

➤ L'intensité du champ magnétique terrestre est comprise entre 25 et 65 millièmes de teslas, selon l'endroit où on le mesure. D'après les modèles des géophysiciens, ce champ géomagnétique serait engendré par des courants de convection du fer et du nickel liquides présents dans le noyau externe de la Terre, à une profondeur comprise entre 3400 et 1220 kilomètres et où la température varie de 5700 °C à 3500 °C environ.

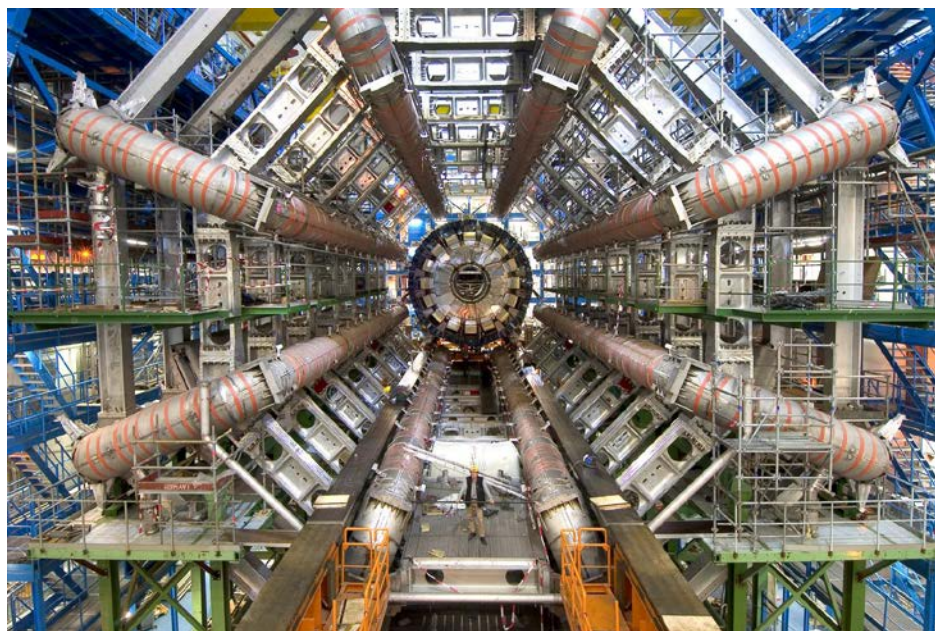
Schématiquement, on peut alors comparer la Terre à une sorte d'aimant géant dont l'axe des pôles magnétiques est incliné d'environ 11 degrés par rapport à son axe de rotation. Les lignes de champ de cet aimant tellurique géant émanent du pôle magnétique nord (actuellement situé non loin du pôle Sud géographique) et reviennent au pôle magnétique sud en dessinant ce que les spécialistes nomment la magnétosphère, dont la planète est enveloppée. Côté Soleil, cette magnétosphère est plus aplatie que du côté opposé où elle adopte une forme évoquant une queue de comète. La déformation de la magnétosphère du côté Soleil résulte de la pression exercée par le vent solaire. Ce flux de particules très rapides (200 à 1000 kilomètres par seconde) émises par l'étoile est une réelle menace pour les organismes vivants à la surface de la Terre, et la magnétosphère nous en protège, avec l'atmosphère.

LA COLÈRE DU SOLEIL

Plus dangereuses que le vent solaire, les « tempêtes solaires » sont des éruptions de matière solaire particulièrement intenses qui, malgré la magnétosphère, menacent les astronautes mais aussi les pilotes de ligne qui passent de nombreuses heures en haute altitude. Ces éruptions solaires peuvent aussi gravement perturber les appareils électroniques aussi bien en orbite (satellite, station spatiale) qu'en vol (avion, drone) ou même au sol (une panne massive du réseau électrique au Canada en 1989 a été provoquée par une telle tempête).

Si Magnéto inversait le champ magnétique terrestre, il annulerait les effets de la magnétosphère pendant un certain temps. Cela provoquerait une érosion partielle de l'atmosphère par le vent solaire. Des particules de haute énergie, mutagènes voire létales, pourraient atteindre la surface. Le supervillain serait alors à la fois maître du monde et seul au monde...

