle, il encourage les gestionnaires à une meilleure prise en compte du fonctionnement de l'écosystème forestier. Par la démarche qu'il propose, il permet de renforcer les connaissances des gestionnaires, de diversifier les essences à prendre en compte et d'améliorer l'aptitude de chacun au diagnostic stationnel.

 Sébastien Petit, Hugues Claessens,
Quentin Ponette, Caroline Vincke,
Franz Weissen, Didier Marchal



La gestion durable des écosystèmes est au cœur des attentions actuelles. Et l'écosystème forestier n'est pas en reste puisque l'on souhaite que les forêts soient multifonctionnelles. Elles doivent en effet remplir trois fonctions majeures : économique (fournir le matériau bois, par exemple), écologique (protection de la biodiversité, filtration de l'eau, stockage de carbone...) et social (fournir un lieu de loisirs et de ressourcement, entre autres).

UN ENVIRONNEMENT CHANGEANT

Malgré tous ces bienfaits, la forêt a été soumise à de fortes pressions durant les derniers siècles : de la surexploitation pour la sidérurgie jadis, à une mécanisation de plus en plus lourde qui exige des rendements importants et engendre des détériorations pérennes des sols forestiers.

À cela, s'ajoutent des stress climatiques de plus en plus extrêmes et de plus en plus fréquents, ainsi que de nouveaux bioagresseurs (insectes ravageurs, champignons, bactéries). Dorénavant, plus aucune essence en forêt wallonne n'échappe à son lot de ravageurs ou d'agents pathogènes.

RÉPONDRE AU DÉFI DE LA FORÊT DU FUTUR ET AUX ATTENTES DE LA SOCIÉTÉ

Fichierécologique.be est un outil utile aux gestionnaires pour relever ce défi et rendre la forêt non seulement plus productive et rentable mais surtout la plus résiliente possible face aux aléas.

Par la diversité et la complémentarité des informations rassemblées dans cet outil – grâce au travail de longue haleine mené par les équipes de recherche de Gembloux Agro-Bio Tech et de l'UCLouvain, son utilisateur dispose des clés nécessaires pour pérenniser la forêt et ses fonctions. Dans le même temps, il peut améliorer ses connaissances en matière de diagnostic stationnel. En particulier, celles qui concernent les facteurs limitants pour le

bon développement des forêts, tant du point de vue des caractéristiques du sol que de celles des essences.

ÉTENDRE LE CHAMP DES POSSIBLES

L'enquête conduite au démarrage de cette recherche démontre que la plupart des gestionnaires n'utilisaient que très peu l'ancien outil papier (quatre documents totalisant plus de 400 pages).

Conscient de l'immense volume de données, de la difficulté d'utilisation de la version papier et de l'apport indéniable d'un outil informatique capable de croiser ces données, Forêt.Nature a proposé une application web fusionnant les différents volumes papiers, les rendant disponibles 24h/24. Cette application est utilisable intuitivement et gratuitement, facile à mettre à jour et ne nécessite aucun préalable technique.

Cette proposition a été pleinement soutenue par les universités partenaires, le DNF, le DEMNA et Monsieur le Ministre de la Nature et de la Forêt.

En quelques clics, l'utilisateur dessine les contours de sa parcelle et une liste des essences compatibles avec sa station apparaît directement. Cette liste, met en avant les essences prioritaires mais aussi secondaires, ce qui permet de favoriser une diversification des peuplements. Le gestionnaire, au cœur de son métier, affine ensuite son choix selon ses objectifs et ses contraintes et particularités locales.

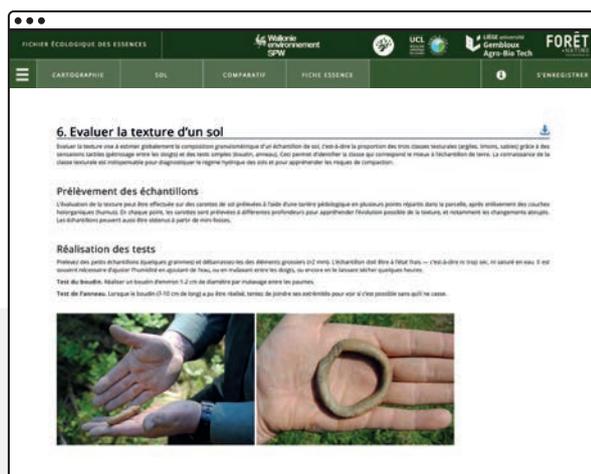
L'application interroge des couches cartographiques issues de la recherche universitaire comme les cartes bioclimatique, trophique ou hydrique. Elle invite ensuite l'utilisateur à affiner le diagnostic grâce au module « SOL » qui permet de compléter manuellement les paramètres de terrain relevés grâce aux fichiers d'aide proposés.

L'application présente également toute l'information sur 49 essences forestières dans des fiches qui peuvent être comparées grâce à l'outil de comparaison intégré.

Dès lors, tout forestier désireux d'aiguiser ses connaissances sur le diagnostic des stations peut se saisir avec curiosité de cet outil.

Les trois modules de formations dispensés par Forêt.Nature sont au cœur du dispositif d'appropriation de l'outil par tous les gestionnaires publics et privés.

