

## FORBIO Climate

### Adaptatiepotentieel van biodiverse bossen in het kader van klimaatverandering

#### Samenvatting

De voorspelde klimaatverandering zal wereldwijd een grote invloed hebben op de verspreiding, samenstelling en het functioneren van boscosecosystemen door de beperkte migratie- en adaptatiecapaciteit van bomen. Het creëren van resistente en veerkrachtige bossen is dus een belangrijke uitdaging voor het bosbeheer. Er wordt gesuggereerd dat epigenetische mechanismen de capaciteit van bomen om stand te houden in een veranderend milieu kunnen verhogen, hoewel de omvang en het belang van deze mechanismen nog niet uitgeklaard zijn. Bovendien heeft onderzoek, voornamelijk uitgevoerd in graslanden, aangetoond dat meer diverse ecosystemen beter gebufferd zijn tegen verstoringen. Meer inzicht in de adaptatiecapaciteit van bomen en bossen in opeenvolgende levens-, respectievelijk ontwikkelingsstadia, voor klimaatverandering is dus dringend nodig.

FORBIO Climate had als doelstelling de adaptatiecapaciteit van bepaalde boomsoorten nauwkeurig te onderzoeken en hun toekomstige performantie onder klimaatverandering in België te voorspellen. De focus van het project lag op eik (*Quercus robur/petraea*) en beuk (*Fagus sylvatica*), twee loofboomsoorten met hoge ecologische en economische waarde in België (en Europa). Het project maakte gebruik van verschillende onderzoeksinfrastructuren in België en erbuiten (o.a. de FORBIO-site in Zedelgem, het Belgisch Observationeel Biodiversiteitsplatform, het ORPHEE-experiment in Frankrijk, common gardens in België en Denemarken) om de volgende hypothesen te testen: (1) epigenetische mechanismen kunnen de adaptatiecapaciteit van bomen voor klimaatveranderingen tijdens hun reproductie verhogen, en (2) bomen die groeien in een meer biodivers bos vertonen een hogere weerstand en veerkracht t.o.v. klimaatverandering, ongeacht het levensstadium.

FORBIO Climate was gestructureerd in vijf werkpakketten (WP's). Kort samengevat leverde WP1 historische data die gelinkt werden aan metingen op zaailingen, jonge en volwassen bomen in WP2-4 om het effect van klimaatvariëaties op boomperformantie te bepalen. WP1 leverde ook simulaties van het toekomstige klimaat. In WP5 werden droogte- en diversiteitsresponsen opgeschaald tot een nationaal niveau en werden boscoseigenaars- en beheerders gevraagd naar hun visie op effecten van klimaatverandering en adaptatie.

Meer specifiek leverde WP1 historische data van een selectie van weerstations, en toekomstige klimatologische data gebruik makend van een high-resolution Regionaal Klimaatmodel. De observationele data van het Belgisch klimatologisch netwerk voor de periode 1980-2016 werden eerst onderworpen aan kwaliteitscontroles. Kriging (met topografie als drift) en ordinary kriging werden daarna gebruikt om de observationele data omtrent dagelijkse temperatuur en neerslag respectievelijk, te interpoleren op een 4x4 km raster over België, resulterend in de observationele klimaatdataset. Voor de klimaatsimulaties werd het Regionaal Klimaatmodel ALARO-0 gebruikt waarbij atmosfeer en landoppervlakte op een continue manier gemodelleerd werden. Eerst werd het model gevalideerd voor de huidige klimaatcondities (1980-2010) door een globale klimaatmodeldataset dynamisch naar te schalen op 4x4 km resolutie. Voor de historische simulatie (1976-2005) werd een constante waarde voor het CO<sub>2</sub>-equivalent gebruikt. Voor het simuleren van het toekomstige klimaat (2007-2100) werden de zogenaamde Representative Concentration Pathways (RCP 2.6, 4.5 en 8.5) geïmplementeerd, die de stralingsforcering van broeikasgassen beschrijven (dit is het verschil tussen de instraling, geabsorbeerd door de aarde, en de energie die teruggestraald wordt naar de ruimte). Klimaatverandering werd dan berekend als het verschil tussen de historische en de toekomstige simulaties. De modelresultaten wezen op een consistente temperatuurstijging van 0.3 tot 4.2°C, afhankelijk van het RCP-scenario, met een grotere opwarming voor de Ardennen in vergelijking met de rest van het land. De gemiddelde jaarlijkse neerslag toonde een kleine toename tegen het einde van de eeuw als gevolg van extremere neerslaggebeurtenissen, voornamelijk in herfst en winter. De windsnelheid wijzigde niet significant

terwijl de relatieve vochtigheid een onopvallende maar consistente daling naar het einde van de eeuw toe vertoonde.

