

Janvier-mars 2025

n°
174

FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS



foretnature.be

Tiré à part du Forêt.Nature n° 174, p. 27-38

LE BOULEAU VERRUQUEUX, UN ALLIÉ PRÉCIEUX POUR DIVERSIFIER LES FORÊTS. ÉLÉMENTS CLÉS DE SA PRODUCTIVITÉ ET DE SON AUTÉCOLOGIE EN WALLONIE

Lorna Zeoli, Mathilde Pau, Hugues Claessens, Tom De Mil, Aurélien Forler, Gauthier Ligot (GxABT-ULiège)

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70. Photo de couverture : Jasmine Colin-Navaï
La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction. foretnature.be



Le bouleau verruqueux, un allié précieux pour diversifier les forêts

Éléments clés de sa productivité et de son autécologie en Wallonie

Lorna Zeoli | Mathilde Pau | Hugues Claessens | Tom De Mil | Aurélien Forler | Gauthier Ligot

Forest Is Life, Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège)

Le bouleau verruqueux s'impose aujourd'hui comme une essence de choix pour la diversification des forêts. Grâce à ses nombreux atouts, il a su coloniser les esprits des forestiers, qui le redécouvrent comme une option prometteuse pour une sylviculture adaptée aux défis actuels. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à son potentiel de productivité et son autécologie.



En Wallonie, les essences de production sont peu diversifiées, dominées par l'épicéa, le chêne et le hêtre. Ces essences forestières montrent cependant des signes de vulnérabilité croissante face au stress climatique. L'épicéa, par exemple, a subi les conséquences de la sécheresse de 2018, qui a favorisé des attaques massives de scolytes, conduisant à des mises à blanc sur de vastes surfaces forestières¹. Le hêtre, quant à lui, souffre également des sécheresses répétées, compromettant sa productivité future⁴. Même des essences considérées comme plus tolérantes à la sécheresse, comme le chêne et le pin sylvestre, ont montré des signes inquiétants de mortalité ces dernières années.

Face à ces défis, il devient urgent d'adopter des mesures de gestion permettant d'assurer la résilience des forêts. La diversification apparaît comme une solution incontournable et passe notamment par la recherche d'essences ou provenances mieux adaptées aux conditions climatiques futures. Certaines essences indigènes, comme le sorbier, le bouleau ou le tilleul, ont longtemps été sous-estimées. Cependant, elles sont dotées de nombreux atouts et représentent des alternatives intéressantes pour diversifier les forêts.

Le bouleau verruqueux, présent dans toute l'Eurasie, possède l'aire de répartition la plus vaste parmi les essences feuillues européennes (figure 1). Cette large distribution s'explique par sa grande tolérance climatique et sa capacité à croître sur des sols variés, y compris dans des environnements contraignants. Espèce pionnière, il colonise rapidement les sites perturbés, contribuant à restaurer la production de bois et à renforcer la résilience des écosystèmes forestiers⁶.

En tant qu'espèce nurse^A, le bouleau joue un rôle clé dans la structuration des forêts mélangées en créant des conditions favorables à l'installation d'autres espèces forestières. Il améliore les conditions du sol en augmentant sa fertilité, sa porosité et sa capacité d'infiltration de l'eau et apporte de la lumière dans le sous-étage grâce à son couvert léger³.

En Europe occidentale, le bouleau est négligé par l'industrie du bois alors que ses propriétés physiques et mécaniques n'ont rien à envier à celles du hêtre. Toutefois, le bouleau gagne doucement en popularité dans cette région, notamment en raison de son potentiel à produire des grumes de qualité grâce à des pratiques sylvicoles adaptées². Sa rotation courte (50-60 ans) constitue également un atout non négligeable face au changement climatique, les arbres étant exposés aux événements climatiques extrêmes pour une période de temps plus courte⁷.

Le bouleau reste une essence relativement peu connue des forestiers. Son potentiel productif et son autécologie, éléments clés pour une gestion appropriée, doivent notamment être étudiés. Pour combler ces lacunes, nous avons modélisé sa croissance en hauteur afin d'établir des courbes de productivité. Une carte de l'indice de productivité du bouleau verruqueux a également été élaborée à l'échelle de la Wallonie, permettant d'identifier les zones les plus favorables à sa gestion dans les décennies à venir.

^A Une espèce nurse est une plante qui favorise la survie ou la croissance d'autres espèces en améliorant notamment les conditions environnementales ou en rendant les ressources plus accessibles.

RÉSUMÉ

Les forestiers doivent relever un défi majeur : adapter la gestion des forêts dans un contexte où les changements climatiques compromettent la santé des arbres. Face à cette situation, une transformation profonde des pratiques sylvicoles s'impose. La diversification des essences apparaît comme une solution incontournable, notamment en revalorisant des espèces longtemps négligées mais qui doivent à présent retrouver leur juste place dans l'écosystème forestier. Parmi elles, le bouleau se distingue par ses nombreux atouts, qui en font une essence prometteuse pour diversifier les forêts de demain. Dans

cette étude, les courbes de productivité du bouleau ont été établies à l'aide d'analyses de tige prélevées dans des boulaies présentant des conditions stationnelles diversifiées en Wallonie. L'indice de productivité du bouleau a également été mis en relation avec des facteurs écologiques et climatiques. Les résultats montrent que la productivité du bouleau est favorisée par des températures plus élevées, à condition que les sols disposent d'une réserve en eau suffisante. En outre, ces analyses suggèrent une augmentation future de sa productivité, plus marquée en Ardenne, où la température actuelle limite encore sa croissance.



Figure 1. Carte de distribution du bouleau verruqueux.

Source : Euforgen.

Évaluer la productivité

La productivité d'une station forestière désigne sa capacité à produire de la biomasse végétale, notamment le bois. Son estimation est essentielle pour orienter la gestion forestière, qu'il s'agisse de choisir les essences les mieux adaptées à la station, de planifier des stratégies sylvicoles, d'estimer les volumes de bois exploitables ou encore d'évaluer le potentiel de stockage de carbone des forêts. Elle peut être évaluée de différentes manières, généralement classées en deux méthodes⁶ :

- **Méthodes phytocentriques** : elles s'appuient généralement sur les caractéristiques dendrométriques du peuplement, comme la mesure du volume ou la mesure de la hauteur dominante.
- **Méthodes géocentriques** : elles se basent sur les caractéristiques de la station comme le niveau trophique, le climat, la topographie ou encore la disponibilité en eau du sol.