En fait, l'inversion du champ magnétique terrestre s'est déjà produite près de 300 fois durant ces 200 millions d'années passées ! Ces inversions naturelles du champ géomagnétique ne sont pas périodiques et seraient dues à des irrégularités de convection ou à des instabilités dynamiques du noyau terrestre (voir les figures de la page 88). Elles ont pour effet de perturber



la magnétosphère. Ces inversions pourraient donc avoir un effet sur l'évolution de la biodiversité, soumise au bombardement de particules de haute énergie, au cours des temps géologiques. Mais elles ne semblent pas corrélées avec les extinctions massives d'espèces qu'a connues la Terre.

La magnétosphère qui protège la vie sur Terre n'est pas propre à notre planète : Jupiter, par exemple, présente aussi une magnétosphère – qui est d'ailleurs considérablement plus importante que celle de la Terre – alors que d'autres corps célestes n'en ont pas ou plus, telle la planète Mars. En exobiologie, la présence d'un bouclier magnétosphérique est parfois considérée comme nécessaire, voire obligatoire, pour faciliter l'apparition de formes de vie à la surface d'une planète. C'est cependant oublier qu'une croûte de glace épaisse comme celle d'Europe ou d'Encelade – des lunes glacées de Jupiter et de Saturne – peut aussi faire office de bouclier. Si une vie existe sur ces petits corps, elle est protégée du vent solaire et du rayonnement cosmique par une épaisse couche de glace, et non par une magnétosphère (et une atmosphère).

Notons pour finir que le champ magnétique terrestre a un autre intérêt pour de nombreuses espèces, qui s'y fient pour se déplacer, s'orienter ou encore se reproduire. C'est le cas des oiseaux migrateurs, des baleines, des abeilles, mais aussi de bactéries dites magnétotactiques, qui suivent les lignes de champ magnétique pour se mouvoir. Ces bactéries sécrètent des magnétosomes, organites contenant des nanocristaux ferromagnétiques (greigite, Fe_3S_4 , et magnétite, Fe_3O_4). Comme Magnéto, le champ magnétique a plus d'un tour dans son sac. ■

Le détecteur *Atlas* du LHC, au Cern, comprend deux systèmes qui produisent des champs magnétiques. Sur ce cliché pris pendant la construction du dispositif, on distingue les huit éléments du champ magnétique toroidal externe. Il s'agit d'électroaimants supraconducteurs qui créent un champ non uniforme d'intensité comprise entre 2 et 8 teslas, dans un volume de 26 mètres de long pour 20 mètres de diamètre.

BIBLIOGRAPHIE

M. V. Berry et A. K. Geim, *Of flying frogs and levitrons*, *European Journal of Physics*, vol. 18, pp. 307-313, 1997.

R. E. Plotnick, *Relationship between biological extinctions and geomagnetic reversals*, *Geology*, vol. 8(12), pp. 578-581, 1980.

J.-S. Steyer et R. Lehoucq, *Les X-men, des mutants prometteurs*, *Pour la Science*, n° 440, juin 2014.

Tous les papiers se recyclent,
alors trions-les tous.

**C'est aussi
simple à faire
qu'à lire.**

La presse écrite s'engage pour le recyclage
des papiers avec Ecofolio.



L'AUTEUR



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

L'HOMME S'EST-IL AUTODOMESTIQUÉ ?



L'homme a été domestiqué, a récemment confirmé une étude de génomique. Par qui, c'est toute la question...

L'archéologue Jean Guilaine définit le Néolithique comme une seconde naissance de l'homme. Il y a 10 000 ans en effet a débuté une croissance exponentielle de la population. Les innovations techniques et la sédentarisation, contemporaine de l'agriculture naissante, ont entraîné l'apparition d'un nouvel espace, la maison: «En prenant la décision de se fixer, l'homme a créé l'engrenage de sa propre domestication. [...] Cette socialisation de l'individu, secondairement complétée par la domestication des plantes et des animaux, a finalement fait de lui un être totalement dépendant de ses propres choix culturels», écrit-il en 2011 dans son livre *Cain, Abel, Ötzi, l'héritage néolithique*.

