



les autorités sanitaires françaises et internationales est précisément celui qu'assure le régime méditerranéen. En revanche, dans l'alimentation de la population française, la valeur moyenne de ce rapport est le plus souvent supérieure à 15, car le maïs, le soja et le tournesol de l'alimentation animale contiennent beaucoup d'acide linoléique.

Afin d'augmenter la proportion d'acides oméga-3 dans l'alimentation animale, les agronomes de l'INRA ont convaincu plusieurs éleveurs bretons de nourrir leurs animaux avec un supplément de cinq pour cent de graines de lin. Pierre Weill, de la société *Valorex* à Combourtille, a mis au point un procédé d'extrusion des graines de lin qui en facilite la digestion. Après quelques mois, les agronomes ont établi que la viande, le lait et les œufs produits contenaient plus d'acides gras insaturés oméga-3 que des produits témoins. Ainsi, le rapport des acides oméga-6 sur les acides oméga-3 est abaissé de 54 pour cent dans le beur-

re, de 60 pour cent dans les viandes et de 86 pour cent dans les œufs.

Les nutritionnistes ont ensuite recruté 75 familles qu'ils ont réparties en deux groupes : un «groupe témoin» et un «groupe d'essai». Pendant les trois mois de l'expérience, chacun des deux groupes a reçu une alimentation strictement identique, sauf que l'un d'entre eux recevait sans le savoir les protéines issues de la «filère lin». Des dosages des concentrations en acides gras ont été régulièrement effectués : les concentrations en acides gras oméga-3 doublent en 15 jours dans le sérum des volontaires nourris par les produits de la «filère lin».

La concentration en acide alpha linoléique augmente de 110 pour cent ; dans les membranes des hématies, la concentration en acides gras oméga-3 augmente de 10 pour cent tandis que les acides gras oméga-6 diminuent d'autant. Or, la concentration en acides gras dans les membranes des globules rouges reflète celle des membranes de toutes les cellules. La valeur du rapport entre les apports d'acides oméga-6 et les apports d'acides oméga-3 des personnes qui bénéficient d'une alimentation enrichie en lin, donc en acide gras alpha linoléique, a baissé pendant l'étude de 14,7 à 10,4. Elle se rapproche de la valeur conférée par le régime méditerranéen. Il reste à vérifier que les personnes nourries avec les protéines de la «filère lin» auront moins de maladies cardio-vasculaires!

L'odorat des fœtus

Dans l'utérus, le fœtus apprend à reconnaître les odeurs, notamment celle des aliments que consomme sa mère.

Les preuves d'une communication entre la mère et l'enfant qu'elle porte se multiplient. Les échanges s'établissent très tôt au cours de la grossesse : Benoist Schaal, Luc Marlier et Robert Soussignan du CNRS, au Centre des sciences et du goût, à Dijon, ont montré que la communication olfactive est déjà établie avant la naissance.

On sait que, chez divers animaux, tels le rat, le lapin et le mouton, l'introduction de substances odorantes dans le liquide amniotique de la mère par infusion directe ou par ingestion, influe sur la perception de ce stimulus par l'animal nouveau-né. Ces expériences sur des mammifères non primates ont montré que les stimulations chiomi-

sensorielles font partie de l'expérience spontanée des fœtus. Comment montrer que cet «apprentissage olfactif prénatal» existe aussi chez l'homme?

B. Schaal et ses collègues ont mis à profit l'odeur prononcée et caractéristique de l'anis. À la clinique Sainte-Anne, à Strasbourg, ils ont comparé les réactions



Quand on fait respirer à un nouveau-né de quelques heures une odeur d'anis, il fait une moue de dégoût (il fronce le nez), sauf si sa mère a mangé des bonbons à l'anis avant l'accouchement.

de nouveau-nés dont la mère avait consommé, au cours des deux dernières semaines de grossesse, des sucreries et du sirop à l'anis, et celles de nouveau-nés dont la mère n'en avait pas consommé. Une douzaine de femmes enceintes ont participé à l'essai «anis» et une douzaine à l'essai «sans anis». La consommation d'anis a été interrompue juste avant l'accouchement.

