

Science : 21 connection

Edition spéciale

Changements climatiques

Santé, énergie, forêts, mer, agriculture, espace, ...

sommaire

Changements climatiques

- p.2 Des résultats de la recherche à une politique appropriée : un bien long chemin
- p.4 Dans les coulisses du GIEC
- p.6 Connaître le passé pour comprendre le présent
- p.9 Archives climatiques
- p.10 Le climat est-il prévisible ?
- p.12 Le changement de climat vu par les géologues
- p.16 L'énergie au cœur de la politique climatique
- p.22 Accord international : un partage des efforts « scientifiquement fondé » ?
- p.24 La collaboration internationale pour des modèles d'aide à la prise de décision performants et transparents
- p.26 Premiers symptômes d'une société malade des changements climatiques ...
- p.30 Nos forêts ont-elles un futur sous le climat de demain ?
- p.33 Climat et agriculture, un partenariat fragile
- p.35 Une menace de plus pour la biodiversité ?
- p.38 Les changements climatiques et la mer du Nord
- p.41 Davantage d'inondations dans le futur ?
- p.43 La Belgique collabore au combat de l'UNESCO contre le changement climatique
- p.46 L'hiver dans la peinture belge



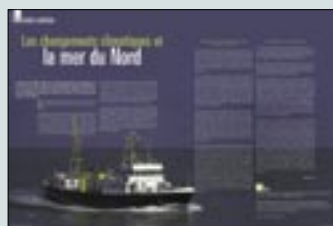
Le changement de climat vu par les géologues

12



Nos forêts ont-elles un futur sous le climat de demain ?

30



Les changements climatiques et la mer du Nord

38



L'hiver dans la peinture belge

46

Space Connection



Les satellites, irremplaçables outils d'études

La Politique scientifique fédérale et les changements climatiques

La Politique scientifique fédérale n'a pas attendu les résultats de la Conférence de Bali (2007) pour mobiliser ses forces sur les questions de changements climatiques.

Depuis bientôt 20 ans, elle contribue au développement d'une expertise dans ce domaine. Les chercheurs belges étaient parmi les premiers, notamment au sein du GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur les changements climatiques), à tirer la sonnette d'alarme sur la contribution de l'homme au réchauffement de la planète.

Aujourd'hui, plus de 15 % du budget total des programmes de recherche en appui à une politique de développement durable, mis en oeuvre par la Politique scientifique fédérale depuis le milieu des années 90 sont affectés à l'étude des changements climatiques.

Ces programmes balayent l'ensemble du spectre des recherches liées au climat :

- une recherche fondamentale qui étudie l'évolution du système climat – avec le continent Antarctique, particulièrement touché, comme terrain d'investigation privilégié – ainsi que les liens entre le climat et la dynamique de l'atmosphère ;
- une recherche stratégique qui analyse les impacts des changements climatiques sur différents secteurs d'activité et sur des écosystèmes vulnérables, en Belgique et ailleurs ;
- une recherche en support au développement de stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation aux changements climatiques.

Outre ces recherches ciblées sur les questions climatiques, les programmes d'appui à une politique de développement durable soutiennent une série de projets de recherche liés notamment

aux secteurs thématiques du transport et de l'énergie venant en appui aux politiques de réduction de gaz à effet de serre.

En outre, la Politique scientifique fédérale développe des outils en appui aux recherches climatiques via le programme d'Observation de la Terre et le développement d'équipement satellitaires.

Les changements climatiques auront un impact sur la biodiversité, les écosystèmes terrestres et marins, la santé, les conditions de vie d'une façon générale (perturbation des régimes hydrographiques...), l'agriculture ...

Ces changements climatiques sont pour bonne partie d'origine anthropique. Nous avons les moyens, et donc le devoir, de les limiter. Nous pouvons agir, grâce à la recherche, de manière scientifiquement fondée sur différents leviers tels que l'énergie, les modes de productions et de consommation, les modes de déplacement ...

Ce numéro thématique entend brosser un panorama de nos activités dans ces domaines. Je vous en souhaite une agréable lecture.



Dr. Philippe Mettens
Président du Comité de direction

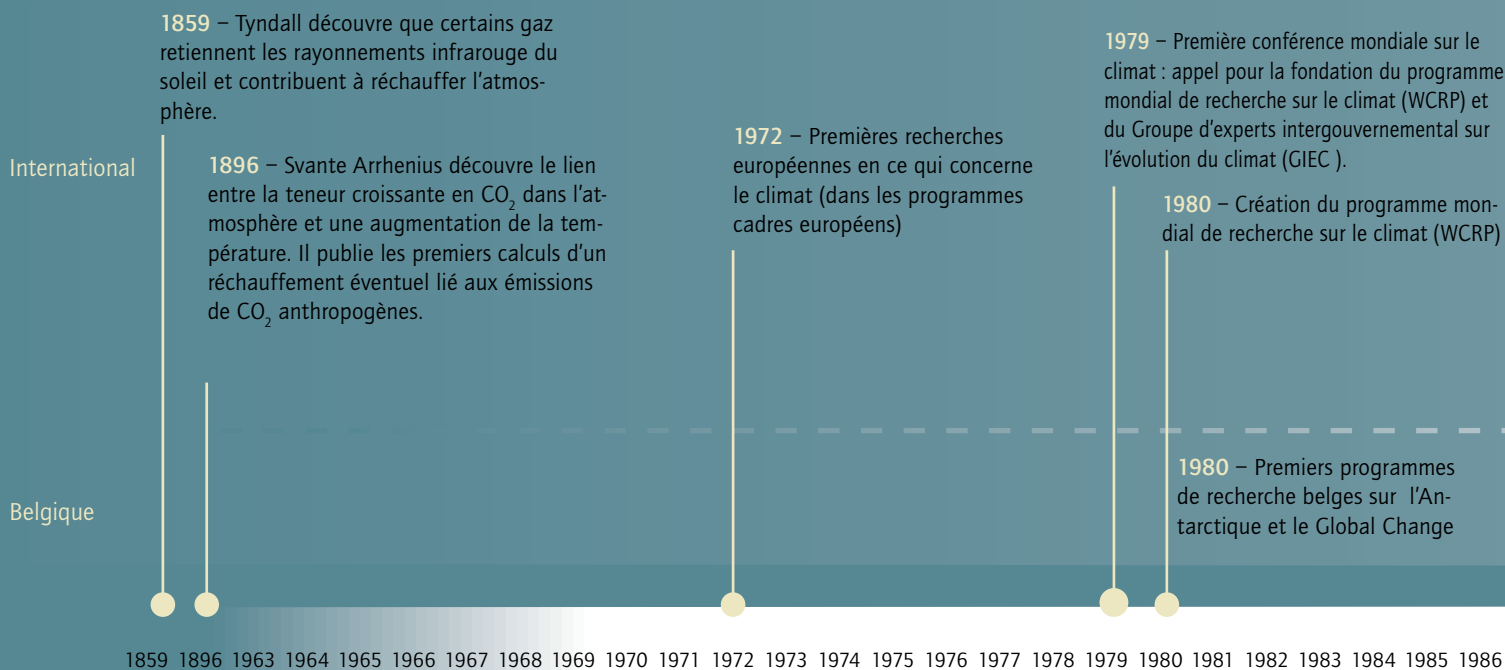


Des résultats de la recherche

un bien long

Depuis les toutes premières découvertes de la relation entre CO₂ et climat, les résultats scientifiques déterminent depuis les années 1980, via les conférences internationales et la publication des rapports scientifiques intégrés, le contenu des agendas politiques. Ci-dessous quelques étapes des recherches et des actions politiques, au niveau belge et international.

RECHERCHE ET OBSERVATION

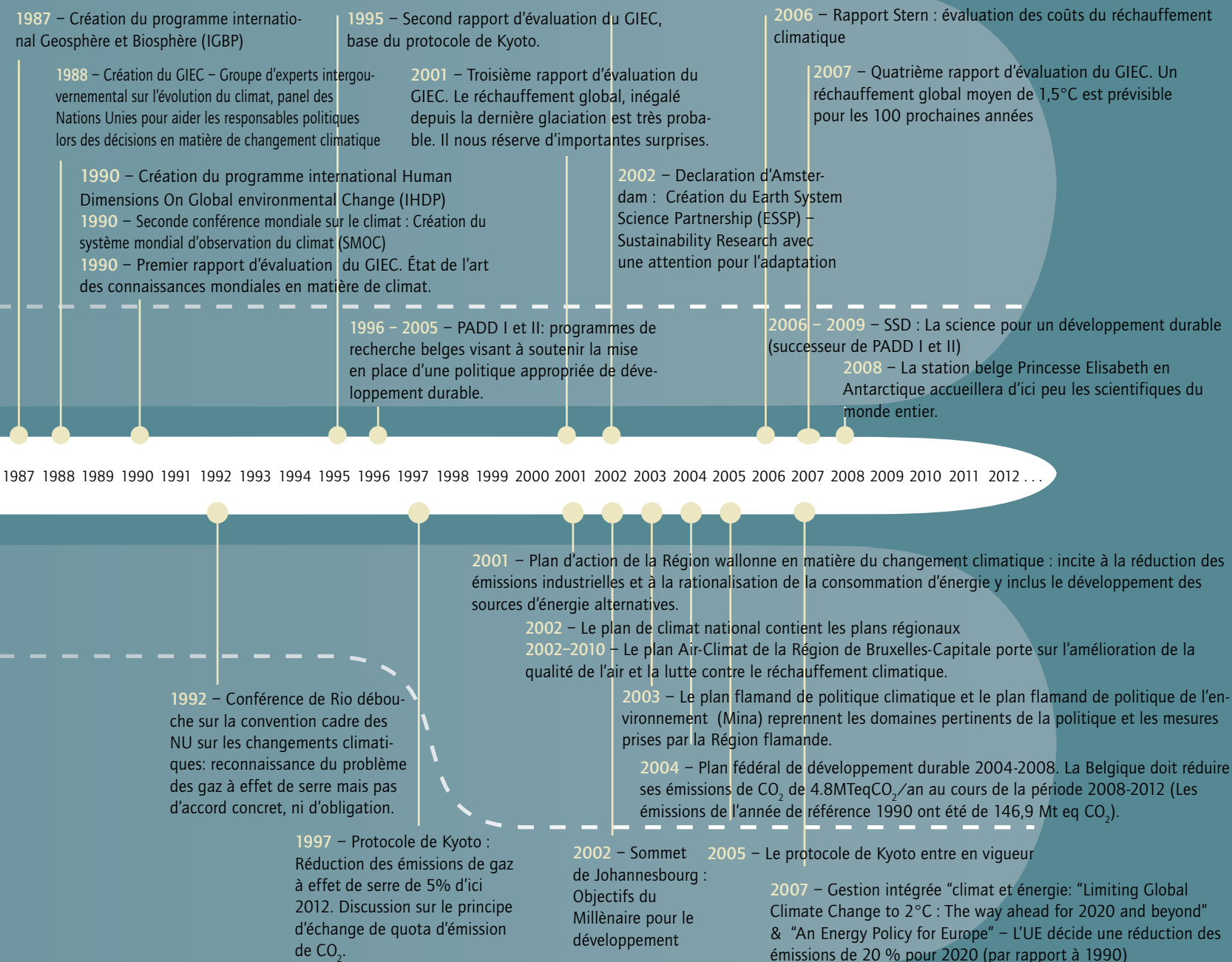


ACTION



e à une politique appropriée: ng chemin

Sophie Verheyden et Martine Vanderstraeten



Dans les coulisses du GIEC

Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a été créé en 1988 par deux organisations des Nations Unies, à savoir l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), suite à la première conférence mondiale sur le climat (1979). Son existence se justifie parce que le changement climatique est un sujet complexe et parce que les décideurs politiques doivent disposer d'informations objectives. Les rapports d'évaluation du GIEC, rapports spéciaux et techniques, ont constitué une base de négociation importante pour la convention-cadre sur les changements climatiques (UNFCCC), pour le Protocole de Kyoto et les préparations du post-Kyoto.

Comment le GIEC est-il organisé ?

Tous les pays du PNUE ou de l'OMM peuvent participer au panel et quelque 200 pays en font effectivement partie. Afin de répondre aux besoins des décideurs, le GIEC propose à intervalles réguliers des rapports clairs et rigoureusement documentés sur les connaissances scientifiques récentes, sur les connaissances techniques et socioéconomiques du système climatique, sur les causes et l'attribution du changement climatique, sur l'impact écologique et socioéconomique, sur les projections pour l'avenir, sur l'adaptation et sur les options en matière de réduction des émissions. Le GIEC se voit souvent demander via la Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies (UNFCCC-COP) de rassembler des informations scientifiques et techniques concernant certains problèmes en appui au développement des décisions politiques. Le GIEC fournit, outre les rapports d'évaluation (deux par décennie), des rapports techniques spécifiques et des directives méthodologiques (par ex. quant à l'inventaire des émissions), notamment basées sur des ateliers d'experts. Il ne réalise aucune recherche lui-même, mais fait état de la situation à l'aide d'articles scientifiques publiés et révisés par des pairs. Le GIEC est impartial, offre des informations pertinentes destinées aux décideurs, mais n'est pas prescriptif pour ces derniers.

Le 17 novembre, le GIEC a approuvé la synthèse du 4^e rapport d'évaluation. Cette synthèse intègre les trois rapports déjà parus cette année. Le texte de l'équipe scientifique a été discuté durant cinq jours par les membres du GIEC à Valence (Espagne). C'est ainsi que s'est achevé le quatrième tour de table d'évaluation. Délégation belge - novembre 2007 (de gauche à droite, en haut: Dr Ben Matthews (UCL), Dr. Philippe Marbaix (UCL), Andrew Ferrone, Prof. Aviel Verbruggen (UA); en bas: Martine Vanderstraeten (Politique scientifique fédérale), Prof. Jean-Pascal van Ypersele (UCL), Dr Dominique Perrin (SPF Environnement)

L'assemblée plénière est convoquée en règle générale au moins une fois par an et elle décide de l'élection du président et des membres du bureau, de la structure et du mandat des groupes de travail et des équipes spéciales, des procédures, du plan de travail, du budget, des objectifs et du contenu des rapports du GIEC. Elle approuve aussi les rapports.

La direction quotidienne est assurée par le bureau. Celui-ci se compose du président et de trois vice-présidents du GIEC ; les trois groupes de travail comprennent chacun deux coprésidents et six vice-présidents et l'équipe spéciale sur l'inventorisation nationale des émissions compte deux coprésidents et 12 membres. En ce moment, le GIEC se compose de trois groupes de travail (GT) et d'une équipe spéciale chargée des inventaires nationaux des émissions de gaz à effet de serre. Le GT1 évalue les aspects scientifiques du système climatique, le GT2 les conséquences, la vulnérabilité et l'adaptation et enfin le GT3 les mesures d'atténuation (*Mitigation*).

Chaque groupe de travail dispose d'une unité d'appui technique. Le bureau du GT choisit les auteurs des rapports notamment parmi une liste de nominations et sur la base d'un CV. Tant la composition du bureau que la sélection des auteurs respectent une bonne répartition géographique. Le prof. Jean-Pascal van Ypersele (UCL) est vice-président du GT2. L'évaluation constitue une partie essentielle du travail du GIEC visant à obtenir un état de la situation objectif et complet. L'*expert review* (évaluation par des experts scientifiques) tout comme la *government review* (évaluation par les représentants des pays, issus par exemple des ministères/des administrations compétents pour l'environnement) visent à amender et à commenter les aspects scientifiques et techniques. Ce processus d'évaluation étendu comprend une contribution d'experts indépendants venus du monde entier et issus de diverses disciplines. Les avis divergents sont également pris en considération dans le rapport.



Les produits du GIEC

Le résumé à l'intention des décideurs est contrôlé par le Panel quant à la clarté de son expression, à sa consistance et à sa pertinence en appui à la décision, afin que le texte final soit compris de la même façon par toutes les personnes en présence et il est ensuite approuvé ligne par ligne par les membres du GIEC, moyennant accord des auteurs.. En cas d'avis différents sur certaines données, constatations, formulations,... les rapports de base sont repris et discutés avec les auteurs du résumé.

Le rapport de base approfondi est ensuite accepté. Le rapport de synthèse est approuvé paragraphe par paragraphe. Ce processus se déroule très lentement sur plusieurs jours et nuits. Si des phrases posent des problèmes évidents, des groupes de contact, devant apporter des solutions entre les assemblées plénières, sont créés.

Le dernier rapport du GIEC est plutôt « conservateur », sachant que pas mal de temps peut s'écouler entre l'obtention de résultats de recherche pertinents et leur publication après une *peer review* et en raison du contrôle rigoureux de la qualité. Des publications plus récentes (postérieures à la mi-2006) n'ont plus été traitées. Avec les connaissances scientifiques actuellement disponibles, le rapport risque d'être encore plus explosif. Par ailleurs, le rapport est unique et puissant car il est porté par tous les pays des Nations Unies et il facilite les négociations de la Conférence des parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique.

Le GIEC et la « Paix »

Le GIEC partage avec Al Gore le Prix Nobel pour la Paix. Mais quel est donc le lien entre le GIEC et la Paix ?

En cas de conflits, outre les problèmes politiques, sociaux ou ethniques, la limitation de l'accès aux ressources naturelles peut aussi représenter un problème pouvant être consécutif au changement climatique. Ainsi, la réduction des pâturages et des terres cultivables, les quantités de précipitations plus faibles entraînant la famine, ainsi que la rareté de l'eau potable provoquant des migrations, peuvent générer des tensions et des conflits. Le changement climatique et ses conséquences ne sont pas toujours la seule cause de conflits éventuels, mais peuvent être un point de rupture. Le GIEC rassemble les connaissances scientifiques permettant d'identifier les territoires sensibles et de prendre les mesures nécessaires.

Le GIEC et la recherche

Bien que le GIEC soit une organisation scientifique, il n'effectue aucune recherche lui-même. Les rapports donnent cependant bel et bien des recommandations quant aux besoins de recherche. L'organisation et la coordination mondiale de la



Le professeur Jean-Pascal van Ypersele (UCL) est vice-président du GT2 « Conséquences, vulnérabilité et adaptation ».

recherche sont entre les mains d'autres organisations, notamment le *World Climate Research Programme*, l'*International Geosphere and Biosphere Programme*, l'*International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change* et depuis 2002, l'*Earth System Science Programme*. La recherche évaluée et intégrée par le GIEC s'effectue également en dehors du cadre de ces programmes. Citons notamment la recherche organisée par la Commission européenne, l'*European Science Foundation* ou des pays individuels.

Le GIEC et la Politique scientifique fédérale

Parce que la Politique scientifique fédérale a financé l'étude du climat depuis le milieu des années 80, nous disposons aujourd'hui de quelques excellents experts en la matière qui participent aux activités du GIEC en tant que membres du bureau et de la délégation belge, comme experts dans les ateliers, rédacteurs du glossaire explicatif, en tant qu'auteurs ou réviseurs des chapitres de gros rapports d'évaluation ou de rapports spécifiques ou techniques plus courts.

Certains résultats de la recherche financée par la Politique scientifique fédérale font partie intégrante du rapport du GIEC. En attestent : l'évolution du climat au cours de l'holocène et du dernier millénaire, l'évaluation des modèles climatiques numériques et les projections des changements climatiques à long terme, l'impact du changement climatique sur le niveau de la mer et sur le cycle du carbone, l'utilisation de modèles d'équilibre de masse dans les projections de la contribution des calottes glaciaires polaires à la montée du niveau des mers au XXI^{ème} siècle, l'impact du changement climatique et d'autres facteurs de stress sur les écosystèmes, etc. Vous trouverez de plus amples informations sur notre site Internet.

Martine Vanderstraeten



En savoir plus

Les résumés à l'intention des décideurs, les rapports spéciaux et le CD-rom comprenant le rapport complet sont gratuits : www.GIEC.ch

Pour de plus amples informations sur la contribution des scientifiques belges au GIEC, des témoignages, les versions néerlandophone et francophone du résumé à l'intention des décideurs :

www.belspo.be/ipcc

Connaître le passé pour comprendre le présent

Il y a toujours eu des changements climatiques : des changements climatiques rapides et drastiques ont eu lieu par le passé avec des cycles de périodes glaciaires suivies de situations de gaz de serre et retour, le tout étalé sur des périodes allant de quelques millions d'années à quelques décennies.

La grande différence entre les changements climatiques passés et ceux d'aujourd'hui est toutefois l'impact des activités humaines. Pour pouvoir déterminer si le récent réchauffement global à partir du XX^e siècle est exceptionnel et quantifier la contribution anthropogénique, les climatologues doivent avoir une image à long terme la plus exacte possible des variations naturelles du climat, sans influence humaine.

De nombreux instruments sont disponibles aujourd'hui pour mesurer la température, les précipitations, la pression atmosphérique, le vent et la composition de l'atmosphère. Des mesures systématiques et des observations instrumentales n'existent toutefois que depuis les dernières cent à cent cinquante années et n'offrent donc qu'une image incomplète des changements climatiques passés.

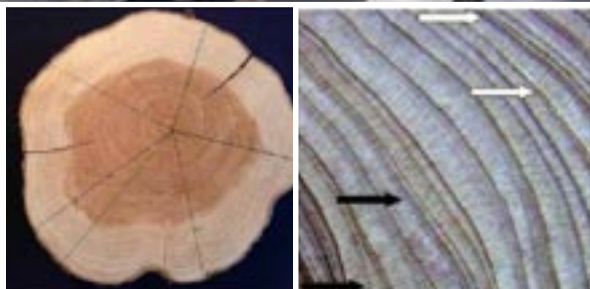
Paléoclimatologie

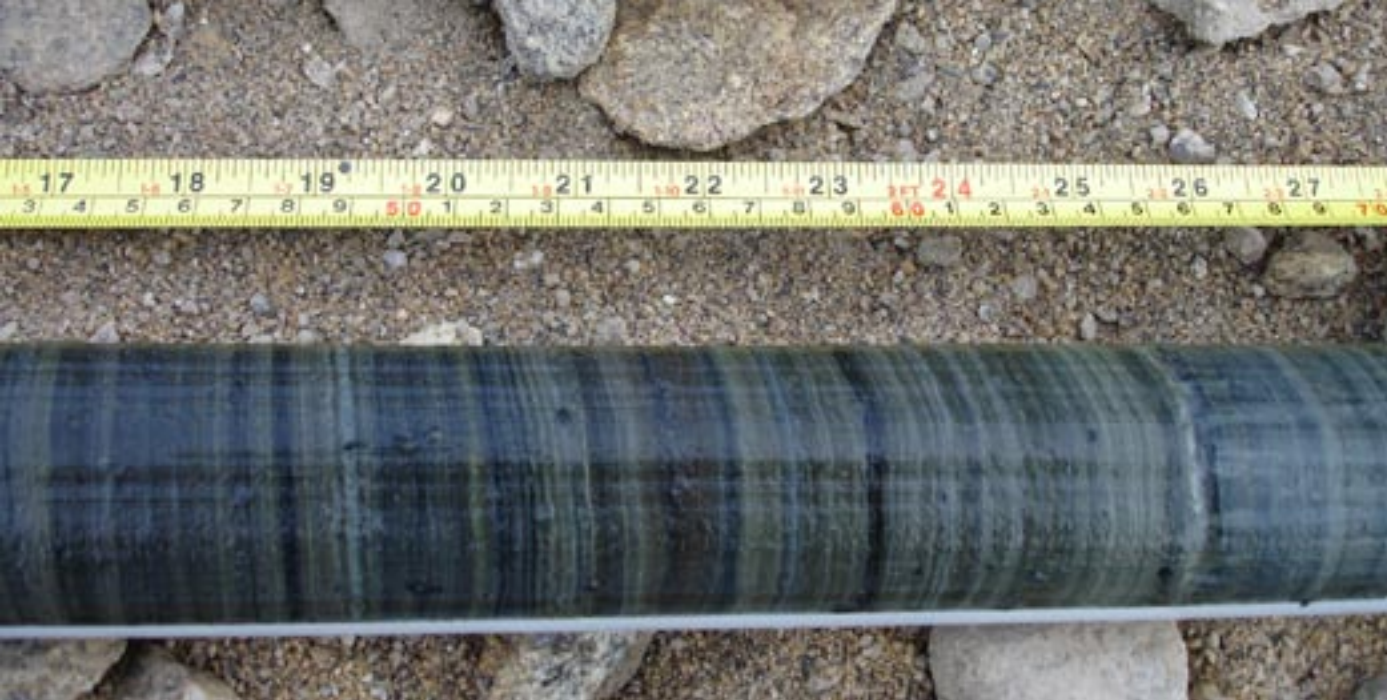
Les géographes, géologues, biologistes et glaciologues ont découvert depuis une dizaine d'années environ que les carottes de glace, les couches de vase des océans et des lacs, les résidus de pollens des plantes, les anneaux de croissance des arbres et des coquillages, les fines couches déposées dans les stalagmites, les anneaux de croissance des bivalves, des coraux ... racontent une série d'histoires sur le climat, qui sont reliées de manière complexe.

Cette étude des « archives naturelles du climat », cruciale pour la reconstruction du climat et des changements climatiques avant la période des mesures instrumentales, est appelée la paléoclimatologie.

Les proxies : de la perception à l'interprétation

La reconstruction des paléoclimats est faite de manière indirecte, à l'aide d'analyses des différentes caractéristiques de ces sources d'archives naturelles. Interpréter correctement ces caractéristiques ou variables, appelées proxies, n'est toutefois pas tâche facile. Il faut trouver une relation entre ces proxies d'une part (par ex. la composition chimique et isotopique des sédiments ou des bulles d'air dans la glace, le type et la quantité de faune et de flore (fossilisées), l'épaisseur et la densité des anneaux et des dépôts, la structure des couches ...) et les variables climatiques d'autre part (température, précipitations, degré de salinité, volume des calottes glaciaires, profondeur de l'eau, niveau relatif de la mer, équilibre hygrogologique, ...)





Carotte de forage d'une lagune antarctique. Chaque couche correspond à une saison de croissance.
© W. Vyverman.

La neige s'est accumulée sur les calottes glaciaires pendant des milliers d'années. Les scientifiques ont foré dans la glace à des centaines de mètres de profondeur et, à l'aide de l'analyse des carottes de glace, ont pu obtenir des informations sur le climat ambiant de l'époque ainsi que sur la composition de l'atmosphère.

Les schémas de l'érosion, des précipitations et des températures peuvent être déduits des minéraux et des sédiments. Sur la base du matériel biologique comme le pollen, les diatomées, les fossiles, ... nous obtenons des informations sur la végétation et la faune présente à une certaine époque dans une région donnée, ce qui permet d'en déduire la présence ou l'absence de la mer ainsi que divers facteurs climatiques comme la température, le degré d'humidité et le vent.

La deuxième moitié du XX^e siècle a connu une augmentation énorme de la recherche concernant les proxies climatiques physiques et chimiques. L'étude des isotopes stables dans les foraminifères (unicellulaires avec squelette calcaire) provenant des forages dans le fond des océans et l'étude des isotopes dans les carottes de glace du Groenland et de l'Antarctique principalement, ont fortement contribué aux connaissances sur le développement du climat au cours des dernières cent mille années.

Ces proxies peuvent être validés en comparant les proxies climatiques de la période historique avec les données de mesure instrumentales de la température et autres données météorologiques. Autrement dit, la fiabilité et l'exactitude des données d'archive peuvent être contrôlées à l'aide de données de mesure objectives.

Vers le futur

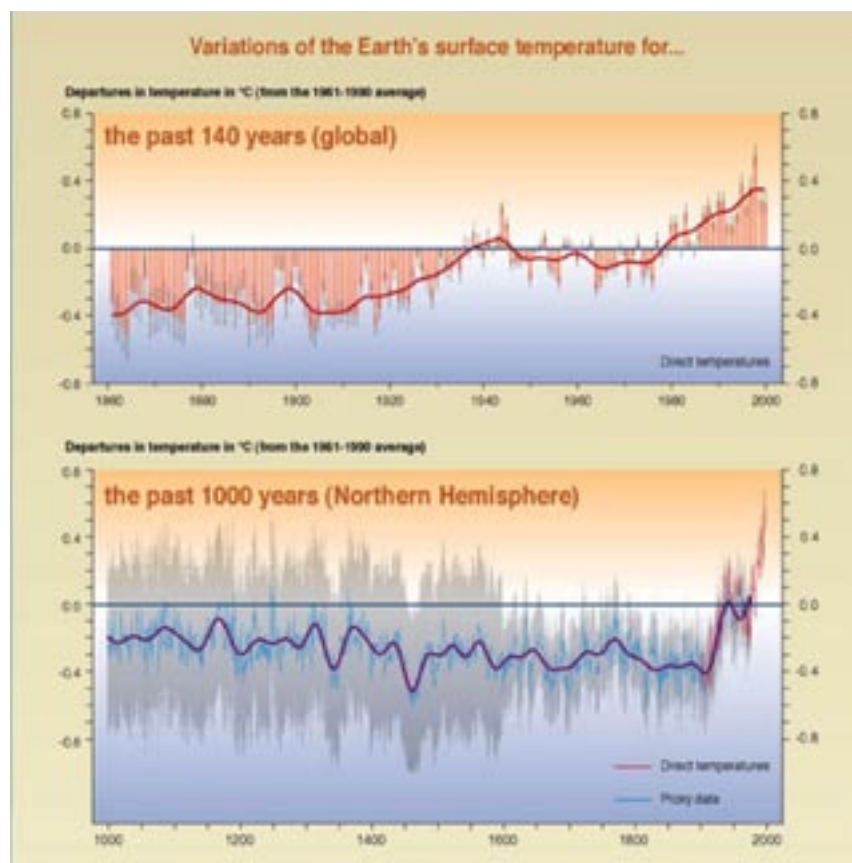
La paléoclimatologie a des objectifs de recherche tant historiques qu'appliqués. Elle nous permet d'une part d'esquisser l'évolution de l'atmosphère, des océans, de la biosphère et de la cryosphère et, d'autre part, de quantifier les caractéristiques du climat et les forces motrices qui sous-tendent le changement climatique ainsi que la sensibilité du système

climatique face à ces forces. Les reconstructions paléoclimatologiques sont également utilisées pour la validation des modèles numériques de simulation climatique. La possibilité de simuler correctement les changements climatiques passés renforce notre confiance dans les conclusions tirées des simulations du climat futur.

Au sein des programmes de recherche de la Politique scientifique fédérale de ces dernières 20 années, la paléoclimatologie s'attache principalement à l'étude des carottes de glace, des sédiments marins et des squelettes calcaires d'organismes marins.

Maaïke Vancauwenberghe

Variations de la température dans le temps





Forage de carotte de glace ©
J.-L. Tison.

EPICA - "European Project for Ice Coring in Antarctica" (1996-2006)

Archive: carottes de glace

Proxies: composition chimique et isotopique de l'air contenu dans les bulles d'air prises dans la glace.

Indicateurs climatiques déduits: température, précipitations, accumulation de neige/glace, composition de l'atmosphère (par ex. CO_2 , CH_4)

Période de reconstruction: plus de 800.000 ans

www.esf.org/activities/research-networking-programmes/life-earth-and-environmental-sciences-lesc/ (aller sur "completed research" en bas)

Éponge à squelette calcaire massif des Caraïbes, *Ceratoporella nicholsoni* © Ph. Willenz)



ENSO - CHILI - Variabilité ENSO au sud du Chili durant l'holocène (2000-2005)

Archive: carottes de sédiments marins

Proxies: caractéristiques physiques, structure sédimentaire, minéralogie, datation, téphrochronologie (tephra = cendres volcaniques) et étude des pollens.

