

LES BELGES AUX PÔLES

La quatrième Année Polaire Internationale

Edito

La quatrième Année Polaire Internationale (International Polar Year - IPY 2007-2008) était l'un des plus grands programmes coordonnés de recherche internationale jamais organisés. Plus de 200 projets scientifiques, dans lesquels des milliers de chercheurs de plus de 60 pays étaient impliqués, ont abordé une large gamme de recherches afin de mieux connaître les régions polaires et leur influence critique sur le reste de la planète.

La Belgique, comme beaucoup d'autres pays, n'avait que peu ou pas de moyens supplémentaires à disposition pour participer à l'IPY. Grâce au soutien continu de la Politique scientifique fédérale (BELSPO), du Fonds Wetenschappelijk Onderzoek (FWO), du Fonds de la Recherche Scientifique (FNRS), du Fonds Inbev-Baillet Latour, ... et des invitations à collaborer de partenaires étrangers, la communauté polaire belge a cependant aussi activement contribué à la réalisation de cet ambitieux programme scientifique.

La contribution la plus visible de la Belgique à l'IPY est sans nul doute la nouvelle base de recherche belge en Antarctique, la Station Princesse Elisabeth. Cette station, qui est gérée depuis 2010 par un 'Secrétariat polaire' érigé au sein de BELSPO, est aussi bien un modèle pour l'utilisation de technologies durables et d'énergies renouvelables, qu'un point de départ idéal pour la recherche autour de la station dans la région de Sør Rondane, encore peu étudiée jusqu'à ce jour.

De plus, des chercheurs et organisations belges ont participé - parfois comme coordinateur - à une trentaine de projets, aussi bien au Pôle Nord qu'au Pôle Sud.

Cette brochure donne un aperçu des nombreux efforts et réalisations de la Belgique au sein de l'IPY. Bien que nous ayons tenté d'être le plus complet possible, les articles ne traitent que partiellement la recherche polaire belge aussi riche que diversifiée.

Grâce à cette brochure, nous entendons démontrer que la recherche polaire reste importante et espérons donner envie à la jeune génération de chercheurs de faire carrière dans la recherche portant sur ces régions passionnantes de notre planète.

Dr. Philippe Mettens

Président du comité de direction
de la Politique scientifique fédérale

www.belspo.be/antar









Contenu

- 6 4 années polaires internationales
- 10 Le Secrétariat polaire, nouveau service de l'état relevant de la Politique scientifique fédérale
- 12 Changements climatiques en Antarctique
- 14 SCAR-MarBIN : Un projet belge phare de l'année polaire internationale.
- 18 La cryosphère sous surveillance
- 26 Notre prof est allée au Pôle Nord
- 28 L'Observatoire Royal de Belgique dirige le programme GIANT-LISSA.
- 31 Les premiers habitants de l'antarctique
- 36 Bientôt un nouvel observatoire européen à Dome C ?
- 38 12 000 ans sous la glace
- 42 L'Institut Royal Météorologique surveille l'atmosphère au-dessus d'Utsteinen
- 45 Vague de chaleur belge au groenland
- 48 BIANZO II : étudier le benthos et sa dynamique pour prévoir l'avenir de la biodiversité marine
- 50 Nuages bas sur Utsteinen
- 59 GEM-BACH et la modélisation du temps 'chimique'
- 60 Jouer aux puzzles polaires
- 63 ANDEEP : Pêche miraculeuse au plus profond des mers et océans bordant l'Antarctique
- 65 Le fer peut-il sauver le monde ? L'océan Austral comme pompe à CO₂
- 72 Au Pôle Sud, IceCube jette une nouvelle lumière sur les neutrinos
- 75 Des microbes venus du froid
- 78 POLARCAT suit l'évolution de la pollution dans le grand Nord
- 80 L'avenir appartient aux jeunes
- 82 Données de contact des participants IPY

4

années polaires internationales

L'étude des pôles fascine.

Les explorateurs et les chercheurs qui s'aventuraient dans les régions polaires étaient à l'origine confrontés aux plus extrêmes conditions de vie et d'atmosphère existant sur Terre. À leur retour, ils avaient tant d'histoires à raconter sur leur courage et leur persévérance, mais aussi sur des curiosités qui aiguillonnaient la soif de connaissance de l'homme. À la fin du 19^e siècle et durant la première moitié du 20^e, ces explorateurs polaires étaient, sous l'influence des mouvements nationalistes, célébrés comme des héros nationaux. 'Explorer les pôles', cela consistait fréquemment à planter le drapeau national le plus près du pôle géographique. L'étude scientifique était donc dans de nombreux cas subordonnée à l'exploration géographique.

La première Année Polaire Internationale: 1882-1883

Karl Weyprecht, de nationalité autrichienne et co-leader de l'expédition austro-hongroise 'Tegetthof' (1872-74), qui découvrit la terre François-Joseph dans l'Océan Arctique, déploierait cet intérêt nationaliste dans une allocution remarquable devant la Royal Geographical Society de Londres (1875):

« Mais tant que les expéditions polaires seront considérées uniquement comme une sorte de parcours d'obstacles international, dont la finalité est essentiellement de faire honneur à l'un ou l'autre drapeau et le but principal de dépasser de quelques miles la latitude atteinte par un prédécesseur, ces mystères resteront inexpliqués... »

À cette même époque, il prononçait un plaidoyer enflammé pour un réseau d'observation intelligent et coordonné:

« Des résultats scientifiques décisifs ne peuvent être concrétisés que par une série d'expéditions synchronisées, dont la tâche consisterait à se répartir sur l'ensemble des régions arctiques et à rassembler une année d'observations enregistrées selon une seule et même méthode. »

Les idées de Weyprecht ont été adoptées par la International Meteorological Organization (IMO) et ont finalement conduit à une première campagne internationale de mesures à grande échelle: la première Année Polaire Internationale (International Polar Year - IPY) de 1882-83. Onze pays érigèrent 12 stations d'observation réparties le long des côtes de l'Océan Arctique en vue de procéder à des observations systématiques, été comme hiver, tant du climat et du champ magnétique que de la lumière polaire. Avec 2 stations seulement sur une latitude australe relativement élevée – une au Cap Horn et l'autre en Géorgie du Sud – l'Antarctique a toutefois été totalement négligée.

La deuxième Année Polaire Internationale de 1932-1933

50 ans après la première Année Polaire, on a voulu réitérer le succès de l'IPY-1 en organisant une deuxième Année Polaire Internationale (IPY-2) en 1932-1933. 44 pays y prirent part, dont plusieurs pays de l'hémisphère sud, sans toutefois réussir davantage à inclure l'Antarctique dans le réseau des mesures. D'un autre côté, le programme scientifique a été considérablement étoffé sur le plan des observations des couches supérieures de l'atmosphère (aérologie), des radiations et de l'électricité de l'air. Les suites de la crise économique des années 30 allaient toutefois paralyser de nombreuses initiatives.

La troisième Année Polaire Internationale ou Année Géophysique Internationale de 1957-1958

Sans doute frustrés par les plans sommaires de l'IPY-2 et encouragés par la démonstration de la puissance de la science et des technologies au cours de la deuxième guerre mondiale, les géophysiciens Sydney Chapman et Lloyd Berkner ont lancé l'idée d'organiser une nouvelle Année Polaire Internationale 25 ans après l'IPY-2, c'est-à-dire en 1957-1958. Cette année était marquée par une activité solaire maximale au sein d'un cycle de 11 ans. L'idée a reçu quasi immédiatement le soutien d'un grand nombre de géophysiciens et d'une organisation centrale, le Conseil international pour la science (ICSU). L'intention était d'étudier la Terre dans sa globalité en tant qu'objet physique. Le champ des observations devait donc être étendu à l'ensemble du globe, c'est pourquoi l'Année Polaire Internationale a été rebaptisée Année Géophysique Internationale (International Geophysical Year - IGY). Cette approche globale exigeait naturellement la participation du plus grand nombre possible de pays, dont l'Union soviétique qui n'était pas à l'époque membre de l'ICSU. La main tendue des puissances occidentales à l'Union soviétique pour la participation à l'AGI n'allait certes pas de

soi, quand on pense que ces démarches ont eu lieu au paroxysme de la 'guerre froide' d'après-guerre. La décision définitive de participer, prise par l'Union soviétique en 1955, a bel et bien donné un coup de fouet à l'ensemble de l'IGY et à la recherche en Antarctique en particulier. Au total, 65 stations d'observation ont en effet été érigées en Antarctique par une douzaine de pays. La plupart de ces stations étaient situées sur la côte ou à proximité de la péninsule antarctique, où l'accès était plus aisé. Dans la partie intérieure difficile d'accès, les Américains et les Russes ont plus ou moins maintenu l'équilibre : deux stations américaines (la station Amundsen-Scott au pôle sud géographique et la station Byrd) et trois stations russes (station Vostok au pôle sud géomagnétique et les bases de Sovetskaya et Komsomolskaya), qui constituaient d'importantes bases d'opérations pour le désenclavement (scientifique) du haut plateau glaciaire situé au centre de l'Antarctique.

En construisant la base Roi Baudouin sur la côte de la Terre de la Reine-Maud, la Belgique est entrée en 1958 dans le club sélect des 12 pays (il y en a aujourd'hui 28) qui allaient désormais déterminer le cours de l'histoire en Antarctique. En effet, au terme de l'IGY, les pays qui avaient pris part au programme ont souhaité pérenniser leurs efforts. Les pays ont pour la plupart conservé leurs stations, tandis que la signature par ces mêmes parties du 'Traité sur l'Antarctique' a permis d'exécuter librement les recherches scientifiques et de gérer efficacement l'Antarctique, indépendamment des revendications territoriales formulées par certains pays.

L'héritage de l'Année Géophysique Internationale en Antarctique fut donc double: on a érigé d'une part un réseau de bases d'observations permanentes, ce qui a permis d'établir pour la première fois la nature réelle de l'Antarctique. Ces observations portaient tant sur le climat que sur les températures extrêmement basses, les vitesses de vent très élevées, l'état de la haute atmosphère et ses relations avec le vent solaire, mais aussi la forme et les dimensions



de la calotte glaciaire (topographie en forme de coupole, épaisseurs de glace par endroits supérieures à 4 km) et l'extension de la glace de mer, l'existence de territoires dépourvus de glace comme les vallées sèches dans les bordures de montagnes et les oasis côtières, etc.

D'un autre côté, l'IGY a donné naissance à une forme de gestion unique, dans laquelle seuls les pays qui réalisent des activités scientifiques substantielles en Antarctique ont droit de vote à l'assemblée annuelle des pays du Traité sur l'Antarctique (Réunion consultative du Traité sur l'Antarctique, RCTA). L'Antarctique est ainsi devenu un continent dédié à la science et à la paix.

La quatrième année polaire internationale de 2007-2008

Cinquante ans après la réussite de l'IGY, une nouvelle vague d'activités de recherche (quelque 230 projets approuvés !) a été organisée sous la direction de l'ICSU et de l'Organisation météorologique mondiale (OMM, successeur de l'IMO) lors de la quatrième IPY 2007-2008. Si l'AGI mettait l'accent sur le désenclavement scientifique de l'Antarctique, la grande majorité des projets (plus de 50 %)

portait désormais sur l'Arctique. Cette évolution était sans doute liée à la fin de la guerre froide – qui a ouvert à la collaboration internationale le territoire arctique étendu de la Russie – mais aussi à l'impact particulier du réchauffement de la Terre sur les écosystèmes septentrionaux et sur la cohabitation humaine. Un aperçu schématique des principales différences entre la dernière IPY et l'IGY est présenté pour l'Antarctique dans le tableau ci-dessous. La principale différence est indubitablement l'approche thématique qui remplace l'approche disciplinaire, et donc une évolution toujours plus marquée vers la 'problem solving science' (science pour la résolution des problèmes) et les 'new frontiers' (nouvelles frontières – processus sous-glaciaires par exemple), sans oublier l'approche pluridisciplinaire avec une hausse étonnante des contributions océanographiques et biologiques. L'étude scientifique des écosystèmes en Antarctique et dans la région a du reste conduit à des mesures scientifiquement responsables destinées à préserver l'environnement. La Convention sur la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR) et le protocole de Madrid (Protocole au Traité sur l'Antarctique relatif à la protection de l'environnement en Antarctique) sont des traités ajoutés au système du Traité sur l'Antarctique et à la suite desquels la protection de l'en-



vironnement est devenue l'un des points prioritaires à l'ordre du jour de la réunion annuelle et l'Antarctique a été de facto proclamée réserve naturelle mondiale. Un héritage important de cette dernière année polaire est aussi la construction de quelque 4 nouvelles bases

hautes technologies, dont la station antarctique belge Princesse Elisabeth. Ces bases s'emploient à montrer comment on peut déployer des activités en Antarctique d'une manière respectueuse de l'environnement et sans occasionner de dégâts à une nature sauvage.



IGY (1957-1958)	versus	IPY (2007-2008)
Grand nombre de nouvelles stations (65)	↔	Nombre limité de stations hautes technologies (4)
Approche thématique	↔	Approche par discipline
Scénarios et modèles qualitatifs	↔	Scénarios et modèles numériques
Accent sur la géophysique et les phénomènes solaires-terrestres.	↔	Accent sur l'étude sociologique, du climat et de l'environnement
Recherche biologique et océanographique non intégrées dans le cœur d'activités	↔	Recherches sur la (micro)biodiversité, les cycles biogéochimiques et l'océanographie
Étude géologique pour soutenir une éventuelle exploitation de minéraux	↔	Étude géologique au service de la tectonique des plaques et de l'histoire du climat
Exploration d'un continent encore intact	↔	Préservation d'une nature intacte
Étude des caractéristiques de surface de la calotte glaciaire et de l'environnement océanique	↔	Étude du milieu sous-glaciaire et des profondeurs océaniques
Opérations suivies par des navires	↔	Réseau pour des opérations aériennes et observations par satellite
Mise en place d'un régime politique (RCTA)	↔	Application et soutien d'un système de préservation de la nature (Committee for Environmental Protection ou CEP)
Expéditions nationales	↔	Équipes de recherche internationales et multidisciplinaires



Le Secrétariat polaire, nouveau service de l'état relevant de la Politique scientifique fédérale

Une des réalisations techniques les plus impressionnantes réalisées dans le cadre de l'Année Polaire Internationale est sans aucun doute la construction en Antarctique de la nouvelle base de recherche scientifique belge: la Station Princesse Elisabeth. Ce bâtiment 'Zéro émissions' et ses annexes, construits par la Fondation polaire internationale (IPF), ont été cédés à l'Etat belge en 2010. Pour en assurer la gestion optimale, un service de l'Etat à gestion séparée a été mis sur pied : le Secrétariat polaire. Comme d'autres structures du même genre dédiées à la recherche ou à la culture, il relève de la Politique scientifique fédérale (BELSPO). Rencontre avec le Président de BELSPO, le Dr Philippe Mettens.

Dans quel cadre le Secrétariat polaire a-t-il été mis sur pied ?

Le financement de la station construite par l'IPF a été considérable pour l'Etat belge. Nous y avons investi plus de 13 millions d'euros. Par ailleurs, nous voulions lui éviter le syndrome de la base Roi Baudouin, (érigée en 1957 dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale), c'est-à-dire qu'on puisse maintenir un niveau d'investissements conséquent et récurrent pour cette station et son exploitation. La question de l'ancrage public s'est donc très vite posée. La base a ainsi été transférée à l'Etat. C'est BELSPO qui en assure la gestion opérationnelle à travers, notamment, un partenariat avec l'IPF.

Afin de disposer d'une structure de gestion suffisamment souple et efficace, un nouveau service tout entier consacré à cette mission a été créé au sein de BELSPO: le Secrétariat polaire, un Service de l'Etat à gestion séparée. Il s'agit d'une organisation similaire à d'autres services du même genre créés dans le passé et qui fonc-

tionnent parfaitement. C'est le cas de Belnet par exemple, le réseau télématique belge dédié à la Recherche ou encore les Etablissements scientifiques fédéraux qui ont un statut semblable.

L'intérêt de ce statut est attrayant. En règle générale, dans la Fonction publique, une administration ne peut pas générer des recettes et les affecter à ses missions ou à l'engagement de personnel. Il faut pour cela un statut comptable particulier. C'est ce qu'offre un service de l'état à gestion séparée. C'est une structure souple avec des organes de gestion souples qui est habilitée à recevoir des fonds à travers des fondations, comme la Fondation Inbev-Baillet Latour par exemple ou encore le Cercle Gaulois, qui vient d'ouvrir une souscription afin de recruter un chercheur supplémentaire dans le cadre des travaux réalisés à la base polaire Princesse Elisabeth.

L'idée est que ces fonds puissent converger vers le Secrétariat polaire et être affectés rapidement à ses missions. Cela permet une utilisation optimale de la base.

Quand on parle du partenariat public-privé dans ce contexte, à quoi fait-on exactement allusion ?

Le Secrétariat polaire, donc BELSPO, a mis sur pied un partenariat public-privé en s'associant par le biais d'une convention, avec l'IPF. Cette dernière exerce des missions d'ordre logistique. L'IPF gère tous les aspects pratiques, l'organisation des déplacements, le transport du fret, la sécurité sur place, etc. De multiples collaborations existent ou peuvent être développées dans ce contexte.

Notamment avec la Défense, qui dispose d'une expertise intéressante dans de multiples domaines qui intéressent le bon déroulement des opérations en Antarctique. Je pense aux mécaniciens, aux logisticiens qui viennent en appui.

Qui dirige le Secrétariat polaire ?

Il y a d'une part un directeur et d'autre part un organe de gestion, le Conseil stratégique mis sur pied pour un mandat de cinq ans. On retrouve en son sein une représentation de tous les départements fédéraux qui sont d'une manière ou d'une autre impliqués dans l'un ou l'autre volet de la Recherche en Antarctique. C'est le cas de la Politique scientifique, responsable pour le recherche en Antarctique, des Affaires Etrangères, point de contact pour les activités liées au Traité Antarctique, de l'Environnement, responsable pour l'autorisation des activités en Antarctique, la Défense et les services du Premier ministre.

Les départements fédéraux sont, de manière assez étonnante, représentés par des délégués de cabinets ministériels, alors qu'habituellement, ce sont des fonctionnaires de l'administration qui assurent la continuité du service public dans ce genre d'organe.

La moitié des membres de cet organe de gestion sont donc issus des départements fédéraux. L'autre moitié des membres proviennent d'horizons situés en dehors des administrations. Même s'ils proviennent d'entreprises privées, ne les appelons pas 'privés'. En effet, à partir du moment où ils sont membres d'un organe de gestion d'un service public, ils appartiennent à la fonction publique.

Le partenariat public-privé dont il est ici question ne se situe donc pas au sein du Conseil stratégique du Secrétariat polaire. Il existe par contre entre le Conseil stratégique (donc le Secrétariat polaire) et la Fondation polaire internationale, qui est par ailleurs une Fondation d'intérêt public. C'est l'IPF qui est ici le partenaire privé.

Le Secrétariat polaire décide-t-il des programmes de recherche à mener ?

Le Secrétariat polaire assure une interface avec les structures opérationnelles et logistiques en Antarctique mais aussi avec les services qui gèrent les programmes de recherche, en particulier les programmes de recherche en Antarctique, ceux en phase avec les changements climatiques, le développement durable etc.

Ces interfaçages peuvent concerner la recherche et les activités spatiales ou encore les musées fédéraux dont certains peuvent avoir un intérêt pour ces questions scientifiques (IRM, IRScNB...). C'est donc bien un organe d'interface avec le monde extérieur, avec l'IPF, avec toutes les sources de financement possibles. C'est aussi un organe d'interface avec les différents services de BELSPO qui assurent la cohérence des activités scientifiques.

La Politique scientifique fédérale ne peut imaginer financer des activités en Antarctique sans tenir compte de ce qui se passe à la base belge Princesse Elisabeth. De même, tous nos programmes polaires ne tournent pas exclusivement autour de cette station antarctique. De nombreux chercheurs travaillent depuis des années sous d'autres horizons. Je pense par exemple à la biologie marine. Le rôle de BELSPO est d'assurer la continuité et la cohérence de l'ensemble de ces programmes polaires. Nous y veillons.

Mieux encore, avec l'avènement de la nouvelle station, des moyens supplémentaires ont été débloqués. Des moyens qui doivent assurer le bon déroulement des activités à la station polaire mais aussi le financement de l'ensemble des programmes à vocation polaire.

BELSPO reste donc bien seul maître à bord en ce qui concerne la gestion des recherches scientifiques. Ce qui assure la permanence, l'indépendance et le contrôle de ces programmes.





Changements climatiques en Antarctique

Il y a vingt-cinq millions d'années, l'Antarctique possédait une faune et une flore riches. Il y avait des forêts, de grands marsupiaux s'y promenaient, les espèces foisonnaient. Lorsque le continent antarctique commença à se refroidir pour, lentement, être recouvert d'une calotte glaciaire, la vie commença à se replier sur quelques lieux de refuge: les rares endroits non encore entièrement submergés par la calotte de glace.

Les grands marsupiaux ont évidemment disparu depuis longtemps. Toutes les espèces supérieures se sont éteintes mais dans ces refuges, on retrouve aujourd'hui encore des formes de vie simple: toutes sortes de microbes et d'arthropodes, tels que des collemboles, des mites, des vers, etc.

C'est un monde fait de mares et de lacs, presque tous à proximité immédiate du littoral, ensevelis durant l'hiver sous une épaisse couche de glace, mais où l'on retrouve de l'eau liquide sous la surface gelée. Et là où il y a de l'eau, il y a de la vie. Y compris en Antarctique. Ce sont les derniers refuges de la vie en Antarctique. Tel est le magnifique terrain de recherche des scientifiques gantois Wim Vyverman et Elie Verleyen.



1 Elie Verleyen
2 Wim Vyverman

2

Wim Vyverman:

C'est à la fin des années 1990 que nous avons exploré pour la première fois un de ces 'oasis' en Antarctique: les collines de Larsemann, dans le secteur australien de l'Antarctique oriental.

Même au cours des périodes les plus froides (lors du dernier pic de glaciation), il y a toujours eu des parcelles de ces régions qui sont restées dénuées de glace. La géologie locale a pour effet que les glaciers sont contraints de progresser en contournant les collines et non en les submergeant. Les lieux comme ceux-là sont extrêmement intéressants d'un point de vue évolutif: ce sont les derniers endroits où la vie terrestre, ou une vie sur des eaux terrestres, est possible. Les habitats sont très éloignés les uns et des autres et de taille très réduite. Ce sont des lieux de tout premier choix pour l'étude de l'ensemble des processus d'évolution et d'extinction des organismes. Une sorte de laboratoire naturel permettant l'étude de l'évolution. Par ailleurs, on retrouve également

au fond de ces petits lacs côtiers des sédiments qui se sont accumulés, au sein desquels l'on relève des traces qui permettent d'étudier la vie passée de la région.

Les changements climatiques ont un impact sur les écosystèmes du monde entier, y compris dans les tropiques, mais ce sont essentiellement les pôles qui sont intéressants pour la science, car ils connaissent d'importantes différences thermiques et réagissent très rapidement aux changements du climat.

Quel a été l'apport de l'Année Polaire Internationale pour votre domaine de recherche ?

L'IPY a été l'occasion pour nous de nous rendre davantage nous-mêmes à l'extérieur et d'activer le réseau de contacts internationaux que nous avons mis sur pied. Il s'agissait de parvenir à la 'masse critique' nécessaire concernant cette

3 Elie Verleyen et Wim Vyverman effectuent un prélèvement de sédiments dans un lac de la Baie de Lützow Holm, dans l'Est de l'Antarctique.

4 Wim Vyverman mesure la température, l'acidité et la conductivité de l'eau dans un lac de Langhovde (Baie de Lützow Holm, Antarctique de l'Est).



écologie microbienne en Antarctique. Beaucoup de recherches novatrices ont été menées dernièrement dans le domaine de l'écologie microbienne, ceci dû au fait que de nouvelles technologies permettent à l'heure actuelle d'étudier les communautés microbiennes dans leur environnement naturel. Avec notre étude, nous avons pu prouver que des questions scientifiques clés au niveau de la biogéographie microbienne peuvent être abordées en étudiant l'écologie de microbes antarctiques.

Elie Verleyen:

Je mène mes recherches paléo-climatologiques en recourant à des diatomées et à des éléments fossiles de microorganismes que nous découvrons dans les lacs de l'Antarctique. Rechercher quelles espèces apparaissent dans quelles couches de sédiments nous permet de savoir quel climat y régnait dans le passé.

Pour l'Année Polaire Internationale, le SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research) avait pour objectif de publier un ouvrage faisant un récapitulatif de l'ensemble des connaissances relatives à l'Antarctique, aux écosystèmes antarctiques, ainsi qu'aux effets du change-

ment climatique sur la calotte glaciaire. Wim et moi avons été invités, en tant que scientifiques travaillant sur les milieux terrestres, à prendre part à la rédaction du livre. Il en a résulté une brique de 800 pages, publiée en 2009: le rapport Antarctic Climate Change and the Environment (ACCE).

Prendre part à la rédaction de ce livre nous a permis d'établir des contacts dans le monde entier. Nous avons formé une équipe de scientifiques et cette collaboration a désormais débouché sur un article qui est paru dans le journal Earth Science Reviews.

L'article porte sur des changements climatiques intervenus le long du littoral sud-Antarctique au cours de l'holocène, la période chaude qui a commencé après la dernière glaciation et dans laquelle nous vivons actuellement. La connaissance des variations du climat repose essentiellement sur des forages dans la glace réalisés au niveau du plateau supérieur de l'Antarctique ainsi que sur des forages dans les sédiments en mer. Toutefois, les écosystèmes côtiers que nous étudions établissent en fait le lien entre les forages glaciaires terrestres et les sédiments issus de la mer profonde.

C'est ainsi que nous avons découvert qu'au début de l'holocène (période située entre -11.500 et -9.500 ans), il y a eu une période plus chaude ! Beaucoup de ces régions côtières se sont retrouvées dépourvues de glace en raison du réchauffement du climat. Le niveau de la mer est monté suite à la fonte des calottes de glaces de l'hémisphère nord. De plus, une autre période plus chaude est survenue en Antarctique, entre -4.000 et -2.000 ans. On en retrouve également des traces sur la péninsule Antarctique; par contre, on ne retrouve pas de traces correspondantes dans l'hémisphère nord. Aucune période de chaleur ne s'est manifestée au nord au cours de cette période (entre -4.000 et -2.000 ans). Il semble donc que le nord et le sud n'aient pas la même histoire sur le plan climatologique.

Une découverte très intéressante, grâce à l'IPY ?

Depuis ma thèse de doctorat consacrée aux sédiments des collines de Larsemann, cela fait déjà dix ans que je suis actif. Nous avons bâti, au fil des années, un réseau de scientifiques qui réfléchissent aux mêmes questions mais c'est bel et bien l'Année Polaire Internationale qui nous a offert l'occasion de mettre en avant nos conclusions.



