

convergence des yeux pour la vision de près, n'est pas à sa verticale, mais plus proche du nez. Sur le couloir qui relie ces deux zones, il est tout à fait envisageable de modeler la surface pour qu'elle soit localement proche d'une calotte sphérique et que son rayon de courbure passe continûment de la valeur requise pour la correction de loin à celle requise pour la correction de près.

IMPOSSIBILITÉ GÉOMÉTRIQUE

En revanche, il est impossible d'imposer que les deux rayons de courbure principaux soient égaux sur l'ensemble de la surface. Par conséquent, sur une partie du verre, les rayons de courbure principaux seront nécessairement différents, ce qui produira de l'astigmatisme. C'est donc au verrier de trouver le compromis pour garantir le meilleur confort visuel possible.

Il y a deux grandes options. L'une est d'avoir, entre les zones de visions proche et lointaine du verre, un couloir où l'astigmatisme est très faible. Cela implique qu'en s'éloignant de ce couloir, ce défaut

BIBLIOGRAPHIE

D. Keeports, **Building a multifocal lens**, *The Physics Teacher*, vol. 51(4), pp. 250-251, 2013.

Collectif, **Les verres progressifs**, *Les Cahiers d'Optique Oculaire*, Essilor Academy Europe, 2006, disponible sur www.essiloracademy.eu

S. S. Lane et al., **Multifocal intraocular lenses**, *Ophthalmology Clinics of North America*, vol. 19(1), pp. 89-105, 2006.

deviendra rapidement très important et aura un impact négatif sur la vision périphérique. L'autre option est de s'autoriser des défauts plus également répartis sur toute la surface, mais qui seront d'amplitudes plus faibles. Le verre progressif qui corrige parfaitement tout le champ de vision des presbytes n'existe pas!

Un autre problème, d'ordre plus pratique, est lié à l'épaisseur du verre: comme la courbure de la partie supérieure du verre est différente de celle de sa partie inférieure, le haut du verre sera en général plus épais qu'en bas.

Pour obtenir des verres plus minces dans leur partie haute et plus légers, les opticiens ont une astuce qui consiste à incliner verticalement la surface postérieure du verre. On peut le faire de telle façon que la correction optique ne soit pas modifiée; mais cela décale légèrement et verticalement tout le champ de vision. Avec l'existence du couloir de vision sans astigmatisme, c'est l'une des raisons pour lesquelles il vaut mieux s'habituer progressivement aux verres... progressifs. ■

Direction de l'innovation et des relations avec les entreprises

Organisme de formation continue

cnrs
formation
entreprises

→ 200 formations technologiques courtes proposées par le CNRS sur ses plateformes de recherche pour les ingénieurs et les techniciens

→ Domaines de formation

Big data, robotique, énergie, matériaux, biologie, microscopie, spectrométrie, RMN... et plus encore

+ de 1100 stagiaires formés chaque année



Découvrez nos stages sur cnrsformation.cnrs.fr



contact : cfe.contact@cnrs.fr ou +33 (0)1 69 82 44 55

🐦 @CNRS_CFE

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à l'université
Pierre-et-Marie-Curie, à Paris

COMMENT L'OURS POLAIRE A CONQUIS L'ARCTIQUE

Prenez une population ancestrale d'ours bruns sur le déclin, plongez-la dans une période interglaciaire bien chaude, et vous obtiendrez un mammifère aux capacités plus qu'étonnantes.

L'ours polaire (*Ursus maritimus*) est un excellent nageur. L'utilisation de colliers GPS sur des femelles a révélé que certaines parcourent plusieurs centaines de kilomètres dans l'eau glacée en quelques jours! En 2005, des biologistes de l'université d'Anchorage, en Alaska, ont ainsi suivi les déplacements d'une vingtaine d'ourses dans le nord de l'Alaska. Partie le 20 juin de la péninsule de Point Hope, une ourse a nagé 210 km jusqu'au 25 juin, s'est reposée une journée sur un petit iceberg, puis a repris sa traversée, parcourant 144 km avant d'atteindre la banquise, le 30 juin. Soit 354 km parcourus en 9 jours, à une vitesse moyenne de 1,6 km/h, dans une mer à moins de 4°C et sans ravitaillement.