L'application est, au final, un outil précieux pour un large panel d'acteurs de la forêt, au-delà des gestionnaires forestiers : chercheurs, naturalistes, gestionnaires de milieux naturels, transformateurs du bois. ♦



Pour en savoir plus

Petit S., Claessens H., Ponette Q., Vincke C., Marchal D. (2017). *Le Fichier écologique des essences, version 2.0. Forêt.Nature 143 : 12-19.*

Van der Perre R., Bythell S., Bogaert P., Claessens H., Ridremont F., Tricot C., Vincke C., Ponette Q. (2015). *La carte bioclimatique de Wallonie : un nouveau découpage écologique du territoire pour le choix des essences forestières. Forêt.Nature 135 : 47-58.*

Wampach F., Lisein J., Cordier S., Ridremont F., Claessens H. (2017). *Cartographie de la disponibilité en eau et en éléments nutritifs des stations forestières de Wallonie. Forêt.Nature 143 : 47-60.*

VULGARISER LES RÉSULTATS DE RECHERCHES ET CRÉER LES OUTILS PRATIQUES POUR LES GESTIONNAIRES

 Christophe Heyninck, Marc Bussers Forêt.Nature

UCLouvain
Earth and Life Institute

LIÈGE université
Gembloux
Agro-Bio Tech

FORÊT
NATURE
foretwallonne.be

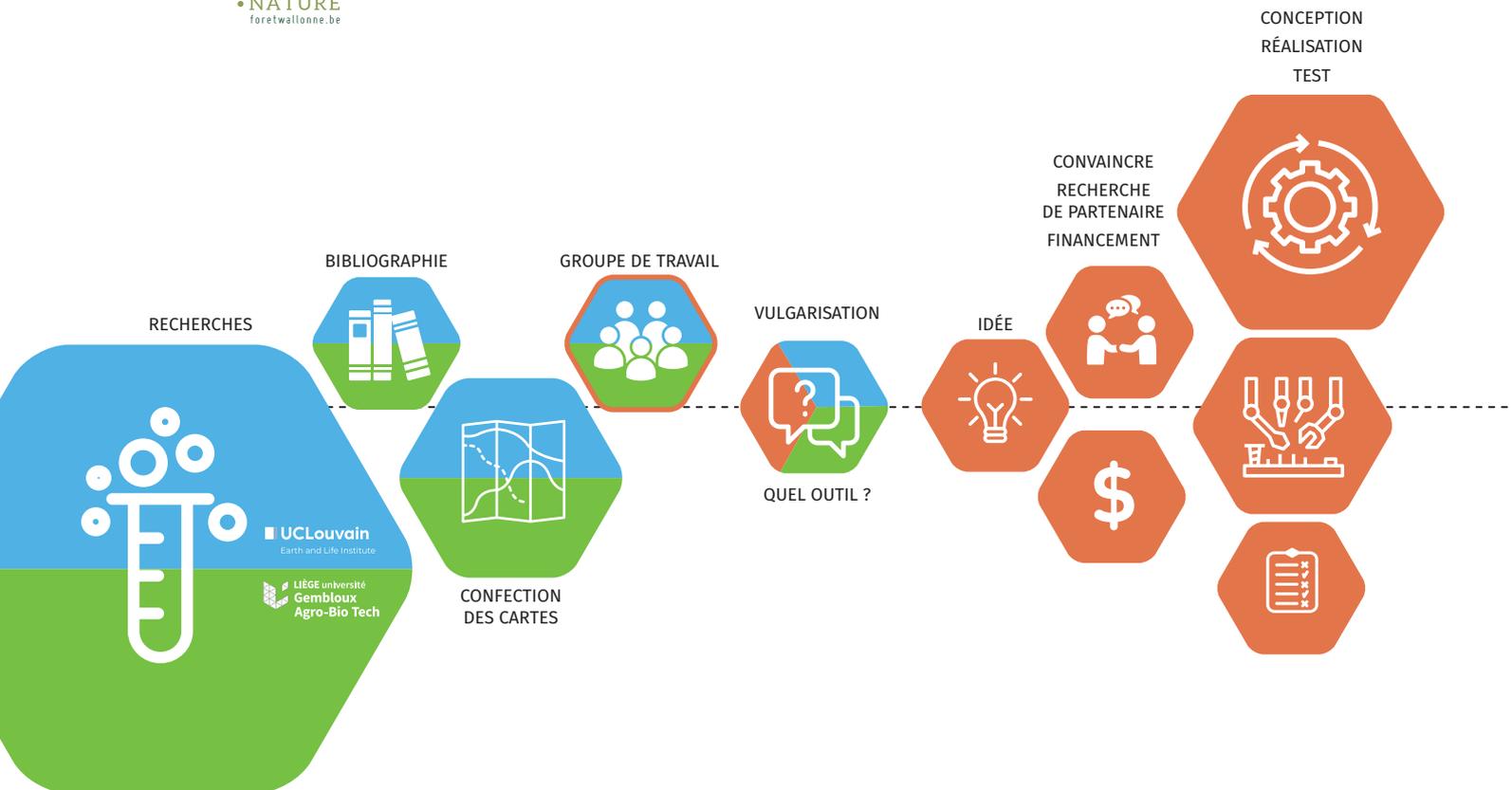
Recherches

Vulgarisation

Article 1
Forêt.Nature
sur concept/idée



Participation au suivi de dispositifs expérimentaux



Quelques chiffres-clefs pour la période 2014-2019 sur la vulgarisation (formation et communication) de Forêt.Nature