L'homme se serait-il domestiqué lui-même? L'idée n'est pas nouvelle, et l'archéologue rejoint ici les zoologistes. Déjà Darwin, en 1871, dans *La Filiation de l'homme*, montrait que la socialisation, avec ses paradoxes biologiques particuliers – soins aux blessés, vieillards... –, change la

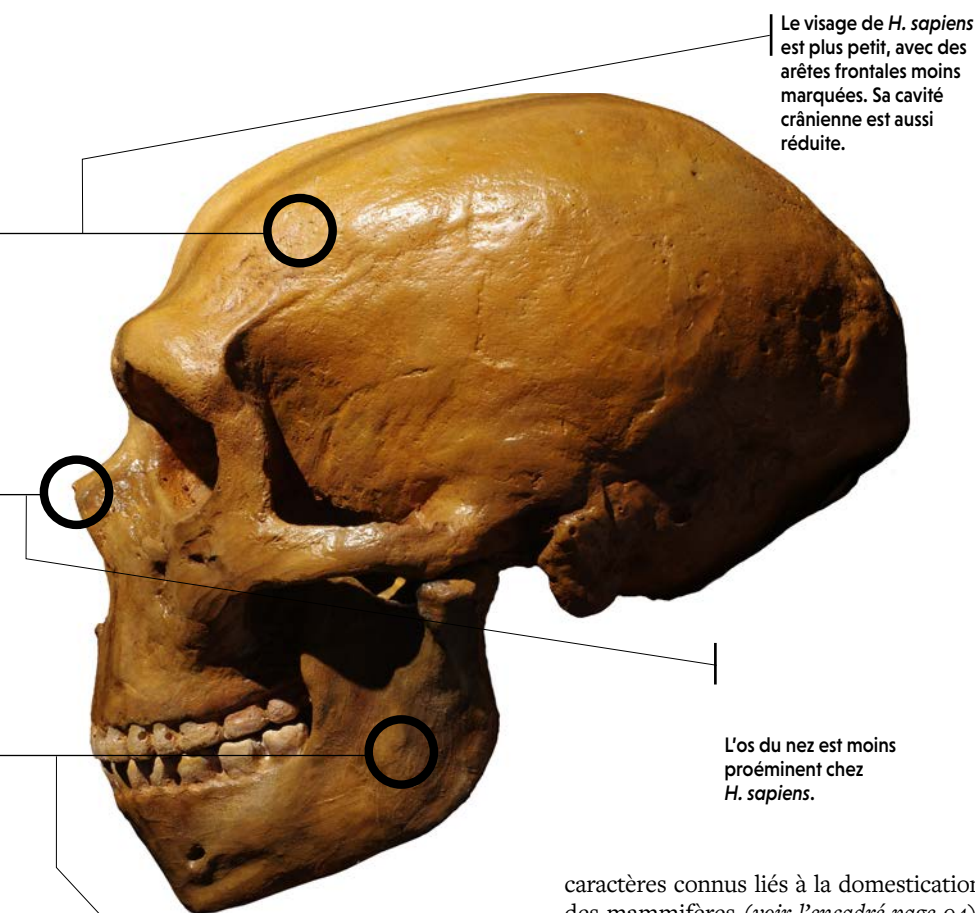
nature des processus évolutifs. Habituellement, la sélection naturelle agit à l'échelle des organismes; or, chez l'humain, la vie sociale, qui a été sélectionnée, s'oppose à la sélection naturelle au plan individuel par l'assistance aux plus faibles.

Si, jusqu'à la fin du xx^e siècle, il n'existait cependant aucune preuve de cette autodomestication, les choses ont changé. En une vingtaine d'années, les connaissances sur ce phénomène, issues de différentes disciplines, se sont accumulées et, récemment, une explication novatrice a pu être proposée. En effet, l'étude de la domestication a conduit à répertorier les traits héréditaires présents chez les organismes domestiqués et absents chez leurs apparentés sauvages, rassemblés sous le nom de syndrome de domestication. Et l'étude précise des mammifères suggère fortement que l'homme a connu un tel syndrome, comparable à celui du chien.

