prospective



Pourquoi tant de difficultés face au long terme ?

LA **CHRONIQUE** *de* **Christian de Perthuis**



Le Citepa a récemment publié, à partir de son baromètre mensuel, la première estimation des émissions de gaz à effet de serre pour 2022. Grâce à la baisse de 8,5 % au quatrième trimestre, les émissions pourraient baisser de 2,5 % sur l'année. La chute du quatrième trimestre reflète pour l'essentiel le retournement de la conjoncture dans l'industrie, la baisse de la consommation d'électricité et un vif repli des émissions liées à l'usage des bâtiments facilité par la clémence des températures automnales. On peut avoir une lecture lénifiante de cette information provisoire : pour la troisième année consécutive, les émissions du pays sont en dessous du budget carbone de la période 2019-2023. Sauf rebond improbable en 2023, ce budget sera respecté. Cela va épargner une nouvelle condamnation de l'Etat par le juge administratif comme cela s'était produit après le dépassement du premier budget carbone (2015-2018).

Corriger la feuille de route

Il y a au moins trois bonnes raisons de ne pas se satisfaire de ce résultat. Primo, à la suite du dépassement du premier budget carbone, le gouvernement a relevé le plafond de la période actuelle en reportant les efforts à conduire sur les budgets suivants. Utiliser une ficelle aussi grosse frise l'irresponsabilité. Le résultat est que le pays va respecter un budget carbone non contraignant qui ne nous dirige pas réellement vers la cible fixée. Secundo, la feuille de route gouvernementale, baptisée « stratégie nationale bas carbone » (SNBC), à laquelle on se réfère, n'est plus calée sur la bonne cible. Elle vise une réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2030. Depuis le Conseil européen de décembre 2021, l'objectif a été porté à 55 %. Il va falloir corriger d'autant la feuille de route. Si l'estimation du Citepa pour 2022 se confirme, il faudra réduire nos émissions de 20 millions de tonnes chaque année pour atteindre le –55 % en 2030, alors que 10 millions de tonnes, soit la baisse observée en 2022, auraient suffi pour –40 %. Nous sommes face à une énorme marche d'escalier à franchir en très peu de temps. Tertio, le baromètre mensuel du Citepa ne couvre pas les émissions de l'agriculture et celles liées à l'usage des terres, en particulier les forêts. Or, l'aggravation des conditions climatiques réduit dangereusement la capacité de stockage du CO_2 par les forêts. Si la superficie du massif forestier continue d'augmenter, sa capacité d'absorption du CO_2 a été divisée par deux en moins de dix ans. Les chiffres pour 2022 ne sont pas encore connus, mais les sécheresses à répétition, les incendies et les maladies ont encore durement frappé les forêts l'an passé. Un regain de leur capacité d'absorption du CO_2 atmosphérique est peu vraisemblable. Loin d'une lecture lénifiante, l'analyse des résultats provisoires du Citepa conduit à tirer la sonnette d'alarme. Qu'il s'agisse des retraites ou du climat notre société semble incapable de faire face aux enjeux du long terme. ■

SUR LE WEB

L'INVENTION : L'IA qui sait décrypter le chant des coraux

Une start-up indonésienne a gagné le grand prix Netexplo 2023 pour une intelligence artificielle capable d'évaluer l'état de santé d'un récif grâce à l'analyse des bruits de la faune et de la flore sous-marine.

A lire sur lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective

Dessin Mailys Glaize pour « Les Echos »

OCÉANOGRAPHIE // Adaptés à un environnement extrême, les organismes des grands fonds intéressent scientifiques et industriels. Mais l'exploitation de leur ADN pose de nombreux problèmes.

L'avenir de l'homme est-il au fond des mers ?

Jacques Henno

Qui irait vivre à plus de 3.500 mètres sous l'eau ? A priori, personne tant les conditions sont extrêmes à cette profondeur. La pression atteint 350 kg/cm², du fait de la masse d'eau située au-dessus ; il n'y a pas de lumière ; la température est en moyenne de 2 °C, mais peut atteindre 400 °C à la sortie des cheminées hydrothermales, ces sources d'eau réchauffée au contact du magma situé sous la croûte océanique… Pourtant, la vie foisonne dans ces plaines abyssales qui occupent la moitié de la surface de la terre.

