



"AU FIL DES PÔLES"

SANCTUAIRES BIOLOGIQUES EN ANTARCTIQUE

Conférence de presse CNRS / IPEV

Mercredi 24 octobre 2007
Paris

Contact presse CNRS

Priscilla Dacher
T 01 44 96 46 06
priscilla.dacher@cnrs-dir.fr

Contact communication API et IPEV

Alain Lesquer
T 02 98 05 65 05
alesquer@ipev.fr





Conférence de presse "Au fil des pôles"

Sanctuaires biologiques en Antarctique

SOMMAIRE

- > Programme de la rencontre
- > Les intervenants
- > Les interventions
- > API : principales manifestations

Sont également disponibles :

- plus de 900 images concernant l'Année polaire internationale : <http://phototheque.cnrs.fr/>
Contacts photothèque

Marie Mabrouk ou Christelle Pineau
phototheque@cnrs-bellevue.fr

- un catalogue de films spécial Année polaire internationale : <http://videotheque.cnrs.fr/>
Contacts vidéothèque (documentalistes)

Monique Galland-Dravet / Delphine Thierry-Mieg
T 01 45 07 57 27 / 52 15

monique.galland-dravet@cnrs-bellevue.fr / delphine.thierry-mieg@cnrs-bellevue.fr

- une liste d'experts dans le domaine des pôles :

http://www2.cnrs.fr/sites/communiqu/fichier/listes_experts.pdf.



Du 1er mars 2007 au 1er mars 2009, la communauté scientifique internationale organise la 4ème Année polaire internationale : API.

Le CNRS, établissement de recherche pluridisciplinaire, participe avec ses partenaires français, européens et internationaux à cette grande aventure de recherche aux pôles.

Pour suivre au fil de l'année, l'action du CNRS aux pôles :

<http://www.cnrs.fr/anneepolaire>



ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE

Contact partenariats CNRS
Marie-Noëlle Abat
T 01 44 96 51 13
marie-noelle.abat@cnrs-dir.fr

Contact communication INSU/CNRS
Dominique Armand
T 01 44 96 43 68
dominique.armand@cnrs-dir.fr





Programme de la rencontre

Paris – 24 octobre 2007

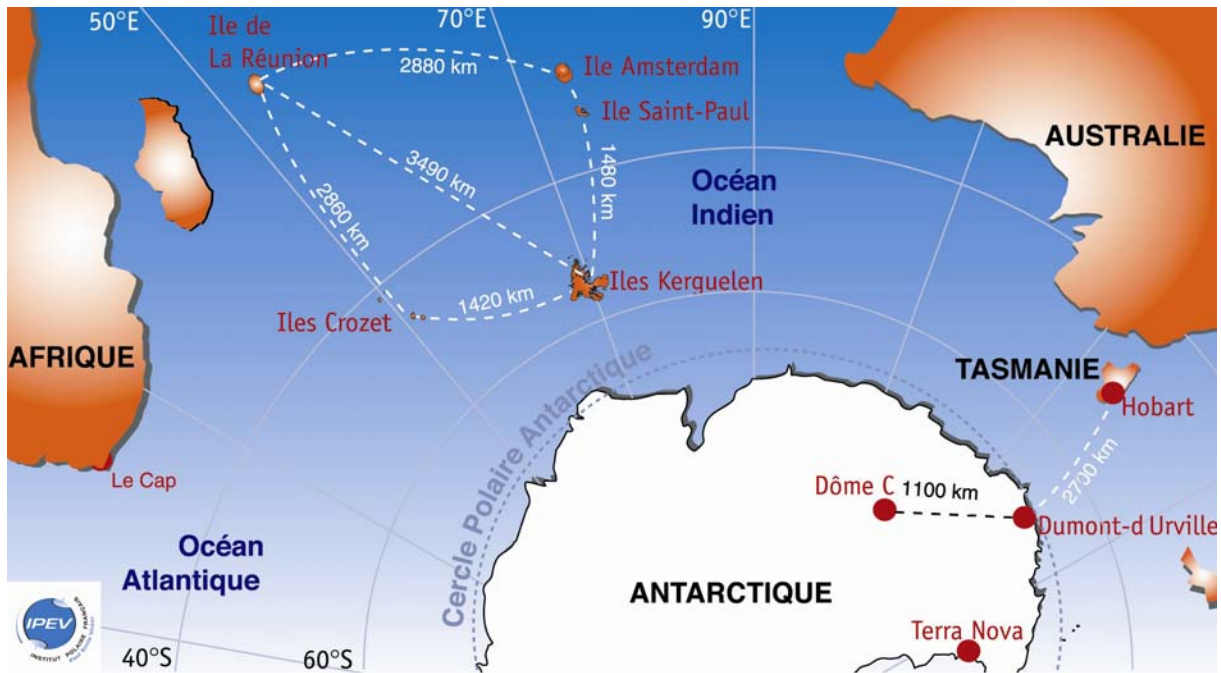
- > **Les coquilles Saint-Jacques : mémoires de l'environnement côtier du Finistère à la terre Adélie** par **Laurent Chauvaud**, chargé de recherche CNRS au Laboratoire des sciences de l'environnement marin (LEMAR, CNRS / Université de Bretagne occidentale).
- > **Oiseaux et mammifères marins : sentinelles des changements climatiques** par **Christophe Guinet**, chargé de recherche CNRS au Centre d'études biologiques de Chizé (CNRS).
- > **Exploration et compréhension de la biodiversité marine du plateau continental est-antarctique** par **Catherine Ozouf**, ingénieur de recherche CNRS au sein de l'unité "Systématique, adaptation, évolution" (CNRS / Université Paris 6 / Muséum nationale d'histoire naturelle / IRD / École normale supérieure de Paris).
- > **La vie à haute température dans les régions polaires** par **Marc Le Romancer**, chercheur au Laboratoire de microbiologie des environnements extrêmes (LM2E, CNRS / Université de Bretagne occidentale / Ifremer).
- > **Présentation de l'exposition RATP et de la nouvelle série de podcasts "Alerte sur les pôles"** par **Arnaud Benedetti**, directeur de la communication au CNRS.

À l'approche de l'été austral, les équipes de recherche se préparent à rejoindre les bases françaises australes et antarctiques, grâce aux moyens logistiques mis en œuvre par l'Institut polaire français Paul-Émile Victor. Ces hommes et ces femmes, sur le point de s'embarquer pour le grand Sud, vous décriront leurs expériences et leurs travaux conduits dans le cadre de la 4^{ème} Année polaire internationale (API).

Aux pôles se joue en partie l'avenir de la planète bleue. Territoires inhospitaliers, ces régions foisonnent de mystères à percer et d'incalculables découvertes en devenir. Pour comprendre les phénomènes qui menacent l'équilibre biologique de notre Terre, de nombreux chercheurs séjournent aux pôles, où la vie peut parfois être abondante. Ainsi, les espèces des écosystèmes antarctiques ont su s'adapter à des conditions de vie extrêmes en développant des astuces physiologiques étonnantes. Depuis plus de 40 ans, les populations d'oiseaux et de mammifères y font l'objet d'un suivi démographique régulier. Avec cette base de données unique au monde, les terres australes sont devenues un laboratoire naturel exceptionnel pour étudier l'adaptation des espèces à leur environnement et l'impact des changements globaux. Reste à découvrir de nombreuses composantes de la biodiversité australe...