En 2003, notamment, Helen Leach, anthropologue à l'université d'Otago, en Nouvelle-Zélande, a dressé la liste des



Homo sapiens
Les plus anciens fossiles connus
remontent à 300 000 ans.



Le visage de *H. sapiens* est plus petit, avec des arêtes frontales moins marquées. Sa cavité crânienne est aussi réduite.

L'os du nez est moins proéminent chez *H. sapiens*.

La mâchoire de *H. sapiens* est plus petite que celle de l'homme de Néandertal.



Homo neanderthalensis
A vécu en Europe, au Moyen-Orient et en Asie il y a entre 450 000 et 35 000 ans.

© Shutterstock.com

EN CHIFFRES

400

millions d'humains peuplaient la Terre durant le haut Moyen Âge. Il y a 40 000 ans, ils n'étaient que 800 000.

49 %

des renards argentés de Dmitri Belyaev avaient un comportement plus docile avec les humains en 1990, à la 30^e génération. En 1965, à la 6^e génération, ils étaient 1,8 % et en 2002, à la 42^e génération, 71,2 %.

caractères connus liés à la domestication des mammifères (voir l'encadré page 94). Elle soulignait ensuite que, durant le Pléistocène supérieur (126 000 ans à 12 000 ans avant notre ère), le squelette de certains groupes d'hommes modernes avait subi des changements semblables à ceux des animaux domestiques, lesquels avaient continué durant la période géologique suivante (la nôtre), l'Holocène. Ces arguments suggéraient que les hommes modernes avaient été physiquement domestiqués, mais, pour Helen Leach, ils étaient insuffisants, car indirects.

LES RENARDS DE BELYAEV

Des renards ont cependant mis les chercheurs sur la piste d'une preuve plus directe. En 1959, le biologiste russe Dmitri Belyaev avait débuté, à l'Institut de cytologie et de génétique de Novosibirsk, une domestication de renards argentés élevés, au départ, pour leur fourrure. La sélection portait sur un seul critère comportemental, la docilité, c'est-à-dire la possibilité d'établir une relation non agressive avec l'homme. Si, en 1965, à la 6^e génération, 1,8 % des animaux présentaient une familiarité avec l'homme, en 2002, à la 42^e génération, ils étaient 71,2 %.

Quelle ne fut pas la surprise de Belyaev et de Lyudmila Trut, qui poursuivait l'expérimentation, de voir surgir des caractères

phénotypiques classiques des chiens domestiqués ! Pelage aux taches blanches, oreilles tombantes, queue en tire-bouchon... Puis, après des années de sélection, raccourcissement du museau et élargissement du neurocrâne. Or, chez les chiens, les généticiens avaient déjà remarqué que les races de compagnie, comme l'épagneul King Charles, exhibent des faces plates, tandis que les races de berger ou de défense ont encore un long museau identique à celui du loup – comme si la docilité était inversement corrélée à la longueur des mâchoires, phénomène retrouvé chez les bovins et les porcins.

Les deux chercheurs eurent l'idée de suivre parallèlement l'exploration de l'espace chez les jeunes et la concentration sanguine du cortisol, une hormone libérée lors d'un stress physique ou psychologique, afin d'évaluer leur comportement joueur. Chez les mammifères, le jeu des jeunes est en effet décisif dans l'apprentissage des relations sociales. Les animaux sélectionnés pour leur docilité se sont révélés joueurs et non stressés, explorant bien plus longtemps l'espace, avec un taux de cortisol sanguin bien plus bas que chez les animaux sauvages. De plus est apparue une dérégulation de la saison de reproduction, la période de rut passant de moins d'un mois à plusieurs. Ainsi, la sélection portant sur un seul caractère, la docilité, s'était ➤

> répercutée sur nombre de traits morphologiques et physiologiques qui, au premier abord, ne paraissent pas corrélés.

LA CLÉ: LA CRÊTE NEURALE

Un généticien y voit immédiatement de la pléiotropie, c'est-à-dire le fait qu'un gène détermine plusieurs caractères. Mais comment trouver de tels gènes? Trois pistes ont été explorées.