1832

journées sur le terrain

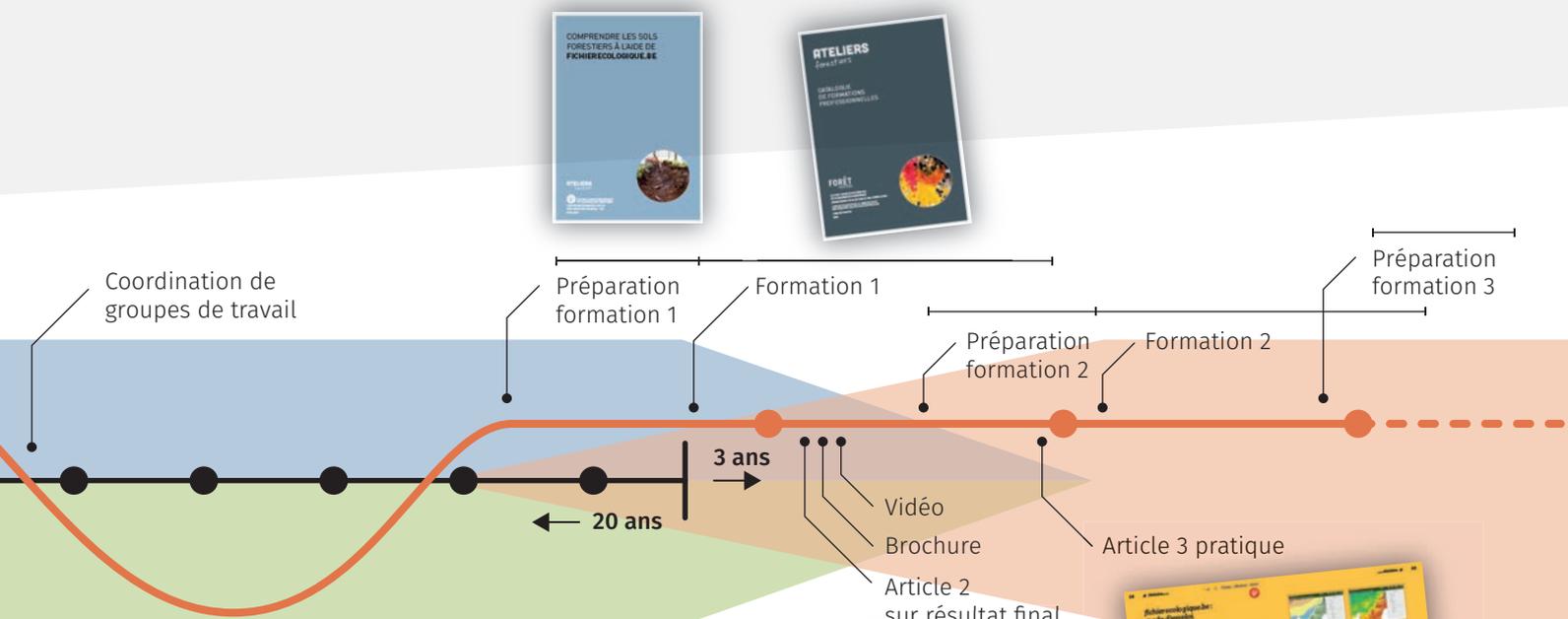


21 modules

répartis en **265**

et **18** pour les propriétaires

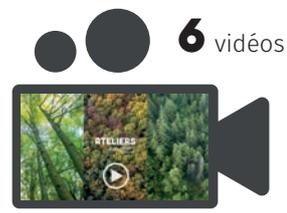
2250 hommes



es de formations
 9 journées pour le DNF
 es privés et leurs gestionnaires
 es-jours de formation



20 numéros de Forêt.Nature
 contenant **182** articles



L'ACCORD-CADRE AU SERVICE DE LA POLITIQUE FORESTIÈRE EN WALLONIE

 Philippe Lejeune, Hugues Claessens ULiège

La continuité d'un projet tel que l'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières a permis de structurer une équipe de recherche multidisciplinaire intégrant des compétences telles que l'écologie, la sylviculture, la technologie du bois, l'économie, la dendrométrie ou encore la cartographie.

L'existence d'une telle équipe, motivée à développer une recherche appliquée apte à répondre aux attentes des gestionnaires, a permis à trois reprises de mobiliser un effort de recherche pour répondre ponctuellement et rapidement à des questions émanant du Département de la Nature et des Forêts, voire directement du Ministre en charge de la forêt.

IDENTIFICATION DE MASSIFS POUR UNE GESTION DIFFÉRENCIÉE DANS LE CADRE D'UN PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ

Un outil d'analyse et de caractérisation de massifs forestiers a été conçu pour identifier, sur base de critères objectifs, une série de massifs forestiers susceptibles de constituer une alternative au projet Nassonia. Un SIG (Système d'Information Géographique) a ainsi été constitué en se basant sur le parcellaire de l'ensemble des forêts soumises. Parmi les critères retenus figuraient la proportion de peuplements résineux, de sites Natura 2000, de forêts historiques, de zones ouvertes, ou encore la longueur de routes traversant les massifs. Un système interactif d'analyse multicritères a été combiné à ce SIG pour proposer une liste de massifs forestiers assortie des indicateurs propres à chaque massif.