Seuls quelques pourcents de ces fonds océaniques ont déjà été explorés, mais on y a trouvé des poissons, des bactéries, des poulpes, des invertébrés… qui intéressent grandement les scientifiques du monde entier. Certains micro-organismes y survivent grâce à la chimiosynthèse, qui remplace, chez eux, la photosynthèse uniquement possible en présence de lumière. *« Ces organismes, dits chimiolithotrophes, produisent de l'énergie à partir des éléments minéraux, comme le fer, présents au fond de la mer »*, explique Vianney Pichereau, professeur de biologie marine à l'université de Bretagne Occidentale. La chimiosynthèse pourrait permettre d'éliminer le méthane, un gaz à effet de serre, ou d'exploiter ce même méthane présent, par exemple sur Mars.

De plus, tout un écosystème s'est créé autour de ces organismes. Par exemple, le ver de Pompéi vit près des cheminées hydrothermales de l'océan Pacifique, dans un tube qu'il construit, en symbiose avec des bactéries. Cet animal supporte des températures pouvant aller jusqu'à 80 °C, grâce à des bactéries qui forment a priori une sorte d'isolant d'un centimètre d'épaisseur ; en échange ces bactéries se nourrissent du mucus sécrété par le dos du ver…

Des séquences des gènes du ver de Pompéi apparaissent déjà dans une vingtaine de brevets déposés non seulement par l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) mais aussi par le chimiste allemand BASF. Le ver de Pompéi et ses bactéries ont ainsi été utilisés dans des crèmes cosmétiques. *« La société Sederma, située au Perray-en-Yvelines, près de Paris, utilise dans ses produits pour cosmétiques une bactérie hyperthermophile – très résistante à la chaleur – prélevée au fond du Bassin de Guymas et qui était dans les collections de notre laboratoire »*, explique Mohamed Jebbar, professeur de microbiologie à l'université de Bretagne occidentale (UBO) et chercheur au laboratoire Biologie et écologie des écosystèmes marins profonds (BEEP), commun à l'UBO, à l'Ifremer et au CNRS, et installé à Plouzané (Finistère).

Le cas de Nauru

- **1994 :** création, sous l'égide de l'ONU, de l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM), pour organiser les activités relatives aux ressources des fonds marins dans la « zone » (au-delà de la zone économique exclusive de 200 miles nautiques).
- **Juillet 2021 :** les responsables politiques d'une île du Pacifique Sud, Nauru, notifient à l'AIFM leur intention d'exploiter les minerais de la « zone ». Selon son règlement, l'AIFM doit répondre dans les deux années.
- **Novembre 2022 :** à la COP27, la France plaide pour une interdiction totale de l'exploitation minière des grands fonds, afin de protéger la biodiversité de la « zone ».
- **Juillet 2023 :** dernière limite pour que l'AIFM statue sur la demande de l'île Nauru, sans quoi cette exploitation pourrait commencer sans contrainte.

Fortes pressions, manque d'oxygène

Les ressources génétiques des grands fonds n'intéressent pas que les entreprises de cosmétique. En 2018, des chercheurs installés en Suède et au Canada ont recensé les demandes de brevets liées aux ressources génétiques marines. *« Dans cette base de données, nous avons identifié plus de 1.600 séquences génétiques provenant de 91 espèces associées aux grands fonds et aux systèmes de cheminées hydrothermales »*, détaille Robert Blasiak, principal auteur de cette étude et chercheur au Stockholm Resilience Center.

Parmi les organismes ayant déposé le plus de demandes liées aux ressources génétiques marines : BASF, le japonais Kyowa Hakko Kirin (pharmacie et biotechnologie), Yeda Research and Development, bras commercial de l'institut Weizmann des sciences, une université israélienne…

« Tous ces organismes extrêmophiles – capables de vivres dans des milieux extrêmes – intéressent au plus haut point les industriels, dont les procédés de fabrication soumettent enzymes et autres bactéries à de hautes températures, de fortes pressions et un manque d'oxygène, énumère Sophie Arnaud Haond, chercheuse à l'Ifremer. *On peut utiliser ces organismes des grands fonds ou leurs dérivés dans l'industrie agroalimentaire, les cosmétiques, les biocarburants…»* D'autant que pour les industriels, l'accès à ces ressources génétiques est quasiment gratuit. Pour l'instant.