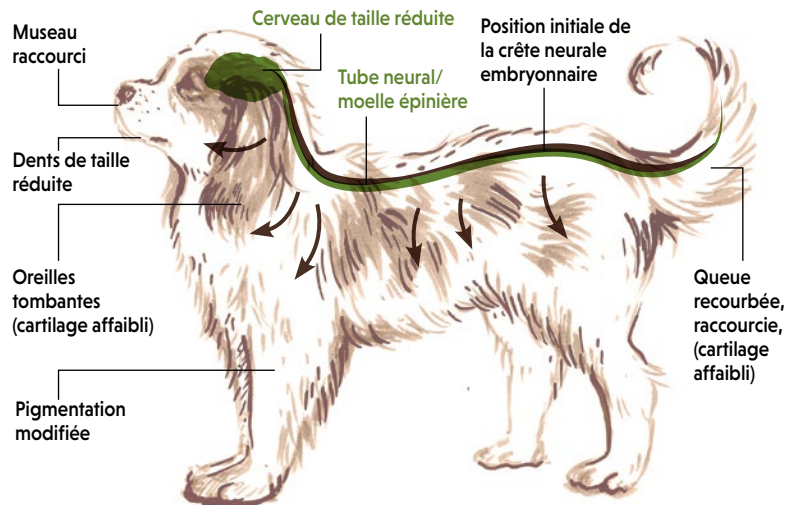
En 2004, Elena Jazin, de l'université d'Uppsala, en Suède, a cherché, dans certaines parties du cerveau du chien, du loup et du coyote des gènes présentant des différences d'expression. Les expressions de deux gènes particuliers, *NPY* et *CALCB*, présentent des différences notables entre le chien et les animaux sauvages. Or ils sont impliqués dans le contrôle de l'appétit, de l'anxiété et de la régulation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien, qui commande la sécrétion du cortisol, ce qui est cohérent avec les données de Belyaev.

Plus récemment, en 2014, Adam Wilkins, théoricien de l'évolution à l'université Humboldt, à Berlin, a réalisé une véritable percée conceptuelle en proposant une explication unitaire embryologique: la plupart des caractères morphologiques et physiologiques partagent un développement dépendant des cellules de la crête neurale. Ces dernières sont des cellules souches multipotentes qui proviennent, dans l'embryon des vertébrés, de la partie dorsale du tube neural, puis qui migrent ventralement, dans le crâne ou dans le tronc, pour constituer, à des endroits précis, des cellules précurseurs de tissus particuliers: crâne (en particulier les mâchoires), cartilage des oreilles, ganglions sympathiques, glandes surrénales, mélanoblastes donnant la pigmentation de la peau, odontoblastes précurseurs des dents, cartilage de la queue. Bref, si on reprend la liste des traits du syndrome de domestication, on comprend qu'un léger déficit de migration de cellules de la crête neurale suffit à les engendrer.

Enfin, en 2017, Cedric Boeckx, de l'université de Barcelone, a généralisé de manière astucieuse une étude de génomique. On avait déjà comparé les génomes entiers de chiens et de loups, afin de repérer les gènes qui, sous sélection chez les premiers mais pas chez les seconds, sont ceux corrélés à la domestication. Cedric Boeckx a étudié de cette manière le cheval, le chat, le porc... et l'homme. Mais, si trouver les pendents sauvages pour les animaux est aisé, comment faire pour l'homme? Il a eu l'idée géniale de prendre les génomes des hommes de Néandertal et de Denisova.

LES TRAITS DE LA DOMESTICATION

Certains affectent le squelette : corps plus petit, squelette moins robuste, capacité crânienne réduite, face raccourcie, dents resserrées, dimorphisme sexuel amoindri. D'autres, invisibles pour l'archéologue, ne touchent que les tissus mous, la biochimie ou le comportement : pelage de couleurs variées, meilleur stockage des graisses et lactation, sexualité précoce et saisons de reproduction plus longues, comportement juvénile à l'âge adulte, activité motrice réduite, information moins bien acquise, agressivité diminuée au sein de l'espèce, surtout chez les mâles, docilité accrue.



