



# Tranches de vie

JEAN-LOUIS HARTENBERGER

## L'éprouvette ou la ruche?

**P**ar une habile manipulation génétique, les chercheurs de l'INSERM ont réussi à créer des souris mutantes dont la durée de vie est en moyenne un tiers plus longue que la normale, près de 900 jours. On crierait au miracle si l'évolution n'avait fait mieux : c'est le plus naturellement du monde que les rats-taupes d'Afrique du Sud battent largement ce record de longévité : ces petits rongeurs vivent plus de 20 ans. Une équipe américaine étudie pourquoi.

Restons modestes : la longévité chez les mammifères est un problème de taille. Les plus petits ne survivent guère plus d'une ou deux années, l'éléphant, si Nemrod l'ignore, passera aisément le siècle, tout comme *Homo sapiens* dont la survie maximale est de l'ordre de 120 ans. D'où le souhait de trouver les causes de la sénescence, ce processus physiologique de dégradation de nos cellules, et bien sûr d'y remédier. Tel est l'objectif des deux équipes : elles envisagent qu'à terme, les expériences et observations qu'elles réalisent l'une sur les souris, l'autre sur les rats-taupes, pourraient servir à prolonger notre séjour sur terre.

Est-il avantageux pour notre espèce d'accroître la durée de vie d'individus largement au-delà de l'andropause ou de la ménopause? Mais écartons la discussion «sociétale», et imaginons que les deux projets viennent sur la table de la même instance en quête de financement. Quel choix adopter? Quelle stratégie privilégier? L'approche des généticiens qui fait appel à des techniques de laboratoire lourdes, ou celle des zoologistes qui semble plus naturaliste?

Les premiers se targueront de leurs avancées récentes : les cartes du génome humain et celui de la souris ont été dressées, et s'ils ont identifié les gènes du vieillissement de la souris, il leur sera facile de trouver ses homologues chez l'homme. Il n'empêche que cela signifie aussi qu'ils envisagent de transposer un jour ou l'autre des murins aux bipèdes pensant leurs expériences.

Dans l'autre cas de figure, les rats-taupes sont déjà des curiosités, mais pour d'autres raisons. La peau nue et ridée, ils ont l'aspect de saucisses à pattes d'où dépassent deux énormes incisives à la couleur jaunâtre. Au fond de leur terrier, dans les paysages désertiques qu'ils habitent, leurs colonies creusent des galeries kilométriques, avec pour seul but de mettre les dents

sur une racine juteuse et savoureuse. Une matrone règne sur la colonie, et en est l'unique génitrice. Sa vie durant, elle met au monde des centaines de petits, servie par quelques mâles, et alors qu'une ribambelle d'individus asexués s'activent pour creuser, nourrir, prendre soin des jeunes, prévenir de l'arrivée inopportune d'un serpent affamé. Aussi on peut se demander si leur longévité exceptionnelle n'est pas la rançon de cette hygiène de vie monacale et codifiée. On s'interrogera : voulons-nous vivre ainsi?

Pour vaincre les siècles, nous avons le choix : l'éprouvette ou la ruche. Mais avant cela de très longues études, dans le cadre de programmes séculaires.

## L'ennui naît-il de l'université?

**S**'il est un processus où l'originalité est bannie, c'est bien la défense de la thèse de docteur. Alors, que dans son principe...

Avec un bel ensemble, vers le mois de décembre, des centaines de postulants déposent leurs mémoires, composent leurs jurys, préparent leurs prestations orales. Ce comportement collectif est-il copié de celui des gnous? Les spécialistes nous disent dans leur langage aride que pour minimiser la pression de prédation des hyènes, toutes les femelles d'un troupeau, jusqu'à plusieurs dizaines de milliers, doivent mettre bas de concert. Les thésards craindraient-ils d'être dévorés par des jurys qui n'ont guère en commun avec les carnivores précités que la faculté de ricanement s'ils viennent à tomber en panne de glose? Que nenni. Mais le calendrier universitaire a gelé le temps de la nouvelle thèse à trois ans, et cet encadrement implique qu'au-delà du délai, on risque la forclusion.

Des règles assez strictes ont été érigées afin que le scientifiquement correct préside aux cérémonies de remise du grade universitaire le plus élevé. Dans la plupart des universités, des pré-rapporteurs de thèses doivent être choisis chez des «extérieurs à l'école doctorale». Pari difficile à tenir : spécialisation aidant, les disciplines, en même temps qu'elles se sont multipliées, ont vu fondre leurs effectifs. Pour pallier cette balkanisation de la science et de son enseignement, les directives ministérielles ont imposé le regroupement à l'échelle des universités des différentes filières disciplinaires en écoles doctorales. Bien évidemment, il y a eu sélection des plus compétents pour for-

mer ces corps d'élite. Et maintenant ce seraient donc les «extérieurs à l'école» qui, par la force des choses et de la réglementation, auraient à décider si les mémoires de thèse méritent d'être soutenus! Il y a heureusement un réservoir inépuisable de compétences : les autres pays d'Europe ou plus lointains. Et nos collègues étrangers sont tout heureux de venir faire un petit tour en France pour siéger le temps d'une demi-journée dans un jury et devant un public acquis d'avance.