Ce spécimen de fuchsia, un amphipode, a été découvert au large de l'île du Roi George (C. De Broyer).

SCAR-MARBIN : Un projet belge phare de l'année polaire internationale.

Parmi les projets estampillés 'Année Polaire Internationale' auxquels ont participé les chercheurs belges, il en est un qui revêt une importance toute particulière. Il s'agit du projet SCAR-MarBIN (SCAR - Marine Biodiversity Information Network) (Réseau d'information sur la biodiversité marine du SCAR, le SCAR étant le Comité scientifique pour la recherche en Antarctique ou Scientific Committee on Antarctic Research). Et pour cause, la direction de ce projet international se situe en Belgique, au sein de la Plateforme Belge de la Biodiversité. Initié par Claude De Broyer et Bruno Danis, de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, SCAR-MarBIN est aujourd'hui une véritable 'success story'!

La genèse de cette aventure est finalement assez simple, explique De Broyer. Notre constat de départ était limpide: il existe dans le monde une abondance d'informations sur la biodiversité marine en Antarctique. L'Océan Austral est extrêmement riche en matière de biodiversité et les études qui y ont été menées jusqu'à présent sont multiples. Malheureusement, cette masse d'informations scientifiques et techniques est très largement morcelée et éparpillée. De plus, force est aussi de constater qu'une partie de cette information se perd. Il y avait donc

une initiative à prendre, un effort à faire pour rassembler et valider toutes ces données qui relevaient des chercheurs mais aussi d'autres secteurs d'activités comme la pêche ou la conservation de la Nature.

En outre, dans le cadre des objectifs du développement durable, les Nations Unies ont décidé d'établir à l'horizon 2012, un peu partout autour du globe, un réseau des zones marines protégées, y compris en Antarctique. Avant de créer ces zones, il faut bien sûr avoir

une bonne connaissance de la distribution de la biodiversité. D'où l'idée maîtresse du projet SCAR-MarBIN qui répondait à la question : toutes ces données disséminées, pourquoi ne pas les rendre accessibles au plus grand nombre d'utilisateurs, pour les besoins de la recherche, de la conservation et de la gestion durable de l'environnement et des ressources vivantes?

L'idée lancée, il a fallu définir les grands axes du projet. Il n'était pas question de créer une seule et unique base de données gigantesque reprenant ce qui était disponible aux quatre coins du monde. Nous avons préféré élaborer un réseau reliant les bases de données existantes, créer un réseau de bases de données interopérables et coordonnées, indique le scientifique. Cela permet à chacun de gérer ses données comme il le veut, d'améliorer leur compilation et leur contenu à son rythme et selon ses moyens tout en mettant à la disposition de l'ensemble des chercheurs ce qui existe déjà.

A l'occasion de l'Année Polaire Internationale, et sous l'égide du SCAR qui favorise activement la coopération scientifique internationale, le projet a pris son envol. Il avait cependant été initié dès 2005, essentiellement grâce à un financement de BELSPO mais aussi d'autres partenaires dont, au départ, le projet mondial CoML (Census of Marine Life) supporté par la Fondation Sloan, à New York.

L'embryon du projet SCAR-MarBIN est porté dans un premier temps par les partenaires du projet belge BIANZO. Ce projet de recherche concernait l'étude de la biodiversité des communautés benthiques antarctiques. De Broyer travaillait sur les crustacés amphipodes, un groupe extrêmement diversifié dans l'Océan Austral dont il s'est fait une spécialité.

L'équipe de l'Université Gent, également partenaire de BIANZO, se concentrait sur les nématodes. Enfin, l'Université libre de Bruxelles et l'Université de Bourgogne (France) participaient aussi à ce projet en étudiant les échinodermes (oursins).

Dans un premier temps, dans une optique d'étude de faisabilité, ce sont donc les bases de données de ces différents partenaires belges qui ont été mises en réseau. Depuis, sous l'égide du SCAR, le projet a pris une toute autre dimension. Le partenariat et la coordination des bases de données sont devenus 'planétaires'.

En marge de ce projet, nous avons également participé au lancement du projet CAML (Census of Antarctic Marine Life), indique le chercheur. Ce recensement spécialisé de la biodiversité marine antarctique s'inscrit dans le cadre plus global du programme mondial CoML. CAML poursuivait trois objectifs principaux: étudier la biodiversité en intensifiant l'exploration marine et les collections, mieux cerner la distribution des espèces et enfin évaluer leur abondance. Au total, CAML a débouché sur 19 campagnes menées par 15 pays et 300 chercheurs. La plupart ont eu lieu dans des zones peu connues de l'Océan Antarctique et ont exploré des profondeurs jamais atteintes. Les données récoltées dans ce contexte enrichissent également le réseau SCAR-MarBIN.

D'où l'idée maîtresse du projet SCAR-MarBIN qui répondait à la question : toutes ces données disséminées, pourquoi ne pas les rendre accessibles au plus grand nombre d'utilisateurs, pour les besoins de la recherche, de la conservation et de la gestion durable de l'environnement et des ressources vivantes?

Anémone de mer "Actinie Bouvet"
(M. Rauschert).

Aujourd'hui SCAR-MarBIN atteint un niveau d'utilité globale reconnu par tous les partenaires, estime Claude De Broyer. Toutes les institutions antarctiques dans le monde y contribuent. Et les informations qui y sont reprises sont également des plus pertinentes. Elles ont toutes été vérifiées par les scientifiques les plus compétents dans leur domaine.





CUMA *Cyclops gigas*
St.293 M. RAUSCHERT.



Anchiphimedia dorsalis-M.
RAUSCHERT (AWI) -WED



LYSIANASSOIDEA *Waldeckia obesa*
ANTXXIII-8 sta 686-1 C. d'Udekem
d'ACOEZ (IRSNB-KBIN)



ISOP *Natatolana*
St. 167 M. RAUSCHERT



EPIMERIIDAE *Epimeria*
robustoides M. RAUSCHERT (AWI)



LEPT *Nebalia*
2 St 253 M. RAUSCHERT



Epimeria grandirostris
M. RAUSCHERT (AWI) -WED



ECHI *Holothurie*
St.307 M. RAUSCHERT



Cyllopus lucasii-WED
M. RAUSCHERT (AWI)

Les chiffres

SCAR-MarBIN: 50 millions... de consultations et de téléchargements.

Le succès du projet SCAR-MarBIN porté par la Belgique est incontestable. Les chiffres en attestent!

196 bases de données dans le monde sont désormais accessibles via SCAR-MarBIN. Elles reflètent la participation de toutes les grandes institutions actives en Antarctique.

8.500 espèces reprises dans ces bases de données sont scientifiquement validées. Plus de 80 spécialistes de la faune marine dans le monde les ont certifiées. Chacun pour son groupe a vérifié les noms, les caractéristiques et les renseignements concernant chaque espèce.

1,2 million de données de distribution sont accessibles. Une des richesses de ce réseau porte en effet sur les données relatives à la distribution des espèces. On y retrouve des informations sur les espèces récoltées, leur localisation précise et d'autres types d'informations. Et ce, depuis les expéditions du Capitaine Cook, au 18^e siècle!

50 millions de téléchargements Enfin, du côté des utilisateurs, le compteur a désormais dépassé le cap des 50 millions de données téléchargées depuis le début de la mise en place du réseau, en 2005

www.scarmarbin.be
www.antabif.be



Que trouve-t-on exactement dans cet ensemble de bases de données? Deux grands types d'informations. Il y a tout d'abord les données taxinomiques. On y retrouve en priorité les données RAMS (Register of Antarctic Marine Species). Elles permettent de se faire une idée précise de la richesse en espèces de l'Océan Austral et d'établir une référence de base indispensable en matière de nomenclature et de classification. Il y a ensuite les données de localisation des prélèvements: longitude, latitude, profondeur, observations locales de l'environnement. Cela semble banal, mais il s'agit d'informations importantes, d'autant que ce type de données est disponible depuis... le début de l'exploration antarctique. On connaît donc pour la plupart des groupes la localisation détaillée des zones de récoltes des spécimens au cours du temps, précise le scientifique. Ce registre contribue notamment au WORMS (World Register of Marine Species), registre mondial d'espèces marines.

Quant à l'avenir, il se dessine déjà. Les partenaires du réseau travaillent à son développement en y ajoutant des sources d'informations complémentaires, de nouvelles fonctionnalités d'identification taxinomique, de visualisation, de cartographie et d'analyse. Ce qui permettra

SCAR-MarBIN fait maintenant partie d'AntaBIF, un nouveau projet de BELSPO, qui a pour but de connecter, de la même façon que SCAR-MarBIN, toutes les données liées à la biodiversité antarctique tant terrestre que marine et, plus spécifiquement, les données produites par les recherches scientifiques réalisées dans la base belge en Antarctique Princesse Elisabeth.

notamment de comparer les couches cartographiques d'occurrence des espèces avec toute une série de données environnementales: la température de l'eau, sa salinité, les courants, les nutriments, etc. Des données qui sont bien entendu aussi accessibles pour d'autres espèces que les crustacés comme les poissons, les poulpes, les calamars, les étoiles de mer, les oiseaux, les mammifères... Un dernier type de données demande encore à être développé pour améliorer cette gigantesque radiographie de la biodiversité marine antarctique: celle portant sur l'abondance des espèces.

En plus, SCAR-MarBIN fait maintenant partie d'AntaBIF, un nouveau projet de BELSPO, qui a pour but de connecter, de la même façon que SCAR-MarBIN, toutes les données liées à la biodiversité antarctique tant terrestre que marine et, plus spécifiquement, les données produites par les recherches scientifiques réalisées dans la base belge en Antarctique Princesse Elisabeth.

Le projet SCAR-MarBIN ne s'est bien entendu pas arrêté avec la fin de l'Année Polaire Internationale. Un des grands développements actuels de SCAR-MarBIN porte sur l'élaboration d'une nouvelle biogéographie de l'Océan Austral. Il s'agit ici de dresser une carte de la distribution des animaux et des algues marines, de leurs zones de distributions et d'y joindre des explications solides concernant cette distribution.

La dernière synthèse biogéographique date de 1969 pour l'Océan Austral, indique le chercheur de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. Depuis, nous avons une occasion unique avec le CAML et SCAR-MarBIN de l'actualiser. Actuellement, 62 chercheurs valident et complètent ces données de distribution, étudient l'origine des groupes, expliquent la distribution des espèces. Nous élaborons ensuite des cartes de distribution et indiquons quels sont les facteurs qui conditionnent cette répartition des espèces. Enfin, l'outil permettra des modélisations. Grâce à lui, nous pourrons nous projeter dans le futur. En modifiant certains paramètres environnementaux, nous pourrons prévoir comment les populations risquent d'évoluer dans l'espace et dans le temps.



La cryosphère sous surveillance

Le brise-glace américain Palmer sur le site du projet "SIMBA".

Qu'il s'agisse de la calotte antarctique, de celle qui recouvre le Groenland, de la banquise des deux hémisphères ou d'autres glaces flottantes voire encore de l'écoulement des glaciers terrestres, l'étude de la cryosphère mobilise de nombreux chercheurs belges. A l'occasion de l'Année Polaire Internationale, ceux-ci ont redoublé d'efforts. Leurs programmes de recherches ont porté sur une multitude de domaines. On n'étudie bien entendu pas uniquement la glace pour la glace. On y lit aussi l'histoire de notre planète, on y traque des indices sur son rôle dans la machinerie climatique globale, on y détecte aussi des informations sur les liens entre l'atmosphère et l'océan. De la dynamique des masses glacées de la Terre à la bio-géochimie en passant par la modélisation (climatique ou autre): la cryosphère a été mise sous pression pendant l'IPY par les chercheurs belges.

Florilège

Ba²sics (Biogeochemistry of Antarctic & Arctic sea Ice and the Climate change)

Ce programme international a été largement soutenu par des équipes belges, principalement à travers le consortium SIBClim (Sea Ice Biogeochemistry in a Climate Change Perspective). Les équipes de l'ULB, l'ULg et l'UCL se sont intéressées aux échanges entre la glace de mer, l'océan et l'atmosphère, ainsi que sur l'impact de ces flux sur le climat.

Dans le cadre de l'Année Polaire Internationale, le programme SIBClim a évolué pour s'intéresser aux régions polaires Nord et Sud, ce qui

a donné Ba²sics. Trois campagnes de terrain ont été menées dans le cadre de Ba²sics. Ces campagnes concernaient les projets de recherche SIMBA (Sea Ice Mass Balance in Antarctica), mené dans le cadre du projet API-ICED; CFL (Circum Polar Flaw Lead, dans l'arctique Canadien (projet API-CFL) et Arctic landfast sea ice in Point Barrow en Alaska (projet API-PACSIZ).

Il est à noter que ces travaux ont débouché sur quelques belles découvertes. On a ainsi pu mettre en évidence que la glace de mer affichait une teneur en fer jusqu'à 100 fois plus importante que les eaux de surface dans les régions polaires. Ce qui est de nature à favoriser l'efflorescence du plancton au printemps.



ICED

(Integrating climate and ecosystems dynamics)

La banquise joue un rôle important dans la machine climatique terrestre et les écosystèmes qui y vivent... et pas uniquement en ce qui concerne son pouvoir réfléchissant du rayonnement solaire incident. L'activité biologique dans la banquise joue aussi un rôle majeur et méconnu sur le cycle des gaz à effet de serre. Voilà une question qui intéresse les chercheurs Jean-Louis Tison à l'ULB ou encore Bruno Delille de l'ULg.

De la vie dans la banquise? Bien sûr. Elle abrite des algues, des producteurs primaires, qui consomment du dioxyde de carbone. Ces organismes doivent résister à de très basses températures dans des poches d'eau liquide où le taux de salinité est très élevé (jusqu'à 200 grammes de sel par litre, une valeur à comparer à la salinité de l'eau de mer qui est d'environ 34 grammes par litre). Pour survivre dans ces environnements extrêmes, les algues produisent des composés qui contiennent du soufre. A leur tour, ces composés se dégradent en un gaz soufré qui s'échappe dans l'atmosphère où ils finissent par s'oxyder pour ainsi former des sulfates... des aérosols qui ont un rôle inverse à celui de l'effet de serre. Ils limitent l'apport

d'énergie incidente, bloquent le rayonnement solaire et en plus constituent des noyaux de condensation pour la vapeur d'eau dans les nuages.

Bref, inconnus dans les bataillons de mesures qui alimentent actuellement les modèles climatiques, ces données, issues potentiellement de quelque 28 millions de kilomètres carrés de banquise, ont très probablement un impact important sur le climat. Par ailleurs, les teneurs de CO₂ dans les poches de saumure de la banquise sont, elles, quasi nulles (zéro ppm). Or, on le sait, suite aux émissions anthropiques massives de dioxyde de carbone depuis la révolution industrielle, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère est actuellement de l'ordre de 400 ppm.

Résultat: le CO₂ atmosphérique est diffusé dans la banquise, puis est capté par les algues qui vont se dégrader et éventuellement couler au fond des océans. A Liège et à Bruxelles, on étudie aussi ce système d'exportation vers les fonds marins de ce gaz à effet de serre (piégeage naturel du carbone). Le rôle des communautés biologiques dans le contrôle de flux de gaz à effet de serre est au cœur des travaux menés par les chercheurs belges. Ce volet de la bio-géochimie de la glace et son impact sur le climat sont également étudiés par les chercheurs belges.

CFL

(Circumpolar flaw Lead) Etude du chenal de séparation circumpolaire

CFL est le plus important programme canadien de recherche financé dans le cadre de l'IPY. Il était ouvert à la collaboration internationale. Les glaciologues belges y ont tout naturellement participé.

CFL s'intéresse aux 'leads'. Un 'lead' est une ouverture dans la couverture de la glace de mer, un chenal. En Arctique, les Belges ont travaillé entre le Groenland et les îles canadiennes situées à l'Est de la mer de Beaufort, au large de l'île Banks. Il s'agit d'une zone de plusieurs centaines de kilomètres carrés où le gyre arctique entre en connexion avec les eaux voisines, indique Jean-Louis Tison (ULB). Les campagnes de terrain se sont déroulées à bord du brise-glace Amundsen entre novembre 2007 et juin 2008. Huit à neuf équipes se sont succédées à bord de l'Amundsen pendant cette campagne.

Ce 'lead', ce chenal de séparation, se forme dans la glace de mer et perdure tout au long de l'hiver. Il offre ainsi une occasion exceptionnelle d'étudier l'évolution saisonnière de l'Océan Arctique en ce qui concerne sa dynamique, les écosystèmes marins, les contaminants, les gaz à effet de serre ainsi que les cycles du carbone et des nutriments.



L'activité biologique dans la banquise joue aussi un rôle majeur et méconnu sur le cycle des gaz à effet de serre.



et les renards polaires qui là-haut viennent volontiers mâchouiller les tentes, les câbles et le matériel utilisé par les scientifiques paraît-il. Commentaire d'un chercheur: en Alaska, c'est plus difficile qu'en Antarctique!

Un détail encore mais qui a son importance: ces campagnes, placées sous la direction d'Hajo Eicken, de l'Université de Fairbanks, se sont principalement focalisées sur la glace qui reste accrochée à la côte (landfast sea ice). Une glace très particulière qui, par sa nature, capture les sédiments, le méthane, etc.



- 1 L'équipe du projet Simba à la station "Brussels".
- 2 Tour météo à Barrow (PACSIZ).

PACSIZ

(Integrated biophysical sea-ice observatory in the PACific Seasonal Ice Zone)

Dans le cadre de cet autre projet estampillé IPY, et concernant l'Océan Arctique, les chercheurs belges ont participé à l'étude de la banquise côtière et à son évolution au fil du temps. Avec le réchauffement global, la banquise se fait plus réduite en superficie mais aussi plus mince. Des réseaux de bouées ont été déployés, sous la conduite de l'Institut géophysique de l'Université d'Alaska à Fairbanks, pour prendre la mesure exacte de cette évolution. Les bouées ont servi à mesurer la croissance de la glace, sa hauteur au-dessus de l'eau, la salinité, la température etc. De plus, une tour météo belge a également été utilisée afin de mesurer les flux de CO₂ par 'eddy-corrélation' sur le site du Barrow Sea Ice Observatory, en Alaska. Cette opération n'a pas été de tout repos semble-t-il. En cause: les ours blancs

ASPeCt

(Antarctic sea ice processes & climate)

Ce projet sous leadership australo-américain s'intéresse, comme son acronyme l'indique, à la dynamique de la glace de mer en Antarctique, en relation avec le climat. Même s'il s'agit autant de géophysique que de bio-géochimie, au départ, ce projet visait exclusivement à une étude physique de la banquise, ses mouvements et ses déformations. Des mesures qui sont notamment réalisées par des bouées instrumentées qui permettent de valider les modèles de formation et d'évolution de la glace de mer, modèles pour lesquels les chercheurs de l'Université Catholique de Louvain sont reconnus comme des experts mondiaux. La Belgique a participé à ce programme placé sous la bannière IPY, notamment via BELSPO qui a financé une de ces bouées dans le cadre de la mission SIMBA.



3	4
---	---

- 3 Prélèvement d'échantillons dans la banquise.
- 4 Test de température de la glace de mer (SIMBA).

GEOTRACES

(Identification et études des éléments à l'état de traces et des isotopes dans l'océan et leur évolution suite aux changements environnementaux)

Delphine Lannuzel, Véronique Schoemann et Jeroen de Jong, tous trois membres de l'équipe de Jean-Louis Tison (ULB) se sont intéressés à la mesure du fer (élément trace) dans la glace de mer. Un exercice de haute voltige tellement les teneurs étudiées sont faibles. Néanmoins, des résultats ont été engrangés. Il en ressort que le fer provient probablement en majorité des zones de remontées d'eau froide (upwelling), et, contrairement aux autres impuretés, il adhère à la structure cristalline de la glace de mer grâce à des processus physico-chimiques et biologiques encore mal connus. La banquise joue ainsi un rôle de stockeur naturel. Quand la glace de mer fond, le fer devient un microélément nutritif, ce qui favorise une efflorescence

d'algues. A leur tour, celles-ci, par photosynthèse, pompent du CO₂ atmosphérique.

SALE-IPY

(Subglacial Antarctic Lake Environments)

Ce projet, dirigé par un chercheur américain, portait sur un inventaire des lacs sous-glaciaires dans le monde et principalement en Antarctique. L'inventaire se doublait d'études sismologiques et géophysiques de ces environnements ainsi que de la dynamique de la glace de ces lacs. Bien entendu, la biologie des eaux de ces lacs, souvent coupés du reste du monde depuis des millénaires par l'épaisse calotte antarctique qui les couvre, a aussi suscité la curiosité des chercheurs.

Un des partenaires belges de ce programme n'est autre que Frank Pattyn (ULB). Il s'est particulièrement intéressé à la modélisation de



1

2

1 Filtration d'échantillons à bord du Palmer (SIMBA).

2 Tranchée de travail du forage NEEM au Groenland.

l'écoulement des glaces continentales à travers ces lacs sous-glaciaires. Cette glace, parfois épaisse de plusieurs kilomètres, se comporte comme un ice-shelf, indique-t-il. Elle flotte sur les lacs. Frank Pattyn s'intéresse aussi aux réseaux hydrologiques, aux flux qui existent entre ces lacs. De manière régulière, ils se 'vident' les uns dans les autres: ce qui se détecte aussi en surface. Enfin, à noter encore, l'IPY a été mise à profit pour effectuer un nouveau recensement de ces lacs en Antarctique.

Par ailleurs, Jean-Louis Tison (ULB) a été impliqué dans ce projet en ce qui concerne l'étude de la vie dans ces environnements extrêmes. La présence de lacs qui sont isolés, à l'interface avec les rochers, depuis peut-être des millions d'années, intéresse ce scientifique. Principalement en ce qui concerne les gaz retenus prisonniers dans ces glaces. Leur signature peut nous en apprendre beaucoup tant sur la vie passée que sur celle qui y règne maintenant.

NEEM

les glaces du Groenland révèlent le climat de l'Eémien

Le projet international NEEM (North Greenland Eemian Ice Drilling) est un forage glaciaire réalisé dans le nord du Groenland. Il a été placé sous bannière IPY. L'analyse des bulles de gaz prisonnières dans la glace, la détermination de sa composition isotopique, l'étude des poussières et les grains de sable ou de pollen retenus dans chaque tranche glacée permet aux chercheurs de reconstruire l'évolution du climat terrestre. Les glaciologues belges ont été impliqués dans ce projet, dont la partie forage est en passe de se conclure.

Avec le projet NEEM, les chercheurs veulent en priorité mieux cerner une période de l'histoire climatique de la Terre: l'Eémien. Cette période démarre il y a 140.000 ans environ. À cette époque, la température moyenne de la Terre était de quelques degrés supérieurs à la nôtre puis elle a brutalement chuté. Mieux en appréhender les raisons peut permettre de comprendre ce qui se passe actuellement sur Terre et pronostiquer éventuellement l'évolution climatique de la planète.

En Antarctique, les sondages glaciaires ont permis de remonter le temps sur plus de 800.000 ans. Au Groenland, les forages glaciaires ne vont pas aussi loin. Mais ils permettent d'obtenir plus de détails.

Neem est le dernier forage de ce type en date. Les précédents forages profonds au Groenland avaient permis de remonter l'histoire climatique sur 100.000 ans (forages GRIP et GISP) et 123.000 ans (forage NorthGrip).



Modélisation de l'évolution et de la stabilité de la calotte du Groenland

Modeling the evolution and stability of the Greenland ice sheet

Avec le réchauffement actuel que traverse la Terre, les chercheurs estiment que la calotte glaciaire qui recouvre le Groenland pourrait être très sensiblement déstabilisée. En d'autres termes, elle pourrait se mettre à fondre de manière accélérée et perdre une bonne partie de sa masse. Ce

qui aurait à son tour un impact sur le niveau moyen de l'eau des mers et des océans. A la Vrije Universiteit Brussel (VUB), Philippe Huybrechts participe à un projet IPY visant notamment à modéliser cette évolution, en collaboration avec Thierry Fichefet, Hugues Goosse et leur équipe, qui eux, travaillent à l'Université Catholique de Louvain. Il se base notamment sur les données datant de l'Eemien. Plusieurs questions intéressent ici les chercheurs. La calotte va-t-elle quasiment disparaître? Si le climat se refroidit, va-t-elle se reconstruire? Et de quelle manière ? etc.

Conditions de travail difficiles à la station "Brussels".



La baleine (cétacés)

Longtemps, on a cru que les cétacés étaient des poissons. Or, ils n'ont pas de branchies (mais bien des évents), ce qui prouvent qu'ils ont des poumons. En outre, les petits sont allaités, ce qui en fait des mammifères.

Le nombre d'espèces de cétacés est très élevés: la baleine bleue, la baleine à bosse, la baleine blanche, la baleine grise, etc. Certaines dépassent les 33 mètres de long et pèsent plus de 100 tonnes, tandis que d'autres ne sont pas plus grandes qu'un être humain.

Les scientifiques distinguent deux groupes de cétacés: les cétacés à dents et les cétacés à fanons (qui en lieu et place de dents, possèdent des lames cornées avec lesquelles ils filtrent l'eau). Les cachalots, qui appartiennent au sous-ordre des cétacés à dents, se nourrissent de calmars, de seiches et de poulpes. Les orques, quant à elles, se nourrissent de poissons et de coquillages, voire d'autres cétacés et mammifères marins.





Notre prof est allée au Pôle Nord



1

2

1 Mieke Eggermont (à gauche) et Katja Guilini (labo de Biologie marine de l'Université de Gent).

2 Le brise-glace allemand RV Polarstern au Spitsbergen.

Mieke Eggermont est une jeune enseignante en biologie qui, avec deux collègues (norvégien et allemand), a eu la chance de pouvoir voyager en Océan Arctique à bord du navire de recherche allemand le Polarstern. Voilà son histoire.

Mieke Eggermont:

C'est le professeur Jean-Pierre Henriët qui a suscité mon enthousiasme pour la recherche polaire. À l'époque, j'enseignais à temps partiel au Koninklijk Atheneum de la Voskenslaan, à Gent. J'y ai découvert, à mon grand étonnement, que j'étais comme un poisson dans l'eau en face de la classe. Je suis vétérinaire de formation, spécialisée dans les petits animaux domestiques, et pour affûter quelque peu mes connaissances, je suis retournée aux études. J'ai suivi les cours de géologie marine du professeur Henriët, qui demanda, lors de la première leçon, qui souhaitait un jour aller en Antarctique. J'ai levé mon doigt. J'étais la seule dans l'auditoire. Et il m'a dit: 'Si tu le veux vraiment, il faut y aller !'

