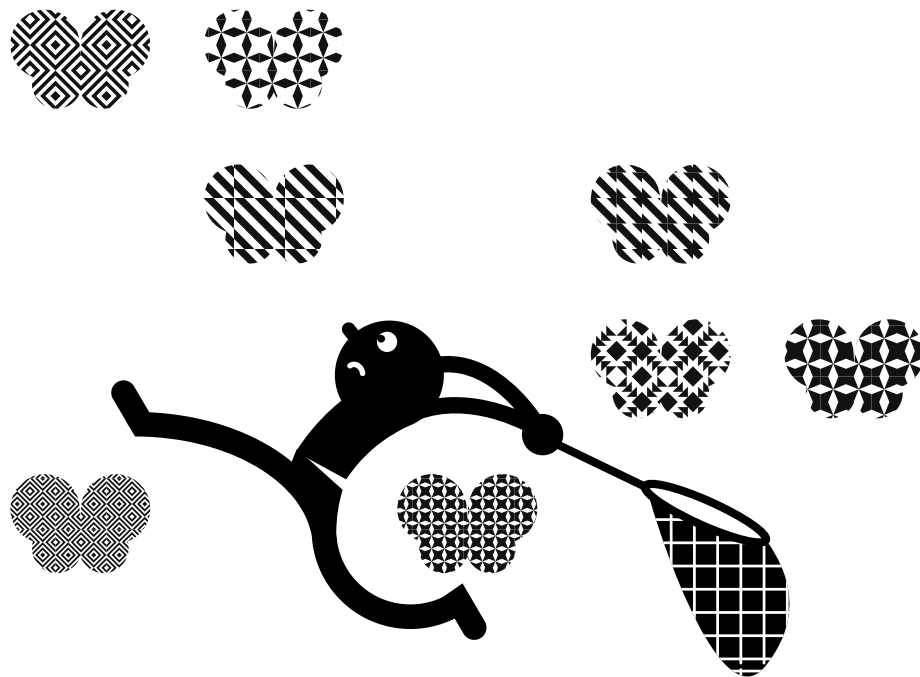


BIODIVERSITÉ, UNE RICHESSE À PRÉSERVER

Pour tenter d'enrayer le recul de la biodiversité, une approche nouvelle se met en place. Pluridisciplinaire, à large échelle et intégrée, elle propose d'observer l'écosystème de manière globale, dans toute sa complexité. Au service de cette démarche dite écosystémique, la télédétection s'avère un outil de premier choix.

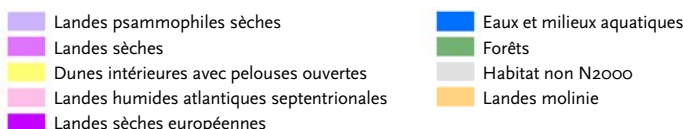
La biodiversité continue à perdre du terrain, menacée par le réchauffement climatique et les activités anthropiques. L'Union internationale pour la Conservation de la Nature annonce des chiffres alarmants : ce sont près de 30 % des espèces répertoriées qui seraient menacées d'extinction. Pour espérer freiner le phénomène, les efforts de conservation doivent s'intensifier et gagner en efficacité. Réseau écologique panaméricain, corridor climatique australien, convention alpine, trame verte française ou réseau européen Natura 2000... les projets de grande envergure se multiplient.

Pour ces grands projets comme pour des initiatives plus locales, l'approche globale est maintenant privilégiée ; l'écosystème est appréhendé dans son entièreté. Dans cette perspective, les images satellitaires ont un rôle à jouer. Elles combinent en effet des avantages non négligeables pour le monitoring de la biodiversité : obtenues par une technique non-invasive, elles permettent l'observation de grandes étendues et ceci à des résolutions de plus en plus fines. De plus, la répétitivité des prises de vue permet aux chercheurs de disposer d'une palette d'informations tout au long de l'année et des saisons.





L'image hyperspectrale en couleurs vraies du site Kalmthoutse Heide acquise en juin 2007 et la carte des habitats obtenue par la méthode HABISTAT.



Un mode d'acquisition en particulier, l'imagerie hyperspectrale, s'impose naturellement pour l'étude de la biodiversité. Véritable révolution technologique, elle offre aux chercheurs des données bien plus précises et nombreuses que l'imagerie multispectrale classique. Une incroyable masse d'informations à la disposition des scientifiques mais également un véritable challenge quand il s'agit de les traiter et les stocker. Après de nombreuses explorations méthodologiques et de mises au point de procédés de traitement et d'analyse des images hyperspectrales, les chercheurs les utilisent dorénavant pour des études appliquées. Les équipes belges nous livrent des résultats concrets dans le domaine de la biodiversité.