Après la naissance, on a testé les réactions des nouveau-nés à l'anéthole, qui confère son odeur à l'anis. L'anéthole a été dilué dans de l'huile de paraffine, de sorte que sa concentration était ajustée à celle du liquide amniotique. Deux types de tests ont eu lieu quelques heures après la naissance et le quatrième jour. Dans le premier test, les enfants étaient filmés pendant qu'on les exposait successivement pendant 10 secondes à un coton imbibé d'anéthole, puis à un coton imbibé d'huile de paraffine. À partir des films, on a décelé des mimiques «négatives» (abaissement des sourcils, plissement du nez, abaissement de la commissure des lèvres, détournement de la tête) et «positives» (succions, léchages). Alors qu'ils étaient âgés en moyenne de trois heures, les bébés des femmes non consommatrices d'anis ont manifesté plus de mimiques de dégoût que les autres, lesquels ont présenté plus de réactions positives à l'anis. Lorsque l'expérience est reproduite au quatrième jour, les différences de réactions disparaissent. Ainsi, la relation entre un odeur prénatale et une réaction faciale est très labile, sans doute parce que la familiarisation avec les odeurs environnantes est rapide.

Le second test a consisté à exposer les enfants simultanément à l'odeur d'anis et à l'odeur témoin de l'huile de paraffine et à les laisser choisir. Que ce test ait été réalisé quelques heures ou quatre jours après la naissance, les enfants nés de mère «anisée» ont orienté leur nez nettement plus longtemps vers l'odeur d'anis. En revanche, les autres n'ont manifesté aucune orientation préférentielle. Cette étude confirme que l'appétence pour une odeur peut être influencée, chez le nouveau-né, par une exposition prénatale. On en déduit que le nouveau-né peut enregistrer les informations olfactives que lui transmet sa mère à travers ses aliments, et que cette mémoire reste accessible au moins pendant quatre jours. On ignore encore si l'expérience olfactive fœtale influe sur les préférences olfactives et alimentaires à long terme. Si de tels effets existent pour les arômes alimentaires, pourquoi n'en irait-il pas de même pour les substances odorantes associées à la consommation d'alcool ou de tabac?

Le grand vert

Les mammifères marins sont les moins bien lotis en matière de vision des couleurs : leur rétine n'a que des cônes sensibles au vert.

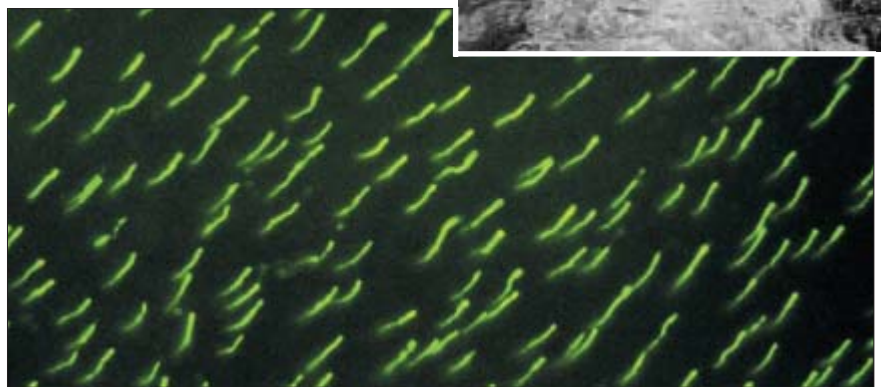
Tous les mammifères voient-ils le même arc-en-ciel? Non, loin s'en faut, car, selon les espèces, les rétines diffèrent, notamment par les types de cellules sensibles aux couleurs qu'elles contiennent : ce sont les cellules en cônes pourvues de pigments qui détectent des gammes spécifiques de longueurs d'ondes. La rétine des êtres humains et des primates est dotée de trois types de cônes qui captent respectivement la lumière bleue, rouge et verte. La plupart des autres espèces de mammifères n'ont que deux types de cônes : le plus souvent ceux sensibles au bleu et au vert, et, plus rarement, ceux qui détectent le rouge et le bleu. En étudiant 14 espèces de dauphins, d'otaries et de phoques, Léo Peichl, de l'Institut Max Planck, à Francfort, Günther Berhmann, de l'Institut Alfred Wegener, à Brème et Ronald Kröger, de l'Université de Lund en Suède, ont montré que la rétine des mammifères marins n'a qu'un seul type de cônes, ceux qui perçoivent le vert.

Outre les cônes, la rétine contient des cellules en bâtonnets sensibles à l'intensité lumineuse. Toutefois, la distinction des couleurs résulte non pas des longueurs d'ondes perçues, mais de la comparaison par le cerveau des informations émises par des objets proches perçus différemment : au moins deux types de cônes sont donc nécessaires. Grâce à des anticorps dirigés contre les pigments des cellules rétinienne, marqués

par des molécules fluorescentes, les zoologistes ont ainsi mis en évidence que les mammifères marins, dont la rétine n'a que des cônes qui détectent le vert, ne voient qu'en noir et blanc.

