



**Analyse en modellering van de biogeochemische cycli van een eikenbos in Chimay in het kader
van Global Climate Change en Duurzame Ontwikkeling**

**Analyse et modélisation des cycles biogéochimiques en chênaie chimacienne en relation avec
les changements climatiques globaux et le développement durable**



Université Catholique de Louvain
Unité des Eaux et Forêts - Dép. Sciences du Milieu & Aménag. du Territoire

Verantwoordelijke - Responsable :

P. André
Lab. de Lauzelle Bât. HUET-OC 5 Route de Blocry 2 1348 Louvain-La-Neuve
Tel : 010/47 37 04
Fax : 010/47 36 97
Email : andre@efor.ucl.ac.be



De eenheid voor water en bossen van de UCL bestudeert al verschillende jaren de water- en mineralencycli in de bossen rond Chimay. Deze bossen bestaan hoofdzakelijk uit eiken (*Quercus robur* en *Quercus petraea*) en de haagbeuk (*Carpinus betulus*). Het onderzoek wordt uitgevoerd in stroomgebieden, dit zijn gekende oppervlakten waarvan al het afstromende water opgevangen wordt op eenzelfde punt: de afvoer van het stroomgebied. Met deze benadering kan men een balans opstellen van het in- en uitstromende water en de mineralen (instromend door de neerslag, uitstromend langs de rivieren) en dus de globale evolutie van het systeem inschatten.

Wat ? Waarom ?

Het doel van het programma 'Analyse en modellatie van biogeochemische cycli in het eikenbos van Chimay in verband met de wereldwijde klimaatverandering en duurzame ontwikkeling' is de evolutie van de water- en mineralencycli te kunnen voorspellen in de bossen rond Chimay, volgens de verschillende scenario's voor klimaatverandering. Hiertoe moeten we meer kennis vergaren over de werking van het ecosysteem, met name van de watercyclus. Men kan immers de hoeveelheid water die in een stroombed valt gemakkelijk bepalen met een pluviometer. Men kan ook de hoeveelheid water die het stroombed verlaat meten aan het debiet van de rivieren. De hoeveelheid water bepalen die verloren gaat aan de verdamping door bomen is daarentegen ingewikkelder. Hetzelfde geldt voor de schatting van de hoeveelheid water die wegstroomt in de bodem. Wij spitsen onze proeven dus toe op deze twee parameters.

Hoe ?

Om beter te weten hoeveel water er verloren gaat aan verdamping door de bomen, meten wij de sapstroom in de stam van de eiken. De hoeveelheid water die wegstroomt in de bodem wordt gemeten aan de hand van een elektromagnetische sonde of peilstift die het watergehalte in de bodem kan meten. Voor de modellatie zijn er andere gegevens nodig zoals het volume van de neerslag en het debiet van de rivieren, en het gehalte aan mineralen in neerslag en rivieren.

Depuis plusieurs années, l'unité des eaux et forêts de l'UCL étudie les cycles de l'eau et des éléments minéraux dans les forêts de la région de Chimay. Ces forêts sont principalement composées de chênes (*Quercus robur* et *Quercus petraea*) et de charmes (*Carpinus betulus*). Les études sont réalisées dans des bassins versants, c'est à dire, des entités de surface connue dans laquelle toutes les eaux de ruissellement sont évacuées en un seul point appelé exutoire du bassin. Cette approche permet d'établir des bilans entrée-sortie en eau et en éléments minéraux (entrée par la pluie et sortie par les ruisseaux) et donc d'apprécier l'évolution globale de l'écosystème.

Quoi ? / Pourquoi ?

Dans le cadre du programme 'Analyse et modélisation des cycles biogéochimiques en chênaie chimacienne en relation avec les changements climatiques globaux et le développement durable', l'objectif est de prédire l'évolution des cycles de l'eau et des éléments minéraux pour les forêts de la région de Chimay, suivant différents scénarios de changements climatiques. Pour ce faire, il nous faut donc améliorer notre connaissance du fonctionnement de cet écosystème, et notamment, du cycle de l'eau. En effet, on peut aisément connaître la quantité d'eau qui tombe par an dans un bassin versant, par l'intermédiaire d'un pluviomètre. On peut aussi mesurer la quantité d'eau qui quitte le bassin versant par la mesure du débit des rivières. Par contre, l'évaluation de la quantité d'eau perdue par la transpiration des arbres est plus complexe. Il en est de même de l'estimation des flux d'eau dans le sol. Notre expérimentation se concentrera donc sur ces deux paramètres.

Comment ?

Afin d'améliorer nos connaissances sur la partie de l'eau perdue par la transpiration des arbres, nous effectuons des mesures de flux de sève dans les troncs des chênes.

Les mesures de flux d'eau dans le sol sont réalisées à l'aide de sondes électromagnétiques permettant de mesurer la teneur en eau du sol.

Les autres données nécessaires à la modélisation sont les volumes d'eaux de pluie et les débits des rivières, ainsi que les teneurs en éléments minéraux dans les pluies et dans les rivières.

Toekomst



Futur

De modellisatie van de werking van de bosccosystemen rond Chimay is van belang om de evolutie van klimaatveranderingen (verandering van de temperatuur of van het neerslagpatroon) te kunnen voorspellen. Als wij erin slagen te voorspellen welke gevolgen de klimaatverandering zal hebben op de water- en mineralencycli, dan kunnen we ook aanbevelingen formuleren voor de eigenaars en beheerders van de bossen, om deze gevolgen zo veel mogelijk te beperken.

L'intérêt de la modélisation du fonctionnement des écosystèmes forestiers de la région de Chimay est de pouvoir prédire leur évolution en cas de changements climatiques (changement de température ou changement du régime des pluies). Si nous parvenons à prédire l'impact de modifications du climat sur les cycles de l'eau et des éléments minéraux, nous pourrons aussi faire des recommandations de gestion aux propriétaires et aux gestionnaires forestiers, en vue de minimiser ces impacts.



Soortendiversiteit: belang voor duurzaamheid van ecosystemen en impact van klimaatsverandering
Diversité des aspects: intérêt pour la durabilité des écosystèmes et impact du changement climatique



Universiteit Antwerpen - Universitaire Instelling Antwerpen
Laboratorium voor Plantecologie

Verantwoordelijke - Responsable :

Ivan Impens
Universiteitssplein 1 2610 Wilrijk
Tel : 03/820 22 57
Fax : 03/820 22 71
Email : inijs@uia.ua.ac.be



Twee groepen werken samen in dit project: het Laboratorium voor Plantecologie (PLECO) van de Universitaire Instelling Antwerpen en de Afdeling Plantenteelt en Plantenveredeling van de Vakgroep Plantaardige Productie (PT) van de Universiteit Gent. Beide groepen bestuderen exact dezelfde graslandplanten (zie foto), maar concentreren zich op verschillende aspecten. PLECO zoekt verbanden tussen de diversiteit van graslandecosystemen en de processen die deze ecosystemen doen functioneren. Dit labo onderzoekt daarnaast of diversiteit belangrijk is voor stabiliteit, door plantengemeenschappen bloot te stellen aan extreme weersomstandigheden. De benadering van deze vragen met wiskundige modellen is ook een taak van PLECO. PT daarentegen onderzoekt hoe klimaatsverandering de diversiteit beïnvloedt. Dit gebeurt door graslandecosystemen te laten groeien onder toekomstige omstandigheden: een hogere temperatuur en een hogere concentratie van CO₂ in de lucht. Ook deze groep onderzoekt de invloed van extreme weersomstandigheden, dit keer niet door ze zelf op te wekken zoals PLECO, maar door na te gaan wat hun effect was in het verleden. Tenslotte onderzoekt PT of we ongunstige evoluties kunnen omkeren door het beheer van grasland aan te passen, bv. door de bemesting te veranderen en/of de maaifrequentie te veranderen.



Dit onderzoek naar de rol van biologische diversiteit in ecosystemen loopt in samenwerking met volgende laboratoria:

- Sectie Arctische Ecologie, Limnologie en Paleobiologie, Departement Biologie, RUCA, Antwerpen
- Centre D'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE), Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Montpellier, Frankrijk

Deux groupes collaborent au projet: le "Laboratorium voor Plantecologie"(PLECO) de l'Université d'Anvers ainsi que le Département "Plantenteelt en Plantenveredeling van de Vakgroep Plantaardige Productie" (PT) de l'Université de Gand. Les deux groupes étudient exactement les mêmes plantes de prairies (voir photo) mais se concentrent sur différents aspects. PLECO cherche des liens entre la diversité des écosystèmes – prairies et les processus grâce auxquels ces écosystèmes fonctionnent. En outre, ce laboratoire cherche à

savoir si la diversité est importante pour la stabilité en exposant des associations végétales à des conditions climatiques extrêmes. Le travail de PLECO consiste également à définir une approche de ces questions à l'aide de modèles mathématiques.

Par contre, PT étudie dans quelle mesure les changements climatiques influencent la diversité. Pour ce faire, le groupe fait évoluer les écosystèmes – prairies dans des conditions futures: une température plus élevée ainsi qu'une plus grande concentration de CO₂ dans l'air. Ce groupe étudie également l'influence de conditions climatiques extrêmes, non pas en les suscitant comme le fait PLECO mais en recherchant quel était leur effet dans le passé. Enfin, PT s'efforce de savoir si nous pouvons corriger des évolutions défavorables en adaptant la gestion des prairies, notamment en modifiant le fumage et/ou la fréquence des moissons.

Cette recherche, dont l'objectif consiste à étudier le rôle de la diversité biologique dans les écosystèmes, est réalisée en collaboration avec les laboratoires suivants:

- Sectie Arctische Ecologie, Limnologie en Paleobiologie, Departement Biologie, RUCA, Anvers
- Centre D'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE), Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Montpellier, France



Rol van diversiteit in graslanden

Diversiteit is een vrij mysterieus begrip, al beseft iedereen wel dat een tropisch regenwoud met al zijn planten- en diersoorten diverser is dan pakweg een veld vol brandnetels. En je hebt diversiteit in vele vormen: zelfs een landschap kan geschakeerd zijn als een mozaïek of juist heel monotoon.

In dit project stellen we de vraag of diversiteit belangrijk is voor biologische gemeenschappen zelf. Als model kiezen we plantengemeenschappen zoals we die vinden in grasland. Functioneren gemeenschappen met meer soorten beter of juist niet? Ten tweede: biedt diversiteit een waarborg tegen extreme omstandigheden, b.v. uitzonderlijke hitte of droogte?

Zulke omstandigheden zijn zeldzaam, maar hoe groter de weerstand en hoe sneller het herstel, hoe groter de overlevingskansen op lange termijn.

Een derde aspect is klimaatsverandering: wat gebeurt er met de diversiteit van ecosystemen in een toekomstig, warmer klimaat, met meer koolstofdioxide in de lucht als gevolg van verbranding van fossiele brandstoffen? Uiteindelijk onderzoeken we ook of we diversiteit kunnen bijsturen door zelf in te grijpen, b.v. door de manier waarop we graslanden beheren. Biedt dit perspectieven om efficiënter te beschermen wat nu bedreigd wordt?

Wat ? Waarom ?

We willen te weten komen of belangrijke levensprocessen in ecosystemen afhangen van diversiteit. Een van die processen is de fotosynthese. Planten nemen koolstofdioxide (CO_2) op uit de lucht en zetten het om tot koolhydraten (energieleveranciers) met behulp van zonlicht. Een tweede universeel proces is de opname van nitraten uit de bodem. Voor de meeste planten is nitraat de voornaamste stikstofbron. Planten hebben ze nodig om er eiwitten mee te bouwen. Het is best mogelijk dat deze processen efficiënter verlopen in een diverser geheel van plantensoorten. Dit zou kunnen omdat een diverse gemeenschap de bodem beter doorwortelt (en dus meer nitraat kan opnemen) of meer zonlicht opvangt (en dus meer suikers kan maken).

Rôle de la diversité dans les prairies

La diversité est une notion assez mystérieuse, même si chacun d'entre nous réalise qu'une forêt équatoriale, avec toutes ses espèces animales et végétales, est bien plus diversifiée qu'un simple champ d'orties. Par ailleurs, il existe différentes formes de diversité: même un paysage peut être agencé comme une mosaïque ou être tout simplement monotone. Dans ce projet, nous posons la question de savoir si la diversité revêt une importance pour les associations biologiques proprement dites. Comme modèle, nous choisissons les associations végétales telles que nous les trouvons dans les prairies.

Les associations végétales qui comportent plusieurs espèces fonctionnent-elles mieux ou moins bien que les autres? Deuxièmement: la diversité offre-t-elle une garantie contre les conditions climatiques extrêmes telles qu'une chaleur ou une sécheresse exceptionnelle? Ces circonstances sont rares mais, plus la résistance est importante, plus le rétablissement sera rapide, plus les chances de survie à long terme seront grandes.

Un troisième aspect est le changement climatique: qu'advient-il de la diversité des écosystèmes sous un climat futur plus chaud, un climat dont l'air est davantage chargé en dioxyde de carbone suite à l'utilisation par le feu des combustibles fossiles? Enfin, nous cherchons à savoir s'il est possible de corriger la diversité en intervenant nous-mêmes, par exemple en modifiant notre méthode de gestion de la prairie. Cette méthode nous offre-t-elle des possibilités de mieux protéger ce qui est menacé actuellement?

Quoi ? / Pourquoi ?

Notre objectif consiste à savoir si d'importants processus de vie dans les écosystèmes dépendent de la diversité. Un de ces processus est la photosynthèse. Les plantes absorbent du dioxyde de carbone (CO_2) contenu dans l'air et le transforment en hydrates de carbone (fournisseurs d'énergie) à l'aide de la lumière solaire. Un deuxième processus universel est l'absorption de nitrates contenus dans le sol. Pour la plupart des plantes, le nitrate est la principale source d'azote. Les plantes ont besoin de cet azote pour fabriquer des protéines. Il est fort possible que ces processus se déroulent plus efficacement dans un ensemble d'espèces végétales plus diversifié. En effet, une formation diversifiée s'implante mieux dans le sol (ce qui lui permet d'absorber davantage de nitrate) ou recueille plus de lumière solaire (elle peut donc produire davantage de glucides).

Daarnaast zijn sommige soorten minder gevoelig voor extreme weersomstandigheden dan andere en daarom is het mogelijk dat de overlevingskansen toenemen in een diverse gemeenschap. Om deze vragen te beantwoorden, construeren we wiskundige modellen die het gedrag nabootsen van plantengemeenschappen die verschillen in diversiteit. Tevens maken we echte plantengemeenschappen met een diversiteit die we zelf bepalen (zie foto).



En outre, certaines espèces sont moins sensibles que d'autres aux conditions climatiques extrêmes; par conséquent, il est possible que les chances de survie augmentent dans une formation végétale diversifiée. Pour apporter une réponse à ces questions, nous élaborons des modèles mathématiques qui reproduisent le comportement d'associations végétales de diversités différentes. Par ailleurs, nous fabriquons de véritables associations végétales présentant une diversité que nous définissons nous-mêmes (voir photo).

Sommige gemeenschappen laten we groeien onder verhoogde temperaturen of bij verhoogde CO_2 -concentraties (zie foto). Zo krijgen we een idee welke veranderingen in diversiteit we kunnen verwachten in de volgende tientallen jaren. Om te achterhalen of we ook iets kunnen veranderen aan ongunstige evoluties, voeren we experimenten uit waarbij we bewust een keuze maken uit verschillende soorten en ze verschillend behandelen op gebied van bemesting en maaifrequentie.



Nous faisons pousser certaines associations à des températures plus élevées ou dans des concentrations de CO_2 plus importantes (voir photo). De cette manière, nous pouvons nous faire une idée des changements de diversité qui nous attendent dans les décennies à venir. Pour vérifier si nous pouvons également faire quelque chose pour éviter les évolutions défavorables, nous effectuons des expériences au cours desquelles nous faisons un choix délibéré parmi différentes espèces pour ensuite les traiter différemment en ce qui concerne le fumage et la moisson.