Het doel van WP2 was het kwantificeren van epigenetische effecten van temperatuur in de ouderomgeving op de performantie van de zaailingen. We onderzochten het effect van verschillende warmtebehandelingen (opwarmen bodem, opwarmen takken, verplaatsen naar common gardens). De temperatuur in de ouderomgeving beïnvloedde het succes van de kieming, knopfenologie en de groei van de zaailingen. Dit effect van de ouderomgeving was afhankelijk van de omgevingscondities van de zaailingen. Het is bijgevolg noodzakelijk om de levensgeschiedenis en ouderomgeving in rekening te brengen bij het voorspellen van de respons van bomen op klimaatverandering. We onderzochten eveneens of DNA methylatie als epigenetisch mechanisme voor transgeneratie effecten kan optreden. We gebruikten een MSAP analyse (Methylation Sensitive Amplified Fragment Length Polymorphism) om de natuurlijke variatie in DNA methylatie patronen binnen individuele planten van een welbepaalde hybride kloon van populier te onderzoeken. We konden echter niet bevestigen dat methylatie kan gebruikt worden voor het verklaren van fenologische veranderingen als gevolg van wijzigingen in de ouderomgeving. Bijgevolg is verder onderzoek met krachtiger moleculaire methoden noodzakelijk.

WP3 kwantificeerde de invloed van boomsoortdiversiteit en –samenstelling op de algemene performantie van jonge eiken en beuken en op het mitigeren van droogtestress. Op de FORBIO site in Zedelgem werd een droogte-experiment geïnstalleerd, om de invloed van droogte op boomgroei en –vitaliteit, abiotische bodemvariabelen, bodemmicro-organismen en transformatie van bodemorganische materie te onderzoeken. Een halvering van de neerslaghoeveelheid had geen invloed op de boomgroei maar wel op de bodemchemische processen. Dit kan op lange termijn een verandering van de nutriëntenbeschikbaarheid veroorzaken. Verschillende bodemprocessen en de microbiële samenstelling werden beïnvloed door het mengen van boomsoorten. Deze resultaten tonen aan dat ondergrondse processen in jonge bosbestanden gevoeliger kunnen zijn voor droogte en boomsoortdiversiteit dan bovengrondse processen. Het mengen van eik en beuk met andere boomsoorten had een stabiliserend effect ten opzichte van droogte.

WP4 onderzocht de invloed van droogtestress op de performantie van volwassen eiken en beuken en de bijdrage van boomsoortdiversiteit op het mitigeren van schadelijke effecten van klimaatsverandering op de groei van volwassen bomen. We selecteerden tripletten van eik en beuk en boorden dominante bomen aan om de jaarringbreedtes te meten. Deze meetresultaten werden gebruikt om te testen of het mengen van boomsoorten een invloed heeft op individuele boomgroei, meer specifiek op de gevoeligheid van groei voor stressfactoren zoals droogte. De jaarringen van 2001, met een normale zomer, en 2003, met een heel droge zomer, werden op een subset van de boorstalen geanalyseerd op het gehalte aan  $^{12}\text{C}$  en  $^{13}\text{C}$ , waarmee  $\delta^{13}\text{C}$  werd berekend. Deze variabele geeft aan hoe sterk de boom de droogteperiode heeft ervaren. Dendrometrische metingen op de naburige bomen werden gebruikt om de omgeving van de bomen op vlak van competitie en soortensamenstelling te karakteriseren. Beuk groeide sneller in mengingen met eik, in vergelijking met zijn monoculturen. Snellere groei vereist echter meer water waardoor de bodem sneller uitgedroogd geraakt. Desalniettemin toonden onze resultaten aan dat het mengen van boomsoorten de facto voordelig is voor de groei van beuk in moeilijke jaren (i.e. jaren van trage groei), ongeacht welke omgevingsfactor dit veroorzaakt heeft. Het globale effect van boomsoortdiversiteit op de productiviteit van gemengde beukenbestanden is dus positief. Eik groeide daarentegen trager wanneer gemengd met beuk, gezien beuk concurrentiekrachtiger is. Dit nadeel werd echter kleiner in harde omstandigheden, en kan zelfs omkeren, vb. op droge gronden. In dit geval profiteert de groei van eik van de menging met beuk. Dit betekent ook dat, naargelang de condities harder worden, de groei van eik minder beïnvloed wordt in mengingen in vergelijking met monoculturen. Het mengen van boomsoorten kan dus beschouwd worden als een veiligheidsmaatregel voor zowel eik als beuk. Een belangrijk resultaat van dit werkpakket is het uitbouwen van een netwerk van acht tripletten van eik en beuk, samen met het verzamelen van data over boomgroei en omgevingscondities. De tripletten worden ondertussen in andere studies over soortmengingen in bossen gebruikt.

