



Analyse de l'influence du changement climatique sur la croissance du hêtre en Forêt Soignes

Rapport final

Convention IBGE - 2014E0204

Décembre 2015

Recherches financées par :





Analyse de l'influence du changement climatique sur la croissance du hêtre en Forêt Soignes

Rapport final

Décembre 2015

Réalisation : Ir Nicolas Latte

Appui scientifique : Prof. Hugues Claessens

Table des matières

Introduction	3
Contexte	3
Méthodologie et objectifs	3
Résultats et livrables	4
Références	4
Annexe : article de vulgarisation	4

Introduction

Ce rapport présente les résultats des activités de recherche menées à Gembloux Agro-Bio Tech (ULg) dans le cadre de la convention IBGE - 2014E0204. Les recherches ont été menées par M. Nicolas Latte, engagé sur la convention du 1^{er} février au 30 avril 2015 sous la responsabilité scientifique de M. Hugues Claessens.

Contexte

La forêt de Soignes est l'une des plus belles et des plus productives forêts d'Europe. De par sa spécificité, composée de hautes futaies de hêtre (plus de 40m de haut) au sous bois dégagé, elle est communément appelée « forêt cathédrale ». Pourtant, au cours de ces dernières décennies, des problèmes sanitaires de plus en plus marqués ont été observés sur de nombreux peuplements. Ils sont le signe d'un changement, d'un déséquilibre qui a plusieurs origines (Claessens et al. 2012).

Méthodologie et objectifs

La convention de recherche avait pour objectifs d'approfondir les connaissances sur le hêtre de la forêt de Soignes par le biais de la dendroécologie, contraction des termes dendrochronologie et écologie, selon la méthode développée au sein de l'Accord-Cadre de Recherche et Vulgarisation Forestières (Latte et al. 2012). Et plus particulièrement de répondre aux questions suivantes :

- La sensibilité au climat de la croissance des hêtraies en Soignes est-elle étroitement liée à l'âge?
- Des paramètres spécifiques à la Forêt de Soignes (nature du sol, sylviculture, historique du peuplement, etc.) pourraient-ils expliquer l'augmentation de la sensibilité au cours du temps?
- Les hêtraies de Soignes sont-elles différentes des autres hêtraies de Belgique?

Pour répondre à ces questions et fournir des éléments concrets à l'élaboration du nouveau plan de gestion de la Forêt de Soignes, un important jeu de données dendrochronologiques comprenant l'accroissement annuel (largeur de cerne) de 286 arbres a été constitué. Il regroupe les données de plusieurs recherches (KUL, ULB et ULg – Gembloux Agro-Bio Tech) et couvre le gradient écologique du hêtre en Belgique allant des plaines à l'Ardenne. De plus, afin de veiller à la bonne représentativité des âges au sein du jeu de données concernant la forêt de Soignes, trois nouveaux sites ont été installés entre 2014 et 2015 (57, 87 et 122 ans ; 10 arbres par site).

Les 286 arbres ont été répartis en trois groupes distincts (Figure 1, Tableau 1) : (1) zone atlantique : plaine à l'exception de Soignes, (2) zone atlantique : Soignes et (3) zone submontagnarde : Ardenne et Ardenne condruzienne, afin de pouvoir les comparer. De plus, les données climatiques de la station météorologique d'Uccle, disponibles pour la période 1880-2013, ont été utilisées pour mettre en évidence les paramètres climatiques qui influencent le plus l'accroissement du hêtre de Soignes

