

CLIMATOLOGIE

À la recherche du temps perdu...

Quel temps faisait-il il y a 140 000 ans ? | Avec le projet **Neem** au Groenland, les climatologues s'attaquent à une période mal connue, l'**Eémien**, marquée par un réchauffement arctique important. | Objectif : mieux comprendre les interactions entre la calotte polaire et les changements climatiques. |

Vue d'avion, la calotte polaire a régressé sur tout le pourtour sud-ouest du Groenland. Elle fond même à vue de satellite ! Depuis 2005, ce phénomène s'accélère, interpellant la communauté scientifique. Pourquoi la calotte fond-elle si vite ? Quelles en sont les conséquences pour l'évolution du climat ? C'est à ces questions que vont tenter de répondre des climatologues avec le projet **Neem**¹ au nord-ouest du Groenland. Car s'ils ont bien compris que le réchauffement climatique était à l'œuvre sur la

calotte, ils restent surpris par l'ampleur de sa fonte, bien plus rapide que celle décrite dans leurs simulations numériques. C'est donc pour améliorer ces modèles que des chercheurs, dont ceux du **LSCE**², vont continuer leur enquête à **Neem**. Objectif : retrouver dans les glaces du Groenland des indices sur l'évolution du climat et sur l'écoulement de la calotte lors d'une période charnière baptisée **Eémien**. Et au Groenland, l'intensité des chutes de neige garantit des couches de dépôt annuel

1. **Neem pour Nord** (localisation du site) et **Eem** (en référence à l'**Eémien**, dernière période chaude en Europe). L'appellation **Neem** désigne également le site où se sont installés les climatologues. 2. Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, à Gif-sur-Yvette (CEA/CNRS/UVSQ).



Au sortir de l'une des deux tranchées, creusées à six mètres sous la neige pour installer les laboratoires et les sites de forage de la glace.

© C. Morel/Our Polar Heritage - CEA

suffisamment épaisses pour que les données recueillies aient une bonne résolution temporelle. Depuis une trentaine d'années, les climatologues multiplient les forages pour analyser des carottes de glace (voir encadré « Comment faire parler la glace ») dans lesquelles sont emprisonnées des bulles d'air et une eau d'un autre temps. Jusqu'à -800 000 ans en Antarctique avec le projet Épica qui leur a permis de retracer l'histoire du climat avec son alternance de périodes glaciaires et interglaciaires. >>>

Le projet Neem

Se déroulant de 2007 à 2011 au Groenland, le projet Neem implique 14 pays : Belgique, Canada, Chine, Danemark, États-Unis, France, Allemagne, Islande, Japon, Corée du Sud, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède et Suisse. La participation française (LSCE, LGGE³ et Game⁴) est soutenue par l'Institut Paul-Émile-Victor et l'Agence nationale de la recherche.

3. Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement (CNRS/OSUG/UJF) à Grenoble. 4. Groupe d'étude de l'atmosphère météorologique (MétéoFrance/CNRS) à Toulouse.



La carotte de glace est découpée en deux demi-cylindres. L'un servant aux mesures de datation, l'autre à l'analyse chimique de la glace.

« Le projet Neem va nous permettre d'étudier la vulnérabilité de la calotte polaire et son rôle potentiel dans les instabilités du climat. »

de décortiquer la manière dont le système climatique fonctionne et de tester les modèles numériques utilisés pour prévoir le risque futur. Dans l'Arctique, les températures ont été jusqu'à 5 °C plus élevées qu'aujourd'hui pendant l'Eémien, présentant une situation proche de celle vers laquelle nous semblons nous diriger à cause du réchauffement climatique, explique Valérie Masson-Delmotte, chercheuse au LSCE et coordinatrice de la participation française au projet Neem. Le projet Neem va nous permettre de connaître le détail de la dynamique du climat et de la composition de l'atmosphère, mais aussi d'étudier la vulnérabilité de la calotte polaire et son rôle potentiel dans les instabilités du climat », poursuit-elle.

Mais cet Eémien, semblable à la période actuelle, ne se laissera pas approcher si facilement. Il s'agit de descendre environ 2 500 m dans la glace pour remonter le temps au moins sur 140 000 ans. Les climatologues n'en sont pas à leur première prouesse (plus de 3 km atteints en Antarctique ou à NorthGrip), mais le choix du site reste une étape primordiale. Il faut s'assurer de la profondeur des lieux, de l'enneigement et de la géologie du socle de la calotte pour que la préservation des couches annuelles de neige soit optimale. Une fois ce site choisi, reste à assurer le bon déroulement des opérations ! Le forage profond a démarré en douceur jusqu'à - 106 m (couvrant

» Jusqu'à - 123 000 ans sur un autre site du Groenland, NorthGrip, où ils ont pu repérer des **variations rapides** du climat. Au vu des changements climatiques que nous connaissons aujourd'hui, la compréhension de ces instabilités est un enjeu majeur pour les climatologues.

VARIATIONS RAPIDES
En climatologie, élévations abruptes de température, suivies de lents refroidissements.

À Neem, les chercheurs s'intéressent à l'Eémien. Cette période interglaciaire, bref répit entre deux glaciations, aurait commencé il y a 130 000 ans pour s'achever il y a 115 000 ans, lors de la dernière glaciation. « Certains changements climatiques passés permettent

Comment faire parler la glace

L'analyse d'une carotte glaciaire repose sur deux éléments principaux : l'eau et l'air. Le dosage isotopique (mesure de la concentration des isotopes d'un élément) de l'hydrogène présent dans l'eau de la glace permet de reconstituer les températures. Il s'agit de déterminer la teneur en deutérium, dont on sait qu'elle est d'autant plus faible que la température qui régnait pendant les précipitations était basse. Quant à l'analyse de l'air piégé dans la glace, elle renseigne sur la composition atmosphérique de l'époque, par exemple sur la concentration des gaz à effet de serre.