UNE ÉVALUATION TOUS LES SIX ANS

En Europe, protéger la biodiversité est devenu une priorité. Afin de définir un cadre d'action commun, le réseau Natura 2000 a été institué dès 1992. Chaque pays dresse une liste de sites d'intérêt et s'engage à surveiller de manière continue leur état de conservation. Tous les six ans, un rapport d'évaluation doit être fourni à la Commission. Cet engagement implique un travail de collecte de données de terrain considérable, à la fois coûteux et fastidieux. Dans un souci d'efficacité, les organismes de contrôle devraient idéalement pouvoir s'appuyer sur des outils pratiques et fiables, comme des cartes détaillées et récentes, des indicateurs de qualité des habitats identifiés, ou des modèles liant des

types d'habitat précis à des zones de végétation. Les 18 chercheurs belges et néerlandais du projet **HABISTAT** ont travaillé sur le sujet pendant plus de quatre ans et demi. Leur objectif : développer une méthode permettant d'obtenir une carte détaillée des habitats et des indicateurs de leur qualité, grâce à des données hyperspectrales.

LES HABITATS CARTOGRAPHIÉS

Le projet s'est concentré sur trois sites du réseau Natura 2000 qui abritent un écosystème de landes : Kalmthoutse Heide au nord d'Anvers, Ginkelse et Eder Heide aux Pays-Bas. Le premier défi des chercheurs était de classer finement les habitats présents dans cet écosystème. Ils sont en effet très diversifiés mais leur structure n'est déterminée que par un nombre limité d'espèces végétales abondantes. Hormis quelques exceptions, il n'existe pas de relation univoque entre une espèce et un type d'habitat, ce qui empêche toute classification directe.

L'innovation fut donc de cartographier d'abord les espèces dominantes à un niveau de détail très élevé, puis de les réarranger en habitats, en tenant compte de leur répartition spatiale. Les chercheurs ont ainsi pu passer de 6 larges classes d'habitats (lande, surface herbeuse, dune, etc.) à 27 sous-classes beaucoup plus spécifiques et donc plus utiles pour la gestion des lieux.

La méthode a été testée avec succès sur les trois sites étudiés. Pour Kalmthoutse Heide, les

NATURA 2000, UN PROJET DE GRANDE AMPLITUDE

Le réseau européen Natura 2000 a pour objectif d'identifier, de surveiller et de protéger les sites naturels et semi-naturels qui présentent un intérêt régional ou communautaire, en raison du caractère exceptionnel de la faune et/ou de la flore qu'ils abritent. Ces sites, qu'ils soient sur terre, sur les côtes ou en pleine mer nécessitent une protection accrue et une gestion toute particulière. Les acteurs du réseau sont aussi nombreux que variés : chercheurs, administrations, agriculteurs, citoyens, etc. Le réseau Natura 2000 est l'expression même de la volonté d'adopter une approche plus globale pour la préservation de la biodiversité. Les populations animales et végétales ne connaissent en effet pas de frontières. Une connaissance élargie de leurs besoins est plus que jamais nécessaire pour accélérer les efforts de conservation et de restauration.



responsables de la réserve naturelle ont pu disposer de cartes d'une précision inégalée. La résolution des cartes atteint en effet 2,5 m (1 pixel sur la carte correspond à un carré de 2,5 m de côté sur le terrain), soit bien mieux que ce qui est obtenu par les méthodes traditionnelles. Grâce à cela, ils ont pu évaluer visuellement les effets de mesures telles que le fauchage, le pâturage ou la tonte sur la conservation de l'écosystème. Ils ont également pu délimiter les zones où il était nécessaire d'intervenir pour éviter une dégradation du site. Suivi de nombreuses publications et de deux workshops internationaux, le projet a suscité un grand intérêt. La méthodologie peut donc être mise à l'épreuve et appliquée à plusieurs autres sites européens.