Lors du lancement de l'Année Polaire Internationale, nous avons participé avec l'école au concours class@poles de l'IPF. La mission consistait pour les élèves à poser eux-mêmes

une question scientifique et à indiquer comment ils procéderaient pour la recherche. Les examens avaient déjà commencé, mais avec un petit coup de pouce, cela a quand même marché: un de nos élèves, Werner Dewaele, voulait savoir si les Inuits, la population indigène de la région arctique, subissaient des effets nuisibles de la pollution que nous causons ici, au sud. Il avait imaginé une expédition sauvage impliquant une multitude d'avions et d'hélicoptères et... finit parmi les lauréats. En guise de récompense, il put se rendre à Ny Ålesund, à Svalbard (Spitsberg), dans l'université la plus septentrionale du monde. Un voyage de rêve !

C'est alors que le professeur Henriët m'a demandé si je rêvais moi-même toujours des pôles. Allons, donc ! Lui-même avait déjà participé à de nombreuses expéditions à bord du brise-glace Polarstern de l'institut Alfred Wegener et grâce à ses bons contacts en Allemagne, il savait qu'il y avait quelques places libres à



Nous pouvions circuler librement sur un navire embarquant 50 scientifiques qui ne pouvaient échapper à notre curiosité.

bord. J'ai ainsi pu embarquer pendant trois semaines avec un collègue allemand et une enseignante norvégienne. C'est au début du mois de juillet 2007 que nous sommes montés à bord à Longyearbyen, la capitale du Svalbard, pour redescendre du Polarstern trois semaines plus tard à Tromsø, au nord de la Norvège. Ce fut fantastique ! Nous pouvions circuler librement sur un navire embarquant 50 scientifiques qui ne pouvaient échapper à notre curiosité. Nous avons pu poser toutes les questions que nous voulions. Le soleil était levé 24 heures sur 24. Nous dormions à peine 3 heures par nuit, et même ces brèves nuits me laissaient un arrière-goût de perte de temps. Était également présente à bord une chercheuse de ma ville de Gent, Katja Guilini, membre de l'équipe du professeur Ann Vanreusel, qui étudiait les nématodes (ascarides).

Le Polarstern s'est d'abord dirigé vers le Hausgarten (littéralement en français: 'arrière-cour'), une région qui s'étend à l'ouest du Spitsbergen où chaque année car des chercheurs de différents pays y effectuent des travaux en permanence. Ils y ont ancré des instruments à de très longues cordes (moorings) qui enregistrent des données à diverses profondeurs sur l'ensemble de la colonne d'eau. Les cordes se détachent automatiquement de leurs ancrs à la suite d'un simple signal radio émis depuis le bateau. Les Suédois, de leur côté, utilisaient carrément des rails de tram en acier, qui ont rouillé en 100 ans. Une fois relâchés, il faut plusieurs heures à tous ces instruments pour remonter les 2000 mètres de profondeur à laquelle ils se trouvaient et réapparaître à la surface. Nous pouvions tout suivre de près à bord. Nous avons demandé au capitaine si nous allions également naviguer vers la banquise mais le Hausgarten se situe dans une région qui est en principe dépourvue de glace..., donc non. Jusqu'à ce qu'un jour, au matin, nous nous réveillions pour constater que c'était la banquise qui avait dérivé vers nous. Le Polarstern était entièrement ceinturé par la glace! Magique. Mais pour



l'équipage, c'était tout sauf amusant: pour retrouver les instruments, il leur fallait briser la glace. Un boulot gigantesque. Mais nous trouvions cela fantastique.

Nous disposions également à bord d'un R.O.V (Remotely Operated Vehicle), un sous-marin télécommandé capable d'atteindre des profondeurs de 4 000 mètres. Les images caméra qu'il renvoyait étaient visibles partout à bord sur grand écran. Une fois, il filma une grande éponge, claire et nette... et voilà que tout d'un coup, une crevette lui grimpe dessus, à 4 000 mètres de profondeur! Vraiment incroyable!

Deux ans auparavant, l'équipage du Polarstern avait abandonné sur le fond marin une baleine morte lestée d'un cadre en métal. Ils voulaient savoir ce qui allait advenir de ce grand corps dans ce désert des grandes profondeurs. L'année qui précédait, le Polarstern n'avait pas réussi à revenir à cet endroit. Il était donc captivant d'aller voir ce qu'il restait de cette baleine après deux années sur le fond. Nous avions les coordonnées exactes mais il n'y avait plus rien à voir sur les lieux. Rien que le cadre en métal. Il s'est avéré que la baleine avait été dévorée jusqu'au dernier millimètre cube par une espèce de scampis sans tête (amphipode). Ce sont des charognards qui se précipitent de partout dès qu'ils perçoivent l'odeur de viande en putréfac-

3

3 Rencontre avec une crevette et une éponge... par 4.000 mètres de fond.

4

4 Les instruments en surface dans la région d'Hausgarten.

tion dans l'eau. Quoi qu'il en soit, nous avons remonté quelques-uns de ces scampis à la surface avec une nasse et les avons (subrepticement) jetés sur le barbecue. C'est très bon.

L'Océan Arctique est également le lieu où opère la grande pompe qui actionne les courants océaniques marins. Le Gulf-Stream chaud à la surface en constitue une composante. L'eau saline et froide possède une grande densité et chute vers le fond et lance le mouvement. Mais ces processus se déroulent sur des centaines d'années. Ce n'est que maintenant que les conséquences de la révolution industrielle et de la pollution qui s'en est suivie s'acheminent jusqu'au fond de l'océan. Une des expériences les plus intéressantes était pratiquée avec une caméra qui était baladée à un mètre du fond au fil du courant. Cette caméra prenait un cliché à des intervalles réguliers, ce qui permettait aux scientifiques de relever la quantité de vie macrobiotique visible sur chacune des photos. L'expérience a été répétée quatre ans plus tard. C'est ainsi que l'on a constaté que le nombre d'animaux et de végétaux avait déjà diminué de moitié ! Il y a de quoi avoir peur, non ? Les scientifiques s'attachent actuellement à voir s'il s'est agi là d'une variation fortuite ou si l'on a réellement affaire à un recul dramatique de la faune et de la flore de l'océan.

Les scientifiques sont peut-être trop prudents. Ils ne sont guère enclins à tirer rapidement la sonnette d'alarme, mais en attendant, la politique reste inchangée. Lorsque vous êtes devant une classe de jeunes gens, vous n'y échappez pas, c'est leur monde. Ce sont eux qui feront l'opinion publique de demain. C'est peut-être une bonne chose que de temps à autre, une simple prof aille au pôle nord. Chaque jeune convaincu compte. Un seul individu peut faire la différence.



L'Observatoire Royal de Belgique dirige le programme GIANT-LISSA.



1

2

- 1 Station GPS permanente.
- 2 Denis Lombardi vérifie le sismomètre.

La gigantesque calotte glaciaire qui recouvre l'Antarctique joue un rôle majeur dans la déformation du continent sous-jacent. Pour étudier cet impact et les mouvements du sol qui résultent notamment de la variation de cette masse glacée (comme la fonte de la calotte par exemple, l'accélération de ses écoulements, les modifications d'accumulation de neige, etc.), les chercheurs de l'Observatoire royal de Belgique, en collaboration avec divers partenaires internationaux, sont impliqués dans deux projets de recherche: Polenet et GIANT-LISSA.

Polenet (Polar earth observation Network) étudie la géodynamique des régions polaires, le champ magnétique de la planète ainsi que les interactions entre la Terre, la cryosphère, les océans et l'atmosphère. C'est un projet international relevant de l'Année Polaire Internationale. Les chercheurs belges (Observatoire royal de Belgique, Ecole royale militaire), luxembourgeois (Université de Luxembourg), avec le soutien de BELSPO, ont concentré leurs efforts dans ce cadre au travers du projet GIANT-LISSA (GIANT = Geodesy for Ice in ANTArctica et LISSA = Lithospheric and Intraplate Structure and Seis-

micity in Antarctica), soit en français Géodésie pour le bilan de glace en Antarctique (GIANT) et structure de la lithosphère et sismicité intraplaque en Antarctique (LISSA).

Avec la Station Princesse Elisabeth, nous avons non seulement la chance de disposer d'une base de recherche en Antarctique mais surtout d'avoir accès directement au socle rocheux, explique Thierry Camelbeeck, sismologue à l'Observatoire royal de Belgique (ORB) et coordinateur de GIANT-LISSA. Cela nous autorise à réaliser certaines mesures qui autre-



Un continent en mutation.

Le continent antarctique se déforme à cause des variations de charge en surface. D'une part, il y a une déformation lente liée à la fonte de glace qui eut lieu à la fin de la dernière période glaciaire voici 10.000 ans. D'autre part, la déformation engendrée par les variations actuelles de la glace de surface causées par le réchauffement global, ne se marque pas encore. C'est pour séparer ces deux composantes de la déformation que les chercheurs combinent des mesures de déformation de la croûte terrestre en surface (GPS) avec des mesures de variation de la pesanteur qui permettent d'estimer les variations de masses. Avec une précision de l'ordre du millimètre pour le GPS et du milliardième de g (9.82 m/s^2) pour la pesanteur.

1

1 Placement du sismomètre dans le puits de forage.

2

2 Laboratoire de gravimétrie.



ment auraient été beaucoup plus difficiles, voire impossibles, à effectuer. Tout d'abord, en collaboration avec l'Université de Luxembourg, nous avons installé deux stations de positionnement par satellites (GPS). Elles servent au suivi des mouvements de la station, du moins de son éperon rocheux, le nunatak Utsteinen. Ces GPS sont bien entendu en relation avec le réseau mondial et sont censés fonctionner toute l'année. Toutefois, lors de la première campagne, ils n'ont effectivement été en service qu'un bon mois. Il y a ensuite eu des problèmes d'alimentation en électricité. Par ailleurs, nous avons également réalisé des mesures de gravimétrie absolue sur le site lors d'une campagne de terrain ultérieure. Ces mesures sont appelées à être répétées d'année en année. Une année sur deux, l'Observatoire royal expédiera là-bas un gravimètre absolu. L'autre année, ce sera l'Université du Luxembourg qui se chargera du matériel et des mesures.

En combinant ces doubles jeux de données, (la gravimétrie absolue et les mouvements verticaux du site livrés par les GPS) nous pouvons également nous faire une bonne idée de l'évolution des masses de glace tout autour de la station. L'évolution de cette masse gigantesque, dans un rayon de l'ordre de 250 kilomètres autour de la base, nous donne ainsi une mesure quantitative de l'influence du réchauffement climatique sur la calotte polaire. Il est encore à noter que de son côté, l'Université de Luxembourg réalise le même type de mesures en collaboration avec l'Université du Colorado à Boulder (USA) au Groenland. Ce qui rend nos mesures en Antarctique encore plus intéressantes. Toutefois, avant de pouvoir tirer un quelconque enseignement de ces séries de données et leur comparaison avec l'hémisphère

nord, il faudra d'abord engranger des observations sur une dizaine d'années.

L'autre grand projet que nous avons en Antarctique porte sur l'installation d'une station sismique à large bande. Cette station est également appelée à faire partie du réseau mondial. Comme nous sommes là-bas sur un socle rocheux, nous avons accès à toute une série de signaux intéressants en sismologie. L'installation du sismomètre a eu lieu au cours de la campagne 2009-2010. Malheureusement, il n'a pu fonctionner que pendant un mois, faute d'alimentation électrique. Nous espérons qu'à partir de cette saison australe, il pourra être mis en service continu, y compris pendant l'hiver antarctique, quand la station n'est pas occupée.

Ce sismomètre a été installé dans un forage. Lors de son premier mois de fonctionnement, il a notamment pu détecter le grand séisme qui a affecté le Chili (8,8 de magnitude) dans la région de Concepcion. Notons aussi, pour l'anecdote, que notre instrument a aussi livré des mesures de l'impact des éoliennes sur le site... Cet outil nous a également permis de récolter quelques informations sur le bruit sismique en surface ainsi que des informations sismiques tectoniques. Enfin, pendant les quelques semaines de fonctionnement, ce sismomètre a aussi détecté quelques 'ice-quake', des tremblements de plaques de glace.

Au final, il devrait nous en apprendre davantage sur la tectonique intra-plaque en Antarctique et sur la structure de la lithosphère juste sous la base belge. Bien sûr, comme nous nous trouvons dans une région isolée en Antarctique, ses données vont alimenter et compléter le réseau mondial de surveillance sismique!

Population de l'Antarctique

L'Antarctique n'a pas de population permanente. Ses occupants sont des chercheurs séjournant sur des bases estivales ou hivernales. Le nombre de personnes constitué par les scientifiques et le personnel logistique varie de 4.000 en été à 1.000 en hiver.





Les premiers habitants de l'antarctique

Les chercheurs ont découvert une cryoconite (zone sombre) de 5 mètres de diamètre dans les environs d'Utsteinen. Un rocher se cache-t-il sous la surface de la glace?

Les cyanobactéries, ou algues bleues, figurent parmi les plus anciens organismes vivants sur la Terre. Leur existence remonte vraisemblablement à plus de 3,5 milliards d'années déjà. Si elles ressemblent à des algues, elles sont en fait des bactéries qui, à l'instar des plantes, produisent de la chlorophylle. La grande spécialiste dans notre pays est le professeur Annick Wilmotte de l'Université de Liège. Depuis trente ans, elle étudie les cyanobactéries et durant ces dix dernières années, elle s'est essentiellement consacrée à la diversité des cyanobactéries en Antarctique.

Ce n'est que maintenant que nous prenons conscience de la diversité impressionnante des cyanobactéries dans les échantillons que nous avons ramenés d'Antarctique.

Annick Wilmotte:

En effet, les cyanobactéries apparaissent en nombre assez important en Antarctique. Elles parviennent à prospérer dans des conditions extrêmes. Je ne dis pas qu'elles aiment le froid, mais elles le supportent bien. Grâce à leur capacité de résistance, elles parviennent à coloniser de nombreux milieux en Antarctique.

Jusqu' il y a peu, la propagation des cyanobactéries n'était pas bien étudiée. Là où il n'était pas possible auparavant de pratiquer des examens au microscope pour distinguer des espèces différentes, de nouvelles méthodes, telles le séquençage de l'ADN, nous ont donné un accès direct à l'information génétique. Ce n'est que maintenant que nous prenons conscience de la diversité impressionnante des cyanobactéries dans les échantillons que nous avons ramenés d'Antarctique.

En raison de l'Année Polaire Internationale, le nombre d'expéditions vers l'Antarctique a été supérieur aux autres années. Plus de chercheurs sont allés sur le terrain. Mais nous

n'avions pas attendu l'IPY pour mettre sur pied des collaborations au niveau international. Dès 2003/2004, une expédition britannique s'était rendue dans les monts transantarctiques. Cette expédition nous a procuré des échantillons prélevés au niveau du 82° parallèle sud, tout près du pôle sud, et dans lesquels nous avons caractérisé des cyanobactéries. C'est fantastique ! On dirait que mes 'bébêtes' apparaissent quasi partout. La seule condition reste cependant qu'un peu d'eau liquide soit présente, même en faible quantité, à une période de l'année.

Annick Wilmotte joue un rôle important dans le projet BELDIVA, financé par BELSPO, qui vise à réaliser une cartographie de diversité microbienne aux alentours de la Station Princesse Elisabeth. Elle faisait partie du premier groupe de scientifiques partis en Antarctique lors de la mise en service de la station en 2009 (avec deux biologistes de l'Université Gent – Karolien Peeters et Jeroen Van Wicelen, Cyrille D'Haese, du Musée de Paris, et Steve Roberts, de la British Antarctic Survey).



Au cours de la saison suivante, la recherche sur place a été poursuivie par Zorigto Namsaraev, un jeune Russe membre de l'équipe d'Annick Wilmotte à l'Université de Liège.

Zorigto Namsaraev:

Je me qualifie moi-même de microbiologiste de l'extrême. Je m'intéresse aux formes extrêmes de la vie bactérienne. Je suis entré en contact avec Annick grâce à une bourse d'étude sponsorisée par BELSPO, puis j'ai reçu une bourse du FRS-FNRS. Je suis d'abord parti en expédition au Spitsbergen, au nord, et à l'occasion de l'Année Polaire Internationale, je suis parti en Antarctique.

Annick Wilmotte:

Je suis arrivée à la base belge juste avant l'ouverture officielle. Il était particulièrement intéressant de voir comment la base a été érigée. Nous avons également pu parler avec des techniciens. C'est vraiment un projet unique. Nulle part au monde on ne trouve quelque chose de similaire. Utsteinen, qui forme l'environnement de la base, est également un endroit absolument magnifique, sensationnel.

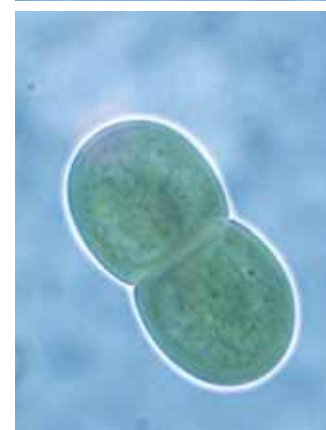
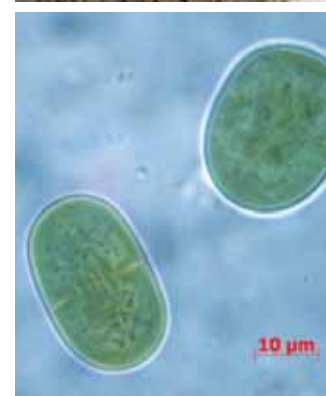
Zorigto Namsaraev:

J'ai surtout été impressionné par la technologie. Il faut savoir que je suis moi-même originaire de Sibérie méridionale. En hiver, il fait -55° Celsius

chez nous. Nous savons ce que cela veut dire de vivre à des températures pareilles. La base a été conçue pour résister au froid extrême à l'aide de technologies nouvelles: faible consommation énergétique, isolation poussée, énergie alternative, etc. C'est vraiment impressionnant. L'intérieur de la base est chaud et confortable. La seule chose dont j'ai souffert était l'air extrêmement sec. Mais cela est normal: l'Antarctique est un désert, un désert froid. Nous dormions dans une tente. Il n'y a pas tant de place que cela à l'intérieur.

Annick Wilmotte:

En 2010, vous pouviez déjà vous doucher et nettoyer vos vêtements dans la base ! Lorsque j'y suis allée, cela n'existait pas encore ! Je suis arrivée à la Station Princesse Elisabeth en janvier 2009. Il était tombé énormément de neige. Deux années auparavant, en janvier 2007, une reconnaissance avait été effectuée sur place par Damien Ertz, un biologiste du Jardin botanique national. Il avait répertorié la faune et la flore présentes dans les environs de la future base pour le compte de BELSPO. Son rapport devait permettre de suivre d'éventuels changements qui pouvaient survenir plus tard dans l'environnement autour de la base. Mais pour autant, je n'ai pas reconnu le paysage représenté sur ses photos ! On aurait dit qu'il s'agissait d'un autre monde. Il avait prélevé des





1	5	6
	2	
	3	
	4	

- 1 Des algues bleues, (appelées cyanobactéries) prolifèrent sur la roche du nunatak Utsteinen.
- 2 Une serre miniature de plexiglas permet d'augmenter de quelques degrés la température locale.
- 3-4 L'algue bleue *Cyanothece aeruginosa* ne vit qu'en Antarctique.
- 5 Prélèvement d'échantillons de glace par Zorigto Namsaraev.
- 6 Où il y a de l'eau, il y a aussi de la vie. Y compris en Antarctique.

échantillons de cailloux situés entre les roches, et je n'apercevais que les sommets de gros blocs de roche qui dépassaient de la neige. Je ne parvenais pas, au début, à retrouver les signes distinctifs que Damien avait apposés sur la crête rocheuse à proximité de la base. Il y avait un tel beau temps qu'il entendait l'eau s'écouler au pied de l'Utsteinen. Tout était désormais rigidifié par le gel. Quelle déception ! Ce n'est que sept jours plus tard, lorsque la neige fut un peu chassée par le vent, que j'ai pu prélever des échantillons dans quelques zones délimitées par Damien. Nous avons entre-temps profité de l'occasion pour explorer d'autres endroits intéressants aux environs.

Zorigto Namsaraev:

Un programme intense nous attendait. Heureusement, les conditions s'étaient améliorées. J'avais emporté, entre autres, un fluoromètre, un appareil qui permet de vérifier de manière indirecte l'efficacité de la photosynthèse. Il est en effet capital de savoir ceci: vous pouvez observer une tache noire sur une roche, quelque chose d'organique, mais quant à savoir s'il s'agit d'un corps mort ou d'un être vivant, il n'est pas possible de le savoir autrement qu'en mesurant s'il réalise la photosynthèse.

Nous voulions savoir quand nos cyanobactéries étaient actives. Et à cette fin, j'avais délimité une

série de sites à l'aide d'un petit anneau en métal de 4 cm de diamètre. Toutes les trois heures, nuit et jour, je relevais la température et l'intensité lumineuse, et mesurais avec le fluoromètre si les organismes étaient actifs ou pas.

Annick Wilmotte:

Cela veut dire que tu dois quitter la chaleur de ton sac de couchage pendant la nuit pour aller te coucher sur le ventre sur le bord tranchant et glacé de la roche !

Zorigto Namsaraev:

Cela en valait assurément la peine. Nous avons constaté que le niveau d'activité était fortement lié à la luminosité solaire. Lorsque le soleil est bas, la photosynthèse diminue fortement. Un organisme qui, par exemple, se retrouve à l'ombre d'un gros bloc de roche, entre en totale inactivité pendant un certain temps, puis se réactive dès que le soleil réapparaît.

Nous avons également pu conduire des expériences à l'aide d'une sorte de serre miniature en plexiglas installée autour de l'embout du fluoromètre. Les habitats sont ainsi protégés du vent mais pas du soleil. Nous pouvons ainsi faire augmenter la température de quelques degrés, puis voir à l'aide du fluoromètre si l'activité évolue. Nous voulons savoir dans quelles fourchettes de températures les cyanobacté-

L'histoire de l'évolution des gènes, ainsi que la datation des fossiles permettent d'estimer à quelle époque une espèce déterminée est apparue : il y a 150.000 ou 500.000 ans. Cela est hélas impossible pour les cyanobactéries et autres bactéries. Leur matériel génétique a plus de 3 millions d'années et les fossiles sont extrêmement rares.

- | | |
|--|---|
| 1 Zorigto Namsaraev installe un filtre à air sur le toit d'un laboratoire situé près de la station de recherche. | 1 |
| 2 Josef Elster et Zorigto Namsaraev examinent une cryoconite. | 2 |

ries sont actives. Connaître ces données nous permet alors de calculer combien de jours par an les cyanobactéries exercent une action de photosynthèse. Avec ce réchauffement artificiel dans la serre, nous cherchions en outre à évaluer comment les cyanobactéries réagiraient à un réchauffement climatique.

Annick Wilmotte:

Zorigto a également foré, avec un collègue tchèque, Josef Elster, dans des cryoconites ! Il s'agit de cavités renfermant de l'eau liquide. Le nom vient de kryos (glace) en konis (poussière). Ce phénomène s'observe tant en Arctique qu'en Antarctique (et dans les Alpes). Lorsqu'une pierre est acheminée vers la glace par le vent ou autrement, il se passe quelque chose de tout à fait particulier : la glace réfléchit les rayons du soleil mais pas la pierre. Celle-ci absorbe l'énergie solaire et se réchauffe. La glace autour de la pierre va fondre et la pierre va ainsi s'enfoncer lentement dans la glace.

Zorigto Namsaraev:

Ce processus est même assez rapide: j'ai vu une grosse pierre disparaître entièrement sous la glace en quelques jours. La pierre s'enfonce à une vitesse d'environ 1 cm par jour. Le processus se poursuit et la pierre continue de s'enfoncer aussi longtemps que le soleil peut l'atteindre. La cavité regèle et se referme à la surface mais au-dessus de la pierre, on retrouve de l'eau liquide, dans laquelle pourrait vivre une communauté microbienne. Les cryoconites ont généralement un diamètre de 10 à 50 cm mais j'en ai déjà retrouvé une de 5 mètres de large. Souvent, l'eau gèle en hiver mais, durant l'été, lorsque la pierre est de nouveau chauffée par le soleil, l'eau redevient liquide et les organismes reprennent leur activité. Lorsque l'on examine un échantillon de cryoconite au microscope, on voit immédiatement apparaître 2 ou 3 espèces de cyanobactéries différentes. Les cryoconites proches de la base étaient toutes gelées en surface et nous devons donc forer dans la glace... tout un ouvrage.

Annick Wilmotte:

Nos expéditions en Antarctique durant l'Année Polaire Internationale nous ont également offert l'occasion de nous attaquer à une importante question scientifique, à savoir s'il existe en Antarctique des organismes que l'on ne retrouve nulle part ailleurs.

Le microbiologiste néerlandais Baas-Becking disait en 1934 que 'tout est partout mais que la nature sélectionne'. Dans l'hypothèse où Baas-Becking aurait eu raison, cela signifie que des organismes peuvent apparaître partout si les conditions sont favorables. Dans le cadre du projet AMBIO de BELSPO, nous avons, avec nos collègues Anne Willems, Wim Vyverman et Elie Verleyen (Gent), mis cette hypothèse à l'épreuve en analysant la diversité et la distribution des microbes, micro-algues et cyanobactéries dans nos échantillons. Nous savons que les cyanobactéries antarctiques peuvent survivre à des températures plus élevées. Lorsque nous les cultivons en laboratoire, nous observons même qu'elles croissent mieux à des températures de 15 ou 20°. Elles n'aiment pas le froid mais elles le supportent.

Zorigto Namsaraev:

Les cyanobactéries sont présentes dans chaque climat. Il en existe de nombreuses sortes en Antarctique ainsi que chez nous. Certaines sortes ne vivent que dans des régions chaudes et donc pas en Antarctique. Mais existe-t-il des cyanobactéries que l'on ne retrouve qu'en Antarctique, comme la *Cyanothece aeruginosa* ? C'est un Norvégien qui en a fait pour la première fois la découverte dans la Terre de la Reine Maud, à une distance modérée de la base belge. Des séquences d'ADN ont été retrouvées ultérieurement en d'autres endroits, notamment en Alexandre Island ainsi que dans les montagnes Ellsworth mais jamais en dehors de l'Antarctique. Cela ne signifie pas forcément qu'elle soit absente partout ailleurs, peut-être ne l'a-t-on tout simplement pas encore découverte mais il semble maintenant que cette espèce soit endémique en Antarctique.