Pour les peuplements purs équiennes, l'approche phytocentrique consiste généralement à estimer l'indice de productivité. Ce dernier correspond à la hauteur dominante théorique atteinte par le peuplement

forestier à un âge de référence. La croissance en hauteur dominante en fonction de l'âge est modélisée à l'aide d'une fonction mathématique non-linéaire. Le modèle établi permet d'obtenir les courbes de productivité, et donc les niveaux de productivité possibles pour une essence forestière donnée. De plus, le modèle permet d'estimer l'indice de productivité de l'essence sur base de n'importe quel couple hauteur dominante-âge^B.

Dans certains cas de figure, par exemple lorsque l'âge du peuplement n'est pas connu ou que le peuplement est trop jeune, il n'est pas possible d'estimer la productivité de la station à l'aide de l'approche phytocentrique. Il faut donc se tourner vers des méthodes géocentriques se basant sur les caractéristiques de la station. Cette approche consiste notamment à mettre en lien l'indice de productivité (hauteur dominante du peuplement atteinte à un âge de référence) avec des variables climatiques, topographiques et édaphiques. Une telle approche nécessite de développer un modèle permettant de prédire l'indice de productivité du peuplement sur base de variables telles que la température, la pente ou le niveau trophique. Le modèle établi permet alors de prédire l'indice de productivité sur l'ensemble du territoire, pour autant que les variables soient disponibles en couches cartographiques.

^B La hauteur dominante est définie comme la hauteur moyenne des cent plus gros arbres par hectare.

Approche phytocentrique

Des analyses de tige ont été réalisées sur soixante-huit bouleaux dominants provenant de quarante peuplements purs équiennes, représentant la diversité écologique de la Wallonie (figure 2A étape 1, figures 3 et 4). Le jeu de données est principalement composé de bouleaux verruqueux, mais il est probable que certains peuplements incluent du bouleau pubescent, en raison de la difficulté à différencier ces deux espèces sur le terrain à partir de critères morphologiques. Des rondelles de bois ont été prélevées à différentes hauteurs sur le tronc des arbres (figure 2A étape 2), afin de reconstituer leur croissance en hauteur au fil du temps (figure 2A étape 3). À partir des trajectoires de croissance des soixante-huit bouleaux, plusieurs modèles mathématiques non linéaires ont été testés pour décrire la relation entre la hauteur dominante et l'âge. Le modèle qui s'ajustait le mieux aux données a été sélectionné (figure 2A étape 4). Celui-ci permet d'estimer la productivité d'une boulaie, sur base de sa hauteur dominante et de son âge.

Approche géocentrique

Sur base du modèle précédemment établi, l'indice de productivité a été estimé pour cent trois peuplements de bouleaux verruqueux dont l'âge et la hauteur dominante sont connus (figure 2B étape 1). Pour chaque peuplement, les valeurs de différentes variables climatiques (par exemple : température annuelle moyenne, durée de la saison de végétation), édaphiques (par exemple : niveau trophique, réserve en eau du sol) et topographiques (position topographique) ont été extraites à partir de cartes disponibles sur Forestimator^c (figure 2B étape 2). Sur base de ce jeu de données, différents modèles non-linéaires ont été construits pour prédire l'indice de productivité en fonction des variables testées (figure 2B étape 3). Les modèles ont ensuite été comparés et le meilleur modèle a été utilisé pour prédire l'indice de productivité sur toute la Wallonie, offrant une vue d'ensemble sur la variabilité de la productivité potentielle du bouleau à l'échelle régionale (figure 2B étape 4).

Résultats et discussion

Courbes de productivité du bouleau

Parmi les différents modèles non linéaires testés, c'est le modèle de *Duplat et Tran-Ha I* qui a été retenu pour prédire la hauteur dominante d'un peuplement en fonction de son âge. Ce modèle, qui repose sur trois paramètres (*a*, *c* et *d*, encart 1), offre une flexibilité suffisante pour assurer un bon ajustement aux données, contrairement à des modèles plus simples.

Pour caractériser la productivité des peuplements, différentes classes ont été définies en se basant sur la hauteur dominante à 30 ans (HDOM₃₀), âge corres-

pondant à la fin de la phase de croissance maximale chez le bouleau⁹. Quatre classes ont été établies : 5, 10, 15 et 20 mètres (figure 5). Cette large gamme de productivité reflète la capacité du bouleau à coloniser des stations de conditions très variées, y compris les tourbières de Haute Ardenne (HDOM₃₀ = ± 5 mètres).

Les courbes de productivité wallonnes ont ensuite été comparées à celles développées dans d'autres régions de l'aire de répartition du bouleau (figure 6). Ces comparaisons révèlent un schéma de croissance en hauteur caractéristique des espèces pionnières : une phase de croissance rapide durant les quinze premières années, suivie d'un ralentissement progressif jusqu'à devenir négligeable vers 50 ans. Le pic de croissance en hauteur survient aux alentours de 10 ans, soulignant l'importance d'une gestion précoce pour maximiser le potentiel du bouleau (figure 7), ce qui est d'ailleurs recommandé pour produire des grumes de qualité¹⁰.

Il est important de noter que, dans les conditions les plus fertiles, l'échantillonnage concerne principalement des arbres relativement jeunes (jusqu'à 50 ans), ce qui conduit à une extrapolation de la croissance en hauteur au-delà de cet âge (figure 5). Ce biais méthodologique, largement documenté, résulte du fait que les arbres bénéficiant des meilleures conditions de croissance sont généralement exploités plus tôt, tandis que ceux des parcelles moins productives sont soit récoltés plus tard, soit laissés en place.

Facteurs influençant l'indice de productivité du bouleau verruqueux

Le meilleur modèle de prédiction de l'indice de productivité (IP) inclut une variable climatique, la température annuelle moyenne, en interaction^d avec une variable édaphique : la réserve maximale en eau du sol^e. Cette dernière variable, exprimée en millimètre, dépend de la profondeur du sol, de la texture ainsi que de la charge caillouteuse. Il s'agit bien de la capacité de rétention en eau du sol et non de la réserve utile^f. Le modèle géocentrique permet d'expliquer 50 % de la variabilité de l'indice de productivité du bouleau verruqueux en Wallonie.

^c forestimator.gembloux.ulg.ac.be/documentation/forestimator/t_1_chargement

^d Une interaction entre deux variables dans un modèle signifie que l'effet d'une variable sur le résultat dépend de la valeur d'une autre variable. Autrement dit, l'impact d'une variable n'est pas constant, mais varie selon une seconde variable

^e La réserve utile suppose de connaître notamment la profondeur maximale de prospection racinaire, qui est propre à chaque essence.

Figure 2. Schéma synthétique de la méthodologie adoptée dans l'étude.