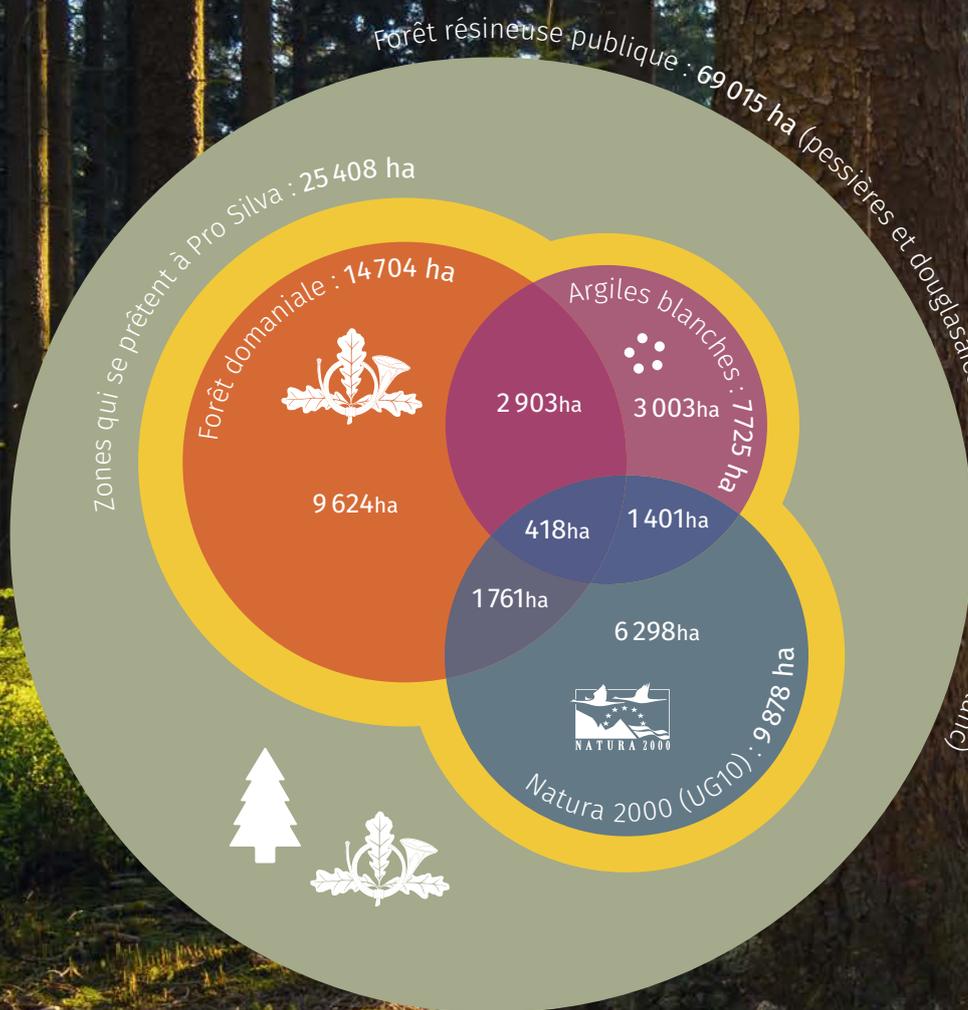
ANALYSE CRITIQUE DE LA SYLVICULTURE PRO SILVA

Suite à une question parlementaire, une étude de l'impact économique de la sylviculture Pro Silva a été menée. Elle a permis de chiffrer les surfaces et les volumes de bois concernés et les impacts économiques mesurables, mais aussi les impacts non monétarisables en matière environnementale et sociétale, en fonction du statut du peuplement (zone Natura 2000, propriétaire) et de la station (« bons sols », risques de chablis, pentes, etc.). Il en ressort que l'impact de la sylviculture Pro Silva est à nuancer : selon les situations, cette sylviculture représente une opportunité ou une contrainte.

BOÎTE À OUTILS « AMÉNAGEMENTS FORESTIERS »

La préparation d'un plan d'aménagement nécessite la compilation d'une quantité importante d'informations dont la plupart ont une composante cartographique. Une série d'outils cartographiques a été développée pour faciliter la réalisation de cette phase d'analyse. Elle permet de croiser le parcellaire avec les couches cartographiques décrivant les différentes contraintes de gestion pour générer de manière standardisée l'ensemble des couches cartographiques et des tableaux de synthèse devant figurer dans le canevas simplifié du plan d'aménagement. Un des modules permet également d'aider le gestionnaire à objectiver la délimitation des séries-objectifs. 

Surfaces de résineux concernés par la circulaire Pro Silva (au sein de la forêt publique)



UN RÉSEAU D'EXPÉRIMENTATIONS DE SYLVICULTURE SUIVI À LONG TERME

L'étude de nouvelles sylvicultures requiert inévitablement des expérimentations menées dans le long terme.

Le suivi de telles expérimentations figure parmi les plus précieuses retombées de l'Accord-cadre de recherches et de vulgarisation forestières, même si ces dispositifs n'ont pas encore révélé tous leurs secrets.