Hoe ?

Eerst en vooral moeten we plantengemeenschappen maken van verschillende diversiteit. Dit lijkt eenvoudiger dan het is. Als je b.v. aan een systeem met drie soorten een vierde soort toevoegt, bekom je doorgaans een ander resultaat naargelang je soort A of soort B of Z toevoegt. Het aantal mogelijkheden dat je dus moet testen lijkt fenomenaal maar er zijn methoden om het aantal combinaties te beperken. Eens dit probleem opgelost, kan je meten of soortenmengsels van verschillende diversiteit zich anders gedragen. Een van de technieken in dit project is gasanalyse, waarmee je kan meten hoeveel CO₂ planten uit de lucht opnemen. Dit gebeurt door ze in te sluiten in een gesloten ruimte, waarin je de verandering volgt van de CO₂-concentratie in de lucht die de planten omgeeft. Een speciale techniek is het zogenaamde FATI-systeem, ontwikkeld aan de Universitaire Instelling Antwerpen (zie foto). Deze techniek simuleert een hittegolf door planten te bestralen met infrarood licht (warmtestraling). Zo kan je testen of complexe gemeenschappen anders reageren op een hittegolf dan eenvoudige gemeenschappen, zonder afhankelijk te zijn van het al of niet optreden van een echte hittegolf.

Comment ?

La première chose à faire est de fabriquer des associations végétales présentant différentes diversités. Ce procédé est plus compliqué que ce qu'il y paraît. Si l'on ajoute par exemple une quatrième espèce à un système qui en compte trois, le résultat obtenu est différent selon que l'espèce ajoutée est l'espèce A, B ou Z. Le nombre de possibilités à tester paraît donc énorme mais il existe des méthodes permettant de limiter les combinaisons. Une fois que ce problème est résolu, il est possible de déterminer dans quelle mesure des mélanges d'espèces présentant une diversité différente se comportent différemment. Une des techniques utilisées dans ce projet est l'analyse des gaz, qui permet de mesurer la quantité de CO₂ (contenu dans l'air) que les plantes absorbent. Cette méthode consiste à placer ces plantes dans un espace fermé et ensuite à suivre les changements de concentration de CO₂ dans l'air qui entoure les plantes. Une technique spéciale est le système FATI, développé par l'Université d'Anvers (voir photo). Cette technique simule une vague de chaleur en irradiant les plantes à l'aide d'une lumière infrarouge (rayonnement thermique). Il est ainsi possible de tester si les formations complexes réagissent d'une autre manière que les formations plus simples à une vague de chaleur, sans être dépendantes de l'apparition ou de la non-apparition d'une véritable vague de chaleur.





Rol van diversiteit in graslanden

Tal van factoren bedreigen de biologische diversiteit van ecosystemen, en meestal zijn dat menselijke factoren. Bijvoorbeeld vervuiling, vernietiging en versnippering van levensgemeenschappen, overbejaging en overbevissing, of als het over plantengemeenschappen gaat: intensieve landbouw, tuinbouw of bosbouw. Om de diversiteit te redden wordt nationaal en internationaal veel geïnvesteerd in bescherming. Dat komt voor een deel omdat diversiteit een economische betekenis heeft: vele plantensoorten hebben een (mogelijk nog onbekende) medicinale of economische waarde, diverse landschappen hebben een recreatieve waarde, enz. Onze maatschappij heeft biologische diversiteit nodig, maar ze beseft het vaak niet en springt er niet altijd duurzaam mee om. De middelen om diversiteit te beschermen zijn echter beperkt, zodat we ze moeten aanwenden waar ze het meest effectief zijn. Hiervoor is het nodig de relaties te kennen tussen diversiteit en de belangrijkste functies van ecosystemen: zijn er drempels van diversiteit beneden dewelke kritische levensprocessen worden aangetast? Zijn alle soorten gelijkwaardig of verdienen bepaalde soorten een voorkeursbehandeling? Bedreigt de klimaatverandering de diversiteit en hoe sterk en in welke zin? Kunnen we iets doen door ecosystemen anders te beheren? En zo ja, wat moeten we precies doen? De antwoorden op deze vragen zijn noodzakelijke bouwstenen voor een vooruitziend beleid dat streeft naar duurzame ontwikkeling.

Rôle de la diversité dans les prairies

De nombreux facteurs menacent la diversité biologique des écosystèmes. La plupart du temps, il s'agit de facteurs humains comme la pollution, la destruction et la fragmentation des biocénoses, le dépeuplement à la suite d'une chasse ou d'une pêche excessive. Dans le cas des associations végétales, les facteurs qui menacent la diversité sont l'agriculture, l'horticulture et la sylviculture intensives. Pour sauver la diversité, d'importants investissements nationaux et internationaux ont été entrepris en matière de protection. Ces investissements proviennent en partie du fait que la diversité possède une signification économique: de nombreuses espèces végétales ont une valeur médicinale ou économique (probablement encore inconnue), divers paysages ont une valeur récréative, etc. Notre société a besoin de la diversité biologique mais elle n'en a généralement pas conscience et n'agit pas toujours de façon durable. Les moyens disponibles pour protéger la diversité sont cependant limités, de sorte que leur utilisation doit être réservée aux endroits où leur efficacité est optimale. Pour ce faire, il est nécessaire de connaître les relations entre la diversité et les principales fonctions des écosystèmes: existe-t-il des seuils critiques de diversité sous lesquels l'on porte atteinte aux processus de vie? Toutes les espèces sont-elles similaires ou certaines espèces méritent-elles un traitement de faveur? Les changements climatiques menacent-ils la diversité? Si oui, dans quelle mesure et dans quel sens? Pouvons-nous faire quelque chose en gérant les écosystèmes différemment? Si oui, que devons-nous faire? Les réponses à ces questions constituent les piliers indispensables d'une politique 'de précaution' dont l'objectif est le développement durable.



**Analyse en modellering van de koolstof-, water- en nutriëntencyclus van het proefbos Aelmoeseneie (Gontrode) in het kader van Global Change en Duurzame ontwikkeling.
Analyse et modélisation du cycle du carbone, de l'eau et des éléments nutritifs dans la forêt expérimentale Aelmoeseneie (Gontrode) en relation avec le changement global et le Développement durable**



Universiteit Gent
Laboratorium voor Plantecologie Vakgroep Toegepaste Ecologie en Milieubiologie

Verantwoordelijke - Responsable :

R. Lemeur
Coupure Links 653 9000 Gent
Tel : 09/264 61 13
Fax : 09/224 44 10
Email : raoul.lemeur@rug.ac.be



Het BELFOR netwerk bestaat uit negen verschillende onderzoeksteams. Er worden verschillende Belgische bostypes onderzocht:

2 loofbostypes (Aelmoeseneie - Gontrode en het bos van Chimay),
(zie pagina 66, 69, 55)

2 naaldbostypes (De Inslag - Brasschaat en Waroneu - Jalhay),
(zie pagina 74)

een populierenplantage (Ganzenhof – Balegem)
(zie pagina 74)

en als laatste type een menging van loof- en naaldbos (Tinseubois - Vielsalm).
(zie pagina 82)

In deze bossen worden verschillende aspecten van de koolstof-, water- en nutriëntencyclus bestudeerd. Elk bos heeft immers zijn eigen, specifieke kenmerken en het is de bedoeling om het functioneren van de verschillende bostypes goed te begrijpen.

Het onderzoek moet ons leren welke de verschillende factoren zijn die bepalend zijn voor de groei en de gezondheid van het bos. Daarna kan gesimuleerd worden wat de invloed van een mogelijke klimaatsverandering (zgn. 'Global Change') op onze bossen zal zijn. Dit onderzoek is van belang om te komen tot een duurzame manier om met onze bossen om te springen.

Le réseau BELFOR est composé de neuf équipes de recherche qui étudient différents types de forêts en Belgique:

2 types de forêts d'arbres feuillus (Aelmoeseneie - Gontrode et la forêt de Chimay),
(voir page 66, 69, 55)

2 types de forêts de conifères (De Inslag - Brasschaat et Waroneu - Jalhay),
(voir page 74)

une plantation de peupliers (Ganzenhof - Balegem)
(voir page 74)

et enfin une forêt comprenant un mélange d'arbres feuillus et de conifères (Tinseubois - Vielsalm).
(voir page 82)

Dans ces forêts, divers aspects des cycles du carbone, de l'eau et des éléments nutritifs sont analysés. Chaque type de forêt possède en effet ses caractéristiques spécifiques et l'objectif consiste à bien comprendre le fonctionnement de ces différents types.

L'étude doit nous permettre de savoir quels sont les facteurs déterminants pour la croissance et la santé de la forêt. Ensuite, nous pouvons simuler l'influence que pourrait exercer un éventuel changement climatique sur nos forêts (le 'Global Change'). Cette étude revêt une importance particulière dans le cadre d'une gestion durable de nos forêts.



Het Laboratorium voor Plantecologie en het Laboratorium voor Bosbouw van de Gentse universiteit doen samen onderzoek in het proefbos Aelmoeseneie. Dit proefbos is gelegen op 15 km ten zuiden van Gent, in Gontrode. De belangrijkste boomsoorten die er voorkomen zijn zomereik, beuk, es en gewone esdoorn. In de struiklaag staan voornamelijk hazelaar en lijsterbes. De 35 m hoge meettoren die in het proefbos opgesteld is (zie foto) maakt het mogelijk om op verschillende hoogtes in het bos de temperatuur, de relatieve vochtigheid, de lichtinstraling,... te meten. Ook een aantal andere klimatologische parameters worden van op de toren gemeten.

Het Labo voor Plantecologie onderzoekt de volledige kringloop van het water in het proefbos. Hierbij wordt o.a. bestudeerd hoeveel water op de bodem terecht komt, hoeveel water de bomen opvangen met hun bladeren, evenals de hoeveelheid water die door de vegetatie en de bodem verdampt wordt. Samen met het Labo voor Bosbouw wordt ook de koolstofopslag in het proefbos en de cyclus van de nutriënten (dit zijn voedingselementen) onderzocht.

Al deze gegevens worden samengebracht in een model dat de werking van het bosesysteem nabootst. Dit alles wordt onderzocht om tot een meer bewust en duurzamer bosbeheer te komen. Dit onderzoek gebeurt in het kader van een groter project, dat het BELFOR netwerk genoemd wordt.

Wat ? Waarom ?

In het verleden werd al heel wat onderzoek verricht in het Aelmoeseneiebos. Een eerste opdracht van dit nieuwe onderzoek bestaat eruit de gegevens van deze vroegere onderzoeken op te sporen en samen te brengen in een databank. De ontbrekende gegevens in de dataset worden opgevuld met resultaten van nieuwe proeven. Eens alle gegevens verzameld zijn, is het mogelijk om de huidige toestand waarin het bos zich bevindt te simuleren, na te bootsen. Dit gebeurt met één of meerdere modellen. Een volgende stap bestaat eruit het model te gebruiken om te voorspellen hoe het bos zich in de toekomst zal ontwikkelen. Het is immers zo dat er sprake is van 'Global Change': er is een continue (klimaats)verandering bezig, op een tempo dat hoger is dan de vorige 4000 jaar het geval was. Deze klimaatsverandering houdt bijvoorbeeld in dat de gemiddelde luchttemperatuur stijgt. Het is van belang om te voorspellen hoe de bossen in onze streken hierop zullen

Le Laboratoire de Phytoécologie et le Laboratoire de Sylviculture de l'Université de Gand mènent ensemble des recherches dans la forêt d'expérimentation d'Aelmoeseneie. Cette forêt est située à 25 km au sud de Gand, plus précisément à Gontrode. Les principales espèces d'arbres que l'on y rencontre sont le chêne pédonculé, le hêtre, le frêne et l'érable commun. Comme arbustes, l'on retrouve essentiellement des noisetiers et des sorbiers. La tour haute de 35 m et installée dans la forêt d'expérimentation (voir photo) permet de mesurer la température, l'humidité relative, la pénétration de la lumière, ... à partir de différentes hauteurs dans la forêt. Certains autres paramètres climatiques peuvent également être mesurés par le biais de cette tour.

Les recherches du Laboratoire de Phytoécologie portent sur tout le cycle de l'eau dans la forêt expérimentale. L'on y analyse notamment la quantité d'eau qui atteint le sol, la quantité d'eau absorbée par les arbres via leurs feuilles ainsi que la quantité d'eau évaporée via la végétation et le sol. Avec la collaboration du Laboratoire de Sylviculture, le Laboratoire de Phytoécologie analyse également les réserves de carbone dans la forêt d'expérimentation ainsi que le cycle des éléments nutritifs.

Toutes ces données sont rassemblées dans un modèle qui reproduit le fonctionnement de l'écosystème forestier. Ce fonctionnement est étudié dans le but de parvenir à une gestion plus responsable et plus durable de la forêt. Ces recherches s'effectuent dans le cadre d'un projet plus important appelé le réseau BELFOR.

Quoi ? / Pourquoi ?

La forêt d'Aelmoeseneie a déjà fait l'objet de nombreuses recherches dans le passé. La première tâche de cette nouvelle recherche consiste à retrouver les données recueillies au cours des recherches précédentes et à les rassembler dans une base de données. Les données manquantes dans cette base sont comblées à l'aide des résultats des nouvelles expériences. Une fois que toutes les données sont réunies, il est possible de simuler, de reproduire la situation dans laquelle la forêt se trouve actuellement. Pour ce faire, l'on a recours à un ou plusieurs modèles. La phase suivante consiste à utiliser le modèle afin de prévoir l'évolution future de la forêt. En effet, il est question de 'Global Change': l'on observe un changement (climatique) continu, à un rythme plus élevé qu'au cours des 4000 dernières années. Ce changement climatique implique par exemple une augmentation de la température moyenne. Il est important de prévoir comment les forêts de nos

reageren, omdat het dan mogelijk wordt om beleidsrichtlijnen op te stellen voor een duurzaam bosbeheer. De beleidsmensen willen immers graag weten wat er moet gebeuren om onze bossen ook in een veranderend klimaat gezond te houden m.a.w. streven naar een duurzaam beheer is de doelstelling!

Hoe ?

Het onderzoek kan ingedeeld worden in verschillende deelaspecten nl. de watercyclus, de koolstofcyclus en de nutriëntencyclus. Voor elk van deze deelaspecten worden metingen uitgevoerd. Het Laboratorium voor Plantecologie is voornamelijk met de watercyclus en een gedeelte van de koolstofcyclus bezig. De nutriëntencyclus wordt hoofdzakelijk door het Laboratorium voor Bosbouw onderzocht.

De meeste metingen in verband met het kronendak van het bos en in verband met klimatologische parameters, worden uitgevoerd met behulp van de 35 m hoge meettoren. Om een idee te krijgen van de hoeveelheid neerslag die langs de stammen van de bomen afvloeit, werden aan een aantal bomen goten bevestigd, zodat dit afvloeiwatervat opgevangen wordt in grote tonnen. Ook zijn er goten op het bodemoppervlak geïnstalleerd. Zo is het mogelijk te meten hoeveel water direct tussen de bladeren door op de bodem van het bos valt. In de bodem zelf zijn er tensiometers geïnstalleerd. Deze toestellen zorgen ervoor dat berekend kan worden hoeveel vocht in de bodem aanwezig is. Bovendien kan zo ook de verandering in het vochtgehalte gevolgd worden.