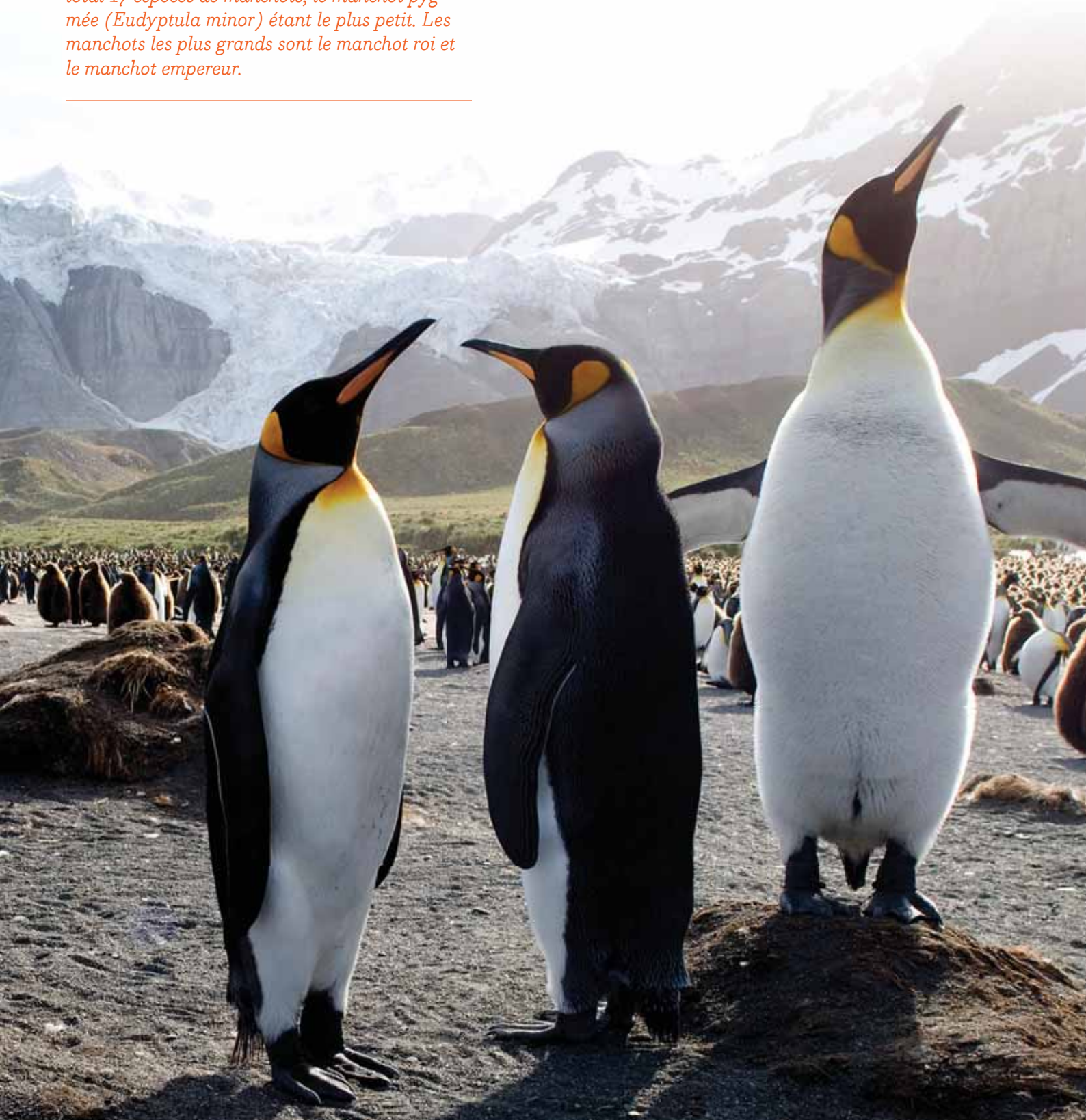
Annick Wilmotte:

Si l'Antarctique renferme des espèces indigènes qui lui sont propres, la question se pose alors de savoir comment celles-ci ont survécu. Le continent antarctique a en effet connu des périodes de glaciation totale: la glace était alors en moyenne plus épaisse d'un kilomètre par rapport à aujourd'hui. Les organismes pourraient-ils rester gelés dans les glaces pendant des milliers d'années. Peut-être y avait-il quelque part des refuges, dépourvus de glace, comportant de l'eau liquide, ou des nunataks pointant par-dessus la glace ?

Peut-être la biologie peut-elle rectifier quelque peu la vision des glaciologues et scientifiques qui élaborent ces modèles de glaciation ? Il est possible de déterminer l'horloge biologique pour l'évolution de nombreux organismes. L'histoire de l'évolution des gènes, ainsi que la datation des fossiles permettent d'estimer à quelle époque une espèce déterminée est apparue : il y a 150.000 ou 500.000 ans. Cela est hélas impossible pour les cyanobactéries et autres bactéries. Leur matériel génétique a plus de 3 millions d'années et les fossiles sont extrêmement rares.

Le manchot

*Les manchots sont des oiseaux qui se déplacent en titubant sur la terre, tout en se comportant comme des poissons une fois dans l'eau. Leur plumage ressemble à un smoking. Ils vivent exclusivement dans l'hémisphère sud mais pas uniquement dans des régions froides. Bien qu'appartenant à la famille des oiseaux, les manchots sont incapables de voler. Il existe au total 17 espèces de manchots, le manchot pygmée (*Eudyptula minor*) étant le plus petit. Les manchots les plus grands sont le manchot roi et le manchot empereur.*





Bientôt un nouvel observatoire européen à Dome C ?



1

2

3

1-2-3

A quelques dizaines de mètres de la Station franco-italienne Concordia, située au Dome C, en Antarctique, les astronomes envisagent la construction d'un nouvel observatoire.

Le Continent blanc est un des endroits les plus froids mais aussi les plus secs sur Terre. Deux caractéristiques qui ne pouvaient manquer d'intéresser les astronomes. D'autant que l'absence totale d'activités humaines (à quelques exceptions près) sous ces latitudes offre un ciel nocturne des plus purs d'un point de vue transparence atmosphérique et qualité d'image, mais aussi en ce qui concerne la pollution lumineuse. Et ce, sans parler de la nuit polaire qui offre une période d'observations de trois mois chaque année, sans interruption.

Les astronomes et les ingénieurs européens, avec leurs collègues australiens, ont profité de l'Année Polaire Internationale pour travailler sur l'évaluation de sites et d'instruments astronomiques qui gagneraient à être installés en Antarctique et plus particulièrement sur le plateau antarctique, du côté de la Station franco-italienne Concordia, à Dome C. C'est qu'outre son ciel pur et le froid intense qui y règne, Dome C présente encore d'autres avantages. Il se situe en haute altitude. Le plateau antarctique culmine là-bas à plus de 3 000 mètres, ce qui protège le site des formidables vents catabatiques qui dévalent les pentes glacées jusqu'à la côte, où ils peuvent atteindre

plus de 300 km/h! Enfin, Dome C héberge aussi une station scientifique depuis 2005, laquelle est en service 365 jours par an. D'un point de vue astronomique, le site est séduisant, y compris pour l'exploration du ciel dans de nouvelles fenêtres spectrales comme l'infrarouge et le submillimétrique.

Réunis au sein du réseau européen ARENA (Antarctic Research: an European Network for astrophysics), une centaine d'ingénieurs et d'astronomes ont donc travaillé à la caractérisation du site en vue du développement d'un éventuel futur observatoire ainsi que du type d'instruments susceptibles d'y être installés.

Le Professeur Jean Surdej, de l'Institut d'Astrophysique et de Géophysique de l'Université de Liège, a participé à cette initiative dans le cadre d'un projet d'interférométrie. Il en était le co-président. Un jeune chercheur, Olivier Absil, et moi-même étions plus particulièrement impliqués dans le groupe de travail 3 de ce projet, indique-t-il. Ce groupe traitait d'interférométrie dans le domaine optique et dans l'infrarouge. Il s'agissait de réaliser une étude de préféabilité pour un tel type d'observatoire. Ce genre de nulling interféromètre devait permettre de détecter et de mesurer un rayonnement appelé 'lumière exo-zodiacale'. En identifiant les étoiles proches dans le ciel les moins affectées par ce rayonnement, les astronomes peuvent ensuite étudier plus sûrement celles autour desquelles gravitent par exemple des exoplanètes. Les astronomes peuvent alors étudier par analyses spectroscopiques l'atmosphère de ces exoplanètes et, éventuellement, y détecter certaines molécules susceptibles de trahir l'existence d'une potentielle forme de vie.

Les travaux menés par les partenaires du projet ont débouché sur la publication d'un épais rapport en 2010. Intitulé 'Vision pour l'astronomie et l'astrophysique européenne en Antarctique dans la prochaine décennie', ce



rapport conclut à l'intérêt d'installer un observatoire astronomique au Dôme C, y compris en ce qui concerne le nulling interférométrie dans les spectres visibles et infrarouges.



4-5-6
La station Concordia se situe sur le plateau antarctique, à plus de 3.000 mètres d'altitude et à un millier de kilomètres de la station côtière française Dumont D'Urville.

4

5

6

Quelle astronomie en Antarctique?

En complément de l'initiative ARENA, qui regroupait 22 partenaires et dont le rapport final est destiné aux agences nationales de recherche et à la Commission européenne, un site d'information pour le grand public sur les enjeux et l'attrait de l'astronomie en Antarctique a également été développé par le consortium. Particularité de ce site baptisé 'ARENA Public outreach': il est installé et géré par Anna Pospieszalska depuis l'Université de Liège. On y trouvera notamment des infos sur les derniers développements de l'astrophysique en Antarctique tels l'optique adaptative, l'interférométrie, la coronographie et bien entendu l'imagerie infrarouge et submillimétrique. Toute une panoplie de techniques qui permettent aux astronomes d'observer la formation des étoiles, leur évolution et leur mort, de mesurer leurs pulsations, de détecter des planètes hors du système solaire ou de retracer les premiers instants de l'Univers.

<http://www.arena.ulg.ac.be/>



12 000 ans sous la glace

De vastes zones couvertes de glace durant des milliers d'années sont tout à coup déglacées. Cet événement donne naissance à de nouveaux habitats et à de nouveaux types de communautés animales sur les fonds marins.

C'est durant l'été austral de l'année 2002 que s'est produite en Antarctique une catastrophe d'une ampleur sans précédent. Tout a commencé le 31 janvier. Les images satellite faisaient apparaître d'importantes fissures dans la plaque de glace Larsen B, à l'est de la péninsule antarctique. Larsen B était une plaque de glace flottante d'une épaisseur de 220 mètres. Rongée par le dessous du fait de l'échauffement de l'eau sous-jacente de l'océan austral, la plaque subissait en même temps une pénétration vers le cœur de la masse de glace des eaux fondantes estivales par le biais d'anciennes crevasses dans le glacier.

C'est avec stupéfaction que les scientifiques constataient comment, en à peine 5 semaines, l'intégralité de la plaque de glace se démantelait morceau par morceau, se disloquait, pour enfin se fondre dans la mer. Larsen B n'était toutefois pas la première plaque de glace à ainsi disparaître: en 1995, sa voisine Larsen A avait également disparu de la sorte mais elle était nettement plus petite et beaucoup plus jeune. Il s'agissait cette fois-ci d'une surface en glace de 3.250 km² ! La plaque Larsen B était restée stable depuis 12.000 ans, soit depuis la dernière période de glaciation. Pareil événement était absolument inédit.

Si la disparition de la plaque Larsen B était le signe indéniable que quelque chose de grave est en train de se produire sur le plan du climat de notre planète, elle nous ouvre également des perspectives pour l'amélioration de nos connaissances.

Le fond marin de la plaque Larsen est resté caché pendant 12.000 ans: pas de lumière, pas de plancton en surface, aucune alimentation... Comment le fond marin se présente-t-il sous la

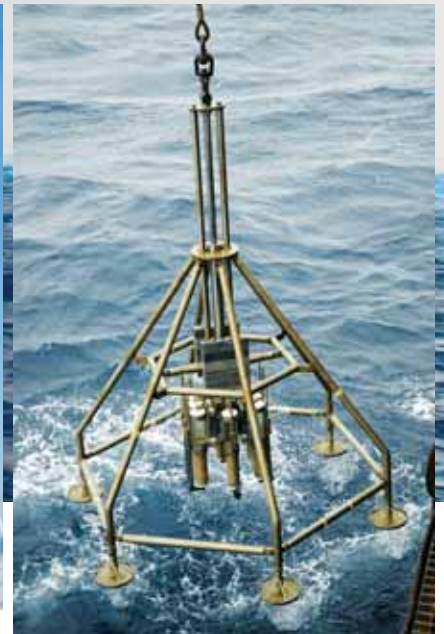
glace ? Est-il un désert dépourvu de toute vie ou y a-t-il quand même quelque chose... ?

Pour la science, cet événement constitue une occasion unique. Des chercheurs du monde entier sont à l'affût de ce qui va se passer au cours des années qui viennent: à quelle vitesse les espèces animales et végétales vont-elles envahir la zone libre ?

Une équipe de biologistes marins de l'Université Gent joue un rôle de premier plan dans le cadre de cette recherche.

Ann Vanreusel:

Nous partions de l'idée qu'à cet endroit, il ne pouvait y avoir que très peu de vie sur le fond. De fait, la vie est tributaire de la présence de nutriments produits dans les couches les plus élevées de la colonne aquatique, par photosynthèse, sous l'effet de la lumière du soleil. Nous nous attendions à pouvoir assister aux premières étapes d'un processus de colonisation. La plaque Larsen B a disparu en 2002. En 2005, lorsque nous nous y sommes rendus pour la première fois, cela faisait trois ans que



la zone était dépourvue de glace. Notre visite était assez passionnante.

La disparition de la calotte glaciaire nous a aussi permis de chercher à détecter sur le fond la présence de nouveaux habitats, à savoir des zones qui diffèrent du reste du fond océanique de par la présence de conditions chimiques ou physiques différentes.

Comment a-t-il été possible pour vous d'embarquer dans une expédition allemande ?

La recherche marine en Antarctique se fait toujours dans un cadre international. Nous n'avons pas de moyens pour nous rendre à la Station Princesse Elisabeth. Elle est trop éloignée de la mer et il n'y a pas non plus de brise-glace belge. Nous sommes donc très axés sur la coopération internationale. Nous avons collaboré, dès le départ, avec le personnel de l'Institut Alfred Wegener de Bremerhaven.

Nous sommes un des rares groupes de recherche au monde qui se penche sur la composante de la méiofaune (la méiofaune est constituée par les petits animaux vivant dans les sédiments, de taille microscopique). Nous passons le sédiment examiné au crible: tout ce qui passe par un crible de 1 mm et est retenu sur un crible de 30 micromètres relève

de notre domaine de recherche. Bien évidemment, il s'agit là d'une définition technique mais cette définition n'est pas due au hasard. Elle est également pertinente sur le plan écologique.

Jeroen Ingels:

Si nous sommes les bienvenus dans une équipe internationale de ce type, c'est parce que nous opérons dans une niche bien définie. Notre contribution est considérée comme importante. Elle est complémentaire au travail des chercheurs allemands. C'est pour cela que l'on nous demande quasi systématiquement de participer à ces campagnes.

Pourquoi l'étude de cette méiofaune est-elle importante ?

Jeroen Ingels:

La diversité dans ce groupe est très élevée. Il s'agit d'une composante majeure du benthos, à savoir le groupe formé par les animaux qui vivent sur le fond marin. L'importance ne découle pas uniquement de la quantité des espèces mais également de la densité : ces animaux sont très nombreux. Parmi les questions que nous nous posons, il y a celle du rôle de la méiofaune au sein de la chaîne alimentaire. Pour l'heure, nous partons du principe que celle-ci joue un rôle intermédiaire, c'est-à-dire qu'elle fait le lien entre la production primaire et sa dégradation.



- | | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 Le navire scientifique allemand RV Polarstern, qui relève de l'Institut Alfred Wegener, travaille autant en Arctique qu'en Antarctique. |
| | 3 | |
| | | |
- 2 Une multi-foreuse. Cet outil permet de prélever plusieurs carottes sédimentaires à grande profondeur dans les mers et océans.
- 3 Les échantillons de sédiments sont remontés à bord.



Les échantillons provenant des fonds marins sont emmenés dans le laboratoire à bord pour y être traités.

On a constaté qu'à un endroit, auparavant recouvert par la plaque Larsen, le fond marin était recouvert de bactéries typiques. Il s'agit d'organismes qui ne sont pas tributaires de la croissance végétale et de l'énergie solaire, car ils sont capables de se servir de l'énergie chimique pour créer des liaisons de carbone. Elles n'ont pas besoin de lumière solaire et ont donc pu se développer sous la calotte glaciaire.

Ann Vanreusel:

La production primaire, c'est le phytoplancton. Un réseau trophique trouve presque toujours son origine dans la croissance des plantes. Grâce à la photosynthèse, elles captent de l'énergie de la lumière pour produire du carbone. C'est ce que font nos plantes. En mer, ce rôle est joué par de petites algues de taille microscopique, qui sont un important producteur de nutriments.

Le krill, par exemple, un petit crustacé qui broute le phytoplancton, est un des maillons suivants de la chaîne alimentaire. Il est le premier consommateur, qui est à son tour mangé par les mammifères marins, les poissons, etc.

La composition du benthos est, par contre, un peu plus compliquée: il s'agit des animaux du fond marin. Ces animaux sont dépendants de ce qui se passe à la surface. Une partie de la nourriture produite en surface coule jusqu'au fond, pour y être reminéralisée. Elle y est dégradée et les nutriments sont de nouveau libérés, lesquels nutriments sont nécessaires à la nouvelle croissance des algues.

Les algues présentes dans la partie supérieure de la colonne aquatique n'ont pas uniquement besoin d'énergie solaire. Pour croître, elles ont également besoin de nutriments tels que des minéraux, des phosphates et des nitrates. La dégradation se fait grâce à l'activité du benthos. En ce sens, il s'agit d'une composante importante du réseau trophique.

Qu'avez-vous découvert sous la plaque Larsen B ? La vie sur le fond s'était-elle maintenue aussi longtemps dans l'obscurité ?

Ann Vanreusel:

La première expédition à avoir exploré cette zone est revenue avec des photos du fond qui indiquaient la présence vraisemblable de sources de méthane. La présence de méthane ouvre la voie à la naissance de communautés très spécifiques: des bactéries capables d'utiliser l'énergie chimique. Il s'agit d'organismes qui ne sont pas tributaires de la croissance végétale et de l'énergie solaire, car ils sont capables de se servir de l'énergie chimique pour créer des liaisons de carbone. Elles n'ont pas besoin de lumière solaire et ont donc pu se développer sous la calotte glaciaire.

On a constaté qu'à un endroit, auparavant recouvert par la plaque Larsen, le fond marin était recouvert de ces bactéries typiques. C'est ce que l'on appelle un système chimico-synthétique : une communauté qui n'utilise pas la photosynthèse pour produire de la nourriture, mais fixe du carbone à l'aide d'énergie chimique.

Nous n'avions vu que les photos prises par des robots sous-marins: il y avait des tapis entiers de ces organismes mais les robots n'étaient hélas pas équipés pour prélever des échantillons. C'est la raison pour laquelle le Polars-tern y est retourné en 2005, en embarquant un scientifique de chez nous et les instruments nécessaires en vue de prélever des échantillons



dans l'ensemble de cette zone et, très spécifiquement, en ces endroits particuliers.

Tous ce matériel est maintenant traité. Nous avons réellement découvert des communautés assez uniques d'une très grande densité en méiofaune. Les quantités les plus élevées ne se trouvent pas en surface, mais bien plus profondément dans le sédiment. Toutefois, la diversité est très faible. Il ne s'agit en fait que d'une seule espèce qui a colonisé le sédiment en très grandes quantités. Cela dit, nous avons quand même été confrontés à un constat étrange: ces animaux ne se nourrissent pas de nutriments chimio-synthétiques ! Il s'agissait d'une sorte qui apparaît typiquement aux abords d'une source de méthane. Nous disposons de marqueurs biologiques qui nous permettent de voir de quoi se nourrissent ces animaux (nourriture de provenance chimio- ou photosynthétique). Il apparaît qu'actuellement, ces animaux ne se nourrissent pas d'énergie chimique mais bien de nourriture dérivée de l'énergie photosynthétique).

Un peu comme s'ils avaient changé de régime ?

Ann Vanreusel:

C'est difficile à dire. Ces observations sont uniques. Nous avons découvert un système pour lequel aucun parallèle n'est connu dans d'autres habitats marins. Nous observons une communauté appauvrie d'une densité très élevée: typique d'une situation dans laquelle beaucoup

d'alimentation afflue tout d'un coup, où il se produit une augmentation rapide d'une espèce dominante unique. Toutefois, nous ne connaissons en fait pas très bien la provenance des nutriments. L'énergie photosynthétique qui est disponible en cet endroit est encore très limitée, étant donné que la zone n'est déglacée que depuis peu de temps. La quantité de nourriture en circulation n'est pas encore très importante. Mais nous présumons que ce système est transitoire: que cette énergie chimio-synthétique était en fait présente auparavant et qu'elle a récemment cessé d'être disponible. Nous ne savons pas encore tout mais le message principal que l'on peut d'ores et déjà faire passer est que de nouveaux processus notables sont en cours. De vastes zones couvertes de glace durant des milliers d'années sont tout à coup déglacées. Cet événement donne naissance à de nouveaux habitats et à de nouveaux types de communautés animales sur les fonds marins. Tout cela se déroule maintenant, à l'instant. Nous sommes face à de grands changements mais il nous est impossible de les observer en continu.

Les dernières données datent de 2007. Cependant, de nouveaux échantillons furent collectés en février 2011. Ceux-ci sont actuellement étudiés et ils devraient nous apporter de nouvelles informations sur l'évolution de l'écosystème marin après l'effondrement de la calotte glaciaire. Nous disposerons ainsi d'éléments de comparaison uniques nous permettant de reconstruire l'impact du changement climatique.

1

2

1 Jeroen Ingels (à gauche) traite quelques échantillons dans le labo "froid" du navire. Afin de limiter les perturbations sur les échantillons, la température du laboratoire est maintenue entre 0 et 4 degrés Celsius.

2 *Halomonhystera* sp., est un nématode qu'on rencontre en grandes quantités dans les sédiments prélevés dans la région du Larsen, à l'Est de la Péninsule.



L'Institut Royal Météorologique surveille l'atmosphère au-dessus d'Utsteinen

Au cours de l'expédition BELARE 2008-2009, alors que la Station Princesse Elisabeth était encore en construction en Antarctique, un membre de l'Institut Royal Météorologique (IRM), Alexander Mangold, du département 'Observations' de l'Institut, s'est rendu sur place afin d'y déployer deux instruments de mesure dans le cadre du projet BELATMOS. Ce projet, financé par BELSPO, vise à mettre en place sur le long terme un réseau de surveillance de la composition chimique et en particules fines de l'atmosphère antarctique tout en mesurant le rayonnement ultraviolet au niveau du sol.

Lors de cette première mission, nous avons installé deux instruments destinés à l'étude de l'atmosphère et des aérosols, explique Alexander Mangold. Il s'agissait d'un photomètre solaire et d'un aethalomètre. L'aethalomètre permet de déterminer la concentration en suies, en 'noir de carbone' dans l'atmosphère. Il s'agit d'un instrument qui pompe l'air extérieur et le fait passer à travers un filtre. Celui-ci se noircit petit à petit. Un système optique analyse ce noircissement qui est ensuite interprété par l'ordinateur de l'appareil. Au final, cela nous donne une idée de la concentration locale en suies. En général, ce genre d'instrument mesure la concentration dans l'air des particules carbonées issues de la combustion de bois, de produits pétroliers, etc. Un constat: l'air antarctique à Utsteinen, le site d'installation de la station de recherche belge, est particulièrement 'propre', du moins si on en croit les premières mesures.

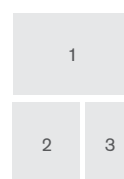
L'autre instrument, le photomètre, mesure pour sa part l'atténuation du rayonnement solaire dans l'ensemble de la colonne atmosphérique et ce dans sept longueurs d'ondes, précise le chercheur. Cela nous livre des informations sur la quantité d'aérosols présents dans l'atmosphère. Le photomètre dont nous disposons là-bas nous renseigne ainsi sur le degré de pollution de l'atmosphère ainsi que sur la nature des aérosols dominants.

Mais l'aventure scientifique en Antarctique n'est pas toujours sans soucis. Lors de la campagne de 2009, nous avons installé et mis en service ces deux instruments. Ils ont livré des premiers résultats intéressants. Toutefois, ces outils n'ont pas fonctionné en permanence, contrairement à nos espérances. Et pour cause, la station n'était pas capable de nous livrer de l'électricité toute l'année pour assurer des prises de données pendant l'hiver. Ceci dit, cela ne s'avérait pas utile en ce qui concerne le photomètre. Pendant plusieurs mois, le soleil ne brille pas sous ces latitudes. Difficile dans de telles conditions de mesurer un quelconque aérosol en se basant sur l'atténuation lumineuse! Par contre, pour l'aethalomètre, cela aurait pu être intéressant.

Dans le prolongement de cette première mission, le chercheur a repris, durant l'été (austral) dernier, le chemin de la station belge en Antarctique. L'idée était de recommencer une série de mesures puis de laisser 'tourner'



l'aethalomètre en continu pendant un an, précise le chercheur. Nous avons aussi profité de cette nouvelle mission pour installer deux instruments complémentaires. Il s'agit d'un spectrophotomètre destiné à mesurer l'évolution de la quantité d'ozone totale dans l'atmosphère et l'intensité du rayonnement ultraviolet au niveau du sol ainsi qu'un TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance), un instrument qui mesure la concentration de la masse des aérosols et des molécules flottant dans l'atmosphère. Il s'agit d'un instrument de même nature que ceux que nous utilisons ici, en Belgique notamment, pour déterminer les concentrations de particules fines dans l'air que nous respirons. Et tout comme l'aethalomètre, le TEOM devrait fonctionner en continu pendant toute l'année, conclut-il.



- 1 Alexander Mangold et le photomètre solaire.
- 2 Spectrophotomètre.
- 3 TEOM.