Lors de la prestation finale, dont l'issue est prévisible, l'assistance est plongée dans le noir et voit défiler tableaux de données, courbes afférentes et images de synthèse sur un rythme soutenu par le pointeau lumineux brandi par un orateur qui connaît bien son texte. Parfois aussi certaines réponses aux questions de certains membres du jury!

Venons-en aux mentions. Pas d'originalité non plus. Pourtant les textes officiels donnent le choix de trois mentions pour qualifier un travail de thèse : honorable, très honorable, très honorable et félicitations. Mais les lauriers de la troisième étaient devenus si communs qu'il a été décidé de les couper, et l'on ne félicite plus les candidats qu'oralement. Autrement dit, un excellent travail de thèse, cela se rencontre, n'est plus distingué d'un franchement médiocre que par un petit superlatif. C'est peu, d'autant que son omission est rarissime.

À regarder de près les titres des mémoires, passé et traduit les néologismes amphigouriques qu'ils recèlent, on s'aperçoit souvent que les sujets sont très conventionnels. Comment pourrait-il en être autrement dans un système qui gère la recherche par contrat et a multiplié les contrôles. Ainsi tout sujet de thèse doit successivement recevoir l'aval de l'unité de recherche et du labo où il sera réalisé, de la filière doctorale, de l'école doctorale, des commissions d'attribution des bourses nationales et locales. Le tout dans un climat où l'insuffisance du nombre de bourses favorise les querelles entre disciplines et sous-disciplines, entre universités et laboratoires non universitaires qui accueillent des doctorants. Ne faudrait-il pas décider de primer l'originalité? Je suis candidat pour siéger dans la commission idoine.

**Jean-Louis HARTENBERGER, paléontologue, est directeur de recherche au CNRS.**

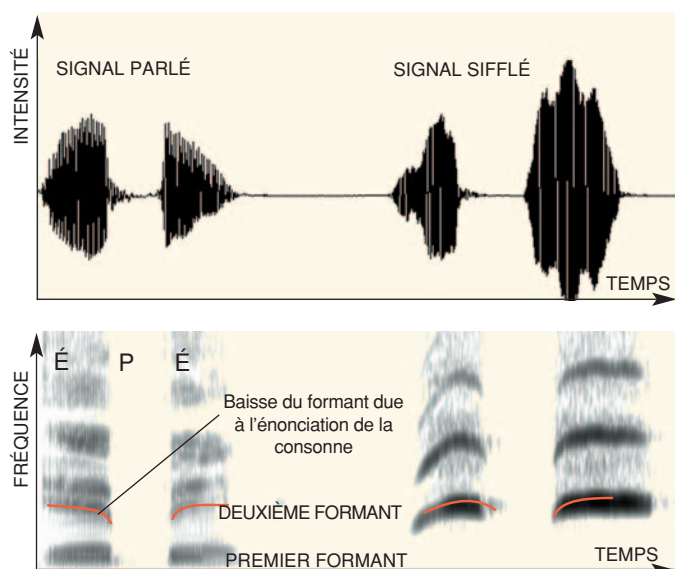


## Le langage des sifflements

*Le sifflement, grâce auquel les habitants d'une île des Canaries communiquent, reproduit, en la simplifiant, la langue espagnole.*

Tous les élèves d'une classe se mettent à siffler quand leur professeur entre : chahut ? Non, ils lui disent simplement *bonjour* en silbo (*sifflement* en espagnol), un langage sifflé de l'île de La Gomera, une des îles Canaries. Annie Rialland et Bernard Gautheron, de l'Institut de phonétique de Paris, viennent de montrer comment ce langage sifflé imite l'espagnol parlé dans l'archipel des Canaries. La Gomera est une île de 25 kilomètres sur 30, parcourue de profondes vallées. Le trajet d'une ferme à une autre nécessite parfois plusieurs heures. Les difficultés de communication seraient à l'origine de la naissance d'une langue sifflée, dont on retrouve les premiers témoignages dès le XV<sup>e</sup> siècle. Elle était pratiquée par tous les habitants des zones montagneuses.

A. Rialland et B. Gautheron ont d'abord vérifié que les siffleurs de La Gomera pouvaient tenir de véritables discussions en silbo. Ils faisaient siffler des questions rédigées en espagnol à un Gomérien. Un second siffleur, situé à 20 mètres de distance, répondait en silbo, puis traduisait les messages en espagnol. Pas de doute : le silbo est bien une langue. Pourtant, le signal transmis par le sifflement est beaucoup plus pauvre en informations acoustiques que le signal parlé.



D'après l'enregistrement de l'intensité en fonction du temps des signaux du son parlé *épé* et de son équivalent sifflé en silbo (*en haut*), on construit des spectrogrammes (*en bas*) qui donnent les variations de la fréquence en fonction du temps. Des bandes de fréquences, nommées formants, apparaissent (en sombre) et caractérisent la voyelle /é/. La forme du deuxième formant (la fin) est modifiée (la fréquence baisse) par la présence de la consonne /p/. Le silbo reproduit rigoureusement le deuxième formant de la parole.