Alle gegevens die in het proefbos verzameld worden, zijn opgeslagen in het geheugen van een computer, waarmee dan uiteindelijk ook alle verder verwerking van deze gegevens gebeurt.

régions réagiront face à ce changement parce qu'il devient alors possible de définir des directives politiques en faveur d'une gestion durable des forêts. En effet, les décideurs politiques souhaitent savoir quelles sont les mesures à prendre pour conserver nos forêts en bonne santé, même dans le cas de changements climatiques. En d'autres termes, l'objectif consiste à agir en faveur d'une gestion durable!

Comment ?

La recherche recouvre différents aspects, à savoir le cycle de l'eau, le cycle du carbone et le cycle des éléments nutritifs. Pour chacun de ces aspects, des mesures sont effectuées. Le Laboratoire de Phytoécologie s'occupe avant tout du cycle de l'eau ainsi que d'une partie du cycle du carbone. C'est le Laboratoire de Sylviculture qui est principalement chargé d'étudier le cycle des éléments nutritifs.

La plupart des mesures au niveau des cimes des arbres et les paramètres climatologiques sont effectuées à l'aide d'une tour de mesure haute de 35 m. Pour avoir une idée de la quantité de précipitations qui coulent le long du tronc des arbres, des conduits d'écoulement ont été fixés sur certains arbres de manière à ce que la pluie puisse être recueillie dans de grands tonneaux. Des conduits d'écoulement ont également été installés sur la surface du sol. De cette manière, il est possible de mesurer la quantité d'eau qui s'écoule directement entre les feuilles avant d'atteindre le sol. Dans le sol même, des tensiomètres ont été placés. Ces appareils permettent de calculer la quantité d'humidité présente dans le sol mais aussi les fluctuations des taux d'humidité dans le sol. Toutes les données réunies dans la forêt d'expérimentation sont stockées dans la mémoire d'un ordinateur, dans lequel toutes les données seront finalement traitées.



Bepaalde bostypes zullen wellicht gunstiger reageren op de voorspelde 'Global Change' dan andere bostypes. Zoals de doelstelling van het project uitdrukt, zal nagegaan worden welke bostypes gunstig zullen reageren. Bedoeling is dat het toekomstig bosbeheer hierop kan afgesteld worden, zodanig dat in de toekomst steeds meer die bostypes en boomsoorten aangeplant zullen worden die gunstig zullen reageren op de klimaatsverandering. Dit houdt in dat er gestreefd wordt naar een duurzaam bosbeheer.

Het bos is namelijk zeer belangrijk en vervult binnen onze maatschappij verschillende functies ('multifunctionaliteit' van het bos). De eerste daarvan is de ecologische functie: een stukje natuur binnen onze geïndustrialiseerde maatschappij. Ook voor mens en recreatie is het bos van groot belang: iedereen geniet van een ontspannende boswandeling. Een derde belangrijke functie van het bos is de beschermfunctie: in bergachtige streken is het bos belangrijk voor het tegengaan van erosie, bos kan ook een scherm vormen tegen wind of geluid. Tenslotte is er ook de economische functie van het bos: een bos produceert hout! In het kader van een duurzame ontwikkeling is het van het grootste belang dat elk land een zo hoog mogelijke graad van zelfvoorziening inzake houtproductie nastreeft!

Des types de forêts particuliers réagiront probablement mieux que d'autres au 'Global Change' annoncé. Comme l'exprime l'objectif du projet, l'une des tâches consistera à vérifier quels sont les types de forêts qui réagissent favorablement à ces changements. L'objectif consiste à mettre au point la gestion future des forêts en plantant à l'avenir davantage de types d'arbres et de plantes qui réagissent favorablement aux changements climatiques. Ceci implique une volonté de gestion durable des forêts.

La forêt est en effet extrêmement importante et exerce diverses fonctions dans notre société (c'est la 'multifonctionnalité' de la forêt). La première est la fonction écologique: un morceau de nature dans notre société industrialisée. Mais la forêt est également importante pour l'homme et ses loisirs: tout le monde apprécie une agréable promenade en forêt. Une troisième fonction importante est la fonction protectrice: dans les régions montagneuses, la forêt constitue un élément non négligeable pour lutter contre l'érosion ou pour former un écran de protection contre le vent ou le bruit. Enfin, n'oublions pas la fonction économique de la forêt: une forêt produit du bois! Dans le cadre d'un développement durable, il est essentiel que chaque pays cherche à atteindre un taux d'auto-alimentation en bois aussi élevé que possible!



**Analyse en modellering van de koolstof-, water- en nutriëntencyclus van het proefbos Aelmoeseneie (Gontrode)
in het kader van Global Change en Duurzame ontwikkeling.**

**Analyse et modélisation du cycle du carbone, de l'eau et des éléments nutritifs dans la forêt expérimentale
Aelmoeseneie (Gontrode) en relation avec le changement global et le Développement durable**



Universiteit Gent
Laboratorium voor Plantecologie Vakgroep Toegepaste Ecologie en Milieubiologie

Verantwoordelijke - Responsable :

Noël Lust
Geraardsbergse Steenweg 267 9090 Melle
Tel : 09/252 21 13
Fax : 09/252 54 66
Email : Noël.Lust@rug.ac.be, sylvie.mussche@rug.ac.be



Het BELFOR netwerk bestaat uit negen verschillende onderzoeksteams. Er worden verschillende Belgische bostypes onderzocht: 2 loofbostypes (Aelmoeseneie - Gontrode), 2 naaldbostypes (De Inslag-Brasschaat en Waroneu-Jalhay), een populierenplantage (Ganzenhof-Balegem) en als laatste type een menging van loof- en naalddhout (Tinseubois-Vielsalm).

In al deze bossen worden verschillende aspecten van de koolstof-, water- en nutriëntencyclus bestudeerd. Elk bostype heeft immers zijn eigen, specifieke kenmerken en het is de bedoeling om het functioneren van de verschillende bostypes goed te begrijpen. Het onderzoek moet ons leren welke verschillende factoren bepalend zijn voor de groei en de gezondheid van het bos. Vervolgens kan gesimuleerd worden wat de invloed van een mogelijke klimaatsverandering (zgn. 'Global Change') op onze bossen zal zijn. Dit onderzoek is van belang om te komen tot een duurzame manier om om te springen met onze bossen.

Het Laboratorium voor Bosbouw werkt samen met het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer (IBW - AMINAL) aan een project genaamd het 'Bosbodemmeetnet'. Dit houdt in dat verschillende bossen in Vlaanderen elk jaar onderzocht worden op hun gezondheidstoestand (vitaliteit) en dat in 6 bossen in Vlaanderen (waaronder ook het Aelmoeseneiebos) ook onderzoek uitgevoerd wordt omtrent de water- en de nutriëntencyclus. Het doel van dit project is het opvolgen van de invloed van de luchtvervuiling op de gezondheidstoestand van onze bossen.

Le réseau BELFOR est composé de neuf équipes de recherche étudiant différents types de forêts en Belgique: 2 types de forêts d'arbres feuillus (Aelmoeseneie - Gontrode), 2 types de forêts de conifères (De Inslag - Brasschaat et Waroneu - Jalhay), une plantation de peupliers (Ganzenhof - Balegem) et enfin une forêt comprenant un mélange d'arbres feuillus et de conifères (Tinseubois - Vielsalm).

Dans toutes ces forêts, divers aspects des cycles du carbone, de l'eau et des éléments nutritifs sont analysés. Chaque type de forêt possède en effet ses caractéristiques spécifiques et l'objectif consiste à bien comprendre le fonctionnement des différents types de forêts. L'étude doit nous permettre de savoir quels sont les facteurs déterminants pour la croissance et la santé de la forêt. Ensuite, nous pouvons simuler l'influence que pourrait exercer un éventuel changement climatique sur nos forêts (le 'Global Change'). Cette étude revêt une importance particulière dans le cadre d'une gestion durable de nos forêts.

Le Laboratoire de Sylviculture collabore avec l'Institut de Sylviculture et de Gestion de la Flore et de la Faune (IBW - AMINAL) à l'élaboration d'un projet intitulé 'Réseau de mesures du sol forestier'. Dans le cadre de ce projet, plusieurs forêts de Flandre font chaque année l'objet d'études de leur état de santé (vitalité); de même, des recherches sont menées dans 6 forêts de Flandre (dont fait également partie la forêt d'Aelmoeseneie) en ce qui concerne les cycles de l'eau et des éléments nutritifs. L'objectif de ce projet consiste à découvrir l'influence de la pollution atmosphérique sur l'état de santé de nos forêts.



Het Laboratorium voor Bosbouw en het Laboratorium voor Plantecologie van de Gentse Universiteit doen samen onderzoek in het proefbos Aelmoeseneie. Dit proefbos is gelegen op ongeveer 15 km ten zuiden van Gent, te Gontrode. De belangrijkste boomsoorten die er voorkomen zijn zomereik, beuk, es en gewone esdoorn. De 35 m hoge toren die in het proefbos opgesteld staat (zie foto) maakt het mogelijk om op verschillende hoogtes in het bos de temperatuur, de relatieve vochtigheid, de lichtinstraling,... te meten. Ook een aantal andere klimatologische parameters worden van op de toren gemeten.

Het Labo voor Bosbouw onderzoekt de volledige cyclus van de voedingselementen ('nutriënten' genoemd) in het proefbos. Hierbij wordt vooral onderzocht hoeveel voedingsstoffen de bomen en struiken opnemen en hoeveel ze er nodig hebben. Samen met het Labo voor Plantecologie wordt ook de koolstofopslag in het proefbos en de watercyclus onderzocht.

Al deze gegevens worden samengebracht in een model dat de werking van het boscossysteem nabootst. Dit alles wordt onderzocht om tot een bewuster en duurzamer bosbeheer te komen. Dit onderzoek gebeurt in het kader van een groter project, dat het BELFOR netwerk genoemd wordt.

Wat ? Waarom ?

In het verleden werd al heel wat onderzoek verricht in het Aelmoeseneiebos. Een eerste opdracht van dit nieuwe onderzoek bestaat eruit de gegevens van deze vroegere onderzoeken op te sporen en samen te brengen in een databank. De ontbrekende gegevens in de dataset worden opgevuld met resultaten van nieuwe proeven. Eens alle gegevens verzameld zijn, is het mogelijk om de huidige toestand waarin het bos zich bevindt te simuleren, na te bootsen. Dit gebeurt met één of meerdere modellen. Een volgende stap bestaat erin het model te gebruiken om te voorspellen hoe het bos zich in de toekomst zal gedragen. Het is immers zo dat er sprake is van 'Global Change': er is een continue (klimaats)verandering bezig, op een tempo dat hoger is dan de vorige duizenden jaren het geval was. Deze klimaatsverandering houdt bijvoorbeeld in dat de gemiddelde luchttemperatuur zal stijgen. Het is van belang om te voorspellen hoe de bossen in onze streken hierop zullen reageren, omdat het dan mogelijk wordt om beleidsrichtlijnen op te

Le Laboratoire de Sylviculture et le Laboratoire de Phytoécologie de l'Université de Gand mènent ensemble des recherches dans la forêt d'expérimentation d'Aelmoeseneie. Cette forêt est située à environ 15 km au sud de Gand, plus précisément à Gontrode. Les principales espèces d'arbres que l'on y rencontre sont le chêne pédonculé, le hêtre, le frêne et l'érable commun. La tour haute de 35 m et installée dans la forêt d'expérimentation (voir photo) permet de mesurer la température, l'humidité relative, la pénétration de la lumière, ... à partir de différentes hauteurs dans la forêt. Certains autres paramètres climatologiques peuvent également être mesurés par le biais de cette tour.

Les recherches du Laboratoire de Sylviculture portent sur la totalité du cycle des éléments nutritifs dans la forêt expérimentale. L'on y analyse principalement la quantité d'éléments nutritifs absorbée par les arbres et les arbustes ainsi que la quantité d'éléments nutritifs dont ils ont besoin. Avec la collaboration du Laboratoire de Phytoécologie, le Laboratoire de Sylviculture analyse également les dépôts de carbone dans la forêt d'expérimentation ainsi que le cycle de l'eau.

Toutes ces données sont rassemblées dans un modèle qui reproduit le fonctionnement de l'écosystème forestier. Ce fonctionnement est étudié dans le but de parvenir à une gestion plus responsable et plus durable de la forêt. Ces recherches s'effectuent dans le cadre d'un projet plus important appelé le réseau BELFOR.

Quoi ? / Pourquoi ?

La forêt d'Aelmoeseneie a déjà fait l'objet de nombreuses études dans le passé. La première tâche de cette nouvelle étude consiste à retrouver les données recueillies au cours de ces recherches précédentes et à les rassembler dans une base de données. Les données manquantes dans cette base sont comblées à l'aide des résultats des nouvelles expériences. Une fois que toutes les données sont réunies, il est possible de simuler, de reproduire la situation dans laquelle la forêt se trouve actuellement. Pour ce faire, l'on a recours à un ou plusieurs modèles. La phase suivante consiste à utiliser le modèle afin de prévoir l'évolution future de la forêt. En effet, il est question de 'Global Change': l'on observe un changement (climatique) continu, à un rythme plus élevé qu'au cours des milliers d'années écoulées. Ce changement climatique implique par exemple une augmentation de la température atmosphérique moyenne. Il est important de prévoir comment les forêts de nos régions réagiront face à ce changement parce qu'il devient alors possible de définir des directives

stellen voor een duurzaam bosbeheer. De beleidsmensen willen immers graag weten wat er moet gebeuren om onze bossen ook in een veranderend klimaat gezond te houden m.a.w. streven naar een duurzaam beheer is de doelstelling!

Hoe ?

Het onderzoek kan ingedeeld worden in verschillende deelaspecten nl. de nutriëntencyclus, de watercyclus en de koolstofcyclus. Voor elk van deze deelaspecten worden metingen uitgevoerd. Het Laboratorium voor Bosbouw is voornamelijk met de nutriëntencyclus en een gedeelte van de koolstofcyclus bezig. Gedeeltelijk wordt de C-cyclus onderzocht in samenwerking met het Laboratorium voor Plantecologie. De watercyclus wordt hoofdzakelijk door het Laboratorium voor Plantecologie onderzocht.

De meeste metingen in verband met het kruinendak van het bos en in verband met klimatologische parameters, worden uitgevoerd met behulp van de 35 m hoge meettoren. Om een idee te krijgen van de voedingstoestand van de bladeren in de kruinen van de bomen, worden vanop de verschillende platforms van de toren bladeren uit de kruin van een es, een beuk en een eik 'geplukt'. Deze geplukte bladeren worden dan in het scheikundig laboratorium geanalyseerd op concentraties van bepaalde voedingselementen zoals N, P, K, Ca en Mg. Veel metingen in het bos gebeuren echter ook zonder de meettoren. Ook de bomen zelf en de bodem worden grondig onderzocht. Daartoe worden bomen geveld, in stukken gezaagd, volledig gewogen en geanalyseerd. Ook wortels(telsels) van bomen worden uitgegraven, gewogen en geanalyseerd.

Alle gegevens die in het proefbos verzameld worden, worden opgeslagen in het geheugen van een computer, waarmee dan uiteindelijk ook alle verdere verwerking van deze gegevens gebeurt.

politiques en faveur d'une gestion durable des forêts. En effet, les décideurs politiques souhaitent savoir quelles sont les mesures à prendre pour conserver nos forêts en bonne santé, même dans le cas de changements climatiques. En d'autres termes, l'objectif consiste à agir en faveur d'une gestion durable!

Comment ?

La recherche recouvre différents aspects partiels, à savoir le cycle de l'eau, le cycle du carbone et le cycle des éléments nutritifs. Pour chacun de ces aspects, des mesures sont effectuées. Le Laboratoire de Sylviculture s'occupe avant tout du cycle des éléments nutritifs ainsi que d'une partie du cycle du carbone. Le cycle du carbone est étudié en partie en collaboration avec le Laboratoire de Phytoécologie. Le cycle de l'eau est principalement étudié par ce même laboratoire.