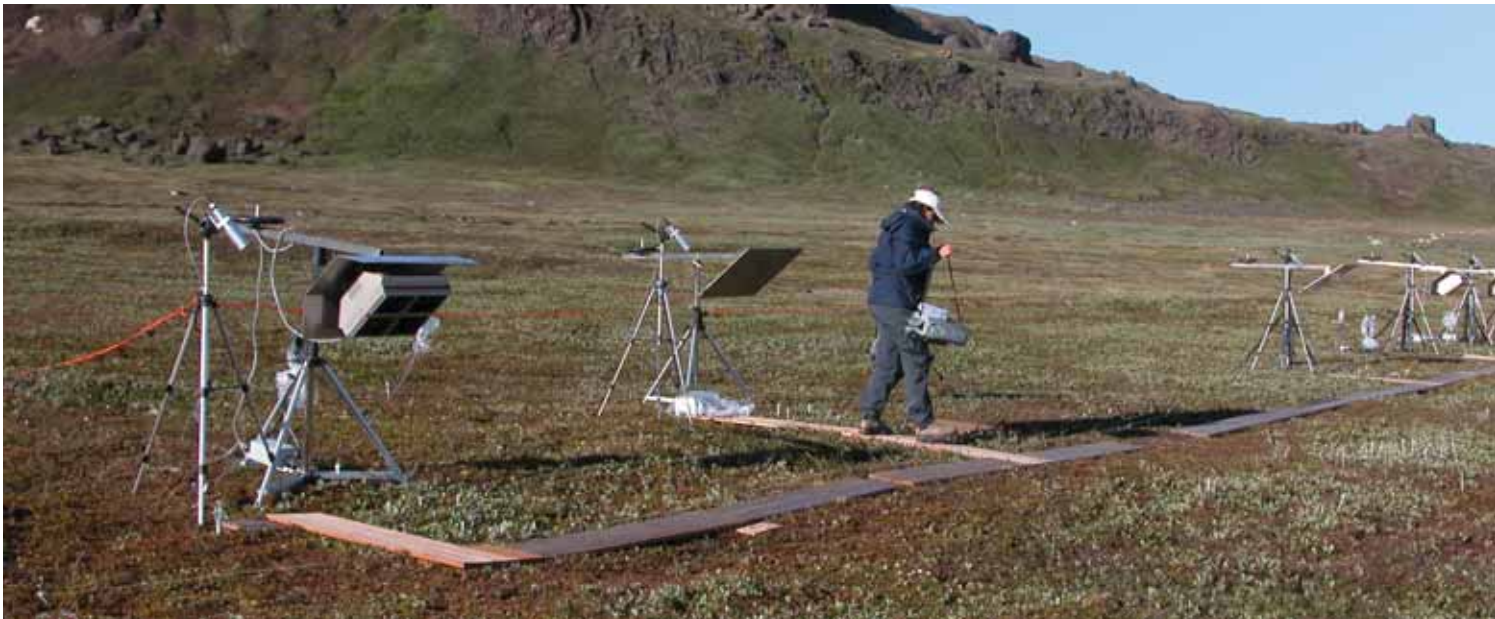


L'ours polaire

L'ours polaire (ou ours blanc) ne vit qu'au pôle nord, où son pelage blanc lui sert de camouflage parfait. Il peut mesurer jusqu'à 3 mètres de long et peser jusqu'à 800 kilos, et est le plus grand des ursidés. Hormis l'être humain, l'ours polaire n'a pas d'ennemi naturel. C'est un nageur de tout premier ordre, que l'on peut retrouver à de nombreux kilomètres du littoral. S'il est appelé 'ours marin', l'ours polaire chasse également sur terre, où il se montre particulièrement rapide. Cet animal peut parcourir jusqu'à vingt kilomètres par jour. Il se retire avec le retrait de la banquise, qui se situe plus au nord en été par rapport à l'hiver. L'ours polaire se nourrit de phoques mais également d'autres animaux, comme les lièvres variables, les bélugas, etc., qu'il capture parfois.



Vague de chaleur belge au groenland



Qu'advient-il de la vie lorsque le climat se modifie ? Comment les écosystèmes réagissent-ils à des hausses de température ? Dès le début de l'Année Polaire Internationale, des scientifiques se sont fixé pour but de trouver une réponse à ces questions grâce à des expériences ciblées sur le terrain, tant au pôle Nord qu'au pôle Sud. Le Professeur Louis Beyens de l'Université Antwerpen, figure parmi les pionniers de ces expériences concernant du réchauffement. Il est essentiellement actif dans la région du pôle Nord.

Louis Beyens:

La collaboration avec des collègues étrangers nous a permis de mettre sur pied, à la fin des années 1990, les premières expériences dans le domaine du réchauffement dans la station de recherche Zackenberg, sur la côte nord-est du Groenland. Ceci en collaboration avec Prof. Ivan Nijs, également de l'Université Antwerpen. Il était particulièrement intéressant de pouvoir étudier sur divers organismes les effets d'un seul et même phénomène (comme par exemple le réchauffement d'une parcelle de sol bien délimitée). Par la suite, nous avons réalisé des expériences de même nature sur la côte occidentale du Groenland, à Qeqertarsuaq (Disko Island).

Je pars toujours d'une question très simple: y -t-il des organismes vivants, où et pourquoi ?

C'est en 1978 que je me suis rendu en zone polaire pour la première fois. Je participais alors à une expédition d'alpinisme. C'est ainsi que je me suis rendu au Groenland, où l'on voit en bordure de la calotte glaciaire des pointes rocheuses qui font saillie au-dessus de la glace. Et je me suis posé la question suivante: qu'est-ce qui pourrait vivre sur ces sommets montagneux ?

Depuis longtemps, on parlait du principe que pendant les glaciations, tout était recouvert d'une épaisse couche de glace balayant toute forme de vie. Une sorte de table rase.

1

2

1 Expérience de réchauffement de parcelles de terrain menée par l'Universiteit Antwerpen à Qeqertarsuaq, Groenland.

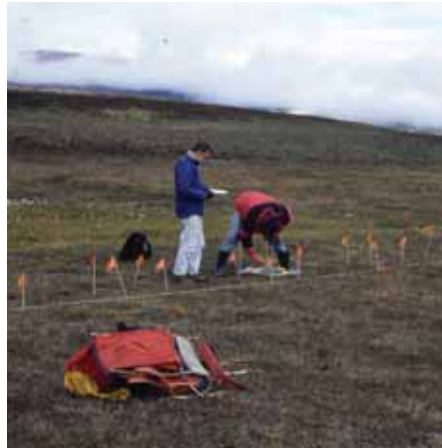
2 Le sol est réchauffé au moyen de lampes infrarouges.

Il a fallu par la suite rectifier quelque peu ce modèle. Lorsque de la glace se déplace le long d'une montagne, on en retrouve ensuite des traces à cet endroit: ce sont les stries glaciaires. Les glaciers charrient des cailloux et blocs de pierre qui tracent des sillons dans la roche. Il est ainsi possible de déterminer quelle hauteur pouvait atteindre la glace lors des glaciations. On a ainsi constaté que certains sommets montagneux n'ont jamais été recouverts par la glace, et ce même au nord pendant la glaciation. Immédiatement se pose alors la question de savoir si quelque chose ayant survécu à cette période pourrait se trouver sur ces sommets. Et bien évidemment, je voulais aller voir ça par moi-même.

Je me suis rapidement aperçu que nous ne connaissons que vraiment très peu de choses au sujet de la taxonomie, de la classification ainsi que de l'histoire de l'évolution des organismes monocellulaires que j'étudie. À l'époque, à la fin des années 1970/début des années 1980, la science était sous l'emprise de la biologie moléculaire. Cette question que je posais ('qu'est-ce qui pousse et où ?') apparaissait comme quasiment ringarde. Aujourd'hui, on appelle cela la biodiversité.

Les expérimentations que vous avez réalisées en matière de réchauffement sont très actuelles, au regard de la problématique climatique...

Le réchauffement climatique joue évidemment un rôle mais ces expérimentations ont également une signification plus vaste. Pensons de nouveau aux glaciations: on a également connu une période de ce type à la fin de la dernière glacia-



tion. La fin de l'âge glaciaire s'est d'ailleurs déroulée par à-coups: il n'y a pas eu de hausse progressive de la température. À la fin de la dernière glaciation, de -15.000 à -11.500 ans, on a assisté à un réchauffement, suivi d'un refroidissement, d'un réchauffement, etc. pour aboutir ensuite à une forte glaciation, suivie d'un réchauffement définitif marquant le début de la période dans laquelle nous nous trouvons actuellement. Cette évolution est particulièrement intéressante: à quelle vitesse ces changements sont-ils survenus? Il ressort de l'analyse des carottes de glace du Groenland que ce refroidissement s'est effectué de manière extrêmement rapide à certains moments! Il y avait des fluctuations climatiques intenses.

On parle là en termes de siècles ?

Non, il s'agit de décennies, de variations de températures d'au moins 5 degrés Celsius... ce qui est énorme. Nous cherchons à savoir comment des organismes qui vivent dans cet écosystème froid réagissent à un réchauffement. Bien entendu, on peut sans transition inscrire cela dans le cadre de la problématique de l'actuel réchauffement climatique.

Ces espèces peuvent-elles survivre dans un climat plus chaud ?

En ce qui concerne la végétation typique de la toundra, comme les lichens et les graminées, nous savons que la zone dans

laquelle ces espèces peuvent apparaître va se rétrécir si le climat se réchauffe. On observe déjà que la limite de végétation arborescente progresse vers le nord, ce qui diminue la surface de la région polaire.

Et où en est-on concernant les organismes unicellulaires dans la région polaire ?

Il est évident que nous n'étudions pas la totalité des organismes unicellulaires. Cela dépasse nos compétences. Nous nous concentrons essentiellement sur deux groupes. Au laboratoire, nous nous penchons particulièrement sur les amibes à coque (thecamoeben). Il existe également des amibes nues mais les amibes à coque forment un groupe intéressant car l'on peut retrouver cette coque même lorsque l'organisme est mort. Ces unicellulaires laissent des fossiles.

Nous examinons ce qui se produit dans ces communautés à la suite de changements de température. Nous parlons de communautés parce que plusieurs espèces apparaissent, dans des quantités différentes ou avec des populations différentes. Les espèces restent-elles identiques lorsque les conditions se réchauffent? Certaines disparaissent-elles? Quelles sont les caractéristiques qui indiquent que certaines espèces réagissent de telle ou telle manière à un réchauffement?

Nous avons, par exemple, provoqué une vague de chaleur sur le terrain! Cela dit, pour faire cela, il faut d'abord savoir ce

qu'est une vague de chaleur au Groenland. Ce qui n'est pas simple, au vu de l'absence de données permettant de savoir quelles sont les températures qui ont eu lieu là-bas. Il faut donc extrapoler. Heureusement, nous disposons des données de la station météorologique du Groenland occidental, où les Danois effectuent des relevés depuis le début du 20^e siècle.

La température maximale varie fortement d'une région à l'autre. Toutefois, au sud du Groenland, on a déjà relevé des maxima de 22 degrés Celsius. Mais ce sont vraiment des exceptions. La température maximale est plus faible dans d'autres endroits du Groenland. Pour le site d'expérimentation de l'île de Disko, on a connu une période de 12 jours où la température moyenne a dépassé les 9°C, ce que l'on peut considérer comme une vague de chaleur.

Pour notre expérience, nous avons provoqué une chaleur de quelques degrés plus haut, en vue d'être certains de l'effet. Nous avons réchauffé une partie bien délimitée de la surface du sol à l'aide de lampes à rayonnement infrarouge. Ce périmètre est bien entendu parsemé de capteurs et de thermomètres qui transmettent des données en continu à l'ordinateur. Il est également possible de conduire l'expérience en programmant, par exemple, qu'un écart de +5° doit être maintenu avec la température extérieure.

Puis on observe ... Les organismes unicellulaires ont un temps de génération court : ils se subdivisent en deux tous les dix jours environ, durée après laquelle on a déjà une nouvelle génération, selon l'espèce et les circonstances.

À partir de quand une expérience est-elle réussie ?

Dès lors qu'il se passe quelque chose ! Dès que des évolutions s'observent dans ces communautés. C'est vraiment passion-

nant. Évidemment, si rien ne se produit, c'est en soi une observation importante bien qu'elle soit moins captivante.

Peut-on déjà tirer des conclusions ?

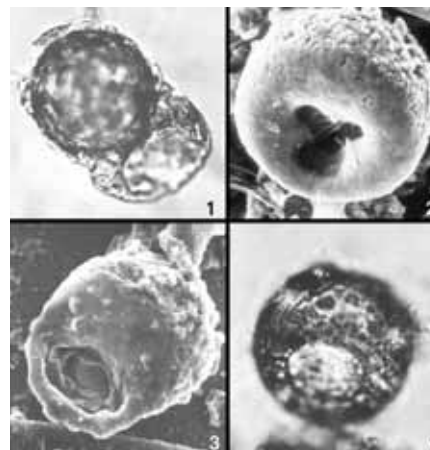
Nous sommes encore en train de traiter les données issues de 8 campagnes différentes au Groenland. Ces données ne sont pas toujours simples à interpréter. Nous avons observé qu'en effet, des évolutions se produisent en cas de réchauffement: certaines espèces gagnent en importance, d'autres le deviennent moins, mais nous avons également constaté que dans bon nombre de cas, ce phénomène n'est que temporaire. Autrement dit, le système peut se rétablir si l'on en revient à la situation de départ. Cet élément est important. Il indique que le système dispose d'une certaine élasticité intrinsèque. C'est ce que l'on appelle la résilience.

Les résultats de nos expériences ne sont pas toujours univoques. Outre le réchauffement, d'autres facteurs jouent également un rôle majeur, comme l'humidité du sol. En tant que chercheur, on peut décider d'ajouter ou non de l'eau dans le cadre de l'expérience. Le sol va-t-il se dessécher en cas de réchauffement climatique ou va-t-on assister à une hausse des précipitations ? À l'échelle planétaire, cet élément peut avoir d'importantes répercussions sur l'approvisionnement alimentaire.

Cette recherche débouche-t-elle sur une meilleure compréhension des conséquences d'un changement climatique ?

Cela excède les limites de notre cadre de travail mais indirectement, nous fournissons d'importantes pièces du puzzle, selon moi.

Les organismes unicellulaires fournissent une grande partie de la biomasse dans



Thecamoeben, une variété d'amibes.

le sol. Lorsque quelque chose dysfonctionne à ce niveau, les conséquences sont importantes pour les organismes supérieurs, les plantes et tout ce qui se nourrit de plantes, etc. C'est pourquoi je suis un peu contrarié lorsque les médias évoquent une icône comme l'ours polaire ! Mais bien évidemment, il faut un symbole si l'on veut parler des conséquences du réchauffement climatique et à cet effet, ce n'est bien sûr pas un organisme unicellulaire qu'on va choisir. On ne peut pas le voir sans microscope, on ne peut pas vraiment le caresser. Un ours polaire interpelle davantage les gens mais en fait, ce n'est pas vraiment un bon exemple. Les organismes unicellulaires forment la base de la chaîne alimentaire. Enlève-les et le système collapse. La disparition de l'ours polaire serait beaucoup moins dramatique pour ce système. On a encore retrouvé récemment sur l'île de Spitsberg une mâchoire d'ours polaire datant d'environ 130.000 ans. Cela signifie qu'en tant qu'espèce, l'ours polaire a survécu à la dernière période chaude survenue entre les glaciations, entre il y a 125.000 ans et 100.000 ans.

Naturellement l'influence de l'homme vient également s'y ajouter. Toutes ces substances polluantes produites par l'homme au sud sont acheminées par l'air et par l'eau pour aboutir finalement dans la région polaire boréale, où elles sont cumulées au sein de la chaîne alimentaire et finissent leur parcours, dans les concentrations les plus élevées, au niveau du prédateur au sommet de la pyramide, ... l'ours polaire.



Antarctique
Biodiversité marine

BIANZO II : Étudier le benthos et sa dynamique pour prévoir l'avenir de la biodiversité marine

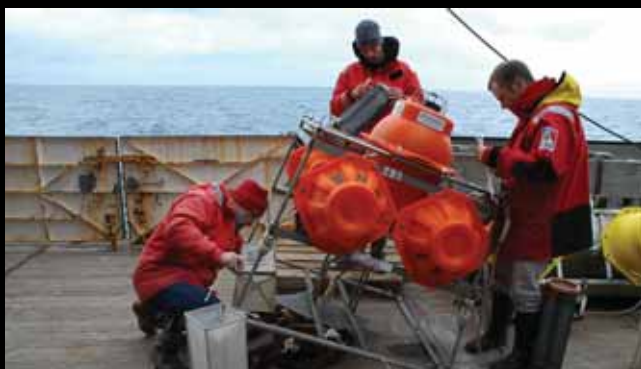
Le programme belge BIANZO II (Biodiversity of three representative groups of the Antarctic Zoobenthos – Coping with Change) officiellement terminé en 2010, a été un élément important de l'Année Polaire Internationale.

En étudiant certains éléments de la vie dans l'océan, en particulier les peuplements des fonds marins (les communautés benthiques), les partenaires de ce projet (Universités de Gent, de Liège, de Bruxelles (ULB), de Bourgogne (France) et l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique), portés par BELSPO via son programme SSD (Science for a Sustainable Development) voulaient répondre à plusieurs questions concernant la situation actuelle, la dynamique et l'avenir de la biodiversité australe. Cette étude s'est plus particulièrement concentrée sur trois groupes d'habitants des grands fonds: les nématodes, les amphipodes et les échinoides.

Ce programme était non seulement une contribution belge à l'exploration de la diversité via son premier volet intitulé NOWBIO, indique

le Dr De Broyer, mais aussi une étude de la dynamique des populations benthiques via le volet DYNABIO. Dans cette deuxième partie du projet, les chercheurs se sont intéressés à des questions aussi diverses que: pourquoi telles espèces se trouvent-elles à certains endroits plutôt qu'à d'autres, quelles sont leurs ressources nutritionnelles, quels sont leurs besoins écologiques? etc.

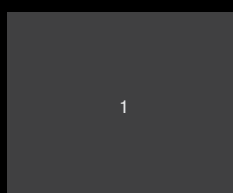
La troisième partie du projet était plus prospective. Avec FOREBIO, les équipes ont tenté d'établir diverses simulations, des modélisations destinées à apprécier la manière dont certaines communautés pourraient évoluer en fonction des changements climatiques qui affectent la planète. Les questions qui ont guidé les travaux de ce troisième volet de BIANZO II portaient sur les impacts potentiels des change-



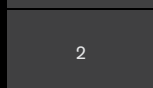
ments environnementaux sur les trois groupes cibles étudiés mais aussi, par extension, sur d'autres espèces et ainsi sur l'ensemble de la biodiversité. Bref, il s'agissait d'une approche conceptuelle basée sur de l'expérimental.

Note: le rapport final de BIANZO II est disponible en ligne à l'adresse:

www.belspo.be/belspo/ssd/science/Reports/BIANZO_FinRep_phase1.pdf



- 1 *Epimeria rubricques*
- 2 Installation des pièges acoustiques.
- 3 Echinoïde.
- 4 Nématode.





Nuages bas sur Utsteinen

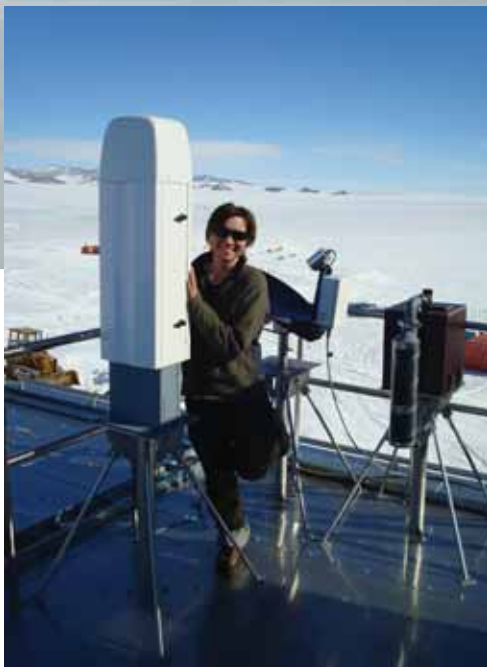


L'Antarctique est recouvert d'une couche de glace d'environ 2.200 m d'épaisseur et qui atteint une épaisseur record de 4.800 mètres. Cette glace résulte du compactage de la neige depuis des millions d'années. Cette calotte glaciaire renferme tant d'eau que le niveau des océans s'élèverait de 62 mètres si elle devait fondre en Antarctique (la calotte glaciaire du Groenland contenant, de son côté, suffisamment d'eau pour encore y ajouter six mètres). Si un tel événement devait se produire, un grand nombre de régions terrestres densément peuplées deviendraient inhabitables: des parties importantes de la Belgique et des Pays-Bas, par exemple, sans parler de pays tels que le Bangladesh et les îles de l'océan pacifique. Cela ressemble à un scénario de film-catastrophe.

Mais le GIEC (Groupe d'Experts intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) nous rassure quelque peu à ce sujet: même si la Terre devait continuer à se réchauffer de manière continue, il faut attendre l'an 4.000 pour que la glace ait disparu en totalité du pôle Sud. Nous en sommes loin. L'Antarctique ne fond qu'à peine: la température moyenne au littoral (exception faite de la péninsule antarctique) campe encore et toujours à 10 degrés sous zéro, même en été. La calotte glaciaire de l'Antarctique se réduit du fait que la glace s'éboule en bordure du continent, pour ensuite dériver sous la forme d'icebergs. En outre, des éléments indiquent que les glaciers de l'Antarctique se sont mis à

progresser plus vite durant les dernières décennies et ont transporté davantage de glace vers la mer. Des glaciologues (belges, notamment) s'attachent à calculer la quantité de glace qui a ainsi été perdue et la vitesse à laquelle le niveau de la mer va s'élever.

Mais, en outre, le réchauffement des océans austraux a pour effet d'augmenter l'humidité de l'air, et cet air humide génère davantage de neige qu'auparavant sur le continent antarctique. Quelle est la quantité de neige qui tombe en Antarctique ? Cet apport accru est-il suffisant pour compenser le détachement de la glace ? Le niveau de la mer augmente-t-il,



et si oui, à quelle vitesse ? Les scientifiques sont encore loin d'avoir répondu à toutes ces questions.

La KU-Leuven (professeur Nicole Van Lipzig) a envoyé une jeune chercheuse en Antarctique afin de collecter des données relatives aux nuages qui acheminent cet air humide chargé de neige vers le continent antarctique.

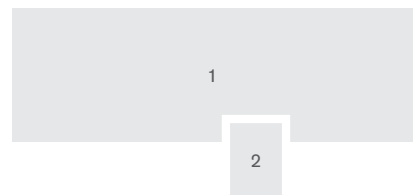
Irina Gorodetskaya:

Je travaillais au sein du Laboratoire de Glaciologie de Grenoble, en France, lorsque j'ai entendu parler, par le biais d'un conférencier néerlandais, du projet de Nicole Van Lipzig. Cela correspondait parfaitement à ce à quoi je me consacrais. Je travaillais alors sur des

modèles mathématiques d'interaction atmosphérique qui avaient également été utilisés dans les rapports du GIEC. Nous avons un besoin urgent de données pour valider ces modèles: toute une discussion était née au sujet des interactions entre la glace marine et la formation de nuages dans la région arctique. A partir d'observations récentes sur le terrain, cela semblait ne pas du tout concorder avec ce que les modèles prédisaient. Et pour vérifier le modèle mathématique pour l'Antarctique, je ne disposais que des données de deux stations d'observation: la station franco-italienne Dome C sur le haut Plateau antarctique, ainsi que la station américaine Amundsen-Scott, située au pôle sud même. La proposition de la KU-Leuven d'aller effectuer des mesures à proximité de la Station Princesse Elisabeth était une occasion unique !

Quelle fut votre impression au sujet de la Station Princesse Elisabeth?

Impressionnante ! Nous y sommes arrivés en février 2009. C'est un concept unique. La forme aérodynamique du projet est particulièrement frappante. L'implantation sur le terrain est, elle aussi, très bien pensée. C'est par ailleurs un endroit particulier, très beau. Ce fut un plaisir

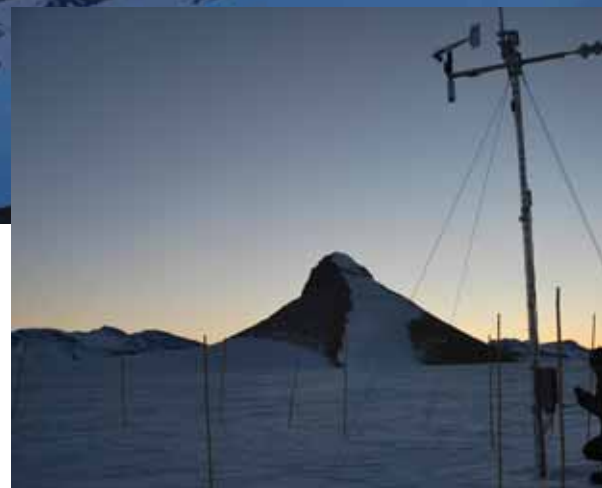


1 Camp de tentes à Utsteinen.
2 Irina Gorodetskaya et divers instruments scientifiques sur le toit de la station.



d'y travailler. La base belge est un endroit idéal pour notre recherche: elle n'est située ni sur le littoral, ni sur le haut plateau. Utsteinen se situe au pied des montagnes de Sør Rondane.

Nous cherchons à comprendre les mécanismes qui déterminent les précipitations. Quelle est la quantité de neige qui tombe dans la région ? Quel niveau d'accumulation pouvons-nous relever, de combien de centimètres l'épaisseur de la couche de neige augmente-t-elle ? En Antarctique, il neige quand il y a des tempêtes. Ces tempêtes sont causées par des cyclones qui tournent autour du continent et pénètrent à l'intérieur des terres. La Station Princesse Elisabeth se trouve à proximité immédiate d'une zone d'activité cyclonique intense. Les cyclones ne traversent pas le continent mais leur influence se fait bel et bien sentir à l'intérieur des terres. La base se situe précisément dans la zone où l'air chaud et humide de la côte s'engouffre dans les terres. En outre, on se trouve en bordure de la montagne. Le relief contraint l'air à s'élever fortement. Lorsque l'on se rend à la Station depuis le littoral, on ne fait que monter durant les 110 premiers km, puis c'est pratiquement plat et à proximité de la station, cela monte brutalement. Cet endroit connaît des précipitations car l'air est forcé de s'élever, il se refroidit et donc l'humidité ache-



minée depuis l'océan ne peut plus se maintenir en l'état: il neige. Cette région (à partir d'environ 100 km de la côte) est la zone qui connaît le plus de précipitations pour l'ensemble de l'Antarctique (hormis la péninsule antarctique).

De l'autre côté, les montagnes nous protègent des vents catabatiques, ces vents gravitationnels froids qui déferlent du haut plateau vers le bas. Ce sont des vents vraiment puissants: la vitesse atteint en moyenne 20 mètres par seconde sur une base annuelle, ce qui est énorme. Ce sont eux qui rendent souvent la vie et le travail en Antarctique si difficile. Mais sur la Station Princesse Elisabeth, nous ne les subissons pas. Lorsque le vent du haut plateau antarctique arrive, il est froid et lourd, et reste donc proche de la surface. Les montagnes le bloquent. La circulation d'air depuis le littoral remplit l'ensemble de la troposphère, elle ne reste pas à la surface et n'est donc pas stop-



pée par les montagnes. Sur la base belge, l'influence des vents catabatiques est relativement faible, ce qui nous permet de nous concentrer sur l'influence des vents cycloniques qui soufflent depuis la côte. C'est un endroit idéal pour comprendre les profils de précipitations.

Vous avez installé une station météorologique automatique près de la base ?

Oui - nous avons installé la station météorologique en février 2009. Elle nous donne les moyennes horaires non seulement des paramètres météorologiques de base (température, humidité, vent) mais également les flux radiatifs (rayonnement solaire atteignant le sol et réfléchi mais aussi la radiation émise par la surface de la neige et par l'atmosphère), les variations de hauteur de la neige et le profil de sa température.