Ainsi, contrairement aux chercheurs de l'Ifremer, ceux de BASF n'organisent-ils pas de campagne d'exploration des profondeurs marines, très coûteuses : plusieurs millions d'euros pour chaque semaine d'utilisation d'un navire océanographique et d'un robot sous-marin.

> « Pourquoi aller chercher très profond ? Il y a une telle biodiversité marine que des découvertes intéressantes sont accessibles à quelques kilomètres des côtes. »
>
> **ANTHONY COURTOIS**
> Polymaris Biotechnology

Dès lors, comment ont-ils pu accéder par exemple à l'ADN du ver de Pompéi et déposé une demande de brevets ? *« C'est très simple, des chercheurs de BEEP isolent des micro-organismes à partir d'échantillons prélevés dans des fonds océaniques et séquencent son ADN*, explique Mohamed Jebbar. *Mais pour publier un article sur ces micro-organismes dans une revue scientifique, ils doivent déposer cet ADN dans une base de données comme celle du National Center of Biotechnology Institute (NCBI) aux Etats-Unis. Là, cet ADN devient public. »* Les chercheurs des grands groupes peuvent y avoir accès, le mouliner dans tous les sens en fonction de leurs objectifs, en extraire juste l'information dont ils ont besoin et déposer ensuite une demande de brevet.