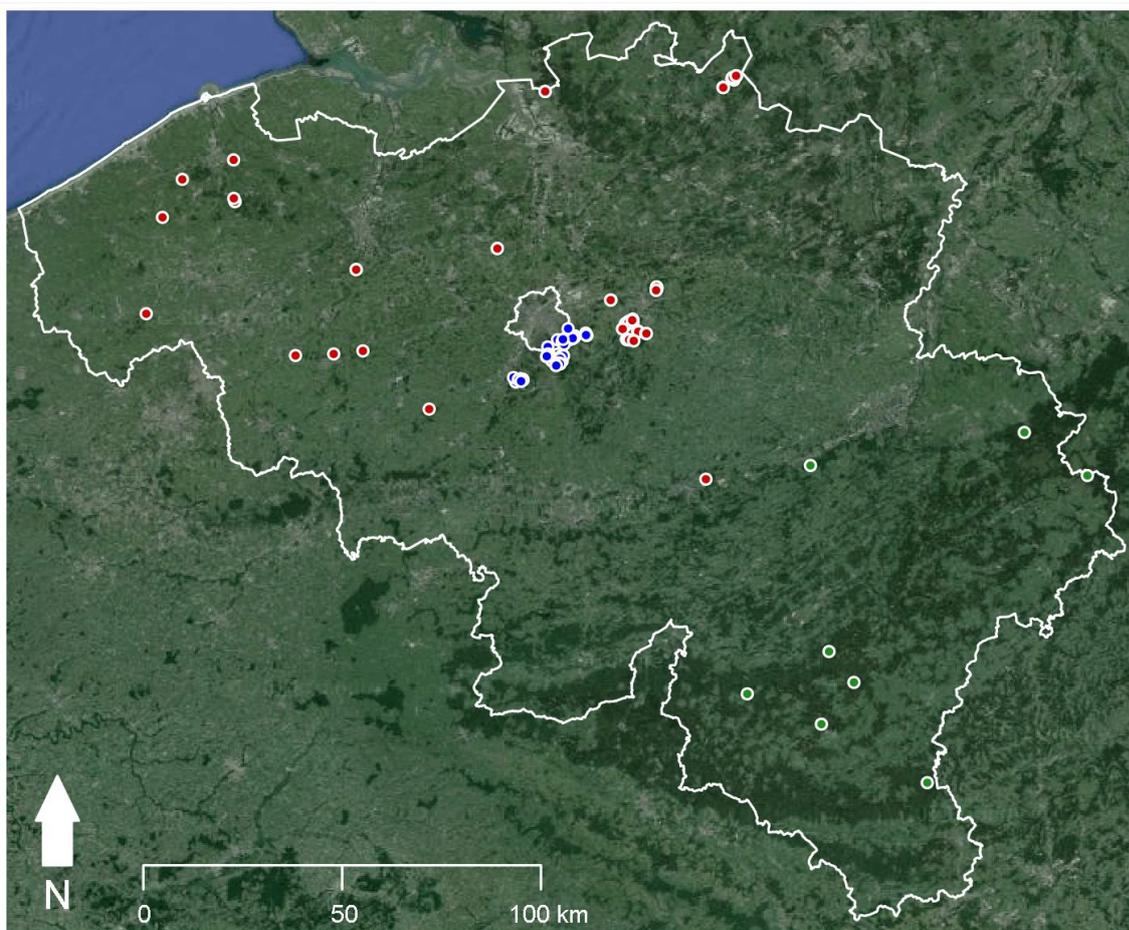


Figure 1. Carte des sites. En vert, les sites submontagnards. En rouge, les sites de plaine (hors Soignes). En bleu, les sites de Soignes.

Tableau 1. Synthèse du jeu de données.

Groupe	Université	Lieu	Nombre d'arbres	Age moyen (en 2008)	Age minimal	Age maximal	Dernière année
Submontagnard	ULg	Hestreux	10	128	116	132	2011
Submontagnard	ULg	Martelange	11	203	175	212	2011
Submontagnard	ULg	Nassogne	8	94	92	95	2012
Submontagnard	ULg	Porcheresse	10	186	150	206	2011
Submontagnard	ULg	Recogne	13	176	162	188	2011
Submontagnard	ULg	Rocherath	12	133	109	153	2011
Submontagnard	ULg	Saint-Michel	10	120	98	154	2011
Submontagnard	ULg	Tihange	13	102	87	124	2011
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Bertembos	2	144	118	171	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Bruinbos	2	83	83	83	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Buggenhoutbos	2	136	130	141	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Bulskampveld	3	103	100	108	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Chartreuzebos	5	94	83	105	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Heverleebos	14	84	53	153	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Kluisbos	1	88	88	88	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Meerdaalwoud	15	129	58	186	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Muziekbos	1	109	109	109	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Polygoonbos	1	89	89	89	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Ravels	13	80	59	92	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Ravenhof	2	86	85	87	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Rijckeveld	1	82	82	82	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Vloethemveld	1	73	73	73	2008
Atlantique: Hors Soignes	KU Leuven	Wijnendaele	1	105	105	105	2008
Atlantique: Hors Soignes	ULg	Enghien	13	96	78	120	2011
Atlantique: Hors Soignes	ULg	Flobecq	9	92	86	104	2011
Atlantique: Hors Soignes	ULg	Marche-Les-Dames	14	125	116	137	2011
Atlantique: Soignes	KU Leuven	Hallerbos	15	72	63	79	2008
Atlantique: Soignes	KU Leuven	Ici et là	25	134	93	174	2008
Atlantique: Soignes	ULB	Demi-heure	6	47	41	52	1999
Atlantique: Soignes	ULB	Diependelle	5	150	150	150	1997
Atlantique: Soignes	ULB	Mésanges	5	148	148	148	1994
Atlantique: Soignes	ULg	Tambour	10	52	36	68	2013
Atlantique: Soignes	ULg	Tambour	10	82	78	84	2013
Atlantique: Soignes	ULg	Deux montagnes	10	117	112	120	2013
Atlantique: Soignes	ULg	Willerieken	13	160	150	166	2011