Un léger déficit de migration de cellules de la crête neurale suffit à produire les traits du syndrome de domestication.

Il a tout d'abord cherché les gènes sous sélection de domestication, c'est-à-dire qui diffèrent entre *Homo sapiens* et les hommes de Néandertal et de Denisova, puis, parmi eux, ceux communs aux autres animaux. Il en sort 5, dont 3 semblent cruciaux: si *RNPC3* joue un rôle dans le fonctionnement de l'hypophyse, *NR2F1* et *BRAF* régulent des gènes impliqués dans le développement et le fonctionnement des crêtes neurales. Quelle confirmation pour l'hypothèse de Wilkins!

L'homme s'est donc autodomestiqué – sans doute en deux étapes, au Paléolithique et au Néolithique. Certes, la maison a dû être le lieu de l'autodomestication humaine la plus récente. Mais n'y aurait-il pas eu un effet coopératif entre homme, animaux et végétaux? Raisonons d'un point de vue biologique. Imaginons des paysans travaillant dans leurs champs, avant la toute récente mécanisation, par exemple les Asiatiques assujettis à leurs rizières, et demandons-nous qui a domestiqué qui. Un biologiste assurerait que le riz a domestiqué l'homme... Et il en est de même pour les autres grandes cultures vivrières (blé, maïs, pommes de terre, manioc, etc.), dont l'expansion et la productivité ont décuplé, même si fruits, graines ou tubercules sont mangés par l'homme... ■

BIBLIOGRAPHIE

C. Theofanopoulou et al., **Self-domestication in *Homo sapiens*: Insights from comparative genomics**, *Plos One*, vol. 12(10), e0185306, 2017.

B. Hare, **Survival of the friendliest: *Homo sapiens* evolved via selection for prosociality**, *Ann. Rev. Psychol.*, vol. 68, pp. 155-186, 2017.

L. Trut et L. A. Dugatkin, **Comment transformer un renard en chien**, *Pour la Science*, n° 479, pp. 64-71, 2017.

A. Wilkins et al., **The "domestication syndrome" in mammals: a unified explanation based on neural crest cell behavior and genetics**, *Genetics*, vol. 197, pp. 795-808, 2014.

H. M. Leach, **Human domestication reconsidered**, *Current Anthropology*, vol. 44(3), pp. 349-368, 2003.

Delachaux et Niestlé Devenez nature addict

LE GUIDE ORNITHO
- ÉDITION 2009 -
Prêté par Martin G.

18 AVERSES

1 754 HEURES D'OBSERVATION

251 ESPÈCES OBSERVÉES

1 RENCONTRE AVEC UN AIGLE ROYAL

20 NUITS À LA BELLE ÉTOILE

-10°C L'HIVER, +40°C L'ÉTÉ



PHOTO: J.F. CHAVANNE

www.delachauxetniestle.com

Depuis 130 ans, Delachaux et Niestlé s'impose comme l'éditeur nature par excellence. Sa collection de guides tout-terrain fait référence en matière d'identification, tant auprès des experts que des débutants. Les « Guides Delachaux » déclinent ainsi plus de

100 titres consacrés à l'ornithologie, la botanique, l'entomologie, la zoologie, la géologie... Des textes signés par les plus grands spécialistes, accompagnés d'illustrations exceptionnelles de précision pour une identification facilitée lors de vos sorties nature.

DELACHAUX ET NIESTLÉ - Éditeur nature depuis 1885



L'AUTEUR



HERVÉ THIS
physicochimiste,
directeur du Centre
international de
gastronomie moléculaire
AgroParisTech-Inra, à Paris

MERINGUES EN POUPÉES RUSSES

Rien n'empêche d'emboîter des meringues de consistances différentes. Et de faire ainsi des sortes de matriochkas meringuées, croquantes au cœur et tendres à l'extérieur.

Les meringues ont souvent l'extérieur croquant et l'intérieur mou, mais comment faire un cœur dur ? C'est ce que nous allons voir ici.