UNE ALTERNATIVE À LA COLLECTE DE TERRAIN

Dans la continuité du projet **HABISTAT**, en gardant en perspective le reporting obligatoire de Natura 2000, le projet **RE-LEARN** a cherché comment réduire au strict minimum le recours au travail de terrain. Une des solutions proposées est de réutiliser des données de référence existantes. Les chercheurs travaillent donc au

développement d'un outil qui ne nécessite pas d'apport de nouvelles données de référence pour cartographier la végétation. Deux types de données existantes peuvent être exploitées : soit des données collectées par le passé sur le site même, soit des données collectées sur un site différent, mais présentant une végétation similaire. La technique a par exemple permis d'effectuer une classification d'une image hyperspectrale normalement inutilisable car largement recouverte par l'ombre d'un nuage.

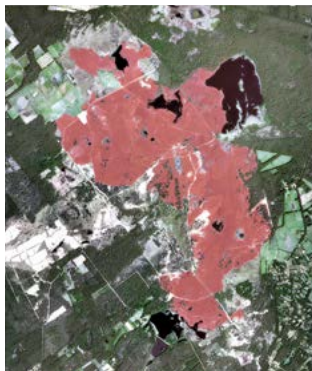
L'un des avantages majeurs de cette approche est la possibilité de cartographier des régions difficiles d'accès, en combinant des images satellitaires et des données de référence récoltées dans des sites abritant des écosystèmes similaires. Le précieux outil devrait s'avérer très utile aux organisations en charge de la surveillance du réseau Natura 2000, mais également à toute la communauté scientifique utilisant la télédétection.

LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES SOUS SURVEILLANCE

Depuis son apparition dans les années 1970, le concept de service écosystémique s'est imposé dans l'arène scientifique et politique. Il est en parfaite adéquation avec l'orientation holistique (ou globaliste) adoptée dans le domaine de la protection de la biodiversité. Pour préserver au mieux les innombrables services rendus à l'homme par les écosystèmes, l'idéal serait de pouvoir les cartographier. En partenariat, les chercheurs belges et basques du projet **ESSENSE** ont développé une approche innovante qui permet de préciser la localisation, l'étendue et la structure des services écosystémiques, à l'aide de données hyperspectrales.

Jusqu'à présent, la cartographie de ces services était dérivée de l'occupation des sols et l'accent était principalement mis sur les services de production, comme par exemple la production de bois ou le rendement agricole. Les chercheurs s'intéressent ici aux services de régulation comme la dénitrification, le cycle du phosphore ou le stockage du carbone.





Carte des zones brûlées et photo aérienne de la réserve du Kalmthoutse Heide, après l'incendie ravageur du mois de mai 2011.



Leur étude s'est concentrée sur deux réserves naturelles en Campine: De Vennen dans le bassin de la Grote Nete et De Liereman aux abords de Turnhout.

Pour établir un lien entre l'image hyperspectrale et le service rendu par l'écosystème, les chercheurs font deux postulats. Le premier est que le bon fonctionnement d'un écosystème dépend directement du nombre d'espèces qu'il abrite; le service rendu est donc plus élevé si la biodiversité est importante. Le deuxième postulat établit un lien entre la biodiversité et le signal spectral visible sur les images; plus la

biodiversité est riche et plus le signal spectral est hétérogène. Les chercheurs ont donc corrélé le service écosystémique et le signal spectral, par l'intermédiaire de la biodiversité. Le projet belgo-basque devrait fournir de nouvelles pistes aux efforts de conservation.

APRÈS L'INCENDIE

En avril 2011, un incendie de grande ampleur a dévasté les Hautes Fagnes. Les flammes ont ravagé plus de 1 300 hectares de végétation, soit près d'un tiers de la superficie classée en réserve naturelle. Un mois plus tard, c'est la réserve belgo-néerlandaise du Kalmthoutse Heide qui

UN SERVICE ÉCOSYSTÉMIQUE, C'EST QUOI ?

Un service écosystémique ou service écologique est un service que nous rend un écosystème. Lorsqu'un écosystème présente un bon état écologique et qu'il fonctionne à plein régime, il rend des services à nos sociétés humaines : maintenir la qualité de l'air, purifier l'eau (par dénitrification, capture d'azote ou de phosphore), emprisonner le carbone, par exemple. L'écosystème possède de ce fait une valeur économique car sa disparition entraînerait des coûts. Une valeur difficile à quantifier mais qui fait l'objet de nombreuses recherches.