Résultats et livrables

L'analyse a été réalisée avec la collaboration de Vincent Kint (KUL), Thomas Drouet et Valérie Pennickx (ULB). Les résultats ont été synthétisés sous la forme d'un article de vulgarisation intitulé « Dendroécologie du hêtre en forêt de Soignes : Les cernes des arbres nous renseignent sur les changements récents et futurs » qui est a été publié dans la revue Forêt.Nature (<http://www.foretwallonne.be>, quatrième numéro de l'année 2015 disponible en annexe. Il est à noter qu'un article scientifique sur la même thématique est en cours de rédaction dans le cadre du doctorat de recherche de N. Latte.

Tendance générale de la croissance des hêtres au cours du 20^{ème} siècle

Puisque, pour un arbre donné, l'accroissement diminue naturellement avec l'âge, une difficulté majeure apparaît lorsque l'on souhaite isoler et caractériser les effets des changements environnementaux dans le temps. Dans ce cas, l'accroissement peut être transformé par une technique particulière (Regional Curve Standardisation : RCS) qui a pour finalité de créer une courbe régionale représentant l'accroissement de l'arbre moyen ayant un âge constant durant toute la période de temps considérée (1900-2008). Pour chaque groupe, cet accroissement moyen est ensuite exprimé en pourcentage de la situation moyenne en 1900, de manière à pouvoir comparer les tendances des trois groupes (Figure 2).

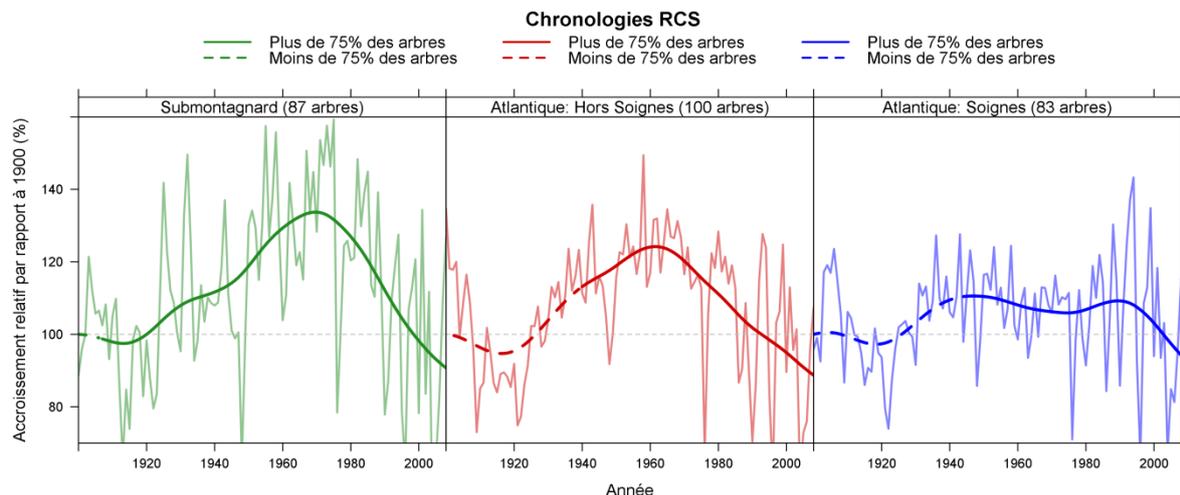


Figure 2. Tendance générale de la croissance radiale des hêtres de 1900 à 2008. La courbe de tendance est représentée en pointillés lorsqu'elle se base sur moins de 75 % des données.

Pour les trois groupes, on observe une phase d'augmentation de croissance à partir des années 1930-40 suivie d'une phase de diminution à partir des années 1970-80. A l'échelle de l'Europe, la phase d'augmentation a été attribuée à l'effet positif du réchauffement climatique (allongement de la période de végétation) combiné aux retombées atmosphériques azotées et à une sylviculture de plus en plus dynamique. La phase de diminution n'a été mise en évidence que récemment (fin des années 2000) et nous allons démontrer qu'elle résulte largement des vagues de chaleur et des épisodes de sécheresse devenus plus fréquents et intenses (Latte et al. 2015a). En Ardenne, la croissance est désormais inférieure à ce qu'elle était au début du vingtième siècle et on devine que celle des deux autres groupes le deviendra aussi dans un futur proche. L'augmentation de la croissance au milieu du vingtième siècle est nettement plus faible en forêt de Soignes. On peut raisonnablement attribuer cette différence au contexte particulier en Soignes. Les forestiers y ont maintenu les peuplements très denses, de telle sorte que les arbres ont eu moins de liberté, qu'ailleurs, pour exprimer ces changements. Il n'est pas exclu que le fragipan du sol ait aussi limité le gain de croissance.