Cet exploit met en évidence les principales adaptations que l'ours polaire a acquises au fil de l'évolution: protection contre le froid, capacités musculaire et

cardiaque étonnantes, gestion énergétique optimale... Aujourd'hui, les études de son génome nous content les originalités de cet athlète extraordinaire, dont les prouesses, connues des Inuits, ont longtemps été considérées comme des exagérations par les Occidentaux. Analysées dans un cadre évolutif, ces données non seulement étayent le scénario d'une adaptation rapide à un milieu extrême, mais invitent aussi à revisiter la différence entre le normal et le pathologique.

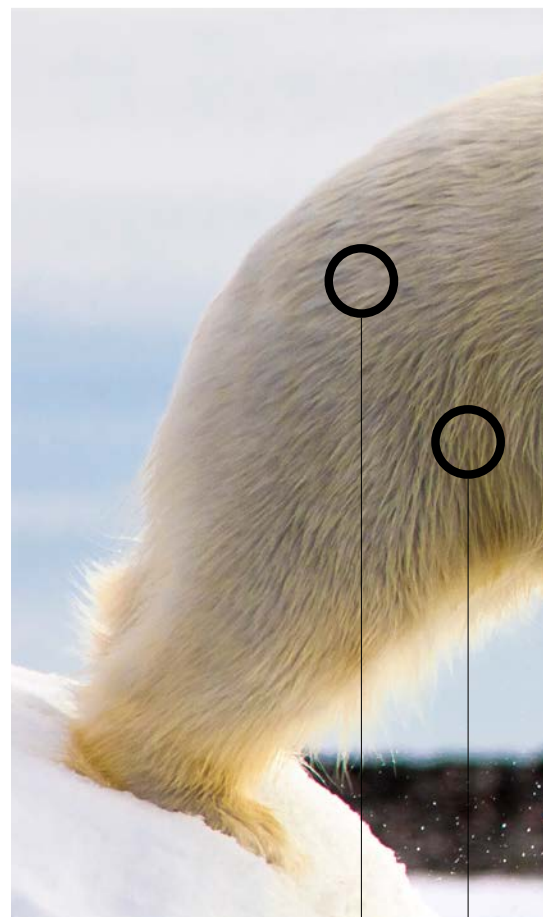
En 2014, un consortium international a précisé l'origine évolutive d'*Ursus maritimus* en étudiant les phylogénies moléculaires de cette espèce et de l'ours brun *Ursus arctos* – le grizzly américain –, c'est-à-dire en recherchant des liens de parenté à l'aide de séquences de gènes communs aux deux espèces. Résultat: l'ours polaire s'est différencié de l'ours brun il y a environ 400 000 ans. D'un point de vue évolutif, cette séparation

*Ursus maritimus*

Poids: entre 400 et 600 kg (mâle),
entre 200 et 350 kg (femelle)

Taille: 2 à 3 m (mâle), 1,8 à 2 m (femelle)

Durée de vie moyenne: 25 à 30 ans



3 à 4 g/l de cholestérol et 2 à 3 g/l de triglycérides dans le sang: une charge lipidique sanguine qui serait fatale à la plupart des mammifères (le sang humain porte de l'ordre de 1 g/l de cholestérol et 1,5 g/l de triglycérides).

Couche de graisse sous-cutanée comparable à celle des autres mammifères, malgré le froid polaire

Grande taille, tête profilée, fourrure claire. Ces traits ont pu être vite acquis, les ours étant très plastiques, comme les chiens : parmi les grizzlys, la sous-espèce kodiak atteint plus de 3 m, alors que l'ours des Alpes mesure environ 1,70 m – une différence du même ordre que celle entre un saint-bernard et un chihuahua.

EN CHIFFRES

687 km

C'est la distance qu'a parcourue en neuf jours une femelle à la nage dans la mer de Beaufort en 2008.

26 000

ours polaires environ dans le monde, répartis en 19 sous-populations.

Plus de 1 million

de km² de banquise arctique en moins en mars 2017 par rapport à la moyenne des relevés effectués en mars sur la période 1981-2010.



© Gettyimages/Uli Kunz/National Geographic

Peau noire et poils blancs.

L'ours polaire est un animal leucique : les cellules pigmentaires – les mélanocytes – colonisent sa peau, mais pas les follicules pileux, tandis que chez un animal albinos, les mélanocytes colonisent bien les poils, mais ne produisent pas leur pigment, la mélanine.