Indicateurs climatiques déduits: température et précipitations

Période de reconstruction: les derniers 10.000 ans

LAQUAN/HOLANT - Variabilité climatique et changements au sein de l'écosystème de la zone côtière antarctique (2001-2010)

Archive: carottes de sédiments marins

Proxies: les indicateurs climatologiques biologiques (nombre et type de diatomées, pigments fossiles, microfossiles, ADN fossile) et sédimentaires, l'épaisseur locale de la glace continentale

Indicateurs climatiques déduits: température, degré de salinité, profondeur de l'eau et équilibre hydrologique des lacs, niveau relatif de la mer, volume régional de la calotte glaciaire

Période de reconstruction: quaternaire tardif/holocène (les derniers 120.000 - 10.000 ans)

www.holant.ugent.be/

CLANIMAE - Impact climatique et anthropogène sur les écosystèmes africains (2007-2011)

Archive: sédiments marins

Proxies: nombre et type de diatomées fossiles et de plantes aquatiques, chimie silice/isotopes dans les squelettes des diatomées, spores fongiques associées aux excréments de bovins et d'ovins, pollen fossile

Indicateurs déduits: équilibre hydrologique et qualité de l'eau des lacs, production aquatique primaire, exploitation historique des lacs par les pastoralistes, type de végétation

Période de reconstruction: les derniers 2.500 ans

CALMARS - Carbonates marins biogéniques (2001-2009)

Archive: squelettes calcaires (i) de bivalves (moules, palourdes, coquilles Saint-Jacques); (ii) d'échinodermes (étoiles de mer, oursins) et (iii) de sclérosponges (éponges tropicales avec un squelette calcaire dur).

Proxies: isotopes stables, éléments trace, vitesse de croissance.

Indicateurs climatiques déduits: degré de salinité et température, productivité océanique et taux d'acidité

Période de reconstruction: les derniers 1.000 ans

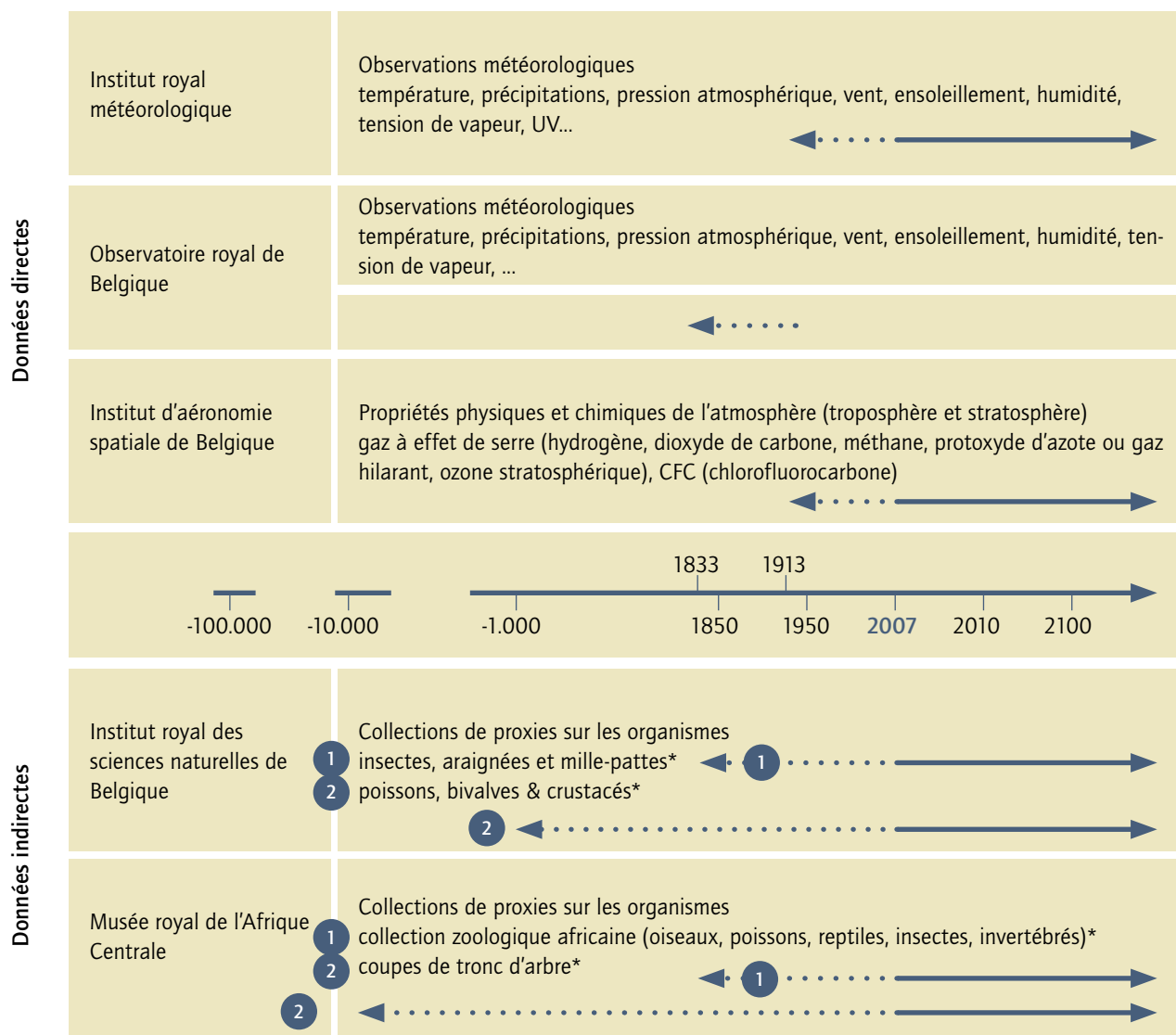
www.vub.ac.be/calmar/index.html

Maike Vancauwenberghe



Archives climatiques des Établissements scientifiques fédéraux

Cinq Établissements scientifiques fédéraux possèdent des données relatives au climat et des archives destinées à l'étude paléoclimatologique.



Les archives et la compétence des ESF alimentent et valident les modèles mathématiques relatifs aux projections des changements climatiques à l'échelle mondiale, régionale et locale (par ex. services d'alerte à la population en matière de qualité de l'air, vagues de chaleur, inondations, ...).

Le climat est-il prévisible ?

Le système climatique est un système complexe divisé en cinq grands secteurs : l'atmosphère, l'hydrosphère, la cryosphère, la biosphère et la géosphère. Le système climatique évolue au fil du temps sous l'influence de sa propre dynamique interne et suite aux éruptions volcaniques, à la variabilité de l'activité solaire, aux glissements de l'orbite terrestre et à la tectonique des plaques. Depuis le milieu du XVIII^e siècle (révolution industrielle), les activités humaines, notamment la combustion accrue de carburants fossiles, l'élevage, les processus industriels via les émissions de gaz à effet de serre et les changements d'affectation des terres tels que la déforestation, influencent aussi fortement le réchauffement enregistré de notre planète.

Prévoir l'évolution du climat n'est pas une sinécure. Nous avons besoin de modèles climatiques globaux et régionaux pour mettre au point les scénarios des changements climatiques futurs et pour tester l'impact des options politiques. Les projections (« prévisions ») varient d'un modèle à l'autre en raison des incertitudes liées aux émissions anthropogéniques de gaz à effet de serre ainsi que d'aérosols dans le futur et aux processus et mécanismes rétroactifs qui influencent le climat. Une mesure plus précise de l'incertitude liée à l'usage des modèles s'obtient en comparant les résultats des différents modèles. Enfin, cela dépend aussi fortement de la disponibilité de mesures dans le temps et dans l'espace.

La Politique scientifique fédérale finance des projets qui permettent de mieux connaître le système climatique et les processus qui l'influencent ainsi que la modélisation du climat.

Un modèle du système Terre

Le projet ASTER vise à poursuivre le développement d'un 'Earth System Model' : le 'LOVECLIM'. Pour aboutir à un modèle ASTER standard, chaque partenaire (UCL, VUB et ULg) apporte des améliorations au modèle, en partant de ses propres compétences : la modélisation climatique orientée sur les interactions glace-climat, l'évolution du climat sur le dernier millénaire, les modèles numériques glaciaires et calottes polaires, ainsi que la modélisation des cycles biochimiques dans l'océan.

Ce modèle ASTER s'appuiera sur des scénarios d'émissions réalistes, tenant compte notamment du développement économique, de l'évolution technologique et de la croissance

démographique ; il fournira aux décideurs une série de scénarios plausibles relatifs au climat et au niveau des mers pour les trois prochains millénaires. Le modèle devra aussi être en mesure de modéliser les changements climatiques du passé et d'élaborer ainsi une meilleure connaissance en paléoclimatologie. Les résultats de la modélisation sont utiles aux centres de recherche étudiant les impacts des changements climatiques, notamment sur la productivité agricole, sur l'équilibre hydrologique des bassins fluviaux, ainsi que sur l'impact sur la santé et les aspects socio-économiques du changement climatique.

Le rôle de la calotte glaciaire antarctique

Des observations récentes du niveau des mers et de la dynamique de la calotte glaciaire antarctique suggèrent que la montée du niveau des mers prévue dans le quatrième rapport du GIEC est sans doute sous-estimée. La raison ? Les modèles utilisés n'ont pas tenu compte, par manque de connaissances suffisantes, de l'écoulement dynamique de la glace.

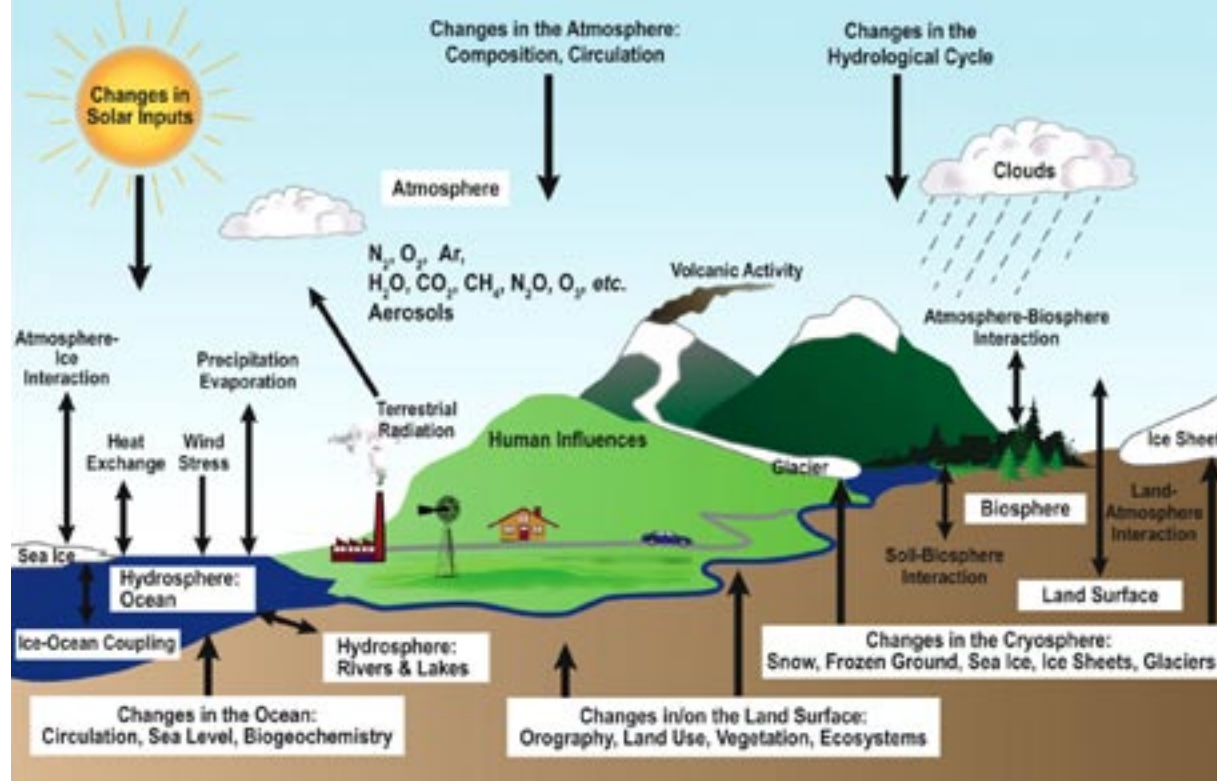
Le projet ASPI contribue à mieux comprendre ces processus dynamiques. Il étudie la stabilité des lacs sous-glaciaires, analyse les carottes provenant de forages profonds et développe des modèles de calottes glaciaires.

Le rôle des cycles biogéochimiques dans les océans

Les océans, couvrant deux tiers de la surface terrestre, jouent un rôle essentiel dans le cycle global du carbone. Ils absorbent plus d'un tiers du CO₂ anthropogénique. L'absorption de cet excédent de CO₂ dans l'atmosphère perturbe non seulement le cycle du carbone et les écosystèmes marins, mais mène également à l'acidification de l'eau de mer. Ce processus a des effets nuisibles sur les organismes marins et en fin de compte sur le climat planétaire et la vie sur terre.

Il était admis que les océans absorbaient davantage de CO₂ issu de l'air au fur et à mesure de la hausse de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère. Mais cela ne semble pas être





le cas. Mieux comprendre et quantifier les processus biogéochimiques qui se déroulent dans l'océan, est donc également indispensable afin d'obtenir des modèles plus précis du cycle du carbone.

Le projet PEACE évalue les rôles dans la régulation du climat d'un groupe important de minuscules algues marines unicellulaires au squelette calcaire, appelées coccolithophores ainsi que l'impact de l'acidification des océans sur ces organismes. À ce jour, les modèles ne tiennent pas vraiment compte des effets de la précipitation de ces organismes calcifiants, ni de la dissolution de leurs squelettes, bien que ceux-ci aient une influence considérable sur la capacité de l'eau marine à absorber le carbone atmosphérique (puits).

L'océan Austral est l'un des seuls endroits où le courant océanique plonge rapidement vers le fond des mers en raison du froid et de sa teneur saline élevée ; il entraîne ainsi le « convoyeur » (aussi appelé *Gulf Stream* ou circulation thermohaline). Ce processus assure le pompage réel par l'océan du CO₂ atmosphérique et son entraînement dans les grandes profondeurs. Sans ce processus, dans ce territoire exceptionnel sur terre, la concentration atmosphérique en CO₂ augmenterait encore plus rapidement. Le « convoyeur » est d'une importance capitale pour la répartition de la chaleur sur la planète et pour la vie marine. Un ralentissement du convoyeur pourrait entraîner des changements climatiques et la réduction de la production primaire, donc aussi de la vie marine.

L'objectif du projet BELCANTO est de construire et de valider un modèle biogéochimique tridimensionnel glace-océan réaliste de l'océan Austral. Le modèle permet d'évaluer plus justement le rôle de l'océan Austral comme source ou puits de CO₂ atmosphérique. Par ailleurs, il permet aussi d'estimer l'impact sur les cycles biogéochimiques et d'améliorer notre capacité de prédiction de la réponse de l'océan Austral aux augmentations futures du CO₂, à l'acidification des eaux océaniques et aux changements dans la circulation océanique.

Le rôle de l'atmosphère

Il subsiste également encore des incertitudes quant à la connaissance de l'atmosphère.

Le projet AGACC exploitera les observations actuelles et historiques afin d'étudier les changements de la composition chimique de l'atmosphère ayant un impact sur le climat ou sur la qualité de l'air. Ainsi, il contribuera à la résolution de questions environnementales actuelles, comme les suivantes : peut-on détecter un changement dans la distribution de la vapeur d'eau dans l'atmosphère ? Qu'est-ce qui détermine l'évolution de la concentration en méthane ? Qu'en est-il de la composition atmosphérique en aérosols au-dessus d'Uccle et comment cela influence-t-il le rayonnement à la surface de la Terre ? Les banques de données servent notamment aussi à valider les données satellitaires.

Les Composés organiques volatils biogéniques (COVB) (par ex. les émissions des pins) jouent un rôle important dans la chimie atmosphérique et génèrent des aérosols secondaires qui ont un effet sur le climat et sur la santé de l'homme. Le projet IBOOT vise à mieux comprendre et quantifier l'impact des COVB sur la qualité de l'air et le système climatique (les aérosols, l'ozone et le méthane). Le projet BIOSOL étudie en particulier la formation des aérosols issus des COVB ainsi que leur composition chimique.

Martine Vanderstraeten



ASTER : www.climate.be/ASTER

ASPI : homepages.ulb.ac.be/~fpattyn/aspi/

PEACE : www.co2.ulg.ac.be/peace

BELCANTO : www.co2.ulg.ac.be/belcanto

AGACC : www.oma.be/AGACC/Home.html

Le changement du climat vu par les géologues

Vers 1830, la révolution industrielle s'est étendue de la Grande-Bretagne au continent et à l'Amérique du Nord. La jeune Belgique aussi a démarré, à l'époque de la vapeur, développement qui a permis à l'économie occidentale d'atteindre des niveaux inconnus auparavant. Quelques décennies plus tard, toutes les couches de la population commenceraient à récolter les fruits de cette augmentation de la prospérité. L'effet de la révolution industrielle est encore fort perceptible actuellement. Il suffit de penser au bien-être et à la richesse de l'Occident, son modèle de développement économique, contrastant avec la pauvreté du Sud, où la révolution industrielle n'a toujours pas eu lieu.

Du combustible pour la révolution

L'économie est donc passée à la vitesse supérieure vers 1830, l'énergie nécessaire étant livrée par le charbon. Les machines à vapeur, fortement améliorées par James Watt en 1777, fonctionnaient en effet avec du charbon. Les besoins supplémentaires ainsi engendrés étaient entièrement compensés par le fait que celles-ci ont permis l'exploitation à grande échelle du charbon à une grande profondeur. En Belgique, des mines ont été creusées à plus de 1 000 mètres de profondeur.

À partir de 1950, la part dans l'approvisionnement en énergie du pétrole et du gaz naturel, deux autres combustibles fossiles, est devenue de plus en plus importante. Le pétrole par exemple est devenu le combustible indispensable des véhicules, des transports publics et du transport de marchandises sur terre et sur mer. Contrairement à la majorité des pays voisins, la Belgique ne dispose pas de réserves de pétrole ou de gaz naturel. Nous avons pourtant notre propre petit champ de gaz naturel sous la commune de Loenhout, mais il s'agit de gaz injecté temporairement dans le sol pendant l'été pour le pomper à nouveau en hiver, lorsque la demande est plus élevée.

Notre prospérité occidentale dépend en tout cas fortement d'une économie qui tourne bien, et cette économie tourne principalement grâce aux énergies fossiles. Une bonne raison pour les géologues d'être fiers du rôle qu'ils ont joué et qu'ils continuent à jouer dans la localisation et l'exploitation des richesses en charbon, pétrole et gaz naturel de notre planète.

Les petites lettres du contrat

La médaille a toutefois un revers et ce revers s'appelle le changement climatique. Les combustibles fossiles forment une importante réserve de carbone, qui a été extraite de l'atmosphère au cours des périodes géologiques. En utilisant aujourd'hui ces combustibles, nous restituons le carbone dans l'atmosphère sous forme du gaz de combustion CO_2 . En 1896 déjà, le chercheur suédois, Svante Arrhenius, a avancé l'hypothèse que la terre pourrait se réchauffer à cause de ce phénomène, mais pendant plus de 70 ans, cette position a été ignorée. Il était en effet impensable que l'activité humaine puisse influencer les systèmes naturels du monde entier, une douloureuse erreur de jugement.

L'effet de serre entache également le blason des géologues. En donnant au monde l'accès aux combustibles fossiles, ils ont en quelque sorte également libéré le CO_2 de ses chaînes. Nous avons ainsi hypothéqué notre avenir, car un réchauffement climatique mondial et surtout rapide semble avoir des conséquences principalement négatives.

De plus, nous dépendons presque totalement des combustibles fossiles pour notre prospérité. Les effets de l'augmentation des prix sur le marché international du pétrole par exemple sont directement perceptibles jusque dans le salon, où le thermostat doit certainement descendre d'un degré. Imaginez un rationnement du combustible pour limiter l'émission de CO_2 : de telles solutions drastiques auraient des répercussions énormes, lourdes de conséquences pour toutes les couches de la population.

Ceci n'empêche que nous devons et pouvons utiliser l'énergie de manière plus économique. Aux États-Unis, l'émission de CO_2 par habitant est presque deux fois plus élevée qu'en Europe, ce qui montre clairement qu'ils ont une large marge d'amélioration. Au sein de l'Union européenne, la Belgique se situe toutefois en tête, avec environ 11,5 tonnes de CO_2 par habitant, soit trois tonnes de plus que la moyenne européenne. Cette différence est due en partie à notre industrie avide d'énergie, industrie évidemment indispensable à notre économie.

À côté d'une utilisation plus efficace de l'énergie, nous devons également passer à des sources d'énergie pauvres en CO_2 . Les sources d'énergies renouvelables comme la force éolienne, la force hydraulique, l'énergie solaire et la géo-



thermie sont de bons exemples. L'énergie nucléaire est également une possibilité, bien que la controverse à ce sujet soit nettement plus forte.

Le défi reste toutefois énorme. Au niveau mondial, la demande en énergies primaires ne cesse de croître, en partie à cause des nouveaux pôles de croissance comme la Chine et l'Inde, alors que les émissions de CO₂ devraient baisser de manière drastique. Si des efforts sont fournis au niveau mondial, nous pourrions passer à une société sans CO₂ au plus tôt vers 2050, mais le climat aura peut-être irrémédiablement changé d'ici là.

Les géologues seraient-ils encore fiers de leur rôle dans l'histoire si un tel scénario catastrophe se réalise ? Stricto sensu, ils nous permis de profiter de façon démesurée des richesses de la terre, mais sans lire les petites lettres du contrat.

Refermons le cercle

Ce sont peut-être justement leur honneur professionnel et leur fierté qui font que les géologues n'abdiquent pas devant cette dure perspective. Peut-être est-ce aussi parce qu'ils considèrent chaque fantaisie de la terre comme un nouveau défi, comme un point de départ vers de nouvelles possibilités. Les géologues veulent en tout cas offrir une solution qui donnera largement le temps de souffler dans le combat contre les changements climatiques.

Les géologues proposent de refermer le cercle. Actuellement,

nous ramenons du carbone à la surface sous forme de charbon, de pétrole ou de gaz naturel et consommons l'énergie qui y est stockée. Au lieu de laisser ensuite s'échapper le dioxyde de carbone dans l'atmosphère, une étape supplémentaire pourrait être franchie, qui serait de capturer le CO₂ et de l'enfouir à de grandes profondeurs dans des conditions comparables à celles où les combustibles fossiles ont eux-mêmes été piégés il y a bien longtemps. Cette possibilité est appelée la capture et le stockage géologique du CO₂, abrégé CCS (l'acronyme anglais pour *Carbon Capture and geological Storage*).

Toutes les sources de CO₂ n'entrent pas en ligne de compte pour ce procédé. Il faut un traitement pour capturer le CO₂, ce qui n'est possible que pour de grandes installations industrielles. Celles-ci peuvent être des centrales électriques, mais on peut aussi considérer des secteurs comme la production d'acier et de ciment, la pétrochimie et le raffinage. En Belgique, ces sources ponctuelles importantes représentent environ 45% de la production totale de CO₂. Un tiers des émissions mondiales totales de CO₂ pourrait ainsi être évité d'ici 2030.

La capture du CO₂ au cours du processus de production est l'étape la plus coûteuse. Vient ensuite le transport relativement simple du CO₂ par pipeline vers un site géologiquement adapté. La dernière phase est la phase qui recèle le plus de défis : en effet, les géologues doivent garantir que le CO₂ sera stocké définitivement et de manière sûre. La condition primordiale est le choix d'un site où le sous-sol offre naturellement les caractéristiques nécessaires. De tels sites sont appelés réservoirs géologiques.

Du CO₂ pour la Terre

Le tout est relativement simple pour les pays qui possèdent des champs de pétrole et de gaz naturel. Quand tout le pétrole ou le gaz naturel extractible a été pompé, il reste des réservoirs vides ayant déjà prouvé leur fiabilité en pratique. En effet, le pétrole ou le gaz naturel sont restés stockés, souvent des millions d'années, dans ces structures. Malheureusement, la Belgique est un des rares pays européens dépourvus de telles richesses en pétrole ou gaz naturel.

Les aquifères représentent une autre possibilité. Les aquifères sont des couches poreuses remplies d'eau. Les aquifères peu profonds peuvent être utilisés pour l'eau potable, mais s'ils sont fortement salins et se trouvent à une profondeur d'un kilomètre au moins, ils peuvent être utilisés pour le stockage du CO₂, du moins là où il y a une couche supérieure imperméable qui piègera le CO₂ dans l'aquifère. La Norvège a prouvé depuis dix ans que ceci est possible en injectant chaque année un million de tonnes de CO₂ dans un aquifère marin situé sous la Mer du Nord. La Norvège affirme en outre disposer de réservoirs capables de stocker le CO₂ produit dans toute l'Europe au cours des prochaines décennies.

De plus, ne pas devoir dépendre entièrement d'autres pays présente des avantages. Il y a également toute une série d'aquifères salins dans le sous-sol de la Belgique, dont certains pourraient convenir pour le stockage du CO₂. L'aquifère situé sous Loenhout par exemple est actuellement utilisé pour le stockage de gaz naturel et stocker du CO₂ ne serait qu'un petit pas supplémentaire. Il faut toutefois pouvoir disposer de structures adaptées dix fois plus importantes que celles présentes sous Loenhout. Ces structures n'ont pas encore été répertoriées en Belgique, mais notre connaissance du sous-sol à une profondeur de plus de 1 000 mètres est encore très limitée. Voici une fois de plus du travail en perspective pour les géologues.

Une autre manière de stocker le CO₂ dans le sous-sol est de l'injecter dans le charbon. D'autres processus entrent en jeu

ici : le charbon n'est pas une roche poreuse, contrairement à l'aquifère, mais il se lie volontiers à différents gaz. Il s'agit en particulier du méthane qui peut se libérer lors de l'extraction du charbon sous la forme du grisou tristement célèbre.

Le CO₂ se lie encore mieux au charbon que le méthane. C'est pourquoi, s'il est injecté dans des couches de charbon encore enfouies, il se liera au charbon de manière permanente, alors que le méthane sera libéré. Il sera ainsi possible d'injecter du CO₂ d'un côté et de pomper de l'autre côté le méthane libéré, qui pourra alors être utilisé simplement comme gaz naturel. On injecterait environ deux fois plus de CO₂ qu'on ne libérerait de méthane, un gain appréciable pour l'environnement.

En Belgique, que ce soit en Flandre ou en Wallonie, il existe encore de grandes quantités de charbon inexploitées et toujours enfouies. Il y a donc suffisamment de place pour stocker du CO₂ dans le charbon. Le grand défi n'est donc pas de trouver des réservoirs, mais bien de développer la technique permettant d'injecter de grandes quantités de CO₂ dans le charbon. Jusqu'à présent, seuls des tests à petite échelle ont été effectués. Si nous pouvons les élargir avec succès à un projet industriel, la réduction des émissions de CO₂ sera récompensée par l'obtention de gaz sur le territoire national.

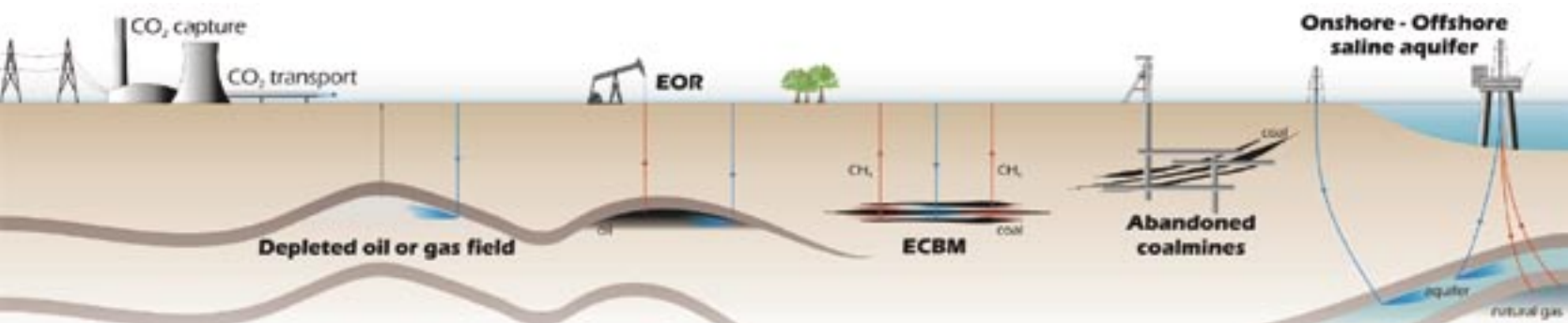
Réflexion sur la géologie

La géologie, et donc la connaissance du système terrestre, doit son succès au rôle qu'elle a joué en favorisant l'extraction des matières premières, l'industrialisation et la création de la prospérité générale. Le monde est actuellement confronté aux conséquences de cette croissance et son bien-être en est menacé. Le rôle principal que les géologues devront jouer à l'avenir est de maintenir la santé et l'équilibre de la Terre.

Kris Piessens en Michiel Duser



www.naturalsciences.be/pss-css/



L'énergie au cœur de la politique climatique

Le lien entre l'énergie et le changement climatique n'est plus à démontrer. En effet, les émissions de gaz à effet de serre (GES) de nature anthropique en Belgique sont majoritairement dues à l'utilisation de combustibles fossiles comme sources d'énergie (80,9%). Les autres sources de GES sont associées aux procédés industriels, à l'agriculture et de façon très marginale aux déchets, aux fuites de gaz dans les réseaux de distribution et à l'utilisation de solvants ou autres produits.

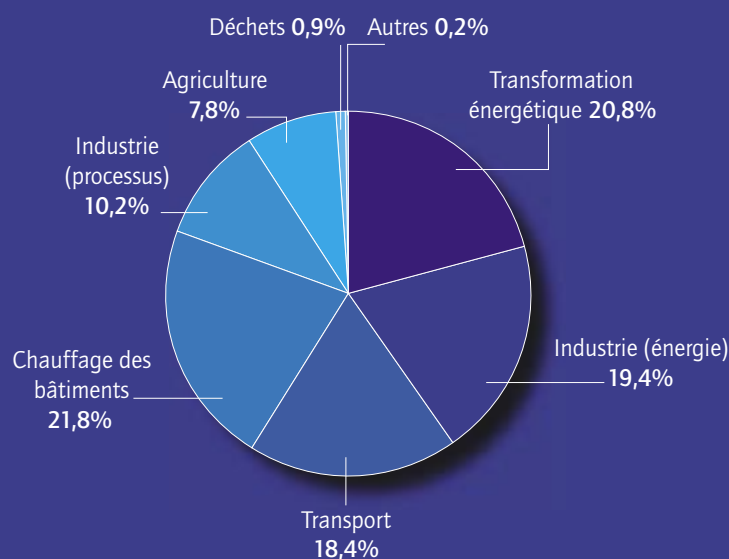
Ces 80% d'émissions de GES liées à l'énergie se répartissent entre quatre grandes sources :

- la transformation énergétique (qui recouvre principalement la production d'électricité par les centrales thermiques à 82% et le raffinage des produits pétroliers (16%)) ;
- la consommation énergétique de sources fossiles dans les industries et la construction ;
- la consommation d'énergie fossile pour le chauffage des bâtiments et la production d'eau chaude sanitaire (dont 73 % dans le secteur résidentiel) ;
- le transport, majoritairement routier 97%.

Si on constate que les émissions belges ont légèrement diminué entre 1990 et 2005, les quatre grands secteurs concernés n'ont pas évolué de manière similaire : les industries manufacturières et de la construction ont nettement limité leurs émissions, les industries de la transformation énergétique les ont maintenues plus ou moins stationnaires malgré une augmentation de leur production tandis que les secteurs du bâtiment et du transport les ont fortement augmentées.

Faire en sorte que l'énergie que l'on consomme soit plus propre et qu'on la consomme mieux ; c'est-à-dire travailler à la fois sur l'offre et sur la demande d'énergie.

Évolution des émissions de GES entre 1990 et 2005
Source : Inventaire national des gaz à effet de serre (2007)



L'offre d'énergie

Avant que le consommateur ne puisse utiliser de l'énergie (énergies finales), il a fallu la produire et ce au départ d'une énergie primaire. Les principales sources d'énergie primaire utilisées sont de la famille des hydrocarbures bruts (charbons, pétroles, gaz naturel) qui émettent les GES. D'autres sources d'énergies primaires sont les noyaux atomiques (pour produire de l'énergie nucléaire), les sources d'énergies renouvelables telles que la biomasse ou les sources issues de la force mécanique des éléments (vent, eau, ...).