Variabilité interannuelle de la croissance des hêtres

Les courbes RCS permettent de caractériser les changements à moyen et long termes mais ne nous renseignent pas sur la variation interannuelle de l'accroissement (signal haute-fréquence) essentiellement guidée par le climat (qui varie constamment d'une année à l'autre). Au départ des indices de cerne, qui font abstraction du moyen et long terme, l'approche des "années caractéristiques" a permis de mettre en évidence les années pour lesquels l'accroissement a été remarquable pour une majorité des arbres considérés ($\geq 50\%$). Une année caractéristique est négative si l'accroissement est particulièrement faible et positive s'il est particulièrement fort.

Pour Soignes, nous avons identifié 1936, 1958 et 1988 en positives, et 1922, 1948, 1976, 1986, 1990, 1996 et 2004 en négatives (Figure 3). Ces dernières sont toutes en lien direct avec un climat exceptionnel lors de l'année en cours et/ou de l'année précédente (canicule, sécheresse, tempête ; IRM 2000) et sont largement concentrées dans le derniers tiers de la période 1900-2008 qui coïncide avec la phase de diminution de croissance (Figure 2). Le signal est identique quelles que soient les classes d'âge considérées. Ces observations concordent fortement avec celles des autres régions (Figure 3). En comparant les indices de cernes des 3 groupes, on remarque aussi que, depuis la fin des années 1980, la variabilité interannuelle s'est fortement synchronisée à l'échelle de la Belgique sous l'effet de la concentration des années caractéristiques.

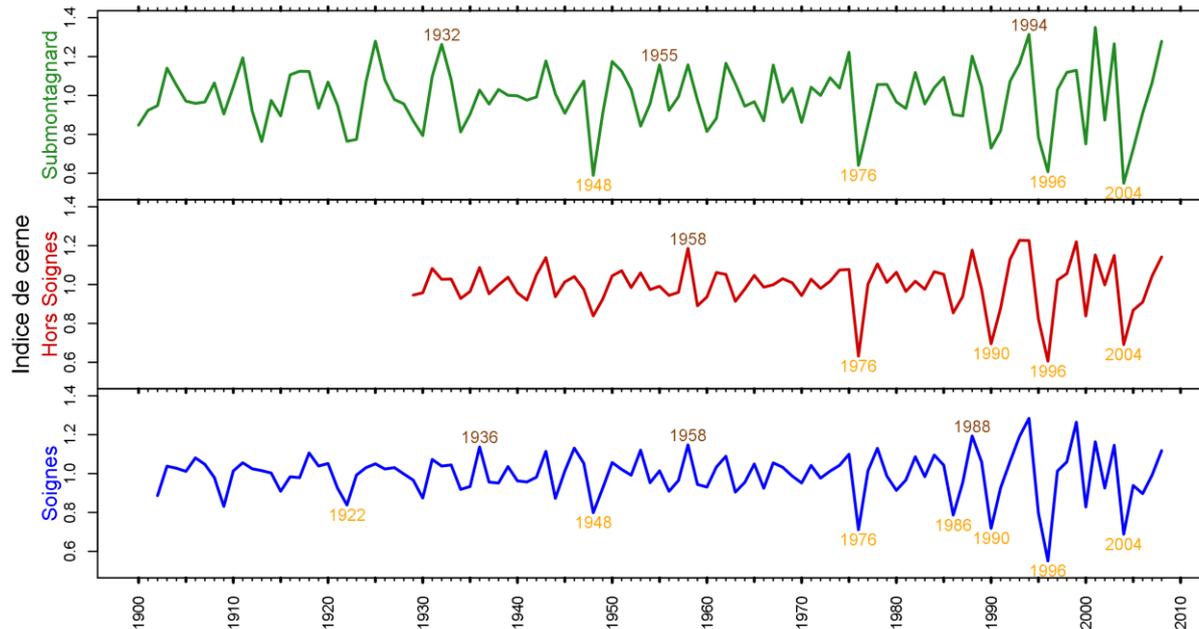


Figure 3. Indices de cerne et années caractéristiques pour les hêtraies d'Ardenne, de plaine et de Soignes.