Toutes ces mesures dont nous avons besoin pour comprendre les processus en relation avec la masse en surface et les budgets énergétiques.

Nous disposons également de deux instruments pour mesurer les nuages. Le premier est appelé céilomètre. C'est une sorte de laser qui sert à mesurer l'altitude de la couverture nuageuse : un signal laser est renvoyé par les particules renfermées dans les nuages, comme les gouttelettes, les cristaux de glace, les flocons de neige, etc. Nous pouvons ainsi voir de quoi est composé le nuage. Un autre instrument est le pyromètre infrarouge. C'est un instrument passif: il n'émet rien mais mesure le rayonnement calorique dégagé par l'atmosphère, nous permettant ainsi de connaître la température de la masse nuageuse.

C'est ainsi qu'au cours de la période d'observation de janvier/février 2010, nous avons relevé

1	2	3
---	---	---

- 1 La station météo automatique à Utsteinen.
- 2 De gauche à droite : le céilomètre, le détecteur de nuages et le pyromètre infrarouge.
- 3 La station météo automatique enregistre divers paramètres: température, pression atmosphérique, vitesse et direction du vent, accumulation de neige. Un détecteur complémentaire mesure la distance jusqu'à la surface neigeuse.

une nébulosité d'altitude moyenne (de 3 à 4 km), et nous savons que la température moyenne de ces nuages s'élevait à environ $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Voilà le genre d'informations que l'on peut obtenir à l'aide de ce type d'instruments.

En cas de tempête, la couverture nuageuse devenait plus basse. Nous obtenions davantage de nuages bas situés à une altitude de 500 mètres à 1 kilomètre. Ces nuages n'apparaissent qu'en cas de tempête. Nous étions en mesure de prévoir avec exactitude qu'une tempête se préparait lorsque nous apercevions des nuages bas. Nous savons aussi grâce à des observations dans d'autres stations qu'il existe un lien direct. Les nuages bas sont par ailleurs beaucoup plus chauds: la température y remontait sérieusement, pour se situer entre $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (qui est la plus haute température de nuages que nous ayons relevée). Les nuages chauds de faible altitude ont également un effet de serre: ils absorbent le rayonnement calorique dégagé par la Terre et le renvoient à leur tour vers le sol. Nous pouvions constater l'effet immédiatement avec la station météorologique qui mesure le flux de rayonnements: pendant la tempête, on assistait à une augmentation du rayonnement calorique envoyé vers le bas par l'atmosphère.

Une tempête de ce type se fait ressentir dans l'ensemble de la colonne d'air au niveau de la troposphère. Durant une période froide, le sol se refroidit fortement. La température au sol est plus faible que dans les couches aériennes supérieures. C'est ce que l'on appelle l'inversion. Il n'y a pas d'échange d'énergie entre les différentes couches d'air. La surface est isolée de l'atmosphère. Cette situation est typique des périodes froides en Antarctique. Mais une tempête perturbe tout, tous azimuts. La température s'élève, la turbulence n'est plus réprimée, les couches d'air se mélangent et l'inversion disparaît. La température au voisinage du sol augmente rapidement de



20 ou 30 degrés, et il neige.

Nous avons quand même de la neige durant les périodes froides sur la base belge, mais il s'agissait de redistribution. C'est un phénomène typique de drift neigeux: il n'y a pas de chute de neige fraîche, il s'agit de neige déplacée par le vent. Il ne tombe de la neige fraîche qu'en cas de tempête.

Avez-vous constaté des choses inattendues ?

Oui, quand même. Nous ne disposons d'aucune donnée pour cette région. C'est une bande de plus de 1 000 km en Antarctique, où aucun relevé n'avait été réalisé jusqu'à il y a peu. Nous n'avons rien du tout pour la région située entre la station japonaise de Syowa et la station russe de Novolavarevskaya. Nous ne comprenons pas très bien les processus d'accumulation de neige pour cette région. Nous savons qu'ici, la majeure partie de la neige est amenée par les cyclones depuis la mer, or l'on ne constate pas d'accumulation de neige importante. Pourquoi en va-t-il ainsi ? Cela reste un mystère pour l'heure. Dans cette région, l'écart entre les accumulations neigeuses calculées par les différents modèles est important. Nous ignorons tout simplement quel

modèle est correct, du fait que nous ne disposons pas d'observations suffisantes.

Nous disposons désormais de données météorologiques de deux années sur la Station Princesse Elisabeth et l'on constate que l'accumulation de neige varie de façon drastique entre les deux années ! 70 cm de neige sont tombés au cours de la première année d'observations, et quasi rien la seconde. Que pouvons-nous apprendre des relevés de température, de vitesse du vent, d'humidité, d'altitude nuageuse, etc. ? Il semble que beaucoup plus de tempêtes sont survenues durant la première année, à des vitesses de vent supérieures et avec une augmentation de la quantité de neige durant la tempête. Pendant la seconde année, on a observé moins de tempêtes qui s'abattaient avec des vents en moyenne moins rapides. Nous avons observé en outre que la neige tombée durant la tempête était ensuite chassée par le vent. Il est vraisemblable qu'une partie disparaissait également par sublimation: la neige peut s'évaporer sans fondre.

Nous attendons maintenant ce qui va se passer au cours de la troisième année d'observations. Je travaille actuellement sur les analyses des tempêtes de 2009: quelles étaient les éléments caractéristiques de ces tempêtes à la base de l'augmentation inhabituelle du volume de

neige ? Nous savons que dans le reste de cette région de l'Antarctique oriental, dans l'ensemble de la Terre de la Reine Maud, les chutes de neiges étaient normales cette année-là. J'aimerais comprendre ce qui était spécifique à la région environnant Utsteinen et comment cela s'insère dans le modèle mathématique. Il va être très intéressant de voir si au cours de l'année 2011, l'accumulation de neige moyenne sera supérieure et si nous aurons davantage d'activité cyclonique à la suite du réchauffement climatique à l'échelon mondial.

Quel est l'effet du réchauffement climatique sur ce système ?

Depuis la publication du dernier rapport du GIEC (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change), des publications ont paru dont il ressort que l'augmentation des précipitations sur l'Antarctique est en forte corrélation avec la situation de la glace marine. Moins de glace en mer signifie plus d'eau découverte et plus d'humidité dans l'air. Avec l'augmentation des températures moyennes, il se pourrait que davantage de vapeur d'eau soit disponible, ce qui pourrait entraîner une augmentation des précipitations sur l'Antarctique, à la condition qu'il y ait des cyclones pour acheminer l'air humide vers le continent. Nous ne sommes pas en mesure d'affirmer qu'il y aura ou non plus de cyclones.

L'Année Polaire Internationale a-t-elle apporté quelque chose à la climatologie dans les régions polaires ?

D'importants efforts ont été fournis pour rassembler la connaissance existante et la partager avec d'autres chercheurs (y compris les données issues d'expéditions antérieures), ce qui est une bonne chose. Autrefois, il n'arrivait que trop souvent que chaque pays mène ses activités de recherche de manière isolée. Il y a eu d'innombrables expéditions russes produisant des résultats fantastiques, et pourtant... Peu de nouveaux projets de recherche ont été lancés. Plusieurs projets sont également passés à la trappe, sans doute en raison de la



crise financière. Mais un des objectifs majeurs de l'IPY, à savoir la coopération internationale et l'échange de données, s'est bel et bien avéré être un succès.

Est-ce que vous recevez des données de mesures de la Station durant toute l'année ou uniquement pendant l'été antarctique ?

L'objectif est que nous puissions assurer un monitoring des données hivernales et estivales de la base, y compris lorsqu'elle n'est pas habitée. Les données météorologiques de la station météo automatique sont transmises vers la Belgique sans interruption depuis 2009, grâce à l'installation de balises satellite ARGOS. Les chiffres apparaissent sur nos écrans d'ordinateurs quasi en temps réel, à peine six heures après la mesure. Nous pouvons donc les suivre et les analyser à distance. Et lorsque nous arrivons à la base durant l'été antarctique, nous pouvons également relever les données sauvegardées dans la mémoire de la station météo automatique pour un contrôle.

Les instruments servant à l'observation des nuages sont censés assurer la transmission de données en continu mais ces appareils n'ont pas de batterie propre. Ils sont tributaires de l'alimentation en électricité de la base belge. Nous avons peut-être voulu aller trop vite: nous voulions y être dès la première année où



1 Mesures GPS sur le terrain.
2 Cristaux de glace.

Nous ne disposons d'aucune donnée pour cette région. C'est une bande de plus de 1 000 km en Antarctique, où aucun relevé n'avait été réalisé jusqu'à il y a peu. Nous savons qu'ici, la majeure partie de la neige est amenée par les cyclones depuis la mer, or l'on ne constate pas d'accumulation de neige importante. Pourquoi en va-t-il ainsi ? Cela reste un mystère pour l'heure.



la station était opérationnelle. Toutefois, une base polaire expérimentale comme celle-là, censée fonctionner à l'aide d'énergie renouvelable, n'est évidemment pas au point immédiatement. Le réseau électrique n'était pas encore parfaitement prêt à l'emploi. Au cours de l'été Antarctique de l'année 2010, nous avons pu réaliser des observations à plein régime à l'aide des instruments d'observation des nuages et avec le radar à précipitations que nous avons emmené. J'avais tout préparé pour assurer les transmissions par le biais d'un ordinateur portable durant l'hiver, lorsque la base est inoccupée. Je pouvais depuis mon bureau, par l'intermédiaire du serveur, contrôler tous les instruments, télécharger des données et réaliser des mesures. Tout fonctionnait parfaitement jusqu'à ce que... le courant se coupe en mars.

Une panne ?

Non, une absence de vent. La Station Princesse Elisabeth est une station zéro émission. Nous sommes tributaires de la nature pour obtenir de l'énergie. Durant l'hiver, il n'y a pas de soleil, et donc pas de courant photovoltaïque. S'il n'y a pas de vent durant une semaine approximativement et que donc les générateurs éoliens ne produisent pas d'énergie, il se peut que les batteries se vident.

Normalement, les générateurs doivent prendre le relais mais cela ne s'est pas produit en raison d'une défectuosité technique. Le réseau électrique est passé en mode sécurité, ce qui signifie que la première équipe qui atterrira en Antarctique pour la nouvelle saison devra redémarrer le réseau électrique manuellement.

Vous avez été déçue ?

Bien sûr, nous voulions recueillir un maximum de données concernant un maximum de tempêtes. L'hiver dernier, nous n'avons pu en mesurer que deux. Mais lorsque vous travaillez dans des conditions extrêmes, dans une région inhospitalière comme l'Antarctique, vous ne devez pas vous attendre à ce que tout fonctionne à la perfection dès le départ. Nous, les scientifiques, nous avons également dû chercher et essayer de régler nos instruments ainsi que réaliser notre programme tout comme le gestionnaire de la station et son équipe devaient résoudre d'innombrables problèmes. Nous sommes tous dans le même bateau, c'est pourquoi il est si important que nous travaillions en équipe et que nous communiquions mutuellement de manière ouverte, de sorte que chacun puisse prendre les bonnes décisions pour son projet.



La calotte antarctique renferme 90% des réserves d'eau douce de la planète.



Conclusion de Nicole van Lipzig

L'IPY a généré une impulsion notable en faveur de la recherche climatologique en Antarctique. L'idée 'classique' est que l'air peut renfermer davantage de vapeur d'eau lorsqu'il fait plus chaud, ce qui est censé avoir pour corollaire qu'un monde plus chaud s'accompagnera d'une augmentation des chutes

de neige en Antarctique. Des études récentes ont toutefois révélé que l'augmentation des chutes de neige attendue ne s'est toujours pas produite, en dépit d'un réchauffement de l'atmosphère. Nous constatons également une très grande variabilité mensuelle sur l'ensemble de la neige qui tombe en Antarctique (les écarts peuvent aller jusqu'à 25 % !). Tout cela indique que non seulement la température mais, plus encore, les flux d'air sont extrêmement importants pour la quantité de neige qui tombe sur l'Antarctique. Cela n'est pas une bonne nouvelle : l'absence d'augmentation des chutes de neige semble entraîner un début de perte de masse des calottes glaciaires antarctiques liée à une augmentation de l'éboulement de blocs de glace aux bords. Il y a toutefois controverse actuellement sur ce point entre les groupes qui travaillent avec des observations satellitaires et donc cette question n'est pas entièrement tirée au clair. Il est important que nous étudions les processus qui déterminent la relation entre les flux d'air, la formation de nuages et les chutes de neige pour mieux comprendre le fonctionnement du système. Ce n'est qu'ainsi que nous pourrons améliorer les modèles et affiner nos projections climatologiques pour l'avenir. Nous souhaitons y contribuer avec notre observatoire.

L'absence d'augmentation des chutes de neige semble entraîner un début de perte de masse des calottes glaciaires antarctiques liée à une augmentation de l'éboulement de blocs de glace aux bords.



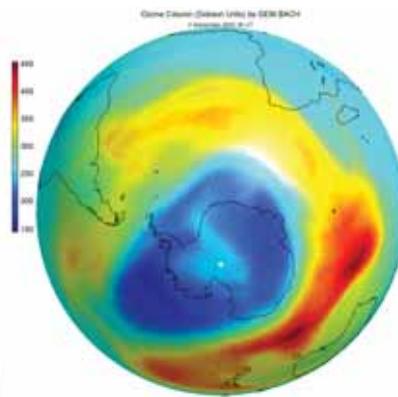
Pôle nord et pôle sud

Il y a deux pôles : le pôle nord (ou : l'Arctique) et le pôle sud (ou : l'Antarctique). Les mots 'arctique' et 'antarctique' viennent du grec : arctique signifie 'ourse' et antarctique signifie 'en face de l'ourse' – les Grecs appelaient 'ourse' la constellation située au-dessus du pôle nord.

Si les deux pôles présentent des similitudes, ils sont également très différents. Le pôle sud est un continent enfoui sous la glace, alors que le pôle nord est un morceau d'océan glacé. 90 % de l'eau sur notre planète est renfermée en Antarctique. L'épaisseur moyenne de la calotte glaciaire y est de 2,5 km approximativement, alors qu'elle n'est 'que' de 1 à 4 mètres au pôle nord. Il n'y a pas de manchots au pôle nord et pas d'ours polaires au pôle sud.



GEM-BACH et la modélisation du temps 'chimique'

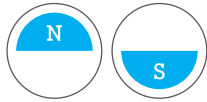


La colonne d'ozone du 2 septembre 2003 à 6h TU mesurée en unités Dobson (GEM-Bach 2).

L'Institut d'Aéronomie spatiale de Belgique (IASB), en collaboration avec le ministère canadien de l'environnement (Environnement Canada), a profité de l'Année Polaire Internationale pour mettre à l'épreuve un système de prévision du temps incluant la composition chimique de l'atmosphère. Deux composés chimiques ont plus particulièrement intéressé les chercheurs: l'ozone stratosphérique et l'oxyde d'azote.

En ce qui concerne notre apport à ce projet, il a porté sur l'intégration du modèle chimique de recherche BASCOE dans le système canadien de prévision du temps GEM, indique Simon Chabrilat, de l'Institut d'Aéronomie spatiale de Belgique. Cela a donné le modèle intégré GEM-BACH, qui dans le cadre de l'Année Polaire Internationale a fourni entre 2007 et 2009 des prévisions de l'état dynamique et chimique de la stratosphère (en particulier polaire). Ces résultats ont été confrontés avec succès avec des mesures prises sur le terrain durant l'été 2007, à la station Eureka, au Nunavut (Canada).

Depuis l'IPY, ce modèle global est devenu opérationnel. Il a été notamment installé à l'IASB et fonctionne grâce au supercalculateur du Pôle Espace, à Uccle. Cet outil permettra aux chercheurs belges de mieux surveiller la composition chimique de la stratosphère, à l'échelle mondiale, avec une très haute résolution et quasiment en temps réel (projet BACCHUS).



Jouer aux puzzles polaires

Sur mandat du gouvernement fédéral, l'IPF (Fondation polaire internationale) a conçu et construit la Station Princesse Elisabeth en Antarctique. La construction de la base a débuté en novembre 2007 et son inauguration officielle a eu lieu le 14 février 2009.



La construction de la base fut une énorme performance. Bien que l'on ne puisse, stricto sensu, qualifier cette nouvelle base de projet scientifique, elle est la contribution la plus tangible de notre pays à l'Année Polaire Internationale. C'est essentiellement le choix, radical, de recourir à l'énergie renouvelable pour une base devant fonctionner sans émissions de CO₂ qui a suscité un grand intérêt au niveau international. La base belge est globalement considérée comme un exemple pour l'avenir.

Pour l'IPF, la Station Princesse Elisabeth est une vitrine, une démonstration de technologie durable. S'il est possible de survivre au moyen de l'énergie solaire et de l'énergie éolienne dans les conditions climatiques les plus rudes sur

Terre, alors cela doit être possible partout. L'IPF est une fondation d'utilité publique qui a pour mission de diffuser, de manière accessible, à l'intention du grand public, toute connaissance sur la complexité du changement climatique. Le rôle des régions polaires et de la recherche scientifique polaire y occupe une place de choix. L'IPF a la conviction que les individus, les organisations et les entreprises sont aidés dans leur choix d'un mode de vie responsable et durable par la sensibilisation.

Sandra Vanhove, responsable de l'équipe éducative de l'IPF:

Depuis l'inauguration de la Station Princesse Elisabeth préfabriquée à Tour & Taxis durant



1

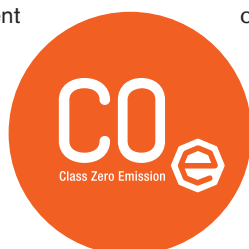
2

- 1 Le pôle Nord et ses environs en puzzle.
- 2 Sandra Vanhove (IPF) en pleine action avec quelques jeunes curieux.

l'été 2007, nous sommes submergés de demandes concrètes en provenance d'écoles, de milieux politiques et des medias. L'intérêt est énorme pour les pôles et les activités de recherche qui y sont menées. Pour répondre à cette demande, nous avons entrepris une démarche itinérante impliquant des puzzles polaires tridimensionnels. Il s'agit de 2 modèles d'environ 1 mètre de diamètre: un du pôle Nord, un autre du pôle Sud, que l'on peut totalement démonter. Le but consiste à établir clairement la distinction entre les régions polaires boréale et australe, les glaces marines et la calotte glaciaire. On y voit le continent sous-jacent de l'Antarctique, les montagnes qui percent la calotte glaciaire et l'océan qui s'étend sous la banquise du pôle Nord. On peut également appliquer les modèles prédictifs aux puzzles polaires pour visualiser les conséquences du réchauffement climatique. (http://www.educapoles.org/fr/projects/project_detail/puzzles_polaires/).

C'est dans la foulée des puzzles polaires que nous avons lancé, ici à Anderlecht, dans les locaux de l'IPF, la Classe Zéro Émission, avec l'appui des ministres flamand et francophone de l'enseignement. Il s'agit d'une

animation interactive destinée aux jeunes de 10 à 18 ans, dans laquelle les sens, le jeu, la recherche et la discussion occupent une place centrale. En expérimentant de manière autonome, les étudiants accroissent leurs connaissances relatives au côté interdisciplinaire de la recherche polaire et climatologique, et sont incités à réfléchir au sujet du vaste contexte d'une société pauvre en carbone. Les étudiants des écoles normales bénéficient, eux aussi, d'une animation sur mesure, tandis que les enseignants peuvent, quant à eux, suivre des recyclages à l'occasion d'ateliers ciblés. (http://www.educapoles.org/fr/projects/project_detail/classe_zero_emission/).



L'IPF était également le partenaire officiel du projet DAMOCLES (Developing Arctic Modelling and Observing Capabilities for Long-term Environmental Studies). Il s'agit d'un projet de recherche européen démarré il y a 4 ans qui étudie l'interaction entre la banquise, la mer et l'atmosphère dans la région du pôle Nord. Plus de 200 scientifiques issus de 11 pays différents y sont impliqués. L'IPF a pris en charge l'aspect 'outreach', la communication à l'adresse du grand public. À cette fin, une exposition itinérante a été mise sur pied et lancée en



- 1 Un atelier pour enseignants durant le congrès IPY à Oslo.
- 2 La problématique de l'albédo dans les régions polaires au cœur des réflexions.

1

2



www.educapoles.org

Belgique, pour ensuite prendre le cap de divers pays européens, comme la Bulgarie, le Luxembourg, l'Italie et la France.

L'IPF s'est également impliquée dans un grand nombre d'autres projets au cours de l'Année Polaire Internationale. Elle a produit le seul documentaire officiel de l'IPY 'Beyond the Poles' pour l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et pour l'International Council for Science (ICSU). Une série de projets de recherche polaire y sont mis en lumière.

Un des collaborateurs de l'IPF, Jean de Pome-reu, a participé à l'expédition polaire chinoise (Chinare) à bord du brise-glace Xue-Long et a publié son rapport sur le site Internet de l'IPF, SciencePoles.

L'IPF a contribué à la mise sur pied d'une interaction en ligne à l'intention des écoles du monde entier, Polar Weeks, à l'occasion de la conférence de clôture de l'IPY ainsi qu'à la publication du Polar Resource Book, un ouvrage englobant des activités en classe et des initiatives éducatives relatives aux pôles et destinées aux personnes intéressées dans et à l'extérieur du monde enseignant.

L'Année Polaire Internationale s'est clôturée par une grande conférence scientifique à Oslo, du 6 au 12 juin 2010, et à laquelle ont pris part plus de 1 000 scientifiques issus de 60 pays différents. Des sessions éducatives furent également organisées en parallèle des

sessions multidisciplinaires dans lesquelles il fut fait rapport des résultats de l'Année Polaire Internationale et de l'impact des changements en cours dans les régions polaires. Sandra Vanhove siégeait au nom de l'IPF au sein du comité directeur responsable du programme Communication et Éducation.

Nous avons organisé six sessions, chacune avec un thème propre axé sur la classe, le grand public, les musées, les médias, etc. et, parallèlement, organisé 4 ateliers thématiques prévoyant des expérimentations et des lectures spécialement à l'intention des enseignants. Nous avons invité 120 enseignants à Oslo. Il y avait beaucoup plus de candidats mais nous ne pouvions financer le voyage et le séjour que de 120 personnes au maximum. Nous avons dû procéder à une sélection stricte et 3 belges ont été retenus. En contrepartie de leur participation gratuite à la conférence, les enseignants ont, à leur tour, rapporté comment ils abordent la question des pôles et la problématique du climat dans leurs classes.

Maintenant que la Station Princesse Elisabeth existe, la Fondation polaire souhaite désormais s'atteler à un nouveau grand projet, à savoir le Polaris Climate Change Observatory. Il s'agit d'une exposition permanente de grande envergure en divers endroits du monde, destinée à conscientiser le grand public au sujet du rôle des pôles ainsi que des causes et des conséquences du changement climatique.



ANDEEP : Pêche miraculeuse au plus profond des mers et océans bordant l'Antarctique

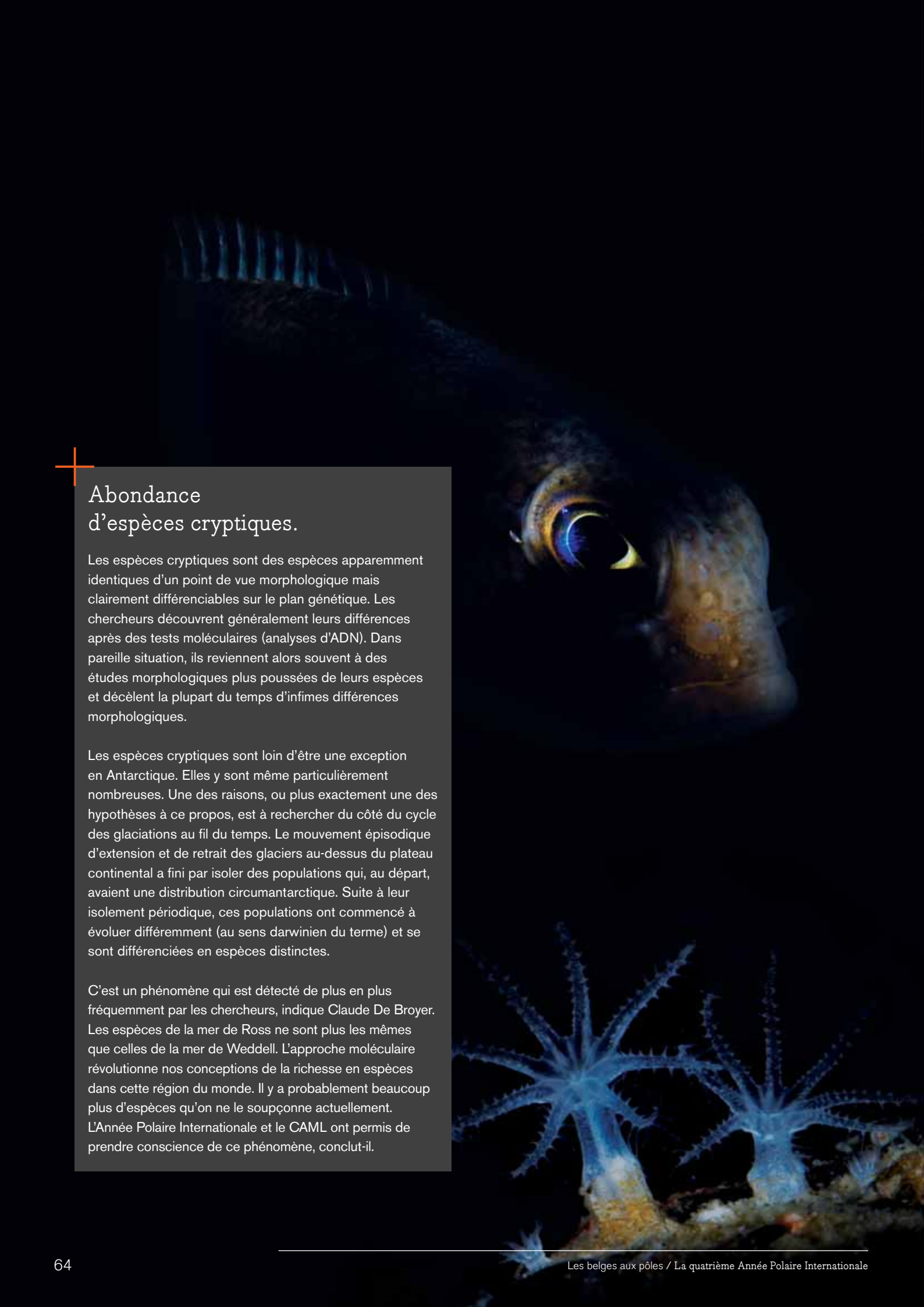
Le projet ANDEEP (ANtartic benthic DEEP-sea biodiversity: colonisation history and recent community patterns) a été placé sous l'égide du CAML (Projet international de recensement des espèces marines antarctiques) et de l'Année Polaire Internationale. Et ce malgré le fait qu'il avait été lancé dès 2002. Ce projet auquel ont participé des chercheurs belges (C. De Broyer, B. Danis, P. Dauby, P. Martin, F. Nyssen, H. Robert de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique ainsi que A. Vanreusel, I. De Mesel, K. Guilini, J. Ingels de l'Université Gent) visait à explorer les grandes profondeurs océaniques qui bordent le continent Antarctique.