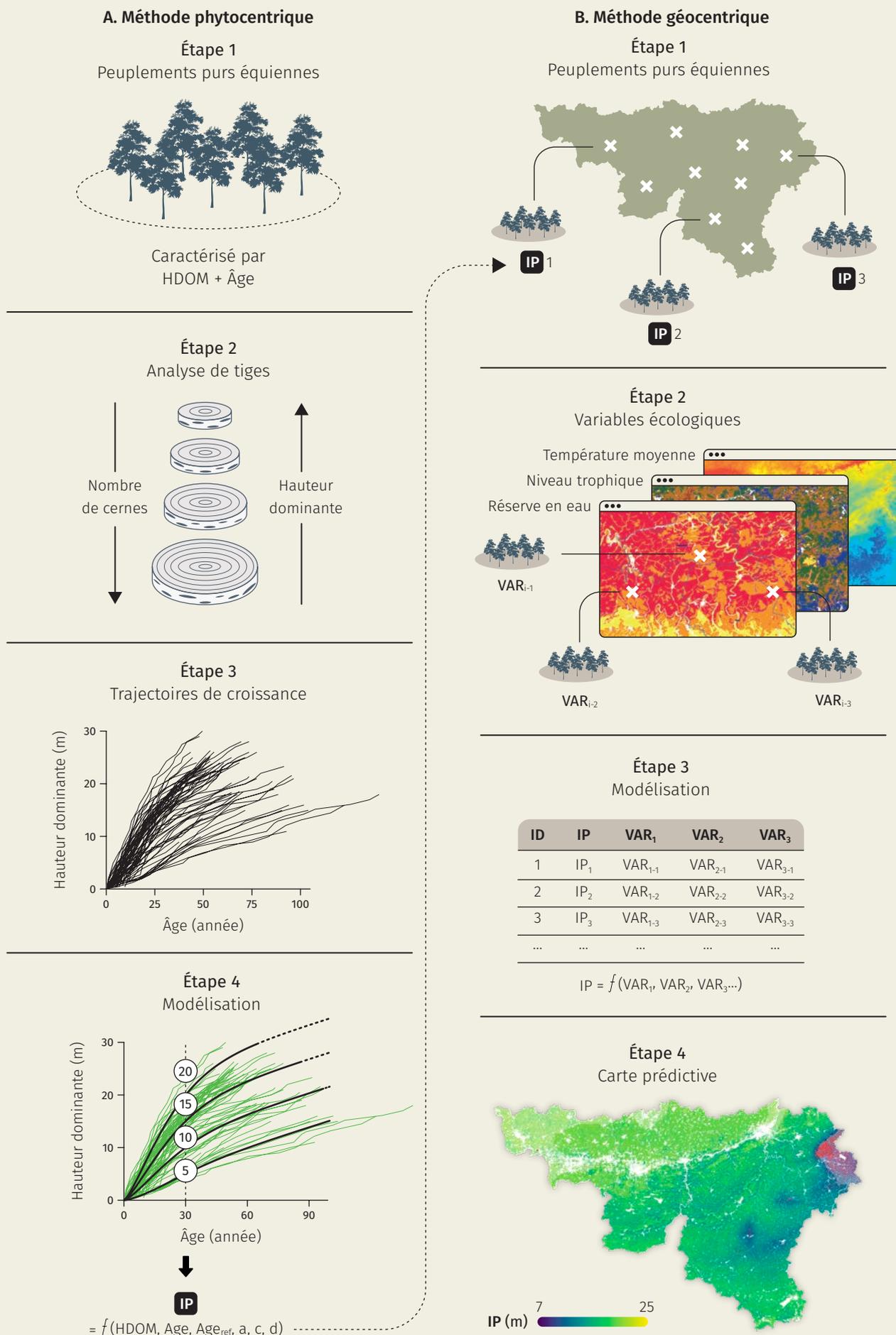


Figure 3. Localisation des peuplements de bouleaux utilisés pour développer les courbes de productivité (phytocentrique ; triangles blancs) et le modèle de prédiction de l'indice de productivité (géocentrique ; ronds noirs). Le fond de carte correspond à la température annuelle moyenne sur la période trentenaire 1961-1990. Les chiffres correspondent à des peuplements proches les uns des autres. Les lignes blanches délimitent les zones bioclimatiques de Wallonie (les zones les plus froides correspondent à l'Ardenne).