Capable de jeûner plusieurs jours, puis d'ingérer jusqu'à 20 % de son poids en viande et graisse.

est très récente : elle s'est produite il y a environ 20 000 générations. D'ailleurs, entre les deux espèces, le flux de gènes n'a jamais été interrompu.

Deux événements ont pu favoriser cette spéciation. D'une part, la date de divergence correspond à une période chaude – le plus long interglaciaire (50 000 ans) de ce dernier demi-million d'années. D'autre part, grâce à de récents algorithmes, les chercheurs ont estimé la taille des populations d'ours avant et après la divergence. Ils ont constaté qu'avant la divergence, la population d'ours bruns s'est effondrée. Une

hypothèse est que, profitant du recul de la banquise, une population ancestrale d'ours bruns aurait colonisé des régions septentrionales, auparavant inhabitables. La raréfaction des animaux aurait alors favorisé l'isolement de petites populations au fur et à mesure que la banquise s'étendait à nouveau durant le refroidissement climatique.

UN TISSU ADIPEUX... NORMAL

Comme chez beaucoup d'animaux polaires, l'isolation thermique est réalisée par une couche sous-cutanée de graisse. Mais, si le tissu adipeux des cétacés et des phoques – le « blanc » –, riche en collagène et très vascularisé, constitue un isolant d'une grande efficacité, celui des ours polaires n'a rien de particulier : sa fonction est avant tout de stocker de l'énergie, comme chez l'ours brun et les autres mammifères non polaires. La spéciation de l'ours polaire serait-elle trop récente pour qu'une nouveauté anatomique de cette importance ait pu être sélectionnée ?

Néanmoins, les ours polaires se nourrissent surtout du blanc des phoques, qu'ils assimilent à plus de 80 %. Comment survivent-ils à un régime alimentaire si gras ? C'est là qu'interviennent deux adaptations clés. Leur charge lipidique sanguine semble hors du commun : entre 3 et 4 grammes de cholestérol par litre et entre 2 et 3 grammes de triglycérides par litre, ce qui serait fatal à la plupart des mammifères. Parallèlement, l'ours polaire passe par plusieurs états physiologiques : l'hibernation, le jeûne, l'appétit et l'hyperphagie (l'ingestion de très grandes quantités de nourriture).

Le jeûne est essentiel : l'animal reste actif, mais sans sensation de faim, ce qui ➤

> lui permet de nager si loin d'une traite. Puis il devient hyperphagique, restaurant ainsi ses réserves en un minimum de temps. Cette alternance se produit à plusieurs reprises, le jeûne s'installant après dix jours de diète. L'animal peut donc nager longtemps en attendant la formation de la banquise, puis y faire ses réserves quand les phoques sont abondants et faciles à chasser.

Lors de l'étude de 2014, le séquençage de plusieurs génomes d'ours polaires a permis de mieux comprendre les processus évolutifs. Les biologistes ont recherché les gènes dits « sous sélection positive forte », c'est-à-dire qui présentent des mutations amenant un avantage sélectif. Ils ont ensuite déterminé leurs fonctions, puis les ont comparés avec les gènes homologues d'autres mammifères : l'ours brun, le panda, mais aussi, bien sûr, l'homme.

Neuf des vingt gènes les plus fortement sélectionnés sont associés aux fonctions cardiovasculaires. Parmi eux, le gène *TTN* code une protéine, la titine, responsable de la stabilité mécanique et de l'élasticité de l'unité musculaire de base, le sarcomère. On ne sait pas quel avantage précis les mutations sur ce gène ont apporté à l'ours, mais chez l'homme, des mutations sont associées à des cardiomyopathies dilatées : les ventricules, dilatés, n'assurent plus efficacement leur rôle de pompe, entraînant une insuffisance cardiaque.

De même, deux gènes jouent sur la couleur de la fourrure. En particulier, le gène *LYST* est impliqué dans le trafic des pigments dans le cytoplasme des mélanocytes – les cellules qui pigmentent la peau, les poils et l'iris des yeux. Chez l'homme, les mutations spécifiques à l'ours polaire sont associées à une maladie causant la dépigmentation des poils et des yeux, la maladie de Chediak-Higashi.