Carte positionnant les îles subantarctiques et le continent Antarctique



Des bases scientifiques existent sur ces 3 archipels, la plus ancienne est celle de "Port-aux-français" à Kerguelen (1949).

En Antarctique, la France dispose de 2 bases scientifiques permanentes : la base Dumont-d'Urville implantée en 1955 sur la côte et la base franco-italienne Concordia située à l'intérieur du continent où le premier hivernage a eu lieu en 2005.

Terres australes et antarctiques françaises (TAAF)



Les intervenants



Chargé de recherche au CNRS, **Laurent Chauvaud** travaille au Laboratoire des sciences de l'environnement marin (LEMAR, CNRS / Université de Bretagne occidentale). Ses travaux de recherche portent sur le fonctionnement des écosystèmes côtiers. Plus précisément il s'attache à décrire le rôle des organismes benthiques¹ sur les cycles naturels de la matière en milieux côtiers tempérés, tropicaux et polaires.

Son approche intègre des facteurs à la fois naturels et anthropiques (eutrophisation², invasion, changement climatique), susceptibles de modifier le fonctionnement de ces écosystèmes. Elle associe observations sur le long terme et expérimentations *in situ* - ce plongeur professionnel a d'ores et déjà étudié la façade atlantique européenne (rade de Brest et fjords norvégiens), les lagons tropicaux (Nouvelle-Calédonie et île de la Réunion) ainsi que la terre Adélie.

Laurent Chauvaud a notamment participé à mettre en évidence l'importance de la production primaire benthique³ des microalgues qui restent en permanence immergées. Ses travaux portant sur les coquilles Saint-Jacques ont positionné ces dernières comme un modèle d'archive environnementale. De plus, Laurent Chauvaud contribue fortement à la mise au point d'ensembles expérimentaux immergeables permettant à la fois la mesure de flux globaux de carbone modulé par la photosynthèse, la respiration et la calcification des invertébrés invasifs (huîtres, clams chinois ou crépidules), mais également la mesure de sels nutritifs et de polluants (métaux) à l'interface eau-sédiment⁴.

Cet écologiste marin apporte également son savoir-faire à la mise en œuvre du programme MACARBI ou "Monitoring environnemental en Antarctique basé sur l'étude des structures carbonatées de bivalves".

Contact

T 02 98 49 86 33

laurent.chauvaud@univ-brest.fr

¹ Ensemble des organismes qui vivent au fond de la mer et s'y déplacent peu.

² C'est une forme singulière mais naturelle de pollution de certains écosystèmes aquatiques ; elle se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent.

³ Il s'agit de la production photosynthétique assurée par les plantes aquatiques qui se développent sur le fond.

⁴ C'est-à-dire au fond de la mer.



Docteur en océanologie, **Christophe Guinet** a commencé par étudier l'écologie comportementale des orques lors d'un séjour d'un an en Colombie Britannique (1986), puis de trois longs séjours dans l'archipel de Crozet (1988-1991), avant de s'intéresser aux grands dauphins et aux phoques gris des côtes bretonnes. Depuis 1993, il est chargé de recherche CNRS au Centre d'études biologiques de Chizé. Ses recherches visent principalement à décrire, comprendre et modéliser les effets des variations environnementales, climatiques et océanographiques sur les comportements de pêche des oiseaux et tout particulièrement des mammifères marins.

Responsable d'un programme de recherche s'attellant à l'étude de l'écologie des mammifères marins (éléphants de mer, otaries à fourrure et grands cétacés) en fonction du contexte océanographique, il a, dans ce cadre, effectué 12 missions en terres australes. Ces animaux peuvent devenir de véritables auxiliaires océanographiques grâce auxquels il est possible de d'échantillonner certains paramètres de l'océan Austral, pour lequel très peu d'informations sont disponibles. Ces prédateurs s'avèrent également de précieux "bio-indicateurs" des changements environnementaux affectant ces écosystèmes.

Dans le contexte de la 4^{ème} Année polaire internationale, Christophe Guinet participe au programme international MEOP "Exploration des océans par les mammifères marins – d'un pôle à l'autre", qu'il dirige pour la France. Il est par ailleurs porteur du projet ANR⁵ intitulé IPSOS-SEAL⁶. Son objectif est d'étudier les variations des performances de pêche des éléphants de mer – dont l'une des particularités est de plonger très profondément - en fonction de la variabilité de la productivité biologique⁷ de l'océan Austral. Et d'établir *in fine* des prédictions quant aux effets de l'évolution du climat sur la productivité de cet océan.

Contact

T 05 49 09 78 39
guinet@cebc.cnrs.fr

⁵ Agence nationale de la recherche

⁶ IPSOS-SEAL pour "Investigation of the vulnerability of the biological Productivity of the Southern Ocean Subsystems to climate change : the Southern Elephant seal Assessment from mid to high Latitudes" est un projet retenu en 2007, qui s'inscrit dans le cadre du programme "Vulnérabilité : milieux et climat". En français, IPSOS-SEAL signifie "Investigation de la vulnérabilité de la productivité biologique des sous-systèmes écologiques de l'océan Austral : sondage par les éléphants de mer pour les hautes et moyennes latitudes".

⁷ Par productivité biologique, on désigne la quantité de phytoplancton, exprimé en gramme de carbone, produit par unité de surface et par an.



Spécialiste en cytogénétique (analyse des chromosomes), **Catherine Ozouf-Costaz** est ingénieur de recherche CNRS au sein de l'unité "Systématique, évolution, adaptation" (CNRS / Université Paris 6 / Muséum nationale d'histoire naturelle / IRD / École normale supérieure de Paris). L'une des thématiques de son équipe concerne l'évolution et l'adaptation des notothenioïdes - il s'agit de poissons téléostéens⁸ endémiques de l'Antarctique - par analyses comparées de leurs caractéristiques anatomiques, chromosomiques et moléculaires.

Depuis 1975, elle a pris part à une quinzaine de campagnes à bord de navires polaires ou de stations scientifiques, tout autour de l'Antarctique.

Avec Philippe Koubbi, professeur à l'Université de Paris VI, elle co-dirige le programme de l'IPEV "Ichtyologie côtière en terre Adélie" (ou ICOTA)⁹. Il vise à explorer et comprendre la biodiversité des organismes marins, à étudier leurs relations évolutives, leur écologie ainsi que les impacts possibles du réchauffement climatique, dans le secteur de la terre Adélie.

Contact

T 01 40 79 37 54

ozouf@mnhn.fr

⁸ Les téléostéens comprennent la plupart des poissons connus et forment un ordre de la classe des poissons vertébrés (les ostéichthyens ou "poissons osseux"). Une particularité : leur squelette est complètement ossifié.

⁹ ICOTA, dans son ensemble, s'inscrit dans le programme international EBA "Evolution and Biodiversity in the Antarctic" du comité scientifique pour la recherche antarctique (SCAR).



Tout en enseignant la microbiologie à l'Université de Bretagne occidentale, **Marc Le Romancer** consacre ses recherches à l'étude des virus en milieux extrêmes, des sources hydrothermales océaniques aux sources chaudes des régions polaires. Au sein du Laboratoire de microbiologie des environnements extrêmes (LM2E, CNRS / Université de Bretagne occidentale / Ifremer), il anime le groupe "Éléments génétiques mobiles". Ce dernier tente d'explorer la diversité virale des milieux extrêmes afin de mieux comprendre l'origine des virus ainsi que leur apport dans les schémas évolutifs de la vie cellulaire moderne.