 Gauthier Ligot, Benoît Mackels, Thibaut Delaite, Allan Borremans ULiège

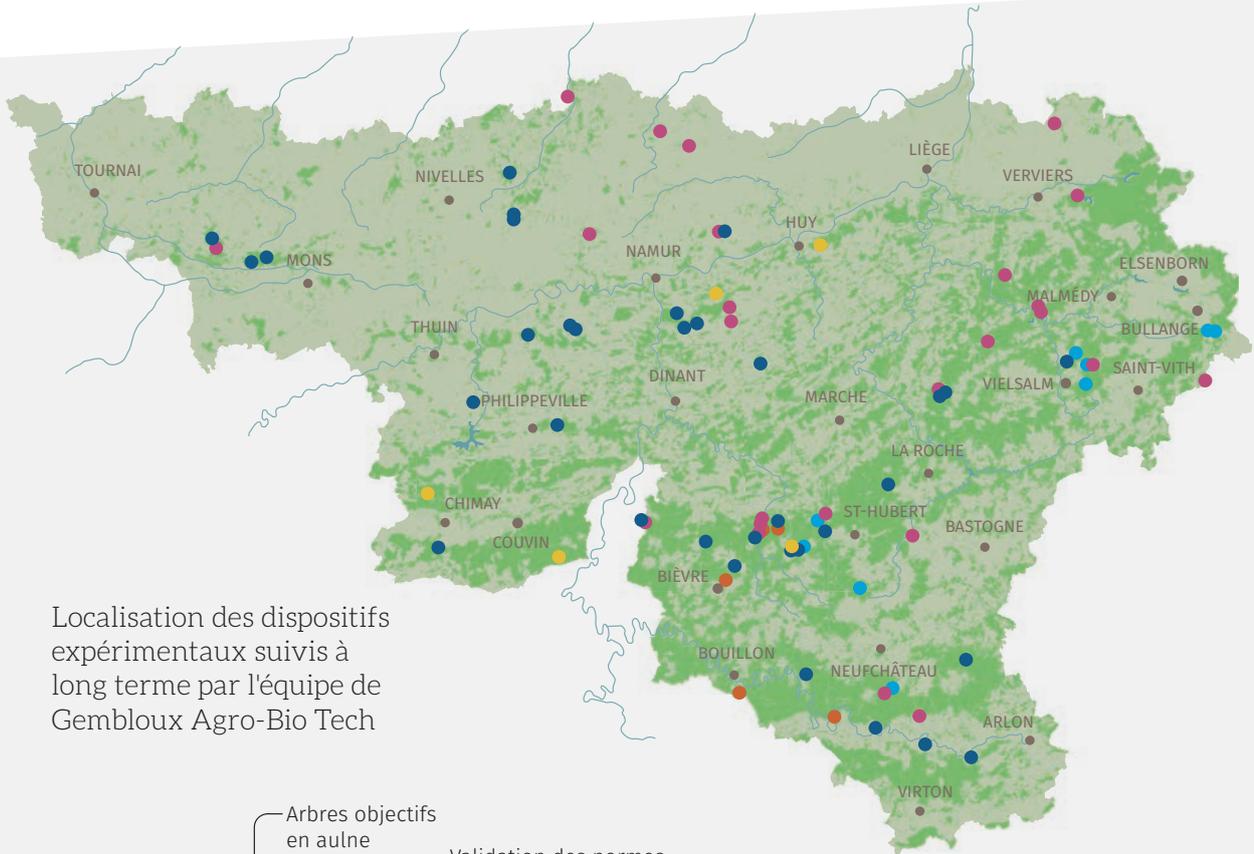
 *Encadrement scientifique :*
Hugues Claessens (ULiège)

Bien que la forêt paraisse immuable, les changements globaux, qu'ils soient climatiques ou socio-économiques, remettent régulièrement en question son avenir et les méthodes de sylviculture en œuvre. Le besoin de recherches forestières est plus criant que jamais. Or, en raison de la durée de vie des arbres, les expérimentations de sylviculture doivent s'envisager sur le long terme. Dans l'univers incertain des financements de la recherche, l'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières, qui est lié au code forestier et organisé par périodes de 5 ans, représente une opportunité remarquable pour la recherche forestière et en particulier pour les expérimentations de sylviculture.

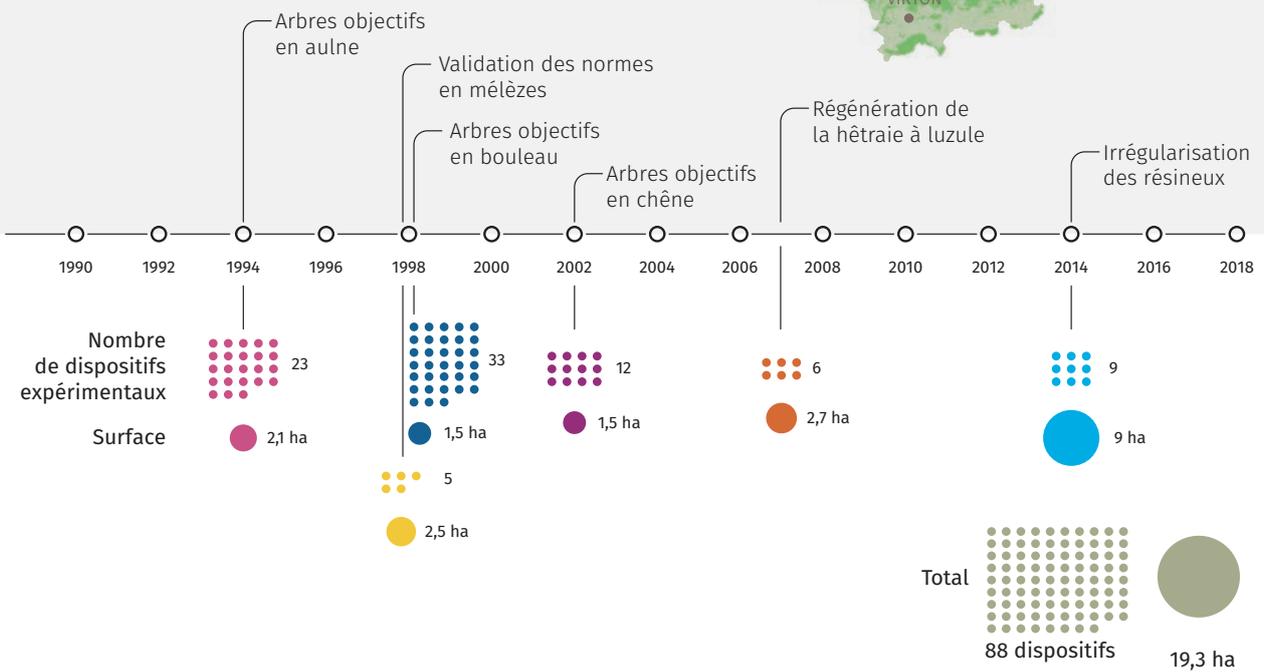
Au service des différentes activités de recherche menées par l'ULiège, un réseau de dispositifs expérimentaux a été installé avec la collaboration du DNF et de propriétaires privés qui ont gracieusement mis leurs peuplements à disposition de la recherche. Ce réseau comporte 57 parcelles expérimentales (près de 20 hectares) réparties dans toute la forêt wallonne relevant de 6 thématiques de sylviculture. Son monitoring est assuré par l'équipe