UN GÈNE «ANTIMALBOUFFE»?

Sans surprise, de nombreux gènes sont associés au développement du tissu adipeux et au métabolisme des graisses. Le gène phare est l'*APOB*, qui code l'apolipoprotéine-B, un constituant de la lipoprotéine LDL, transporteur de triglycérides et de cholestérol dans le sang surnommé « mauvais » cholestérol à cause du risque associé de maladie cardiovasculaire. Or, quand on compare la séquence du gène de l'ours polaire avec celle du grizzly, on remarque que cinq des neuf mutations surviennent dans une région du gène impliquée dans le transport des lipides.

L'ARCTIQUE DE L'OURS POLAIRE

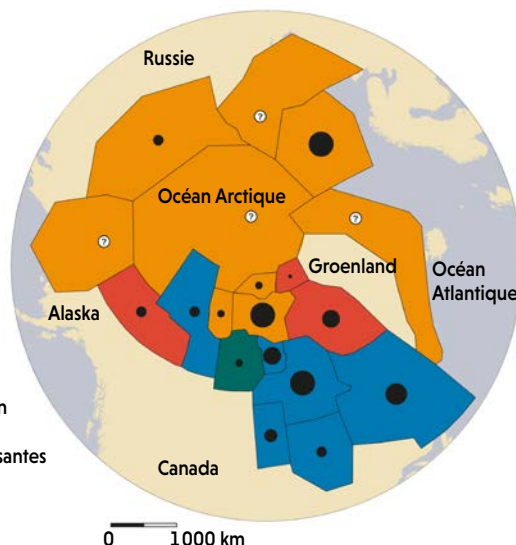
Embématique de l'Arctique, l'ours polaire est le mammifère qui souffre le plus du réchauffement climatique. En 2017 en effet, l'étendue maximale annuelle (atteinte en mars) de son territoire de chasse, la banquise, est la plus faible enregistrée ces 38 dernières années.

Taille des populations
(en nombre d'ours)

- inférieur à 200
- 200-500
- 500-1000
- 1000-1500
- 1500-2000
- 2000-2500
- 2500-3000
- ? inconnu

Tendances

- Stable
- En augmentation
- En déclin
- Données insuffisantes



Les physiologistes postulent que ces mutations favorisent l'évacuation rapide du cholestérol du sang, comme si l'ours polaire portait un gène « antimalbouffe » lui permettant de survivre à ce régime alimentaire.

A-t-on pour autant expliqué les principales adaptations de l'ours polaire ? Le raisonnement simpliste serait : les gènes sont les seuls responsables. Or, on peut maintenant réaliser une expérience de pensée : comme on connaît les mutations originales spécifiques à l'ours polaire et les fonctions des principaux gènes sous sélection positive, on peut prédire, avec une assez bonne confiance, l'impact fonctionnel qui résulterait si on remplaçait les gènes humains par ces gènes d'ours polaire. Le résultat est fascinant. Dans plus de la moitié des cas, il s'ensuivrait des dommages sévères, avec athérosclérose et cardiomyopathie !

Ainsi, le fonctionnement des gènes dépend de leur « environnement » – c'est-à-dire des autres gènes du génome et des caractéristiques physiologiques générales de l'animal. Ce qui est normal d'un côté devient pathologique de l'autre. Les sectateurs du posthumanisme, qui veulent jouer avec le génome humain, devraient y réfléchir à deux fois ! ■