En 2005, la parution du *Millenium Ecosystem Assessment* a permis au concept de sortir des laboratoires et de s'imposer sur la scène politique. Le texte a réveillé l'intérêt mondial pour cette notion, en illustrant l'importance vitale de ces services sur le bien-être humain. Les services écosystémiques, bien souvent liés à une biodiversité importante, sont menacés par nos activités. L'objectif général est de mieux les préserver, ce qui passe par l'identification de zones-clés, les 'hotspots', qui fournissent une prestation de service élevée.



BIODIVERSITÉ MENACÉE

a été touchée, 600 hectares étant partis en fumée. Ces catastrophes ont révélé le manque d'informations existantes sur les écosystèmes de landes (sèches ou humides) et de tourbières.

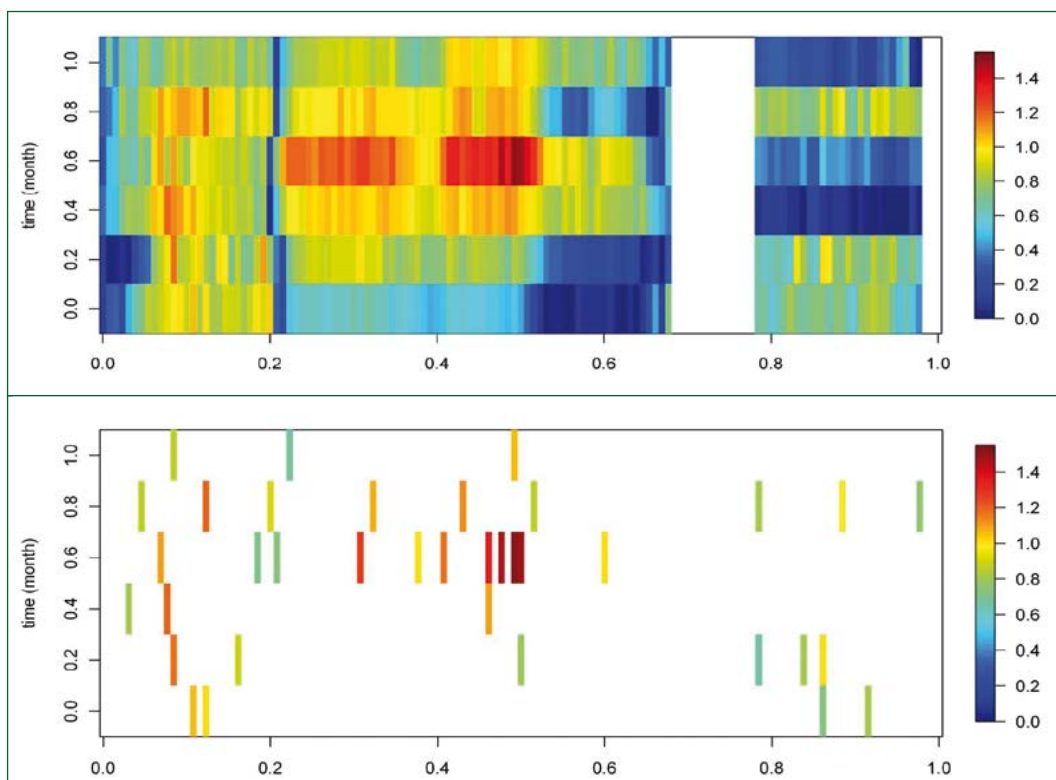
Dans le cadre du projet **HEATHRECOVER**, des chercheurs belges, néerlandais et de l'agence américaine (NASA) ont travaillé à combler cette lacune, pour venir en aide aux gestionnaires des sites dans leurs tâches de restauration écologique des zones endommagées. Une aide essentielle, d'autant que ces écosystèmes vulnérables font l'objet d'importants efforts de conservation.

L'imagerie hyperspectrale a permis de mieux comprendre les interactions complexes qui existent entre ces écosystèmes et les incendies. L'équipe est arrivée à une première conclusion

intéressante: pour évaluer avec précision la sévérité d'un incendie dans l'écosystème de landes, la prise en compte de la végétation pré-feu est nécessaire. L'estimation de l'ampleur des dégâts s'avère donc plus complexe que pour une forêt "classique", où un simple indice suffit en général. Les cartes très détaillées obtenues par les chercheurs ont permis aux personnes en charge de la restauration de disposer d'une appréciation plus précise des zones touchées et des pertes écologiques juste après l'incendie.