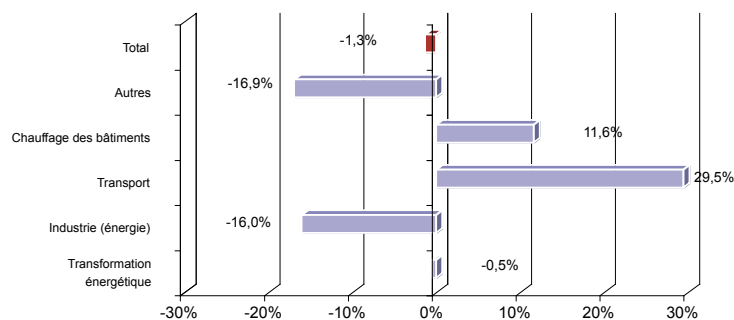
La transformation de cette énergie primaire en énergie finale (essence, diesel, mazout, électricité, gaz naturel purifié ...) engendre ou non, selon la source d'énergie primaire, des émissions de GES.

Dès lors, il y a deux axes complémentaires pour réduire les émissions liées à la production d'énergies finales:

- choisir des sources d'énergie moins émettrices de carbone telles que le nucléaire, les énergies renouvelables, ou passer à des combustibles fossiles plus propres dans les centrales thermiques (notamment privilégier le gaz par rapport au charbon) ;
- réduire les pertes entre l'énergie primaire et l'énergie finale en augmentant par exemple la performance des centrales.

À côté des recherches fondamentales et technologiques financées par les Communautés et Régions, de la recherche sur le nucléaire gérée par le département fédéral en charge de l'économie et de l'énergie, la Politique scientifique fédérale finance une série de projets d'appui à la décision. Au niveau de l'offre, ces projets sont principalement axés sur les énergies renouvelables : l'analyse de leur potentiel en Belgique et des barrières à leur développement, l'étude de leurs impacts au niveau économique, social et environnemental, ...

Pour répondre à ces questions de société ou d'aide à la décision, un nouveau type de recherche, qui associe des connaissances issues de disciplines différentes, est nécessaire. Par exemple, pour étudier le potentiel de l'énergie éolienne en mer du Nord, il faudrait idéalement des géologues pour analyser la composition du sol qui déterminera le type de socle nécessaire, des ingénieurs spécialisés dans l'aérodynamique, d'autres dans les matériaux, ..., des météorologues et leurs modèles de prévision de vent, des électriciens pour déterminer l'impact sur le réseau électrique, des économistes pour étudier les coûts, les incitants financiers, ..., des juristes pour proposer de nouvelles lois, standards ou mode de régulation, des sociologues et géographes pour analyser l'impact paysager et l'acceptabilité par le public ..., des politologues...



Évolution des émissions de GES entre 1990 et 2005
Source: Inventaire national des gaz à effet de serre (2007)

Cette approche multidisciplinaire est une réalité des recherches en énergie de la Politique scientifique fédérale où chaque projet de recherche couvre plusieurs aspects d'une même problématique.

La demande d'énergie

S'il faut produire plus propre, il faut certainement consommer mieux. La consommation d'électricité, de combustibles pour le transport, pour le chauffage des bâtiments n'a fait que s'accroître ces dernières décennies et les prévisions sans nouvelles politiques volontaristes ne sont guère optimistes. La maîtrise de la consommation a été le parent pauvre de la politique énergétique, sans doute parce que plus difficile à mettre en œuvre, vu le nombre important d'acteurs, les conséquences sociales de certaines mesures, les atteintes éventuelles aux libertés individuelles et plus largement le chamboulement des mentalités que cela nécessite.

La maîtrise de l'énergie et donc des émissions de gaz à effet de serre peut s'appréhender par trois types d'actions :

- l'efficacité énergétique : via une amélioration de la technologie qui permet, pour une même qualité de service, une consommation moindre (lampes économiques, voitures consommant moins au kilomètre parcouru, ...) ;
- la sobriété individuelle : via une modification de nos habitudes quotidiennes (baisser le thermostat, éteindre les lumières, ...) ;
- les infrastructures (urbanisme, logement, transport) : via une meilleure organisation des villes et des quartiers qui peut mener à une maîtrise de la demande (par exemple, amélioration du réseau des transports en commun, création de commerces de proximité, de rues piétonnes, ...).

suite p. 20 >



Interview express : Johan Driesen

Science Connection – Johan Driesen, vous êtes professeur au département d'ingénierie électrique de la KULeuven et vous êtes impliqué dans plusieurs projets dans le cadre du programme SSD de la Politique scientifique fédérale portant sur les implications de l'accroissement des énergies renouvelables dans le réseau électrique belge.

Même si l'énergie éolienne reste marginale dans le mix énergétique belge, l'implantation de nouvelles éoliennes s'accélère ces dernières années. Il est souvent question de la variabilité de l'énergie éolienne qui perturbe dangereusement le réseau électrique. Y a-t-il un réel risque ?

Johan Driesen – Le vent reste une source d'énergie capricieuse et qui n'est pas totalement prévisible. Il est certain que les « centrales électriques » basées sur la force du vent, qui se présentent le plus souvent comme un parc de grandes éoliennes de plusieurs MW chacune, ne se comportent pas comme des centrales classiques. Actuellement, on peut certes maîtriser les variations de production à court terme grâce à la technologie de conversion moderne basée sur l'électronique de puissance et l'effet d'échelle mais à plus long terme, c'est-à-dire sur un laps de temps de plusieurs heures, il faut s'appuyer sur de bonnes prévisions pour compenser les écarts. Dans la pratique, ceci suppose l'appel à des centrales classiques, dont l'intervention n'est pas toujours bon marché ni respectueuse de l'environnement. Les flux énergétiques parcourant le réseau électrique deviennent dès lors plus capricieux qu'auparavant.

En cas de problèmes sur le réseau électrique, par exemple un accident ou la mise hors circuit subite de centrales, il est clair que les éoliennes ne fournissent pas la même capacité d'appoint que les centrales traditionnelles. Il s'ensuit que l'on doit garder plus de centrales électriques classiques en réserve, tant à l'intérieur du pays qu'à l'étranger, pour continuer à garantir le même niveau de fiabilité.

Quoi qu'il en soit, s'il y a une part sans cesse croissante d'énergie éolienne, la puissance installée des centrales classiques ne diminue pas en proportion, loin s'en faut, et le réseau électrique relatif est soumis à une charge accrue. L'UCTE (Union pour la coordination du transport de l'électricité) calcule que, pour la Belgique, on ne peut prendre en compte que 5 % de la puissance éolienne installée comme s'il s'agissait d'une centrale classique si l'on veut conserver la même fiabilité (ce qui signifie que du point de vue de la fiabilité, 100 MW en énergie éolienne équivalent à 5 MW en production classique).

Bioénergie durable ?

Le projet TEXBIAG, financé par la Politique scientifique fédérale, s'inscrit dans le contexte actuel de la valorisation de la biomasse agricole à des fins énergétiques (bioénergie) visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la sécurisation de l'approvisionnement énergétique et le développement rural. Rassemblant des partenaires dans les domaines de l'énergie, l'ingénierie, l'agronomie, l'économie et l'environnement, le projet vise à fournir aux décideurs politiques des outils d'aide à la décision tenant compte des impacts de la bioénergie sur l'environnement, l'économie et la société.

Les bénéfices environnementaux et socio-économiques de l'utilisation de la bioénergie par rapport aux énergies fossiles ne sont assurés qu'à partir du moment où l'ensemble de la filière de production, conversion et utilisation de la bioénergie est gérée de manière « durable ». À ce titre, quelques pays (les Pays-Bas, l'Allemagne et le Royaume-Uni) ainsi que l'Union européenne ont entamé des démarches de définition des critères de « durabilité » requis afin d'éviter les effets néfastes d'une utilisation accrue de la bioénergie, et des biocarburants en particulier, tels que la déforestation, l'augmentation des prix des aliments, la perte de biodiversité, l'application intense de pesticides, le travail forcé, ...

La Belgique aussi doit sans tarder se positionner sur le sujet et le projet TEXBIAG y contribue en développant une méthodologie de mise en application de ces critères de « durabilité », afin d'appuyer l'avis belge sur la question.

Florence Van Stappen



Le projet TEXBIAG :
www.texbiag.be

SC – Dans certains pays européens, les réseaux électriques peuvent absorber jusqu'à 20% d'énergie éolienne sans grands changements techniques, le réseau belge est-il moins robuste ?

JD – Ce raisonnement ne tient pas : les pays qui ont installé une telle quantité d'énergie éolienne ne le pourraient jamais sans l'aide de leurs voisins ; à cet égard se pose une question non moins importante : d'où viennent les 80 % de puissance restants ? La quantité d'énergie éolienne qu'un réseau peut absorber dépend évidemment de la demande, mais surtout de la différence par rapport à celle-ci, car tout surcroît doit alors être produit par d'autres types de centrales : c'est ce qu'il est convenu d'appeler l'« équilibrage » entre la demande et l'offre d'électricité. Pour atteindre 20 % dans un petit pays, il faut disposer de centrales suffisamment flexibles capables de suivre le modèle éolien à titre complémentaire sans trop de frais ni d'émissions nocives. Ces centrales, on peut les construire à l'intérieur des frontières ou échanger de l'énergie avec les pays voisins via le réseau électrique à haute tension. Cette dernière option est malheureusement celle qui se retrouve le plus souvent dans la pratique, et l'on exporte ainsi une partie des problèmes d'équilibrage et des coûts qui y sont liés. À l'avenir, il sera peut-être possible d'utiliser des systèmes perfectionnés d'accumulation d'énergie et/ou de contrôle de la consommation, mais au stade actuel, ce n'est pas encore réalisable, ni sur le plan technique ni sur le plan économique.

Le réseau électrique doit également pouvoir supporter tous ces échanges sans compromettre la fiabilité, ce qui d'une part est une question de taille suffisante, mais aussi de réserve suffisante sur la capacité tant en interne qu'aux frontières.

Aussi la question ne se pose-t-elle pas en termes d'alternative, c'est-à-dire plus d'énergie éolienne ou plus de centrales classiques ou plus de connexions internationales, mais bien en termes de « et ». Si l'on souhaite voir s'accroître l'apport d'énergie éolienne, il faut investir davantage dans le réseau haute tension (comme en Allemagne où l'on prévoit presque 1000 km de nouvelles lignes à haute tension pour les besoins de l'énergie éolienne), investir aussi dans des centrales d'appoint flexibles, et assurer une production de base à faibles émissions de CO₂ (nucléaire et charbon avec, à terme, un système de récupération du CO₂).

SC – Quel est le pourcentage d'énergie éolienne que pourrait actuellement supporter le réseau électrique belge ?

JD – Pour le réseau, le problème ne se pose pas en termes d'énergie. Le réseau est dimensionné en fonction de la puissance. La question de savoir quelle quantité le réseau terrestre peut supporter n'est pas vraiment importante. La restriction de l'énergie éolienne terrestre est clairement liée aux permis de bâtir. Le taux d'acceptation des éoliennes terrestres est très bas, et ce n'est pas le réseau qui constitue le facteur limitatif. Les parcs d'éoliennes qu'on projette actuellement d'installer en mer, d'une puissance totale de 816 MW, peu-

vent être absorbés par le réseau actuel moyennant quelques adaptations minimales.

SC – Est-il préférable pour le réseau d'avoir une multitude d'éoliennes dispersées dans le pays ou des parcs de grosse puissance en mer du Nord ?

JD – Du fait de leur puissance relativement faible, les éoliennes réparties sur une grande superficie doivent être raccordées au réseau de distribution, qui n'est pas aussi résistant partout et qui n'est pas équipé pour absorber partout une forte puissance à l'entrée. Le réseau de distribution devrait donc être revalorisé dans son entièreté, ce qui entraînerait des coûts élevés. D'autre part, on pourrait argumenter que, par la dissémination de modèles éoliens sur une plus grande superficie, la puissance à l'entrée deviendrait globalement plus régulière. Toutefois, des simulations démontrent que notre pays est trop petit pour obtenir cet effet. En ce moment, le réseau de distribution est aussi fortement sollicité par d'autres systèmes de production répartis tels que les installations de cogénération dites PCCE (pour « production combinée chaleur-électricité ») dans l'horticulture.

De vastes parcs sont raccordés en une fois au réseau de transmission plus puissant, via des sous-stations où un appareil de compensation adapté doit être placé, pour autant, naturellement, que les lignes disponibles puissent transporter la puissance. Il est même possible qu'ils fournissent là ce qu'il est convenu d'appeler des services de réseaux, des actions de réglage qui aident à stabiliser le réseau. Les parcs d'éoliennes en mer sont aussi raccordés de cette façon, mais dans ce cas via un long câble sous-marin qui requiert une compensation supplémentaire, à moins que les installateurs des parcs d'éoliennes n'utilisent de nouvelles techniques pour réaliser le raccordement.



Le projet WINDBALANCE
www.belspo.be/ssd

Jusqu'à présent, les recherches et les actions politiques en matière de maîtrise de la demande d'énergie ont surtout été menées de façon sectorielle, soit au niveau des bâtiments (l'amélioration de leur enveloppe (isolation), performance des chaudières, des appareils électriques ... et de façon moindre l'étude du comportement des ménages dans leur logement), soit au niveau du transport (la diminution de la consommation des véhicules, la mobilité, ...). Petit à petit un autre type de recherche et de politique émergent où l'on passe d'une analyse par secteur à une analyse transsectorielle, où l'étude des implications énergétiques est menée aussi bien au niveau du bâtiment qu'au niveau du quartier, voire de la ville (transport et bâtiment compris).

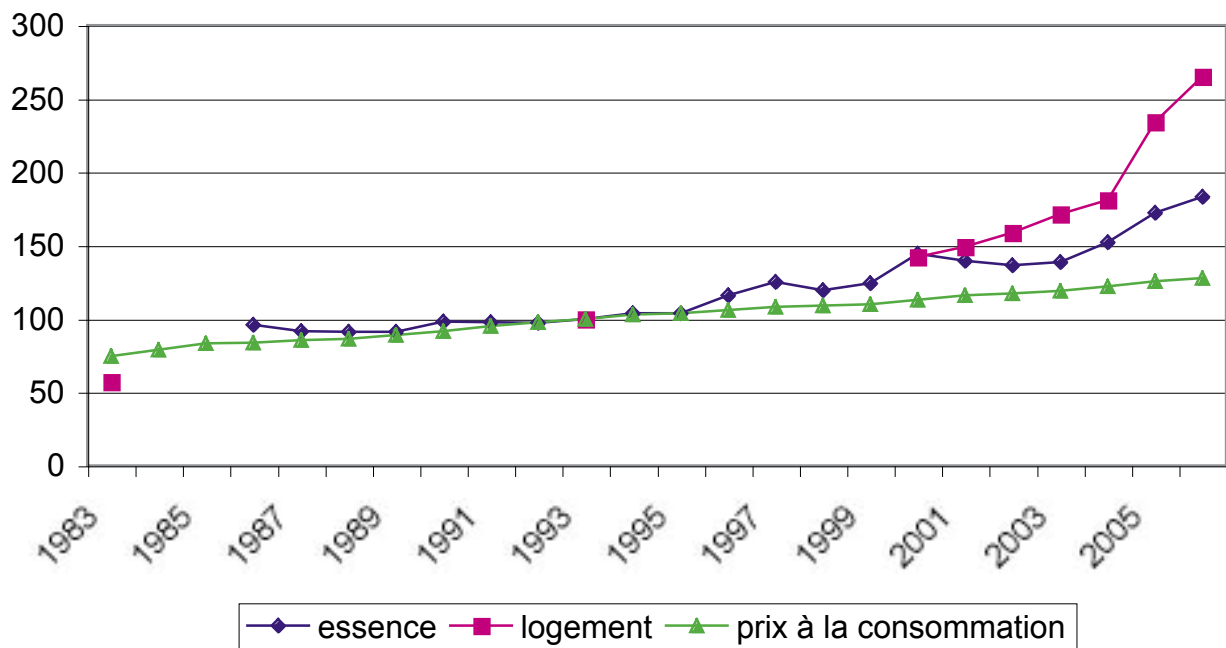
Pour illustrer ce fait, comparons l'évolution du prix de l'énergie avec celui du logement. S'il est vrai que le prix de l'énergie, illustré ici par le prix de l'essence, a augmenté plus vite depuis 10 ans que les prix à la consommation en général, la hausse du coût du logement a été beaucoup plus forte. Quel est le lien avec notre sujet ? Avec la hausse du prix des car-

burants, on pourrait attendre des ménages des choix de vie qui réduiraient l'usage de la voiture. Mais au contraire, avec l'envolée du prix des logements, ces couples (ou familles) ne peuvent se permettre de rester en ville et s'installent de plus en plus loin de leurs lieux d'activité (travail, école des enfants, courses, ...); ce qui va générer un besoin plus fort de mobilité individuelle et donc d'énergie. Maîtriser la consommation d'énergie, sans intégrer dans la réflexion le choix et le développement des infrastructures ainsi que l'aménagement du territoire, est une gageure.

Au niveau de la recherche, cette nécessité d'étudier l'organisation du secteur urbain et de l'aménagement du territoire, pour arriver à une perception plus globale de la gestion de la demande d'énergie, se traduit par un besoin de participation de sciences telles que la géographie, l'urbanisme, ... qui ne sont pas historiquement des disciplines impliquées dans les recherches en énergie.

Anne Fierens

Évolution des prix de l'essence et du prix de vente moyen d'un logement (1993 = 100)
Sources : SPF Economie, PME, Classes moyennes et Energie et Direction générale Statistique et Information économique



Le choix du logement : lourd de conséquences

Plusieurs facteurs interviennent dans l'aménagement des espaces publics urbains et vont déterminer la qualité de vie du lieu de résidence. La densité urbaine, la mobilité dans la ville, la perception, le rôle et la place laissés aux usagers, le microclimat et la pollution atmosphérique, la biodiversité et la végétation, l'eau, l'éclairage artificiel, l'acoustique et le contrôle du bruit constituent autant d'éléments cruciaux de choix et, en fonction de l'évolution de ces paramètres, les personnes vont notamment décider de rester dans leur quartier, a fortiori en ville, ou au contraire vont vouloir échapper à cet habitat et s'exiler à la campagne.

Parallèlement à la réflexion sur l'aménagement de l'espace urbain, il est également primordial de stimuler le secteur de la construction à la réalisation de logements durables car il est responsable d'une partie considérable de l'impact environnemental. Une approche intégrée doit analyser, d'une part les interactions complexes entre le logement type, le mode de vie, la géométrie du bâtiment, les solutions techniques pour les éléments de construction, et d'autre part, les qualités, le coût financier et l'impact environnemental et ce, tant pour les appartements, que pour les maisons isolées et les maisons mitoyennes.

Le logement et l'aménagement de l'espace public urbain sont donc des enjeux primordiaux du développement social, environnemental et économique des villes et par conséquent d'une transition vers un développement durable.

Marie-Carmen Bex



Plusieurs recherches portant sur l'aménagement de l'espace public urbain et les logements durables sont financées dans le cadre du programme « La science pour un développement durable ».

Transport, énergie et climat

Le transport est indissociablement lié au thème 'Énergie'. Rien qu'en Belgique, 6,2 millions de véhicules environ circulaient fin 2006 (dont presque 5 millions de voitures), le parc automobile a triplé en Europe au cours des 30 dernières années et au niveau mondial, le secteur du transport est responsable de 25 % des émissions de CO2 et cette part est en croissance constante.

Les secteurs du transport aérien et maritime ont également connu une croissance considérable ces dernières années. En particulier, les experts ont montré le rôle déterminant du secteur de l'aviation : outre les émissions de

CO2 et de NOx, les traînées de condensation et la formation de cirrus ont un impact significatif sur le changement climatique.

Il est donc évident que le thème 'Transport et mobilité' est largement représenté dans le programme 'La Science pour un développement durable (SSD)' avec une douzaine de projets. À côté d'une série de projets attaquant le thème d'une manière générale, plusieurs d'entre eux font directement le lien entre le changement climatique et/ou l'énergie.

Georges Jamart



CLEVER - Recherche sur des véhicules propres: LCA (Analyse de cycle de vie) et mesures politiques (2007 - 2010)

etec.vub.ac.be/CLEVER.htm

ABC Impacts - Aviation et politique climatique belge : analyse des options d'intégration et de leurs conséquences (2006 - 2009)

dev.ulb.ac.be/ceese/ABC_Impacts/abc_home.php

Un partage des efforts « scientifiquement fondé » ?

Depuis une vingtaine d'années, la Politique scientifique fédérale finance des programmes et activités liés à l'étude du climat et de l'atmosphère. Les efforts ont jusqu'à présent porté majoritairement sur l'étude du système climat (observation et explication des changements climatiques présents et passés, détermination de scénarios climatiques futurs). Cependant, le développement d'outils d'aide à la prise de décisions et d'évaluation des politiques climatiques n'a pas été négligé.

Le phénomène du changement climatique étant maintenant reconnu, les questions qui préoccupent les autorités portent de plus en plus sur :

- la nature et l'importance des impacts du changement climatique, le degré d'incertitude qui y est lié ;
- les mesures d'adaptation au changement climatique ;
- les mesures d'atténuation du changement climatique par la limitation des émissions de gaz à effet de serre (GES) (« mitigation ») et leur coût.

La réduction significative des émissions de GES implique un changement radical de nos modes de production et de consommation. Les efforts demandés pourraient d'abord se traduire par une baisse de compétitivité, des pertes d'emploi, un ralentissement de la croissance économique, une baisse des recettes publiques... Mais cette « révolution » sera certainement, à terme, synonyme d'innovations, d'opportunités commerciales et de croissance économique.

Le 23 janvier dernier, la Commission européenne proposait aux États membres un ambitieux « paquet » de mesures de réduction des émissions de GES.

*Les gaz d'échappement
représentent environ 30%
des gaz à effet de serre.*

© Belpress



Nous avons interrogé un économiste, Vincent Van Steenberghe, à propos des négociations en cours portant sur le partage des efforts de réduction d'émissions de GES entre États membres et de l'appui demandé aux scientifiques dans ce contexte. Vincent Van Steenberghe a été chercheur à l'Université catholique de Louvain où il a travaillé sur différents aspects économiques de la problématique des changements climatiques. Il est maintenant attaché au Service Changements climatiques de l'administration fédérale belge dont la mission principale est la coordination de la politique climatique belge vis-à-vis de l'Union européenne et des Nations Unies.

Science Connection – Les objectifs contraignants négociés à Kyoto portent sur la période 2008 - 2012. Qu'en est-il après 2012 ?

Vincent Van Steenberghe – Nous cherchons à obtenir un accord international qui implique le plus grand nombre de pays émetteurs de GES. Même si nous n'y arrivons pas, l'Europe a décidé d'aller de l'avant et de s'engager unilatéralement à réduire significativement ses émissions à l'horizon 2020. Plus précisément, si un accord mondial incluant les grands pays émetteurs de GES est atteint, l'Union européenne propose de réduire ses émissions de 30% par rapport au niveau de 1990. En l'absence de cet accord, elle réduira tout de même ses émissions d'au moins 20% par rapport à la même année de référence. En parallèle, elle veut favoriser le développement des énergies renouvelables et s'est fixée un objectif de 20% de consommation finale d'énergie produite à partir de ressources renouvelables, également en 2020.

SC – C'est donc cela l'objet du paquet « énergie-climat » ?

VVS – Exactement. Ce « paquet » contient principalement une proposition de répartition des objectifs de réduction des émissions de GES et d'utilisation des énergies renouvelables entre les différents États membres de l'Union européenne.

SC – Dans quelle mesure les recherches scientifiques aident-elles à établir ce genre de propositions ?

VVS – Je dirais, de manière générale, que les recherches scientifiques qui portent sur les impacts des objectifs de réduction et de politiques climatiques fournissent une aide à la décision. Il y a, d'une part, des analyses *ex-post* (a posteriori) qui visent à déterminer si les politiques menées ont rencontré leurs objectifs en terme de réduction des émissions, et à quel coût. Ces analyses permettent de savoir si

les politiques mises en œuvre sont performantes ou non, et donc s'il y a lieu de les revoir, voire de les abandonner au profit d'autres. D'autre part, des analyses *ex-ante* (a priori) ont pour but de quantifier l'impact attendu des objectifs et mesures envisagés dans le futur. La Commission européenne a construit sa proposition en utilisant de telles évaluations *ex-ante*, qui ont eu recours principalement à la modélisation.

SC – Quel est le principe de ces modèles ?

VVS – On distingue généralement les modèles qui fournissent une description particulièrement détaillée des technologies utilisées dans les différents secteurs responsables d'émissions de GES, des modèles qui reposent davantage sur une représentation des différents acteurs socio-économiques (ménages, entreprises, États...) et de leurs interactions. En simplifiant, on peut dire que les premiers modèles suivent l'approche de l'ingénieur, tandis que les seconds suivent celle de l'économiste. Toutefois, cette distinction tend à s'amincir à mesure que les modèles se développent. On a d'ailleurs simultanément recours aux deux types de modèles qui peuvent se combiner. Ainsi, on étudiera l'impact d'une politique climatique sur le système énergétique en utilisant un modèle riche en description de technologies et ensuite, les résultats obtenus pourront être introduits dans un modèle économique afin d'analyser l'impact de la politique envisagée en matière de croissance économique, d'emploi, de recettes publiques,... La Commission européenne a préparé son paquet « énergie-climat » de cette manière.

SC – Peut-on aboutir à une définition d'objectifs de réduction d'émissions de GES qui soit scientifiquement fondée ?

VVS – Lorsqu'on s'intéresse à la définition d'un objectif de réduction au niveau mondial et à long terme, je dirais que les études scientifiques ont un rôle fondamental. Elles tentent d'identifier le plus précisément possible les impacts des changements climatiques évités par une réduction des émissions, et ensuite de déterminer les bénéfices pour la collectivité de cette réduction. Il s'agit ensuite de comparer ces bénéfices aux coûts des politiques et mesures envisagées pour lutter contre le changement climatique afin de déterminer le niveau adéquat de réduction des émissions. Mais il demeure toujours difficile de séparer ce qui est « scientifique » de ce qui relève davantage de l'éthique. À ce titre, une étude réalisée il y a peu par une équipe de scientifiques britanniques (la « *Stern Review* ») a eu le mérite de mettre en évidence l'importance du choix du taux d'actualisation (c'est-à-dire le poids accordé au futur par rapport au présent) sur l'ampleur des bénéfices attendus d'une réduction des émissions et de mettre en lumière les principes éthiques qui sous-tendent un tel choix. Un taux d'actualisation relativement bas tend à accorder davantage de poids aux bénéfices des politiques climatiques par rapport à leurs coûts parce que les bénéfices des politiques climatiques seront perçus principalement, dans un futur assez lointain, alors

que leurs coûts devraient être supportés dès maintenant. Dans ce cas on doit donc s'attendre à la définition d'objectifs de réduction plus sévères. Et vice-versa. Or, ce taux d'actualisation sera différent selon, par exemple, l'importance que l'on accorde à l'équité entre générations.

Quand on s'intéresse par contre à la distribution des efforts de réduction entre États, je crois qu'on peut difficilement parler d'un partage qui serait « scientifiquement fondé ». On peut néanmoins tenter de déterminer scientifiquement l'impact de telle ou telle clé de répartition. Ainsi, la Commission européenne base sa proposition en grande partie sur le critère de « capacité à payer » des États membres, c'est-à-dire que la répartition de l'effort est fonction inverse du produit intérieur brut (PIB par habitant) de chaque État. En d'autres termes encore, les États les plus riches devront consentir un effort de réduction plus important. Mais d'autres critères pourraient être retenus tels que le nombre total d'habitants – ce qui reviendrait implicitement à attribuer à chaque habitant de l'Union européenne l'autorisation d'émettre la même quantité de GES – ou encore l'égalisation du coût de réduction des émissions (par habitant ou par PIB), selon la définition de l'équité que l'on souhaite appliquer.

SC – D'une manière générale, comment réagit le monde scientifique, les universités, de plus en plus sollicités par des pouvoirs publics pressés de prendre position dans un domaine où l'incertitude est grande ?

VVS – Les recherches relativement générales et menées sur du long terme ont aujourd'hui une influence majeure sur la politique climatique internationale, notamment parce qu'un grand nombre d'entre elles sont valorisées dans le cadre du GIEC, qui constitue une expérience de groupement d'experts particulièrement fructueuse et assez unique en son genre. Par contre, les universités sont à mon sens assez mal armées pour répondre dans de brefs délais aux questions, parfois très spécifiques, auxquelles sont régulièrement confrontés les pouvoirs publics. D'abord, la recherche à l'université est rarement organisée comme une entreprise de consultance : le temps de réaction est plus important et la méthodologie proposée est généralement plus puissante, mais plus lourde aussi. Ensuite, les universités sont confrontées à la difficulté de former de manière durable des chercheurs à ce type de mission. Pour le chercheur lui-même se pose en outre la question de la valorisation des résultats de ses recherches dans le cadre d'une carrière académique pour laquelle généralement, seules les recherches les plus fondamentales sont prises en compte. Néanmoins, les universités jouent en tout cas un rôle majeur dans le développement et la communication des méthodes d'analyse, qu'elles soient utilisées par d'autres scientifiques que ceux des universités, par des bureaux de consultance ou par les administrations publiques elles-mêmes.

Propos recueillis par Georges Jamart

Pour des modèles d'aide à la prise de décision performants et transparents



La Belgique, via la Politique scientifique fédérale, participe depuis les années 80 à un programme international de recherche « *Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP)* » établi dans le cadre des accords d'exécution de l'Agence internationale de l'énergie. Les pays signataires mettent en commun des moyens scientifiques et financiers pour développer et maintenir une série d'outils dont le champ d'analyse couvre l'énergie, l'économie, l'environnement et l'ingénierie.

Les activités de toutes ces équipes de recherche (la KULeuven et le VITO pour la Belgique) impliquées dans ce programme se déploient autour d'une méthodologie commune, comparable mais adaptable en fonction des besoins propres de chacun, principalement basée sur les modèles de la famille de **MARKAL /TIMES**. Ces différents outils permettent de développer des scénarios énergétiques à long terme ainsi que des analyses énergétiques et environnementales approfondies à différents niveaux : national, d'un groupe de pays ou global.

Au niveau **national**, peuvent être par exemple étudiés les effets des politiques énergétiques et environnementales nationales et internationales (le système des « *Emissions Trading Systems* » européens, des taxes sur les carburants, les incitants aux énergies renouvelables, l'impact du paquet « Énergie-Climat »...) sur le mix énergétique national, sur les coûts, sur les émissions de polluants... L'horizon de temps est le plus souvent 2020 ou 2030.

Parallèlement aux modèles nationaux (ou locaux) se sont développés plus récemment sur base de la méthodologie développée au sein d'ETSAP des modèles avec des portées géographiques différentes :

- des modèles **régionaux** (régions du monde) comme par exemple le projet européen NEEDS dont l'objectif est d'évaluer les coûts et bénéfices totaux (directs et externes) des politiques énergétiques et des futurs systèmes énergétiques, à la fois à l'échelle des pays pris individuellement et de l'Europe élargie (28 pays) prise dans son ensemble ;
- des modèles **globaux** (qui représentent le monde en grandes régions), tels que le modèle ETP utilisé par l'Agence internationale de l'énergie pour la publication « *Energy Technology Perspectives* », le modèle SAGE à la base des projections dans la publication annuelle « *International Energy Outlook* » de l'Administration américaine de l'énergie (US-DOE), le modèle ETSAP-TIAM (« *TIMES Integrated Assessment Model* ») intégrant un module climatique et pouvant servir d'input aux activités du GIEC.

L'horizon de ces modèles est plus lointain, généralement 2050 voire 2100 comme pour le modèle ETSAP-TIAM.

Anne Fierens



Energy Technology Systems Analysis Programme :
www.etsap.org

Le projet « *Treating Uncertainty and risk in energy systems with MARKAL/TIMES* »
www.belspo.be/ssd

Changements climatiques et pays en voie de développement

Le groupe de travail 2 du GIEC a démontré que les pays en voie de développement sont ceux qui seront le plus affectés par les changements climatiques (en particulier l'Afrique et les deltas et côtes du sud-est asiatique), alors que leur responsabilité est la moindre.

Les pénuries en eau (potable) et alimentaires (diminution de la production agricole et déplacement des récoltes), l'insuffisance de logements sûrs et les problèmes de santé (entre autres, l'extension des zones sensibles aux épidémies par ex. de malaria) sont quelques-unes des conséquences potentielles.

Des conditions météorologiques extrêmes comme des sécheresses et des tempêtes et des inondations plus fréquentes et plus fortes devraient toucher ces régions. En raison de la croissance élevée de la population dans ces régions, c'est donc une partie particulièrement importante de la population mondiale qui est menacée.