Son équipe a récemment isolé au niveau d'une source hydrothermale océanique le premier virus marin hyperthermophile vivant à 2 000 mètres de profondeur dans une eau à 95°C. Passionné par les milieux polaires, il a effectué plusieurs campagnes en terres australes, dont un hivernage de 14 mois à Kerguelen. Il coordonne actuellement un programme de recherche portant sur l'étude de la diversité des communautés microbiennes et virales thermophiles sur ces terres. Il contribue par ailleurs à un projet interdisciplinaire, associant glaciologues, géophysiciens, géochimistes et microbiologistes, et portant sur l'étude du lac sous-glaciaire antarctique de Vostok. Il s'agit du programme ANR "Lac sous-glaciaire de Vostok, caractérisation biologique, géochimique, glaciologique d'un environnement sous-glaciaire unique" (ou LAC VOSTOK).

Contact

T 02 98 49 87 50

marc.leromancer@univ-brest.fr



Né le 9 février 1965 à Agen, **Arnaud Benedetti** est diplômé de l'Institut d'études politiques de Bordeaux, titulaire d'un DEA de sciences sociales à l'École normale supérieure de Paris et à l'École des hautes études en sciences sociales, et d'un DEA de sciences politiques à l'Institut d'études politiques de Paris. Ancien directeur de la communication externe, de l'éducation et des affaires publiques du CNES, il est, depuis septembre 2006, directeur de la communication du CNRS.

Contact

T 01 44 96 46 25

arnaud.benedetti@cnrs-dir.fr





Les coquilles Saint-Jacques : mémoires de l'environnement côtier du Finistère à la terre Adélie

Disposer d'informations fréquentes sur la variabilité de paramètres environnementaux en milieux côtiers est aujourd'hui capital. Dans cette perspective, les coquilles Saint-Jacques européennes sont un modèle biologique idéal pour étudier les réponses de la faune benthique¹ aux fluctuations de l'environnement côtier (du Maroc à la Norvège). D'une part, elles fabriquent des marques journalières lorsqu'elles grandissent. D'autre part, elles archivent des informations chimiques (présence d'éléments traces), isotopiques (présence de carbone ou d'oxygène) et structurelles (croissance) au sein du "calendrier" que constituent leurs valves. Les coquilles Saint-Jacques "racontent" ainsi l'histoire de leur environnement. Elles sont devenues à la fois mémoire et vigie des mers mais surtout un outil essentiel des biologistes marins.

De la façade atlantique aux côtes chiliennes, partout où la famille des pétoncles se développe, il est intéressant de s'appuyer sur le modèle des coquilles Saint-Jacques afin d'étudier les écosystèmes aux spécificités "originales". C'est le cas de l'écosystème de la pointe géologique de la terre Adélie (eau de mer à -1,5°C). Ces idées développées à Brest, ont ainsi été exportées en Antarctique.

Le programme MACARBI en terre Adélie

Soutenu par l'IPEV et placé sous la responsabilité d'Yves-Marie Paulet², le programme MACARBI³ porte sur l'étude des bivalves avec la perspective d'établir des enregistrements de l'environnement antarctique. Les prélèvements et analyses sont menés à la station antarctique française de Dumont d'Urville (en terre Adélie).



Adamussium colbecki © Le Mercier / LEMAR



Adamussium colbecki, détail de la face externe d'une valve © Le Mercier / LEMAR

¹ La faune benthique regroupe l'ensemble des organismes qui vivent au fond de la mer.

² Directeur-adjoint du Laboratoire des sciences de l'environnement marin (LEMAR, CNRS / Université de Bretagne Occidentale).

³ "Monitoring environnemental en Antarctique basé sur l'étude des structures carbonatées de bivalves"



C'est en transposant les acquis méthodologiques et conceptuels issus des travaux menés sur les coquilles Saint-Jacques européennes au bivalve *Adamussium colbecki*, que les chercheurs du LEMAR ont mis au point un capteur environnemental des eaux côtières antarctiques.

Telle la coquille Saint-Jacques, ce bivalve est membre de la famille des *pectinidae*. Il présente, comme elle, une striation de la surface externe de ses valves offrant ainsi la base d'un calage temporel des incréments de croissance. La mesure des espacements inter-stries permet, comme dans le cas des stries des arbres, de définir des "histoires" de croissance individuelle et populationnelle qui pourront ensuite être confrontées aux données environnementales.

Le calage temporel des observations structurales de la coquille passe par la mesure du rapport isotopique ^{18}O de l'oxygène dans le carbonate de calcium⁴. Les fluctuations de ce rapport sont liées à la température du milieu lors de la précipitation calcique (croissance du bivalve). Couplée à ces mesures, une analyse de la nutrition (isotopie stable des tissus, analyse des pigments chlorophylliens au sein du tractus digestif⁵), du métabolisme (respiration en enceinte) et du comportement (suivi en vidéo sous-marine), permet de quantifier très précisément les variations des conditions environnementales sur le plateau antarctique.

S'attachant à développer l'utilisation de la coquille Saint-Jacques comme capteur biologique, Laurent Chauvaud a tout particulièrement optimisé sa capacité à enregistrer différents paramètres : température de l'eau de mer, présence d'une remontée d'eau froide (upwelling), développement ou non d'algues toxiques dans des écosystèmes pour lesquels ces informations ne sont pas disponibles. Ce chercheur utilise la plongée autonome afin de réaliser *in situ* l'ensemble des expérimentations nécessaires à la "calibration" de ces archives biologiques que sont désormais les pétoncles et coquilles Saint-Jacques (dont l'un des atouts majeurs est d'être largement répandues sur notre planète).



Mise en place de la chambre de mesure (respiration) © Erwan Amice / LEMAR (CNRS-IUEM)



Plongeur et pilote surveillant le bon déroulement d'une plongée en terre Adélie © E. Amice / LEMAR (CNRS-IUEM)

⁴ Le carbonate de calcium (ou calcite) est une phase solide constitutive des valves de coquilles Saint-Jacques. Il peut se former dans l'eau par précipitation à partir des ions dissous calcium et carbonate. On parle de précipitation calcique.

⁵ Le tractus digestif comprend l'ensemble des organes qui constituent l'appareil digestif.



L'été austral 2007-2008 marque la troisième campagne de recherche du programme MACARBI. La précédente a permis de compléter l'approche écophysiological débutée en 2005-2006.

Lors de cette première campagne, ont surtout été développés des outils et des méthodes de mesure *in situ* dans un environnement polaire, par plongée sous-marine notamment. Les fonctions physiologiques du bivalve *Adamusium colbecki* ont alors été abordés de manière limitée : ont essentiellement été approfondies la fonction de respiration et ses variations temporelles.

En 2006-2007, deux aspects ont été plus spécifiquement étudiés : le processus de calcification et le comportement du bivalve (mouvements valvaires, déplacements). Et, tout en cherchant à enrichir les connaissances concernant le milieu de vie de ce coquillage, cette campagne a permis de récupérer des individus marqués l'année précédente. Au terme de cette deuxième campagne en terre Adélie, la biologie fonctionnelle de l'organisme est suffisamment renseignée afin de permettre la calibration des signaux isotopiques et microchimiques contenus dans la coquille d'*Adamusium colbecki*.