WP5 onderzocht de rol van boomsoortdiversiteit in een context van klimaatverandering op een hoger, integrerend niveau op vlak van tijd, ruimte en bosontwikkelingsfase. In een eerste stap werden over gans België de effecten van klimaatveranderingen op de dynamiek van beuken- en eikenbestanden onderzocht. Data van ICP Forests, de regionale bosinventarisaties van Vlaanderen en Wallonië, de digitale bodemkaart van België, de klimaatdataset uit WP1 en een digitaal terreinmodel werden gebruikt om de gezondheid en groei van bomen te bepalen, om te onderzoeken of de veerkracht ten opzichte van droogte gecorreleerd is met boomsoortdiversiteit en of de productiviteit van gemengde bosbestanden groter is dan hun monoculturen. Het bladverlies bij beuk en eik is sinds 1990 significant toegenomen. De ernst van het bladverlies was lager bij hogere boomsoortdiversiteit wanneer gekeken werd naar lange termijn reacties op temperatuur en neerslag. Als gevolg van toenemende droogtestress, observeerden we een verschuiving van het effect van boomsoortdiversiteit op de toestand van het bos van negatief naar positief. Dit werd tot nu toe enkel gerapporteerd voor experimentele situaties maar nooit eerder voor echte boscsystemen. Droogte veroorzaakte ook een duidelijke reductie van de groei van loofbomen, vooral voor beuk. Bomen in mengingen bleken veerkrachtiger ten opzichte van droogte dan bomen in monoculturen. In een tweede stap werd een enquête gebruikt om te informeren naar de perceptie van bosc-eigenaars en –beheerders op de kwetsbaarheid van bossen voor klimaatverandering en de mate waarin bepaalde acties, bedoeld op het verhogen van de veerkracht van bossen, toegepast worden. We merkten een duidelijk onevenwicht op tussen het grote bewustzijn over de impact van klimaatverandering enerzijds, en de adaptatiemaatregelen die door bosbeheerders toegepast worden om met klimaatverandering om te gaan, wellicht ten gevolge van een gebrek aan lokaal relevante en praktische informatie. In een derde stap, die nog steeds aan de gang is, wordt een systematische review van gepubliceerde literatuur omtrent boomsoortdiversiteitseffecten in een context van klimaatverandering uitgevoerd.

Onze resultaten bevestigen dat het beheren van eiken- en beukenbossen met als doel de boomsoortdiversiteit te behouden of te verhogen, een stap vooruit is in het mitigeren van de kwetsbaarheid van deze bossen voor klimaatverandering. Gemengde bestanden geven de bosbeheerders meer opties voor toekomstige bestandsontwikkeling, gezien de kwetsbaarheid ten opzichte van klimaatsveranderingen daalt in vergelijking met monoculturen. Gestandaardiseerde, lange termijn opvolging van de bosvitaliteit is een efficiënte methode om effecten van klimaatverandering en boomsoortdiversiteit op bosgezondheid en –productiviteit op te sporen. Het continue streven naar verbetering van de datakwaliteit blijkt een waardevolle inspanning die zeker verdergezet dient te worden. Voor toekomstig onderzoek zou het interessant zijn meer boomsoorten, verschillende sturende factoren van klimaatverandering en diverse ecosystemen op te nemen zodoende de respons van bomen op klimaatverandering beter te kunnen voorspellen.

Sleutelwoorden: klimaatverandering, epigenetica, *Fagus sylvatica*, *Quercus* sp., boomsoortdiversiteit