La coopération au développement doit intégrer les changements climatiques dans sa politique, au niveau du choix du type de projets, des régions prioritaires, ... Ce choix peut aider à minimiser l'impact des changements climatiques. Opter pour un développement durable basé notamment sur une gestion sage des ressources naturelles est fortement conseillé.

Pour ce faire, des instruments d'aide comme des cartes fiables de la situation et des tendances, des méthodes pour l'analyse des risques et des systèmes d'information transsectoriels sont particulièrement utiles pour une gestion intégrée de l'eau et du sol des régions vulnérables. Pour les planificateurs et politiques locaux, il est crucial de pouvoir disposer de la bonne information, auprès des bonnes personnes et au bon moment.

La recherche et le développement jouent un rôle essentiel dans la compréhension des processus et des problématiques spécifiques des zones côtières tropicales et des régions (semi-)arides par

exemple, ainsi que dans l'offre des méthodes destinées à une prévention efficace de la 'mitigation' et à l'adaptation aux conséquences du changement climatique.

Via son programme de recherche « la science pour un développement durable », ses accords bilatéraux et intergouvernementaux (entre autres avec l'UNESCO) et son programme spatial, la Politique scientifique fédérale fournit des efforts pertinents pour la gestion durable de l'eau et des sols ainsi que la gestion de l'énergie dans les pays en voie de développement. Mais il y a encore tant à faire !

Le défi des changements environnementaux globaux est tellement important et urgent qu'il est évident qu'il faut renforcer le dialogue et la collaboration entre les départements de la Politique scientifique et de la Coopération au développement. Nous y travaillons !

Brigitte Decadt

Premiers symptômes d'une société malade des changements climatiques ...

Le 7 avril de cette année, la Journée mondiale de la santé (OMS) a été consacrée à l'impact des changements climatiques sur la santé, question prioritaire s'il en est au vu de nombreuses observations satellitaires de dysfonctionnements terrestres, de manifestations climatiques désastreuses (canicules, inondations et feux de forêts, ...), de chiffres alarmants avancés par l'épidémiologie humaine au niveau planétaire ainsi que des risques sociaux, économiques et humains qui y sont liés. Les changements climatiques risquent, en effet, d'accentuer les inégalités sociales, car ils toucheront davantage les pays les plus pauvres, à l'environnement extrême et, au sein des pays, les populations les plus démunies.

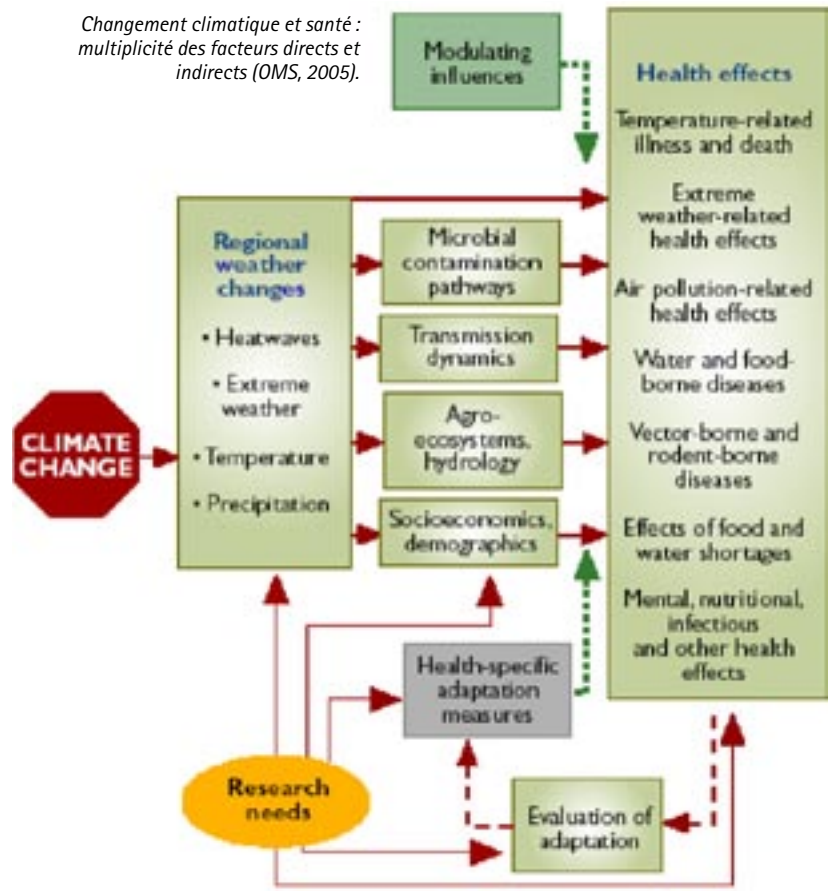
Des manifestations directes

Dans son quatrième rapport sur les changements climatiques (impacts, adaptation et vulnérabilité), le GIEC tire un signal fort en attestant des effets climatiques directs et indirects, néfastes pour la santé. Les exemples ne manquent pas. Les impacts directs du changement climatique font l'actualité et les titres des médias : vague de chaleur et stress thermique lors de la canicule de l'été 2003 en Europe centrale, de nombreux décès parmi les populations vulnérables (personnes âgées et personnes malades) : la canicule de l'été 2003 a été à l'origine de 70.000 décès supplémentaires en



Europe dont plus de 20.000 avant le mois d'août, mois pourtant le plus chaud de cette vague de chaleur. La surmortalité a atteint des niveaux exceptionnels au mois d'août. En Belgique, 1.200 victimes liées à la canicule, en France et en Italie, 19.490 et 20.089 respectivement. Les chiffres annoncés sont donc nettement supérieurs aux 15.000 victimes françaises et aux 50.000 morts européens estimés au sortir de la crise. Le pays le plus touché fut le Luxembourg avec une mortalité qui a augmenté de 14,3 %, puis l'Espagne avec +13,7 %, la Belgique avec +12 %, la France avec +11,8 % et l'Italie avec +11,6 %. Le pays le plus épargné est le Royaume-Uni avec une hausse de mortalité de « seulement » 0,2 %.

Vagues d'inondations en Angleterre à l'été 2007, fonte accélérée des glaciers partout sur la planète ; tempêtes dévastatrices en Europe et à la Nouvelle-Orléans (automne 2006) ; incendies de forêt en Grèce (été 2007), ... toutes ces manifestations caractérisent une nature déchaînée et entraînent leur lot de conséquences environnementales et sanitaires, sociales, économiques et géopolitiques, nécessitant l'urgence d'une politique nouvelle de gestion du risque.



Des impacts plus insidieux

Les impacts indirects sont tout aussi redoutables quoique plus insidieux : modification de la distribution des vecteurs de maladies (moustiques, tiques, ...), des pathogènes hydriques (efflorescences algales et cyanobactéries flottant à la surface des eaux), de la qualité de l'eau (sécheresse des nappes aquifères, concentration des polluants dans les bassins asséchés, ...) et de l'air (pic d'ozone) ainsi que de la disponibilité-qualité des denrées alimentaires (appauvrissement/ravage des récoltes, dissémination des élevages ou baisse de la qualité nutritionnelle sous certains climats, ...). Ces impacts touchent au registre des effets traumatiques, infectieux et nutritionnels pour les populations. Par exemple, du fait du réchauffement climatique, l'Europe devrait connaître, à l'avenir, une extension des zones touchées par les maladies infectieuses transmises par les insectes, l'eau ou l'alimentation (maladie de Lyme, fièvre à virus West Nile, chikungunya, diarrhées et infections respiratoires). Dans les pays en voie de développement, on subit déjà les risques sanitaires liés au climat et l'on tente d'œuvrer en faveur de l'éradication de certains vecteurs de maladies ou encore en faveur d'une amélioration des conditions de vie. Si, dans les pays développés, où les conditions socio-économiques et l'exposition à des insectes vecteurs diffèrent nettement, les conséquences sanitaires du changement climatique seront vraisemblablement moindres, elles seront toutefois bien réelles.

Incendie de forêt © Pierre Demoitié



Des recherches encore à leur B-A-ba...

Si nos connaissances concernant les liens entre le climat, les changements climatiques et la santé ont considérablement progressé ces dix dernières années, de nombreuses lacunes demeurent quant aux expositions à venir dans ce domaine, à la vulnérabilité de la population, à sa capacité d'adaptation ... et à la capacité des gouvernements à réagir promptement à ces changements.

Un des aspects majeurs de la problématique, nécessitant une recherche approfondie, réside dans le fait qu'il n'existe pas de lien univoque de cause à effet entre les changements climatiques et leurs conséquences sur la santé. En effet, de nombreux facteurs interviennent dans l'apparition d'une maladie, qui se renforcent ou se desservent. Ils sont tout autant liés à la vulnérabilité individuelle, aux conditions psychosociales, économiques et environnementales de l'individu. De plus, il n'existe que peu ou pas de modèles ou de scénarios prédictifs en matière de vulnérabilité; il manque de lignes de référence sur l'état de santé et le niveau d'exposition d'une population aux différents facteurs ... Il s'agit pourtant là de données indispensables à toute forme de prévention ciblée et efficace, permettant de dépasser le seul principe de précaution sur une matière encore trop peu maîtrisée.

Par un discours rationnel, crédible et cohérent, la recherche est aussi à la base d'une sensibilisation forte du politique et du public en matière d'impacts sanitaires des changements climatiques, encourageant à prendre les mesures qui s'imposent sur le plan de l'adaptation, de l'atténuation voire de la remédiation.

© Belpress

Une recherche de ce type, en support à la décision peut, par exemple, contribuer à développer des outils de cartographie des populations les plus vulnérables (par ex. à des pics d'ozone, à des vagues de chaleur ou à des inondations). Elle contribue à évaluer les dispositifs existants et à concevoir, à développer des systèmes de vigilance sanitaire, des méthodologies de détection précoce (notamment de maladies infectieuses), à développer des analyses et la surveillance des risques potentiels (risques d'inondations, risques de contamination, ...). La recherche scientifique peut aussi contribuer à développer des méthodes de standardisation et d'harmonisation de récolte de données climatiques, environnementales, de mortalité et morbidité...

Le programme « La science pour un développement durable » : une pierre à l'édifice

Nous l'avons vu, les liens entre la santé et le climat sont parfois très indirects, faisant intervenir nombre de facteurs et vecteurs de transmission : l'eau, le sol, l'air, les animaux en tant que réservoir vivant potentiellement conducteur de maladies... Les manifestations sur la santé et le bien être des populations humaines et animales sont également de natures très diverses. Le programme « La science pour un développement durable » contribue à l'étude de différents aspects de la problématique par plusieurs projets soutenus dans les volets « santé environnementale », « agro-alimentaire », « écosystèmes terrestre et marin » et « biodiversité ».

L'exemple le plus probant n'est-il pas celui de la mise en œuvre de plans « canicule » dans plusieurs pays européens ? Devant l'ampleur de l'impact sanitaire de la vague de chaleur d'août 2003, de nombreuses études ont été menées un peu partout en Europe en support à la mise en œuvre d'actions dans le champ de la surveillance et de l'alerte de la population. Par des mesures régulières de paramètres météorologiques sensibles, ces campagnes de sensibilisation des populations les plus vulnérables se voulaient aussi en lien avec les urgentistes et la médecine de première ligne. Le plan national « CANICULE et OZONE » développé en Belgique est un exemple d'efficacité. Il porte l'originalité de présenter les effets des moyennes de jour et de nuit de la température en relation avec la concentration de l'ozone troposphérique. Les systèmes d'alerte précoce en sont déduits et fonctionnent sur ces deux paramètres.





Vers une mobilisation et une approche coordonnée au niveau fédéral

Il existe aujourd'hui, une volonté manifeste de l'Administration fédérale de mettre en place une plate-forme « environnement et santé » – y inclus le changement climatique, au sein de laquelle la Politique scientifique fédérale jouerait un rôle clé. La plate-forme se voudrait un lieu de réflexion des mesures à encourager (et des recherches à mener en appui) sur le plan de l'adaptation du système de santé publique aux changements climatiques. Il s'agira d'une interface « recherche-décideurs » rassemblant, au niveau national, l'ensemble des acteurs concernés par la problématique.

Lors de la conférence de l'Organisation mondiale de la santé d'Helsinki, les États membres se sont engagés à rédiger chacun un Plan national d'action environnement-santé.

Emmanuèle Bourgeois en collaboration avec Aline van der Werf, Bart Verhagen et Reginald Moreels

En 2003, la Belgique a lancé son propre plan d'action. Le NEHAP fournit un cadre cohérent pour l'action des différents partenaires institutionnels compétents en ces matières : Autorité fédérale, Régions, Communautés. Il comprend une série de recommandations concrètes. Un accord de coopération permet d'accorder un soutien financier à des projets et actions apportant une contribution à l'amélioration de la santé et/ou de l'environnement dans notre pays.

D'autres initiatives existent encore, comme celle de vouloir appartenir à l'un des plus récents projets européens d'EraneT (réseau européen de « *research funding agencies* ») en environnement-santé (ERA_ENVHEALTH : 20 partenaires), visant à développer un appel à projets communs concernant les changements climatiques et l'impact de l'environnement sur la santé. Par ce biais, la Belgique entend bien valoriser son potentiel scientifique en incitant ses chercheurs à la collaboration européenne sur des thématiques qui, quoiqu'on en dise et quoiqu'on décide, dépassent les frontières d'un pays. Outre le fait de répondre à cet objectif, une participation à ERA_ENVHEALTH permettra de renforcer et de maintenir de manière durable le lien entre le monde scientifique et celui des décideurs.

Le pollen, source d'allergie
© Belpress

Nos forêts ont-elles un futur sous le climat de demain ?

*Une hêtraie à Halle. En voie
de disparition ? © Belpress*

Il faut plusieurs dizaines d'années à un hêtre, un chêne, un épicéa ou à un pin sylvestre, pour devenir adulte et atteindre sa dimension d'exploitabilité. Les arbres que nous décidons de planter aujourd'hui souffriront dans les décennies à venir, du réchauffement global et des changements climatiques brutaux et discontinus que les scientifiques nous promettent. Et parce que ces changements climatiques s'opéreront endéans une seule et même génération, une adaptation génétique de l'arbre aux nouvelles conditions ne sera pas possible. Parmi les essences dominantes de nos forêts, le chêne pédonculé, le hêtre et l'épicéa sont particulièrement sensibles à la chaleur et au manque d'eau en été. Ceux-ci sont appelés à souffrir fortement du changement à venir et risquent de disparaître à terme des paysages forestiers de basse et de moyenne Belgique.

Pourtant, aujourd'hui, certains indicateurs tendent à montrer que la forêt se porte plutôt bien : les rendements sont bons, la croissance des arbres semblent progresser, sans doute stimulée par une augmentation de CO₂ dans l'atmosphère, élément essentiel à la photosynthèse. Alors pourquoi s'en inquiéter ? Parce que les chercheurs, notamment dans le cadre du projet BELFOR, ont démontré, grâce à des modèles prévisionnels de changements des conditions climatiques couplés à une analyse de l'écophysiologie de la forêt, que cette croissance aura ses limites, imposées, notamment par la fertilité du sol et par des variations de l'éclairage du couvert forestier.

D'autres indicateurs sont en revanche beaucoup plus alarmistes. Les résultats du programme européen de surveillance de la santé des forêts (ICP forest) montrent que l'état sanitaire et la vitalité des arbres sont loin d'être extraordinaires ; en 2007, environ un quart des arbres étudiés au travers du réseau de surveillance européen présentaient des couronnes fortement endommagées (taux de défoliation > 25%). En cause, un ensemble de facteurs parmi lesquels l'effet des sécheresses estivales, des tempêtes, des attaques d'insectes et de champignons, de la pollution de l'atmosphère et des carences minérales au niveau du sol. Cet ensemble de facteurs explique également les mortalités importantes observées sur le hêtre en Wallonie au tournant des années 2000.

Assurer à la forêt un avenir durable est devenu urgent. Il faut réfléchir aujourd'hui à des pratiques de gestion qui intègrent la problématique des changements climatiques et qui soient compatibles avec les multiples fonctions et services attendus de la forêt. L'enjeu est de taille: la forêt recouvre près du quart de notre territoire!

L'avenir durable de nos forêts se pense aujourd'hui

Les facteurs climatiques sont une pression de plus sur nos forêts, déjà soumises à rude épreuve suite à la fragmentation, à la pollution de l'air, aux carences édaphiques (= du sol) et aux stress biotiques. L'adaptation aux changements climatiques devra intégrer tous ces facteurs. Les choix stratégiques les plus appropriés naîtront d'une concertation étroite entre experts scientifiques de toutes disciplines et gestionnaires forestiers.

Depuis les années 90, la Politique scientifique fédérale et les administrations forestières régionales s'attellent à financer des recherches qui visent d'une part à comprendre les interactions entre l'arbre, la forêt et les facteurs climatiques et, d'autre part à prévoir et anticiper les risques.

Comment le climat affecte-t-il la forêt?

À la base de ces recherches, des questions du type : quels sont les facteurs climatiques responsables et comment agissent-ils ?

Selon les scénarios, d'ici 2050, les forêts belges seront soumises à une augmentation de la température moyenne de 1 à 5°, à une augmentation des pluies en hiver, à une raréfaction des précipitations en été, à des vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes.

Tant la physiologie de l'arbre, son cycle de vie que le sol et le couvert forestier seront touchés par ces différents facteurs. En effet, les variations du taux et du type de rayonnement solaire ont un impact direct sur la survie des plantules, sur la morphologie de l'arbre ou de la feuille. Les vents violents cassent les branches et déracinent les arbres. Les pluies intenses hivernales associées aux sécheresses estivales affaiblissent les arbres et favorisent le développement de champignons pathogènes et d'insectes ravageurs. Le réchauffement du climat s'accompagne également de l'arrivée d'un nouveau cortège de ravageurs des arbres. Enfin, une modification de la température annuelle et saisonnière est susceptible d'affecter la photosynthèse et la respiration de l'arbre, les périodes de floraison, la germination des graines et la productivité de l'arbre.

Que faire pour aider la forêt à survivre?

Au vu de toutes ces menaces, que faire pour permettre à la forêt d'assurer ses multiples fonctions et obtenir de sa part une qualité et une quantité de bois équivalente à celle d'aujourd'hui ?

Plusieurs pistes sont envisagées et la Politique scientifique fédérale contribue largement à la réflexion par les recherches qu'elle mène en concertation avec les gestionnaires forestiers.

Un choix judicieux d'essences

Depuis une quinzaine d'années, les administrations forestières régionales tentent de mettre en place des scénarios sylvicoles permettant d'augmenter la résistance de la forêt aux changements climatiques. Sur les sols à faible réserve en eau, elles étudient la possibilité de remplacer le hêtre et l'épicéa par des essences plus résistantes à la sécheresse. Des incitants réglementaires ou financiers sont envisagés, sous formes de subsides aux propriétaires forestiers qui acceptent de remplacer une essence par une autre mieux adaptée. Des recherches réalisées en amont de ces décisions (projet FEFOCON) explorent la faisabilité d'une reconversion de certains peuplements sur le plan économique (peut-on s'attendre à un rendement équivalent ?), social (comment convaincre les propriétaires forestiers du bien-fondé d'une telle reconversion) ainsi qu'écologique (impact de l'environnement sur la croissance et la productivité des essences de substitution)

Dans le même temps, les mesures éviteront d'encourager la plantation d'essences nouvelles, mieux adaptées certes mais dotées d'un potentiel invasif telles que le cerisier tardif. Il est donc important d'étudier, en parallèle (c'est le cas des projets INPLANBEL et ALIEN IMPACT) les mécanismes et risques d'invasion d'espèces de plantes non indigènes.

Des pratiques de gestion adaptées

Les mesures d'adaptation doivent aussi viser à éviter les monocultures et à favoriser la diversité des essences au sein des peuplements afin d'augmenter leur résistance aux stress biotiques (ravageurs) et climatiques. La résistance des peuplements peut également être améliorée en adaptant la

structure des peuplements forestiers soit par la pratique d'éclaircies destinée à réduire leur densité, soit par l'adoption d'une sylviculture de type Pro Silva favorisant la diversification des âges (irrégularisation des peuplements) et l'augmentation des dimensions d'exploitabilité (voir aussi projet XYLOBIOS)

Il n'est toutefois pas à exclure que les choix de nouvelles essences ou de nouvelles pratiques de gestion forestières, au lieu d'être dictés par les risques climatiques, soient plutôt définis par nos choix énergétiques ! Il se pourrait en effet que les politiques et mesures visant à favoriser la biomasse et le bois de chauffage favorisent la plantation d'essences à croissance courte et à rotation rapide.

Une politique de recherche forestière intégrée

Il est donc plus urgent que jamais de développer des outils d'évaluation de ces mesures, sur le plan économique, environnemental et social. Cela implique la mise en place d'une politique de recherche forestière intégrée, dotée d'une vision à long terme, alignée sur les capacités de nos voisins européens et qui mobilisent autour de questions spécifiques sur l'avenir de nos forêts, la communauté scientifique forestière, les gestionnaires et les multiples utilisateurs de la forêt. Le projet FORBIO devra servir de catalyseur à cette collaboration.

Aline van der Werf et Etienne Branquart



Les projets cités sont décrits plus largement sur le site www.belspo.be/fedra

BELFOR (PADDI) (1996 - 2000) : Cycles biogéochimiques des écosystèmes forestiers liés au Changement global et au Développement durable.

« Bordures de champs » (PADDII) (2000-2005) Invasion et biodiversité dans les prairies et les abords des parcelles.

FORBIO (SSD- cluster) Evaluation des effets de la biodiversité des essences d'arbres sur le fonctionnement de l'écosystème forestier.

FEFOCON (PADDII Action mixte): Faisabilité de conversion de forêt : évaluation intégrée d'aspects sociaux, économiques et environnementaux.

ALIEN IMPACT (SSD) Impact de plantes exotiques fortement invasives sur la biodiversité: mécanismes, facteurs d'amplification, et analyse des risques.

XYLOBIOS (PADDII) : Diversité, écologie et rôles des organismes saproxylophages dans les forêts feuillues belges.

Sources

Belgian 4th National Communication to UNFCCC

EU Green paper : impacts and adaptation. Sectoral report agriculture and Forestry





Climat et agriculture, un partenariat fragile

Indispensable à la survie de l'espèce, l'agriculture, qui regroupe l'exploitation de la terre (culture), de la forêt (sylviculture), de la mer, des lacs et rivières (aquaculture, pêche), des animaux (élevage, gestion cynégétique) est très largement tributaire des conditions climatiques. Elle aura à surmonter de nombreuses difficultés dans les années à venir, compte tenu des perturbations climatiques prévues par les nombreux modèles scientifiques développés.

Le climat influence l'agriculture ...

En effet la phénologie des espèces végétales et animales, peut être radicalement perturbée. Quand on songe à l'importance des mécanismes d'association positifs (symbiose) ou négatifs (parasitisme, prédation, compétition, ...) reliant certaines espèces de plantes entre elles, de plantes et de champignons (mycorhizes), de plantes et d'insectes pollinisateurs, indispensables à certaines plantes, on ne peut que prendre conscience de la fragilité de ces partenariats. Lorsqu'on sait par exemple que le blé, comme beaucoup d'autres graminées croît mieux grâce à des endomycorrhizes, et que ces fragiles

équilibres sont susceptibles d'être perturbés par les changements climatiques, leurs conséquences potentielles au niveau de l'agriculture et de l'alimentation apparaissent dramatiquement.

Les changements climatiques auront donc un impact déterminant sur les pratiques agricoles et le choix des espèces cultivées. Ils entraîneront des modifications dans les aires de répartition de ravageurs, de maladies virales et bactériennes et d'adventices (plante herbacée ou ligneuse indésirable à l'endroit où elle se trouve, « mauvaises herbes »). Les sécheresses, les inondations, les modifications de la composition atmosphérique et des températures constituent des stress vis-à-vis desquels les plantes cultivées réagiront forcément d'une façon ou d'une autre. Le projet OFFQ, soutenu par la Politique scientifique fédérale, se propose d'étudier les effets de la concentration de l'ozone troposphérique sur la valeur nutritive des ressources produites ainsi que du rendement agricole en utilisant des Brassicacae (famille des choux, du colza oléagineux ...) comme modèle.



Chambres expérimentales "Climate-controlled" du projet Mycarbion. Les chambres sont utilisées afin de simuler les scénarii de changements climatiques et d'étudier leur impact sur la biodiversité des prairies.

...et inversement

L'agriculture et la foresterie ont un impact sur le climat et contribuent respectivement pour 13,5% et 17,4 % des émissions de gaz à effet de serre. Ces émissions de N_2O et de CH_4 proviennent principalement des élevages, de l'utilisation de fertilisants chimiques et de la riziculture. En contrepartie, les forêts, les prairies, constituent des puits de carbone importants. Le projet MYCARBIO se propose d'étudier l'importance des champignons mycorhiziens à arbuscules sur la biodiversité et le cycle du carbone dans les écosystèmes prairie sous la pression de changements climatiques.

Les écosystèmes, tels que les forêts, sont d'importantes sources de composés organiques volatiles (dits « biogéniques » puisque d'origine biologique). Ces COV, hautement réactifs, ont un impact potentiellement important sur la composition de l'atmosphère et la qualité de l'air. Il est dès lors essentiel de comprendre l'influence que peut avoir le climat sur l'émission de ces COV, ce que propose le projet IMPECVOC.

D'où l'importance des choix et de la recherche

Les choix que nous poserons en matière de modes de production (agriculture intensive/extensive, couvert forestier/

champs, culture/élevage, exploitation de la biomasse à des fins énergétiques/alimentaires) mais également en matière de modes de consommation (produits locaux, de saison et respectueux de l'environnement vs produits exotiques...) joueront un rôle essentiel pour le climat de demain. Ainsi, le projet « Outils et institutions pour le développement de systèmes alimentaires locaux » a pour objet de vérifier si les systèmes alimentaires locaux (SAL) peuvent contribuer à des schémas de production et de consommation plus durables, de quelle manière et comment le développement de tels systèmes peut être soutenu.

L'interaction entre climat et agriculture est donc bien, on le voit, un partenariat délicat aux interactions multiples et complexes, qu'il convient de maintenir en appliquant des politiques de gestions établies sur des modèles de recherche précis, tenant compte de l'ensemble des paramètres régissant ce fragile équilibre dont nous dépendons tous.

Dimitri Harmegnies et Christine Mathieu



OFFQ : Impact de l'ozone troposphérique sur la qualité nutritionnelle et fourragère de Brassicaceae :

www.belspo.be/belspo/fedra/proj.asp?l=fr&COD=SD/AF/02A

MYCARBIO : Impact des champignons mycorhiziens à arbuscules sur la biodiversité et le cycle du carbone dans les écosystèmes prairie sous la pression de changements climatiques : rch.adre.ucl.ac.be/browse/list_fac/MBLA/pending/10027275

IMPECVOC : Impact de la phénologie et des conditions environnementales sur l'émission de Composés organiques volatils par les écosystèmes forestiers : www.impevcoc.ugent.be/

Outils et institutions pour le développement de systèmes alimentaires locaux : www.belspo.be/belspo/fedra/proj.asp?l=fr&COD=CP/59



Dispositif expérimental de mesure d'émission des BVOC au niveau de la canopée.

Une menace de plus pour la biodiversité ?

La communauté scientifique s'accorde à présent à le dire, le changement climatique d'origine anthropique très rapide auquel nous assistons actuellement a un impact de plus en plus marqué sur la biodiversité. Au cours de ces dernières années, les observations en ce sens se sont accumulées...

Une modification de la répartition géographique a été notée pour bon nombre d'espèces, et en particulier un déplacement vers les pôles ou des zones d'altitude plus élevée. Ainsi, certains organismes en provenance du sud sont apparus chez nous, comme le nacré de la ronce ou la libellule écarlate ; d'autres espèces, comme l'aesche subarctique et la vipère péliade ont vu leurs effectifs fortement régresser à basse altitude, au point de menacer leur présence chez nous. Quand les possibilités de migration des organismes sont limitées du fait de la fragmentation de leur habitat ou de leur présence dans des zones extrêmes, telles que le sommet des montagnes ou les pôles, c'est la survie même de l'espèce qui peut être mise en péril par le changement climatique. L'ours polaire en est la figure emblématique...

Adaptation ou extinction

Suite au réchauffement du climat, certaines espèces exotiques importées accidentellement ont pu s'établir dans nos régions ; c'est notamment le cas de l'huître creuse du Pacifique qui menace à présent nos moules indigènes. Le moustique tigré originaire d'Asie et porteur de maladies telles que la fièvre jaune, la dengue et le chigunkunya, pourrait, lui aussi, bientôt se reproduire chez nous.

Des décalages dans la phénologie (= chronologie d'événements périodiques saisonniers liés au cycle vital des êtres vivants tels que floraison, nidification, migration,...) de certaines espèces ont également été enregistrés suite au changement climatique. Ainsi, certaines espèces migratrices, comme le martinet noir, rentrent précocement de leur séjour en Afrique ; d'autres, comme les mésanges, nichent de plus en plus tôt. Parfois, les adaptations phénologiques bouleversent les interactions existant entre les espèces. Ainsi la désynchronisation entre l'éclosion d'une fleur et l'émergence de son pollinisateur peut mettre en péril aussi bien la survie de la plante que celle de l'insecte concerné...



Quand l'adaptation n'est pas possible ou est inappropriée, c'est donc l'extinction qui guette !

Libellule écarlate
© Belpress

Les experts du GIEC prévoient que 20 à 30% des espèces animales et végétales risquent de disparaître si la température moyenne globale s'élève de plus de 1,5 à 2,5°C.

Une richesse naturelle irremplaçable

Une évolution rapide du climat peut donc avoir des conséquences désastreuses sur la biodiversité. Ce phénomène est d'autant plus préoccupant qu'il vient s'ajouter à la liste, déjà longue, des menaces qui pèsent sur elle, telles que la destruction et la fragmentation des habitats, la pollution, la surexploitation et les invasions biologiques. Un appauvrissement de la biodiversité, en plus de représenter une perte inacceptable en soi, mettrait en péril les services que rendent les écosystèmes (= ensemble formé par une communauté d'êtres vivants et les composantes non vivantes de son environnement) à l'espèce humaine : approvisionnement en nourriture, régulation des maladies, purification de l'eau, fertilisation des sols, pollinisation, récréation et... régulation du climat pour n'en citer que quelques-uns. Il est donc urgent de mieux comprendre les interactions qui existent entre le changement climatique et la bio-

Les changements climatiques ne sont pas un phénomène nouveau. À l'échelle géologique, la Terre a déjà connu des alternances de périodes glaciaires et interglaciaires. Cependant, aucune de ces variations n'était survenue aussi rapidement que celle, d'origine humaine, à laquelle nous assistons actuellement. La rapidité de ce changement constitue un réel challenge pour les espèces animales et végétales qui n'ont qu'un choix : s'adapter promptement ou disparaître !

La biodiversité joue un rôle important dans la résilience des écosystèmes c'est-à-dire leur capacité à retrouver un fonctionnement et un développement normal après une perturbation. En effet, plus la diversité des espèces est élevée dans un écosystème, plus il y a de chances que plusieurs d'entre elles assurent une fonction similaire (qu'il y ait donc redondance fonctionnelle) et qu'au moins l'une d'entre elles survive à la perturbation. L'appauvrissement de la biodiversité, suite à l'évolution rapide du climat notamment, risque donc de fragiliser les écosystèmes et de mettre en péril les services qu'ils rendent à l'humanité.

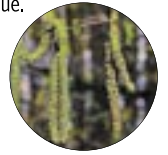
Huître creuse du Pacifique

Importées accidentellement ou non, certaines espèces qui en théorie ne devraient pas s'acclimater chez nous, y subsistent cependant suite au réchauffement de notre environnement. En mer du Nord, l'huître creuse du Pacifique fait désormais partie du paysage, où elle entre en compétition avec nos moules...



Noisetier

Les hivers doux se traduisent par un décalage de la période de floraison des plantes printanières. Cette année, en Belgique, le noisetier et l'aulne avaient un bon mois d'avance sur le calendrier pollinique classique.