technique de l'Accord-cadre qui réalise les mesures, les opérations sylvicoles prévues par les expérimentations (martelages, abattages, tailles de formation et élagages) et l'encodage des milliers de données associées.

Au fur et à mesure que les dispositifs livrent leurs longues séries temporelles de données, différentes analyses sont enclenchées. Quelques résultats scientifiques sont déjà disponibles sur la régénération naturelle du chêne, l'irrégularisation des résineux et la sylviculture d'arbres objectifs. D'autres ne tarderont pas à s'y ajouter, comme un guide de sylviculture du bouleau, la validation des normes de martelage en mélèzes, etc. ♦



Localisation des dispositifs expérimentaux suivis à long terme par l'équipe de Gembloux Agro-Bio Tech



LES SATELLITES VIENNENT EN AIDE À LA GESTION DE L'ÉPIDÉMIE DE SCOLYTE

 Nicolas Latte ULiège

 *Encadrement scientifique :*
Philippe Lejeune (ULiège)

La forêt wallonne, au même titre que ses voisines européennes, est confrontée à une épidémie très importante de scolytes (*Ips typographe* et *Chalcographe*). Elle s'explique en grande partie par les chablis liés aux tempêtes Eleanor et David en 2017 ainsi que par les conditions climatiques de 2018, particulièrement favorables à la prolifération de l'insecte.

Face à cette situation, les gestionnaires, qu'ils soient publics ou privés, doivent relever le défi de repérer dans les meilleurs délais les arbres atteints afin de les exploiter et de limiter autant que possible l'amplification du phénomène.

L'équipe Gembloux Agro-Bio Tech qui travaille sur l'application des techniques de télédétection à la foresterie, s'est mobilisée pour proposer une méthode de repérage des foyers d'infestation. L'utilisation d'avions ULM, bien que fournissant des données très précises, a été rapidement abandonnée en raison de l'ampleur du phénomène et des surfaces à couvrir (environ 10 000 km²).

Considérant cette contrainte et la nécessité de travailler avec des images aussi récentes que possible, la solution retenue s'appuie sur des images à très haute résolution acquises par les satellites Pleiades (résolution de 0,5 m) et Spot6 (résolution de 1,5 m).



Galerie d'*Ips typographe*



Galerie de *chalcographe*



Épicéas scolytés



Ips typographe



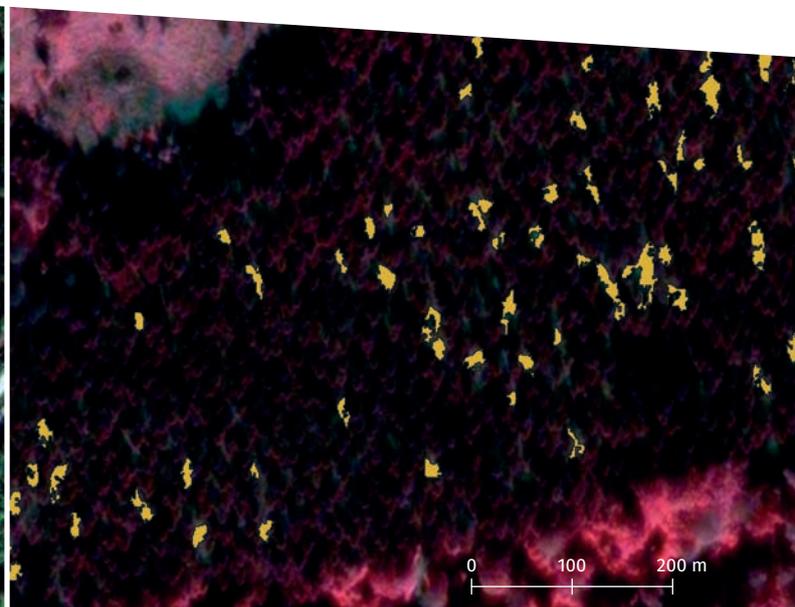
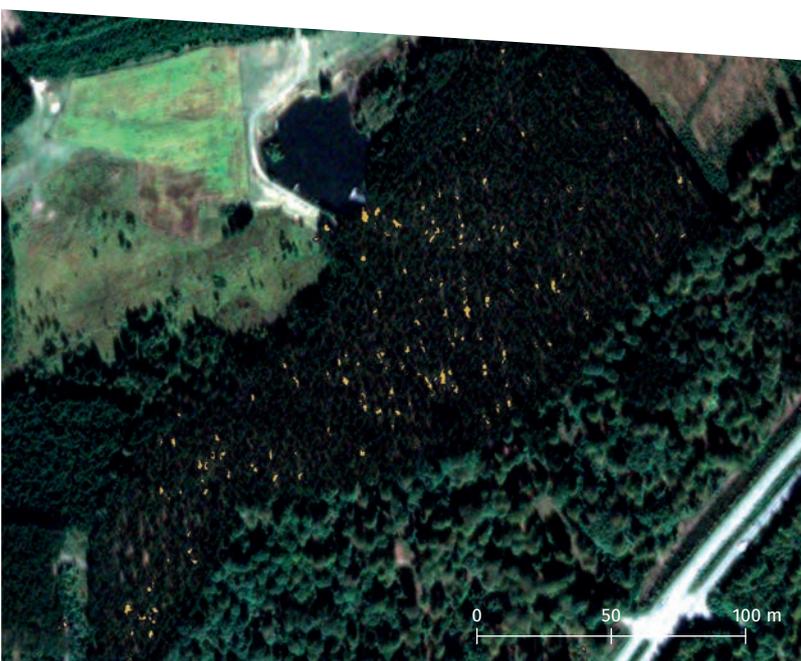
Chalcographe