Le monde du silence est un monde quasi monochromatique et la vision des couleurs n'y apporte sans doute que peu, ou pas, d'avantage. Cependant, la détection du contraste et de la brillance dans des couleurs éloignées du spectre de sensibilité des cônes (le vert) est faible, et l'océan est bleu! La rétine des poissons qui vivent dans des conditions similaires ne contient que des cônes sensibles au bleu.

Ce paradoxe est renforcé par l'évolution convergente des ancêtres des différents types de mammifères marins. L'ancêtre des baleines à dents, tels les dauphins, est un artiodactyle (un ongulé à nombre pair de doigts) voisin de l'hippopotame, tandis que les pinnipèdes, tels les otaries ou les phoques, dérivent d'un ancêtre commun au loup, au furet et à la loutre. Or, la rétine de ces mammifères terrestres est dotée de cônes sensibles au bleu et au vert. Ainsi, lors du retour à la mer, les ancêtres des deux lignées marines ont toutes deux perdu les cônes sensibles au bleu. Quel peut-être l'avantage évolutif d'une telle perte?



Les dauphins, ainsi que les autres mammifères marins, ne voient qu'en noir et blanc. L'absence de vision des couleurs est due à la perte des cônes sensibles au bleu. Ainsi, la rétine de ces animaux n'a qu'un seul type de cônes. On les identifie grâce à des anticorps fluorescents. Les cônes sont fluorescents (en vert ci-dessus) et les espaces entre les cônes (en noir) sont occupés par les cellules en bâtonnets, qui détectent l'intensité lumineuse.

Léo Peichl

Selon les zoologistes, avant de rejoindre la pleine mer, les premiers mammifères marins vivaient près des côtes où les débris organiques et la flore rendent les longueurs d'ondes bleues rares. Aussi, la perte des cônes sensibles au bleu était-elle peut-être un

avantage sur le littoral côtier. De plus, la perte de la vision des couleurs a sans doute laissé de la place au traitement d'autres informations dans le cerveau des mammifères qui ont développé d'autres sens : par exemple, les dauphins repèrent leurs proies par

écholocalisation, tandis que les pinnipèdes ont des vibrisses sensibles aux turbulences de l'eau. L'absence de vision des couleurs a peut-être été le prix que les mammifères marins ont eu à payer pour accéder aux richesses alimentaires du grand océan.

La Terre, planète blanche

Un modèle climatique couplant l'océan et l'atmosphère rend compte de l'installation de la dernière glaciation.

Il y a quelque 20 000 ans, des hommes ornaient de peintures rupestres la grotte Cosquer près de Marseille à 40 mètres sous le niveau actuel de la mer, les glaciers alpins s'étendaient jusqu'à Lyon, et la Norvège était enfouie sous 2 000 mètres de glace. Ce fut le paroxysme d'une période de grand froid, tel que la Terre en connaît périodiquement. Lors de ces périodes de glaciation, les glaces des pôles envahissent les moyennes latitudes. Dans l'histoire climatique de la Terre au cours du Quaternaire, les glaciations ont plutôt été la règle que l'exception : un climat chaud, tel celui qui règne aujourd'hui, ne se retrouve que tous les 100 000 ans environ ; on parle alors de période interglaciaire. Comment la transition s'effectue-t-elle d'une période interglaciaire vers une glaciation ? La variation d'ensoleillement est la cause initiale des glaciations. Le

rôle de l'atmosphère dans le transfert de la chaleur est bien établi, mais on a récemment émis l'hypothèse que les océans jouent un rôle primordial dans l'installation des glaciations. Myriam Khodri et ses collègues du Laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement (LSCE) ont utilisé un modèle numérique qui couple la circulation atmosphérique à celle des océans : il confirme cette hypothèse.