Puceron

Nombreuses sont les espèces de pucerons dont les effectifs sont limités par l'intensité du froid hivernal. Les hivers doux comme celui que l'on vient de connaître sont annonciateurs de fortes infestations sur les céréales, les rosiers et les arbres fruitiers.



Mésange

Les saisons froides qui tiédissent ont un impact sur les migrations. Certaines espèces tendent à réduire leur comportement migratoire et se retrouvent démunies lors d'un coup de froid soudain. D'autres, comme les hirondelles, rentrent plus tôt d'Afrique. Les espèces non migrantes comme les mésanges tendent à nicher de plus en plus tôt. Avec des conséquences mortelles pour les jeunes lors des coups de froid qui sont susceptibles de survenir au tout début du printemps.



Jussie rampante

Importée en Europe, cette plante aquatique originaire d'Amérique du Sud n'a plus de prédateurs ou de parasites pour freiner sa croissance. Après avoir colonisé tout le territoire français du sud vers le nord, elle déboule aujourd'hui en Belgique par le canal de Roubaix. Elle forme des tapis denses et homogènes sur les berges et les plans d'eau avec tout un cortège d'effets secondaires : compétition avec des espèces indigènes, eutrophisation et asphyxie progressive du milieu.



Libellule écarlate

La remontée des espèces est observée chez nous depuis plusieurs années. Un exemple : la libellule écarlate qui fait désormais partie du paysage le long de la frontière française.



La diversité des espèces menacées



Infographie réalisée en collaboration avec la « Plate-forme Biodiversité »

diversité afin de tenter d'endiguer l'érosion de cette richesse naturelle irremplaçable.

De la science à l'action avec la Plate-forme biodiversité

Face à l'ampleur du problème et à l'urgence de la situation, la Plate-forme biodiversité s'est mobilisée.

Elle a organisé, durant le mois d'avril 2007, une consultation publique afin d'évaluer la manière dont la problématique du changement climatique est ressentie en Belgique dans différents secteurs d'activités liés à la biodiversité (conservation de la nature, foresterie, agriculture, horticulture, pêche, coopération au développement, santé, tourisme). Les principaux enseignements de cette enquête ont été les suivants: (1) la plupart des participants considère que les modifications de la biodiversité dues au changement climatique ont déjà un impact sur leurs activités et que celui-ci risque de s'accroître dans les années à venir ; (2) ils réclament plus de recherches appliquées

qui pourraient directement les aider à faire face ou à s'adapter au changement climatique et (3) un meilleur transfert des connaissances des scientifiques vers les secteurs, notamment via des publications de vulgarisation.

À l'occasion de la journée internationale de la biodiversité 2007, la Plate-forme a organisé une conférence sur le thème « Biodiversité et changement climatique ». La première journée de ce colloque, qui a réuni des chercheurs belges et étrangers, a tout d'abord permis de dresser un état des lieux des recherches scientifiques menées en Belgique sur les interactions existant entre changement climatique et biodiversité. Les scientifiques réunis en table ronde ont ensuite élaboré des recommandations à l'attention des décideurs politiques. Dans ce document, ils identifient les axes de recherche à développer en priorité afin de permettre l'élaboration, sur des bases scientifiques, de plans et mesures d'atténuation et/ou d'adaptation vis-à-vis du changement climatique. Ces recommandations s'articulent autour de cinq axes principaux : (1) réduire les scénarios climatiques à l'échelle de la Belgique, (2) renforcer la



Moustique tigré

C'est une espèce tropicale qui n'a, a priori, rien à faire dans nos contrées. Mais ce vecteur de maladies tels le chikungunya, la fièvre jaune ou la dengue est introduit accidentellement suite au transport de vieux pneus en provenance d'Asie. En cas de réchauffement climatique, cette espèce pourrait bien survivre aux hivers qui l'empêchent actuellement de se reproduire chez nous. Mais il y a suspicion de reproduction en Campine.

Hêtre

Cet arbre est particulièrement sensible au déficit d'humidité atmosphérique et aux fortes températures estivales. Il a souffert de la sécheresse au cours des deux derniers étés, particulièrement en basse et en moyenne Belgique. Bientôt la fin de la hêtraie cathédrale de Soignes ?

Silure

Ce gros poisson-chat (il peut atteindre deux mètres de long) qui vit notamment dans le lit du Danube affectionne les eaux chaudes. On l'élève en Meuse, non loin de Tihange. S'est-il échappé ? A-t-il été réintroduit par quelques pêcheurs sportifs ? Toujours est-il qu'il a prospéré en dehors des zones de pisciculture et qu'on en retrouve aujourd'hui en basse-Sambre.

Vipère péliade

Adaptée aux climats froids, cette espèce a subi une forte contraction de son aire de répartition et a disparu de la plupart des sites qu'elle occupait en basse et en moyenne Belgique.

Tiques

Ces insectes véhiculent un parasite responsable de la maladie de Lyme. Un adoucissement sensible du climat a permis de voir exploser leurs populations au cours des dernières décennies. La piqûre de tique guette principalement les forestiers et les usagers des bois.

Nacré de la Bistorte

Fortement menacé, ce papillon typique des prairies humides d'Ardenne a vu régresser de manière importante ses populations au cours des dernières années. En cause : le changement climatique !

Tétras-lyre

Déjà fortement menacés par la fragmentation de leur habitats, les derniers tétras des Hautes-Fagnes sont mis en péril par la diminution de l'épaisseur du manteau de neige en hiver, dans lequel ils construisent normalement leurs igloos.

Aeschna subarctique

Au cours des dernières décennies, cette espèce de libellule a tout simplement disparu de Campine et a vu ses effectifs fondre comme neige au soleil sur les hauts sommets de l'Ardenne. Au point de menacer sa présence chez nous.

N'oublions pas que les interactions entre climat et biodiversité ne sont pas unidirectionnelles et que la biodiversité elle-même joue un rôle important dans la régulation du climat. En effet, le CO₂ est séquestré par les forêts et les océans, via la photosynthèse et la calcification notamment. En jouant ainsi le rôle de « puits de carbone », forêts et océans réduisent donc l'effet de serre et atténuent le réchauffement climatique... Une bonne raison de plus pour conserver la biodiversité !

Notons que la complexité du système ne s'arrête pas là ! Le CO₂, en se dissolvant dans les océans, provoque l'acidification de l'eau de mer qui, à son tour, affecte certains organismes marins, notamment ceux qui élaborent des structures calcaires comme les coraux et les coccolithophores, et perturbe la chaîne alimentaire marine.

© Le Soir

recherche sur les interactions entre biodiversité et changement climatique, (3) assurer le suivi des changements de biodiversité à l'échelle des populations, des espèces et des écosystèmes, (4) ajuster les politiques de gestion en fonction du changement climatique et (5) améliorer le transfert des connaissances. Ces recommandations ont été présentées au public lors de la deuxième journée du colloque qui s'adressait plus particulièrement aux gestionnaires de terrain et au personnel des administrations concernées.

La Plate-forme biodiversité ne compte pas en rester là et désire poursuivre son action. Elle compte à présent mettre sur pied un forum thématique dont le but sera de rassembler autour d'une même table des scientifiques et des représentants d'un secteur et de les inviter à réfléchir à la manière dont il faudrait adapter les pratiques du secteur pour limiter l'impact du changement climatique sur la biodiversité. De tels groupes de travail pourraient être organisés pour les différents secteurs concernés. Le secteur d'activité le plus directement concerné étant celui de la conservation de la nature, le premier sujet de réflexion sera :

« comment faut-il adapter les stratégies de conservation de la nature afin de limiter l'impact des changements climatiques sur la biodiversité ? » Les propositions d'adaptation des pratiques actuelles de gestion de la nature, mais aussi les axes de recherche à développer en priorité afin de combler les éventuelles lacunes, feront l'objet d'un livre vert à l'attention des autorités compétentes.

À l'interface entre science et politique, la Plate-forme biodiversité occupe en effet une place de choix pour mettre à la disposition des politiques les informations scientifiques nécessaires à l'élaboration de plans d'action cohérents visant à réduire l'impact du changement climatique sur la biodiversité.

Erika Baus



La Plate-forme biodiversité : www.biodiversity.be

Les changements climatiques et la mer du Nord

Le rapport du GIEC (2007) indique que les niveaux moyens des mers monteront de 3,1 cm tous les dix ans, que les océans se sont déjà réchauffés jusqu'à une profondeur de 3 km, que jusqu'à 40% des espèces existantes pourraient s'éteindre et que les conditions météorologiques deviendront sans doute plus extrêmes, avec des ouragans plus intenses et des tempêtes.

Ces changements auront des répercussions sérieuses tant sur le plan écologique que sur le plan socio-économique.

Comparée aux océans, la Mer du Nord est plutôt comme un petit étang d'eau salée mais qui abrite une énorme richesse de vies. Une grande diversité d'animaux et de plantes vivent dans son sol marin et ses eaux. D'autre part, la Mer du Nord est également caractérisée par un trafic maritime chargé, une pêche intense, du tourisme, de nombreuses activités offshore comme l'extraction de pétrole et de gaz, la présen-

ce de câbles et de pipelines, l'extraction de sable et de gravier et la future présence de parcs éoliens. Cette utilisation intensive met l'écosystème sous forte pression. Une autre conséquence est également que la vulnérabilité de la communauté écologique, sociale et économique dans et autour de la Mer du Nord est très élevée face aux effets de changements additionnels comme le changement climatique.

Alors que des mesures préventives comme la réduction des émissions de gaz à effet de serre sont nécessaires pour attaquer le problème à la source et à long terme, des mesures d'adaptation sont nécessaires pour lutter entre temps contre les effets directs et indirects du changement de climat. C'est ce dernier aspect qui sera étudié dans le projet CLIMAR en ce qui concerne les différentes activités de la Mer du Nord belge.



Réchauffement et hausse du niveau de la Mer du Nord

Le changement climatique a de nombreux effets directs sur la Mer du Nord. Ces effets comprennent entre autres la hausse du niveau de la mer, un accroissement éventuel de la fréquence des fortes tempêtes, une augmentation de la variation des précipitations, une modification des schémas d'érosion et de sédimentation et des modifications du degré de salinité.

Les incertitudes sont encore grandes concernant les effets directs du changement climatique et de plus, des différences régionales importantes apparaissent. Entre 1978 et 2002, la température de l'eau de l'Océan atlantique a augmenté de 0,3 à 1°C, alors qu'un refroidissement a été observé dans certaines régions. La vitesse du vent sur la Mer du Nord aurait augmenté de 10% depuis 1960 et certains signes suggèrent que le vent a changé de direction pour les mêmes périodes. Une étude néerlandaise a cependant montré que la vitesse du vent diminue.

Sur la base des résultats des études effectuées, CLIMAR 3 a déduit des scénarios pour l'état de la Mer du Nord en 2100. Un scénario modéré, un scénario chaud et un scénario attestant de la pire des situations qui traduit l'incertitude. Dans les scénarios modéré et chaud par exemple, l'on s'attend à une hausse du niveau de la mer de 60 cm et 90 cm respectivement pour 2100, alors que le pire des scénarios tient même compte d'une hausse du niveau de la mer de 200 cm. Ces scénarios seront utilisés ensuite pour déterminer les effets indirects.

La réalisation d'une analyse statistique des niveaux d'eau à la Côte belge montre une hausse du niveau de la mer à Ostende de 1,67 mm par an pour la période 1927 à 2006. Des modèles décrivant l'état actuel de la mer peuvent également être utilisés pour évaluer l'influence des changements, comme la hausse du niveau de la mer et l'augmentation de la vitesse des vents. Les premiers tests avec ces modèles indiquent qu'une hausse du niveau de la mer de 1 m entraîne déjà une hausse de 10 % de la tension du sol (frottement entre l'eau de mer et le sol marin et origine de l'érosion) pour l'estuaire de l'Escaut occidental et une diminution près de Nieuport et Zeebrugge. Ces modifications peuvent avoir des conséquences manifestes pour la biote vivant dans ou sur le sol marin ainsi que sur les dépôts sédimentaires.

Les sardines de la mer du Nord

Ces effets directs permettent de déterminer les effets indirects du changement climatique sur l'écosystème de Mer du Nord et les activités socio-économiques (pêche, transport et ports, risque d'inondations, énergie éolienne, etc.).

Deux activités sont examinées en détails dans CLIMAR: la pêche et l'inondation des régions côtières. Une extrapolation sera réalisée à partir de ces deux études de cas concernant les autres activités humaines sur mer.

La plaine côtière belge ne se trouve que 2 à 4 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui fait de notre pays un des plus vulnérables en Europe en matière d'inondation. Une analyse du littoral belge a montré une série de maillons faibles, où une inondation est possible en cas de tempête extrême. Les zones les plus critiques sont celles proches des villes d'Ostende et de Wenduine, où, soit, les dunes, protection naturelle contre les inondations, ont été déblayées pour l'extension des villes ou, soit, les plages ont été réduites. Une analyse complémentaire doit toutefois encore être réalisée, afin de pouvoir calculer les dommages et les victimes sur la base des scénarios élaborés.

L'augmentation de la température de l'eau de mer influence également les populations des poissons vivant dans la Mer du Nord. C'est ainsi que de plus en plus de poissons vivant normalement dans les eaux chaudes du Sud migrent vers la Mer du Nord (par exemple les sardines et les anchois) et les espèces commercialement importantes comme le cabillaud etc. remontent vers le Nord, où l'eau est plus froide. Ces changements menacent la pêche. La flotte de pêche belge utilise principalement une technique de pêche très spécialisée, le chalutage, et cible une espèce bien déterminée : les poissons plats. Compte tenu des frais d'investissement élevés, des frais de carburant élevés, de la réduction des stocks de poissons et de toute la réglementation et régulation dans ce secteur, celle-ci est fort sensible aux facteurs externes autres que le changement climatique. Le secteur de la pêche peut-il s'adapter? Une question qui sera étudiée dans CLIMAR.

David Cox



Évaluation de l'impact du changement climatique global et mesures d'adaptation pour les activités marines – CLIMAR (2007-2011)

Objectif: développement d'un cadre au sein duquel les mesures d'adaptation qui seront prises pour maîtriser les impacts dus au changement climatique pourront être évaluées, et ceci tant pour les aspects écologiques et sociaux que les aspects économiques de l'environnement de la Mer du Nord.

www.arcadisbelgium.be/climar/



EXPOSITION · TENTOONSTELLING · EXHIBITION
18.04.08 ATOMIUM 19.10.08



EXPO 58



**ENTRE UTOPIE ET RÉALITÉ
 TUSSEN DROOM EN WERKELIJKHEID
 BETWEEN UTOPIA AND REALITY**

ATOMIUM SQUARE · 1020 BRUSSELS · INFO + 32 (0)2 475 47 77 · WWW.EXPO-1958.BE
OUVERT TOUS LES JOURS DE 10H À 19H · ALLE DAGEN OPEN VAN 10U TOT 19U · OPEN DAILY FROM 10 AM TO 7 PM

Éditeur responsable: Jullie Maquet, Première Eschwege, 1011 de Ville, Grand Place, 1000 Bruxelles. Karel Verbeke, Achtsaait ginderen, Achtsaait d'Éclat, Rue de l'Égypte 2-4, 1000 Bruxelles. Verantwoordelijke uitgever: Jullie Maquet, Ernest Schuyten, Stadhuis, Grote Markt, 1000 Brussel. Karel Verbeke, Agreements, Rijksarchief, Rubensstraat 2-4, 1000 Brussel.





Davantage d'inondations dans le futur ?

Comment nous préparer ?

Le changement climatique influence les précipitations et l'évaporation. Il a dès lors une incidence particulière sur les extrêmes hydrologiques, inondations et pénuries d'eau.

Scénarios climatiques des précipitations et de l'évaporation en Belgique

Sur base de simulations utilisant des modèles climatiques globaux et régionaux, on a déduit pour la Belgique des scénarios climatiques relatifs aux précipitations et à l'évaporation potentielle jusqu'en 2100. Vingt simulations ont été réalisées à l'aide de modèles climatiques globaux (archives du GIEC), et 28 simulations à l'aide de 10 modèles climatiques régionaux (projet européen PRUDENCE), suivant cinq scénarios d'émissions de gaz à effet de serre. Les scénarios climatiques ont été extrapolés dans l'espace et dans le temps pour

atteindre l'échelle à laquelle les extrêmes hydrologiques se manifestent.

En fonction du modèle climatique, de la simulation et du scénario choisis, le changement attendu diffère fortement en termes de précipitations et d'évaporation. L'incertitude liée aux prévisions est donc particulièrement grande. Dans un scénario « haut », on s'attend à une augmentation des précipitations de 30 % durant les mois d'hiver jusqu'en 2100 ; le scénario « moyen » postule une augmentation de 12 %, et le scénario « bas » des volumes de précipitations inchangés. Durant les mois d'été, le volume total des précipitations diminue (entre 0 % et 25 %). Ainsi, l'intensité des averses estivales augmente, mais le nombre d'averses et donc les quantités totales de précipitations en été diminuent. En outre, l'évaporation d'eau serait sensiblement plus forte, tant en hiver qu'en été.

© Belpress

CCI-HYDR - l'impact du changement climatique sur les extrêmes hydrologiques au niveau des cours d'eau et des réseaux d'égouts. (2005-2010)
www.kuleuven.be/hydr/CCI-HYDR.htm

ADAPT - Vers un instrument décisionnel intégré pour les mesures d'adaptation - Etude de cas : les inondations. (2005-2010)
dev.ulb.ac.be/ceese/ADAPT/home.php

Le plan décennal des oscillations climatiques

Outre une prévision des évolutions futures, le projet CCI-HYDR comporte également une analyse des changements intervenus dans un passé récent. Suite à l'accroissement de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, le changement climatique est déjà à l'oeuvre depuis plus d'un siècle. Il est surtout perceptible par l'augmentation de la température depuis une trentaine d'années. Les tendances récentes des précipitations ont été étudiées sur base de plus de 100 ans d'enregistrement à Uccle, un ensemble de données unique en son genre, récolté par l'IRM. Il en ressort que les quantités de précipitations hivernales ont augmenté de façon limitée mais perceptible depuis les années 1990. Deux phénomènes distincts jouent un rôle à cet égard. D'une part, les précipitations présentent des fluctuations périodiques multidécennales : au cours des 110 dernières années, Uccle a connu des périodes caractérisées par des averses de pluie d'une extrême violence, dans les années 1910 et 1920, dans les années 1960, et durant les 15 dernières années. La récente augmentation des précipitations extrêmes au cours des 15 dernières années résulte ainsi d'un pic d'oscillation multidécennale du climat. Pour la saison hivernale, l'augmentation des extrêmes responsables du débordement des cours d'eau, a d'autre part, été accentuée par le changement climatique global. Pour la période estivale, par contre, le changement climatique n'a eu aucun effet de renforcement sur le risque d'inondations dans les égouts ou les systèmes d'évacuation d'eau urbaine.

L'impact sur les extrêmes hydrologiques

L'influence du changement climatique sur les rivières (risques et fréquences de débit de pointe, d'inondation et d'étiage) est calculée en utilisant des modèles hydrologiques et hydrauliques combinés pour le bassin de l'Escaut et de la Meuse. Ensuite, les scénarios de changement climatique sont appliqués aux modèles de réseaux d'égouts afin d'étudier l'évolution de ce risque spécifique d'inondation. Des

résultats provisoires relatifs à l'impact sur les cours d'eau indiquent que suite à la forte baisse des précipitations estivales et à l'augmentation de l'évaporation, les débits d'étiage extrêmes baisseront considérablement.

Pour une rivière comme la Dendre, la simulation met en évidence une diminution marquée du débit, atteignant plus de 50 % des ruissellements d'eau (des nappes phréatiques vers la rivière) annuel les plus faibles, dans tous les scénarios envisagés. Cette situation peut considérablement aggraver les problèmes liés aux niveaux d'étiage particulièrement bas : pénuries d'eau potable, tirant d'eau insuffisant pour la navigation fluviale, diminution générale de la qualité de l'eau. L'accroissement du risque d'inondation, qui est souvent associé au changement climatique, ressort moins clairement des résultats. Les débits de pointe de la rivière peuvent augmenter ou diminuer en fonction, d'une part, du rapport relatif entre l'augmentation des précipitations hivernales et la diminution des précipitations estivales et, d'autre part, du rapport relatif entre l'augmentation des précipitations et l'accroissement du taux d'évaporation. Il apparaît que ce rapport dépend fortement du modèle climatique utilisé. Pour une rivière comme la Dendre, les débits de pointe augmenteraient de 20 % dans le scénario « haut ».

Conséquences écologiques, économiques et sociales

La modification des risques d'inondations a des implications importantes pour les systèmes socio-économiques et écologiques. À cet égard, une politique adéquate doit être menée. L'évolution du risque d'inondations ne peut pas être considérée indépendamment du rôle joué par certains acteurs du développement dans les vallées. Il faut surtout penser ici à l'accroissement de la valeur économique des terrains situés dans les zones à risque, à l'urbanisation, à l'exploitation agricole, à la gestion de la nature, etc.

La politique actuelle relative aux mesures de lutte contre les inondations se fonde sur des modèles de risques qui, pour tout projet important, reposent eux-même sur une analyse coûts-avantages. Dans une telle analyse, tous les avantages et inconvénients actuels et futurs liés au projet considéré sont chiffrés et mis dans la balance. Seules les mesures pour lesquelles les bénéfices l'emportent sur les coûts, et qui peuvent donc accroître la prospérité, sont intéressantes du point de vue social. Toutefois, dans la pratique, on fait souvent abstraction de nombreux effets. Ainsi les aspects sociaux et écologiques ne sont pas correctement étudiés (ou alors marginalement) et encore moins pris en compte. Si certains coûts ne sont pas pris en considération, les mesures politiques mises en oeuvre n'atteindront pas les objectifs fixés en matière d'adaptation aux changements climatiques. Le projet ADAPT tente de remédier à ces insuffisances.

Patrick Willems et Lieven De Smet

Belgique + UNESCO = même combat

L'UNESCO s'intéresse à la relation entre l'homme et son environnement ainsi qu'aux développements scientifiques et technologiques nécessaires dans ce domaine. Différents programmes étudient la réaction de l'homme et l'environnement aux changements climatiques, une meilleure analyse de risques, une limitation des conséquences dommageables et l'élaboration d'une stratégie d'adaptation ou encore comment rassembler les données nécessaires à cet effet. L'UNESCO apporte également son aide lors de l'identification des besoins de coordination internationale et des lacunes dans la connaissance afin de promouvoir la coopération scientifique et le développement

Les activités concernant plus spécifiquement la problématique du climat font partie des programmes IOC (Commission océanographique intergouvernementale), IHP (Programme hydrologique international), WHP (Protection du patrimoine mondial) et MAB (Programme sur l'homme et la biosphère).

L'impact du changement climatique sur le patrimoine naturel et culturel

Le patrimoine mondial témoigne d'une valeur universelle exceptionnelle sur le plan naturel ou culturel. Les nombreuses inquiétudes concernant l'impact du changement climatique sur ces perles irremplaçables, réalisées au travers des siècles, sont compréhensibles ! Le programme de sauvegarde du patrimoine mondial protège 851 sites uniques dans 141 pays. Étant sous surveillance constante, ils conviennent particulièrement bien pour examiner l'impact du changement climatique. En 2007, le *Rapport sur le patrimoine mondial 22* était entièrement consacré à cette problématique. Un rapport a également été publié sur 26 études de cas montrant les conséquences diverses et parfois profondes du changement climatique sur les sites patrimoniaux que sont les glaciers, la biodiversité marine, la biodiversité terrestre, les sites archéologiques et les villes historiques. Les rapports rendent le type et l'étendue de la menace, les attentes pour le futur et les stratégies et mesures possibles pour la limitation des conséquences.

Au tour des chercheurs belges de jouer !

■ Biodiversité marine (Indonésie) : Les coraux ont trop chaud

Les récifs de corail forment un biotope extraordinairement riche pour des centaines de milliers d'espèces de poissons et d'autres organismes, hélas très sensibles aux changements climatiques. Ils forment une première étape importante dans la chaîne alimentaire des écosystèmes tropicaux, le matériau inorganique étant transformé en matériau organique. Les récifs coralliens sont très fragiles eu égard aux fluctuations de température : une augmentation de 1 à 2 degrés maximum au-dessus de la température normale des océans entraîne rapidement un blanchiment, un processus au cours duquel les coraux expulsent les algues qui leur sont vitales, ce qui rend leur tissu transparent. Si la température reste longtemps au-dessus de son niveau normal et que le degré d'acidité des océans augmente, ils meurent. Les changements climatiques ne menacent pas seulement les cultures des îles et leur pêche, mais aussi le tourisme comme source de revenus. Il suffit de penser à la grande barrière de corail en Australie... une vraie attraction pour le tourisme de plongée....

En accord avec l'UNESCO, le VITO (*Vlaams Instelling voor technologisch onderzoek* à Mol) et l'Université de Gand ont effectué des recherches sur l'île de Fordate. Ils ont travaillé à un système-prototype pour la cartographie et la surveillance de l'état des récifs de corail à l'aide de photos aériennes hyperspectrales et de photos satellites. Les nouvelles techniques permettent de cartographier de larges régions de manière détaillée partout dans le monde, d'une manière similaire, continue et 'payable', et de suivre efficacement les différences et les changements de l'état de santé des récifs coralliens. Les cartes forment une partie essentielle de la base d'informations nécessaire pour pouvoir mieux comprendre le blanchiment (facteurs anthropogéniques et naturels) et pour élaborer une approche de gestion intégrée de la côte en les combinant avec d'autres données. L'objectif final est de protéger la biodiversité de manière optimale et de garantir le bien-être socio-économique de la population.



■ **Sites archéologiques (Sibérie) :**
Lorsque le pergélisol disparaît

Les Monts Altaï forment une des plus grandes chaînes montagneuses de la Sibérie avec des steppes très élevées. Dans cette région magnifique, partiellement classée pour sa valeur écologique, des témoignages uniques de la culture nomade des Scythes ont été retrouvés (1^{er} millénaire A.C.). Les tumuli émergeant au sein du paysage sont la seule source archéologique de cette vieille civilisation eurasiatique. Le pergélisol a parfaitement conservé le contenu des tombes : des bois finement ouvragés, des objets en or ainsi que les vêtements et les corps momifiés, parfois ornés de tatouages étonnamment bien conservés !

Le réchauffement de la terre entraînant le dégel du pergélisol menace la sauvegarde de ces tombes de glace. Avec des experts de l'Université de Gand et de l'Institut géophysique de l'Université d'Alaska, et un financement du *Vlaams Unesco Trust Fund*, l'UNESCO a lancé un projet étudiant la situation de l'Altaï. L'objectif est d'établir un inventaire des tombes et d'obtenir une meilleure compréhension du changement climatique et de l'évolution du pergélisol, afin de développer une stratégie et des solutions technologiques pour la conservation de cet unique patrimoine.

■ **Régions montagneuses (Tibet) :**
Lorsque les glaciers fondent et qu'il y a moins de pluie...

Avec des collègues chinois et tibétains et en accord avec le Programme sur l'homme et la biosphère, des chercheurs des universités de Leuven Liège et Gand vont collaborer à un système d'information qui doit permettre de protéger ce patrimoine spécial 'valeurs' de la Réserve du Mont Everest (1994) et, en même temps, de garantir un développement durable de la région. La région correspond avec la partie chinoise du Qomolangma MAB (2004). Tant les patrimoines culturels historiques (entre autres les couvents bouddhistes tibétains) que les patrimoines naturel et immatériel (festivals, ...) sont concernés. Cette région fascinante est soumise à la pression du développement à croissance rapide (transport, tourisme, ...) et le bien-être de la population des montagnes est menacé par les changements climatiques. Le projet prévoit un volet pour l'identification de l'impact des changements climatiques (entre autres l'évolution de l'utilisation des sols) et l'analyse d'une stratégie pour une politique de conservation appropriée.

Les changements subis par les glaciers des régions inférieures peuvent entraîner des inondations inattendues, avec des conséquences dramatiques pour la population et la biodiversité. À long terme, la pénurie d'eau peut avoir des conséquences sérieuses sur l'agriculture, l'élevage et la santé. Le système d'information visé doit offrir des informations actualisées pour une planification durable de l'eau et de la terre dans cette région fragile.

■ Villes historiques

Pour évaluer l'impact des changements climatiques sur le patrimoine culturel, on tient compte des interactions complexes entre les aspects naturels, culturels et sociaux. Les changements climatiques auront d'une part des effets physiques directs sur les bâtiments et, d'autre part, des conséquences pour les structures sociales. Les populations pourraient être obligées d'émigrer, les communautés seront dispersées et les sites abandonnés, entraînant la perte de la mémoire rituelle et culturelle d'un peuple.

Les conséquences purement physiques possibles comprennent l'altération renforcée des bâtiments à cause de l'augmentation de l'humidité des sols, fissuration, éclatement ou effeuillage des matériaux à cause des importantes variations saisonnières en température et humidité, migration de la vermine formant une menace biologique pour le bois et les autres matériaux organiques, dommages dus à une longue station sous eau pendant les inondations (par ex. Venise), dommages structurels aux bâtiments par les tempêtes et menaces pour le patrimoine culturel dans les régions sèches à cause de la désertification, de l'altération entraînée par le sel et de l'érosion (par ex. Tombouctou).

Des modifications dans la biodiversité peuvent également menacer la conservation, certains matériaux n'étant plus disponibles pour réparer les bâtiments.

L'entretien régulier des bâtiments et des analyses de risque soignées doivent étayer l'adaptation des systèmes de protection.

■ Quel est le rôle de l'Institut royal du patrimoine artistique ?

Le patrimoine mondial belge ne semble pas directement menacé. L'Institut royal du patrimoine artistique (IRPA) veille et peut mettre son expertise à disposition dans ce domaine dans toute l'Europe si la question se pose. L'IRPA s'efforce maintenant déjà d'utiliser le moins possible de produits polluants l'atmosphère lors de la restauration et de la conservation des œuvres d'art. L'IRPA travaille avec le Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels (ICCROM, organe-conseil de l'UNESCO en matière de patrimoine culturel) ainsi qu'avec d'autres organisations, dans le cadre de projets européens pour l'amélioration de la restauration et de la conservation

des œuvres d'art et des bâtiments historiques en relation avec le changement climatique.

L'expertise belge au sein du programme 'Hydrologie' HELP

Le bassin du Tarim dans le nord-ouest (semi)-aride de la Chine appartient à l'une des zones hydrologiques les plus vulnérables du monde étudiées dans le cadre du programme hydrologique HELP (*Hydrology for Environment, Life and Policy*) de l'UNESCO. Ce programme s'attache à la documentation et à la prévision des variations climatiques et des changements ainsi qu'à l'amélioration de la collecte des données et de leur échange. HELP s'engage également pour la traduction des avancées scientifiques dans des instruments utiles permettant aux gestionnaires du réseau hydrologique et aux décideurs de se mettre au travail.

Dans le cadre de la coopération bilatérale en R&R avec la Chine, des chercheurs de la KULeuven et du VITO ont mis au point une méthode combinant des modèles hydrologiques et la télédétection pour obtenir un système de gestion intégrée du bassin fluvial (2006-2008). Au cours d'une deuxième phase, ils veulent montrer que ce système peut être appliqué à une analyse des scénarios. Un premier scénario concerne l'impact du changement climatique (tant les changements pluviométriques que de la température) et un deuxième est axé sur les tendances dans l'utilisation des sols et les pratiques agricoles modifiées. L'objectif est de pouvoir présenter des prévisions pour l'appui des décideurs dans leur gestion locale des ressources hydrauliques et terrestres. De telles informations sont cruciales pour une gestion de la région axée sur un développement durable.

Brigitte Decadt



Vous trouverez de plus amples informations sur le site Web <http://ioc.unesco.org/unesco-climate>

Monts Altaï : www.archaeology.ugent.be/altai/index.swf

Programme sur l'homme et la biosphère : www.unesco.org/mab/ecosyst/mountains.shtml

L'hiver

dans la peinture belge

Le changement climatique n'est pas qu'affaire d'évolution de la biodiversité, de risques liés à la santé ou de pratiques sportives en voie de disparition en nos contrées, telles le ski de fond ou le patinage (souvenez-vous de cette célèbre course sur les canaux néerlandais, la Elfstedentocht, dont la dernière édition remonte à 1997¹), pour ne prendre que quelques exemples cités tout au long des pages de ce magazine. D'un point de vue artistique, il est indéniable que les saisons et les éléments, en particulier l'hiver, sont source d'inspiration.