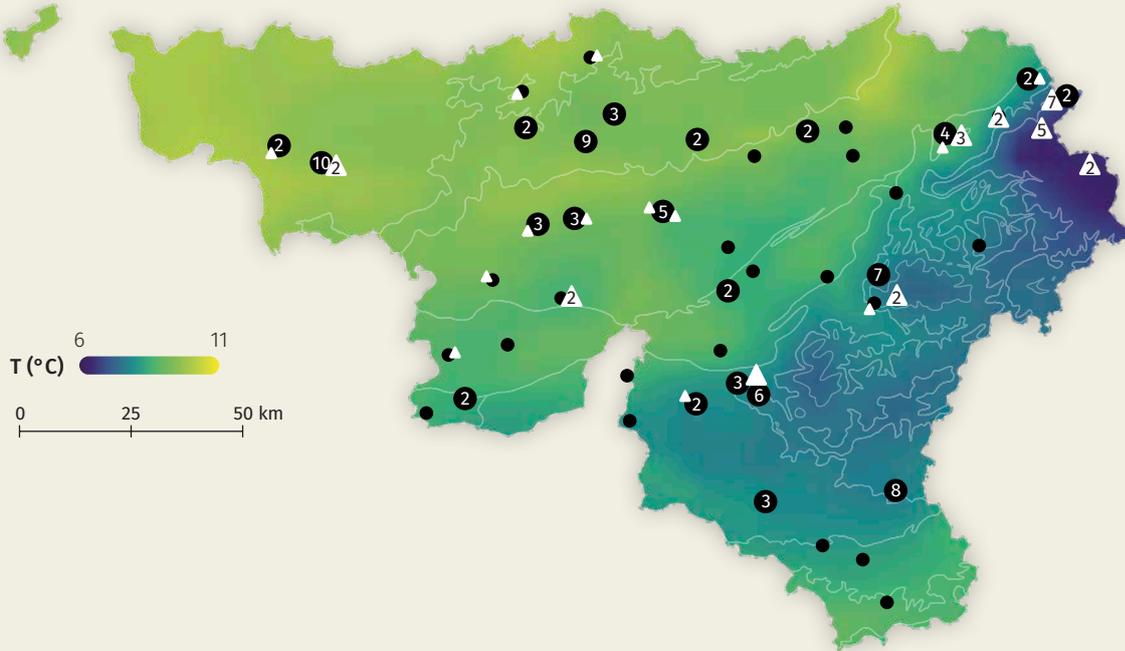
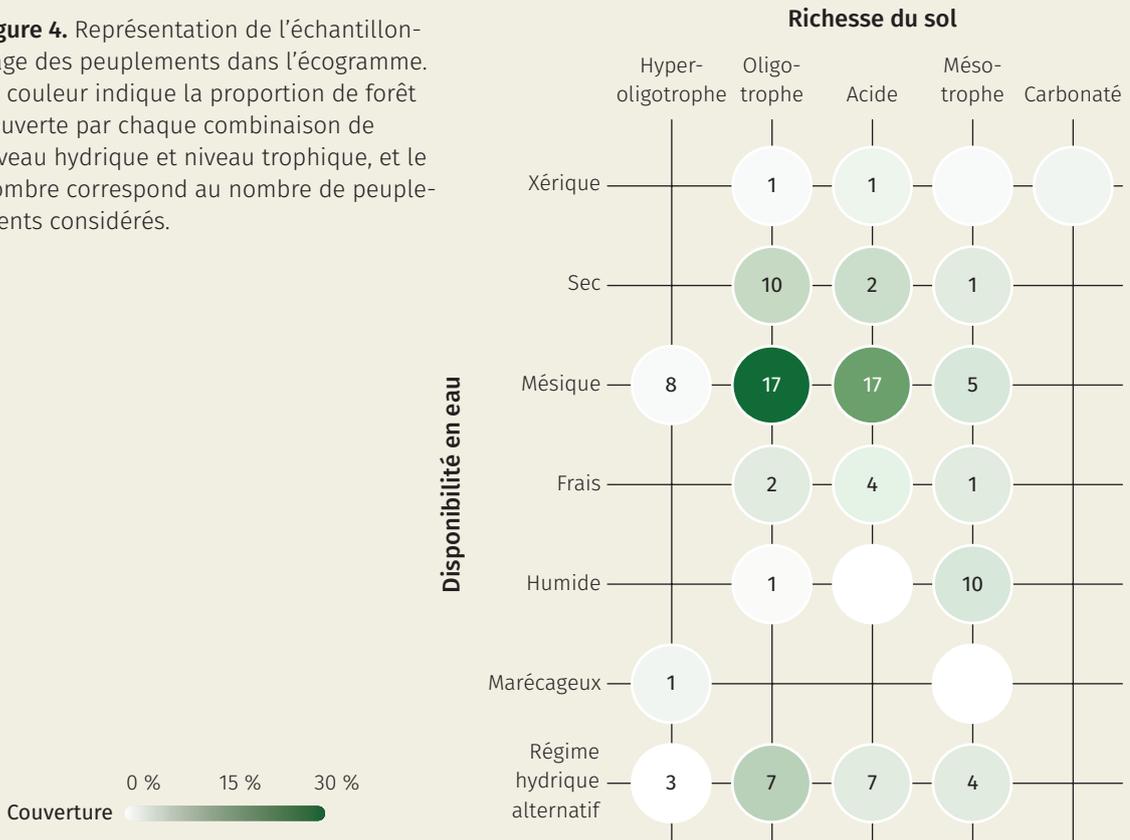


Figure 4. Représentation de l'échantillonnage des peuplements dans l'écogramme. La couleur indique la proportion de forêt couverte par chaque combinaison de niveau hydrique et niveau trophique, et le nombre correspond au nombre de peuplements considérés.



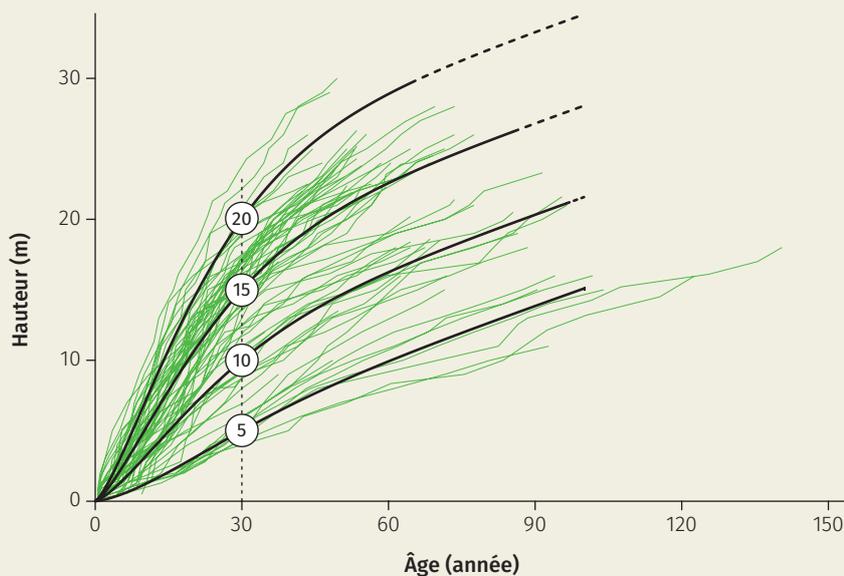


Figure 5. Courbes de productivité du bouleau illustrant des classes de productivité de 5, 10, 15 et 20 mètres à un âge de référence de 30 ans. Ces courbes sont superposées aux trajectoires de croissance en hauteur dominante (lignes vertes) de soixante-huit bouleaux provenant de quarante peuplements répartis en Wallonie. Les parties en pointillés des courbes indiquent des extrapolations.