La variation interannuelle peut aussi être étudiée par l'intermédiaire de la sensibilité moyenne, qui mesure le taux de variation entre deux accroissements consécutifs. Cette sensibilité a été calculée au départ des indices de cerne, afin de maximiser l'expression du signal climatique, sur une fenêtre mobile de 30 ans pour chaque arbre. Afin de dissocier les effets de l'âge et du changement climatique sur la sensibilité, nous avons sous-échantillonné le jeu de données. L'effet de l'âge a été mis en évidence à partir d'un sous-échantillon basé sur la période de temps 1976-2013, et l'effet du changement climatique a été mis en évidence à partir d'un sous-échantillon basé sur la classe d'âge 90-120 ans. Ces deux périodes ont été définies de manière à englober le plus grand nombre d'arbres possible tout en étant représentatif de la variabilité au sein des trois groupes.

Pour les trois groupes, la sensibilité des arbres augmente avec l'âge (Figure 4). En Ardenne, la sensibilité culmine vers 150 ans et diminue par après. L'augmentation de la sensibilité avec l'âge est un phénomène connu. Par contre, la diminution de la sensibilité des plus vieux arbres peut être associée à une perte de vitalité qui se traduirait par un accroissement moins réactif pendant et après un épisode stressant. En plaine, cette hypothèse peut sans doute s'appliquer, même s'il manque d'arbres pour le vérifier.

Pour les hêtraies de plaine, et a fortiori de Soignes, la sensibilité des arbres adultes (90-120 ans) a très fortement augmenté depuis le milieu du 21^{ème} siècle (Figure 5). Par contre en Ardenne, la sensibilité plus élevée dès le départ est restée relativement stable.

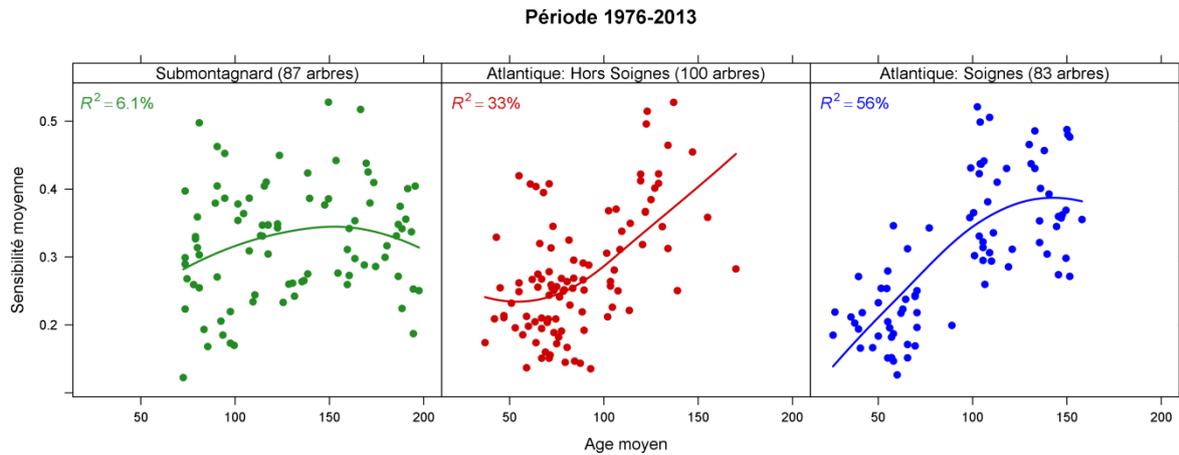


Figure 4. Evolution de la sensibilité des arbres en fonction de leur âge (période 1976-2013). Chaque symbole correspond à une ligne du tableau 1.