La recherche abyssale est passionnante, commente Claude De Broyer. Mais elle est aussi extrêmement coûteuse. C'est ce qui explique qu'au départ, ce projet a eu du mal à démarrer. Finalement, grâce à l'Institut allemand Alfred Wegener, quatre campagnes d'exploration des grands fonds océaniques ont pu être réalisées avec le Polarstern, le navire océanographique de cet Institut. La dernière – ANDEEP-SYSTCO – s'est déroulée lors de l'été austral 2007-2008. Chaque campagne durait dix semaines. Elles ont permis de sonder les grands fonds marins jusqu'à une profondeur de 5 600 mètres et ce, dans la zone Atlantique de l'Océan Austral qui est la région de travail habituelle du Polarstern.

Au niveau biodiversité, les résultats sont

fabuleux, s'enthousiasme le chercheur belge. 90% des espèces que nous avons récoltées étaient des espèces inconnues. Et il y en a des centaines! En particulier des crustacés. Une équipe allemande de l'Université d'Hambourg spécialisée dans les isopodes, (les cloportes, par exemple, sont des isopodes) a récolté quelque 600 nouvelles espèces. En ce qui nous concerne, nous avons mis la main sur 200 espèces inconnues d'amphipodes. Certaines ont déjà été décrites. Pour les autres, le travail reste à faire. Et il n'y a pas que ces deux groupes d'animaux. Les fonds abyssaux nous ont aussi livré quantités d'éponges, d'étoiles de mer, de poissons qui attendent de recevoir un nom. Nous savions que nous allions découvrir des espèces inconnues, mais pas dans de telles proportions. C'était absolument incroyable!

Ces spécimens sont désormais répartis dans les différents laboratoires impliqués dans ces recherches. Toutefois, les plus nombreuses de ces collections sont gérées à Hambourg, en Allemagne. Dans les labos, il y en a pour des années de travail pour identifier chaque spécimen de ces pêches miraculeuses. Il faut d'abord vérifier dans la littérature si l'individu sous le binoculaire n'a pas déjà été décrit. Il faut ensuite l'étudier, le comparer, le décrire, le dessiner, le photographier,... La description morphologique de ces nouvelles espèces, le travail taxonomique, est la base de tout le travail scientifique ultérieur, précise De Broyer. Sans oublier qu'aujourd'hui, ce travail de base est complété par d'autres types d'informations, en particulier génétiques...



Abondance d'espèces cryptiques.

Les espèces cryptiques sont des espèces apparemment identiques d'un point de vue morphologique mais clairement différenciables sur le plan génétique. Les chercheurs découvrent généralement leurs différences après des tests moléculaires (analyses d'ADN). Dans pareille situation, ils reviennent alors souvent à des études morphologiques plus poussées de leurs espèces et décèlent la plupart du temps d'infimes différences morphologiques.

Les espèces cryptiques sont loin d'être une exception en Antarctique. Elles y sont même particulièrement nombreuses. Une des raisons, ou plus exactement une des hypothèses à ce propos, est à rechercher du côté du cycle des glaciations au fil du temps. Le mouvement épisodique d'extension et de retrait des glaciers au-dessus du plateau continental a fini par isoler des populations qui, au départ, avaient une distribution circumantarctique. Suite à leur isolement périodique, ces populations ont commencé à évoluer différemment (au sens darwinien du terme) et se sont différenciées en espèces distinctes.

C'est un phénomène qui est détecté de plus en plus fréquemment par les chercheurs, indique Claude De Broyer. Les espèces de la mer de Ross ne sont plus les mêmes que celles de la mer de Weddell. L'approche moléculaire révolutionne nos conceptions de la richesse en espèces dans cette région du monde. Il y a probablement beaucoup plus d'espèces qu'on ne le soupçonne actuellement. L'Année Polaire Internationale et le CAML ont permis de prendre conscience de ce phénomène, conclut-il.



Le fer peut-il sauver le monde ? L'océan Austral comme pompe à CO₂

Au cours de l'Année Polaire Internationale, le Polarstern a pris la mer en direction de l'océan Austral, en embarquant quinze tonnes de sulfate de fer en vue d'une expérience exceptionnelle. Les scientifiques à son bord voulaient 'fertiliser' l'océan avec du fer pour favoriser l'efflorescence des algues. Ce faisant, ils n'en étaient pas à leur coup d'essai: pendant l'été antarctique 2003/2004, une expérience de ce type avait déjà eu lieu. Les algues à la surface de l'océan absorbent du CO₂ (dioxyde de carbone) présent dans l'atmosphère et l'acheminent vers les fonds marins. Plus les algues prolifèrent, plus la quantité de gaz à effet de serre emprisonné en mer sera élevée. Le fer serait donc une solution pour lutter contre le réchauffement climatique.

Cette expérience de fertilisation était controversée. Des organisations de défense de l'environnement protestèrent même auprès du gouvernement allemand: n'était-ce pas dangereux d'intervenir à grande échelle sur le cours de la nature? Pour autant, les scientifiques du Polarstern reçurent quand même le feu vert pour procéder à leur tentative d'augmentation de l'absorption de carbone par l'océan austral.

Dans notre pays également, les scientifiques sont familiarisés avec ce type d'expériences de fertilisation. En 2004, le professeur Frank Dehairs de la Vrije Universiteit Brussel participait déjà avec ses collègues allemands du Alfred Wegener Institute, aux premiers essais de fertilisation à bord du Polarstern.

Frank Dehairs:

Notre équipe a joué un rôle modeste dans cette

expérience. Nous avons développé une technique permettant de mesurer l'acheminement de carbone vers les fonds marins. Notre expertise était donc particulièrement bienvenue à bord.

L'océan antarctique est un acteur majeur dans la régulation du climat par le mécanisme de pompe à carbone biologique. L'océan renferme environ 65 fois plus de CO₂ que l'atmosphère, ce qui est énorme. On peut encore augmenter un peu cette proportion mais il y a une limite.

Comment le système fonctionne-t-il ? La vie végétale en surface, le phytoplancton, fixe du carbone issu de l'air par la photosynthèse. Dans un litre d'eau, cela donne une quantité infime mais si l'on reporte cela aux millions de kilomètres cubes d'eau présents, cela donne bien évidemment des quantités gigantesques. La question qui nous occupe est de savoir ce qu'il advient de ce carbone absorbé par la



Groupe de scientifiques à bord du Marion Dufresne II, un navire de recherche polaire français.

biomasse. Il est partiellement intégré dans la chaîne alimentaire, tandis qu'une autre partie se dépose sur les fonds marins.

Il faut se représenter l'océan comme un grand volume d'eau dans lequel une pluie de particules organiques tourbillonne en permanence en direction du bas. Une petite proportion seulement de cet ensemble aboutit finalement dans le sédiment tandis que la plus grande partie est dégradée par des bactéries et à nouveau libérée sous forme de CO_2 . Nous étudions les facteurs directeurs de ce phénomène, la quantité de carbone stockée dans les profondeurs, ainsi que la manière dont cela varie selon les régions océaniques.

Pour sa croissance, le phytoplancton n'a pas uniquement besoin de lumière, de carbone, d'azote, de phosphore... mais également d'une série d'oligoéléments, dont essentiellement du fer. C'est là que se situe le nœud du problème. Sur Terre, le fer est présent en grande quantité, il est même l'un des éléments les plus fréquents, mais en mer, il n'est présent qu'en faible quantité.

C'est à ce niveau que l'on tente d'agir, au travers de ces expériences dites de fertilisation ou d'enrichissement.

Comment aboutit le fer de manière naturelle dans l'océan ?

Sous forme de poussière ! Issue de l'érosion des continents. Par l'air. Mais il peut également suivre le chemin inverse: suspension et diffusion de particules riches en fer depuis les fonds marins.

Le problème, c'est que le fer n'est quasi pas soluble. Il n'apparaît que dans des concentrations extrêmement faibles. Le fer dissous s'oxyde facilement et se précipite sous forme d'hydroxydes de fer non disponibles pour les algues.

La fertilisation semble donc être une bonne idée...

Attention ! Là, nous marchons sur des œufs. Lorsque l'on ajoute du fer, on table sur une augmentation de la biomasse par le fait de l'augmentation de l'activité du plancton. Mais la question essentielle est, au final, la suivante: qu'advient-il de cette biomasse ? Si elle ne descend pas vers le fond de l'océan pour sédimenter, on n'a rien gagné. En effet, ce qui reste en surface sera à nouveau dégradé par des bactéries et respiré: le CO_2 s'échappe dans l'atmosphère et tous les efforts auront été inutiles. Le CO_2

L'océan antarctique est un acteur majeur dans la régulation du climat par le mécanisme de pompe à carbone biologique. L'océan renferme environ 65 fois plus de CO_2 que l'atmosphère, ce qui est énorme. On peut encore augmenter un peu cette proportion mais il y a une limite.



Entraînement de sécurité : Frank Dehairs aide un collègue à enfiler son gilet de sauvetage.

Si l'on peut stocker le CO₂ dans la biomasse que l'on parvient ensuite à faire descendre très profondément dans l'océan, là on ne perd pas son temps. Ces gaz à effet de serre seront alors entreposés en sûreté pour plusieurs siècles. C'est l'objectif de ces expériences de fertilisation.

que l'on aura absorbé sera libéré en l'espace de quelques semaines. Mais si l'on peut stocker le CO₂ dans la biomasse que l'on parvient ensuite à faire descendre très profondément dans l'océan, là on ne perd pas son temps. Ces gaz à effet de serre seront alors entreposés en sûreté pour plusieurs siècles. C'est l'objectif de ces expériences de fertilisation.

Et cela a-t-il réussi ?

Lorsque l'on répand du fer dans l'océan, la croissance du plancton s'intensifie. On le constate clairement. Il faut toutefois être conscient que la majeure partie de ce fer ne sera pas disponible pour la croissance végétale. Mais la petite fraction qui se dissout dans l'eau a bel et bien un effet stimulant. Dans l'océan austral, les diatomées constituent une composante importante du phytoplancton. Ces algues possèdent un squelette d'oxyde de silicium et fixent bien sûr le carbone par le processus de la photosynthèse. En examinant simultanément l'évolution de la concentration en silicium dissout et la composition isotopique du silicium, un de nos chercheurs a clairement montré que les diatomées étaient responsables de la consommation de silicium observée et de l'absorption de carbone correspondante, et

cela en lien direct avec l'enrichissement en fer. La biomasse augmente donc grâce à l'addition de fer, mais que se passe-t-il après ? Quelle quantité de carbone descendra jusqu'au fond ?

Nous l'étudions à l'aide d'une méthode reposant sur la mesure de l'activité du thorium 234. Le thorium est un élément radioactif naturel qui se fixe très facilement sur les petites particules qui flottent dans l'eau, y compris celles d'origine biologique. En descendant vers le fond de la mer, ces petites particules emportent avec elles le thorium et il en résulte que la quantité de thorium présente dans les eaux de surface diminue. Dans des conditions normales, le thorium est tout juste en équilibre avec son isotope-parent, l'uranium 238, dans une proportion de 1 sur 1. Lorsque la proportion thorium/uranium devient inférieure à 1, on sait que de la substance a été transportée vers le fond de la mer. On mesure ce phénomène et vu que l'on connaît le rapport carbone/thorium dans les particules descendantes, on peut également calculer le flux de carbone qui est emporté vers le fond de la mer.

Lors de l'expérience de fertilisation menée sur le Polarstern, nous avons établi que pendant une trentaine de jours, après l'épandage du fer, la biomasse avait sensiblement augmenté. Après quoi, une forte augmentation du flux de



carbone vers le fond de la mer s'en est suivi. La biomasse se construit progressivement, avant de couler rapidement vers le fond. En 5 ou 6 jours, tout était parti.

Un succès, donc ?

Oui ... ce qui ne veut pas dire que je sois partisan d'une fertilisation à grande échelle. Si l'on procède à une analyse coûts-bénéfices, on constate rapidement que cela n'a aucun sens. Il faudrait encore calculer le nombre de tonnes de fer nécessaires pour envoyer une tonne de carbone vers le fond. De plus, il faudrait maintenir ce processus permanent avec des centaines de navires épandant simultanément sur la mer du fer non dégradé, car l'effet disparaît très vite. Des navires qui rejettent eux-mêmes du CO_2 !

Ce n'est pas vraiment comme cela que l'on luttera contre le réchauffement climatique, bien qu'il y ait des groupes qui le soutiennent, car il y a beaucoup d'argent à la clé bien entendu... Mais l'on doit vérifier ce que cela coûte en terme écologique. Vous allez envoyer une quantité de substance organique vers le fond, mais l'océan ne renferme qu'une quantité limitée d'oxygène. La quantité d'oxygène

soluble dans l'eau est tout simplement fixée chimiquement. Cet oxygène est éliminé par son transport vers les profondeurs et par l'oxydation du carbone organique. Ces eaux profondes auront besoin de presque mille ans pour remonter en surface et réabsorber de l'oxygène.

Vous êtes donc assez sceptique...

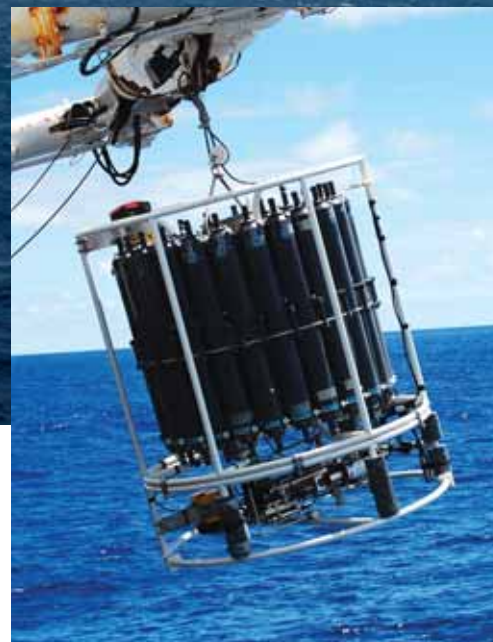
Je trouve cela dangereux parce que l'on intervient à une échelle gigantesque sans savoir quels sont les effets à long terme. L'expérience à laquelle nous avons participé était encore très limitée. Nous n'avons répandu que quelques dizaines de tonnes dans un énorme tourbillon d'une centaine de km de diamètre. Le navire y est resté un mois. L'effet disparaît rapidement. C'est tout autre chose que fertiliser la totalité de l'océan austral. Scientifiquement, il reste bien sûr intéressant de voir ce qu'il advient à la suite d'une telle intervention mais il est dangereux d'extrapoler cela à des applications industrielles.

Et maintenant ?

Les expériences de fertilisation se poursuivent mais d'autres équipes de recherche

ont concentré leur attention sur les endroits où du fer est intégré de manière naturelle dans le système. Il s'agit essentiellement des zones qui longent les îles subantarctiques car on y trouve des lieux non profonds, des plateaux sis à quelques centaines de mètres sous la surface. Il s'y déroule une fertilisation naturelle par érosion des îles ou par suspension de particules sédimentaires par les courants.

Nous disposons de très belles images prises par satellite de l'archipel des Kerguelen et de l'île de Crozet, où les algues foisonnent à nouveau à chaque printemps. Ces algues sont transportées vers le large. En hiver, la prolifération s'éteint, pour reprendre au printemps suivant. Ce sont les régions les plus fertiles de l'océan austral. Les pingouins le savent également. La présence de plancton attire d'importantes populations de poissons, qui attirent à leur tour les pingouins. Les images satellitaires sont particulièrement intéressantes pour ce qui est de donner un aperçu global, mais pour comprendre les processus fondamentaux, il faut se rendre en mer. Si l'on veut obtenir des renseignements sur ce qui se passe dans la colonne d'eau à 1.000 ou 3.000 mètres de profondeur, il faut se rendre sur place, muni d'appareils d'échantillonnage. Le satellite



1

2

3

4

- 1 Chercheurs de l'ULB en 2007, dans le laboratoire "Belgica" installé sur l'Aurora Australis, un navire de recherche australien. Leurs combinaisons doivent permettre d'éviter la contamination des échantillons qu'ils manipulent.
- 2 L'océan Antarctique sait se montrer difficile.
- 3 Une fois au fond, les échantillonneurs de cet atterrisseur benthique s'enfoncent dans le sol afin de prélever des carottes de sédiments.
- 4 La « rosette » permet de prélever des échantillons d'eau de mer à diverses profondeurs.

est toutefois bien utile pour nous indiquer où le bateau doit aller.

Vous êtes donc dépendant d'une place à bord d'un navire tel que le Polarstern ?

Oui mais nous ne collaborons pas qu'avec l'Allemagne. Nous avons également de bons contacts avec des collègues d'Australie, de France et des USA. La recherche scientifique est impossible sans collaboration internationale. Toutefois, le trafic n'est pas à sens unique: d'autres pays sont intéressés par notre expertise spécifique, laquelle est nécessaire pour établir l'image globale. C'est du donnant-donnant.

En 2008, durant l'Année Polaire Internationale, j'ai pris part à l'expédition BONUS- GoodHope à bord du Marion Dufresne II, du cap de Bonne-Espérance au gyre de la mer de Weddell, le grand courant tourbillon austral situé à une latitude de 58° sud. L'objectif était d'aller examiner, avec une solide équipe de physiciens de l'université de Bretagne occidentale et de l'Institut Européen de la Mer (Brest), le return flow du conveyor belt, la circulation mondiale d'eaux de surface chaudes et d'eaux profondes froides dont le Gulf Stream est une composante. Les eaux profondes qui s'écoulent de l'océan Atlantique vers l'océan Indien et l'océan Pacifique

reviennent en surface. Aux environs du cap de Bonne-Espérance se situe le célèbre courant des Aiguilles, où l'eau se soulève à coup d'énormes tourbillons et malstroms. Quel en est l'impact biogéochimique et, en particulier, sur les flux de carbone dans la région ?

Y a-t-il déjà des conclusions à tirer ?

Oui, quand même. Si la mer a partout le même aspect, elle est en fait tout sauf homogène. Il y a d'importantes différences zonales en termes de productivité et de dégagement de carbone. Nous commençons maintenant à disposer d'une image claire: l'endroit où la plus grande quantité de carbone est absorbée se trouve entre le front subantarctique et le front polaire, où l'on constate un grand écart de température dans l'eau. C'est à cet endroit que, de manière générale, la productivité est élevée.

C'est à cet endroit que la pompe à CO₂ tourne à plein régime ?

Oui mais il ne faut pas en conclure pour autant que l'océan austral serait une région particulièrement fertile. C'est une fable. Nous parlons ici d'un système de type HNLC: high nutrient, low chlorophyll. Un système qui comporte une impor-



tante offre en nutriments mais peu de chlorophylle. Tous les macroéléments dont le plancton végétal a besoin pour croître sont présents: carbone, phosphore, azote. Cependant, on ne retrouve proportionnellement que beaucoup trop peu de chlorophylle, ce qui signifie que l'offre en nutriments n'est pas utilisée. La raison est connue: il manque du fer, qui est indispensable à une série de processus cellulaires.

Donc, il faudrait quand même épandre du fer ?

Non, malgré cela, non. Il se peut même que les régions pauvres et désertiques soient proportionnellement plus efficaces en termes de stockage du carbone en profondeur que les régions riches en nutriments ! Aux Kerguelen, nous avons remarqué qu'un excès de nutriments débouchait sur un phénomène dit de 'sloppy feeding': un grand nombre de proies génère un grand nombre de déchets. Les cellules sont seulement broyées à moitié lorsqu'elles sont 'broutées' par le zooplancton. Les bactéries mettent l'occasion à profit et se développent fortement.

Les expériences de fertilisation constituent une perturbation du système: vous modifiez un seul facteur du mécanisme. Vous jetez un paquet de fer dans la mer mais le système n'a pas le temps de s'adapter. Le phytoplancton réagit brutalement: les plantes ressentent la présence de fer et il s'en suit un foisonnement. Cependant, le développement du zooplancton et des bactéries ne suit pas à la même vitesse.



D'où l'énorme acheminement de CO₂ que l'on peut constater lors de fertilisations artificielles. J'ai la profonde conviction qu'avec une fertilisation artificielle prolongée, ces lacunes dans la chaîne alimentaire pourraient être corrigées, cette adaptation de la communauté planctonique aurait pour effet à terme une diminution de l'efficacité, initialement élevée, de la pompe à carbone.

Cette capacité d'adaptation du plancton doit être incorporée au sein des modèles biogéochimiques. En fin de compte, il faut garder à l'esprit que le CO₂ ne restera pas piégé éternellement. Le système s'adaptera.

A bord de l'Aurora Australis, les scientifiques de la VUB analysent leurs premiers résultats de campagne. De gauche à droite : Anne-Julie Cavagna, Stephanie Jacquet et Frank Dehairs.





Au Pôle Sud, IceCube jette une nouvelle lumière sur les neutrinos



C'est un outil démesuré. L'ensemble de ces 86 câbles et leurs 5.160 photomultiplicateurs occupent un volume d'un kilomètre cube, d'où son nom: IceCube.

La construction du télescope géant à neutrinos du Pôle Sud vient de se terminer (en janvier 2011). Il aura fallu sept années pour assembler dans la glace antarctique, à côté de la Station de recherche américaine Amundsen-Scott, les quelque 5 160 photo-détecteurs qui forment ce fantastique outil chargé d'observer... l'invisible. Un outil qui, comme nombre d'autres grands projets internationaux d'envergure réalisés dans les zones polaires, a lui aussi été estampillé 'IPY'.

C'est un projet international piloté par l'Université du Wisconsin à Madison, aux Etats-Unis, explique Daniel Bertrand, de l'Institut interuniversitaire des hautes énergies (ULB-VUB). Les physiciens des Universités de Mons et de Gent, ainsi que ceux de l'ULB et de la VUB, y participent depuis ses débuts. Sa mise en réseau avec l'Année Polaire Internationale a permis d'accélérer

sa construction et de démarrer la prise de données.

Un détail encore sur l'organisation de ce projet doté d'un budget de 279 millions de dollars et qui réunit 260 chercheurs issus de 36 institutions différentes: le responsable scientifique de cette aventure scientifique aux Etats-Unis n'est autre... qu'un physicien d'origine belge.

Le Pr Francis Halzen, diplômé en physique de la VUB, a fait toute sa carrière au Cern, à Genève, avant de rejoindre l'Université de Madison.

Le projet IceCube prévoyait de figer dans un cube de glace d'un kilomètre de côté un ensemble de photomultiplicateurs chargés de repérer la faible lueur qu'un neutrino cosmique peut générer quand il percute un atome. Ces photomultiplicateurs ont la taille d'un ballon de football. Ils sont reliés entre eux par séries de soixante. Ces chapelets de détecteurs sont disposés dans la glace polaire à une profondeur comprise entre 1.450 et 2.450 mètres. L'ensemble de ces 86 câbles et leurs 5.160 photomultiplicateurs occupent un volume d'un kilomètre cube, d'où son nom: IceCube.

C'est un outil démesuré, confirme Georges Kohnen, physicien de l'Université de Mons, qui a participé à deux campagnes estivales de construction du télescope. Une aventure humaine mais aussi technologique. Pour couler les chaînes de détecteurs dans la glace, il a fallu être créatif. C'est à l'eau chaude, portée à 80 degrés, que ce travail a été réalisé. La première année, une seule chaîne de détecteurs a été noyée dans la glace. Au fil des saisons suivantes, le rythme s'est accéléré.

Les neutrinos sont des particules élémentaires qui n'interagissent quasiment pas avec la matière. Ils sont engendrés par des réactions nucléaires et naissent par exemple au sein des étoiles, dans les supernovas. Certains proviennent même du Big Bang. Chaque seconde, nous sommes traversés par des milliers de neutrinos sans que rien ne se passe.

Toutefois, les interactions avec la matière ne sont pas nulles. De temps en temps, une réaction se produit. Pour les étudier, les chercheurs doivent donc tenter de débusquer la signature de l'une ou l'autre de ces interactions. C'est pour cela qu'ils déploient leurs détecteurs dans de grandes quantités de matière, comme par exemple la glace en Antarctique qui, de plus, présente l'avantage d'être transparente et, à ces profondeurs... parfaitement plongée dans l'obscurité. Ce qui est indispensable pour la traque aux neutrinos. Quand un neutrino entre en interaction dans ce milieu, il se dégrade notamment en un muon, une particule chargée qui peut se propager dans la matière et générer une faible luminosité appelée rayonnement Cherenkov qui continue à se propager dans la glace. C'est cette trace lumineuse qui trahit le passage d'un neutrino, qui renseigne les chercheurs sur l'origine de la particule dont la trace lumineuse qui 'éclaire' certains détecteurs l'un après l'autre, permet de reconstruire la trajectoire précise de la particule et donc de son origine.

Les particules qui intéressent les chercheurs impliqués dans IceCube sont donc les neutrinos d'origine cosmique. Pour éviter que leurs données soient parasitées par d'autres types de neutrinos, comme ceux d'origine atmosphérique par exemple, ils regardent donc... vers le centre de la Terre. Celle-ci fait écran. Elle arrête l'essentiel des autres particules. Seules les traces 'remontantes' dans le télescope sont donc susceptibles d'intéresser les scientifiques, même si toutes ne sont pas des neutrinos 'cosmiques'.

Le nouveau télescope a déjà montré ce dont il était capable. Quelques événements ont ainsi déjà été captés par ses détecteurs. Les chercheurs ont aussi pu constater l'effet de la Lune sur leurs flux de données. Quand la Lune passe devant le télescope, elle fait elle-même écran aux particules. Nous constatons donc dans les signaux captés par IceCube une diminution de ces signaux engendrée par cet écran supplémentaire, précise Georges Kohnen.

IceCube va à présent être exploité pendant dix ans, au minimum.



La dernière chaîne de photomultiplicateurs du télescope à neutrinos IceCube a été coulée dans la glace du pôle Sud au début de l'année 2011. Elle descend jusqu'à une profondeur de 2450 mètres.

Les glaciologues de l'ULB surveillent IceCube

La gigantesque masse de glace dans laquelle est coulée le télescope IceCube est extrêmement stable. Toutefois, les glaciologues de l'Université Libre de Bruxelles ont profité de la construction de cet outil pour joindre à certaines chaînes de photodétecteurs coulées dans la calotte des inclinomètres. But de l'exercice : mesurer dans le temps les déformations de la glace, analyser les contraintes qu'elle subit et mieux comprendre ses vitesses d'écoulement.