L'*Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek* (INBO) devrait continuer cette recherche à moyen et long termes. En combinant les cartes obtenues avec les cartes de végétation pré et post-feu, les responsables pourront déterminer quels types de gestion se sont avérés les plus efficaces pour restaurer l'écosystème.

Pour distinguer les espèces invasives des espèces natives, le projet VEGEMIX a mis au point une stratégie de "démixage" du signal global et multitemporel. La meilleure période et les meilleures caractéristiques spectrales sont déterminées pour optimiser la séparabilité entre les espèces.



L'IMAGERIE HYPERSPECTRALE, UNE ENVOLÉE TECHNIQUE

Une plante donnée a un profil spectral unique. Sa couleur, sa structure, son exposition déterminent la manière dont elle réfléchit les différentes parties du rayonnement solaire.

Plus l'information spectrale obtenue pour un objet donné est détaillée, plus aisée sera son identification. Les capteurs hyperspectraux, portés par des avions ou des satellites, enregistrent le rayonnement réfléchi par les objets dans des centaines de bandes spectrales étroites et contiguës qui couvrent une très large fenêtre allant du visible à l'infrarouge thermique. Par rapport aux données multispectrales, enregistrées dans seulement 3 à 10 bandes, le saut quantitatif et qualitatif est considérable quant à l'information spectrale obtenue sur les surfaces observées.

Les chercheurs peuvent déterminer avec une précision sans précédent toute une série de variables bio-géophysiques et bio-chimiques. La technologie se révèle donc précieuse pour une large palette d'applications confrontées à la variété et à la complexité des milieux étudiés. Dans le domaine du suivi de la biodiversité, l'imagerie hyperspectrale s'impose donc tout naturellement; couverture végétale, état sanitaire de la végétation, composition du sol, taux d'humidité, eutrophisation des eaux de surface, concentrations en sédiments... sont en effet autant d'exemples de paramètres qui peuvent être étudiés avec précision grâce à cette méthode. La combinaison de ces paramètres permet aux chercheurs d'obtenir une vision plus complète des processus biologiques, physiques et chimiques qui interagissent et qui déterminent l'état d'un site à un moment donné.

TOUJOURS PLUS HAUT... DE L'AVION AU SATELLITE

Après la révolution de l'hyperspectral, certains scientifiques s'engagent dans une nouvelle voie et passent des imageurs hyperspectraux aéroportés aux satellitaires. Comparés aux imageurs aéroportés, les capteurs satellitaires permettent, d'une part, de couvrir des zones plus étendues et d'autre part de fournir des données avec une plus grande fréquence et ce, à moindre coût. Dans ce cadre, des études ont mis en évidence les avantages du capteur Hyperion, embarqué à bord du satellite de la NASA EO-1.

Le projet **VEGEMIX** a exploré l'apport des données Hyperion pour cartographier les espèces d'arbres invasives dans la forêt tropicale d'Hawaï afin de pouvoir estimer leur évolution et leur impact sur l'écosystème tropical. La variation saisonnière étant un paramètre important pour l'identification de ces espèces invasives, l'option satellitaire montre tout son intérêt, puisque le satellite repasse plusieurs fois au-dessus du même site pendant la période de croissance, lorsque la canopée des arbres évolue rapidement.

Le projet a pu démontrer que les espèces natives possèdent des propriétés spectrales uniques, différentes de celles des espèces invasives. La distinction entre les espèces natives et invasives s'est également révélée plus facile en été qu'en hiver. L'explication, simple, proviendrait du fait que les espèces invasives, opportunistes, tirent parti de la saison chaude pour étendre largement leur canopée. En regroupant les données spectrales obtenues à différents moments de l'été, lorsque les espèces invasives se déploient, la différence entre espèces se manifeste plus clairement, ce qui améliore la précision des classifications.

Les résultats obtenus ont été approfondis et corroborés par le projet spin-off **REMEDY**. Les arguments apportés par ces études en faveur du satellitaire laissent présager de son utilisation future pour la surveillance de la flore. Après le bouleversement provoqué par l'imagerie hyperspectrale aéroportée, de nouveaux horizons s'ouvrent donc aux chercheurs.

La forêt tropicale humide sur les flancs du Kilauea, au sein du Parc national des volcans à Hawaï. À gauche, les espèces natives, *Metrosideros polymorpha* (arbuste endémique de l'archipel) et *Acacia koa*. À droite, les espèces invasives, *Psidium cattleianum* et *Morella faya*.