Les meringues sont de plusieurs types. Il y a tout d'abord les meringues françaises, que l'on obtient en battant des blancs d'œuf en neige, en ajoutant du sucre et en battant encore ; on cuit la préparation à 130 °C pendant une vingtaine de minutes, afin d'assécher la surface et de produire une couche croquante de quelques millimètres d'épaisseur. Puis on finit de cuire à la température d'environ 100 °C, pendant des durées allant de 30 minutes à plusieurs heures, selon que l'on veut des cœurs mous ou un intérieur uniformément croquant.

La meringue italienne s'obtient en battant des blancs en neige, puis en y versant, toujours en fouettant, un sirop de sucre (saccharose) porté à une température d'environ 125 °C.

Citons encore la meringue suisse, que l'on produit en fouettant des blancs d'œuf et du sucre et en chauffant l'ensemble au bain-marie, afin de lui faire atteindre une température d'environ 45 °C ; la préparation est ensuite utilisée sur une autre préparation, et cuite au four à 100 °C.

Enfin, il y a les « cristaux de vent », que j'avais introduit en 1988. On les obtient en battant un blanc d'œuf en neige, puis en alternant l'ajout de sucre et d'un liquide qui a du goût (tel un jus de fruit) pendant que l'on bat. On produit ainsi des litres de mousse, que l'on cuit ensuite comme une meringue française.

Toutefois, par tous ces procédés, on a toujours un intérieur mou ou dur dans une coque dure. Comment obtenir l'inverse ?

Des meringues de type « cristaux de vent » dans un dessert du cuisinier français Pierre Gagnaire.



Très simplement : il suffit de produire une meringue très dure, que l'on plonge dans une préparation pour meringue française, puis de cuire cette dernière en la gardant un peu molle. Lors de la cuisson, un peu d'eau de la meringue externe peut migrer vers la meringue interne, mais on réglera les temps de cuisson pour limiter les transferts... et l'on pourra aussi tremper la meringue interne dans de l'huile avant de la plonger dans la masse.

L'énoncé initial des divers types de meringues ne doit pas faire oublier que si les produits sont fabriqués en vue d'une consommation immédiate, il n'est pas difficile de répondre à la question posée : une meringue dure plongée dans une meringue italienne, par exemple, subsiste croquante suffisamment longtemps pour qu'on fasse la préparation avant le repas. Et il en va de même pour une meringue française bien croquante dans une meringue suisse.

Mais c'est surtout la préparation des cristaux de vent qui doit nous retenir, car si la consistance est une composante importante du goût, elle ne pallie pas la saveur ou l'odeur. Avec les cristaux de vent, on peut ainsi donner du goût aux meringues, et obtenir des cristaux de vent bien durs au centre de cristaux de vent ayant le même goût, ou un goût différent.

D'ailleurs, l'avènement de la « cuisine note à note » donne des possibilités

supplémentaires. Rappelons que cette forme de cuisine n'utilise plus les ingrédients classiques que sont les tissus animaux (viandes, poissons, œufs) ou végétaux (fruits, légumes), mais seulement des composés purs. Or de quoi avons-nous besoin pour faire des meringues ? D'eau, de protéines qui coagulent, de saccharose... et de composés pour la couleur, la saveur et l'odeur. La recette ci-dessous permet facilement de s'entraîner. ■

LA RECETTE



- 1 Préparer la meringue interne : dans 10 grammes (g) d'eau, dissoudre 1 g d'acide tartrique, 2 g de glucose, un peu de colorant rouge, quelques gouttes de préparation odoriférante « amande amère » et 2 g de poudre de blanc d'œuf ; battre en neige, puis ajouter 10 g de sucre de table et fouetter jusqu'à consistance lisse.
- 2 Faire de petites masses grosses comme un œuf de caille, et cuire au four sur du papier sulfurisé à 130 °C pendant 30 minutes, puis pendant 2 heures à 105 °C.
- 3 Plonger une ou plusieurs petites meringues ainsi obtenues dans une masse obtenue par battage de 30 g d'eau, 3 g de protéines ; quand la mousse est bien formée, on ajoute 60 g de sucre, et l'on bat encore, puis on ajoute du colorant jaune, du limonène ou du citral si l'on peut en trouver.
- 4 Cuire pendant 15 minutes à 130 °C, puis pendant une heure à 105 °C.