En travaillant sur l'acquisition et l'interprétation à long terme des données (croissance coquillière), les chercheurs du LEMAR espèrent associer celles-ci aux signaux climatiques et anthropiques de l'environnement.

Quant à la campagne 2007-2008, elle vise d'une part, à poursuivre les mesures physiologiques (croissance, respiration et alimentation) sur le pétoncle polaire, et d'autre part, à décrire le réseau trophique par analyses isotopiques et à estimer l'importance des microalgues benthiques au sein de ce réseau trophique. 100 plongées sont de nouveau prévues cette année.

Contact

Laurent Chauvaud

T 02 98 49 86 33

laurent.chauvaud@univ-brest.fr



Oiseaux et mammifères marins : sentinelles des changements climatiques

Le Centre d'études biologiques de Chizé, plus particulièrement l'équipe "Écologie des oiseaux et des mammifères marins", conduit un suivi à long terme de la démographie d'une vingtaine d'espèces d'oiseaux (albatros, manchots, pétrels...) et de mammifères marins (éléphants de mer, phoques de Weddell, otaries, orques...) dans les Terres australes et antarctiques françaises. Cette base de données, unique au monde et ininterrompue depuis près de 50 ans, fournit des informations très détaillées sur l'âge, la reproduction, la survie... de plusieurs dizaines de milliers d'individus identifiés individuellement au moyen de bagues ou de marques.

Ces travaux permettent de détecter leurs variations d'effectif, de performances de reproduction puis de rechercher les causes de ces variations, qu'elles soient d'origine naturelle ou liées aux activités humaines. Ils portent à la fois sur des suivis à long terme (à l'échelle des populations) et sur des suivis à l'échelle des individus.

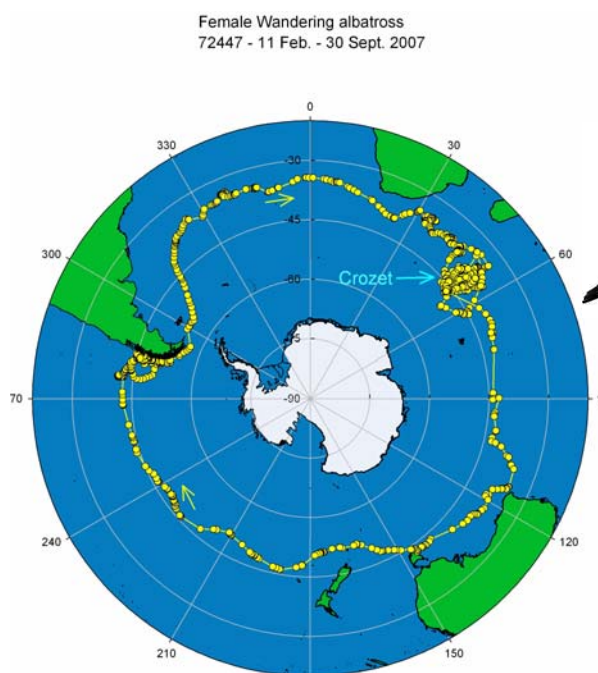


Figure 1. Trajet Circum-antarctique d'une femelle grand albatros originaire de l'archipel Crozet étudié au moyen d'une balise argos-GPS (les données GPS sont envoyées par le système argos). © CEBC / CNRS

Photo de grand albatros
© CEBC / CNRS



D'excellents indicateurs biologiques

Prédateurs supérieurs, les oiseaux et les mammifères marins sont situés en haut des réseaux trophiques⁶ océaniques. Ils intègrent donc les variations spatio-temporelles de l'écosystème pélagique⁷ et sont de bons bio-indicateurs de la disponibilité des ressources de l'océan Austral. Plus précisément, c'est en étudiant leur comportement alimentaire et leur état physiologique que de précieux indices sont récoltés. Suivis en mer grâce à l'utilisation de balises Argos, de GPS (voir la figure 1) et d'enregistreurs d'activités, ces animaux deviennent de précieux auxiliaires pour la compréhension des changements environnementaux passés et présents. Grâce à ces mesures, des prédictions de l'impact, sur ces écosystèmes, des changements climatiques futurs peuvent être émises.

Le suivi, un prélude à des mesures de protection

Ces travaux servent de base pour l'adoption de mesures de conservation appropriées pour ces espèces souvent menacées. Ils précisent bien souvent les habitats de ces populations, permettant ainsi de définir le contour d'aires marines protégées, ou plus directement, d'identifier les causes de mortalités accidentelles occasionnées par les activités humaines (pêcheries, introduction d'espèces exotiques ou de pathogènes...).

Pour la campagne 2007-2008, de nouveaux axes de recherche

Outre le suivi à long terme des populations sur les 4 sites des TAAF⁸ (Kerguelen, Crozet, ...), le programme de l'équipe portera, lors du prochain été austral, sur plusieurs axes complémentaires, à savoir l'étude :

- des stratégies de recherche de nourriture des adultes albatros et de pétrels (à l'aide de GPS miniaturisés) et des juvéniles grands albatros (balises Argos),
- des stratégies d'hivernage des skuas⁹, des albatros et des gorfous¹⁰,
- de la distribution des albatros à sourcils noirs, des éléphants de mer et des phoques de Weddell en relation avec les caractéristiques océanographiques.

Programme MEOP, une contribution à l'observatoire mondial des océans

Ces recherches¹¹ sont notamment conduites dans le cadre du programme de l'Année polaire internationale MEOP "Marine mammal Exploration of the Oceans Pole to pole". Ce dernier rassemble une vingtaine de spécialistes, biologistes et océanographes, de 10 nationalités différentes. MEOP permet de combiner :

- l'étude de l'écologie de phoques arctiques et antarctiques et
- la récolte de données océanographiques uniques.

⁶ Chaînes alimentaires : la base des chaînes alimentaires marines est constituée par du phytoplancton, qui est consommé par du zooplancton, généralement consommé par des poissons, calamars et espèces de prédateurs supérieurs telles que les baleines. Poissons et calamars sont ensuite consommés par un cortège d'espèces qualifiées de prédateurs supérieurs. Ce sont les grands poissons prédateurs (requins, espadons...) mais aussi un grand nombre d'espèces d'oiseaux et de mammifères marins.

⁷ Relatif à la haute mer.

⁸ TAAF : Terres australes et antarctiques françaises.

⁹ Oiseaux de la famille des laridés (goélands) jouant le rôle des rapaces en milieu marin.

¹⁰ Ce sont des oiseaux de la famille des manchots.

¹¹ Ces recherches sont soutenues par le Centre national de la recherche scientifique, l'Institut Paul-Émile Victor, le Centre national d'études spatiales, l'Agence nationale pour la recherche, la fondation Albert II et la fondation Total.



Ce programme international vise à préciser les habitats de pêche de ces animaux à partir de leurs caractéristiques océanographiques obtenues au moyen d'une nouvelle génération de balises Argos. Éléphants de mer, phoques à capuchon... sont ainsi équipés par les biologistes de ces balises pourvues de capteurs miniaturisés de pression, température et salinité (Figure 2). Ces dernières permettent de localiser ces animaux et de transmettre en temps réel des données océanographiques : profils de température, salinité et fluorescence récoltées lors des plongées profondes des prédateurs.