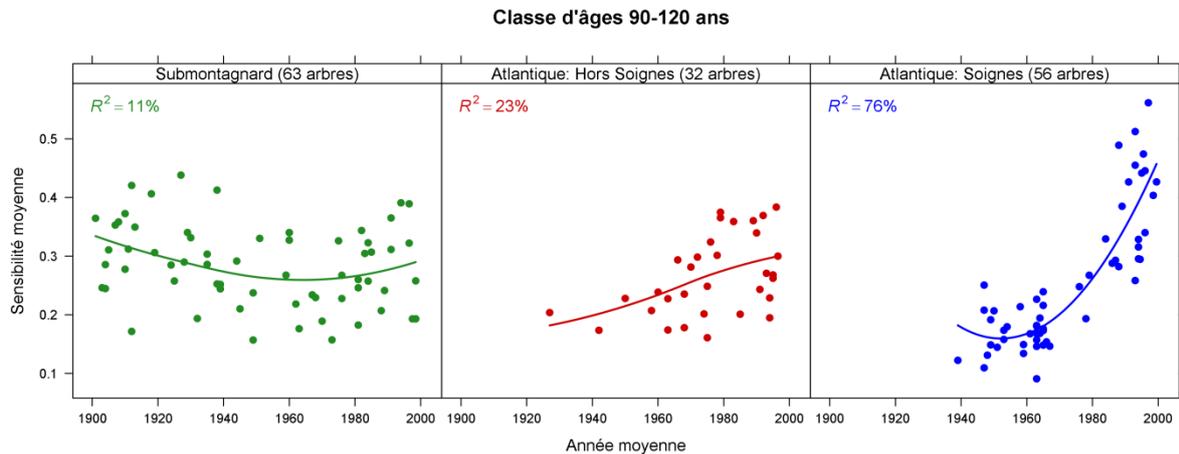


Figure 5. Evolution de la sensibilité moyenne des arbres adultes (90 - 120 ans) au cours du vingtième siècle. Chaque symbole correspond à une ligne du tableau 1.

Une approche par modélisation permet de distinguer l'effet de l'âge et de celui des changements environnementaux au départ de l'ensemble du jeu de données et pour les trois groupes (Figure 6). Ces modèles montrent qu'en forêt de Soignes, l'augmentation de la sensibilité due au vieillissement est inférieure à celle causée par les changements environnementaux.

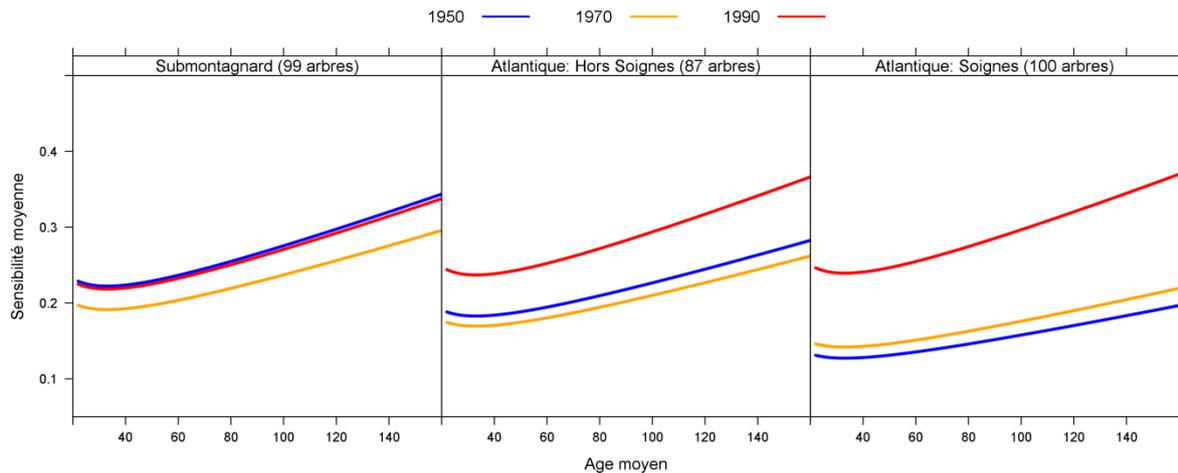


Figure 6. Illustration par modélisation des effets combinés de l'âge et des changements environnementaux sur la sensibilité moyenne.

Impact du climat sur l'accroissement annuel

Les données météorologiques de la station de Uccle, précipitation, températures minimale et maximales, disponibles depuis 1880, ont permis d'identifier les paramètres climatiques qui expliquent le mieux les indices de cerne des arbres de la forêt de Soignes. On a pu constater que le pouvoir prédictif du climat a fortement augmenté au cours du 20^{ème} siècle.

Globalement, avant 1976, l'accroissement a été essentiellement influencé par le climat de l'année en cours, en particulier par le manque d'eau au printemps et l'excès de chaleur en juin. Après 1976, l'impact de ces paramètres climatiques a fortement augmenté, et celui des canicules durant l'été de l'année précédente est devenu prépondérant. C'est aussi à partir de 1976 que la fréquence et l'intensité des années caractéristiques négatives a augmenté (Figure 3) et que la croissance a diminué (Figure 2).