La plupart des mesures au niveau des cîmes des arbres et en rapport avec les paramètres climatologiques sont effectuées à l'aide d'une tour de mesure haute de 35 m. Pour avoir une idée de l'état alimentaire des feuilles situées aux cîmes des arbres, les chercheurs installés sur différentes plates-formes de la tour 'cueillent' littéralement des feuilles aux cîmes de frênes, de hêtres ou de chênes. Ces feuilles sont envoyées dans un laboratoire de chimie où l'on étudie les concentrations des éléments nutritifs qu'elles contiennent (N, P, K, Ca et Mg). De nombreuses mesures en forêt s'effectuent toutefois sans l'aide de la tour de mesure. Les arbres et le sol sont minutieusement étudiés. Pour ce faire, certains arbres sont abattus et sciés en morceaux. La totalité de ces morceaux sera ensuite pesée et analysée. Même les racines des arbres sont déterrées pour être pesées et analysées. Toutes les données réunies dans la forêt d'expérimentation sont stockées dans la mémoire d'un ordinateur pour être finalement traitées.



Bepaalde bostypes zullen wellicht gunstiger reageren op de voorspelde 'Global Change' dan andere bostypes. Zoals de doelstelling van het project uitdrukt, zal nagegaan worden welke bostypes en boomsoorten gunstig zullen reageren. Bedoeling is dat het toekomstige bosbeheer hierop kan afgesteld worden, zodat in de toekomst steeds meer die bostypes en boomsoorten aangeplant zullen worden die gunstig zullen reageren op de klimaatsverandering. Dit is een onderdeel van het streven naar een duurzaam bosbeheer. Het bos is namelijk zeer belangrijk en vervult binnen onze maatschappij verschillende functies ('multifunctionaliteit' van het bos). Eén van die functies is de ecologische: een stukje natuur binnen onze geïndustrialiseerde maatschappij. Ook voor mens en recreatie is het bos van groot belang: iedereen geniet van een ontspannende boswandeling. Een derde belangrijke functie van het bos is de schermfunctie: in berg- en heuvelachtige streken is het bos belangrijk voor het tegengaan van erosie, bos kan ook een scherm vormen tegen wind of geluid...

Tenslotte is er ook de economische functie van het bos: een bos produceert hout! In het kader van een duurzame ontwikkeling is het van het groot belang dat elk land een bepaalde graad van zelfvoorziening inzake houtproductie nastreeft!

Certains types de forêts réagiront probablement mieux que d'autres au 'Global Change' annoncé. Comme l'exprime l'objectif du projet, l'une des tâches consistera à vérifier quels sont les types de forêts et d'arbres qui réagiront favorablement à ces changements. L'objectif consiste à mettre au point la gestion future des forêts en plantant à l'avenir davantage de types d'arbres et de plantes qui réagissent favorablement aux changements climatiques. Ceci fait partie de la volonté de gestion durable des forêts.

La forêt est en effet extrêmement importante et exerce diverses fonctions dans notre société (c'est la 'multifonctionnalité' de la forêt). La première de ces fonctions est écologique: un morceau de nature dans notre société industrialisée. Mais la forêt est également importante pour l'homme et ses loisirs: tout le monde apprécie une agréable promenade en forêt. Une troisième fonction importante est la fonction protectrice: dans les régions montagneuses, la forêt constitue un élément non négligeable pour lutter contre l'érosion. Elle peut aussi former un écran de protection contre le vent ou le bruit...

Enfin, n'oublions pas la fonction économique de la forêt: une forêt produit du bois! Dans le cadre d'un développement durable, il est essentiel que chaque pays cherche à atteindre un taux d'auto-provisionnement en bois aussi élevé que possible!



**Analyse en modellering van de mogelijke impact van verhoogd atmosferisch CO₂ gehalte en
luchttemperatuur op de koolstofbalans van een naaldbosecosysteem (FBT II) en van een
populierenaanplanting (FBT III)**

**Analyse et modélisation de l'impact potentiel d'une augmentation de la concentration atmosphérique de
CO₂ et de la température de l'air sur le bilan de carbone d'un écosystème forestier de pins (TFF II) et
d'une plantation de peupliers (TFF III)**



Universiteit Antwerpen - Universitaire Instelling Antwerpen
Departement Biologie

Verantwoordelijke - Responsable :

R. Ceulemans
Universiteitsplein 1 2610 Wilrijk
Tel : 03/820 22 56
Fax : 03/820 22 71
Email : rceulem@uia.ua.ac.be



De simulaties aan de hand van het ecofysiologisch model dienen gevalideerd te worden, d.w.z. dat bij voorbeeld de gesimuleerde fluxen van koolstof moeten getoetst worden aan de gemeten fluxen van koolstof. Deze fluxen worden samen met een ganse reeks meteorologische parameters gemeten bovenop een 40 meter hoge meteorologische toren van het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer die in het bos staat opgesteld. Naast de fluxen van koolstof, worden ook de uitwisselingen van water en energie tussen het bos en de atmosfeer gemeten (door Dr. A.S. Kowalski). De gasuitwisseling vanuit de bodem is het resultaat van ontbindingsprocessen (afbraak van organisch materiaal), en van de ademhaling van wortels en micro-fauna. Deze bodem-gasuitwisseling is in de meeste boscossystemen een van de grootste fluxen van koolstof in het gehele systeem.

In nauwe samenwerking met de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO in Mol) worden ook satellietbeelden genanalyseerd en gebruikt voor de studie van het dennenbos. Aan de hand van de satellietbeelden kan informatie bekomen worden over de hoeveelheid straling die door de vegetaties in het bos worden opgenomen of weerkaatst. Deze informatie wordt dan via een model gebruikt om de groei of productie van het bos te bepalen. Metingen van groei en productiviteit uitgevoerd door het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer laten dan opnieuw toe om te valideren.

De impactstudies bepalen op welke manier onderliggende groei- en ontwikkelingsparameters bij jonge zaailingen beïnvloed worden door verhoogd atmosferisch CO₂ en temperatuur. Een kennis van de effecten is belangrijk omdat ze dan gebruikt kunnen worden in het ecofysiologisch model.

Het model laat dan toe de effecten van klimaatsveranderingen op het dennenbos te simuleren en aldus conclusies te formuleren over hoe het bos in de toekomst zal reageren op wijzigingen van het klimaat.

Les simulations effectuées à l'aide du modèle écophysiologique doivent être validées. En d'autres termes, les flux de carbone simulés doivent être confrontés aux flux de carbone mesurés. Ces flux, ainsi que d'autres paramètres météorologiques, sont mesurés à partir d'une tour météorologique haute de 40 mètres installée dans la forêt par l'Institut de Sylviculture et de Gestion de la Faune. Outre les flux de carbone, les chercheurs mesurent également les échanges d'eau et d'énergie entre la forêt et l'atmosphère (étude dirigée par le Dr. A.S. Kowalski). Les échanges de gaz depuis le sol sont le résultat de processus de décomposition des matières organiques et de la respiration des racines et de la microfaune. Dans la plupart des écosystèmes, ces échanges de gaz par le sol représentent les principaux flux de carbone dans l'ensemble du système.

En étroite collaboration avec le Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (le VITO, situé à Mol), les chercheurs analysent et utilisent des images obtenues par satellite pour étudier la forêt de pins. Les images satellites permettent d'obtenir des informations en rapport avec la quantité de rayonnement absorbée ou renvoyée par les végétations présentes dans la forêt. Ces informations sont ensuite utilisées par le biais d'un modèle pour déterminer la croissance ou la production de la forêt. Les mesures de la croissance ou de la productivité effectuées par l'Institut de Sylviculture et de Gestion de la Faune permettent une nouvelle fois de procéder à une validation.

Les études d'impacts déterminent la manière dont les paramètres de croissance et de développement sous-jacents chez les jeunes arbres subissent l'influence des augmentations de CO₂ atmosphérique et de la température. Une bonne connaissance de ces effets est importante car ces effets peuvent alors être utilisés dans le modèle écophysiologique.

Le modèle permet alors de simuler les effets des changements climatiques sur la forêt de pins et donc de formuler des conclusions sur la manière dont la forêt réagira aux changements climatiques à l'avenir.

Het onderzoeksproject kadert in een groter Belgisch netwerk van onderzoekslaboratoria (Belfor) dat gecoördineerd wordt door de Universiteit van Gent. Daarnaast past het project ook in twee ruimere Europese netwerken. Het Ecocraft-netwerk bestaat uit een twaalfstal Europese onderzoeksinstituten en universitaire laboratoria en richt zich voornamelijk op de impactstudies van diverse Europese boomsoorten en op de extrapolatie van de bevindingen naar het niveau van het bestand. Dit onderzoeksnetwerk wordt gecoördineerd vanuit de Universiteit van Edinburgh in Schotland (Verenigd Koninkrijk). Het Euroflux-netwerk incorporeert een vijftiental Europese onderzoeksinstituten en laboratoria, en heeft de studie van de uitwisselingen van koolstof, water en energie tussen Europese bossen en de atmosfeer tot doel. Dit netwerk wordt gecoördineerd vanuit de Universiteit van Viterbo in Italië.

Daarnaast wordt er zeer intensief samengewerkt met de Universiteiten van Parijs (Orsay, Frankrijk), van Sussex (Brighton, Verenigd Koninkrijk) en van Brno (Tsjechische Republiek). Meerdere internationale onderzoekers (uit U.S.A., Frankrijk, India en Australië) werken aan het onderzoek mee.

Le projet de recherche s'inscrit dans le cadre d'un réseau belge plus vaste (Belfor) composé de laboratoires de recherche et coordonné par l'Université de Gand. En outre, le projet s'inscrit également dans le cadre de deux autres réseaux européens de grande envergure. Le réseau Ecocraft se compose d'une douzaine d'instituts de recherche européens et de laboratoires universitaires. Ses recherches portent essentiellement sur les études d'impacts de diverses espèces d'arbres d'Europe et sur l'extrapolation des découvertes au niveau de la forêt. Ce réseau de recherche est coordonné depuis l'Université d'Edimbourg en Ecosse (Royaume-Uni). Le réseau Euroflux, quant à lui, regroupe une quinzaine d'instituts de recherche et de laboratoires européens; son objectif consiste à étudier les échanges de carbone, d'eau et d'énergie entre les forêts d'Europe et l'atmosphère. Ce réseau est coordonné depuis l'Université de Viterbo, en Italie.

En outre, ces réseaux collaborent intensivement avec les Universités de Paris (Orsay, France), de Sussex (Brighton, Royaume-Uni) et de Brno (République tchèque). Plusieurs chercheurs internationaux (originaires des Etats-Unis, de France, d'Inde et d'Australie) apportent leur contribution à l'étude.



Mogelijke impact van verhoogde atmosferische CO₂ en temperatuur op de koolstofbalans van een naaldbosecosysteem

De studie van de mogelijke impact van verhoogde atmosferische CO₂ gehaltes en temperatuur op bosbestanden gebeurt voornamelijk via een combinatie van twee benaderingen. Enerzijds wordt er gebruik gemaakt van modellen die het bos of het boscysteem op een zo nauwkeurig mogelijke wijze beschrijven en simuleren. Anderzijds laten zogenoemde impactstudies toe om de responsie van bomen op veranderende klimaatsomstandigheden te bestuderen en te kwantificeren.

In dit project wordt een gedetailleerde studie van een heterogeen dennenbos 'De Inslag' in Brasschaat gecombineerd met een modelbenadering en een impactstudie. De impactstudie gebeurt (in het kader van het doctoraatswerk van M.E. Jach) op jonge zaailingen van grove den in begassingskamers buiten (open top kamers). Het model wordt ontwikkeld (door Dr. D.A. Sampson en Dr. V. Gond) aan de hand van de ecofysiologische, meteorologische en bestandsparematers die in het bos worden verzameld. Een zeer belangrijk facet van het onderzoek is ook de studie van de gasuitwisseling door de bodem, uitgevoerd in het kader van het doctoraatswerk van I. Janssens.

Het onderzoek wordt uitgevoerd in zeer nauwe samenwerking en met de volledige steun van het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer (Geraardsbergen).

Wat ? Waarom ?

De uiteindelijke doelstellingen van het onderzoek zijn het bestuderen van de mogelijke impact van globale klimaatsveranderingen op boscystemen (in het bijzonder op een dennenbos), en de gevolgen daarvan voor de productie en het beheer van deze boscystemen. Centraal daarbij staat de koolstofcyclus, omdat deze essentieel is voor de groei en ontwikkeling van de vegetatie, en ook omdat deze door verhoogde atmosferische CO₂ gehaltes en temperatuur zowel rechtstreeks als onrechtstreeks wordt beïnvloed. In de koolstofcyclus willen we de verschillende hoeveelheden koolstof die zijn opgeslagen in het bos (in de stam, takken, bladeren, wortels, bodem,...) bepalen, alsook de fluxen tussen de verschillende compartimenten onderling en met de atmosfeer.

Eventuel impact de l'augmentation du taux de CO₂ atmosphérique et de la température sur l'équilibre carbonique de l'écosystème d'une forêt de conifères

L'étude de l'éventuel impact des augmentations des taux de CO₂ atmosphérique et de la température sur les forêts s'effectue principalement par la combinaison de deux approches. D'une part, l'on utilise des modèles qui décrivent et simulent la forêt ou l'écosystème forestier avec un maximum de précision. D'autre part, les chercheurs ont recours à ce qu'ils appellent des études d'impacts, qui permettent d'étudier et de quantifier la réaction des arbres face aux changements climatiques.

Dans ce projet, une étude détaillée portant sur la forêt de pins hétérogène 'De Inslag' (Brasschaat) est combinée à une approche basée sur l'utilisation de modèles et sur une étude d'impacts. Cette étude d'impacts est réalisée (dans le cadre du doctorat de M.E. Jach) sur de jeunes plants de pins sylvestres au moyen d'espaces spéciaux appelés chambres de culture à ciel ouvert. Le modèle est élaboré (par le Dr. D.A. Sampson et le Dr. V. Gond) à l'aide de paramètres écofysiologiques, météorologiques et forestiers, tous obtenus dans la forêt. Un aspect très important de ces recherches est l'étude des échanges de gaz par le sol, une étude réalisée dans le cadre du doctorat de I. Janssens. L'étude est réalisée en étroite collaboration et avec le soutien de l'Institut pour Bosbouw en Wildbeheer (Grammont).

Quoi ? / Pourquoi ?

Les objectifs finaux des recherches consistent à étudier l'éventuel impact des changements climatiques mondiaux sur les écosystèmes forestiers (tout particulièrement sur une forêt de pins) ainsi que les conséquences de ces changements sur la production et la gestion de ces écosystèmes forestiers. A ce sujet, l'élément central est le cycle du carbone, non seulement parce qu'il est indispensable à la croissance et au développement de la végétation mais aussi parce qu'il est directement et indirectement influencé par les augmentations de CO₂ atmosphérique et de température. Dans le cycle du carbone, nous souhaitons déterminer les différentes quantités de carbone présentes dans la forêt (dans les troncs, les branches, les feuilles, les racines, le sol, ...) ainsi que les échanges entre les différents

Daarbij zijn strooiselval, gasuitwisseling door de bodem en de vegetatie, groei, ademhaling de belangrijkste. Deze verschillende compartimenten en fluxen brengen we tesamen in een verklarend en voorspellend mathematisch model. Dit model beschrijft als het ware het bos, en laat toe te zien hoe het bos kan veranderen als een aantal parameters wijzigen. De effecten van de wijzigingen zelf komen uit de impactstudies op jonge zaailingen die worden blootgesteld aan de klimaatscondities van bijvoorbeeld het jaar 2070 (verdubbelde atmosferische CO₂ gehalten en verhoogde temperatuur).



compartiments de même qu'entre ces compartiments et l'atmosphère. Pour ce faire, la chute des jonchées, les échanges de gaz par le sol et la végétation, la croissance et la respiration sont les éléments les plus importants. Nous regroupons ces différents compartiments et flux dans un modèle mathématique explicatif et prévisionnel. Ce modèle décrit la forêt et permet d'observer comment la forêt change lorsque certains paramètres sont modifiés. Les effets des modifications proviennent des études d'impacts réalisées sur de jeunes plants exposés aux conditions climatiques d'une année donnée, par exemple 2070 (taux de CO₂ atmosphérique doublés et augmentation de la température).