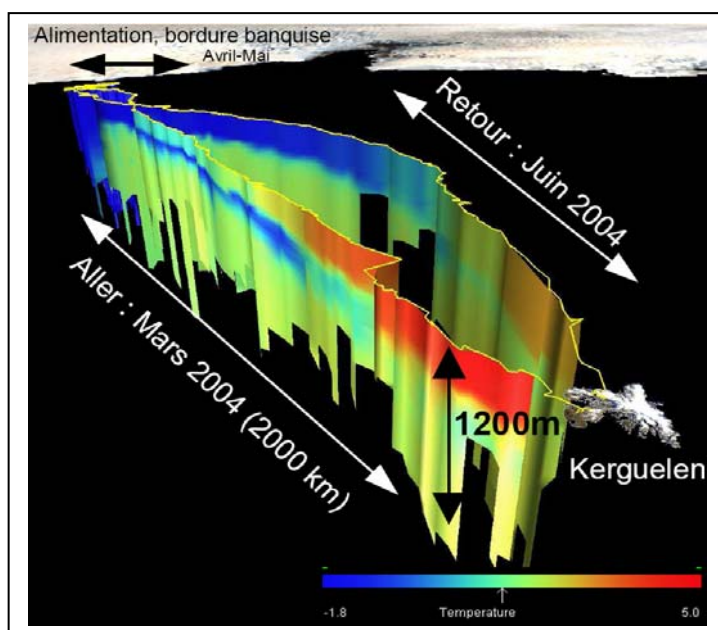


Photo d'éléphant de mer © CEBC / CNRS

Figure 2. Guillaume, un éléphant de mer mâle équipé à Kerguelen d'une balise Argos pourvue de capteurs de température et salinité a effectué, de mars à juin 2004, un aller-retour entre l'île de Kerguelen et l'Antarctique séjournant 2 mois dans la banquise. Les températures collectées permettent de visualiser le refroidissement saisonnier de température affectant la couche d'eau. © CEBC / CNRS

Ce programme constitue une contribution originale à l'effort de l'Observatoire mondial des océans. Ainsi, les éléphants de mer représentent la principale source de données océanographiques pour la zone antarctique. Sur la période 2005-2007, 98 % des profils de température et salinité archivés dans la base de données CORIOLIS pour la zone de banquise antarctique ont été obtenus par l'intermédiaire de ces prédateurs.

Pour en savoir plus

Consultez le site de l'équipe "Écologie des oiseaux et des mammifères marins" du CEBC : http://www.cebc.cnrs.fr/Fr_taaf/fr_index.html

Contact

Christophe Guinet
T 05 49 09 78 39
guinet@cebc.cnrs.fr





Exploration et compréhension de la biodiversité marine du plateau continental est-antarctique

Bien que glacées, les mers antarctiques abritent une vie foisonnante et une faune présentant des adaptations remarquables pour ces conditions extrêmes. De nombreuses espèces d'organismes marins peuplent le plateau continental antarctique, qui est l'un des plus profonds du globe (jusqu'à 500 mètres).

La partie est-antarctique de ce plateau (terre Adélie et terre George V) reste l'une des régions les moins explorées. Là, le plateau est entaillé par de profondes dépressions, de 800 à 1 000 mètres, qui représentent certainement des refuges pour la faune vivant sur le fond ("faune benthique"). Cette faune s'y trouve protégée du "rabotage" des icebergs. De fait, le plateau continental est localement marqué par le labourage du fond par les icebergs, ce qui permet d'étudier la recolonisation benthique et d'évaluer comment les communautés réagissent aux stress environnementaux. Autre spécificité de cette zone : elle présente des caractéristiques hydrologiques particulières. C'est là en effet que se forme 25% de la masse d'eau de fond¹² antarctique.

ICOTA : une vie foisonnante dans une eau à -1,8°C¹³ !

ICOTA ou "Ichthyologie côtière en Terre Adélie" est un programme IPEV qui fédère une équipe internationale et explore, depuis plus de dix ans, la biodiversité et l'écologie du plancton et des poissons, jusqu'à 200 mètres de profondeur. Là, faisant fi des eaux glaciales, les poissons du sous-ordre des notothenioïdes abondent.

C'est grâce à la présence, dans leur sérum, de protéines antigél qu'ils résistent à des températures négatives dans des eaux à -1,8°C. De par leur faible tolérance aux températures plus chaudes, ce sont des espèces intéressantes pour évaluer les conséquences des modifications du climat de la planète sur l'écosystème marin antarctique.

De l'océanologie à la planctologie, en passant par la biologie (reproduction, description des stades larvaires et des relations trophiques), l'écologie, la cytogénétique (étude des chromosomes) et la phylogénie (évolution) des poissons côtiers, ICOTA couvre un large spectre de disciplines. S'appuyant sur leurs observations sous-marines, les chercheurs sont également parvenus à modéliser les habitats côtiers des poissons jusqu'à 200 mètres de profondeur, grâce à l'utilisation d'un robot sous-marin. Ce programme intègre des campagnes d'été ainsi que des hivernages.

¹² Masse d'eau, dense et froide, qui se forme sur le fond près du continent Antarctique et se répand, par les plaines abyssales, sur le fond des océans jusqu'en Arctique.

¹³ La température de l'eau de mer peut être négative car la teneur en sel abaisse le point de congélation de l'eau.



Des adaptations remarquables aux conditions extrêmes de l'Antarctique

Au cours de l'évolution, les notothenioïdes antarctiques ont développé des caractéristiques uniques en leur genre, parmi lesquelles la sécrétion de molécules antigél, l'absence d'hémoglobine, pour la famille des Channichthyidés, aussi appelés "poissons des glaces", et l'absence de protéines de choc thermique¹⁴ présentes chez presque tous les autres poissons.

Parmi les 123 espèces de notothenioïdes connues, une trentaine vivent dans des eaux moins froides, le long des côtes de l'Amérique du Sud, de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, et ne possèdent pas ces adaptations. C'est en comparant ces deux types d'espèces - espèce antarctique et espèce non antarctique - que les chercheurs ont pu retracer leur histoire évolutive, en relation avec les phénomènes tectoniques et climatiques de l'histoire de la planète dans l'océan Austral.



Poisson antarctique notothenioïde "Trematomus hansonii". © CNRS Photothèque / ICOTA

Premier constat, aucune protéine antigél n'est observée chez les espèces non antarctiques. Ces molécules seraient apparues il y a 40 millions d'années, et c'est au cours de la période de glaciation datant de la fin de l'Éocène (-40 à -35 millions d'années), lorsque la couche de glace s'est développée sur le continent Antarctique, que cette adaptation au froid se serait mise en place. Puis, il y a 25 millions d'années environ, les masses d'eaux encerclant l'Antarctique se sont thermiquement isolées des autres océans, la "frontière" ("le front polaire") étant marquée par une brusque chute de température des eaux de surface.