En effet, même si la mauvaise saison est peu propice à la peinture de paysages, dans nos contrées, les tempêtes, le gel, la glace et la neige ont offert de la nature une vision séduisante et proposé, par des jeux sur la glace, les jeux avec la neige, de plaisantes scènes de genre, comme le Calendrier des Très riches heures du duc de Berry, au XV^e siècle, ci-contre.

Du XVI^e siècle à nos jours, la peinture belge recèle bon nombre d'œuvres dont certaines sont conservées en nos musées ou exposées à l'étranger.

On distingue la châtelaine en compagnie de ses fermiers se chauffant à l'âtre de leur chaumière dans un grand paysage de neige (ici, le mois de février).



Au XVI^e siècle, le peintre de référence est évidemment Pierre Bruegel l'Ancien (1525 – 1569), dont *Les Chasseurs dans la neige* est exemplatif de sa touche qui sera répétée au cours des siècles : le patinage sur glace et des formes imposantes au premier plan et un immense paysage s'atténuant peu à peu.

La couverture de ce magazine, *Paysage d'hiver avec patineurs et trappe aux oiseaux*, du même, fait peut-être référence à l'hiver 1564 - 1565 qui fut, selon les chroniqueurs, particulièrement rude. La scène possède une signification sans doute plus profonde, qui se rattache à une interprétation allégorique de l'existence humaine répandue au XVI^e siècle. Selon cette conception, le dévot est tel un pèlerin, traversant une vie semée

de dangers et de tentations, qu'il doit éviter pour parvenir au salut. Ainsi, les pièges à oiseaux, comme la trappe au premier plan à droite, passaient dans la littérature de l'époque pour le symbole des appâts du diable destinés aux âmes étourdies (l'oiseau étant traditionnellement le symbole de l'âme). De même, les scènes de patinage incarnaient fréquemment dans les arts le caractère incertain (glissant) de l'existence. Patineurs et oiseaux se rejoignent ici tant par leur insouciance que par leur vulnérabilité face au péril qui les menace.

Le chef d'œuvre de Gilles Mostaert (1536 – 1598), *La Fuite en Egypte*, est conservé au Musée de l'Ermitage à Saint-Petersbourg. On y voit la Vierge, assise sur un âne guidé par Joseph, et tenant l'Enfant. Tous trois sont au second plan du tableau et passent sur un pont qui traverse une rivière gelée.

On peut également retenir les toiles de Jacques Grimmer (1526 – v. 1590) qui, à sa façon, prolonge l'art de Bruegel l'Ancien avec le *Carnaval* (Musée de l'Ermitage), *l'Hiver* (Musée de Budapest), *Paysage d'hiver* ou encore *Hiver avec patineurs*.

Son fils, Abel (v. 1570 – 1618) a peint un tondo (une peinture en forme de disque – de l'italien rotondo, rond), *Paysage d'hiver*, également conservé à Saint-Petersbourg (p. 47).

Dans *l'Hiver* (Musées royaux des beaux-arts de Belgique), il peint un village enneigé le long d'un plan d'eau où six paysans patinent et un couple maladroit tombe.

Le même musée fédéral possède un *Paysage d'hiver* de Denis Van Alsloot (1570 – 1625) où de part et d'autre deux grands arbres dénudés dégagent l'horizon sur un vaste paysage de neige et de glace au bord d'un village sous un ciel nuancé. On retrouve la même thématique dans *Groenendael* (conservé à Dresde), dans le *Château de Tervueren sous la neige* ou encore *l'Escaut gelé à Anvers* (Berlin).

¹ En 1997, la course eut lieu mais avec l'ajout de glace, en particulier sous les ponts. Sinon, il faut remonter à 1986 pour l'avant-dernière compétition (Plus : www.elfstedentocht.nl).

Patinage dans le fossé des remparts de la porte Saint-Georges à Anvers (Abel Grimmer). Profitant de l'eau gelée dans les fossés des remparts d'Anvers, la population s'amuse à divers jeux de patinage tandis que, massés sur la rive et le haut des murs, des badauds les observent. Tournant le dos au canal d'Herentals, le peintre représente la porte Saint-Georges, précédée d'un pont de maçonnerie et défendue par un bastion et un orillon. © MRBAB

Josse de Momper (1564 – 1635), au XVII^e siècle, a peint une *Vue de l'hiver* (Paris) et un *Paysage d'Hiver* (Rotterdam) et d'autres toiles éponymes (Dresde, Quimper).

Cependant, le Maître des paysages d'hiver (tel que fut surnommé l'Anversois Gysbrecht Lytens (1586 – entre 1643 et 1656), se distingue par la peinture d'arbres dépouillés de leurs feuilles, noueux, aux formes tourmentées en sinuosités multiples, poudrés de blanc par les premières neiges ou raidis par la glace. Ses peintures sont conservées à Valenciennes, à Aix-la-Chapelle ou encore à Bruxelles (*Paysage d'hiver*).

Pierre Bruegel le Jeune (1564 – 1638) a multiplié les paysages d'hiver. Il a employé une grande part de son temps à copier à peu près toutes les œuvres de Breugel l'Ancien, tout en adaptant les créations paternelles à son propre style. Parmi ses œuvres originales, quelques-unes concernent la mauvaise saison, dont *l'ivrogne reconduit par les siens*.

Le célèbre *Paysage d'hiver* évoque le village de Sint-Anna-Pede, près de Bruxelles, sous une lumière diffuse, dans un ciel plombé. En dépit de quelques tons bruns vifs, ceux de l'édifice de gauche et des troncs d'arbres, c'est un ensemble traité par les valeurs, où le rose léger des maisons et de l'église à l'arrière-plan s'accorde aux nuances de gris bleu de la rivière gelée. Quelques personnages pittoresques animent le paysage (villageois, soldats, bourgeois, ...). On voit sur la rivière des soldats, des chiens, une paysanne tenant sa fille par sa main, un paysan tirant sur la glace sa femme assise sur un tabouret renversé qui lui sert de luge, des enfants patinant, une paysanne portant un fagot, ...

Isaac van Ostade (1621 – 1649) est exposé au Louvre : *Canal gelé avec couple patinant*, *Canal gelé avec une cariole descendant un chemin*, *Paysage d'hiver avec couple conversant*, *Paysage d'hiver avec passerelle*. Anvers possède un *Paysage d'Hiver en Hollande* alors qu'à Venise est conservé un *Paysage d'Hiver* et à Lille des *Patineurs sur la glace*.

L'évocation des tempêtes en hiver est fréquente, comme cette *Mer houleuse* et cette *Tempête sur les côtes de Norvège* de Rudolph Backhuysen ; une autre *Mer houleuse* (Jan Blanckerhoff) et une *Tempête en mer* (J. Peeters) conservés aux Musées royaux des beaux-arts de Bruxelles.

Le XVIII^e siècle, pénétré dans le Nord par l'esprit français et italien, est beaucoup moins tenté par la peinture des paysages d'hiver. L'esprit de Voltaire, la sensibilité de Rousseau et le rationalisme de Montesquieu n'entraînent pas les peintres français vers la tristesse de la mauvaise saison ou le pittoresque particulier des jeux sur la neige ou la glace.

On citera toutefois notre compatriote Théobald Michau (1678 – 1765) dont la *Scène d'Hiver* est conservée à Vienne.

Au XIX^e siècle, c'est plutôt le mouvement réaliste qui inspire nos peintres, comme Pierre-François de Noter (1770 – 1842) qui a peint un *Effet de neige aux environs de Gand*, conservé à Douai. Du même, le Musée de Bruxelles possède un *Hiver, vue prise du Pont Neuf de Gand*.

Jean-François Taelmans (1851 – 1931) a peint *L'Hiver au village*, en 1897 (MRBAB) alors que le Bruxellois Victor Gilsoul (1867 – 1939) a consacré



Mer houleuse (Jan Blanckerhoff ou Blankhof) © MRBAB



Hiver, vue prise du Pont-Neuf à Gand (Pierre-François de Noter) © MRBAB



Charbonnage sous la neige (Constantin Meunier)
© MRBAB



L'Hiver (Eugène Laermans)
© MRBAB



Neige à La Hulpe (Isidore Verheyden)
© MRBAB

L'Hiver en Flandre (Valerius de Saedeleer)
© MRBAB



des eaux-fortes à l'évocation des *Cités flamandes sous la neige* ou un *Malines sous la neige*.

Peintre du pays noir, Constantin Meunier (1831 – 1905) a peint un *Charbonnage sous la neige* (MRBAB) dans lequel on distingue des maisons (brun noir, ocre, rouge sombre), sur la droite, et, au premier plan, un cheval. L'essentiel est formé par des tas de charbon enneigés. On peut citer aussi une *Usine sous la neige* (MRBAB) et un *Vieux cheval de mine* sur fond de neige (au même musée).

À Anvers est conservé le *Village minier sous la neige* peint par Mathilde du Monceau de Bergendael (1877 – 1952).

Il est impossible d'être exhaustif, mais il faut citer les œuvres de Joseph Coosemans (1828 – 1904), *Un Jour d'hiver en Campine* (Anvers), Guillaume Vogels (1836 – 1896), du groupe des XX et son *Temps de chien*, la *Neige le soir*, la *Tempête de neige*, le *Chemin sous la neige*, la *Forêt de Soignes en hiver*, les *Bûcherons en hiver*, ... mais l'œuvre majeure semble être *l'Enclos de Groenendael sous la neige* (Musée d'Ixelles). Vogels y néglige le chemin, les maisons, les lointains du village habituels au sujet et les quelques personnages relégués à l'arrière-plan.

Et encore James Ensor (1860 – 1949) et sa *Van Iseghemlaan sous la neige* (Ostende) ; Emile Claus (1849 – 1924) avec les *Chalands sous la neige* (MRBAB), la *Neige sur la Tamise*, la *Vue de Londres sous la neige*, *Derniers rayons sur Blackfriars*, ... ; Albert Baertsoen (1866 – 1928) et le *Village sous la neige*, *Neige en Flandre*, *Dégel à Gand* (tous à Gand), le *Dégel* (Musée du Louvre), le *Quai des Ménétriers à Bruges* (Bruges).

À Tournai, on peut admirer un *Soir d'Hiver* de Gustave Crommelinck, un *Paysage de neige* de Emeri Hoorinckx (1859 – 1908) et une *Nuit de Décembre à Branchart*.

Pour clore cette liste de peintres du XIX^e siècle, il ne faut pas oublier les anversois François Lamorinière (1828 – 1911), Isidore Verheyden (1846 – 1905) et J. Heymans (1883 – 1921) ; Xavier Mellery (1845 – 1921) ; les Bruxellois Jules Montigny (1840 – 1890) et Eugène Laermans (1864 – 1940), le Hennuyer Nestor Cambier (1879 – 1934) et les Liégeois Auguste Donnay (1860 – 1921) et Richard Heintz (1871 – 1929).

Au XX^e siècle, il faut venir à l'expressionnisme pour découvrir un bon nombre de scènes d'hiver. On voit au Musée de Gand deux toiles : *Hiver en Flandre* de Rod de Saegher et *Effet de neige* de G. Denduyts. De Valerius de Saedeleer (1865 – 1961), dont plusieurs œuvres sont aux Musées de Deinze et d'Anvers, on retiendra *Neige en Flandre* et *Village sous la neige*. Une de ses plus belles toiles, *l'Hiver en Flandre*, peinte en 1927, est aux MRBAB. On y voit au premier plan quinze grands troncs d'arbre tenant toute la hau-

Paysage d'hiver, Jan Brusselmans
© MRBAB

teur de la toile et dont les tons brun noir s'imposent sur le grand paysage de neige. Un vaste ciel, dont les teintes de haut en bas vont du noir au vert et au gris rosé, domine la plaine et les maisons du village. Deux de ces maisons au premier plan sont couvertes de neige et entourées d'une clôture sombre, d'une légère barrière, de quelques arbres à branches nues sur un tronc court. Toute la campagne est recouverte de la blancheur intense de la neige, avivée par le gris des toits, les tons ocres de la maison de droite, le rouge de la maison de gauche aux portes et aux volets verts.

D'Albert Servaes (1883 – 1966), on retiendra un *Paysage d'hiver, la Mort au village* (qui montre quatre paysans portant un cercueil et suivis de femmes en deuil) ou encore la *Fuite en Egypte*.

Pierre Paulus (1881 – 1959) fut un paysagiste expressionniste d'une grande vigueur. Il puise son inspiration dans sa région d'origine, le Pays noir, les corons, les usines le long de la Sambre : *Charbonnage sous la neige, Le Pays noir sous la neige* (à Liège), *le Pont levant sous la neige* et *le Crépuscule sous la neige*.

Il convient de mentionner Jan Brusselsmans (1884 – 1953), dont les paysages de neige renouent avec la tradition de Breugel ; Albert Saverys (1886 – 1964) dont *Hiver gris* montre sous un grand ciel clair une plaine de neige, de l'eau gelée et un village enneigé. ; Jehan Fryson (1882 – 1961) ; Victor Leclercq (1896 – 1944) ; Constant Montald (1862 – 1944) ; Julien de Vriendt (1842 – 1933) ; ...

Plus récemment, Taf Wallet (1902 – 2001) décrit dans le *Parc sous la neige* quelques passants marchant difficilement sur un chemin sinueux qui vient de la ville alors que *La Grande Charmille* de Georges Le Brun (1873 – 1914), attiré par la neige, est dressée comme une grille légère sur une vaste plaine blanche, comme le laisse imaginer la photo ci-contre.

Pierre Deroitié



Le catalogue en ligne des Musées royaux des beaux-arts de Belgique :
www.opac-fabritius.be



Créée en 1885, à Vert Buisson (c^{ns} de Theux) par l'industriel J.-R. Neys, reliant son château à ses dépendances, la charmille est constituée de 4.700 plants, dont deux tiers sont centenaires. Classée depuis 1979, la charmille taillée et incurvée forme une véritable voûte végétale de 573 mètres de longueur. Ici photographiée le 23 mars dernier, jour de Pâques, elle est unique en Europe.



Robert Genaille, *Jaarboek 1990, Koninklijke Museum voor Schone Kunsten van Antwerpen*, pp 333 à 376)

Sabine van Sprang, *Musée d'Art Ancien. Œuvres choisies*, MRBAB

Véronique Bücken, *Le peintre et l'arpenteur : Images de Bruxelles et de l'ancien duché de Brabant : (Exposition) : Bruxelles, Musées royaux des beaux-arts de Belgique, 15.09 2000 - 17.12 2000*, MRBAB, p 101



Souris

Eric Verheyen, biologiste à l'Institut royal des sciences naturelles, aidé d'une équipe internationale de chercheurs, vient de découvrir pas moins de huit nouvelles espèces de souris en Afrique orientale, du genre des Lophuromys.

Ces souris, qui ne vivent qu'au sud du Sahara, possèdent une fourrure composée de poils particulièrement drus. Elles prospèrent dans les habitats humides (des études ont révélé que leur répartition géographique dépend davantage des précipitations que de l'altitude, de la température ou de la structure de leur biotope).



À côté des 23 espèces déjà connues viennent donc s'ajouter ces 8 nouvelles découvertes en Ethiopie (pour trois d'entre elles) et en Tanzanie.

© IRScNB/KBIN – Th. Hubin

Belgica

Le 29 avril, la ministre de la Politique scientifique, Sabine Laruelle, a navigué en mer du Nord à bord du « Belgica », le navire d'exploration océanographique. La ministre voulait ainsi souligner le travail des scientifiques. Les conditions climatiques pour la sortie en mer étaient idéales.

La visite aux scientifiques du « Belgica » s'inscrit dans une série de visites d'institutions scientifiques. En compagnie du président de la Politique scientifique fédérale, Philippe Mettens, Sabine Laruelle est allée jusqu'au Bol van Heist. Les scientifiques ont fait des prélèvements d'eau et de sédiments qui seront analysés par l'Université de Gand.

Les chercheurs ont également expliqué à la ministre comment les parcs éoliens offshore et la pollution de l'eau sont contrôlés.

(Source : Belga).

Cartes

Le patrimoine cartographique du Musée royal de l'Afrique centrale, de la Bibliothèque royale de Belgique, des Archives du royaume et de l'Institut géographique national va être numérisé.

L'expertise de ces institutions sera ainsi rassemblée et mise à la disposition, via Internet, des chercheurs et des décideurs.

Sabine Laruelle, ministre de la Politique scientifique, a présenté ce projet de numérisation voici peu.

Le patrimoine comprend aussi bien des anciennes cartes que des cartes de navigation contemporaines utilisées pour le GPS. Selon la ministre, ce patrimoine peut être d'un intérêt crucial pour résoudre les conflits actuels. Un budget de 1,8 million d'euros sera consacré à ce projet sur une période de cinq ans. « En 2008, la mise en service d'un scanner AO aux Archives de l'État permettra de s'affranchir des limitations actuelles en ce qui concerne le format », explique son direc-

teur, Karel Velle. Il ajoute que la collaboration au projet de numérisation entre les grandes institutions ne doit pas se limiter à l'ouverture à la recherche des collections. Des projets de restauration et de publication en ligne de cartes intéressantes pourront également être développés, indique-t-il. (Belga)



Tabula IIII Africae (Quatrième carte de l'Afrique), par Laurent Fries d'après Ptolémée, Lyon, 1535. Gravure sur bois, 30 x 44 cm. Echelle ca 1/22.000.000 (MRAC 96.43.4) © MRAC / KMMA

NOTRE Avenir EST LÀ !



Depuis 1985, la Politique scientifique fédérale finance des recherches en Antarctique. Plusieurs dizaines de scientifiques s'y sont succédé pour étudier la biodiversité marine et terrestre, la géologie, la chimie, la glaciologie, l'astronomie, l'océanologie, les gaz à effet de serre ou encore les changements climatiques, ...

Demain, ils disposeront d'un outil unique en son genre: Princess Elisabeth, la première station polaire «zero emission». Conçue et construite par l'International Polar Foundation (IPF) d'Alain Hubert avec l'apport financier d'entreprises privées et le soutien de la Politique scientifique fédérale, cette station fonctionnera entièrement avec des énergies renouvelables.

Participez vous aussi à la lutte contre les changements climatiques et à l'effort scientifique belge en devenant « copropriétaire » de la station Princess Elisabeth :

Faites un don sur le compte IPF **000-0000090-90**

[tout don supérieur à 30€ est déductible fiscalement]

www.belspo.be/antar

www.antarcticstation.org

Quelques expositions actuellement en cours, conférences à venir organisées par ou avec le soutien de la Politique scientifique fédérale ou auxquelles elle participe ou est associée, journées portes ouvertes, ...

CONFÉRENCES EN COLLOQUIA

- **les 8, 9 et 10 mai 2008**
WetenschapsEXPOsciences
Bruxelles (Heysel)
- **du 9 au 12 mai 2008**
Festival des images de la mer
Cinéma Arenberg (Bruxelles)
(Plus : www.oceanofestival.be)
- **14 mai 2008**
L'Europe sera de droite ou ne sera pas! De netwerking van de neo-aristocratische elite in de korte 20ste eeuw
CEGES
(Plus : www.cegesoma.be; mathieu.vanhaelewyn@cegesoma.be)
- **13 juin 2008**
From mints to markets: the mechanics of coin transformation in ancient times
Koninklijke Bibliotheek van België
(Meer: www.kbr.be)
- **du 19 au 22 mai 2008**
Terena Networking 2008 « Beyond Connectivity »
Bruges (Oud Sint-Jan Centrum)
(Plus : tnc2008.terena.org/)
- **13 juin 2008**
From mints to markets: the mechanics of coin transformation in ancient times
Bibliothèque royale de Belgique
(Plus : www.kbr.be)
- **du 25 au 28 juillet**
Foire agricole de Libramont
Libramont
(Plus : www.foiredelibramont.be)
- **les 17, 18 et 19 octobre 2008**
D'Ennion au Val Saint-Lambert. Le verre soufflé dans un moule au fil du temps
Institut royal du patrimoine artistique
(Plus : www.kikirpa.be)
- **les 4, 5 et 6 novembre 2008**
Quand les canons se taisent
Archives générales du royaume
(Plus : www.arch.be)

EXPOSITIONS

- **Archives générales du royaume et Atomium**
Expo 58. Entre utopie et réalité € 0
■ > 19 octobre 2008
- **Bibliothèque royale de Belgique** € 0
■ > 24 août 2008
Les seigneurs du livre. Les grands collectionneurs du XIX^e siècle à la Bibliothèque royale de Belgique

Institut royal des sciences naturelles de Belgique

Musée royal de l'Afrique centrale

- 31 août 2008
Touchons du bois !
- 19 octobre 2008
Expo 58

Musées royaux d'art et d'histoire

- > 29 juin 2008
De Gilgamesh à Zénobie. Arts anciens du Proche-Orient et de l'Iran
- du 15 mai au 14 septembre 2008
L'Expo 58 à travers l'objectif de Gérard Castello-Lopes
- 30 septembre 2009
La Belgique en vue d'optique au XVIII^e et XIX^e siècles
- 31 octobre 2008
Sur la piste des Indiens (Musée pour aveugles)

Musée des instruments de musique

Musées royaux des beaux-arts de Belgique

- du 19 avril au 6 juillet 2008
Lee Ufan
- du 16 mai au 31 août 2008
Expo 58, l'art contemporain à l'exposition universelle
- du 14 mai au 31 août 2008
Ple nik Projet
- du 16 mai au 21 septembre 2008
Les collections royales d'Angleterre. De Bruegel à Rubens

Le Musée Antoine Wiertz

sera fermé du 15 avril au 14 juillet 2008 pour cause de travaux.

PASS (Parc d'aventures scientifiques), à Frameries

- mars 2009
Antarctique
(Plus : www.pass.be)

Planétarium

Saragosse (Espagne) Exposition universelle

- du 14 juin au 14 septembre 2008
(Plus : www.expo2008zaragoza.be)

L'agenda complet (stages, activités créatives, ...) est disponible sur le site www.belspo.be > focus > agenda et sur le site de chaque établissement scientifique fédéral.

Les collections permanentes des musées sont accessibles gratuitement l'après-midi de chaque premier mercredi du mois.



Editeur responsable :

Philippe METTENS,
Rue de la Science, 8
à B - 1000 – Bruxelles

Coordination :

Pierre DEMOITIÉ (F) et Patrick RIBOUVILLE (N)
+(32) (0)2 238 34 11
scienceconnection@belspo.be - www.scienceconnection.be

Rédaction :

Erika BAUS (Plate-forme biodiversité), Marie-Carmen BEX (Politique scientifique fédérale), Monique BLANKEN (Politique scientifique fédérale), Emmanuèle BOURGEOIS (Politique scientifique fédérale), Etienne BRANQUART (Plate-forme biodiversité), David COX (Politique scientifique fédérale), Brigitte DECADT (Politique scientifique fédérale), Pierre DEMOITIÉ (Politique scientifique fédérale), Lieven DE SMET (Arcadis), Christian DU BRULLE, Michiel DUSAR (Institut royal des sciences naturelles de Belgique), Anne FIERENS (Politique scientifique fédérale), Dimitri HARMEGNIES (Politique scientifique fédérale), Georges JAMART (Politique scientifique fédérale), Christine MATHIEU (Politique scientifique fédérale), Réginald MOREELS (SPF Santé publique), Kris PIESSENS (Institut royal des sciences naturelles de Belgique), Patrick RIBOUVILLE (Politique scientifique fédérale), Maaïke VANCAUWENBERGHE (Politique scientifique fédérale), Martine VANDERSTRAETEN (Politique scientifique fédérale), Florence VAN STAPPEN (Centre wallon de recherches agronomiques), Bart VERHAGEN (SPF Santé publique), Sophie VERHEYDEN (Politique scientifique fédérale) et Patrick WILLEMS (KULeuven).

Traduction :

Monique Foret, Jacques Minette, Françoise Minor

L'illustration de la quatrième couverture est de Harald FRANSSSEN à qui la Politique scientifique fédérale a demandé son interprétation de l'hiver 2054, cinq siècles après celui peint par Breughel. Il explique : « J'ai bétonné le cours d'eau, construit un nouveau pont autoroutier à la place de la passerelle. » Les habitations sont remplacées par un lotissement en zone inondable (et inondée). « Un effet des importantes précipitations de décembre », souligne-t-il. Le bonhomme de neige est artificiel et gonflé par une soufflerie qui, en même temps, l'éclaire. Le cours d'eau a été comblé et a cédé la place à une double voie de circulation. Seule l'église a échappé aux promoteurs immobiliers « grâce à l'installation d'une antenne pour téléphonie mobile. » Dans le jardin, le hêtre est mort car il ne supporte plus le climat. Les corneilles ont totalement disparu, « complètement dominées par les perruches. »

Tirage :

23.700 exemplaires en français et en néerlandais

Abonnement :

abo.scienceconnection@belspo.be - www.scienceconnection.be

Tous les numéros sont disponibles au format PDF.

Une erreur à votre patronyme ?

Une adresse incomplète ? Un code postal erroné ? N'hésitez pas à nous le faire savoir par retour de courrier électronique ou en nous renvoyant l'étiquette collée sur l'enveloppe contenant votre magazine corrigée.

Mise en page et impression :

www.gevaertgraphics.be

Le prochain numéro sortira en juillet 2008

La Politique scientifique fédérale, outre les directions générales « Programmes de recherche et Spatial », « Coordination et information scientifique » et « Valorisation et communication », ce sont dix Etablissements scientifiques et trois Services de l'Etat à gestion séparée :

	Les Archives générales du Royaume et Archives de l'Etat dans les provinces www.arch.be + (32) (0)2 513 76 80
	Belnet www.belnet.be + (32) (0)2 790 33 33
	La Bibliothèque royale de Belgique www.kbr.be + (32) (0)2 519 53 11
	Le Centre d'études et de documentation « Guerre et Sociétés contemporaines » www.cegesoma.be + (32) (0)2 556 92 11
	L'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique www.aeronomie.be + (32) (0)2 373 04 0 4
	L'Institut royal des sciences naturelles de Belgique / Muséum des sciences naturelles www.sciencesnaturelles.be + (32) (0)2 627 42 11
	L'Institut royal du patrimoine artistique www.kikirpa.be + (32) (0)2 739 67 11
	L'Institut royal météorologique de Belgique www.meteo.be + (32) (0)2 373 05 08
	Le Musée royal de l'Afrique centrale www.africamuseum.be + (32) (0)2 769 52 11
	Les Musées royaux d'art et d'histoire www.kmkg-mrah.be + (32) (0)2 741 72 11
	Les Musées royaux des beaux-arts de Belgique www.fine-arts-museum.be + (32) (0)2 508 32 11
	L'Observatoire royal de Belgique www.observatoire.be + (32) (0)2 373 02 11
	Le Planétarium de l'Observatoire royal de Belgique www.planetarium.be + (32) (0)2 474 70 50
	Le Service d'information scientifique et technique www.stis.fgov.be + (32) (0)2 519 56 40

Etablissements scientifiques et culturels fédéraux partenaires :

	Le Jardin botanique national www.jardinbotanique.be + (32) (0)2 260 09 20
	The Royal Academies for Science and the Arts of Belgium www.cfwb.be/arb et www.kvab.be + (32) (0)2 550 22 11 / 23 23
	L'Académie royale des sciences d'outre-mer users.skynet.be/kaowarsom + (32) (0)2 538 02 11
	L'Institut Von Karman www.vki.ac.be + (32) (0)2 359 96 11
	La Fondation universitaire www.fondationuniversitaire.be + (32) (0)2 545 04 00
	Le Palais des beaux-arts www.bozar.be + (32) (0)2 507 82 00
	La Cinémathèque royale de Belgique www.cinematheque.be + (32) (0)2 551 19 00
	L'Academia Belgica www.academiabelgica.it + (39) (06) 320 18 89
	La Fondation Biermans-Lapôte + (33) (01) 40 78 72 00

La mission de la Politique scientifique est la maximalisation du potentiel scientifique et culturel de la Belgique au service des décideurs politiques, du secteur industriel et des citoyens : « une politique pour et par la science ». Pour autant qu'elle ne poursuive aucun but commercial et qu'elle s'inscrive dans les missions de la Politique scientifique fédérale, la reproduction par extraits de cette publication est autorisée. L'Etat belge ne peut être tenu responsable des éventuels dommages résultant de l'utilisation de données figurant dans cette publication.

La Politique scientifique fédérale ni aucune personne agissant en son nom n'est responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans cette publication ou des erreurs éventuelles qui, malgré le soin apporté à la préparation des textes, pourraient y subsister.

La Politique scientifique s'est efforcée de respecter les prescriptions légales relatives au droit d'auteur et de contacter les ayants droits. Toute personne qui se sentirait lésée et qui souhaiterait faire valoir ses droits est priée de se faire connaître.

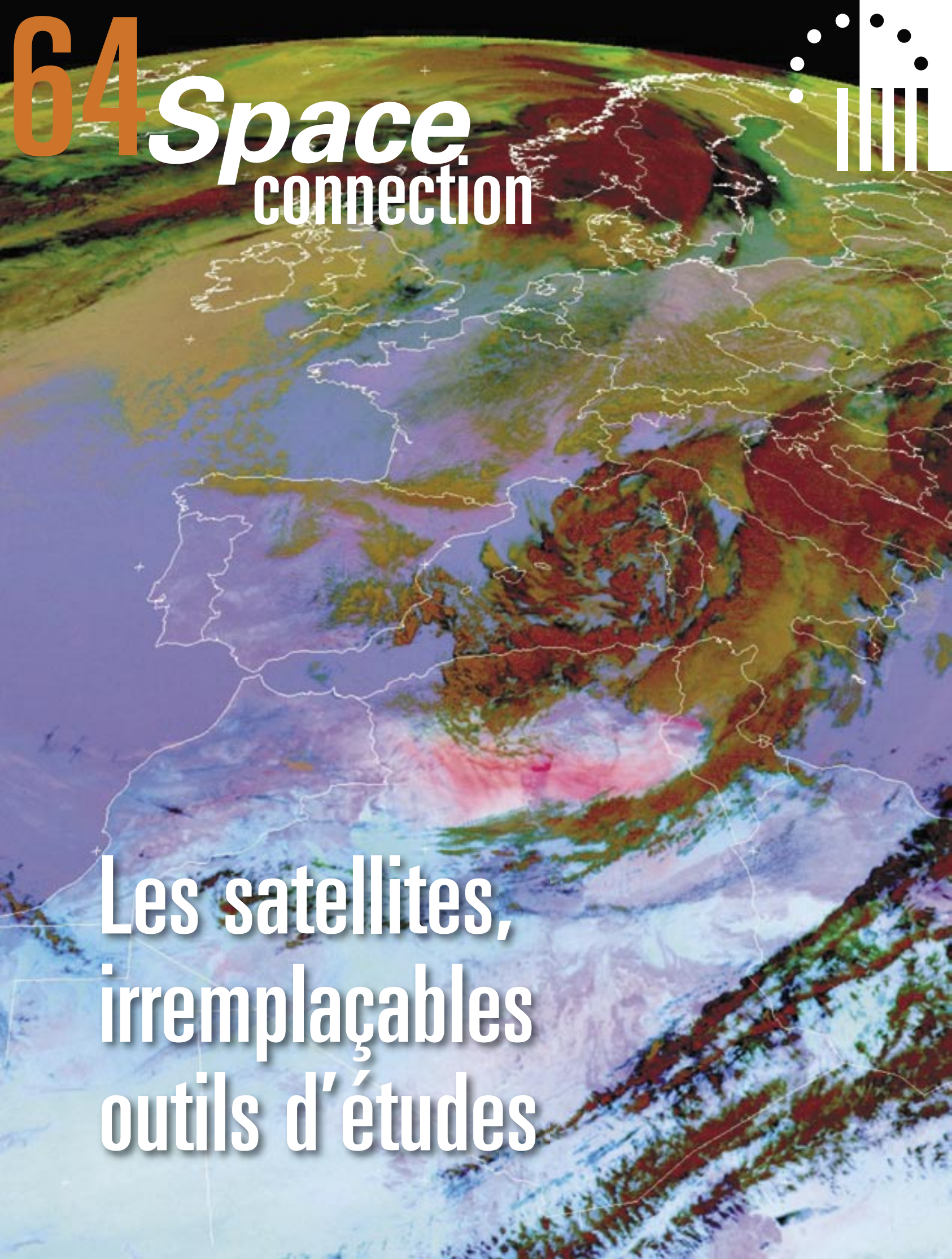
Science Connection est membre de l'Association des revues scientifiques et culturelles (www.arsc.be) et de l'Union des éditeurs de la presse périodique (www.upp.be).