BIBLIOGRAPHIE

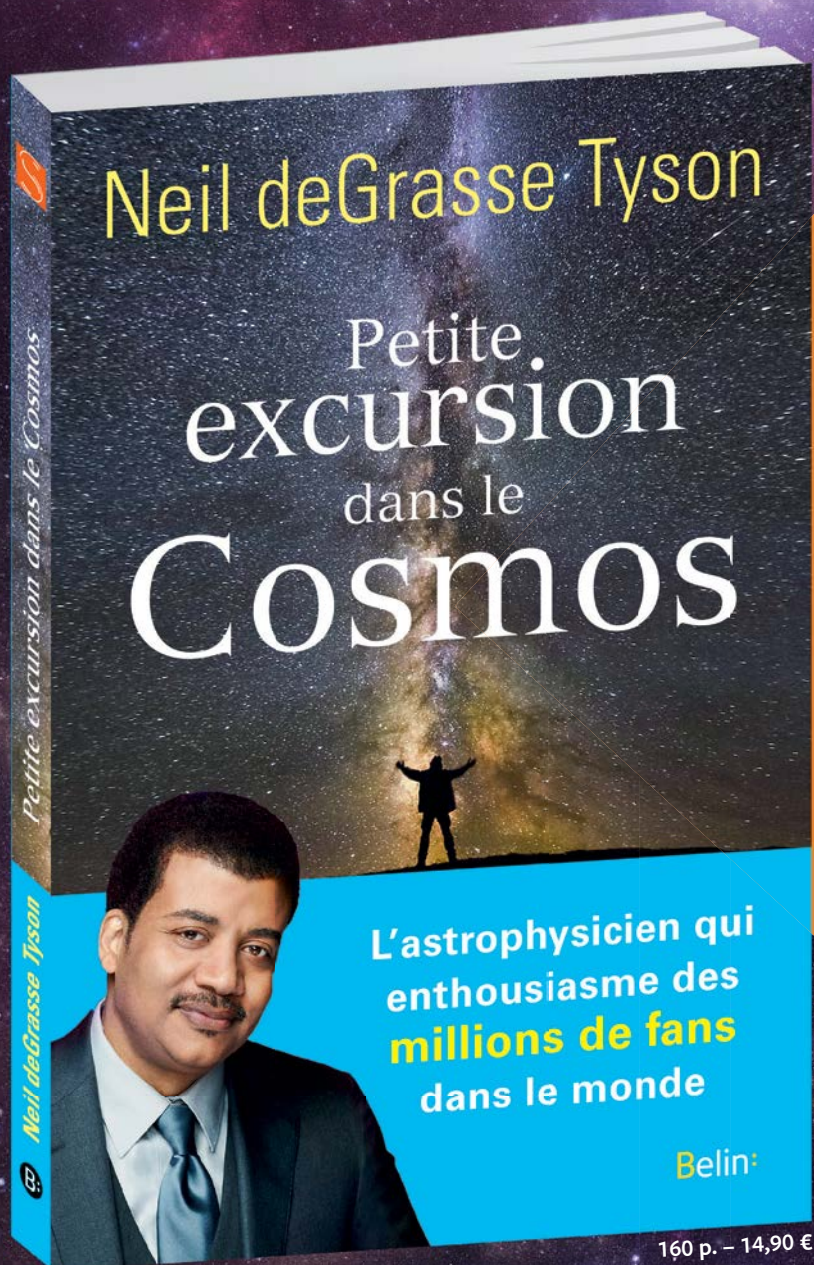
S. Liu et al., **Population genomics reveal recent speciation and rapid evolutionary adaptation in polar bears**, *Cell*, vol. 157, pp. 785-794, 2014.

J. A. Cahill et al., **Genomic evidence for island population conversion resolves conflicting theories of polar bear evolution**, *Plos Genet.*, 2013.

W. Miller et al., **Polar and brown bear genomes reveal ancient admixture and demographic footprints of past climate change**, *PNAS*, 2012.

A. M. Pagano et al., **Long-distance swimming by polar bears (*Ursus maritimus*) of the southern Beaufort Sea during years of extensive open water**, *Can. J. Zool.*, vol. 90, pp. 663-676, 2012.

Explorez les mystères de l'univers avec la star de l'astrophysique !



Quelle est l'histoire de l'univers?
Quelles sont les lois physiques
et les forces qui gouvernent
la matière? Qu'y a-t-il entre les
galaxies? Et entre les planètes?
Que sait-on sur la mystérieuse
matière noire et l'étrange énergie
sombre? Et d'où viennent les
éléments qui nous constituent tous?

Avec la verve, l'humour et l'esprit
qui le caractérisent, Neil deGrasse
Tyson, en digne héritier de Carl
Sagan, rend accessible à tous
les principes les plus compliqués
de l'astrophysique. Une invitation
irrésistible à lever la tête pour
admirer l'immensité de l'univers.

Dans la collection

SCIENCE
À PLUMES

Belin:
ÉDITEUR

belin-editeur.com • [f](https://www.facebook.com/EditionsBelin)/EditionsBelin • [@editions_belin](https://twitter.com/editions_belin)