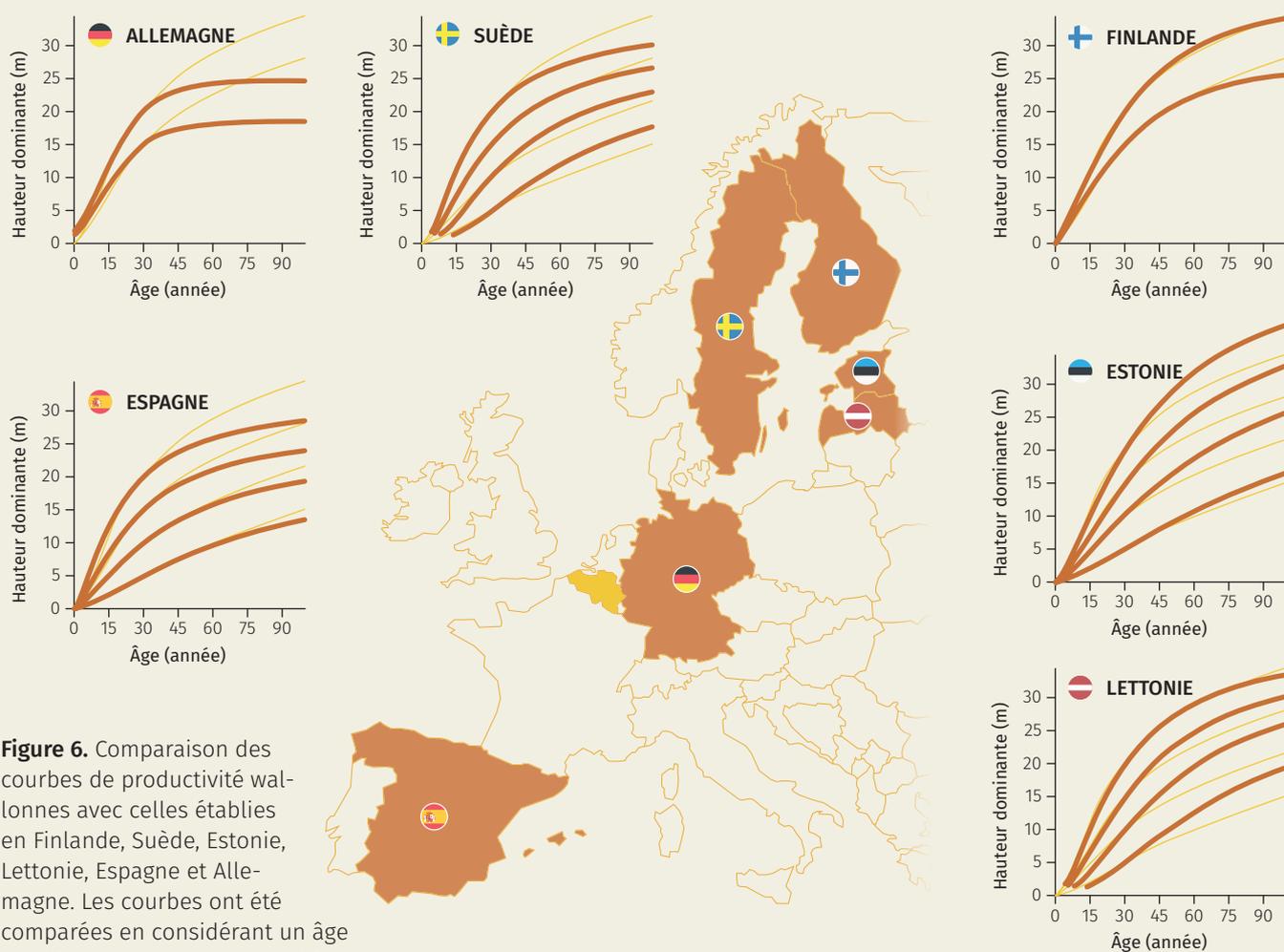


Figure 6. Comparaison des courbes de productivité wallonnes avec celles établies en Finlande, Suède, Estonie, Lettonie, Espagne et Allemagne. Les courbes ont été comparées en considérant un âge de référence de 30 ans. Les différences observées dans les schémas de croissance entre les pays peuvent s'expliquer de plusieurs manières : la source des données utilisées pour établir les trajectoires de croissance (analyses de tiges ou placettes permanentes), l'échantillonnage (notamment la gamme d'âges couverte), les modèles testés et l'espèce étudiée (bouleau verruqueux, bouleau pubescent ou une combinaison des deux sans distinction).

Sources : Suède, Eriksson et al. (1997) ; Allemagne, Hein et al. (2009) ; Espagne, Diéguez-Aranda et al. (2006) ; Finlande, Lee et al. (2024) ; Estonie, Kiviste et al. (2022) ; Lettonie, Donis (2022).

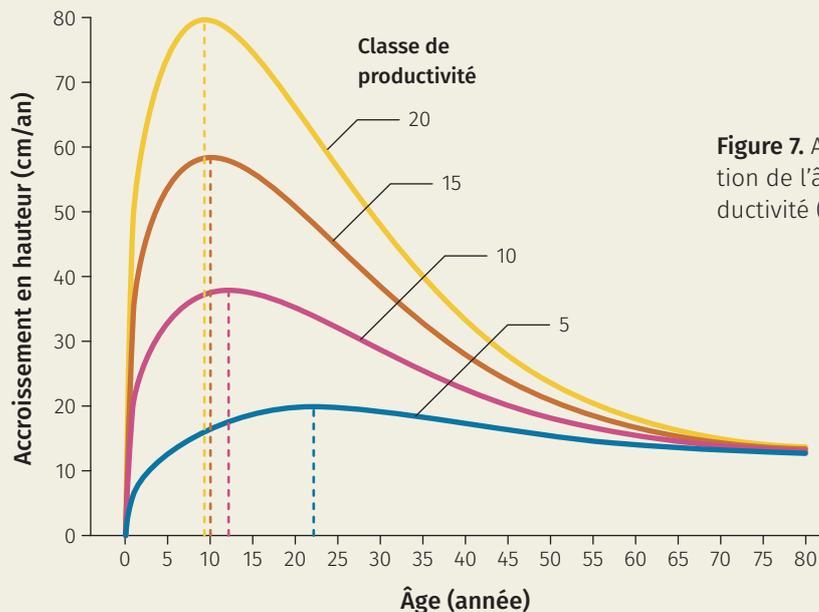


Figure 7. Accroissement en hauteur en fonction de l'âge pour chaque classe de productivité (5, 10, 15 et 20 mètres à 30 ans).

Encart 1. Estimer la productivité d'une boulaie en pratique

$$IP = \left(a * (Age_{ref} - Age) + \frac{H_{dom}}{1 - \exp\left(-\left(\frac{Age}{c}\right)^d\right)} \right) * \left(1 - \exp\left(-\left(\frac{Age_{ref}}{c}\right)^d\right) \right)$$

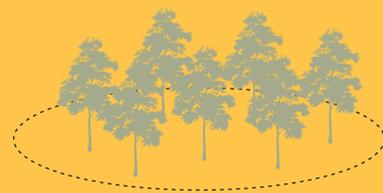
où :

- **IP** correspond à l'indice de productivité, soit la hauteur dominante à 30 ans
- **Age_{ref}** correspond à l'âge de référence fixé à 30 ans
- **Age** correspond à l'âge du peuplement
- **H_{DOM}** correspond à la hauteur dominante du peuplement
- **a, c et d** sont les paramètres fixes du modèle

avec

- **a** = 0,123
- **c** = 22,37
- **d** = 1,319

Encart 2. Exemple illustré : quelle est la productivité de ma boulaie ?