Autre caractéristique évolutive remarquable des notothenioïdes antarctiques, l'absence de protéines de choc thermique. Une perte qui serait liée au fait que ces composés leur étaient devenus inutiles dans un milieu où la température varie très peu. Principale conséquence, la tolérance de ces poissons à des variations de température est très faible (de l'ordre de quelques degrés entre -2°C et 6°C) : ils sont devenus sténothermes¹⁵, et incapables de franchir la barrière thermique que représente le front polaire, pour re-coloniser des mers moins froides.

¹⁴ Classe de protéines qui protègent les autres protéines contre le stress dû aux températures élevées.

¹⁵ Un organisme sténotherme présente une tolérance faible aux variations de température du milieu.



Enfin, chez les notothenioïdes l'hémoglobine est différente, présentant une affinité pour l'oxygène moins importante. Cette protéine du sang a même disparu chez les Channichthyidés, "poissons à sang blanc". Chez ces poissons, la perte de l'hémoglobine a été tolérée grâce à la très grande richesse en oxygène des eaux antarctiques : l'oxygène passe des branchies au sang, puis du sang aux organes, et cela à un rythme suffisant grâce à un débit sanguin accru, et un métabolisme corporel ralenti.

L'étude des notothenioïdes permet aux scientifiques de mieux comprendre les mécanismes génétiques de l'évolution, comme l'acquisition et la perte de caractères en relation avec les modifications environnementales. Les chercheurs espèrent ainsi mieux cerner l'impact du réchauffement climatique sur les écosystèmes polaires.

L'API, une occasion de structurer des programmes de recherche au niveau international

Le "Census of Antarctic Marine Life" (CAML) figure parmi l'un des 14 projets du CoML (Census of Marine Life). Sous l'ombrelle du comité scientifique pour les recherches antarctiques (SCAR), il est dirigé par un comité international d'experts de 10 pays, qui veille à mettre en commun et à standardiser les méthodes d'échantillonnages, d'analyse et le partage des données.



Prélèvement de zooplancton
© K. Pierre / IPEV



Prélèvement de zooplancton
© K. Pierre / IPEV

Dans ce cadre, une équipe internationale (France, Belgique, Australie, Japon) se déploiera de fin 2007 à début 2008 à bord de trois navires : australien (Aurora Australis), japonais (Umitaka Maru) et français (Astrolabe), à proximité de la terre Adélie. Les navires travailleront de manière complémentaire : l'Umitaka Maru se concentrera sur le plancton, le krill et les poissons pélagiques¹⁶ ; l'Astrolabe étudiera l'hydrologie et le plancton ; et l'Aurora Australis, à bord duquel seront embarqués 11 chercheurs français, récoltera les poissons de fond et les organismes benthiques, entre 200 et 1000 mètres de profondeur (une zone qui n'est pas encore inventoriée).

¹⁶ Relatif à la haute mer.



CEAMARC¹⁷, tel est le nom de ce programme, vise à explorer et mieux comprendre la biodiversité des organismes marins. Il s'agit également d'étudier leurs relations évolutives et leur écologie dans une zone encore peu touchée par le réchauffement climatique, pour, à terme, en prédire l'effet sur cette faune fragile et comparer les résultats avec ceux obtenus simultanément dans d'autres régions de l'Antarctique.

Contact

Catherine Ozouf-Costaz

T 01 40 79 37 54

ozouf@mnhn.fr

¹⁷ "Collaborative east-antarctic marine census" (programme API)





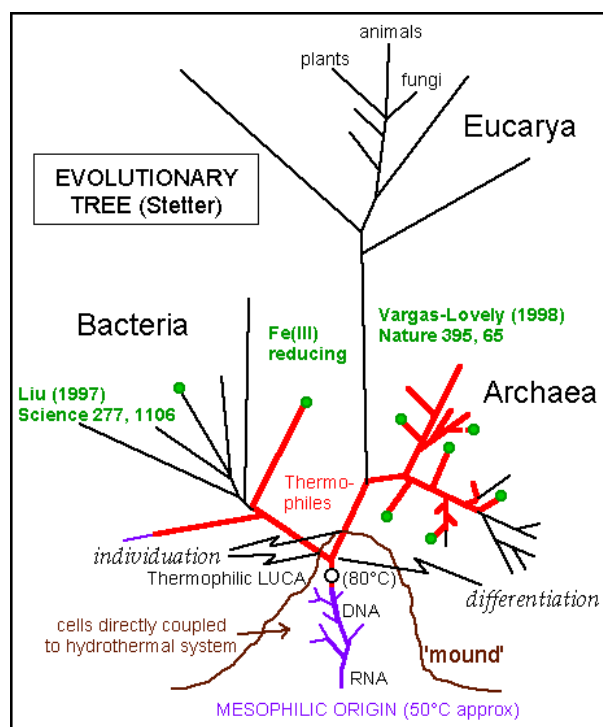
La vie à haute température en Antarctique

Quelles sont les origines de la vie et ses limites? Quel rôle les virus jouent-ils dans l'évolution? La vie existe-t-elle sur d'autres planètes ?

Depuis quelques décennies, ces questions suscitent un intérêt grandissant, notamment avec la découverte de formes de vie capable de prospérer dans des milieux extrêmes. De précieux éléments de réponse pourraient provenir de l'exploration des sites géothermiques en régions polaires antarctiques.

Les archées hyperthermophiles ou la vie à haute température

La découverte des archaea¹⁸, ces microorganismes qui détiennent tous les records pour leur capacité à survivre aux frontières de la vie telle que nous l'imaginons, associée à celle des sources hydrothermales océaniques, environnements aux caractéristiques physico-chimiques extraordinaires, ont profondément modifié notre vision de la vie. Elles en ont repoussé les limites physiques et physiologiques.



Arbre phylogénique universel montrant l'existence de trois grands domaines : les bacteria, les archaea et les eucarya. [d'après C. Stetter, 1996]

¹⁸ Il s'agit de l'un des trois grands domaines du monde vivant avec les bacteria et les eucarya.

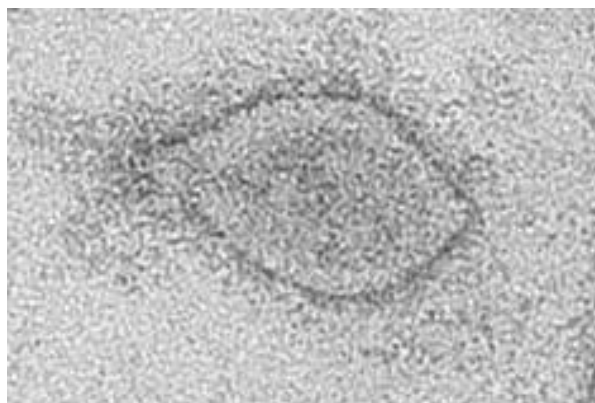


Parmi les microorganismes de l'extrême figurent les hyperthermophiles¹⁹. Ces derniers ne peuvent vivre qu'à des températures supérieures à 85°C et, même dans les sources hydrothermales océaniques, croître à des températures supérieures à 100°C en raison de la pression hydrostatique qui augmente le point d'ébullition de l'eau (le record actuel étant de 113°C).

Apparus sur Terre il y a quelques 3 milliards d'années, ils forment les branches les plus profondes de l'arbre universel du vivant, suggérant que LUCA²⁰, le dernier ancêtre commun universel des organismes vivants, était peut être un hyperthermophile.