Les images satellitaires ont été utilisées pour produire des cartes d'indices de végétation qui expriment le niveau d'activité photosynthétique, nettement plus faible pour les arbres scolytés ou dépérissants. Ces cartes ont été croisées avec la carte des principaux types de peuplements et la carte des hauteurs de peuplements, pour localiser des sites potentiellement infestés et non encore exploités au moment des prises d'images.

Un premier test réalisé dans la région de Libramont s'est révélé concluant (94 % des arbres scolytés ou dépérissants ont été correctement détectés). La méthode devrait être étendue à l'ensemble de l'aire de distribution de

l'épicéa en Wallonie afin d'aider les gestionnaires à localiser au mieux les foyers d'arbres scolytés qui n'auraient pas encore été récoltés.

Les chercheurs se préparent aussi à exploiter les images qui seront acquises par les satellites au printemps 2019, après l'envol de la première génération de scolytes. L'enjeu sera alors d'essayer de détecter les arbres attaqués avant que ceux-ci ne meurent et que le bois ne perde une grande partie de sa valeur. ◆



Délimitation des zones d'arbres scolytés sur base des images satellitaires.

POUR SUIVRE LA RECHERCHE FORESTIÈRE AU SERVICE DES FORÊTS ACTUELLES ET FUTURES

 **Quentin Ponette, Hugues Claessens, Didier Marchal, Caroline Vincke**

Par leur rôle majeur dans la fourniture de services écosystémiques diversifiés (régulation climatique, accueil de la biodiversité, production de bois, etc.), les forêts se situent au cœur de nombreux enjeux qui dépassent largement le cadre strict du secteur forestier et concernent des échelles spatiales et temporelles contrastées. C'est d'autant plus vrai dans des régions fortement peuplées comme les nôtres. Dans le même temps, les forêts sont soumises à une panoplie croissante de perturbations, qui interagissent entre elles : les changements climatiques, les bio-agresseurs, les espèces invasives, les tempêtes, les incendies, la pollution atmosphérique, etc. Pensons aux sécheresses successives de ces dernières années et à la crise actuelle des scolytes !

La vulnérabilité des forêts dans un tel contexte nécessite des actes de gestion appropriés pour améliorer leur résilience. Et c'est à ce niveau que la recherche forestière est plus que jamais indispensable.

La prévention des risques est un des points majeurs des recherches actuelles. Elle implique la compréhension et la prédiction de l'impact des perturbations sur le fonctionnement, la santé et la productivité des écosystèmes forestiers. Sur cette base, des stratégies appropriées sont envisagées pour préparer dès maintenant la forêt aux conditions futures : choix des espèces qui constitueront des peuplements exploitables et en bonne santé dans 50 ou 100 ans, pratiques sylvicoles, adéquation entre les systèmes d'exploitation et le respect de l'écosystème forêt, en ce compris le sol, tout en veillant à une bonne rentabilité des opérations.

Outre l'intérêt porté aux services écosystémiques d'approvisionnement, comme la production et la valorisation future du matériau bois, d'autres recherches focalisent sur les services de régulation (la régulation du climat, par exemple), de soutien (cycles de l'eau, du carbone, etc.) ou encore socio-culturels (forêt et bien-être, par exemple), ainsi que sur la manière de les articuler. Ces questions nécessitent de réfléchir non seulement à l'échelle de l'arbre ou de la forêt, mais aussi à l'échelle du territoire et du paysage.

Elles font aussi appel à de nouvelles technologies, par exemple pour mieux caractériser les peuplements forestiers (drones, Lidar, analyse de photos satellitaires, etc.) et leur évolution.