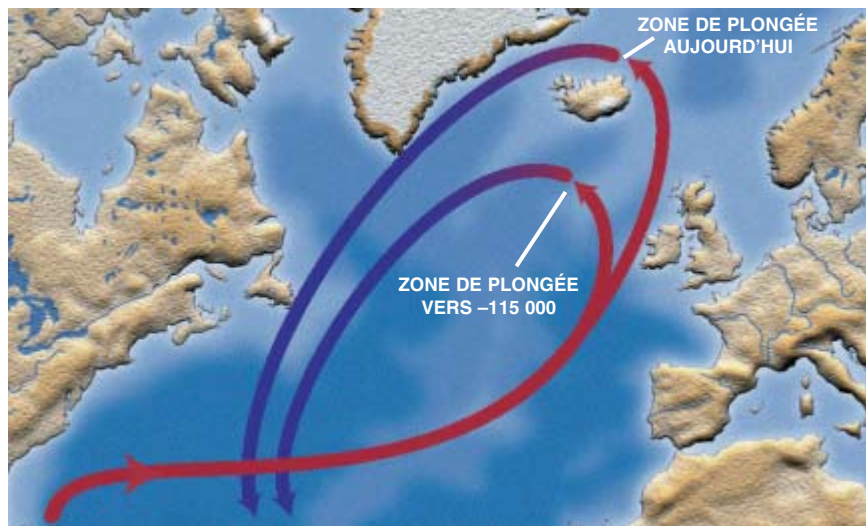
Le modèle a simulé sur une période de 100 ans le climat d'il y a 115 000 ans. Cette courte période est suffisante pour que l'on observe une modification notable du climat. Vers -115 000 ans, le climat était à peu de chose près semblable à celui d'aujourd'hui. Cependant, la distance Terre-Soleil en juin était plus grande et l'axe de rotation de la planète, moins incliné. Les saisons, qui dépendent de l'angle que font les rayons du Soleil avec l'axe de la Terre et de la distance au Soleil, sont devenues de moins en moins contrastées : il faisait moins froid en hiver et moins chaud en été, et à l'équateur où la température est quasi constante toute l'année, il faisait plus chaud. Les variations des températures à la surface des océans suivaient celles de l'atmosphère, avec une amplitude atténuée et un décalage de quelques mois. L'excès de chaleur à l'équateur

provoquait l'évaporation d'une importante quantité d'eau qui retombait en pluies aux latitudes supérieures. L'apport de cette eau douce dans l'hémisphère Nord a commencé à bouleverser la circulation océanique.

Les eaux circulent en décrivant une boucle à travers l'Atlantique, l'océan Indien et l'océan Pacifique, à une profondeur qui dépend de leur température et de leur salinité. Quand le Gulf Stream, la partie de cette boucle qui traverse l'Atlantique d'Ouest en Est et qui est constituée d'eaux chaudes, rencontre dans le Nord de l'Atlantique des eaux plus froides et moins salines, il s'enfonce très profondément dans l'océan. L'endroit où se situe cette zone de plongée confère à l'Europe son climat tempéré. Sans le Gulf Stream, le continent serait balayé par les vents glacés venant du Nord.

Vers -115 000 ans, cette zone était à la même position qu'aujourd'hui, c'est-à-dire dans la mer de Norvège. À cette latitude, les fortes précipitations et l'eau apportée par les fleuves ont diminué la salinité dans les couches de surface de cette mer et ont repoussé la zone de plongée vers le Sud. Au terme des 100 ans d'évolution qui ont été simulés par M. Khodri et ses collègues, cette zone était située au Sud de l'Islande. Le Gulf Stream ne remplissait plus alors son rôle de « radiateur » de l'Europe : 15 centimètres de neige persistaient même en été sur le Nord du continent eurasiatique. La neige, en augmentant l'albédo (la fraction d'énergie solaire réfléchie), a ensuite accéléré le refroidissement. De précédentes simulations avaient montré qu'une fois la glaciation amorcée, la végétation se modifie à son tour et accélère également le mécanisme : les forêts sont remplacées notamment par des steppes qui facilitent l'accumulation de la neige.

Le modèle a révélé que 100 ans suffisent pour qu'une période de glaciation s'installe. L'étude de la dernière période glaciaire, jusqu'à son maximum il y a environ 20 000 ans, exigera un modèle où l'on simulera des périodes plus longues. D'ores et déjà, le rôle primordial de la localisation de la zone de plongée du Gulf Stream dans la naissance de la dernière glaciation est avéré.



Circulation océanique dans l'océan Atlantique Nord : le Gulf Stream traverse l'océan d'Ouest en Est, puis, au large de l'Europe, remonte vers les hautes latitudes. Lorsqu'il rencontre des eaux froides et salées, il s'enfonce en profondeur. Aujourd'hui, cette zone de plongée se situe dans la mer de Norvège. Il y a 115 000 ans, elle était plus au Sud, sous l'Islande. Le Gulf Stream ne protégeait plus l'Europe des vents glacés venant du Nord, et il laissa s'installer la glaciation.