Source chaude prise sur le Mont des fumerolles (Péninsule Rallier du Baty à Kerguelen)
© Marc Le Romancer / IPEV



PAV1 ou *Pyrococcus abyssi* virus 1, premier virus d'archée hyperthermophile marine © Laboratoire de microbiologie des environnements extrêmes

Les virus, acteurs incontournables des processus évolutifs

Au fil de ces dernières années, les scientifiques ont découvert que les virus étaient présents dans tous les écosystèmes, y compris les glaces et les océans polaires : ils constitueraient même la composante majoritaire de la biosphère. Autre constat, les génomes cellulaires évoluent sous l'influence de gènes dont les virus seraient à la fois l'immense réservoir mais aussi les vecteurs naturels. Ainsi, les virus seraient des acteurs majeurs de l'évolution, de la diversification mais également de l'adaptation des communautés à leur environnement, en particulier dans les milieux extrêmes.

Notre ancêtre commun, LUCA, était-il lui-même infecté par des virus ? L'hypothèse d'une très ancienne virosphère est soutenue par l'extraordinaire diversité génomique des virus et certains scientifiques considèrent même que les virus ont probablement joué un rôle-clé dans l'avènement du monde à ADN²¹ puis dans la formation des cellules modernes. La récente découverte, chez les archaea hyperthermophiles, de familles de virus entièrement nouvelles, aux morphologies surprenantes, lève un peu le voile sur une partie jusqu'alors totalement inexplorée de la virosphère. Ces virus seraient-ils les descendants de virus ancestraux, contemporains de LUCA ?

¹⁹ Ce sont des organismes unicellulaires, bactéries ou archées, qui ne peuvent vivre qu'à des températures supérieures à 85°C.

²⁰ LUCA : Last universal common ancestor

²¹ Acide désoxyribonucléique



Sous la glace polaire, la vie foisonne

Si la majorité des sites géothermiques étudiés à ce jour se situent dans l'hémisphère nord (Yellowstone aux États-Unis, le Kamtchatka en Russie, les sites d'Islande et du Japon...), l'hémisphère sud abrite également de tels écosystèmes et, de façon surprenante, en zones subpolaire et polaire. L'île Saint Paul et l'archipel de Kerguelen, totalement isolés au sein d'immenses masses océaniques, tout comme le continent Antarctique (Monts Erebus, Melbourne et Rittmann) sont le siège d'activités géothermiques. Pour les scientifiques, ce sont des champs exploratoires pleins de promesses, en raison notamment de leur isolement géographique extrême.

Mais plus surprenante encore est la découverte, au cœur de l'Antarctique, par plus de 3 500 mètres de profondeur, d'une bactérie thermophile, *Hydrogenophilus thermoluteolus*. Celle-ci a été décelée dans la glace d'accrétion du lac sous-glaciaire de Vostok. Situé sous la base russe du même nom, il s'agit du plus grand lac sous-glaciaire connu en Antarctique. Comment expliquer la présence d'un tel microorganisme dans un environnement où glace et froid règnent en maîtres ? La réponse tient en un mot : la géothermie²². Mais, se pourrait-il que sous l'épaisse calotte de glace, les lacs sous-glaciaires isolés depuis des millions d'années, soient des oasis de vie ?

Les lacs sous-glaciaires : une fenêtre sur l'exobiologie

Les biotopes²³ chauds (comme les sources hydrothermales sous-marines) représentent un milieu capital pour la compréhension des processus biologiques et évolutifs fondamentaux. Ces derniers pourront seuls permettre d'appréhender les conditions limites de la vie, son origine et sa diversification. Explorer la vie à haute température dans les environnements polaires pourrait ouvrir de nouvelles perspectives dans la connaissance de la vie terrestre et dans la recherche de traces de vie extraterrestre. Ainsi, Europa, satellite naturel de Jupiter, possède vraisemblablement un océan d'eau liquide, sous plusieurs kilomètres de glace. L'analogie avec les lacs sous-glaciaires de l'Antarctique est frappante. Parmi les futurs projets de l'ESA²⁴ et de la NASA²⁵ figurent plusieurs missions destinées à explorer ces mondes lointains où la vie a pu émerger.

Contact

Marc Le Romancer

T 02 98 49 87 50

marc.leromancer@univ-brest.fr

²² Pour en savoir plus, consultez l'intervention de Jean-Robert Petit "L'exploration des lacs sous-glaciaires antarctiques : bien plus qu'une simple curiosité" lors du point presse API du 12 juillet 2007.

²³ Les biotopes sont des milieux biologiques offrant des conditions de vie relativement stables.

²⁴ ESA : Agence spatiale européenne

²⁵ NASA : Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace



Une nouvelle collection de podcats "Alerte aux pôles"

"Alerte aux pôles"

les podcasts du CNRS et de l'IPEV

En partenariat avec le ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche et LCI .fr

À l'occasion de l'Année polaire internationale, le CNRS et l'Institut Paul-Émile (IPEV) ont choisi de s'associer afin de produire des podcasts sur les recherches polaires. Grâce au podcasting, des fichiers audio ou vidéo (podcasts) pourront être gratuitement diffusés sur Internet puis « téléchargés » sur un baladeur numérique ou un ordinateur.

Sous l'effet du réchauffement climatique, régions arctiques et antarctiques subissent aujourd'hui le plus rapide et spectaculaire changement de toute l'histoire de notre planète. Que faut-il en penser ? Que savons-nous vraiment ? Que faut-il de toute urgence mesurer et comprendre ? Avec la participation du journaliste, Patrice Lanoy, chargé de conduire les entretiens, le CNRS et l'IPEV répondent en images à ces questions.

Climat, faune, flore, populations, pollution et vie quotidienne sont les cinq thèmes abordés, à travers l'interview de six chercheurs :

- > **Pierre Jouventin**, spécialiste du comportement animal au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CNRS / Universités Montpellier 1, 2 et 3 / ENSA de Montpellier / CIRAD) ;
- > **Yves Frenot**, directeur-adjoint à l'IPEV ;
- > **Marie-Noëlle Houssais**, océanographe au Laboratoire d'océanographie et du climat : expérimentations et approches numériques (LOCEAN, CNRS / Université Paris 6 / IRD / Muséum national d'histoire naturel) ;
- > **Claude Lorius**, glaciologue au Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement (LGGE, CNRS / Université Joseph Fourier Grenoble 1) ;
- > **Madeleine Griselin**, géographe au laboratoire "Théoriser et modéliser pour aménager" (CNRS / Université de Dijon / Université de Besançon) ;
- > **Joëlle Robert-Lamblin**, anthropologue au sein de l'unité "Dynamique de l'évolution humaine : individus, populations, espèces" (CNRS).

Chaque lundi, deux nouvelles questions seront mises à la une sur les sites du CNRS : <http://www.cnrs.fr/anneepolaire/> (Rubrique Podcast) et

de l'IPEV : <http://www.institut-polaire.fr/>

Le site de LCI.fr diffusera également certains podcasts sur <http://tf1.lci.fr/infos/sciences/>



Rendez-vous à partir de vendredi 2 novembre 2007 !