➔ Pour en savoir plus : voir *Les Défis du CEA* n° 116.



Le camp Neem s'organise autour de lieux de vie, de travail et d'entreposage du matériel.

les 400 dernières années), et les carottes de glace remontées vont permettre de connaître le fonctionnement du site, les relations entre le climat récent et la composition de la glace, la manière dont les gaz sont lentement piégés sous forme de bulles dans le névé. Ces premières données de terrain seront confrontées aux calculs des modèles numériques de climat et de **névé**. Et ce, en attendant d'en savoir

NEVÉ
Partie superficielle d'une calotte de glace (dizaines de mètres) où se produit la compaction de la neige en glace.

plus lors des forages profonds qui commenceront dès 2009.

Les futures informations sont attendues de pied ferme par les chercheurs du LSCE, dont une des contributions principales au sein du projet Neem sera la modélisation numérique. Et elles seront nombreuses, car la calotte va être observée sous toutes ses coutures: température, structure, déformation naturelle ou liée à la gravité, vitesse et amplitude d'**écoulement** de la glace... Des informations qui viendront nourrir

ÉCOULEMENT
Déplacement par fluage des calottes polaires, déformées par leur propre poids.

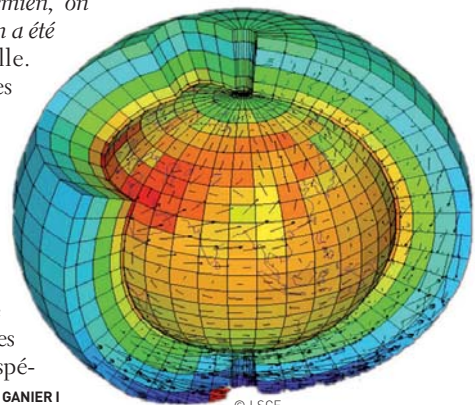
avec une précision inégalée des modèles du climat global et régional et des modèles d'écoulement de la calotte du Groenland. « *Le projet Neem est une première car nous commencerons à coupler les modèles climatiques, utilisés pour la prévision du*

climat futur, et les modèles de calotte. Nous pourrons ainsi déterminer la réponse du climat du Groenland aux changements climatiques et évaluer la réaction de la calotte à ces changements. Nous nous intéresserons au climat récent et à celui de l'Éémien, qui constitueront des tests importants pour nos modèles », indique Masa Kageyama, modélisatrice au LSCE.

La principale difficulté réside dans l'estimation de l'amplitude et de la vitesse des réactions. Il ne s'agit ni de sous-estimer, ni de surestimer les changements provoqués dans les modèles. « *Si, par exemple, un modèle fait disparaître toute la glace du Groenland pendant l'Éémien, on sait qu'il sera faux car il en a été retrouvé!* », confie-t-elle.

Par ailleurs, les modèles devraient donner des éléments de réponse sur de nombreuses questions: quelle est la variabilité naturelle de la banquise et celle due aux émissions de gaz à effet de serre? En combien de temps va-t-elle fondre? Les premiers résultats sont espérés à partir de 2010. | **AUDE GANIER I**

Représentation schématique du découpage en boîtes tridimensionnelles de l'atmosphère dans un modèle climatique.



© LSCE

à la une



Le camp Neem

1. Ils sont arrivés par un C130 américain transportant jusqu'à 30 tonnes (en trois vols) de matériel préparé au Danemark, pays coordonnant la logistique du projet Neem. Huit scientifiques et techniciens étaient partis les premiers installer le camp sur un terrain vierge. Trois semaines plus tard, un dôme de deux étages et quelques tentes sont installées, et d'autres chercheurs viennent prendre le relais...

Surgi de nulle part, le camp **Neem** accueille, depuis 2008 et jusqu'à 2011, des climatologues du monde entier. Chaque année, de mai à août, ceux-ci vivent de passion et d'eau fraîche. Celle des carottes de glace qu'ils remontent des profondeurs du Groenland.

| A. G. |



2. Les chercheurs vivent et dorment dans des tentes établies à la surface. Mais pour travailler, ils s'enterrent ! Deux tranchées ont été creusées à 6 m de profondeur sur 40 m de long et 5 m de large. L'une d'elles protège le site du forage, l'autre est dédiée au traitement et à l'archivage des carottes de glace.



3. Les opérations de forage s'enchaînent...

D'abord, un premier sondage pour tâter le terrain, puis un forage léger pour extraire des carottes de 1,30 m sur 8 cm de diamètre jusqu'à 106 m de profondeur. L'année prochaine, les chercheurs espèrent atteindre 140 000 ans en forant sur 2000 km avec un carottier plus long qui extraira des carottes de 4 m de long et 10 cm de diamètre.

4. La découpe des carottes est affaire de patience et de précision :

les carottes successives sont juxtaposées, mesurées puis sectionnées tous les 55 cm. Ces morceaux seront ensuite découpés tous les 2,5 cm pour former les milliers d'échantillons qui seront analysés dans les différents laboratoires partenaires du projet, dans 14 pays.



5. Quelle organisation ! Plus de 12 000 sachets ont été numérotés pour recueillir les échantillons de glace. Le remplissage s'effectue également dans la tranchée, où la température froide garantit l'intégrité de la glace.



6. Il est 19 h 30, tout le monde achève sa journée de travail, qui a commencé à 9 heures, rythmée par les différents repas et pauses goûter pour se réchauffer. Ce soir, malgré le jour qui règne 24 heures sur 24 à cette époque, il fera -5 °C dans les tentes et -20 °C à l'extérieur !