Les précipitations printanières (de mars à mai) soutiennent l'humidité du sol et de l'air, favorisant la croissance à un moment crucial. En effet, jusqu'à 80% de l'accroissement annuel du hêtre est réalisé entre avril et juin. L'effet négatif des canicules en été (cumul des températures supérieures à 25°C en juillet et août) s'exprime l'année suivante. Durant l'été, lorsque la croissance faiblit, les arbres commencent à accumuler les réserves. En cas de stress marqué, le manque de réserves, utilisées pour le débourrement et l'expansion des feuilles, pénalise l'accroissement au printemps suivant. De plus, il a été montré que les fortes chaleurs en été peuvent induire les faînéés ; la production de fruit accentuant d'avantage l'épuisement des réserves.

Pour la période 1976-2013, les précipitations printanières et les canicules en été de l'année précédente expliquent à elles seules presque un tiers de la variation de l'indice de cerne (Figure 7) et jusqu'à 50% pour la période 1990-2013.

Période 1976-2013 ($R^2=30,8\%$)

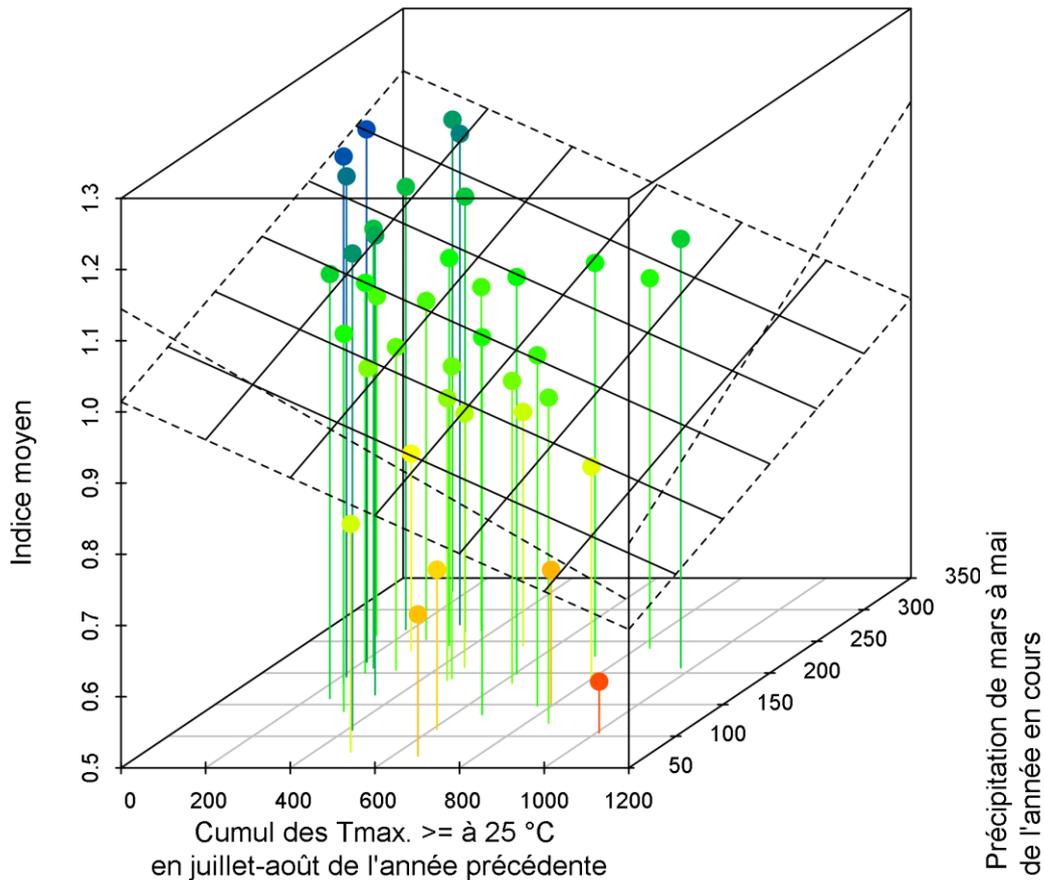


Figure 7. Variation de l'indice de cerne selon la chaleur estivale de l'année précédente et les précipitations du printemps. La couleur des points souligne la valeur de l'indice

Synthèse

En Belgique, jusqu'en 1976, année d'intense sécheresse et de canicule, le réchauffement progressif du climat général et les retombées atmosphériques azotées ont plutôt favorisé la croissance des hêtres. Toutefois, en forêt de Soignes, l'importante compétition entre arbres maintenue par les forestiers, et peut-être aussi les contraintes de sol, ont limité cet effet favorable. Mais depuis quelques décennies, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des canicules et sécheresses liée au réchauffement affectent significativement la croissance des arbres, qui souffrent particulièrement des périodes de chaleur estivale et du manque d'humidité printanière. En conséquence, on observe qu'en moyenne, l'accroissement du hêtre de Soignes devient de plus en plus sensible au climat et diminue malgré la grande réserve hydrique du sol.