"Le CNRS aux pôles", une prochaine exposition avec la RATP

"Le CNRS aux pôles"

Habillage du couloir de la station Montparnasse

En partenariat avec la RATP, l'IPEV et l'ANR

L'exposition

Dans le cadre de l'Année polaire internationale et en partenariat avec la RATP, l'ANR et l'Institut Paul-Émile Victor, le CNRS réalise une exposition de photos sur les recherches en milieu polaire dans le couloir de la station Montparnasse. De novembre à décembre 2007, les usagers de la RATP pourront s'immerger dans l'univers polaire.

Ces 100 images sont présentées en très grand format, le long d'une séquence de 135 mètres sur 4,70 mètres de hauteur, sur les murs bordant le "trottoir roulant" de la station Montparnasse. L'exposition est majoritairement constituée de photographies prises par des chercheurs ou "des accompagnateurs de la recherche".

Elles doivent s'insérer dans un univers de design et de signalétique familier et fonctionnel. L'exposition propose plusieurs niveaux de lecture : l'image grand format, de grands messages portant sur les thèmes des recherches polaires et les légendes correspondant à l'ensemble des photos. Le tapis roulant rapidement permet à l'usager de voir la globalité de l'exposition, celui à vitesse lente de lire les titres, les textes mais aussi de détailler chaque photo.

L'objectif

Les photos scientifiques ouvrent des fenêtres sur notre univers. L'un des principaux objectifs de cette exposition est de susciter la curiosité et l'intérêt du grand public et ainsi de faire passer un peu de science dans le quotidien des usagers du métro.

Les axes de recherche mis en avant

À travers le choix des photos, le CNRS souhaitent mettre en avant les recherches sur :

- l'histoire et l'évolution du climat ;
- l'astrophysique et l'astronomie ;
- la biodiversité ;
- les populations humaines.

L'ensemble de cette exposition sera reprise sur le site :
<http://www.cnrs.fr/cnrs-images/multimedia/cnrs-ratp/>.

Contacts

Marie-Noëlle Abat
T 01 44 96 51 13
marie-noelle.abat@cnrs-dir.fr

Alain Lesquer
T 02 98 05 65 05
alesquer@ipev.fr



API : principaux événements

Quelques expositions en cours

« Aventures aux pôles, dans les pas de Paul-Émile Victor », Palais de la découverte (Paris).

Une plongée dans l'univers des glaces, dans le monde des Inuit mais aussi un regard croisé sur le parcours du pionnier des expéditions polaires françaises : Paul-Émile Victor et sur les expéditions 2007 de ses "héritiers". Cette exposition aborde la question de l'évolution du climat et de l'environnement en comparant les observations faites par Paul-Émile Victor au Groenland il y a 70 ans et celles réalisées lors d'une expédition récente.

Du 12/06/2007 au 06/01/2008

« Voyages aux pôles », Océanopolis (Brest).

Cette grande exposition dédiée aux régions polaires Arctique et Antarctique, où les regards des arts, des cultures et des sciences croisent l'histoire passée et future de notre globe terrestre et de ses habitants, est répartie en trois espaces thématiques qui, chacun à sa manière, abordent un sujet particulier avec des moyens scénographiques appropriés. Ces thématiques sont complémentaires et cette approche polythématique innovante contribue à la prise de conscience de l'aspect essentiel des pôles dans le fonctionnement global de notre planète.

Du 31/03/2007 au 2/03/2008

« Odyssée Blanche », Caen, Alençon et Cherbourg.

Une base polaire au cœur de la ville ! Relais d'activités (CCSTI de Basse Normandie) reconstitue une base polaire dans des containers identiques à ceux utilisés au pôle Sud. Au cours d'une visite guidée par des animateurs scientifiques, le public s'immergera dans les grands espaces polaires et le quotidien des chercheurs. Basée sur la vidéo et des expériences, la découverte de la base polaire permet d'approcher la réalité du terrain et l'intérêt de la recherche polaire pour la connaissance de notre planète et de son avenir.

Caen du 20 octobre 2007 au 17 février 2008

Alençon du 1^{er} mars au 27 avril 2008

Cherbourg du 10 mai au 31 août 2008.

« L'Arctique , le pays des ours blancs », E.C.O.L.E de la mer, La Rochelle.

Sur la base de 4 modules didactiques, vous partirez au pays des ours blancs. Immergés au cœur de paysages blanc bleuté, vous découvrirez la faune et la flore qui peuplent ces vastes étendues marines et terrestres et l'influence des hommes sur ce milieu.

Aquarium de La Rochelle du 14 avril 2007 au 31 janvier 2008

« Objectifs Pôles », CCSTI la Turbine (Annecy).

Une exposition qui ne vous laissera pas de glace ! Avec "Objectif pôles", partez à la rencontre de la glace et des pôles. Venez vous imprégner de cette "ambiance polaire", vous mettre dans la peau d'un glaciologue et enfin redécouvrir les peuples du nord.

Du 9/10/2007 à fin 2008



« **Les déserts racontent la terre** », forum des sciences, Villeneuve d'Ascq.

Voyage aux confins des terres arides. Dans un décor reconstitué de déserts de glace et de sable, découvrez les "portraits-robots" des déserts, vérifiez qu'ils ne sont "pas si déserts que ça"... et suivez les traces des "enquêtes aux déserts". Au travers de panneaux, ambiance visuelle, modules-manips, interactifs, films et documentaires, témoignages audio, quizz et autres " jeux de grains ", les déserts vous parlent...

Villeneuve d'Ascq du 2 octobre 2007 au 2 mars 2008

« **Grand Nord Terres de sciences, Terres des hommes** », MJC de Castelnuovo-Le-Lez (Hérault).

Cette manifestation a pour axe essentiel, outre la valorisation des recherches scientifiques dans le Grand Nord, la défense d'un patrimoine culturel, humain, écologique, qui intéresse l'humanité dans son ensemble. Pour cela elle propose des expositions didactiques, des conférences, des tables rondes, une nuit du cinéma, des animations pour scolaires qui seront autant d'outils de médiation pour fédérer et sensibiliser les publics.

Du 8/10/2007 au 30/11/2007

À venir

« **Le polaire s'affiche dans le métro** » - Exposition de photos grand format (CNRS / IPEV), métro Montparnasse (Paris).

De novembre à décembre 2007

« **CNRS, Explorer les pôles, comprendre la planète** », Exposition de photos grand format (CNRS / IPEV), Aéroports de Paris.

De janvier à février 2008

« **Altitude Gallery** » Exposition de photos très grand format (CNRS / IPEV), domaine skiable de Val d'Isère, à l'occasion de la coupe du monde de ski.

Décembre 2007

« **50 ans d'observation de l'atmosphère et du climat à partir des régions polaires** », Exposition du Musée des arts et métiers (Paris).

D'octobre 2008 - mai 2009

Et aussi...

Juillet 2008, le Marion Dufresne participe à « **Brest 2008** »

Plus grand navire océanographique français, le Marion Dufresne sera exceptionnellement à quai lors de la grande fête maritime internationale qui a lieu tous les 4 ans à Brest. À cette occasion, 200 collégiens et lycéens passionnés, français et étrangers, seront invités à présenter leurs projets scientifiques réalisés durant l'année scolaire dans le cadre de l'opération « Sciences aux pôles ».

Pour connaître l'intégralité du programme des manifestations prévues dans le cadre de l'API, deux sites :

<http://www.anneepolaire.fr>

et

<http://www.cnrs.fr/anneepolaire>