Hoe ?

Diverse instrumenten en methoden worden gebruikt om de beoogde doelstellingen te bereiken.

(1) MODEL : Mathematische en ecofysiologische modellen zijn gebaseerd op parameters en processen die op de bomen in het terrein en in de open top kamers worden gemeten.

(2) NIET-DESTRUCTIEVE METINGEN : Diverse metingen (groei, ontwikkeling, productie, gasuitwisseling) op de bomen worden uitgevoerd in het bos en de open top kamers.

(3) BEGASSINGSRUIMTEN : De begassing op jonge zaailingen gebeuren in open top kamers, die enerzijds toelaten om een aantal parameters (bv. CO₂ gehalte en temperatuur) te wijzigen, maar anderzijds zo weinig mogelijk het omgevingsmilieu verstoren.

(4) GASANALYSE BODEM : Bodemgasuitwisseling wordt in het bos gemeten met behulp van speciale 'bodemkamers', van gasanalysetechnieken en bemonstering.

(5) MICROMETEOROLOGIE : De fluxen van koolstof, water en energie tussen de vegetatie en de atmosfeer worden vanop de meteorologische toren gemeten met behulp van micrometeorologische technieken.

(6) SATELLIETBEELDEN : 'Remote sensing'-technieken maken gebruik van satellietbeelden die dagelijks worden verzameld, gecorrigeerd, geanalyseerd en verwerkt (in samenwerking met de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, VITO in Mol).



Comment ?

Divers instruments et méthodes sont utilisés pour atteindre les objectifs visés.

(1) MODELE: Les modèles mathématiques et écophysiologiques sont basés sur les paramètres et les processus mesurés dans les arbres sur le terrain et dans les chambres à ciel ouvert.

(2) MESURES NON-DESTRUCTRICES: Diveres mesures (croissance, développement, production, échanges de gaz) sont effectuées sur les arbres en forêt et dans les chambres de culture à ciel ouvert.

(3) CHAMBRES DE CULTURE A CIEL OUVERT: Les projections de gaz sur de jeunes arbres s'effectuent dans des chambres à ciel ouvert qui permettent de modifier certains paramètres (ex: le taux de CO₂ et la température) en n'occasionnant au milieu écologique qu'une perturbation minime.

(4) ANALYSE DES GAZ DU SOL: Les échanges de gaz par le sol sont mesurés dans la forêt au moyen de chambres spéciales pour la prospection du sol, de techniques d'analyse des gaz et de prélèvements.

(5) MICROMETEOROLOGIE: Les échanges de carbone, d'eau et d'énergie entre la végétation et l'atmosphère sont mesurés à partir d'une tour météorologique au moyen de techniques micrométéorologiques.

(6) IMAGES SATELLITES: Les techniques d'observation à distance utilisent des images satellites recueillies, corrigées, analysées et traitées chaque jour en collaboration avec le Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek(VITO), situé à Mol.





Bossen vertegenwoordigen ongeveer 21 % (of één vijfde) van de totale landoppervlakte, maar zij zijn goed voor 76 % (of ongeveer drie vierden) van de biomassa op het land en vertegenwoordigen ongeveer 37 % (meer dan één derde) van de totale bioproduktiviteit. Bossen en bomen vormen dan ook het belangrijkste onderdeel van de terrestrische biosfeer en spelen een cruciale rol in de koolstofcyclus van onze aarde.

Gemiddeld genomen is ongeveer één derde van de landoppervlakte in Europa ingenomen door bossen, waarvan de meeste op een of andere manier beheerd worden ten behoeve van het landschap, de recreatie, het wildbeheer en de productie van hout of andere marktproducten. Het is dan ook zeer belangrijk om te weten hoe deze bomen en bossen in de toekomst zullen reageren op globale klimaatwijzigingen. De belangrijkste klimaatwijzigingen die zich voordoen en die een rechtstreeks effect hebben op de groei en ontwikkeling van groene planten, zijn de stijging van het atmosferisch CO₂ gehalte en de omgevingstemperatuur. De CO₂ concentratie is gestegen van ongeveer 280 ppm in het midden van de 19de eeuw tot bijna 360 ppm in 1998, en ze neemt verder toe met een gemiddelde van ongeveer 1.5 ppm per jaar. Over dezelfde globale periode is de temperatuur met bijna 0.6 °C gestegen. Mathematische modellen gebaseerd op ecofysiologische parameters en processen laten toe om het gedrag, de groei en ontwikkeling van bomen en bossen op deze veranderende klimaatwijzigingen te simuleren en te bestuderen. De gevolgen van deze klimaatwijzigingen zullen veelbetekenend zijn voor het landgebruik in de toekomst, voor de productiviteit van de bossen en voor de koolstof-balans van de aarde.

Les forêts représentent environ 21% (soit un cinquième) de la superficie totale des continents, mais 76% (les trois quarts) de la biomasse sur terre et environ 37% (plus d'un tiers) de la bioproduktivité totale. Les forêts et les arbres constituent par conséquent la majeure partie de la biosphère terrestre et jouent un rôle crucial dans le cycle du carbone de notre planète.

En moyenne, environ un tiers de la superficie des terres d'Europe est occupé par des forêts, dont la majorité est, d'une manière ou d'une autre, gérée pour les besoins du paysage, des loisirs, de la protection de la faune et de la production de bois ou d'autres produits vendus sur le marché. Par conséquent, il est extrêmement important de savoir comment ces arbres et ces forêts réagiront aux changements climatiques mondiaux dans le futur. Les principaux changements climatiques qui se produisent et qui ont un effet direct sur la croissance et le développement des plantes vertes sont les augmentations du taux de CO₂ atmosphérique et de la température ambiante. La concentration de CO₂ est passée d'environ 280 ppm au milieu du 19e siècle à 360 ppm en 1998 et elle continue d'augmenter à raison de 1,5 ppm par an en moyenne. Durant la même période globale, la température a augmenté de presque 0,6 °C. Les modèles mathématiques basés sur les paramètres et les processus écofysiologiques permettent de simuler et d'étudier le comportement, la croissance et le développement des arbres et des forêts face à ces changements climatiques. Les conséquences de ces changements climatiques s'avéreront significatives pour l'utilisation du sol à l'avenir, pour la productivité des forêts et pour le bilan carbonique de notre planète.



Analyse en modellering van de koolstof- , water- en nutriëntencyclus in het bos van Vielsalm, in het kader van Global Change en Duurzame Ontwikkeling

Analyse et modélisation des cycles du carbone, de l'eau et des éléments nutritifs dans la forêt de Vielsalm, en relation avec les changements globaux et le Développement durable



Faculté Universitaire des sciences agronomiques de Gembloux
Unité de Biologie végétale - Dép. de Biochimie et Biologie appliquées

Verantwoordelijke - Responsable :

E. Laitat
Passage des Déportés 2 5030 Gembloux
Tel : 081/62 24 64
Fax : 081/61 41 20
Email : becocraft@fsagx.ac.be



Ons onderzoek voltrekt zich in het bosdomein van Vielsalm, waar zowel jonge bomen in openluchtkweekkamers als een perceel met grote bomen bestudeerd worden. Tijdens de voorbije vijf jaar hebben we een aanzienlijk aantal gegevens vergaard over de invloed van een stijging in de CO_2 -concentratie en de temperatuur op de fysiologie van de bomen in de openluchtkweekkamers.

Onze huidige uitdaging ligt erin deze gegevens te extrapoleren naar volwassen bomen, naar een perceel, een bos en tenslotte naar een heel bosgebied.

De moeilijkheid van een dergelijke extrapolatie ligt in het bosecosysteem: dit is ingewikkelder dan een verzameling geïsoleerde bomen. Op een dergelijke gesofistikeerde structuur kan men moeilijk experimenteren. Daarom moeten de extrapolaties noodzakelijkerwijze berusten op de ontwikkeling van modellen, dit is de wiskundige weergave van de kennis.

Dit onderzoeksproject maakt deel uit van twee andere projecten, ECOCRAFT en EUROFLUX in het programma voor Milieu en Klimaat van de Europese Unie.

Het eerste project (ECOCRAFT) bestudeert de fysiologische reactie van bomen op een stijging in CO_2 -concentratie. 10 teams werken eraan mee. Het huidige onderzoek houdt zich bezig met het ontwikkelen van een model over de fysiologie van oudere bomen en zelfs het hele bosecosysteem, door extrapolatie van de kennis over de fysiologie van jonge bomen.

Het tweede Europese project (EUROFLUX) is een micrometeorologische studie van de bedekking van een bosperceel van enkele hectaren. 12 teams werken hier samen om de nettoflux van CO_2 en waterdamp te meten. Tevens onderzoeken zij de omvang van de reservoirs van deze twee gassen in het bos.

Deze elkaar aanvullende projecten illustreren hoe ons huidige onderzoek poogt de reeds verkregen kennis over jonge bomen te veralgemenen naar een heel bosecosysteem

Nos recherches se déroulent dans la forêt domaniale de Vielsalm à la fois sur de jeunes arbres dans des chambres de culture à ciel ouvert et dans une parcelle forestière formée d'arbres de grande taille. Au cours des cinq dernières années, nous avons rassemblé une quantité importante d'informations sur les effets d'une élévation du CO_2 et de la température sur la physiologie des arbres dans des chambres de culture à ciel ouvert.

Notre défi actuel est d'extrapoler ces informations à un arbre adulte, une parcelle, une forêt et enfin une région forestière.

La difficulté de cette extrapolation réside dans la structure de l'écosystème forestier, plus complexe qu'une simple juxtaposition d'arbres isolés. Aucune expérimentation sur une structure aussi sophistiquée est envisageable. Aussi, les extrapolations doivent nécessairement reposer sur la modélisation, c'est à dire la formulation mathématique des connaissances.

Ce projet de recherche s'inscrit dans le cadre de deux autres projets appelés ECOCRAFT et EUROFLUX, du programme Environnement et Climat de l'Union Européenne.

Le premier projet (ECOCRAFT) est une étude sur la réponse physiologique des arbres à l'élévation de CO_2 . Il associe 10 équipes. Les travaux actuels visent la généralisation des connaissances de physiologie de jeunes arbres à celle d'arbres plus âgés, voire à l'écosystème forestier, par le recours à la modélisation.

Le second projet européen (EUROFLUX) est une étude micrométéorologique à l'échelle du couvert d'une parcelle forestière de quelques hectares. Il associe 12 équipes et vise à mesurer les flux nets de CO_2 et de vapeur d'eau ainsi que l'importance des réservoirs de ces deux gaz dans la forêt.

Ces projets complémentaires illustrent la tendance de nos recherches actuelles à généraliser les connaissances obtenues sur la physiologie de jeunes arbres à l'écosystème forestier.



Verschillende modellen voorspellen een stijging in de uitstoot van broeikasgassen in de atmosfeer en een hiermee gepaard gaande wereldwijde stijging van de temperatuur. De bossen staan in voor meer dan 50% van de koolstofbalans op aarde. Dit koolstofopslagvermogen moet echter juist gekwantificeerd worden om het vermogen van de bossen in te schatten om plotse 'klimaatveranderingen' op te vangen.

De Top van Rio (1992) en het Protocol van Kyoto (1997) hebben het belang van de bossen in deze problematiek bevestigd.

Onze analyse van de koolstofcyclus in de Belgische ecosystemen (BELFOR) gaat uit van een verzameling waarnemingen op 6 proefsites, die overeenkomen met de voornaamste bostypen in België. Talrijke gegevens die beschikbaar zijn voor deze sites zullen verzameld worden in een gegevensbank. Ze zullen vervolgens verwerkt worden in modellen om een basis te scheppen voor het bosbeleid. Men kan dan op deze modellen steunen om een duurzame ontwikkeling te garanderen van de natuurlijke rijkdom van onze bossen, in dit geval de koolstofcyclus.

Wat ? Waarom ?

Het doel van het onderzoek is:

- 1- bepalen van de werkingsmechanismen en mogelijke invloed van een wereldwijde stijging in CO₂-concentratie en temperatuur op de processen die verband houden met de groei, het waterverbruik en het atmosferische CO₂-absorberend vermogen.
- 2- voorspellingen over de toekomst van de bossen onder de wereldwijd veranderende milieu-omstandigheden (Global Climate Change).

Sinds 1987 heeft men zich in het project beziggehouden met technische fasen en fysiologische metingen. Men probeert nu de resultaten te verwerken in een model voor een bosperceel, een bosgebied en het gematigde continentale bos van West-Europa.

Eén van de belangrijkste besluiten van onze experimenten is dat alle fysiologische reacties beperkt worden door de beschikbaarheid van mineralen en licht.

De bossen alleen zouden nooit een oplossing kunnen bieden voor het probleem van de CO₂-uitstoot die voortvloeit uit onze menselijke activiteiten om het klimaat te behouden.

Divers modèles prédisent une augmentation des émissions de CO₂ dans l'atmosphère et une élévation simultanée de la température du globe. Les forêts comptent pour plus de 50% du bilan de carbone de la terre. Cette capacité de stockage du carbone doit être cependant correctement quantifiée pour évaluer le potentiel des forêts à réguler de brusques 'changements climatiques'. Le sommet de Rio (1992) et le protocole de Kyoto (1997) ont confirmé l'importance des forêts dans cette problématique.

Notre analyse du cycle du carbone dans les écosystèmes forestiers belges (BELFOR) part de l'inventaire des observations réalisées dans 6 sites expérimentaux, correspondant aux principaux types forestiers en Belgique. Les très nombreuses informations disponibles pour ces sites seront rassemblées dans une base de données et modélisées afin de jeter les fondements d'un plan d'appui à une politique forestière qui garantisse un développement durable de nos ressources forestières, du point de vue du cycle du carbone.

Quoi ? / Pourquoi ?

Les buts de ces recherches sont:

- 1- d'évaluer les mécanismes d'action et les effets probables d'une élévation du CO₂ et de la température du globe sur les processus qui déterminent la croissance, l'utilisation de l'eau et le potentiel des forêts à absorber le CO₂ atmosphérique ;
- 2- de permettre les prédictions sur l'avenir des forêts face aux changements climatiques globaux.

Depuis 1987, le projet a comporté des phases techniques, de mesures physiologiques et tend à modéliser les résultats pour une parcelle forestière, une région et la forêt tempérée continentale d'Europe de l'ouest.

Une des principales conclusions de nos expérimentations est que toutes les réponses physiologiques sont limitées par la disponibilité en éléments minéraux et en éclaircissement. Les forêts ne pourraient apporter à elles seules une solution au problème de réduction des émissions de CO₂, qui résultent de nos activités humaines, pour préserver le climat.

Hoe ?

Voor deze studie over de invloed van CO₂, injecteren we dit broeikasgas in de open kweekkamer. Wij beschikken over acht kamers en vier controlepercelen. 92 milieuparameters worden om de 30 minuten gemeten, om te waken over het goede verloop van deze proef.

De tienhoekige openluchtkamers zijn gedeeltelijk omheinde gebieden in een miniatuur bosecosysteem, uit 2.5 meter hoog Plexiglas, met een doorsnede van 3.0 meter.

In het begin van de proef kweekten we 30 gekloonde bomen per kamer. Nu ze gegroeid zijn, blijven er 12 over. We waken erover een bosmicroklimaat te behouden met als enige wijziging in het milieu een verdubbeling van de huidige atmosferische CO₂-concentratie (700 ppm) en een temperatuurstijging van 1,5°C in de kweekkamers.