Surface du peuplement (S) : 0,1 hectare

Mesure H_{DOM} sur les 100 x S plus gros arbres = 100 x 0,1 = 10 plus gros arbres

H_{DOM} = (H1 + ... + H10)/10 = 15 mètres

Âge du peuplement = 20 ans

IP = 20,95 mètres à 30 ans
(= classe de productivité 1)

L'outil « H50, estimateur d'indice de productivité », disponible en ligne*, permet d'évaluer la productivité de son peuplement en renseignant la hauteur dominante et l'âge du peuplement.

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

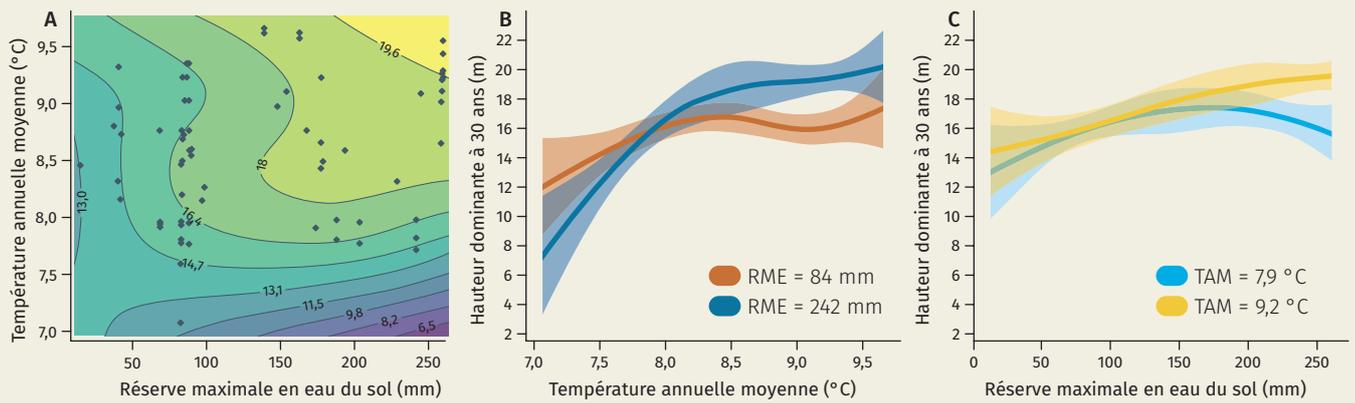


Figure 8. Facteurs influençant l'indice de productivité (ici : hauteur dominante à 30 ans) du bouleau en Wallonie. (A) Effet de l'interaction entre la température annuelle moyenne (TAM en °C) et la réserve maximale en eau du sol (RME en mm) ; les points noirs correspondent aux observations. (B) Effet de la température annuelle moyenne sur l'indice de productivité pour un niveau faible de réserve en eau (84 mm, en orange) et un niveau élevé (242 mm, en bleu). (C) Effet de la réserve en eau sur l'indice de productivité pour une température annuelle moyenne de 7,9 °C (en bleu) et une température annuelle moyenne de 9,2 °C (en jaune). Les rubans colorés dans les figures B et C correspondent à l'intervalle de confiance autour de la prédiction.

L'effet positif de la température sur l'IP dépend de la réserve maximale en eau du sol. Lorsque cette réserve est inférieure à 100 mm, l'impact de la température sur l'indice de productivité reste limité (figure 8A). Lorsque la réserve en eau est faible (84 mm^F), une augmentation de la température annuelle moyenne entraîne une légère hausse de l'IP. En revanche, lorsque la réserve en eau est grande (242 mm^G), cette hausse est beaucoup plus marquée (figure 8B). L'effet positif de la température tient dans le fait qu'un climat plus chaud peut allonger la saison de végétation et donc être bénéfique à la croissance.

Au-delà de 8 °C en température moyenne annuelle, l'augmentation de l'IP ralentit pour un niveau élevé de réserve en eau du sol. En revanche, pour un sol possédant une faible réserve en eau, l'IP tend à légèrement diminuer à partir de ce seuil de température. En dessous de 8 °C, l'IP augmente d'environ 10 mètres par degré pour un sol possédant une bonne réserve en eau, mais seulement de 5 mètres par degré pour un sol dont la réserve en eau est faible (figure 8B). En effet, après un certain seuil, la température cesse d'être un facteur limitant pour la croissance et peut éventuellement mener à un stress hydrique, à une

augmentation de l'évapotranspiration et à un arrêt de l'activité photosynthétique. Toutefois, la gamme de température liée à notre échantillonnage n'était pas suffisante pour observer un effet négatif de la température sur l'indice de productivité.

L'augmentation de la réserve en eau du sol a un effet positif sur l'IP, particulièrement à partir de 8 °C en température annuelle moyenne (figure 8A). Cependant, pour une température annuelle moyenne faible (7,95 °C), lorsque la réserve en eau dépasse 200 mm, l'IP tend à diminuer (figure 8C). Ce cas de figure correspond notamment aux tourbières de Haute Ardenne, où l'excès d'eau provoque une carence en oxygène (hypoxie racinaire), qui a des effets néfastes sur la croissance des arbres.

Variabilité de l'indice de productivité du bouleau verruqueux en Wallonie

Le modèle géocentrique, constitué de l'interaction entre la température annuelle moyenne et la réserve en eau du sol, a ensuite servi à élaborer une carte montrant la variation de l'indice de productivité du bouleau verruqueux en Wallonie.

La meilleure classe de productivité (20 mètres à 30 ans) se retrouve principalement dans le Nord et l'extrémité Sud de la Wallonie. Cela s'explique par des températures plus élevées, prolongeant la saison de végétation et favorisant ainsi la croissance. De plus, ces régions bénéficient généralement d'une meilleure réserve en eau, grâce à des sols profonds.