Jusqu'à présent, aucun seuil critique mettant directement les arbres en danger n'a été atteint, de telle sorte qu'on a toujours pu observer un rétablissement de la croissance lors des années favorables, plus humides et moins chaudes. Malheureusement, pour le 21^{ème} siècle, les prévisions climatiques ne sont pas à l'avantage du hêtre. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des canicules va manifestement multiplier les années difficiles, tandis que des déficits hydriques extrêmes, jamais atteints dans l'histoire de la hêtraie de Soignes, vont se manifester tôt ou tard (Figure 8). Atteindront-ils des valeurs létales ?

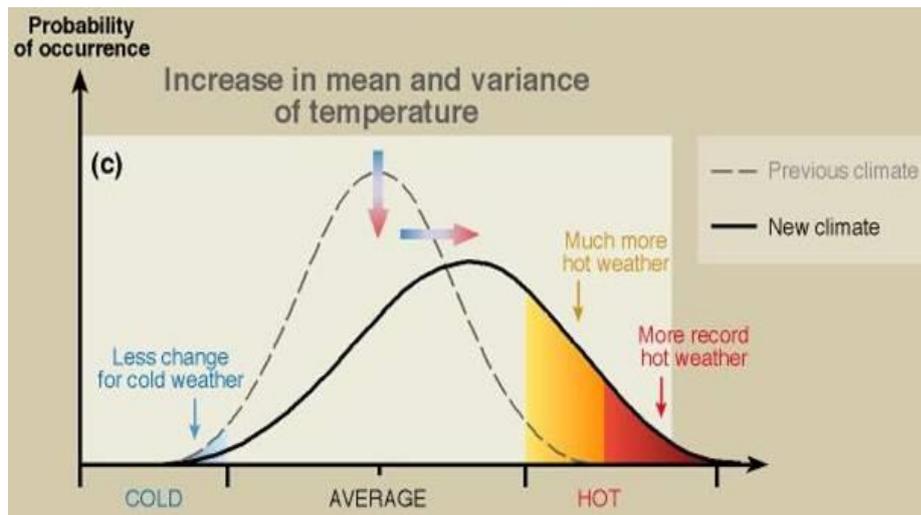


Figure 8. Augmentation de la fréquence et de l'intensité des stress induits par le changement climatique (exemple de la chaleur estivale).

En regard de ce risque, l'augmentation naturelle de la sensibilité des arbres au cours de leur vieillissement n'est qu'anecdotique. Les jeunes arbres actuels de la forêt de Soignes sont déjà plus sensibles au climat actuel que les vieux arbres ne l'étaient durant le milieu du siècle passé. On observe donc que la croissance du hêtre de Soignes répond à de nouvelles contraintes climatiques et qu'un déséquilibre s'opère progressivement.

Par contre, en Ardenne, le niveau de productivité des hêtraies a toujours été moindre (de l'ordre de 5 m³/ha/an au lieu de 10 m³/ha/an en forêt de Soignes), notamment du fait d'une période de végétation plus courte, et de 2°C moins chaude, et de sols moins profonds et plus pauvres. Malgré un climat moins stressant, la sensibilité des arbres y a toujours été plus élevée, probablement en raison de la plus faible réserve en eau du sol qui s'épuise plus rapidement au cours du printemps. L'Ardenne est donc un contexte sylvicole et écologique différent qui conduit à un autre équilibre entre la hêtraie et son environnement, mais les hêtres y manifestent tout de même globalement les mêmes changements.



Références

Claessens H, Langohr R, Drouet T, La Spina S, Jonard M, Vincke C, Ponette Q, Vanwijnsberghe S (2012) Quel avenir pour la « hêtraie cathédrale » de Soignes ? Bases de réflexion pour une prise de décision. Forêt Wallonne. 120, 3-21.

Latte N, Debruxelles J, Sohier C, Degré A, Claessens H (2012) La dendroécologie : un outil pour affiner nos connaissances sur l'autécologie des essences forestières. Forêt Wallonne. 116, 3-17.



Annexe

Article de vulgarisation :

LATTE N., KINT V., DROUET T., PENNINCKX V., LEBOURGEOIS F., VANWIJNSBERGHE S., CLAESSENS H. (2015). Dendroécologie du hêtre en forêt de Soignes : Les cernes des arbres nous renseignent sur les changements récents et futurs. *Forêt.Nature n°136* : 8-21.