Des microbes venus du froid



1

2

1 Plusieurs chercheurs effectuent une reconnaissance du terrain dans les environs de la base antarctique belge. De gauche à droite : Karolien Peeters, Cyrille d'Haese (CNRS, Paris), Annick Wilmotte (ULg), René Robert (photographe/ guide de montagne), Steve Roberts (BAS, Cambridge).

2 Karolien Peeters en train de chercher de nouvelles espèces

Karolien Peeters a consacré sa thèse de doctorat aux bactéries de l'Antarctique. Elle a, entre autres, étudié des échantillons provenant des alentours de la Station Princesse Elisabeth. Les échantillons ont été prélevés en janvier 2007 par Damien Ertz, un biologiste du Jardin botanique de Meise, qui a réalisé une étude exploratoire pour le compte de BELSPO sur le site où la nouvelle base de recherches belge devait être construite. Depuis lors, Karolien s'est elle-même rendue en Antarctique en 2009, lorsque la base a été officiellement mise en service.

Karolien Peeters:

J'ai eu l'occasion de faire une présentation aux invités lors de l'inauguration officielle de la base ! Quelques jours auparavant, nous étions encore affairés à passer l'aspirateur pour être prêts à temps. Ce fut pour moi une expérience particulièrement utile de me rendre personnellement sur le terrain et d'éprouver par moi-même à quel point les conditions de vie de ces 'bestioles' que j'étudie sont difficiles. Cela dit, je ne tiens pas absolument à y retourner: il y fait vraiment un froid de canard et j'ai du mal à supporter ça.

Karolien a pour promotrice Anne Willems, professeur au Laboratoire de Microbiologie

de l'Université de Gent. Durant l'Année Polaire Internationale, l'équipe de cette dernière s'est impliquée dans divers projets de recherche internationaux consacrés à la diversité de la vie microbienne en Antarctique (AMBIO et BELDIVA) et aux conséquences écologiques de l'implantation de la base belge (Antar-IMPACT). Le laboratoire de microbiologie gantois contribue aussi au projet ANTABIF (Antarctic Biodiversity Information Facility), un portail Internet donnant accès à un réseau de bases de données internationales relatives à la biodiversité Antarctique. Le laboratoire gantois héberge en effet la collection belge de bactéries (BCCM/LMG Bacteria Collection).

Anne Willems:

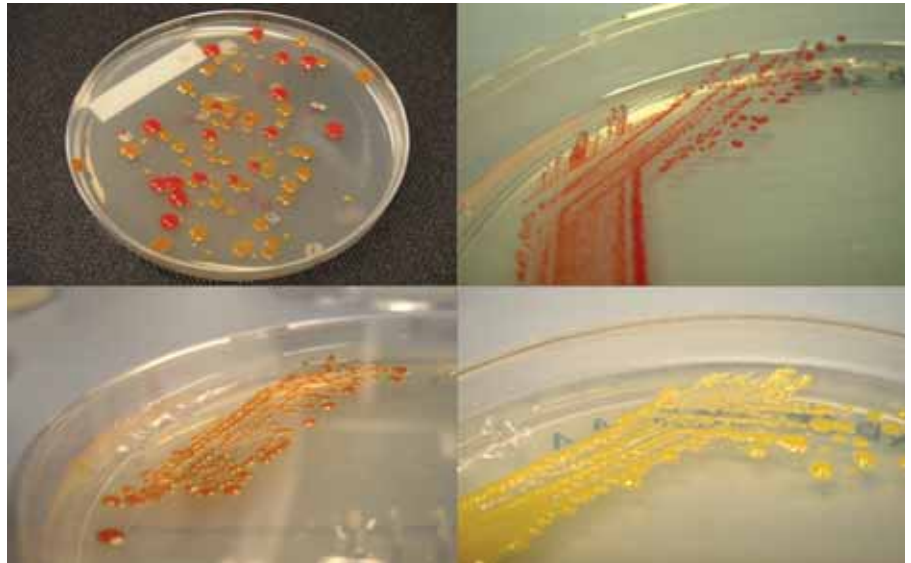
L'Année Polaire Internationale et la construction de la base belge ont été de puissants stimulants pour nous. Nous nous sommes toujours intéressés à l'Antarctique mais c'est la mobilisation par les pouvoirs publics belges d'effectifs et de moyens qui a rendu beaucoup de projets possibles. Les échantillons récoltés et ramenés par Karolien et par d'autres de l'Antarctique vont continuer de nous occuper pendant de nombreuses années.

Karolien Peeters:

Lorsque j'y suis arrivée, la base était encore en pleine phase de construction. La couche de neige était importante et je ne parvenais pas à retrouver les marquages effectués par Damien Ertz en 2007. Dès que cela fut possible, je me suis essentiellement attachée à prélever des échantillons dans différents biotopes: petits cailloux, lichens et algues où poussent des bactéries. Tous ces prélèvements ont ensuite été rapportés en Belgique car l'étude de microbes nécessite un laboratoire bien équipé. C'est ce à quoi nous nous attelons pour le moment. Certes, il y avait un microscope de terrain à la base, que notre collègue liégeoise Annick Wilmotte avait emporté sur place. Il fut bien pratique pour distinguer les cyanobactéries des lichens crustacés et des algues, mais pour ce qui est de l'étude des bactéries, l'utilité d'un microscope optique est limitée.

Anne Willems:

Les bactéries ne se laissent pas facilement étudier. Au microscope, elles apparaissent toutes comme des petites boules, des bâtonnets ou des petites boucles, mais à ce stade-là, vous ignorez toujours ce qui est contenu précisément dans un tel échantillon. Des recherches conduites antérieurement, dont la thèse de doctorat de Stefanie Van Trappen de 2004, nous ont appris que la diversité bactérienne des échantillons de l'Antarctique est énorme.



Des bactéries antarctiques cultivées dans le laboratoire à Gent.

Karolien Peeters:

Cependant, les échantillons dont elle disposait provenaient principalement du littoral de l'Antarctique, une région qui est plus facilement accessible. Les échantillons de la base belge sont particulièrement intéressants, car ils proviennent de l'intérieur du continent, d'une région beaucoup plus froide subissant des vents catabatiques et des conditions plus extrêmes. Par ailleurs, nous constatons que la diversité bactérienne est encore plus importante que prévu ! Nous faisons un grand nombre de découvertes de taxons: de nouvelles familles potentielles, de nouvelles espèces.

Anne Willems:

Une bonne identification de bactéries implique pour nous de pouvoir les isoler et les cultiver en laboratoire. Il ressort alors de ces isolats provenant de la base belge que 80 % appartiennent potentiellement à de nouvelles espèces! C'est énorme. Je dis bien: potentiellement, car nous devons encore les étudier en détail pour en être certains.

Cet aspect est capital si l'on tient compte du fait que sur l'ensemble des bactéries présentes sur la Terre, seulement 1 à 3% de ces bactéries sont cultivées et donc bien connues. Sur ce point, les scientifiques sont d'accord. Cela signifie donc que 97 % des bactéries qui vivent sur la

planète nous sont toujours inconnues. Tout cela est à mettre en rapport avec tout ce que nous faisons déjà avec les 3 % de bactéries connues: les enzymes utiles qu'elles nous fournissent, les antibiotiques, les colorants, les médicaments, leur contribution à l'épuration de l'eau, la bioremédiation de sols pollués, etc. Tout cela se fait principalement avec les seuls trois pour cent que nous connaissons. Imaginez donc le potentiel renfermé par les 97 % que nous ne connaissons pas encore!

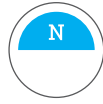
Karolien Peeters:

Cela donne bien assez de travail sans devoir aller en Antarctique, pourrait-on penser. Mais les bactéries qui vivent en Antarctique possèdent bel et bien des caractéristiques spécifiques. Elles sont adaptées à des conditions extrêmes. C'est ce qui les rend particulièrement intéressantes. Dans les applications industrielles, on voit souvent qu'il faut des températures élevées pour déclencher des processus à l'aide d'enzymes utiles, des enzymes produits par des bactéries originaires de régions au climat tempéré ou chaud. Si l'on pouvait les remplacer par des enzymes de bactéries provenant de l'Antarctique, il se pourrait que les processus de production s'accomplissent à des températures plus basses, ce qui ferait économiser une quantité considérable d'énergie.



Le renard polaire

*Le renard polaire (*Vulpes lagopus* en latin) est un petit renard vivant dans la région du pôle nord, qui fut élevé durant la période entre les deux guerres mondiales pour son pelage. En tant qu'habitant de cette région où il peut faire extrêmement froid en hiver, il supporte des températures allant jusqu'à -70°C .*



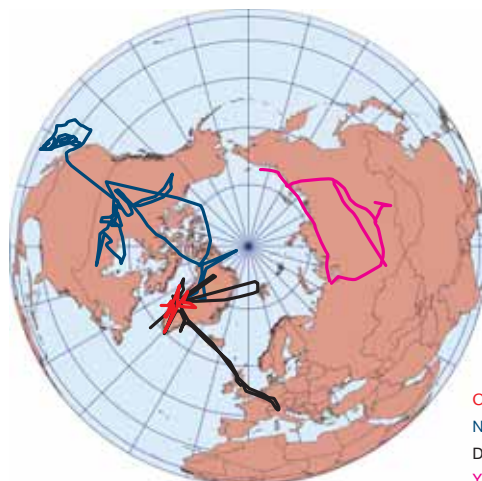
POLARCAT suit l'évolution de la pollution dans le grand Nord



© POLARCAT

L'Arctique, avec sa banquise, ses calottes glaciaires qui recouvrent notamment le Groenland et le Svalbard, ou encore ses ours blancs, n'est pas cette région polaire immaculée que l'on imagine volontiers! Certes, le blanc y est largement dominant.

Campagne d'échantillonnage par avion "POLARCAT" en 2008.



Mais cette blancheur n'est pas synonyme de pureté, note Pierre Coheur, du laboratoire de Spectroscopie de l'Atmosphère, Chimie Quantique et Photo-physique de l'Université Libre de Bruxelles. L'Arctique est pollué par toute une série de particules provenant des activités humaines ou naturelles qui surviennent à des latitudes plus basses. Ces particules, qui peuvent être des suies, des aérosols ou divers composés chimiques, modifient l'albédo (le pouvoir réfléchissant) de la glace. Dans l'atmosphère, ces polluants qu'on observe surtout au printemps et en été génèrent une sorte de brume. On la désigne sous le nom de 'arctic haze' en anglais. Cette brume réduit l'insola-

tion par exemple. Mais surtout, elle bouleverse pendant des mois la chimie atmosphérique dans cette région du monde.

Pendant l'Année Polaire Internationale, et afin d'étudier cette pollution depuis son origine aux latitudes moyennes jusqu'à son arrivée en Arctique, Pierre Coheur et ses collègues du programme POLARCAT ont utilisé divers outils. Le chercheur de l'ULB s'est plus particulièrement intéressé au transport de ces polluants. Pour les pister, il a concentré ses travaux sur la détection et le suivi du monoxyde de carbone.

Comment ?

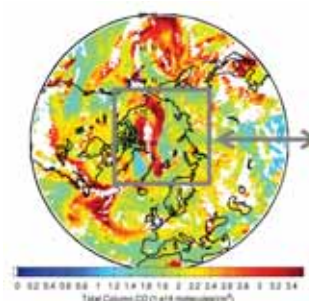
En utilisant les données issues de l'instrument IASI sur le satellite météorologique européen Metop, placé sur une orbite polaire, indique-t-il. IASI est un Interféromètre Atmosphérique de Sondage Infrarouge. Conçu par le CNES (le Centre National d'Etudes Spatiales français), il équipe le satellite Metop dont l'exploitation est assurée par Eumetsat. IASI est un outil parfait pour détecter le monoxyde de carbone et suivre son évolution depuis l'espace, précise le chercheur. C'est un gaz dont la durée de vie est de 60 jours environ. Ce qui permet de suivre les panaches de CO depuis leurs zones d'émission ainsi que leur transport dans quasi tout l'hémisphère.

Cette surveillance depuis l'espace devait aussi servir à planifier les campagnes 'avions' du programme POLARCAT. Dès la détection d'un nouveau panache par l'instrument IASI, l'information était transmise aux avions spécialement équipés pour étudier la composition de ces polluants à diverses altitudes. L'idée était aussi de mieux comprendre l'évolution de la composition chimique de ces panaches, leur distribution en fonction de l'altitude et de vérifier le degré de précision des données satellitaires, reprend le chercheur.

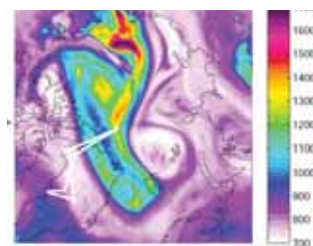
Nous avons ainsi comparé les données en provenance de IASI avec celles recueillies in situ par les avions et ce, tant en extension horizontale que verticale. Cela nous a permis de montrer que les données satellitaires étaient particulièrement fiables en ce qui concerne les colonnes totales de monoxyde de carbone. Par contre, en ce qui concerne les structures verticales, c'est nettement moins bon. IASI n'est pas capable de livrer des mesures fines sur la répartition verticale de ce polluant. Notre participation à ce programme a permis d'observer des phénomènes de dilution du monoxyde de carbone ou au contraire, de détecter par endroits des panaches plus concentrés. Notre étude des mécanismes de transport vers l'Arctique a aussi montré que ces processus pouvaient être assez rapides. Ils permettent par exemple à certaines masses d'air pollué de monter des latitudes moyennes vers l'Arctique en quelques jours seulement.

Enfin, un autre enseignement de ce programme de recherche concerne les incendies de forêts. Nous avons à cette occasion tenté d'élucider un mécanisme de pyroconvection, soit l'injection directe de gaz à haute altitude, que nous ne connaissions pas. Un peu comme les volcans qui ont une énergie thermique importante, conclut Pierre Coheur.

Observations par satellite de la colonne de CO par l'instrument IASI (molécules par cm^2) du 09-07-2008.



Simulation obtenues par le modèle Flexpart du transport du CO (mg cm^{-2}) du 09-07-2008.



L'Homme et la Nature

D'où vient la pollution suivie par le programme POLARCAT? Il s'agit essentiellement d'une pollution d'origine anthropique et urbaine (chauffage, transport) issue d'Europe, d'Asie et des Etats-Unis. Une autre source importante de polluants résulte des incendies de forêts. Au cours de l'Année Polaire Internationale, les panaches de plusieurs incendies survenus en Sibérie ont été étudiés par les scientifiques.



L'avenir appartient aux jeunes

Un des objectifs majeurs de l'Année Polaire Internationale consistait à garantir la continuité en termes de recherche et de connaissances relatives aux sciences polaires en encourageant de nouvelles générations de chercheurs et d'enseignants. En 2005 a été créé l'International Youth Steering Committee (YSC) en vue d'accroître l'enthousiasme des jeunes et de les informer sur les sciences polaires, à l'échelon mondial. Dès le début de l'Année Polaire Internationale, le YSC a joint ses efforts à ceux de l'Association of Polar Early Career Scientists (APECS), une organisation qui poursuit des objectifs similaires et cible essentiellement les jeunes chercheurs dans le domaine polaire.

Le YSC belge était présidé par Mieke Sterken, alors doctorante à l'Université Gent:

En octobre 2007, le YSC belge était formé par un ensemble hétérogène de jeunes chercheurs dans le domaine polaire, parmi lesquels 9 doctorants, 9 chercheurs post-doctorants, 1 bachelier et un artiste professionnel. Ce groupe représentait non moins de 8 instituts de recherche ou universités. Les sujets de recherche auxquels travaillaient nos membres allaient de l'écologie microbienne et de la méiofaune à la biogéochimie atmosphérique et océanique, en passant par la paléolimnolo-

gie et la glaciologie. Nous disposions également d'un site Internet, géré par Bruno Danis, SCAR-MarBIN officer au sein de la Plateforme belge pour la Biodiversité.

Nous avons démarré avec de hautes ambitions mais comme l'ensemble du YSC reposait sur le bénévolat et que la majorité de ses membres étaient en même temps actifs à temps plein dans la recherche scientifique, nous avons décidé de nous concentrer essentiellement sur les aspects communication et éducation, sur la mise sur pied d'un réseau de chercheurs, ainsi que sur le maintien de contacts avec le YSC international.



Nous avons organisé des réunions, élaboré le site Web et rédigé un dépliant à distribuer lors d'événements fréquentés par des jeunes. Nous avons donné des interviews pour des associations de jeunes et diverses émissions de radio. Nous avons aussi participé à différents événements: Denis Samyn a témoigné de sa passion pour son travail lors du Dream Day, un événement regroupant plus de 10 000 jeunes. En mars 2008, des collègues et moi avons organisé des visites dans les laboratoires de recherche de l'Universiteit Gent lors de la journée portes ouvertes UGent-aan-zee. J'ai fait une démonstration portant sur le microscope à électrons et donné des explications relatives à un poster de vulgarisation sur les évolutions du niveau de la mer en Antarctique. Maarten Raes a évoqué ses recherches marines en Antarctique à l'aide de photos et de matériaux ramenés de ses expéditions.

Plus encore: Elie Verleyen a visité par exemple quelques écoles pour faire des présentations destinées aux élèves du troisième degré de l'enseignement primaire et Anton Van de Putte a présenté un poster

relatif à l'YSC belge lors du 14e congrès du Benelux sur la Zoologie à Amsterdam, en novembre 2007.

En tant que présidente, il m'appartenait donc également de maintenir les contacts avec l'YSC international, ainsi que de faire rapport de nos activités aux présidents d'autres YSC nationaux. Ces contacts avaient lieu par téléconférence avec des personnes situées en Nouvelle-Zélande, au Canada, aux Etats-Unis, au Portugal, ainsi que dans une multitude d'autres pays. En septembre 2007, Caroline Souffreau m'a remplacée comme représentante de l'YSC belge à l'occasion d'une réunion de l'YSC international en Suède, où ont été jetées les bases de la nouvelle APECS. J'ai également été membre de l'Outreach



1 Limite de la glace flottante à Bryd Bay, en Antarctique.

2 Mieke Sterken (à droite) et Nicola Munro (« IPY programme officer ») nous présentent le « Polar Resources Book » à Oslo.

and Education Committee de l'APECS, où j'ai soutenu l'idée de réaliser un Polar Resources Book: un ouvrage avec du matériel éducatif, des idées ainsi que des modèles d'activités à organiser en classe au sujet des sciences polaires. Cet ouvrage auquel a contribué l'IPF allait transmettre un héritage durable à la relève issue de l'Année Polaire Internationale 2007-2009. C'est devenu un grand succès. L'ouvrage, intitulé Polar Science and Global Climate, an international resource for education and outreach, comporte 237 pages et est accompagné d'un CD. J'étais là lorsque le livre a été présenté officiellement pour la première fois au congrès international clôturant l'IPY à Oslo et j'étais très fière d'y avoir contribué.

Données de contact des participants IPY

CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN ANTARCTIQUE - page 12

Wim Vyverman	Universiteit Gent - UG	wim.vyverman@ugent.be	www.PAE.UGent.be
--------------	------------------------	-----------------------	------------------

SCAR-MarBIN : UN PROJET BELGE PHARE DE L'ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE - page 14

Hendrik Segers	Plateforme de Biodiversité	hendrik.segers@naturalsciences.be	www.scarmarbin.be www.antabif.be
----------------	----------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

LA CRYOSPHERE SOUS SURVEILLANCE - page 18

Lei Chou	Université Libre de Bruxelles - ULB	Lei.Chou@ulb.ac.be	www.ulb.ac.be/sciences/dste/ocean
Bruno Delille	Université de Liège - ULg	Bruno.Delille@ulg.ac.be	www.co2.ulg.ac.be/
Thierry Fichet	Université Catholique de Louvain - UCL	thierry.fichet@uclouvain.be	www.uclouvain.be/teclim
Hugues Goosse	Université Catholique de Louvain - UCL	hgs@astr.ucl.ac.be	www.uclouvain.be/teclim
Philippe Hyubrechts	Vrije Universiteit Brussel - VUB	phuybrec@vub.ac.be	www.vub.ac.be/DGGF
Christiane Lancelot	Université Libre de Bruxelles - ULB	lancelot@ulb.ac.be	www.ulb.ac.be/assoc/esa
Frank Pattyn	Université Libre de Bruxelles - ULB	fpattyn@ulb.ac.be	http://dev.ulb.ac.be/glaciol
Jean-Louis Tison	Université Libre de Bruxelles - ULB	jtison@ulb.ac.be	http://dev.ulb.ac.be/glaciol

NOTRE PROF EST ALLÉE AU PÔLE NORD - page 26

Mieke Eggermont	Universiteit Gent - UG	Mieke.Eggermont@UGent.be	www.aquaculture.ugent.be
Jean-Pierre Henriët	Universiteit Gent - UG	JeanPierre.Henriët@UGent.be	www.rcmg.ugent.be

L'OBSERVATOIRE ROYAL DE BELGIQUE DIRIGE LE PROGRAMME GIANT-LISSA - page 28

Thierry Camelbeeck	Observatoire Royal de Belgique - ORB	thierry.camelbeeck@oma.be	www.astro.oma.be
Michel Van Camp	Observatoire Royal de Belgique - ORB	Michel.VanCamp@oma.be	www.astro.oma.be

LES PREMIERS HABITANTS DE L'ANTARCTIQUE - page 31

Annick Wilmotte	Université de Liège - ULg	awilmotte@ulg.ac.be	www.cip.ulg.ac.be
-----------------	---------------------------	---------------------	-------------------

BIENTÔT UN NOUVEL OBSERVATOIRE EUROPÉEN À DOME C? - page 36

Jean Surdej	Université de Liège - ULg	jsurdej@ulg.ac.be	www.ago.ulg.ac.be
-------------	---------------------------	-------------------	-------------------

12 000 ANS SOUS LA GLACE - page 38

Ann Vanreusel	Universiteit Gent - UG	Ann.vanreusel@UGent.be	www.marinebiology.ugent.be
---------------	------------------------	------------------------	----------------------------

L'INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE SURVEILLE L'ATMOSPHÈRE AU-DESSUS D'UTSTEINEN - page 42

Hugo De Backer	Institut Royal Météorologique - IRM	Hugo.DeBacker@meteo.be	http://ozone.meteo.be
----------------	-------------------------------------	------------------------	-----------------------

VAGUE DE CHALEUR BELGE AU GROENLAND - page 45

Louis Beyens	Universiteit Antwerpen	louis.beyens@ua.ac.be	www.ua.ac.be
--------------	------------------------	-----------------------	--------------

Bianzo II : Étudier le benthos et sa dynamique pour prévoir l'avenir de la biodiversité marine - page 48

Patrick Martin	Institut royal des Sciences naturelles de Belgique- IRSNB	Patrick.Martin@sciencesnaturelles.be	www.naturalsciences.be
Ann Vanreusel	Universiteit Gent - UG	Ann.vanreusel@UGent.be	www.marinebiology.ugent.be
Chantal de Ridder	Université Libre de Bruxelles - ULB	cridder@ulb.ac.be	www.ulb.ac.be/sciences/biomar

NUAGES BAS SUR UTSTEINEN - page 50

Nicole van Lipzig	Katholieke Universiteit Leuven - KUL	Nicole.VanLipzig@ees.kuleuven.be	ees.kuleuven.be/geography
-------------------	--------------------------------------	----------------------------------	---------------------------

GEM-BACH ET LA MODÉLISATION DU TEMPS 'CHIMIQUE' - page 59

Simon Chabrilat	Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique - IASB	Simon.Chabrilat@bira-iasb.oma.be	http://bascoe.oma.be
-----------------	--	----------------------------------	----------------------

JOUER AUX PUZZLES POLAIRES - page 60

Sandra Vanhove	International Polar Foundation	sandra.vanhove@polarfoundation.org	www.educapoles.org
----------------	--------------------------------	------------------------------------	--------------------

ANDEEP : PÊCHE MIRACULEUSE AU PLUS PROFOND DES MERS ET OCÉANS BORDANT L'ANTARCTIQUE - page 63

Patrick Martin	Institut royal des Sciences naturelles de Belgique- IRSNB	Patrick.Martin@sciencesnaturelles.be	www.naturalsciences.be
Ann Vanreusel	Université Gent - UG	Ann.vanreusel@UGent.be	www.marinebiology.ugent.be

LE FER PEUT-IL SAUVER LE MONDE ? L'OCÉAN ANTARCTIQUE COMME POMPE À CO₂ - page 65

Frank Dehairs	Vrije Universiteit Brussel - VUB	fdehairs@vub.ac.be	www.vub.ac.be/ANCH
---------------	----------------------------------	--------------------	--------------------

AU PÔLE SUD, ICECUBE JETTE UNE NOUVELLE LUMIÈRE SUR LES NEUTRINOS - page 72

Daniel Bertrand	Institut interuniversitaire des hautes énergies (ULB-VUB)	Daniel.Bertrand@ulb.ac.be	http://w3.ihe.ac.be
Georges Kohlen	Université de Mons - UMH	kohlen@umons.ac.be	http://icedb.umh.ac.be

DES MICROBES VENUS DU FROID - page 75

Anne Willems	Université Gent - UG	anne.willems@ugent.be	http://lmg.ugent.be
--------------	----------------------	-----------------------	---------------------

POLARCAT SUIT L'ÉVOLUTION DE LA POLLUTION DANS LE GRAND NORD - page 78

Pierre Coheur	Université Libre de Bruxelles - ULB	pfcoheur@ulb.ac.be	www.ulb.ac.be/cpm
---------------	-------------------------------------	--------------------	-------------------

L'AVENIR APPARTIENT AUX JEUNES - page 80

Mieke Sterken		mksterken@gmail.com	
---------------	--	---------------------	--

Cette liste n'est pas exhaustive. Beaucoup d'autres (souvent jeunes) chercheurs belges et institutions ont leur propre pierre à apporter à la réalisation de l'Année Polaire Internationale. Pour plus d'informations et/ou pour tout renseignement pratique, n'hésitez pas à contacter BELSPO: Maaike Vancauwenberghe (vcau@belspo.be).

En mémoire d'Alexandre de Lichtervelde

défenseur de l'environnement en Antarctique
collègue et ami
qui nous a quittés trop tôt.

Ceci est une publication du service public fédéral 'Politique scientifique fédérale'.

Coordination:

Maaïke Vancauwenberghe (Politique scientifique fédérale).

Rédaction:

Jos Van Hemelrijck, Christian Du Brulle, Hugo Declair et Maaïke Vancauwenberghe.

Remerciements:

Corinne Leblíq, John Weller et tous les chercheurs polaires belges qui ont contribué à cette brochure.

Mise en page:

www.inextremis.be

Impression:

Impresor

Septembre 2011



Dépôt légal: D2011/1191/28

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. Reproduction autorisée moyennant citation de la source.

Interdit à la vente.

Cette publication existe également en néerlandais et en anglais. Elle est disponible en format PDF sur notre site www.belspo.be et www.belspo.be/antar.