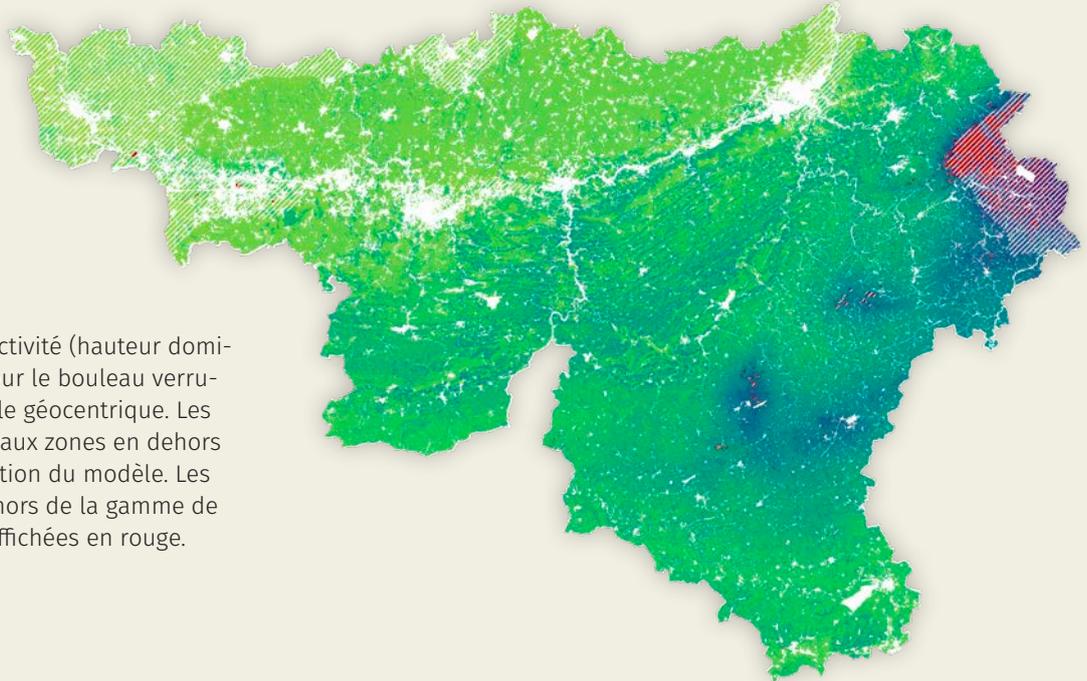
^F Valeur correspondant au premier quartile, c'est-à-dire que 25 % des données ont une valeur de réserve maximale en eau inférieure à 84 mm.

^G Valeur correspondant au troisième quartile, c'est-à-dire que 75 % des données ont une valeur de réserve maximale en eau inférieure à 242 mm.

Indice de productivité (m)



Figure 9. Indice de productivité (hauteur dominante à 30 ans) prédit pour le bouleau verruqueux sur base du modèle géocentrique. Les hachures correspondent aux zones en dehors du domaine de la calibration du modèle. Les prédictions de l'IP en dehors de la gamme de valeurs observées sont affichées en rouge.



Augmentation relative
de l'indice de productivité (%)

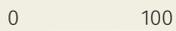
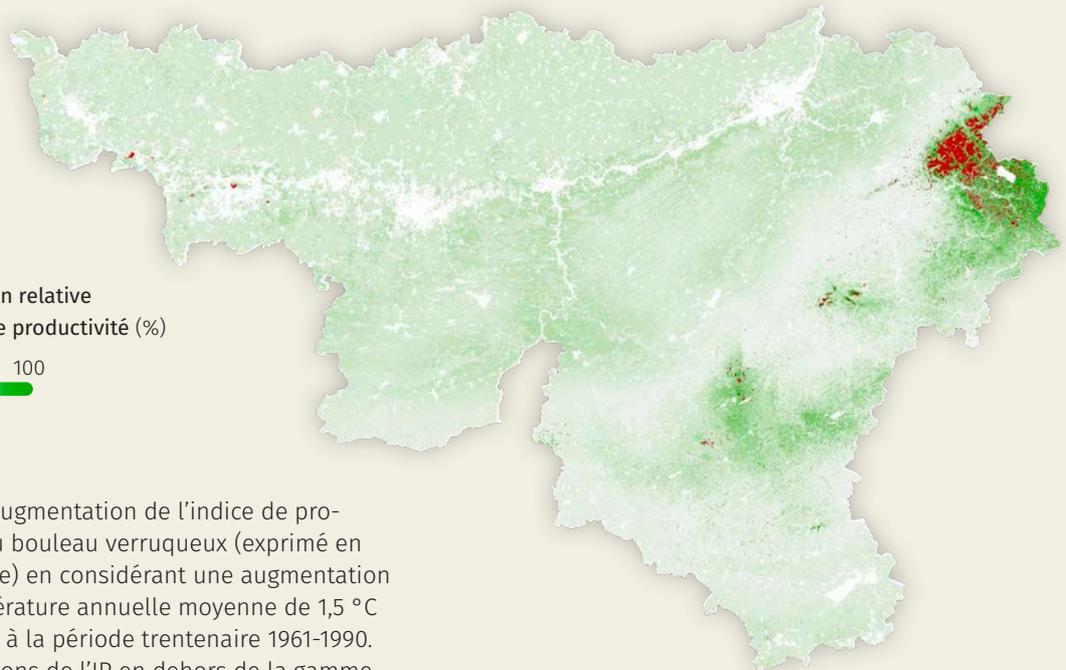


Figure 10. Augmentation de l'indice de productivité du bouleau verruqueux (exprimé en pourcentage) en considérant une augmentation de la température annuelle moyenne de 1,5 °C par rapport à la période trentenaire 1961-1990. Les prédictions de l'IP en dehors de la gamme de valeurs observées sont affichées en rouge.



Encart 3. Conditions d'application des modèles phytocentrique et géocentrique

Modèle phytocentrique

- Valable pour les deux espèces de bouleau (*Betula pendula* et *Betula pubescens*)
- Valable pour les peuplements purs équiennes
- Valable pour des peuplements issus de régénération naturelle
- Utilisation déconseillée en dehors de l'Europe de l'Ouest (variations dans le pattern de croissance, figure 6)
- Compatible avec une sylviculture d'arbres-objectifs
- Modèle valide pour des peuplements âgés entre 20 et 60 ans

Modèle géocentrique

- Valable pour le bouleau verruqueux (*Betula pendula*)
- Valable pour les peuplements purs équiennes
- Valable pour des peuplements issus de régénération naturelle
- Valable pour la Wallonie
- Prédications de l'indice de productivité incertaines dans le Nord-Ouest et à l'Est de la Wallonie (parties hachurées dans la figure 9)
- Valable pour des températures annuelles moyennes entre 7,5 °C et 9,5 °C et des valeurs de réserve en eau du sol supérieures à 50 mm

Une productivité intermédiaire (15 mètres à 30 ans) est observée en moyenne Ardenne, où la température annuelle, plus basse, constitue un facteur limitant pour la croissance.

Les valeurs de productivité les plus faibles (5-10 mètres à 30 ans) sont observées sur les sols superficiels de la Fagne-Famenne, où la faible réserve en eau limite la croissance des arbres. Elles sont également observées en Haute Ardenne, où le climat plus froid et les sols engorgés, typiques des zones tourbeuses, freinent le développement du bouleau verruqueux.

Certaines zones (hachurées sur la figure 9) sont en dehors du domaine de calibration du modèle, notamment les régions les plus chaudes (Nord-Ouest de la Wallonie) et les plus froides (Est de la Wallonie), représentant 13 % du territoire.