De foto's tonen de kamers, de bomen en de meetapparatuur.

Comment ?

Pour cette étude sur les effets du CO₂, nous injectons ce gaz à effet de serre dans l'atmosphère des chambres de culture à ciel ouvert. Nous disposons de huit chambres et de quatre parcelles de contrôle. 92 paramètres environnementaux sont mesurés toutes les 30 minutes, pour contrôler le bon déroulement de l'expérience.

Les chambres de culture à ciel ouvert sont des enceintes partielles d'un écosystème forestier miniature. Elles sont en Plexiglas, de forme décagonale, de 2.5 m de hauteur et 3.0 m de diamètre. Au départ de l'expérience, nous cultivions 30 arbres issus de clonage par chambre. Les arbres grandissants, il en reste maintenant 12. Nous veillons à conserver le microclimat forestier et à imposer pour seules modifications un doublement du CO₂ atmosphérique actuel (700 ppm) et une élévation de 1,5 °C dans ces chambres de culture. Les photos montrent les chambres, les arbres et les équipements de mesure.



Dit project zal gevolgen hebben op wetenschappelijk, technisch en socio-economisch gebied.

Het heeft tot doel de betrouwbaarheid van onze voorspellingen te verhogen en de onzekerheden met betrekking tot de invloed van klimaatveranderingen op onze Belgische bosccosystemen te verminderen.

Tevens poogt men originele experimentele en simulatietechnieken toe te passen in het West-Europese bosonderzoek.

Het belang van onze beboste oppervlakten wordt maar al te vaak verwaarloosd te opzichte van de wijd uitgestrekte wouden in het Amazonegebied, Afrika of Siberië.

Het probleem van de overvloedige uitstoot van broeikasgassen ontstaat in de geïndustrialiseerde landen.

De oplossing moet dus vooreerst in onze gebieden gezocht worden.

Bossen kunnen daar in beperkte mate aan bijdragen.

Aan de beleidslieden zullen deze voorspellingen ter beschikking gesteld worden als steun bij het maken van maatschappelijke keuzen die voortvloeien uit onze huidige levenswijze, verantwoordelijk voor het onophoudelijke toenemen van de concentratie aan broeikasgassen.

Les retombées de ce projet sont d'ordre scientifique, technique et socio-économique.

Ce projet vise à améliorer la fiabilité de nos prédictions et à réduire les incertitudes associées à l'impact des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers belges.

Il vise également la mise en oeuvre de techniques expérimentales et de simulations originales dans le contexte de la recherche forestière en Europe occidentale.

Trop souvent, l'importance de nos surfaces forestières est négligée, vis-à-vis des vastes forêts amazonienne, africaine ou sibérienne. Le problème des émissions excessives des gaz à effets de serre trouve son origine dans nos pays industrialisés. La solution doit donc d'abord être trouvée dans nos régions. Les forêts peuvent y contribuer, pour une faible part.

Ces prédictions seront mises à disposition des décideurs comme support aux choix de société qui résulteront nécessairement de notre mode de vie actuel, responsable d'émissions sans cesse croissantes de gaz à effets de serre.



**Numerieke modellering van de respons van Belgische bosesystemen op klimaatveranderingen /
Kwantificering en analyse en modellering van koolstof-, water- en nutriëntencyclus in het bos van
Waroneu, in het kader van Global Change**

**Modélisation numérique de la réponse des écosystèmes forestiers belges aux changements climatiques /
Quantification et analyse des cycles du carbone, de l'eau et des éléments nutritifs dans la forêt de
Waroneu, en relation avec le Changement global.**

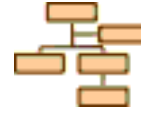


Université de Liège
Ecologie Microbienne

Verantwoordelijke - Responsable :

Jean Remacle
Département de Botanique - B22 4000 Liège
Tel : 04/366 45 17
Fax : 04/366 39 45
Email : j.remacle@ulg.ac.be

Samenwerking



Collaboration

- Laboratoire de Physique Atmosphérique et Planétaire, Université de Liège, 4000 Luik
- Unité de Eaux et Forêts, Université Catholique de Louvain, 1348 Louvain-la Neuve
- Faculté des Sciences Agronomiques, 5030 Gembloux
- Laboratorium voor Plantecologie, Universiteit Gent, 9000 Gent
- Département de Biologie, Universiteit Antwerpen, 2610 Wilrijk
- Laboratorium voor Bosbouw, Universiteit Gent, 9090 Melle
- IBW, 9500 Geraardsbergen
- VITO, 2400 Mol

- Laboratoire de Physiologie Végétale, Université de Liège, 4000 Liège
- Laboratoire de Physique Atmosphérique et Planétaire, Université de Liège, 4000 Liège
- Ecologie végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, 5030 Gembloux
- Science du Sol, Faculté des Sciences Agronomiques, 5030 Gembloux
- Netherlands Institute of Ecology, Terrestrial Ecology (NIOO-CTO), Heteren, Nederland
- CEFE – CNRS, Montpellier, Frankrijk
- Institut für Biologie II, RWTH, Aachen, Duitsland

- Laboratoire de Physique Atmosphérique et Planétaire, Université de Liège, 4000 Liège
- Unité de Eaux et Forêts, Université Catholique de Louvain, 1348 Louvain-la Neuve
- Faculté des Sciences Agronomiques, 5030 Gembloux
- Laboratorium voor Plantecologie, Universiteit Gent, 9000 Gand
- Département de Biologie, Universiteit Antwerpen, 2610 Wilrijk
- Laboratorium voor Bosbouw, Universiteit Gent, 9090 Melle
- IBW, 9500 Geraardsbergen
- VITO, 2400 Mol

- Laboratoire de Physiologie Végétale, Université de Liège, 4000 Liège
- Laboratoire de Physique Atmosphérique et Planétaire, Université de Liège, 4000 Liège
- Ecologie végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, 5030 Gembloux
- Science du Sol, Faculté des Sciences Agronomiques, 5030 Gembloux
- Netherlands Institute of Ecology, Terrestrial Ecology (NIOO-CTO), Heteren, Pays-Bas
- CEFE - CNRS, Montpellier, France
- Institut für Biologie II, RWTH, Aachen, Allemagne



Studie van Bosccosystemen. Microbiële activiteit in de bodem.

Het laboratorium bestudeert de flux van voedingsstoffen en koolstof in de bossen en de invloed van de wereldwijde klimaatveranderingen (toename in broeikasgassen, temperatuur, neerslag, beschikbaarheid van voedingsstoffen) op de microbiële processen in de bodem van het bos. Deze zijn belangrijk want ze beïnvloeden de groei van de bomen, de stabiliteit van het ecosysteem, en ook functie van het bos als bron van of reservoir voor broeikasgassen.

Wat ? Waarom ?

De menselijke activiteiten veroorzaken in de atmosfeer een verhoging van de koolstofdioxideconcentratie en de temperatuur. Aangezien de bomen in het bos afhangen van koolstofdioxide (voor de fotosynthese) en van de temperatuur, zal hun groei hierdoor beïnvloed worden. De micro-organismen die in de bodem van het bos leven en ook onontbeerlijke voedingsstoffen voor de bomen leveren, zullen vooral gevoelig zijn voor temperatuurveranderingen. Wij bestuderen in de bossen de evolutie van de fluxen van water, voedingsstoffen en organische koolstof. Deze fluxen kunnen slechts juist geïnterpreteerd worden na een lange waarnemingsperiode, want het bos ontwikkelt zich zeer traag (een boom kan ouder worden dan honderd jaar). Een ander onderdeel van ons onderzoek is gericht op de microbiële bodemprocessen die nog slecht gekend zijn, zoals nitrificatie (de omzetting van ammoniak in nitriet en nitraat), de ontbinding van plantaardig materiaal, de uitstoot van broeikasgassen. Met al deze gegevens kan men veranderingen in het functioneren van het bos opsporen. Dit draagt bij tot het uitwerken van modellen die de gevolgen van een klimaatverandering op de bosccosystemen weergeven.

Etude des écosystèmes forestiers. Activités microbiennes dans les sols

Le laboratoire étudie les flux en éléments nutritifs et en carbone dans les forêts et les effets des changements climatiques mondiaux (augmentation des gaz à effet de serre, température, pluviosité, disponibilité en éléments nutritifs) sur les processus microbiens dans les sols forestiers. Ceux-ci sont importants car ils influencent la croissance des arbres, la stabilité de l'écosystème mais aussi ils interviennent dans la fonction de la forêt comme source ou piège pour les gaz à effet de serre.

Quoi ? / Pourquoi ?

Les activités humaines engendrent, dans l'atmosphère, une augmentation de la concentration en gaz carbonique et de la température. La croissance des arbres en forêt sera modifiée puisqu'elle dépend, notamment, de la présence de gaz carbonique pour la photosynthèse et de la température. Les micro-organismes qui se développent dans les sols forestiers et contribuent ainsi à fournir les éléments nutritifs indispensables à la croissance des arbres, seront surtout sensibles aux fluctuations de température. Nous étudions, dans les forêts, l'évolution des flux en eau, en éléments nutritifs, en carbone organique. Ces flux ne peuvent être interprétés correctement qu'après de longues périodes d'observation car le développement de la forêt est lent (un arbre peut vivre plus de cent ans). L'autre volet des recherches est centré sur les processus microbiens qui sont encore mal connus dans les sols comme la nitrification (la transformation de l'ammoniac en nitrite et nitrate), la décomposition de végétaux, l'émission de gaz à effet de serre. L'ensemble de ces données permet de déceler les changements qui peuvent apparaître dans le fonctionnement de la forêt et contribue à la modélisation des conséquences du changement climatique sur les écosystèmes forestiers.

Hoe ?

Het onderzoek gebeurt in het laboratorium, of op bospercelen met een oppervlakte die gaat van enkele vierkante meter tot enkele tientallen hectaren. De bossen liggen in de Ardennen, het gebied van het Hertogenwald en de Croix Scaille. De chemische samenstelling van het regenwater wordt geanalyseerd tijdens zijn doorgang in het bos van de boomkruinen tot in de beek, via het gebladerte, de bodem en de ondergrond. Maandelijks worden stalen genomen om het gehalte aan calcium, magnesium, kalium, nitraat, fosfaat, sulfaat, enz. te bepalen. De microbiële processen worden hetzij in rechtstreekse proeven ter plaatse bestudeerd, hetzij in het laboratorium, door incubatie van bodemstalen onder gecontroleerde omstandigheden van temperatuur, regen, koolstofdioxidegehalte. De samenstelling van de bacteriegemeenschappen wordt met methoden uit de moleculaire biologie geanalyseerd.

Comment ?

Les recherches sont effectuées soit au laboratoire, soit dans des entités forestières dont la surface varie de quelques mètres carrés à quelques dizaines d'hectares. Les forêts sont situées en Ardenne, dans les régions de l'Hertogenwald et de la Croix Scaille. La composition chimique de l'eau de pluie est analysée au cours de son transfert à travers la forêt depuis la cime des arbres jusque dans le ruisseau après son passage à travers les frondaisons, le sol et le sous-sol. Les teneurs en calcium, magnésium, potassium, nitrate, phosphate, sulfate, etc. sont déterminées dans les échantillons d'eau prélevés mensuellement. Les processus microbiens sont étudiés soit par des essais réalisés directement en forêt soit, au laboratoire, par des incubations d'échantillons de sol en conditions contrôlées de température, de pluviosité, de teneur en gaz carbonique. La composition des communautés bactériennes est analysée par les méthodes de biologie moléculaire.



Het wordt steeds duidelijker dat de menselijke activiteiten het evenwicht in de biosfeer beïnvloeden. Men moet echter verder gaan dan een kwalitatieve benadering en een uitsluitend intuïtieve waarneming. Men moet absoluut de omvang en de snelheid van de betrokken processen kwantificeren om zo precies mogelijk de evolutie van de biosfeer te voorspellen. Hierin spelen de aardecosystemen, en vooral de bossen, een belangrijke rol. Een betere kennis van de verschillende wegen van stoffen door het bos en van het belang van de microbiële mechanismen is onontbeerlijk voor de uitwerking van voorspellende modellen die moeten bijdragen tot het opstellen van een beleid op lange termijn van onze planeet.

Les activités humaines influencent, de manière de plus en plus évidente, l'équilibre de la biosphère. Cependant, il est nécessaire d'aller au delà d'une approche qualitative et d'une perception uniquement intuitive. Il est impératif de quantifier l'ampleur et la vitesse des processus qui entrent en jeux pour arriver à prévoir, avec la plus grande précision, l'évolution de la biosphère. A ce niveau, les écosystèmes terrestres, et en particulier les forêts, jouent un rôle important. Une meilleure connaissance des différents flux au sein de la forêt et de l'importance des mécanismes microbiens est indispensable pour l'élaboration des modèles prévisionnels destinés à mettre en place une politique de gestion à long terme de notre planète.



**Toepassing van remote sensing in een bottom-up en top-down approach
Application de la télédétection dans une approche bottom-up et top-down**



Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
Centrum voor Teledetectie en Atmosferische Processen

Verantwoordelijke - Responsable :

Frank Veroustraete
Boeretang 200 2400 Mol
Tel : 014/33 58 66
Fax : 014/32 11 85
Email : veroustf@vito.be



Het onderzoek van de VITO spitst zich in dit project toe op de toepassing van zowel modelleringstechnieken, meer bepaald in verband met de koolstofcyclus van bosccosystemen, als het karakteriseren van vegetatie, (in dit project eveneens toegespitst op bosccosystemen) met behulp van aardobservatie door middel van satellietwaarneming. Er wordt een voorbeeld gegeven, hoe satellietwaarnemingen gebruikt kunnen worden om met behulp van een koolstofbalansmodel voor België de netto opname van koolstof te berekenen. Het model dat we daarvoor gebruiken, hebben we C-Fix genoemd.

Dit acroniem duidt aan dat met dit model de opname van koolstof [C] in de vorm van koolstofdioxide [CO₂] in kaart gebracht kan worden. Dit kan bovendien op jaarlijkse basis voor een territorium zo groot als België.

VITO werkt in dit onderzoek samen in een netwerk van onderzoeksgroepen in België, financieel ondersteund door de DWTC. Dit netwerk heeft ook vertakkingen naar Europese laboratoria, in projecten ondersteund door de Europese Commissie (DGXII).

De laboratoria in België die aan dit onderzoek deelnemen hebben zich in een netwerk (BELFOR) verenigd, waarvan je op het Internet onder URL: <http://www.vito.be/belfor/> een volledige beschrijving kan aantreffen.

Het BELFOR netwerk gesteund door de DWTC is een samenwerking tussen de volgende Belgische onderzoeksinstituten:

De Universiteit Gent (RUG), de Universiteit Antwerpen (UIA), het Instituut voor Bos- en Wildbeheer (IBW), de Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (FUSAGx), de Université Catholique de Louvain (UCL), de Université de Liège (Ulg) en de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO).

Binnen het BELFOR netwerk zijn er verschillende laboratoria die ook in Europees en Internationaal verband samenwerken met buitenlandse onderzoeksploegen. De drie Europese netwerken EUROFLUX, ECOCRAFT en LTEEF, spitsen hun onderzoek toe op het verbeteren van de kennis van het functioneren van bosccosystemen. Zij onderzoeken tevens, wat de mogelijke beleidsmaatregelen kunnen zijn om de effecten van klimaatverandering op bosccosystemen te kunnen opvangen. Verschillende onderzoekslijnen werden uitgezet om dit doel te kunnen bereiken, gebaseerd op bestaande kennis en expertise. De werking van bosccosystemen wordt gesimuleerd met modellen, die gaan van een enkele boom, over een volledig bosperceel, tot een volledige regio of

Dans le cadre de ce projet, la recherche réalisée par le VITO se concentre d'une part sur l'application de techniques de modélisation, plus précisément en ce qui concerne le cycle du carbone des écosystèmes forestiers, et d'autre part sur la caractérisation de la végétation (également concentrée sur les écosystèmes forestiers dans ce projet) via l'observation de la terre au moyen d'images transmises par satellite. Un exemple nous montre la manière dont les observations par satellite peuvent être utilisées pour calculer l'absorption nette de carbone en Belgique à l'aide d'un modèle du bilan carbonique. Le modèle que nous utilisons à cet effet est appelé C-Fix.