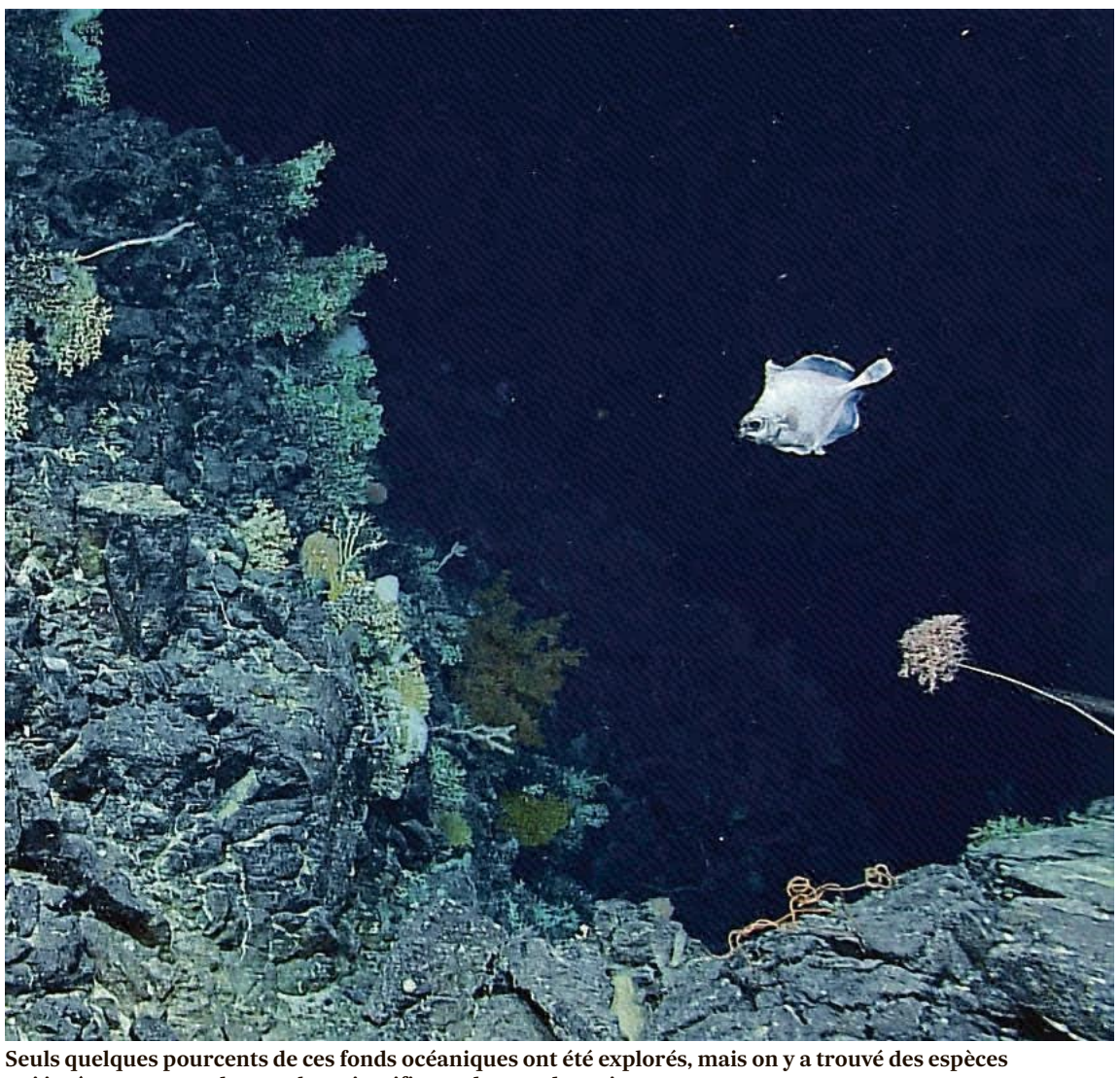
Les retombées financières

Mais à qui appartiennent finalement ces ressources génétiques ? *« Les ressources génétiques marines étaient jusqu'ici libres d'accès et n'appartenaient à personne. Mais dans les faits, seuls quelques pays, dont les Etats-Unis, la Chine, la Russie, la France, l'Allemagne, le Japon disposent des technologies nécessaires pour les explorer et les exploiter »*, rappelle Bleuenn Guilloux, professeur en droit de la mer à La Rochelle Université et chercheuse au laboratoire Littoral, environnement et société (LIENS). Craignant de voir ainsi leur échapper une manne scientifique et financière, les pays en voie de développement ont poussé à la signature, le 3 mars de cette année, d'un accord, dit BBNJ (Biodiversity Beyond National Juridiction), sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique marine des zones situées au-delà de la juridiction nationale, très convoitées également pour leurs ressources minières. Les parties prenantes à cet accord doivent encore définir les modalités concrètes d'application, en particulier le partage des retombées financières de l'exploitation des ressources génétiques, et leur traçabilité, permettant par exemple de savoir d'où viennent les gènes faisant l'objet d'une demande de brevet.

Certains chercheurs remettent cependant en cause l'intérêt même des ressources génétiques des grands fonds. *« Pourquoi aller chercher très profond, très froid ou très chaud avec tous les risques technologiques que cela comporte ? Il faut construire des machines spécifiques très coûteuses et les molécules issues de ces recherches seront donc très chères et réservées à des industries à très forte valeur ajoutée »*, regrette Anthony Courtois, un ancien de l'Ifremer, qui a fondé la société Polymaris Biotechnology en 2015, à Brest. *« Il y a une telle biodiversité marine que des découvertes intéressantes sont accessibles même à quelques kilomètres des côtes »*, poursuit-il. Il travaille actuellement à l'industrialisation de polymères marins pour la fabrication de bioplastiques. ■

Il y a quatre milliards d'années

Une partie essentielle de l'histoire de la vie sur terre depuis des milliards d'années a été enregistrée dans les plaines abyssales. *« La vie est apparue dans les océans et y a évolué pendant quatre milliards d'années ; les organismes multicellulaires en seraient sortis il y a 500 millions d'années seulement pour s'adapter à la terre ferme »*, explique Sophie Arnaud Haond. L'étude des grands fonds permettrait de mieux comprendre les mécanismes d'évolution, d'innovation du vivant sur notre planète. Mais quant à pouvoir exploiter ces mécanismes pour adapter l'homme au réchauffement climatique qui s'annonce, cela relève encore de la science-fiction.



Seuls quelques pourcents de ces fonds océaniques ont été explorés, mais on y a trouvé des espèces qui intéressent grandement les scientifiques du monde entier. *Photo NOAA /Sipa*