La carte de productivité confirme la grande tolérance écologique du bouleau verruqueux, capable de s'adapter à une large gamme de conditions. Toutefois, son potentiel de productivité varie considérablement : il peut être très faible dans des milieux contraignants comme les tourbières de Haute Ardenne (5 mètres à 30 ans) ou, à l'inverse, exceptionnellement élevé en plaine (25 mètres à 30 ans). Ces différences doivent être prises en compte pour orienter efficacement la gestion sylvicole des peuplements.

Quelle sera la productivité du bouleau demain ?

En considérant une augmentation de 1,5 °C de la température annuelle moyenne par rapport à la période de référence 1961-1990, on cherche à estimer la pro-

ductivité future du bouleau dans 30 ans. Par rapport à la période de référence, la productivité du bouleau devrait augmenter, et ce, de manière plus marquée en Haute Ardenne, où la température constitue actuellement le principal facteur limitant pour la croissance (figure 10). Dans notre approche géocentrique, le climat est lissé sur une période trentenaire. Cela ne permet donc pas d'évaluer l'effet d'événements climatiques extrêmes, comme des sécheresses intenses, sur la croissance. Ce modèle, bien que facile à construire, reste simpliste à certains égards, car il ne prend pas en compte des mécanismes tels que l'adaptation locale ou la plasticité phénotypique. Pour caractériser plus finement la réponse du bouleau verruqueux aux événements climatiques extrêmes, une étude dendroécologique est en cours à l'échelle de la Wallonie et, plus largement, à l'échelle de l'Europe.

Perspectives

L'impact des événements climatiques extrêmes sur la croissance radiale du bouleau sera caractérisée avec une approche dendroécologique, semblable à ce qui a été fait pour le hêtre et le tilleul à petites feuilles en Wallonie. Des dendromètres automatiques de précision et des caméras time-lapse ont été installées afin de suivre la croissance et la phénologie des feuilles de bouleaux en situation topographique contrastée en termes de disponibilité en eau. Cela permettra de mieux caractériser la phénologie de la croissance et des feuilles du bouleau, et de faire le lien entre les deux. Ce dispositif permettra également d'étudier l'impact des sécheresses sur la croissance intra-annuelle du bouleau. ■

POINTS-CLEFS

- ▶ Des courbes de productivité du bouleau ont été établies à partir d'analyses de tige réalisées à partir de 68 arbres issus de 40 peuplements aux conditions stationnelles variées en Wallonie.
- ▶ Une équation a été mise au point pour estimer la productivité d'un site en fonction de la hauteur dominante et de l'âge du peuplement.
- ▶ La température annuelle moyenne et la réserve en eau du sol sont les deux principaux facteurs influençant conjointement la croissance du bouleau verruqueux.
- ▶ L'augmentation des températures favorise la productivité, mais cet effet est limité lorsque la disponibilité en eau du sol est faible.
- ▶ Une carte prédictive a été produite pour illustrer la variabilité de l'indice de productivité du bouleau en Wallonie.
- ▶ Dans les prochaines décennies, et sans considérer l'effet des événements climatiques extrêmes, la productivité pourrait augmenter, et ce, de manière plus marquée en Haute Ardenne.
- ▶ Les zones pouvant présenter un risque sont celles où la réserve en eau est fortement limitée et la température déjà élevée.

Bibliographie

- ¹ Arthur G., Lisein J., Cansell J., Latte N., Piedallu C., Claessens H. (2024). Spatial and remote sensing monitoring shows the end of the bark beetle outbreak on Belgian and north-eastern France Norway spruce (*Picea abies*) stands. *Environmental Monitoring and Assessment* 196 : 226. 
- ² Dubois H., Claessens H., Ligot G. (2021). Towards silviculture guidelines to produce large-sized silver birch (*Betula pendula* Roth) logs in Western Europe. *Forests* 12(5) : 599. 
- ³ Jonczak J., Jankiewicz U., Kondras M. et al. (2020). The influence of birch trees (*Betula* spp.) on soil environment – A review. *Forest Ecology and Management* 477 : 118486.
- ⁴ Latte N., Perin J., Kint V., Lebourgeois F., Claessens H. (2016). Major changes in growth rate and growth variability of beech (*Fagus sylvatica* L.) related to soil alteration and climate change in Belgium. *Forests* 2016-7 : 174. 
- ⁵ Ridremont F., Lejeune P., Claessens H. (2011). Méthode pragmatique d'évaluation de la réserve en eau des stations forestières et cartographie à l'échelle régionale (Wallonie, Belgique). *BASE* 15(S2) : 727-741. 

- ⁶ Skovsgaard J.P., Vanclay J.K. (2008). Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. *Forestry* 81(1) : 13-31. 
- ⁷ Spittlehouse D.L., Stewart R.B. (2003). Adaptation to climate change in forest management. *Journal of Ecosystem & Management* 4(1) : 1. 
- ⁸ Stark H., Nothdurft A., Block J., Bauhus J. (2015). Forest restoration with *Betula* ssp. and *Populus* ssp. nurse crops increases productivity and soil fertility. *Forest Ecology and Management* 339 : 57-70.
- ⁹ Wilhelm G.J., Rieger H. (2023). *QD : une autre gestion de la forêt basée sur la qualité, les cycles naturels et à moindre coût - 2^e édition*. Éd. CNPF-IDF, Forêt.Nature, 212 p.
- ¹⁰ Dubois H., Layon J., Claessens H. (2023). *Sylviculture du bouleau, l'essence montante de l'Europe occidentale*. Éd. Forêt.Nature, 144 p.

Cette étude a bénéficié du financement du Plan quinquennal de recherches et vulgarisation forestières (SPW ARNE) et d'une bourse de doctorat F.R.S-FNRS. Nous tenons à remercier Allan Borremans, Boris Lemaigre, Benoît Mackels et Romaric Daffe pour leur travail sur le terrain ainsi que la préparation des rondelles de bois (abattage, prélèvement et préparation des rondelles, indication des limites de cernes), le Département de la Nature et des Forêts et enfin, les propriétaires privés ayant mis à disposition les bouleaux nécessaires à cette étude.

Crédit photo. Danimages/Adobe Stock (p. 27).

Lorna Zeoli

Lorna.Zeoli@uliege.be

Mathilde Pau

Hugues Claessens

Tom De Mil

Aurélien Forler

Gauthier Ligot

Forest Is Life, Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège)
terra.uliege.be

fnls
LA LIBERTÉ DE CHERCHER



RECHERCHES ET VULGARISATION FORESTIÈRES