Cet acronyme nous indique que, grâce à ce modèle, nous sommes en mesure de dresser la carte des absorptions de carbone (C) sous la forme de dioxyde de carbone (CO₂). En outre, cette méthode peut être utilisée sur une base annuelle pour un territoire de la taille de la Belgique.

Pour les besoins de cette recherche, le VITO travaille en collaboration avec un réseau de groupes de recherche en Belgique financé par les SSTC. Ce réseau possède également des ramifications dans des laboratoires européens, dans des projets soutenus par la Commission européenne (DGXII). Les laboratoires de Belgique qui collaborent à cette recherche ont formé un réseau (BELFOR), dont vous trouverez une description complète sur Internet dans l'URL <http://www.vito.be/belfor/>

Le réseau BELFOR, soutenu par les SSTC, est le résultat de la collaboration entre les instituts de recherche belges suivants:

L'Université Gent (RUG), l'Université Antwerpen (UIA), l'Institut voor Bos- en Wildbeheer (IBW), la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (FUSAGx), l'Université Catholique de Louvain (UCL), l'Université de Liège (Ulg) et la Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO).

Au sein du réseau BELFOR, il existe différents laboratoires travaillant en collaboration avec des équipes de recherche étrangères, et ce aux niveaux européen et international. Les trois réseaux européens, à savoir EUROFLUX, ECOCRAFT et LTEEF focalisent leurs recherches sur l'amélioration des connaissances relatives au fonctionnement des écosystèmes forestiers. Ils étudient également les éventuelles mesures politiques à prendre pour mieux réagir face aux effets des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers.

Divers axes de recherches ont été définis afin de réaliser cet objectif, basé sur les connaissances et l'expérience existantes. Le fonctionnement des écosystèmes forestiers

land. In het LTEEF project wordt de impact van klimaatwijzigingen op deze ecosystemen met deze modellen onderzocht voor de nabije toekomst. Bovendien wordt hierbij rekening gehouden met de verwachte klimaatrends (scenario's). In het EUROFLUX project wordt met (micro-) meteorologische technieken de uitwisseling van koolstofdioxide en waterdamp gemeten van verschillende representatieve Europese bospercelen. De bedoeling hiervan is om de fotosynthese en ademhalingsactiviteit van de Europese bossen van het hoge Noorden tot het diepe Zuiden van ons continent gedurende meerdere jaren te kunnen gadeslaan en tevens de modellen te verfijnen die aangewend worden om deze koolstofstromen te berekenen. In het LTEEF, zowel als het EUROFLUX project worden aardobservatietechnieken aangewend, eveneens met de bedoeling grootschalige modellen op Europese schaal te kunnen ontwikkelen en verfijnen.

est simulé à l'aide de modèles allant d'un seul arbre à toute une parcelle forestière et ensuite à toute une région ou tout un pays. A l'aide de ces modèles, le projet LTEEF étudie l'impact des changements climatiques sur ces écosystèmes dans un avenir proche.

En outre, il est également tenu compte des tendances (ou scénarios) climatiques prévus. Dans le cadre du projet EUROFLUX, les chercheurs ont recours à des techniques (micro)météorologiques pour mesurer les échanges de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau dans les différentes parcelles forestières représentatives en Europe.

L'objectif de cette méthode consiste d'une part à observer pendant plusieurs années la photosynthèse et l'activité respiratoire des forêts européennes depuis le Grand Nord jusqu'aux régions méridionales de notre continent et, d'autre part, à perfectionner les modèles utilisés pour calculer ces flux de carbone.

Tant dans le projet LTEEF que dans le projet EUROFLUX, les chercheurs ont recours à des techniques d'observation de la terre, également dans le but d'élaborer et de perfectionner des modèles de grande envergure à l'échelle européenne.



Toepassing van aardobservatie in een 'bottom-up' en 'top-down' benadering.

Gedurende de laatste tien jaar werden heel wat gegevens verzameld, door experimenteel boscossysteemonderzoek, in verband met stof- en energiestromen en -cycli. De meeste van de onderzoeksprojecten die tot nu toe werden opgezet, richtten zich specifiek tot één bepaalde stofstroom. Bijvoorbeeld de koolstof- de water- of de stikstofstroom in een boscossysteem. Bovendien werd het blikveld in dergelijke studies toegespitst op vrij kleine eenheden van tijd en plaats. Typisch enkele jaren voor een bos met dimensies van een bosperceel of enkele percelen. Wat betreft het inschatten van de effecten van klimaatverandering op boscossystemen, is het van fundamenteel belang om alle stofstromen in kaart te brengen, en dit uiteindelijk voor alle boscossystemen op de Aarde en dit dan nog eens voor tijdperiodes van eeuwen tot soms geologische tijdsschalen (duizenden tot miljoenen jaren), al was het maar omdat processen die aan de basis liggen van deze stof- en energiestromen onderling gekoppeld zijn. Naast het experimenteel onderzoek wordt, om deze vrij ontoegankelijke tijd- en plaatschalen in kaart te kunnen brengen, een beroep gedaan op zowel modelleringstechnieken (ecosysteemmodellen) als teledetectietechnieken (aardobservatie). Deze laatste biedt het voordeel dat vegetatie en dus ook bossen op zeer grote (zelfs) wereldomvattende schaal in kaart kan gebracht worden.

Wat ? Waarom ?

De doelstellingen van het onderzoek kunnen bondig samengevat worden in de volgende drie slagzinnen:

- . Promotie van de kennis in verband met het functioneren van boscossystemen, en het in kaart brengen van de effecten (impacts) van een globale klimaatwijziging door modellering- en effectstudies.
- . Meten en analyseren van de uitwisseling van koolstof (in de vorm van koolstofdioxide) tussen boscossystemen en atmosfeer, om de netto opname van koolstof te kunnen bepalen.

Application de l'observation de la terre selon une approche 'bottom-up' et 'top-bottom'.

Au cours des dix dernières années, de nombreuses données ont été récoltées au cours des recherches expérimentales sur les écosystèmes forestiers, recherches relatives aux flux et aux cycles de la matière et de l'énergie. La plupart des projets de recherche mis sur pied jusqu'à présent focalisaient leurs recherches sur un flux d'une seule matière, comme par exemple le flux du carbone, de l'eau ou de l'azote dans un écosystème forestier. En outre, ce type de recherche se concentrait sur des unités de temps et de lieu relativement petites, généralement quelques années dans le cas d'une forêt ayant les dimensions d'une parcelle forestière ou de quelques parcelles. En ce qui concerne l'évaluation des effets des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers, il est fondamental de dresser la carte des flux de toutes les matières, et ce nécessairement pour tous les écosystèmes forestiers sur terre, pour des périodes pouvant s'étendre sur plusieurs siècles mais aussi remonter aux échelles de temps géologiques (des milliers voire des millions d'années), ne fût-ce que parce qu'il existe une corrélation entre les processus à la base de ces flux de matière et d'énergie. Outre l'étude expérimentale, pour pouvoir dresser les cartes de ces échelles de temps et de lieu assez inaccessibles, les chercheurs ont recours aux techniques de modélisation (modèles d'écosystèmes) ainsi qu'aux techniques de télédétection (observation de la terre). L'avantage de la télédétection est qu'elle permet de représenter la végétation et donc également les forêts à très grande échelle, voire même à l'échelle planétaire.

Quoi ? / Pourquoi ?

Les objectifs de la recherche peuvent être résumés succinctement en trois slogans:

- . Promotion des connaissances relatives au fonctionnement des écosystèmes et illustration des effets (impacts) d'un changement climatique mondial par des études de modélisation et d'impacts.
- . Mesure et analyse des échanges de carbone (sous la forme de dioxyde de carbone) entre les écosystèmes forestiers et l'atmosphère de manière à pouvoir déterminer l'absorption nette de carbone.

. Toepassen van aardobservatietechnieken om de productiviteit van bosccosystemen op regionale tot continentale schaal te begroten met behulp van "top-down" (C-Fix) en "bottom-up" modellen.

Het resultaat van het VITO onderzoek binnen het geschetste kader, is de toepassing van aardobservatie in de modellisering van de koolstofbalans van vegetatie (en bossen) voor het Belgisch grondgebied (C-Fix).

Hoe ?

Een zeer gekende functie van vegetatie is zijn opname van koolstof (koolstofdioxide) uit de atmosfeer door het fotosyntheseprocess. Bovendien gaat een vegetatiedek ook koolstofdioxide afgeven door ademhaling. De balans tussen de opname en de afgifte vormt het onderwerp van onderzoek en discussie in het 'Global Change' onderzoek. Het is duidelijk dat alle wijzigingen die optreden in deze balans, door het kappen van bossen, of door bosbranden, droogte, het droogleggen van moerasbossen, m.a.w. veranderingen in het landgebruik, een impact kan hebben op het klimaat, en vice versa. Door gebruik te maken van modellen zoals C-Fix die deze koolstofbalans in kaart brengen, kunnen we van deze opnamecapaciteit al een goed idee verkrijgen. Cruciaal is hierbij wel dat de invoergegevens van een dergelijk model, indien toegepast op Belgische, continentale of zelfs wereldomvattende schaal, met een goede kwaliteit, dit wil zeggen met een hoge frequentie, en over grote tot zeer grote oppervlakken, gemeten moeten worden. Voor dergelijke tijd- en plaatsschalen ligt het voor de hand om aardobservatietechnieken te gaan gebruiken. In het concrete geval van C-Fix wordt satellietinformatie gebruikt om de efficiëntie waarmee zichtbare straling geabsorbeerd wordt door bossen te meten met een satellietsensor. VITO heeft hier in het verleden de NOAA/AVHRR gebruikt, waarvan je regelmatig in de weerberichten (en op het Internet) beelden van kan zien. Op dit ogenblik draait er rond de Aarde het VEGETATION instrument, waarvan de naam alleen al voldoende zegt over zijn toepassing. Naast de satellietwaarnemingen dienen ook meteorologische gegevens in de modellen opgenomen te worden. Uiteindelijk leidt dit tot een resultaat zoals getoond wordt in bijgevoegde figuren.

. Application de techniques d'observation de la terre pour extrapoler la productivité des écosystèmes forestiers d'une échelle régionale à une échelle continentale à l'aide de modèles 'top-down' (C-Fix) et 'bottom-up'.

Le résultat de la recherche réalisée par le VITO dans le cadre défini est l'application de l'observation de la terre dans la modélisation de l'équilibre carbonique de la végétation (et des forêts) pour le territoire belge (C-Fix).

Comment ?

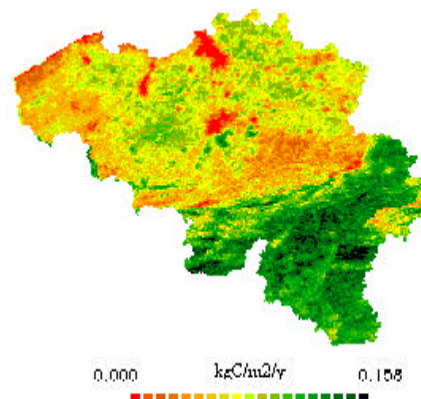
Une fonction de la végétation bien connue de tous est l'absorption de carbone (dioxyde de carbone) de l'atmosphère par le processus de photosynthèse.

En outre, une couche végétale libère également du dioxyde de carbone par son activité respiratoire. Le bilan de l'absorption et de l'émission de dioxyde de carbone constitue le sujet de la recherche et de la discussion dans le cadre de la recherche en 'Global Change'. Il est clair que toutes les modifications qui apparaissent dans ce bilan carbonique à la suite de déboisements, d'incendies de forêt, de sécheresse, d'assèchement de forêts marécageuses, en d'autres termes à la suite de changements dans l'utilisation du sol, peuvent avoir une influence sur le climat et vice-versa. En utilisant des modèles (notamment le C-Fix) permettant de représenter ce bilan carbonique, nous pouvons nous faire une idée relativement précise de cette capacité d'absorption.

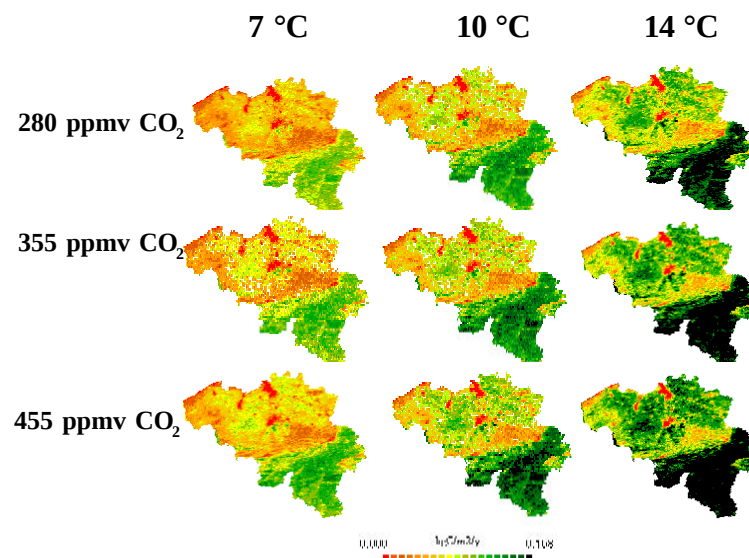
A ce sujet, il est crucial que les données d'introduction d'un tel modèle, lorsqu'il est appliqué à l'échelle belge, continentale ou même mondiale, soient de bonne qualité, ce qui signifie qu'elles soient mesurées très fréquemment et qu'elles portent sur des surfaces étendues voire très étendues. Pour de pareilles échelles de temps et de lieu, l'utilisation de techniques d'observation à l'échelle mondiale s'impose. Dans le cas concret du C-Fix, les informations obtenues par satellite sont utilisées pour mesurer, à l'aide d'un senseur satellitaire, l'efficacité avec laquelle le rayonnement visible est absorbé par les forêts. Dans le passé, le VITO utilisait le NOAA/AVHRR, dont nous voyons régulièrement des images dans les bulletins météo (et sur l'Internet). A l'heure actuelle, c'est l'instrument VEGETATION (son nom en dit déjà beaucoup sur son application) qui tourne autour de la Terre. Outre les observations par satellite, les modèles doivent également comprendre des données météorologiques.

En fin de compte, nous obtenons un résultat tel qu'il est présenté dans les illustrations en annexe.