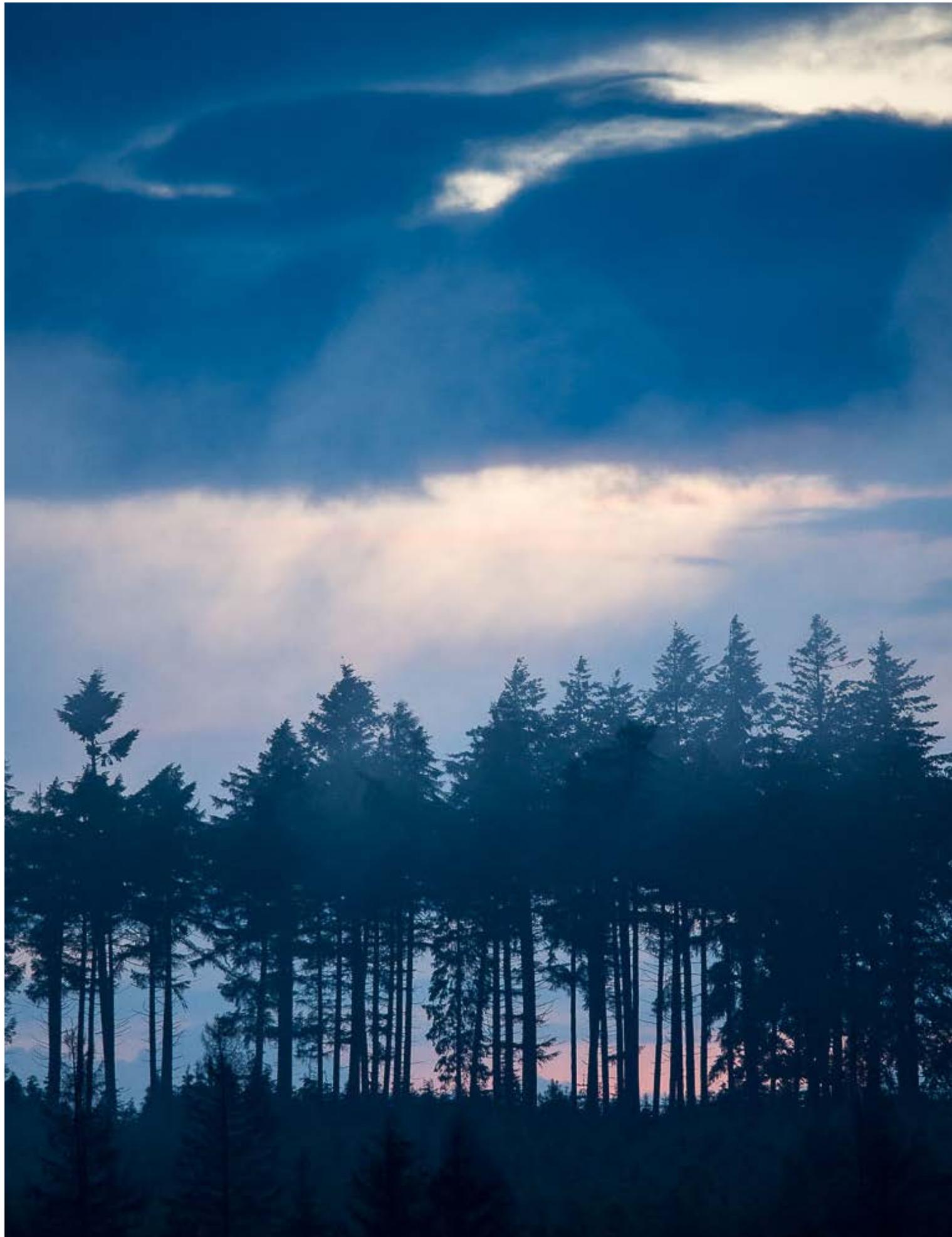
Pour mener à bien ces recherches, les scientifiques s'appuient sur des mesures en laboratoire et sur des sites expérimentaux en forêt, inclus souvent dans des réseaux de suivi à long terme, mais aussi sur de la modélisation, qui permet de simuler l'impact de décisions de politique forestière, de scénarios sylvicoles, ou encore de changements climatiques sur la forêt future.

Pour s'engager de façon performante sur des sujets d'une telle complexité, des équipes multidisciplinaires se mettent en place, et mêlent approches fondamentales ou appliquées selon les besoins spécifiques des études.

En Wallonie, afin de répondre à ces défis liés à la gestion adaptative des forêts, le législateur a inscrit dans le code forestier la nécessité d'organiser ces recherches sur le long terme.

Le Département de la Nature et des Forêts du Service Public de Wallonie a ainsi mis sur pied un programme de recherches, cohérent et concerté, sous la forme d'un « Accord-cadre de recherches et de vulgarisation forestières », placé sous l'égide d'un comité de pilotage international. Ce programme fédère les équipes scientifiques de l'Université de Liège (Gembloux Agro-Bio Tech) et de l'Université catholique de Louvain qui forment les bioingénieurs forestiers, ainsi qu'un partenaire de vulgarisation chargé du transfert des connaissances vers les gestionnaires de terrain (Forêt.Nature).

Vu l'importance capitale de ces recherches pour l'ensemble de la forêt wallonne et ses nombreux acteurs et bénéficiaires, le Gouvernement soutient durablement ce partenariat. Le futur Plan quinquennal de recherches forestières 2019-2024 intégrera d'ailleurs l'Accord-cadre de recherches et de vulgarisation forestières qui en constituera l'outil principal. Ensemble, mobilisons nos compétences complémentaires pour faire face aux défis ! ♦



CRÉDITS PHOTOS

M. Dellicour (couverture, 2-3, 4-5, 10-11, 28-29, 32, 44-45, 56-57, 3^e et 4^e de couverture), UCLouvain (18, 21), Forêt.Nature (23, 51), R. Candaele (24, 25), Gembloux Agro-Bio Tech (27, 41, 43, 55, 63, 65), SPW (orthophotoplan 34-35), G. Timal (47), A. Delente (48), H. Dubois (53), Adobe Stock (61), S. Kinelski/Bugwood.org (64), M. Jurc/Bugwood.org (65), J. Stimmel/Bugwood.org (65), M. Zubrik/Bugwood.org (65)



ACCORD-CADRE RECHERCHES ET VULGARISATION FORESTIÈRES

 **Wallonie**
environnement
SPW

 **UCLouvain**
Earth and Life Institute

 **LIÈGE université**
Gembloux
Agro-Bio Tech

FORÊT
• NATURE
foret.wallonie.be