Imprimé avec des encres végétales sur un papier respectueux de l'environnement.

© Politique scientifique fédérale 2008.
Reproduction autorisée moyennant citation de la source.

Interdit à la vente



A satellite-style map of Europe and its surrounding regions, including parts of North Africa and the Middle East. The map uses a color gradient from purple and blue in the north to red and brown in the south, with green and yellow in the west. A white grid of latitude and longitude lines is overlaid on the map. In the top right corner, there is a graphic element consisting of a vertical line with several black dots of varying sizes above it, resembling a stylized signal or data point.

64 *Space* connection

**Les satellites,
irremplaçables
outils d'études**

Les satellites,

irremplaçables outils d'études et de surveillance des changements climatiques

Photo couverture: Le satellite Meteosat 9 exploité par Eumetsat surveille en permanence la situation atmosphérique au dessus de l'Europe. Les satellites météorologiques sont de précieux outils pour prédire le temps qu'il fera (ici, des averse hivernales sur la Belgique), mais aussi pour l'étude du climat.
© Eumetsat

La banquise qui fond, la Terre qui s'ébroue, l'atmosphère qui crachote, des océans qui font le gros dos, des espèces exotiques qui changent d'horizons... Le réchauffement global de notre planète se manifeste par mille et un symptômes.

Pour les surveiller et les étudier, la communauté scientifique a mis au point des outils et des routines bien éprouvées. Depuis des dizaines d'années, voire des siècles, les chercheurs peuvent se baser sur des relevés de températures, d'humidité ou encore de pressions atmosphériques pour prendre le pouls de notre Terre. Ces données peuvent sembler quelque peu simplistes. Mais leur attrait repose sur leurs longues séries. Elles demeurent ainsi des indicateurs fiables et importants de l'état de santé de la planète.

L'évolution de la banquise est un des signes les plus spectaculaires des changements climatiques dont souffre la Terre. La surveillance du "Pôle Nord" et de ses abords est une tâche de routine pour les satellites de télédétection.
© ESA

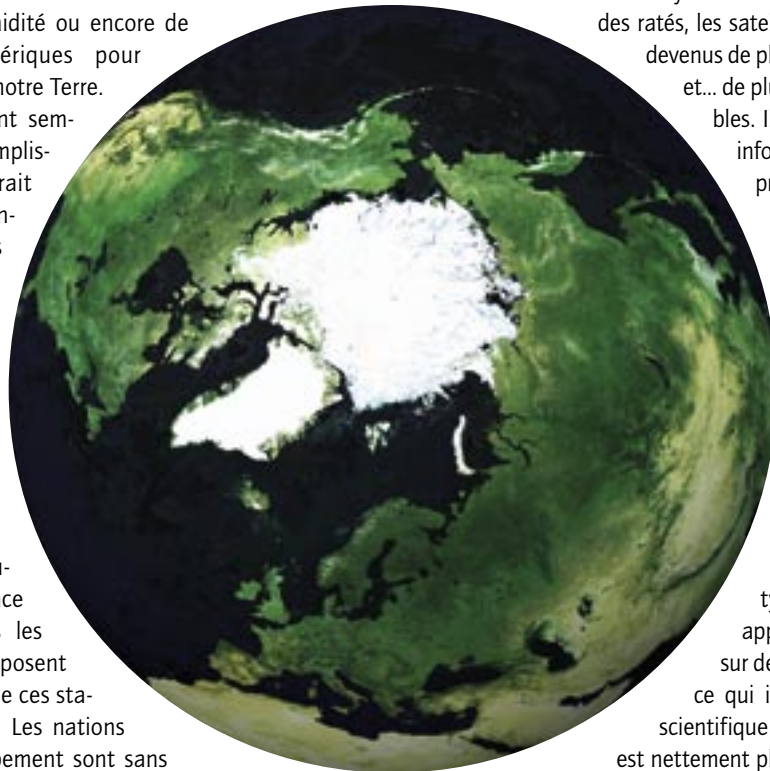
Leur point faible, c'est bien entendu la grande disparité des stations de mesure réparties à la surface du globe. Les pays les plus développés disposent d'un maillage serré de ces stations d'observations. Les nations en voie de développement sont sans aucun doute moins bien loties. Que dire alors de la majeure partie de notre planète composée aux trois quarts de mers et d'océans ? Il existe bien quelques bouées équipées d'instruments de mesure, mais rien de comparable avec les dispositifs terrestres.

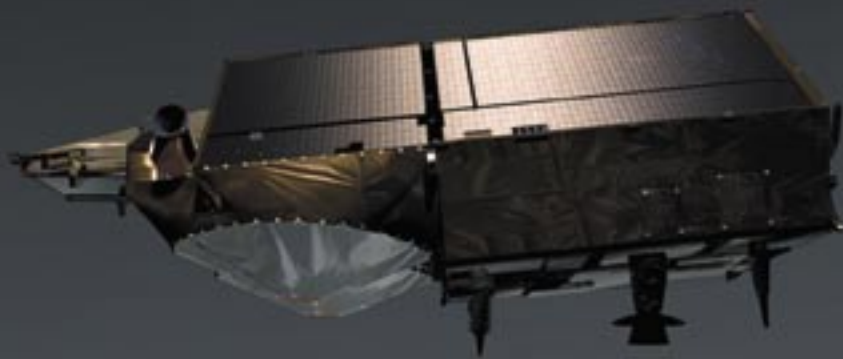
Depuis 50 ans et l'avènement des nouveaux outils spatiaux, la surveillance de notre environnement a pris de la hauteur.

Les satellites scientifiques ont apporté leur lot de surprises. Par exemple en permettant de détecter la ceinture de radiation qui entoure notre planète. Ou encore en suivant quasi de quart d'heure en quart d'heure l'évolution de l'atmosphère.

Avec l'évolution de la technologie et les besoins toujours plus grands des chercheurs qui tentent de comprendre comment fonctionne le "système Terre", pourquoi il connaît des ratés, les satellites scientifiques sont devenus de plus en plus performants et... de plus en plus incontournables. Ils donnent accès à des informations toujours plus précises. Mais pour que celles-ci soient pertinentes, il est nécessaire d'assurer la continuité de la récolte des données. Disposer d'un instrument de mesure sur un satellite est certes une expérience enrichissante. Savoir que ce type de données, ce type d'instrument, est appelé à être récurrent, sur de très longues périodes, ce qui implique une politique scientifique forte dans ce créneau, est nettement plus pertinent.

Ce dossier du Space Connection fait la part belle aux nouveaux satellites qui vont "continuer" l'auscultation de notre planète depuis l'espace, entamée voici un demi siècle. Des outils ô combien indispensables pour comprendre globalement mais aussi dans le détail ce que l'Humanité inflige à la Terre. Une planète si belle, comme disent volontiers les astronautes qui l'ont contemplée de haut, mais aussi tellement "unique" et surtout, si fragile...





Les Earth Explorers de l'ESA

Après avoir engrangé de spectaculaires succès en matière d'observation de la Terre (et des océans) avec des satellites radar du type des ERS 1 & 2, dont le dernier a été lancé en 1995, puis avec l'imposant outil multi-instruments Envisat (en orbite depuis 2002), l'Agence spatiale européenne a opté pour une nouvelle famille de satellites d'observation de la Terre plus petits, plus spécialisés mais aussi plus souples à mettre en œuvre : la filière des Earth Explorers.

Ces "Explorateurs de la Terre" sont les outils du programme "Planète Vivante" de l'ESA. Ils sont de deux types. Soit il s'agit de missions de base, qui portent sur un domaine de recherche bien précis, qui sont d'un grand intérêt scientifique et qui poursuivent des objectifs à long terme de l'ESA, soit on parle de missions dites d'opportunité, qui répondent à de nouvelles questions sensibles concernant notre environnement et pour lesquelles les chercheurs aimeraient disposer rapidement de nouvelles données.

Les six premiers Earth Explorers constituent un programme déjà bien avancé. On y retrouve deux Explorateurs dont le lancement est prévu prochainement : GOCE et SMOS, que nous détaillons plus loin. A leurs côtés, quatre autres missions sont en phase de préparation. Il s'agit de :

CryoSat-2 (opportunité). Ce satellite est dédié à l'étude de la cryosphère. Les glaces de mer mais aussi les vastes glaciers terrestres comme en Antarctique et au Groenland seront les cibles privilégiées de ce satellite dont le lancement est prévu en 2009. La mission en orbite devrait durer 3 ans. L'instrument principal de Cryosat a été baptisé Sival. Il s'agit d'un radar à synthèse d'ouverture permettant de l'altimétrie radar interférométrique.

ADM-Aeolus (mission de base). Avec cet Explorateur, il s'agit d'étudier les profils de vents dans toute l'épaisseur de l'atmosphère. ADM-Aeolus (Atmospheric Dynamics Mission)

Le satellite Cryosat 2 de l'ESA est une copie du premier modèle qui s'est abîmé en mer lors de son lancement en 2005. L'étude de la cryosphère, l'évolution des couches glacées qui recouvrent les régions polaires comme les hauts sommets montagneux aux quatre coins de la Terre est une réelle priorité en matière d'études climatiques. © ESA

doit quitter la Terre en 2009. Son instrument principal sera le lidar Aladin (Instrument laser à effet Doppler pour l'étude de l'atmosphère) qui permettra pour la première fois d'obtenir des champs tridimensionnels de vents à l'échelle de la planète.

Swarm (opportunité). Cette flottille de trois satellites se consacrera à l'étude du champ magnétique terrestre et de son évolution dans le temps. Les trois petits satellites de cette mission (300 à 400 kilos chacun), seront dotés de magnétomètres, d'accéléromètres et de télémètres laser. Ils devraient évoluer sur des orbites comprises entre 300 et 530 kilomètres d'altitude et ce pendant quatre ans. Le lancement est prévu en 2010.

EarthCARE (mission de base). La mission EarthCARE (Earth Clouds Aerosols and Radiation Explorer) est menée en partenariat avec le Japon. Elle vise à mieux comprendre les mécanismes en jeu qui entrent dans l'équilibre radiatif de la Terre (effet de serre, importance des aérosols, des poussières dans l'atmosphère...). De quoi améliorer les modèles de prévisions numériques du temps. Le lancement est prévu en 2013.

Aeolus © ESA





Nouvelle fournée

Six projets sont déjà à l'étude pour ce programme. Un processus de sélection a été initié par l'ESA auprès de la communauté scientifique. Ces six missions complémentaires sont:

BIOMASS (biomasse forestière et couches de glace)

Il s'agit, avec cet Explorateur, d'apprécier avec une grande précision l'importance de la biomasse forestière globale afin d'en dériver des données sur les stocks de carbone terrestres et leurs flux. L'instrument de base de cette mission sera un radar à synthèse d'ouverture. Cet outil pourrait avoir une utilisation duale. Il permettrait également de jeter un regard neuf sur les zones glacées de la planète et notamment de déterminer leur épaisseur ainsi que leur structure interne. Dans les régions chaudes, ce même outil sera capable de livrer des informations sur la géologie ainsi que sur l'humidité des sols.

TRAQ (qualité de l'air et transport aérien sur longues distances des polluants)

A quelle vitesse la qualité de l'air évolue-t-elle et sur quelles échelles géographiques? Cette mission devra répondre à ces questions en caractérisant les sources mais aussi les "puits" d'aérosols et de gaz dans la troposphère. Les liens entre aérosols et formations nuageuses seront aussi un moyen d'en savoir plus sur le transport des polluants. Pour remplir sa mission, TRAQ sera notamment équipé de spectromètres imageurs travaillant de l'ultraviolet à l'infrarouge et d'une caméra d'observation des nuages.

PREMIER (relations entre les gaz à l'état de trace dans l'atmosphère, le rayonnement et la chimie de l'atmosphère)
Les gaz à l'état de trace dans la stratosphère, les radiations et la chimie de la haute troposphère et de la basse stratosphère ainsi que les effets radiatifs de l'eau et des nuages dans cette région de l'atmosphère terrestre seront au centre des observations de cet Explorateur. Il disposera pour cela d'un spectromètre infrarouge qui travaillera par occultation dans le limbe terrestre. Ces données seront confrontées à celles recueillies par le satellite polaire météorologique MetOp exploité par Eumetsat ainsi que par le système américain NPOESS (National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System).

FLEX (étude de la photosynthèse par des mesures de fluorescence)

L'activité photosynthétique du couvert végétal reflète son état de santé. FLEX entend en dresser une carte générale à l'échelle de la planète en étudiant les émissions fluorescentes de la chlorophylle qui dénotent la vigueur de ce processus. La végétation émet ce type de rayonnements dans le domaine du visible et de l'infrarouge. Ici aussi, un spectromètre très sensible sera utilisé pour capter le faible signal de cette fluorescence et pour le distinguer du "bruit de fond" généré par la réflexion de la lumière solaire.

A-SCOPE (cycles global et locaux du carbone)

Cette mission observera la colonne totale de dioxyde de carbone dans l'atmosphère au moyen d'un lidar dont les performances techniques devraient aussi lui permettre de mesurer avec précision la hauteur de la canopée. En bonus, cet Explorateur devrait livrer des informations supplémentaires sur les couches nuageuses et les aérosols.

CoReH2O (cycles de l'eau en phases neigeuse et glacée)

Cet Explorateur disposera de deux radars à synthèse d'ouverture travaillant dans deux fréquences différentes afin de capter un maximum d'informations sur certains volets du cycle de l'eau actuellement moins bien documentés, principalement en ce qui concerne les glaciers, la couverture neigeuse et les eaux de surface. De quoi améliorer les modélisations de ces cycles, notamment aux hautes latitudes, mais aussi de permettre de meilleures prévisions sur l'état des réserves d'eau potable issus des glaciers et leur évolution en fonction des changements climatiques.



esa-mm.esa.int/multimedia/earthexplorers2_8_05/francais/home.html

GOCE ET SMOS / 2008

Compte à rebours pour les deux premiers Explorateurs

Les deux premiers Explorateurs de la Terre conçus par l'ESA vont bientôt prendre le chemin de l'orbite. La mission GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer), une "mission de base" du programme, doit décoller cet été depuis le cosmodrome de Plesetsk, en Russie, à bord d'un lanceur Rockot. Cette mission va s'intéresser au champ gravitationnel de la Terre.

En avril 2009, ce sera au tour de la mission SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity), une mission d'opportunité, de prendre le départ. Egalement lancée depuis Plesetsk par un Rockot, SMOS mesurera l'humidité du sol à grande échelle (de quoi prévenir, par des arrosages ciblés, d'éventuelles pertes de rendements agricoles à cause de la sécheresse). Ce satellite s'intéressera aussi à l'évolution de la salinité des mers et des océans. A noter au passage : SMOS ne sera pas seul dans la coiffe du lanceur. Un autre engin scientifique, à forte consonance belge cette fois, le minisatellite Proba-2 d'observation du Soleil, sera également lancé à cette occasion.

L'étude du géoïde terrestre n'est pas une nouveauté. Les satellites ERS et Envisat de l'ESA ont déjà livré des modèles de plus en plus précis du "vrai" visage de notre planète. Avec le futur Explorateur de la Terre "GOCE", cette précision devrait encore faire un prodigieux bond en avant. © ESA

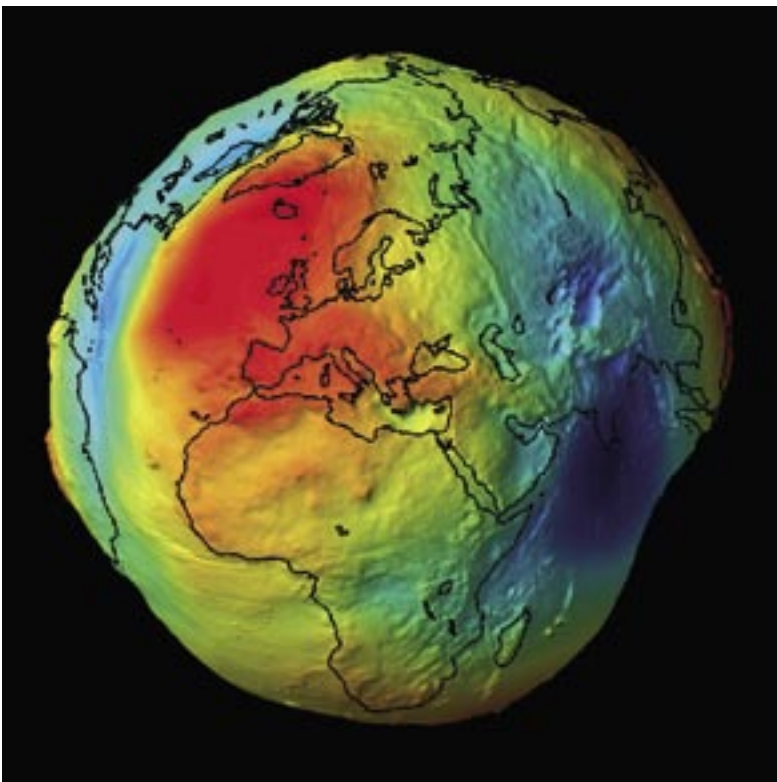
GOCE : fiche technique

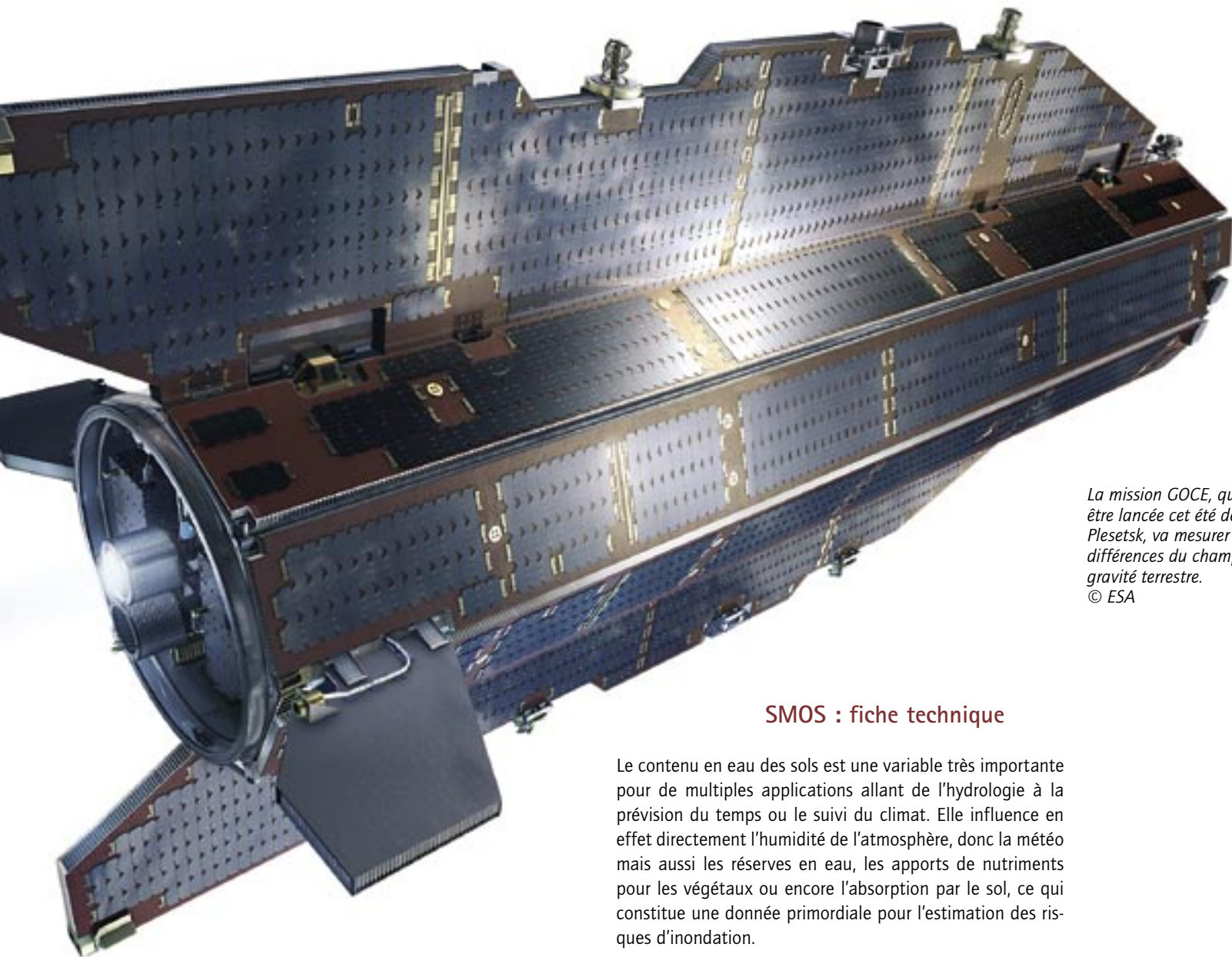
Oubliez ce que vous avez appris à l'école: la Terre n'est pas ronde! Du moins, pas parfaitement ronde ni parfaitement lisse. Sa surface théorique, le géoïde, est même franchement cabossée. Au point que certains parlent de "patatoïde" pour la décrire. Certains ? Les spécialistes de la gravimétrie, ces chercheurs qui s'intéressent à la fluctuation du champ de gravité de la Terre en fonction de l'endroit où on la mesure. C'est qu'en effet, la gravité terrestre n'est pas égale partout autour du globe. Elle dépend d'une multitude de paramètres sur Terre. Il existe ainsi des zones d'anomalies, des zones où la gravité est (légèrement) moindre qu'ailleurs.

La mission GOCE va mesurer les différences du champs de gravité terrestre. De ces différences sera dérivé un nouveau géoïde : la forme théorique de la Terre si elle était complètement couverte par un océan au repos, avec des montagnes et des vallées formées uniquement par la gravité. Le géoïde est une référence théorique universelle où le potentiel gravitationnel est constant. Ses écarts sur le modèle ellipsoïdal de la Terre peuvent aller jusqu'à 100 mètres.

L'estimation précise du géoïde est importante en cartographie et en géodésie, pour l'étude de la dynamique interne de la Terre, de la circulation océanique, des mouvements des glaces et des variations des niveaux de la mer. Le satellite GOCE pourra mesurer ces variations avec une précision de 1 cm et ce à une résolution spatiale de 100 km.

La gravité est habituellement déterminée en mesurant l'accélération d'une masse tombant librement dans un tube sous vide. L'instrument principal de GOCE, le gradiomètre de gravité électrostatique (EGG), comporte trois paires d'accéléromètres qui renferment chacun des petites masses en suspension électrostatique dans les trois directions. Quand GOCE survolera une région de la Terre où la gravité n'est pas standard, les accéléromètres réagiront fournissant ainsi une image en trois dimensions du champ de gravité de la planète. Ce gradiomètre est 100 fois plus sensible que tous les instruments utilisés à ce jour.





La mission GOCE, qui doit être lancée cet été depuis Plesetsk, va mesurer les différences du champs de gravité terrestre.
© ESA

SMOS : fiche technique

Le contenu en eau des sols est une variable très importante pour de multiples applications allant de l'hydrologie à la prévision du temps ou le suivi du climat. Elle influence en effet directement l'humidité de l'atmosphère, donc la météo mais aussi les réserves en eau, les apports de nutriments pour les végétaux ou encore l'absorption par le sol, ce qui constitue une donnée primordiale pour l'estimation des risques d'inondation.

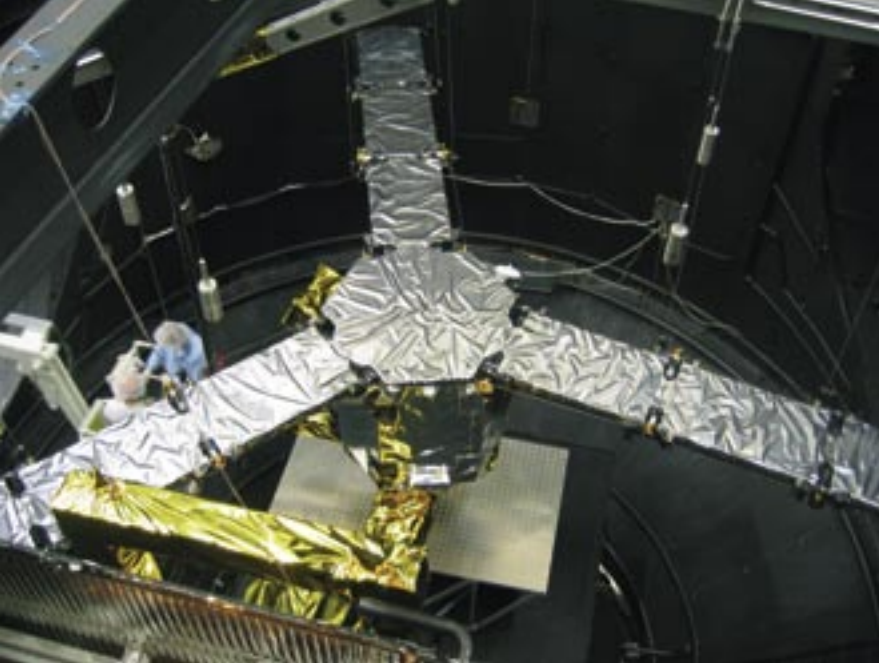
La connaissance de l'humidité superficielle est cruciale pour évaluer l'ensemble des composants terrestres du cycle de l'eau. C'est précisément pour permettre de déterminer, à l'échelle de la planète, cette humidité de surface des sols mais aussi la salinité de la couche océanique de surface, que la mission SMOS a été décidée.

Les mesures précises et répétées de la salinité des océans sont elles aussi de la plus haute importance. Toute modification de cette salinité, par exemple via des apports d'eau douce suite à la fonte de calottes glaciaires, peut modifier la circulation des courants marins. Imaginez un instant le ralentissement voire l'arrêt du Gulf Stream qui tempère le climat en Europe! Cela serait synonyme d'hivers très rigoureux, un peu à la manière de ce que connaît la côte Est des Etats-Unis, mais aussi des périodes de sécheresse importante en été.

Un des problèmes de l'observation de la gravité depuis l'espace tient au fait que la force du signal diminue avec la distance. C'est pourquoi GOCE volera à une altitude "basse" (250 km). Un autre défi technique concerne le satellite lui-même. Ses instruments ultra-sensibles ne doivent pas être perturbés par le satellite lui-même. C'est pour cette raison que le satellite ne comprend aucune... pièce mobile.

GOCE	
Durée de la mission	20 mois
Masse du satellite	1 tonne environ
Altitude	240 à 250 km
Charge utile	Gradiomètre, récepteur GPS et rétro-réflexeur

L'instrument de base de ce satellite s'appelle MIRAS. Il s'agit d'un radiomètre imageur hyperfréquence à synthèse d'ouver-



L'explorateur de la Terre "SMOS" en phase de tests dans la grande cuve à vide à l'ESTEC, le centre technique de l'ESA aux Pays-Bas. © ESA

ture. Ce capteur s'intéresse à la signature hyperfréquence des surfaces qu'il va étudier. Tout objet émet non seulement un rayonnement thermique mais également un rayonnement hyperfréquence. Ce rayonnement est toutefois sans danger, tellement il est faible. Ainsi, les spécialistes de l'ESA ont calculé que l'ensemble du rayonnement hyperfréquence

de toute la Scandinavie était égal... à la moitié à peine de celui d'un four à micro-ondes.

Néanmoins, l'émission hyperfréquence du sol varie en fonction de sa teneur en eau et de celle de l'océan en fonction de sa salinité. SMOS, grâce à son détecteur MIRAS sera capable de détecter d'infimes modifications de ces concentrations. Il sera le premier à pouvoir fournir ce type d'information à l'échelle de la planète entière avec une résolution de l'ordre de 200 kilomètres et avec une actualisation des données tous les trois jours à peine.

SMOS	
Durée de la mission	3 à 5 ans
Masse du satellite	600 kilos
Altitude	755 km
Charge utile	MIRAS, radiomètre imageur hyperfréquence



*Le satellite SMOS sera le second Earth Explorer.
© (ESA)*

Avec Jason-2, l'altimétrie océanographique devient opérationnelle

La continuité des observations et de la récolte des données est primordiale quand il est question de surveiller notre environnement et son évolution. Ceci est vrai pour les terres émergées comme pour les océans. Ces gigantesques étendues liquides jouent en effet un rôle majeur sur le climat global de la planète et sur son évolution.

Un exemple ? Les courants marins sont d'incontournables vecteurs énergétiques. Dans leur course autour de la planète, ils modulent constamment de grandes quantités d'énergie en les redistribuant des régions chaudes de la planète vers des zones plus froides. En Europe, nous connaissons bien ce phénomène avec le Gulf Stream, comme déjà mentionné.

A l'échelle de la planète, cet équilibre est loin d'être immuable. Les fluctuations du climat, qu'il s'agisse de glaciations ou au contraire de réchauffements globaux, ont un impact direct sur les mers et les océans, leur niveau, leur salinité,

leurs courants... Bien sûr, les relations entre océans et climat ne reposent pas uniquement sur ces transports d'énergie. Les océans participent aussi au cycle du carbone, lequel joue un rôle important dans l'effet de serre. Tout changement climatique dû à l'effet de serre se répercute aussi sur les océans et sur leurs courants. La capacité des océans à piéger et à stocker le carbone présent dans l'atmosphère constitue ainsi un autre sujet d'études intéressant directement le climat de la Terre et son évolution. Un thème de recherche qui lui aussi se nourrit de données toujours plus globales, comme seuls les satellites peuvent en fournir.

Afin d'étudier les "petites habitudes" des masses liquides qui recouvrent les trois quarts de la surface de notre planète, les chercheurs disposent d'outils spatiaux désormais incontournables. Il s'agit de la filière des satellites de topographie océanique développée par la France en collaboration avec les Etats-Unis : la filière Topex/Poseidon suivie de la série "Jason". Cette année, la troisième génération de ce système, en service depuis plus de quinze ans, est sur le départ.

Jason-2 devrait gagner son orbite au mois de juin 2008. Depuis 1992, avec la mission Topex/Poseidon, la France (via le CNES), en collaboration avec les Etats-Unis (NASA/ Jet Propulsion Laboratory de Pasadena, en Californie), assure une surveillance ininterrompue de la surface des mers et océans de la planète. Avec le satellite Jason 1, qui a pris la relève de Topex/Poseidon en décembre 2001, cette filière a notamment permis de chiffrer l'élévation moyenne du niveau des mers à quelque 3 millimètres par an.



L'instrument AATSR d'Envisat permet de mesurer la température de surface des mers et océans avec une précision de l'ordre de 0,2 degrés. Cet instrument étudie ici une région de la Méditerranée située au large de la Libye. Sur ce cliché les zones claires sont les plus chaudes (25 degrés Celsius) tandis que les zones foncées dénotent une eau plus froide, aux environs de 21 degrés. © ESA



Envisat n'est pas un satellite météorologique. Cependant, ses instruments scientifiques s'intéressent aussi aux événements atmosphériques qu'il rencontre. Ici l'ouragan Dean, le 27 août 2007, alors qu'il passe au sud d'Haïti. Lors de cette prise de vue, Dean produisait des vents de 230 km/h. C'est l'instrument Meris qui est à l'origine de cette image dont la résolution spatiale est de 1200 mètres. © ESA

Dès cet été, Jason-2 devrait prendre à son tour le chemin de l'orbite et assurer le relais de Jason-1. Ce nouvel engin travaillera depuis une altitude de 1336 km. Il comportera huit instruments de mesure. Cinq de ceux-ci sont similaires à ceux embarqués sur Jason-1, mais de nouvelle génération. Il s'agit de l'altimètre Poséidon-3, instrument principal de la mission, qui mesure la distance entre la surface des mers et le satellite. C'est un radar qui émet des ondes à deux fréquences différentes et analyse le signal réfléchi par la surface. Le temps de trajet aller-retour de l'onde est estimé très précisément afin de calculer la distance satellite-surface, moyennant quelques corrections.