Geografische distributie van de netto productiviteit van vegetatie voor het jaar 1990. De efficiëntie waarmee fotosynthetisch actieve straling wordt geabsorbeerd werd met satellietwaarnemingen van het NOAA/AVHRR platform berekend voor elk beeldelement van 1 op 1 km. Dit geeft voor België ongeveer 30.000 waarnemingen voor elke dag van 1990 of in totaal (ruw afgerond) 11 miljoen waarnemingen. Dit cijfer geeft de potentie aan van aardobservatie voor het beschrijven van de ruimtelijke en multitemporele fysische eigenschappen van bossen en vegetatie. Op het beeld van de netto productiviteit kan je heel duidelijk de grote steden (rode kleur) in België herkennen, waar uiteraard niet al te veel vegetatie (en bos) meer te bespeuren is. Het hoogplateau der Ardennen met zijn hoge bebossingsgraad, (groene en donkergroene kleuren) en ook het Zoniënwoud en Meerdaalbos bij Brussel en Leuven komen als bosfragmenten in een overigens door de mens zeer sterk beïnvloedt landschap mooi tot uiting. Het gebied in oranje-bruine kleur ten zuidoosten van Brussel komt overeen met in hoofdzaak landbouwgebied (Haspengouw en de leemstreek)



In de tweede figuur wordt de invloed van toenemende temperatuur en koolstofdioxide niveau op de netto koolstofopname, volgens een simplistisch, en daarom niet reëel schema, geïllustreerd. Deze figuur toont wel aan hoe de vegetatieproductiviteit verandert volgens het C-Fix model. Met toenemende temperatuur- en koolstofdioxide niveaus duidt het model aan dat de opnamecapaciteit voor koolstofdioxide eveneens toeneemt, althans voor die gebieden waar vegetatie voorkomt. Deze simulatie houdt echter geen rekening met mogelijke terugkoppelingsmechanismen in het systeem atmosfeer - boscossysteem - bodem waardoor we een vertekend beeld van de realiteit krijgen. Als momentopname van de koolstofopname evolutie voor een jaarcyclus is dit soort informatie echter zeer goed bruikbaar.





De doelstellingen van dit onderzoek zijn in hoofdzaak gericht op het ondersteunen van de overheid, door het verder uitwerken en operationeel maken van modellering- en aardobservatietechnieken gericht op het opvolgen, analyseren en het in kaart brengen van milieuproblemen, in het midden gelaten of ze van natuurlijke of van en/of menselijke oorsprong zijn. Bovendien kan dit onderzoek een bijdrage leveren tot kennisoverdracht naar de landen in ontwikkeling, in het uitzetten van hun specifieke milieu- en bos(bouw)beleid. Op het vlak van het verzamelen van op wereldschaal geharmoniseerde (vergelijkbare) gegevens, kan aardobservatie zelfs op termijn een doorbraak betekenen als het erop aan komt om op wereldschaal opnamecapaciteiten van broeikasgassen, meer bepaald koolstofdioxide, van vegetatie met cijfermateriaal te staven en te vergelijken met emissiecijfers. Hier is zeker nog een lange weg af te leggen. Toch is de methodologie om tot dit cijfermateriaal te komen, met dit type onderzoek voor een groot deel het ontwikkelingsstadium voorbij. Het is met deze meteen duidelijk dat ook de menselijke dimensies van het 'Global Change' onderzoek, in de toekomst een belangrijke rol zullen hebben. Dit om de verkregen onderzoeksresultaten ook om te zetten in concrete beleidsmaatregelen.

Les objectifs de ce projet consistent principalement à aider les pouvoirs publics grâce à l'élaboration et l'application de techniques de modélisation et d'observation de la terre. Ces techniques sont axées sur le contrôle, l'analyse et la localisation des problèmes écologiques, et ce peu importe qu'ils soient d'origine naturelle ou humaine. De plus, cette recherche peut contribuer à transmettre les connaissances acquises aux pays en voie de développement pour les assister dans leur politique écologique et forestière spécifique. Pour ce qui est de la récolte des données harmonisées (comparables) à l'échelle mondiale, l'observation de la terre pourra prendre une importance capitale lorsqu'il s'agit de chiffrer à l'échelle mondiale les capacités d'absorption des gaz à effet de serre (plus particulièrement le dioxyde de carbone) dans la végétation et de comparer ces capacités avec les chiffres des émissions. Il reste encore certainement un long chemin à parcourir. Pourtant, avec ce type de recherche, la méthodologie nécessaire à l'obtention de ces chiffres a largement dépassé le stade expérimental. Il est clair aussi que les dimensions humaines du projet 'Global Change' joueront à l'avenir également un rôle important. Ceci dans le but de convertir les résultats fournis par le projet en mesures politiques concrètes.



**Kwantificering en analyse van de nutriënten- en watercyclus in het proefbos
De Inslag te Brasschaat (Functioneel Bostype II) en van de watercyclus in
het proefbos Het Ganzenhof te Balegem (Functioneel Bostype III)
Quantification et analyse des cycles des éléments nutritifs et de l'eau de la forêt expérimentale De Inslag
à Brasschaat (Type Fonctionnel Forestier II) et du cycle de l'eau dans la forêt expérimentale Het
Ganzenhof à Balegem (Type fonctionnel Forestier III)**



Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer

Verantwoordelijke - Responsable :

J. Van Slycken

Gaverstraat 4 9500 Geraardsbergen

Tel : 054/41 87 97

Fax : 054/41 08 96

Email : Jozef.VanSlycken@lin.vlaanderen.be

Samenwerking



Collaboration

In het BELFOR-project werken 9 wetenschappelijke teams uit België samen: de universiteiten van Gent (2), Antwerpen, Gembloux, Louvain, Liège, het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer en de VITO. Zij onderzoeken de cycli van CO₂, voedingsstoffen en water in het bos.

De dynamiek waarmee deze elementen in het bos circuleren en vastgelegd worden, bepaalt de gezondheid en de groei van het bos, en wordt onder andere gestuurd door het klimaat. Dit onderzoek zal de invloed bestuderen van de verwachte klimaatsveranderingen op deze cycli.

Aldus zal getracht worden het effect van de 'Global Change' op het bos te voorspellen en richtlijnen op te stellen voor het beheer van bosccosystemen in het licht van een duurzame ontwikkeling. Het onderzoek wordt uitgevoerd in 6 verschillende bostypes, die zowat de meest voorkomende bosgemeenschappen van België omvatten: 2 gemengde loofbossen, een populierenbos, een dennenbos, een sparrenbos en een gemengd bos.

Neuf équipes scientifiques belges travaillent ensemble au projet BELFOR: les universités de Gand (2), d'Anvers, de Gembloux, de Louvain, de Liège, l'Institut voor Bosbouw en Wildbeheer et le VITO. Ils étudient les cycles du CO₂, des nutriments et de l'eau au sein de la forêt.

La dynamique qui anime la circulation et la fixation de ces éléments dans la forêt détermine l'état de santé et de croissance de la forêt. Elle est entre autres influencée par le climat. Cette étude vise à analyser l'influence exercée par les changements climatiques annoncés sur ces cycles.

Ainsi, les experts tenteront d'anticiper les conséquences du 'Global Change' sur la forêt et d'établir des directives en matière de gestion des écosystèmes forestiers en vue d'un développement durable. L'étude est menée dans 6 populations forestières différentes comprenant les types de forêts les plus couramment rencontrées en Belgique: deux forêts de feuillus d'espèces différentes, une forêt de peupliers, une forêt de pins, une forêt d'épicéas et une forêt mixte.



Op het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer wordt onderzocht hoeveel water door een gezond bos verbruikt wordt. Deze hoeveelheid verdampt water hangt onder andere af van de boomsoort. Deze kennis is belangrijk teneinde bij bebossingsprojecten de juiste boomsoortenkeuze te maken. Ook het inschatten van bijvoorbeeld de invloed van grondwerken, die de stand van het grondwater beïnvloeden, wordt daardoor mogelijk gemaakt. Om de transpiratie van een bos te kennen, moet de waterbalans opgemaakt worden: dit is een vergelijking die al het inkomende en uitgaande water in een bosbodem bevat.

Neerslag + water vanuit het grondwater = verdamping door de bomen + neerslag op de kruin die verdampt + water dat weglekt naar het grondwater + water dat bovengronds wegstroomt + verandering van de vochtinhoud van de bodem.

Een dennenbos te Brasschaat en een populierenbos te Balegem zijn volledig uitgerust om de waterbalans jaar rond te bepalen.

Wat ? Waarom ?

Alle bovenvermelde teams werken reeds verscheidene jaren in dit vakgebied en in de vermelde bossen. De eerste fase van het project is dan ook een inventaris van de bestaande en ontbrekende gegevens en het opmaken van een gegevensbestand. Dit moet bijdragen tot de verduidelijking van de basismechanismen die de koolstof- water- en nutriëntencyclus sturen in belangrijke Belgische bosccosystemen.

De tweede fase is het modelleren (nabootsen) van de cycli in die bossen onder de nu heersende klimaatsomstandigheden. Ook zal getracht worden om, uitgaande van de kennis van afzonderlijke bossen, te berekenen wat dit betekent voor grotere boscomplexen en voor hele gebieden.

Vervolgens kan men gaan 'spelen' met het model en voorspellen hoe de cycli zich gaan gedragen onder gewijzigde klimaatsomstandigheden, zoals CO₂-toename, stijging van de temperatuur, verandering in hoeveelheid neerslag, toegenomen bewolking...

In de vierde fase zullen richtlijnen opgesteld worden voor duurzaam bosbeheer, opdat de bossen gezond blijven.

A l'Institut pour Bosbouw en Wildbeheer de nombreuses études portent sur la quantité d'eau absorbée par une forêt en pleine santé. La quantité d'eau évaporée dépend entre autres du type d'arbre. Cette connaissance est primordiale pour les projets de reboisement. En effet, elle permettra de choisir les types d'arbres les plus adaptés. Nous serons, en outre, capable de mieux estimer les conséquences qu'entraîneront des travaux de terrassement, par exemple, qui affectent l'état des eaux souterraines. Pour connaître la transpiration végétale, il faut dresser le bilan hydrique: il s'agit d'une comparaison entre la quantité totale d'eau entrante et sortante contenue dans le sol.

Précipitations + eau issue des nappes phréatiques = évaporation par les arbres + précipitations sur les cimes qui s'évaporent + eau qui pénètre dans la nappe phréatique + eau qui s'écoule à la surface du sol + changement de la teneur en humidité du sol.

Une forêt de pins à Brasschaat ainsi qu'une forêt de peupliers à Balegem sont entièrement équipées pour déterminer le bilan hydrique durant toute une année.

Quoi ? / Pourquoi ?

Toutes les équipes susmentionnées travaillent depuis plusieurs années dans le domaine et dans les forêts mentionnées. La première phase du projet consiste à établir un inventaire des données existantes et manquantes et à créer un fichier de données. Cette démarche devrait nous aider à comprendre les mécanismes de base qui régissent les cycles du carbone, de l'eau et des nutriments au sein d'importants écosystèmes forestiers belges.

La seconde phase vise à mettre au point un modèle des cycles (simulation) au sein des forêts dans les conditions climatiques actuelles. A partir des renseignements récoltés pour chaque forêt, on tentera, par la même occasion, de découvrir ce que cela impliquerait pour de plus grands complexes forestiers et pour des régions entières.

Ensuite, nous pourrons nous servir de ce modèle établi pour découvrir comment les cycles se comporteront dans des conditions climatiques différentes notamment en cas d'augmentation de la teneur du CO₂, d'une hausse des températures, de variations dans les quantités de précipitation, de nébulosité accrue, ...

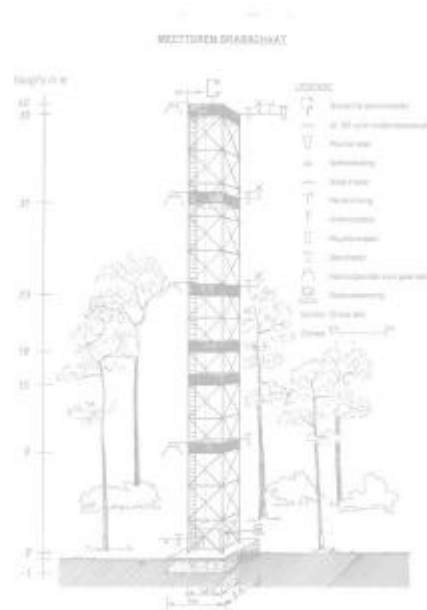
Au cours de la quatrième phase, nous définirons des directives en matière d'exploitation durable des forêts de manière à préserver leur santé.

Hoe ?

Zoals de vergelijking van de waterbalans aangeeft, moet je kunnen meten hoeveel neerslag er op de bosbodem terechtkomt. Daartoe worden tussen de bomen en langs de stam van enkele bomen goten geplaatst, die het water opvangen. Ook de hoeveelheid water die zich in de bodem bevindt, wordt permanent gemeten met speciale sensoren (tensiometers en TDR-sensoren) op verschillende dieptes. In Balegem staat in een weiland naast het bos een weerstation, dat de neerslag registreert. Aangezien de mogelijke verdamping van water door de bladeren van de volledige luchtgesteldheid afhangt, worden ook de temperatuur, de luchtvochtigheid, de windsnelheid en -richting en de zonnestraling gemeten.



In het dennenbos te Brasschaat staat een 40 meter hoge toren opgesteld. Daarbovenop is het weerstation geïnstalleerd, zodat daar niet 'naast', maar 'boven' het bos wordt gemeten. De gegevens van al deze metingen worden permanent in een computer opgeslagen, zodat zij gemakkelijk verwerkt kunnen worden.



Comment ?

En comparant le bilan hydrique, on doit pouvoir mesurer la quantité de pluie tombée sur le sol forestier. Pour ce faire, des conduits d'écoulement ont été placés entre les arbres et le long de certains troncs pour récolter les eaux. En outre, des détecteurs spéciaux (tensiomètres et détecteurs TDR) mesurent en permanence la quantité d'eau qui se trouve à différentes profondeurs dans le sol.

A Balegem, une station météorologique se situe dans la prairie qui jouxte la forêt. Elle enregistre les précipitations. Etant donné que l'évaporation potentielle de l'eau par les feuilles dépend de l'ensemble des conditions climatiques, il faut également mesurer la température, l'humidité de l'air, la vitesse et la direction du vent ainsi que les rayonnements solaires.

Une tour de 40 mètres de haut domine la forêt de pins de Brasschaat. C'est au sommet de cette tour que se trouve la station météorologique. Les mesures ne s'effectuent donc pas «à côté» mais «au-dessus» de la forêt. Les données récoltées sont encodées dans un ordinateur afin de faciliter leur traitement.



Het baanbrekende van dit project is dat het de vele deelonderzoeken in België over de stroomkringen van koolstof, water of nutriënten in het bos, samenbrengt zodat een totaalbeeld wordt verkregen van het ecosysteem bos. Door de opbouw van een model kan de invloed van een element uit de ene cyclus op de andere beter begrepen worden. Ook de verwachte klimaatsveranderingen hangen van elkaar af: de stijging van het CO₂-gehalte van de lucht zal allicht een verhoogde luchttemperatuur te weeg brengen, wat op de ene plaats meer neerslag zal betekenen, op een andere plaats langere droogteperiodes. De mogelijkheid tot het voorspellen van deze effecten zal ons toelaten het bosbeheer beter op de toekomst af te stellen. Aldus kunnen we de vele functies, die het bos in ons leven vervult, beter garant stellen voor de toekomst: houtleverantie, bodembescherming, koolstofopslag, windafscherming, leefruimte voor tal van planten en dieren, ruimte voor recreatie,...

L'élément innovateur de ce projet réside dans la façon de prendre en compte l'ensemble des cycles du carbone, de l'eau et des nutriments dans les forêts de Belgique afin d'obtenir une image globale de l'écosystème forêt. En outre, la création d'un modèle nous permet de mieux comprendre l'influence exercée par un élément d'un cycle sur l'autre. De même, les changements climatiques escomptés dépendent les uns des autres: l'augmentation en teneur de CO₂ dans l'atmosphère entraînera très probablement une hausse de la température. Cette hausse engendrera à son tour une augmentation des précipitations à certains endroits et de plus longues périodes de sécheresse à d'autres. En étant capable de prévoir ces effets, nous pourrons mieux préparer l'exploitation des forêts à l'avenir. Nous pourrons ainsi garantir les nombreuses fonctions qu'occupe la forêt dans notre vie quotidienne: production de bois, protection du sol, réservoir de CO₂, protection contre le vent, espace vital pour de nombreuses plantes et animaux, espace de loisirs, ...