Poséidon-3 sera couplé à l'instrument Doris (un instrument de positionnement géodésique), afin d'améliorer notamment l'acquisition de mesures près des côtes. Le second instrument est un radiomètre baptisé AMR. Il mesure les perturbations dues à l'eau présente dans l'atmosphère. Cet instrument collecte le rayonnement émis par la surface à trois fréquences différentes. Le but est de déterminer le contenu en vapeur d'eau et en eau liquide de l'atmosphère, en combinant les mesures prises à chacune de ces fréquences. Une fois ce contenu en eau connu, on en déduit la correction à appliquer à la mesure altimétrique, l'onde radar de l'altimètre étant ralentie par cette eau atmosphérique. L'AMR est une version améliorée du radiomètre de Jason-1 (JMR) mis au point par la NASA.

Avec le système de positionnement Doris et les deux autres systèmes de localisation embarqués, GPSP et LRA, Jason-2 devrait permettre des mesures de l'ordre de la dizaine de millimètres. Le LRA (localisation par laser) est très précis mais son utilisation est limitée par la nécessité d'avoir des stations au sol, leur difficulté d'utilisation, ainsi que par les conditions météo. Il sert à calibrer les deux autres instruments afin de déterminer l'orbite la plus précise possible. Le GPSP (GPS) fournit des données en complément de celles de Doris pour la détermination précise et en temps réel de l'orbite.

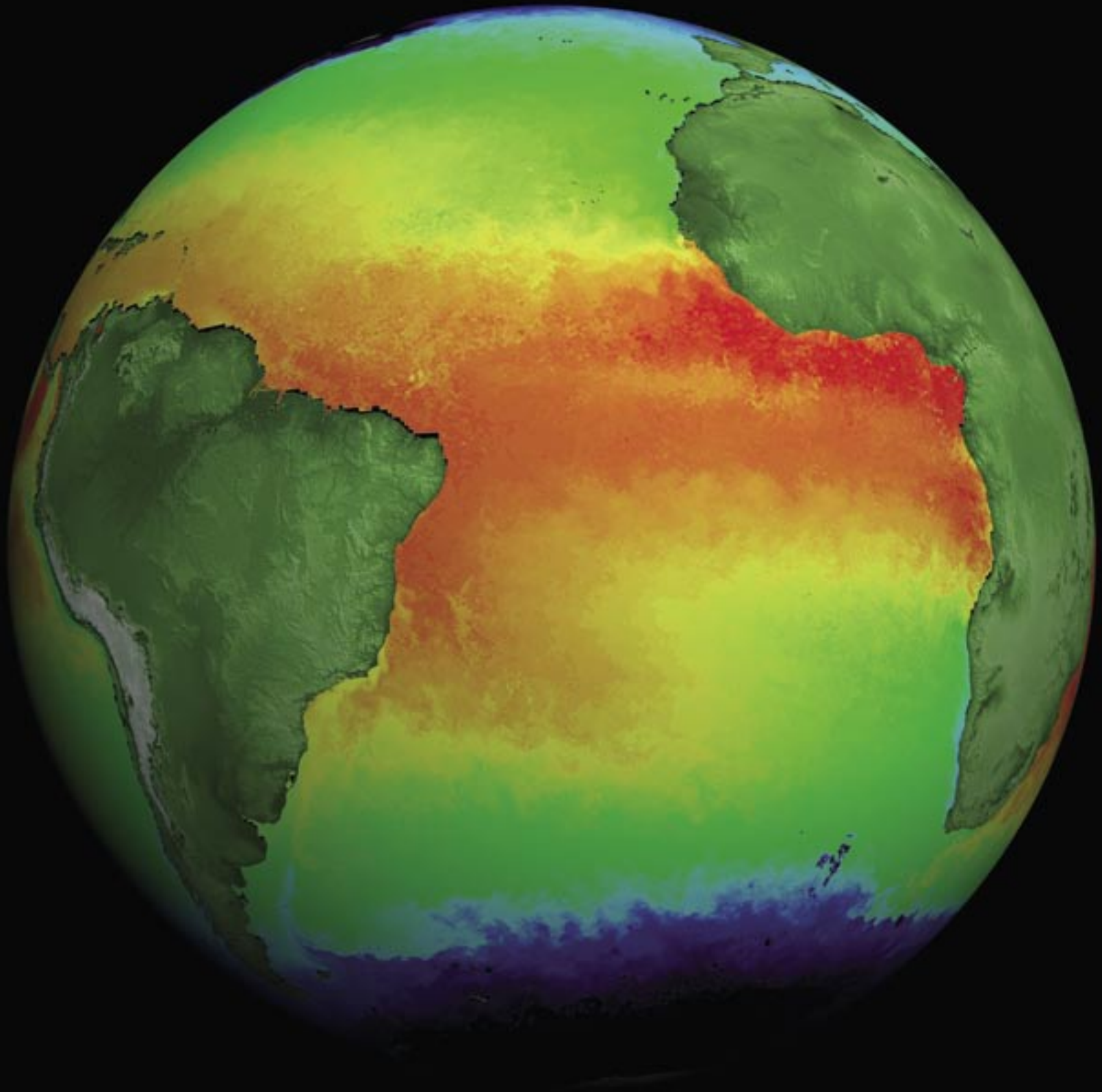
Enfin, trois instruments expérimentaux complètent la panoplie scientifique de Jason 2. Carmen-2, LPT (Light Particles Telescope) et T2L2 (Temps de Transfert par Lien Laser) : il s'agit de deux dosimètres et d'un instrument de calibration de Doris.

Exploitation opérationnelle

Avec Jason-2, l'altimétrie océanique entre dans une phase opérationnelle. Aux deux partenaires franco-américains des débuts viennent en effet s'ajouter deux utilisateurs opérationnels: l'agence européenne Eumetsat et son pendant aux Etats-Unis, la NOAA. Avec ces deux agences "de terrain", les données récoltées par Jason-2 vont permettre le lancement de services en temps réels à destination de multiples utilisateurs. D'une part en ce qui concerne les prévisions de l'état de la mer et des océans mais aussi plusieurs centaines de recherches dans le domaine de l'océanographie et du climat menées par des équipes scientifiques des quatre coins du monde.

Comme le rappelle volontiers le CNES, "Jason-2 représentera aussi une composante essentielle de la partie océanographique des systèmes GMES et GEOSS (le réseau mondial des systèmes d'observation de la Terre qui regroupe les moyens de 71 nations)."

Le radar à synthèse d'ouverture avancé (ASAR) d'Envisat observe ici les abords de la ville du Cap, en Afrique du Sud. Les images radars livrent une foule de renseignements, notamment en ce qui concerne l'identification et le suivi des navires en mer. © ESA



Parmi les moteurs du climat mondial, on retrouve les courants marins et les transferts de chaleur dans les océans. Sur cette image d'Envisat (instrument AATSR), on observe l'évolution de la température de surface de l'océan Atlantique, quasi du pôle Nord au pôle Sud. © ESA

GMES

L'Europe se dote de "Sentinelles" environnementales



A l'embouchure du fleuve Amazone, au Brésil, l'instrument Végétation des satellites Spot observe régulièrement les concentrations du phytoplancton et leur dilution dans l'océan. © VITO/Spot

GMES (acronyme anglo-saxon signifiant "surveillance globale pour l'environnement et la sécurité") est une initiative européenne visant à fournir des services d'information basés sur des données d'observation de la Terre. Ces données proviennent de satellites d'observation placés en orbite mais aussi d'instruments de mesure terrestres, maritimes ou encore aériens.

De tels services existent déjà en Europe. Mais ils sont relativement dispersés et sans réelle garantie de disponibilité à long terme. Sauf bien sûr en ce qui concerne la météorologie. Avec GMES, les autorités européennes entendent mieux coordonner ces ressources et les transformer en services pour le compte des communautés nationales, régionales,

locales ou encore des groupes de citoyens avec des demandes particulières, des professions bien ciblées (comme les pêcheurs, les transporteurs, etc.).

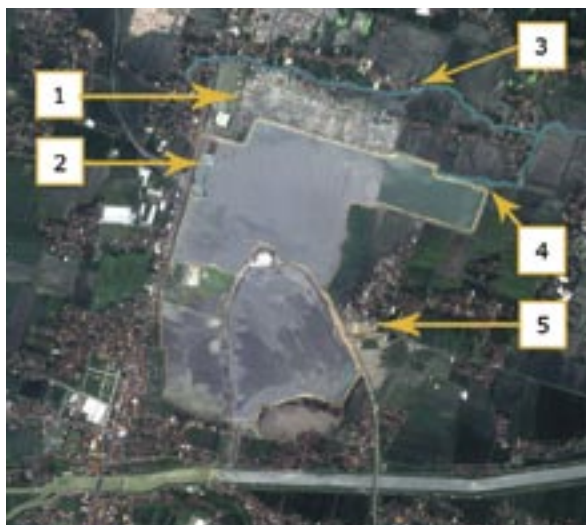
La mise en œuvre progressive de GMES et de ses services s'appuie sur les activités réalisées dans les Etats membres de l'Union européenne et de l'ESA et sur les investissements consentis par ces Etats. C'est aussi, bien entendu, une initiative stratégique qui renforcera l'accès autonome aux informations dans les domaines de l'environnement, du changement climatique et de la sécurité.

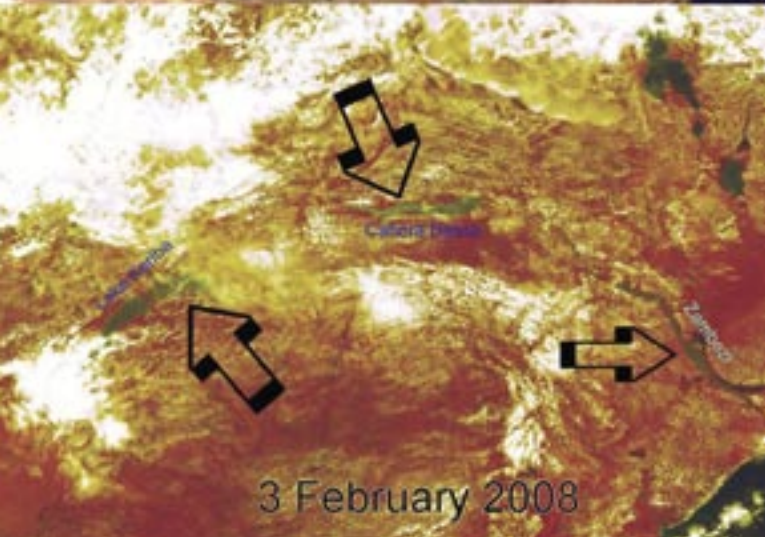
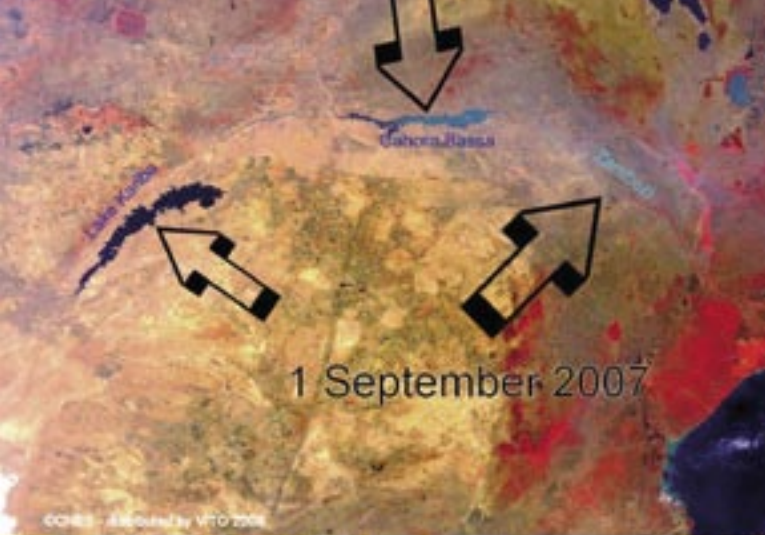
La composante spatiale de ce programme repose sur une série de satellites d'observation de la Terre spécialisés : les "Sentinelles". C'est l'ESA qui est chargé de développer et de livrer l'infrastructure spatiale (les satellites "Sentinelles") qui permettra de répondre aux besoins définis par la Commission en matière de services GMES.

758 + 419 millions pour les trois premiers satellites

Fin février, à Bruxelles, le Directeur général de l'ESA, Jean-Jacques Dordain, et le Directeur général chargé des entreprises et de l'industrie à la Commission européenne, Heinz Zourek, ont signé un accord établissant à la délégation à l'ESA un budget important d'environ 700 millions d'euros en tant que contribution de la Commission à la mise en œuvre de la composante spatiale de GMES.

Le suivi des coulées de boues d'un volcan indonésien, la détection d'une fuite dans un pipeline, la surveillance des incendies en Grèce... Les applications issues des données provenant des satellites d'observation de la Terre en matière de sécurité et d'environnement sont légion. © Spot





Le transfert de cette contribution s'effectuera en deux étapes : 419 millions d'euros pour le volet 1 du programme, puis 205 millions d'euros (à confirmer) pour le volet 2. Ce deuxième volet du programme de composante spatiale GMES fera par ailleurs l'objet d'une proposition de souscription auprès des Etats membres de l'ESA lors de la session du Conseil de l'Agence qui doit se tenir au niveau ministériel en novembre 2008. Par ailleurs, les Etats membres de l'ESA ont déjà mis la main au portefeuille (en deux étapes : 2005 et 2007) à hauteur de 758 millions d'euros pour le volet 1 du programme. L'accord signé à Bruxelles ainsi que les contributions financières des Etats membres de l'ESA, permettront de réaliser et de lancer les trois premiers satellites Sentinelles (Sentinelles 1, 2 et 3) et de mettre en place le segment sol nécessaire à la réception, au traitement et à la diffusion des données provenant des Sentinelles et d'autres satellites.

Entre mi-décembre 2007 et mi-janvier 2008, les habitants de la région de Kariba, sur le Zambèze ont vu les eaux du lac monter de plus de 2,2 mètres après des pluies exceptionnellement fortes. Les satellites, tel ici Spot 5 et son instrument Végétation ont surveillé l'évolution du cours du fleuve en aval, après l'ouverture des vannes du barrage de retenue.
© VITO/CNES

Sentinelles 1 prendra des images radar 24 heures sur 24, par tous temps, pour le suivi des océans et des terres émergées. La mission d'imagerie optique à haute résolution Sentinelles 2 observera les terres émergées. Quant au satellite Sentinelles 3, équipé d'un ensemble d'instruments d'altimétrie, il surveillera les océans ainsi que les terres émergées à l'échelle du globe.

Un quart de siècle d'expertise belge

Développement d'outils de prévision des récoltes agricoles, suivi de l'impact des changements climatiques sur les ressources piscicoles du lac Tanganyika, surveillance du vecteur de la maladie de la langue bleue basée sur diverses données obtenues par télédétection... Ces quelques exemples de sujets abordés par des projets de recherche en lien avec les changements climatiques et faisant appel à des outils spatiaux montrent bien à quel point la Belgique et ses scientifiques sont présents dans ce domaine.

Depuis quasiment un quart de siècle, l'utilisation de données satellitaires dans le cadre de la recherche sur le climat et son évolution est un domaine dans lequel la Belgique a développé une expertise incontestable. De multiples équipes universitaires et de centres de recherches du pays sont ainsi régulièrement associés à des programmes initiés ou soutenus par la Politique scientifique fédérale dans ce cadre.

Au niveau national, la Politique scientifique fédérale orchestre plusieurs programmes fédérateurs concernant

l'observation de la Terre. C'est le cas des programmes Telsat, lancés dès 1985 dans la foulée de la participation belge au programme Spot (Satellites pour l'observation de la Terre). Quatre programmes pluriannuels Telsat se sont ainsi succédés jusqu'en 2001. Ces programmes associent dans leur gestion, outre la Politique scientifique fédérale, les entités fédérées et d'autres départements fédéraux.

Le programme fédéral de recherche en observation de la Terre "Stereo II" a succédé aux programmes Telsat. Il a couvert 5 années de recherche de 2001 à 2006 et permis la réalisation de 50 projets. Une publication finale du programme, accessible à tous et joliment illustrée, est dès à présent disponible sur simple demande (ouda@belspo.be).

Lancé fin 2006, le programme Stereo II, résolument tourné vers des participations internationales et favorisant la pluridisciplinarité, a fixé une série de priorités thématiques de recherche inspirées par les objectifs de l'initiative GMES (monitoring global, gestion de l'environnement, santé et aide humanitaire, sécurité et gestion des risques).

Dans le cadre de sa participation au programme Spot, la Belgique assure le traitement, l'archivage et la distribution des données de l'instrument Végétation, qui fait partie intégrante de la charge utile des satellites Spot 4 et Spot 5. L'offre d'un service de distribution en temps réel de données à l'échelle globale a ouvert la voie à l'élaboration de nouveaux services opérationnels. Ce qui rejoint les objectifs européens (d'élaboration de services et de produits) développés dans le cadre du programme GMES (Global monitoring for environment and security). Voilà qui conforte encore un peu plus les buts stratégiques suivis par l'ensemble de ces programmes pilotés par la Politique scientifique fédérale.



Belgian earth observation platform :
eo.belspo.be/About/Programmes.aspx

GMES :

www.gmes.info

EOEdu :

eoeu.belspo.be/

Le rôle de l'Europe dans la surveillance du climat

Rencontre avec Jean-Jacques Dordain, directeur général de l'ESA

SC : Cette année, GOCE et au printemps prochain SMOS, les deux premiers satellites du programme de surveillance de notre planète de l'ESA baptisé "Earth Explorers", vont être placés en orbite. Qu'est-ce que cela représente pour l'Europe et pour l'Agence ?

Jean-Jacques Dordain : Le programme "Explorateurs de la Terre" est à mes yeux un des programmes les plus magnifiques de l'ESA et aussi un des plus ambitieux. Cette année en effet, les deux premiers satellites de ce programme seront lancés. Ils ne seront pas les seuls. En moyenne, un "Explorateur" sera placé en orbite chaque année au cours de la prochaine décennie. C'est exceptionnel pour une agence spatiale. Personne d'autre ne fait cela au monde.

Pour nous il s'agit ainsi de prendre la relève d'Envisat, d'assurer la continuité des données qu'il récolte mais aussi d'améliorer toujours davantage notre connaissance du "système Terre". Chaque Explorateur récoltera des données dans des domaines très précis : la circulation des océans, les vents, l'humidité, la gravité etc. Les satellites sont donc dédiés à une amélioration bien particulière de nos connaissances en matière d'environnement. Cela fera faire des progrès importants à la Science. Mais aussi à ce qui vient

après la Science: les services. On ne peut pas séparer la Science des services, des "services" aux citoyens.

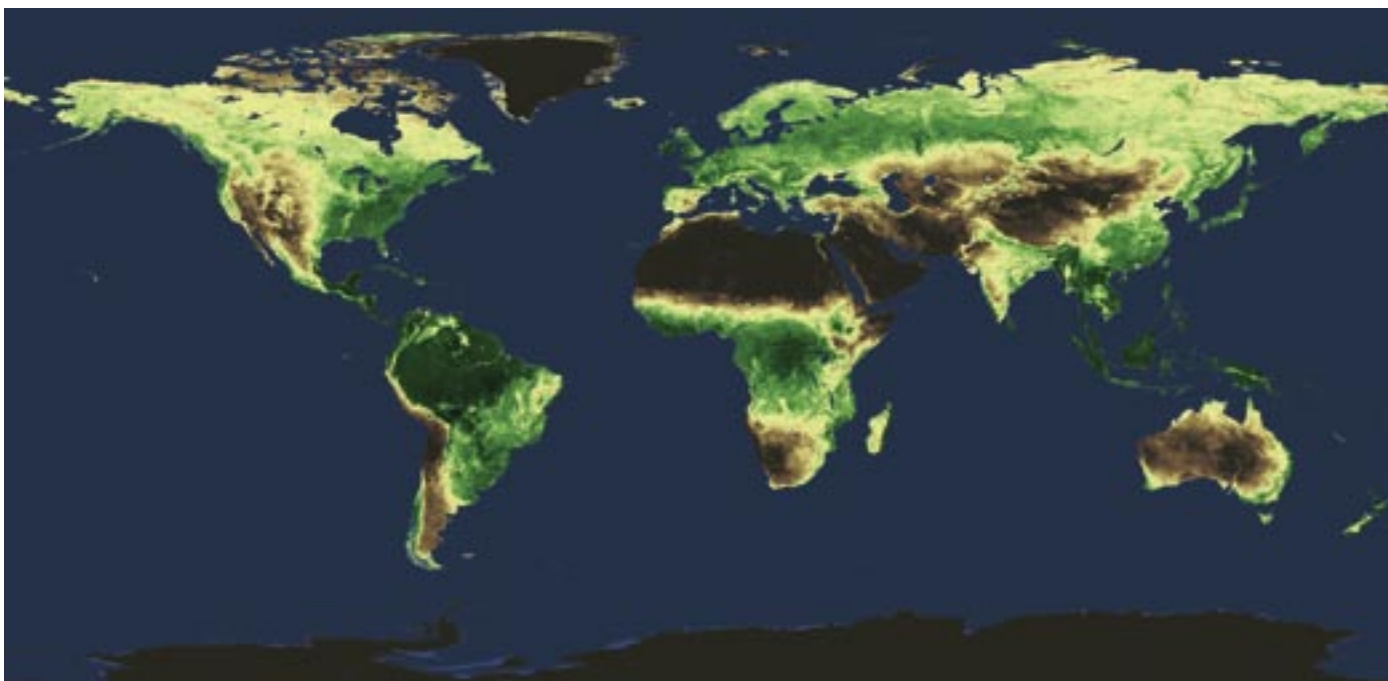
SC : Vous faites ici allusion à l'initiative GMES de l'Union Européenne, ce vaste programme de surveillance globale de la Terre et de son environnement pour lequel cinq autres satellites spécifiques appelés "Sentinelles" sont également en chantier avec la collaboration de l'ESA ?

JJD: En effet. Trois satellites "Sentinelles" sont déjà décidés. Deux autres devraient encore suivre. Si les Explorateurs de la Terre sont plus orientés vers la Science, les Sentinelles sont clairement des engins dédiés aux services. Le satellite n'est ici qu'un outil de services. Et dans ce contexte, il ne faut pas oublier non plus les satellites de météorologie exploités par Eumetsat.

SC : Quels sont les enjeux de la conférence ministérielle de l'ESA qui se tiendra à la fin de l'année aux Pays-Bas (La Haye) en ce qui concerne l'observation de la Terre ?

JJD : Tout d'abord, il faudra prendre des décisions financières en ce qui concerne le segment 2 de GMES. Pour le moment, nous sommes loin du compte dans ce programme.

En mars 2008, un consortium international, composé notamment de l'ESA, de l'Agence européenne de l'environnement, de deux agences des Nations-Unies (FAO et PNUE) mais aussi d'équipes universitaires (dont l'Université Catholique de Louvain/UCL) et d'experts du Centre commun de Recherche de la Commission européenne, présentait sa nouvelle carte globale du couvert végétal terrestre "GlobCover". Cette carte, destinée à être diffusée gratuitement cet été, présente une résolution jamais atteinte. Elle compile quelque 20 terabytes de données issues du spectromètre Meris du satellite Envisat récoltées entre avril 2005 et mai 2006 et détaille 22 types de couverts végétaux différents avec une précision de 300 mètres.



Les trois premiers satellites Sentinelles sont financés, pas les deux derniers. Les Sentinelles 1 à 3 seront lancés entre 2011 et 2012. Les deux derniers suivront. Mais il faut aussi penser aux satellites récurrents qui devront être lancés vers 2015-2017. Une solution devra être trouvée afin d'assurer la continuité des services. Un service doit, par définition, être pérenne. Il sera temps d'ébaucher à La Haye les conditions de cette pérennité.

SC : On parle beaucoup d'exploration humaine de l'espace, de vols habités. L'ESA vient de démontrer, avec le lancement de son premier ravitailleur de la Station spatiale, le véhicule ATV (Automated Transfer Vehicle) ses capacités à assurer des lancements d'engins très complexes et très massifs (19 tonnes). L'Agence va-t-elle proposer à ses Etats membres à la fin de cette année de relancer un programme de vols habités ?

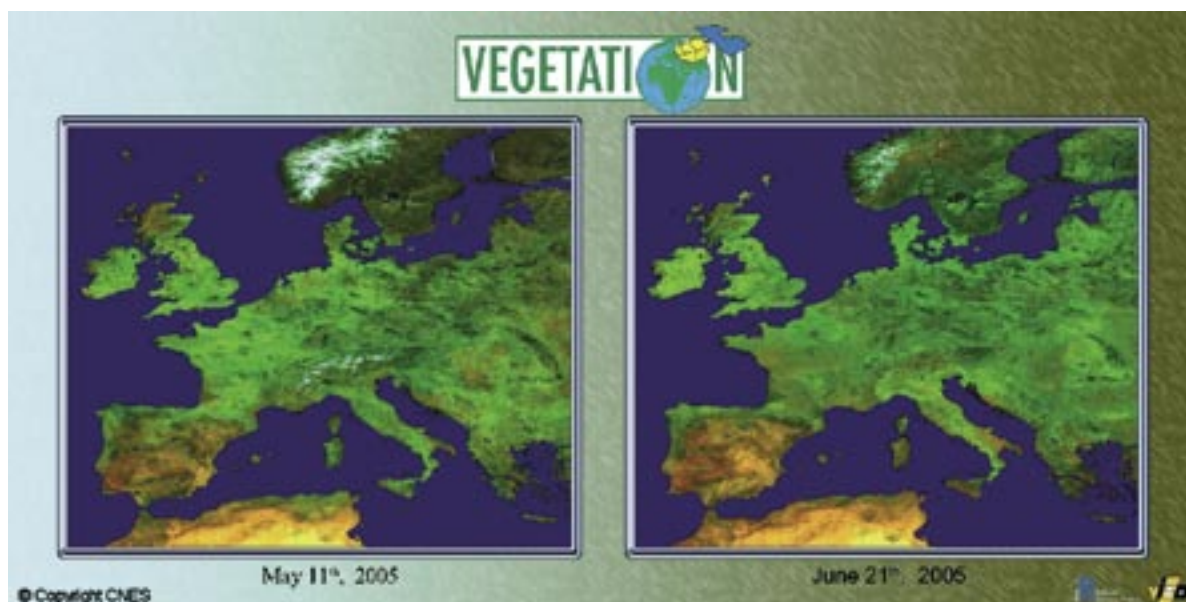
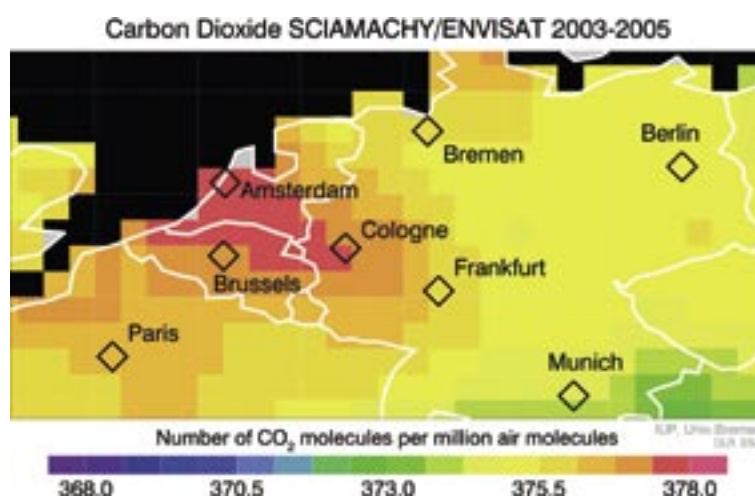
JJD : Nous avons des pistes pour exploiter au mieux le savoir-faire développé pour l'ATV : automatisme, docking etc. Cela laisse miroiter pas mal de choses, par exemple en ce qui concerne le retour d'échantillons martiens. Mais il n'est pas question pour le moment de rêver à un engin habité européen. A mes yeux, si des choix financiers doivent être faits à ce sujet, cela ne pourra en aucun cas être au détriment des programmes scientifiques de l'Agence.

Christian Du Brulle



Envisat livre parfois des images exceptionnelles d'une situation météorologique temporaire. Telle cette image d'une Europe entièrement recouverte de neige.
© ESA

Les données datent de 2003 à 2005 mais l'analyse complète de la situation n'a été rendue publique que début 2008 par l'Université de Brême en Allemagne. L'instrument SchiamaChy d'Envisat en atteste : la concentration de CO₂ au-dessus de nos régions y est la plus élevée d'Europe.
© ESA



Evolution de la sécheresse de l'été 2005 en Europe suivant l'instrument Végétation.
© CNES



Columbus, ATV Jules Verne et les Belges

L'ATV « Jules Verne » de 19 tonnes qui s'est arrimé (jusqu'en août) à l'ISS, est un véhicule autonome et intelligent qui a la taille d'un autobus à double étage. C'est le satellite le plus important et le plus complexe que l'Europe spatiale ait conçu à ce jour et réalisé avec le dispositif russe d'arrimage. Quatre autres ATV ont déjà été commandés par l'ESA à l'industrie européenne. La NASA prévoit d'en commander pour assurer les services que le Space Shuttle assurait avant son retrait prévu en 2010. L'industrie belge a participé à sa mise au point et est concernée par sa production :

*Le Meteoritic and Debris Protection System (MDPS)
© Sonaca*

Le laboratoire Columbus de 12,8 tonnes constitue sur l'ISS (International Space Station) l'appartement de l'ESA pour des expériences en microgravité, des observations du Soleil et de l'atmosphère, des essais de technologies avancées... Des industriels et laboratoires belges sont impliqués dans sa mise en œuvre :

- Spacebel (Liège et Hoeilaart) pour la gestion des équipements (DMS/Data Management System) et pour l'informatique des tests et de validation du module-laboratoire européen.
- Sonaca (Gosselies) pour la réalisation des structures du MDPS (Meteoritic & Debris Protection System) et de l'enceinte en fibres de carbone pour l'expérience FCE (Fluid Cell Experiment) réalisée par Verhaert Space pour le FSL (laboratoire de physique des fluides).
- Lambda-X (Nivelles) pour l'optique de l'instrumentation PCDF (Verhaert Space) à l'intérieur du module ainsi que du spectromètre Solspec (Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique) sur la plate-forme Solar.
- Verhaert Space (Kruibeke) dans trois ensembles d'équipements de recherche : FSL (Fluid Science Laboratory) pour l'étude de fluides en impesanteur, Biolab pour des tests sur des échantillons biologiques, EDR (European Drawer Rack) équipé du PCDF (Protein Crystallisation Diagnostics Facility).
- Thales Alenia Space Antwerp (Hoboken) pour la conception et la réalisation de l'équipement de tests électriques au sol.
- Space Applications Services (Zaventem) pour les études de la gestion des charges utiles, la définition de l'infrastructure au sol et l'entraînement des astronautes, pour les opérations au B.USOC (Belgian User Support & Operation Center) à Uccle.
- LMS International (Leuven) dans les processus virtuels de conception de l'intérieur de Columbus.

- Euro Heat Pipes (EHP, Nivelles), « spin off » de l'Université Libre de Bruxelles, pour le développement et la fourniture de 52 caloducs (conducteurs de chaleur) à hautes performances qui assurent le contrôle thermique de l'avionique et de la propulsion de chaque ATV.
- Thales Alenia Space Antwerp (Hoboken) pour le système de tests qui ont servi à l'intégration de l'ATV et qui font partie du support opérationnel au sol.
- Thales Alenia Space ETCA (Charleroi) avec quatre boîtiers de conditionnement d'énergie et pour l'alimentation électrique du vidéomètre qui contrôle l'arrimage à la station.
- Spacebel (Liège et Hoeilaart) pour la fourniture de simulateurs des calculateurs de bord, pour une participation au développement des logiciels de rendez-vous et d'arrimage.
- Rhea (Louvain-la-Neuve) pour l'utilisation de son ensemble de logiciels MOIS (Manufacturing & Operations Information System) destinés à la gestion des opérations du réseau complexe de centres et stations au sol.
- Redu Space Services (station ESA à Redu) pour le suivi "en back-up" des phases critiques de mise en orbite, de rendez-vous et d'arrimage, de rentrée dans l'atmosphère.
- Space Applications Services (Zaventem) pour le support à la définition du système ATV et à la formation aux opérations ATV.
- LMS International (Leuven) pour la modélisation des essais acoustiques et vibratoires de l'ATV à l'ESTEC, Noordwijk (Pays-Bas).