Ensuite, les linguistes ont analysé les signaux acoustiques du silbo et de leur traduction en espagnol. Le signal de la parole est complexe : les cordes vocales font vibrer l'air expulsé des poumons. Le nombre de vibrations des cordes vocales définit la fréquence fondamentale à laquelle se superposent d'autres vibrations, qui sont des harmoniques, c'est-à-dire des fréquences multiples de la fréquence fondamentale. Des organes dits modificateurs changent la conformation du conduit vocal et, selon leur position, renforcent certaines fréquences, nommées formants, lors du passage de l'air. Par exemple, plus la cavité est grande, plus le son prononcé est grave.

Chaque voyelle est caractérisée par un jeu de formants. Par exemple, pour la voyelle /i/, les trois premiers formants se situent en moyenne à 300, 2 100 et 3 000 hertz environ. Les consonnes modifient l'allure de ces formants : le /b/ par exemple entraîne un mouvement descendant des formants.

En comparant les signaux de la parole et ceux du silbo, les linguistes ont montré que le signal du silbo reproduit celui de la parole : il restitue les formes du deuxième formant, c'est-à-dire que l'on retrouve dans le signal du silbo les bandes de fréquences correspondant au deuxième formant dans le langage parlé. En outre, ils ont découvert que les modulations de l'amplitude du signal sifflé transposent certaines caractéristiques de l'énonciation des consonnes : par exemple, le silence qui suit l'énonciation de certaines consonnes, telles que /p/ ou /t/, la baisse de l'intensité propre à l'émission des consonnes, telles que /b/, /d/, /m/, /j/, /v/, et les fermetures brèves des /r/. Ainsi, tous les sons du silbo ont une signature spécifique, à part quelques-uns : on ne distingue pas un /b/ d'un /g/ et un /o/ d'un /ou/. Les siffleurs les devinent en fonction du contexte.

Par temps calme, un bon siffleur envoie un signal audible à plus de deux kilomètres. Toute l'énergie est concentrée dans une bande de fréquences relativement aiguë, de sorte que le signal émerge au-dessus des bruits plus graves de la nature. Il existe de nombreux autres langages sifflés à travers le monde, probablement des dizaines, mais très peu ont été enregistrés et analysés. Citons le moba, au Togo, un langage utilisé par la population locale afin que les missionnaires ne puissent le comprendre. Le moba est fondé sur un principe différent du silbo : il reproduit la mélodie de la voix. Dans les Pyrénées, il existait aussi un langage sifflé qui a disparu au XX<sup>e</sup> siècle. Plusieurs ont été rapportés au Mexique, en Chine, en Turquie, en Nouvelle-Guinée...

Aujourd'hui, sur l'île de La Gomera, la population quitte les villages montagneux et les siffleurs sont de moins en moins nombreux. Seuls quelque 50 siffleurs sont encore capables de tenir une conversation. Depuis trois ans, le silbo est enseigné dans des écoles primaires de l'île. Les enfants vont-ils assurer la survie de cette langue ?



## Une éruption volcanique gravée dans le roc

*Une gravure sur un bloc de basalte découvert dans la steppe arménienne constitue la plus ancienne représentation sur pierre d'un volcan en éruption.*

**A**llongé par terre, un berger inquiet attend l'événement annoncé par les secousses qui font trembler la terre depuis quelques heures. Soudain, des grondements sourds retentissent et la nuit s'illumine : des roches incandescentes et du magma jaillissent au loin. Subjugué, l'homme saisit une pierre et fige la scène dans le roc. Sept millénaires plus tard, son dessin sera analysé et interprété comme la plus ancienne gravure d'une éruption volcanique.

Cette scène s'est déroulée en Arménie. Considérées comme le berceau des civilisations de pasteurs et d'agriculteurs du Néolithique, les régions du Sud du Caucase sont parsemées de nombreux sites archéologiques qui témoignent d'une occupation humaine ayant commencé il y a une dizaine de milliers d'années. Parmi les témoins archéologiques figurent de gros blocs de basalte gravés. Ces gravures sur pierres – des pétroglyphes – représentent le plus souvent des animaux (des cerfs, des bouquetins, des serpents...), des scènes de chasse avec des représentations humaines, mais aussi des signes énigmatiques dont certains pourraient être les symboles d'une écriture.

Sur place, afin d'étudier la sismicité et le volcanisme passés de la région, nous

avons troqué pour un temps notre casquette de géologues pour celle d'archéologues. Au cours de nos recherches, nous avons découvert sur les hauts plateaux du Sud-Est, dans la province de Sunik, des gravures inhabituelles, comportant peu de scènes animalières. Plusieurs pétroglyphes ont attiré notre attention, car ces gravures évoquaient des fontaines jaillissantes. L'environnement géologique du site nous a éclairés sur la signification de ces gravures.

Quand on se déplace de quelques dizaines de mètres du site jusqu'au sommet d'une petite colline, on aperçoit vers le Nord-Ouest, à une dizaine de kilomètres de distance, le cône du volcan de Porak, dont l'activité est parmi les plus récentes d'Arménie ; située sur le front de la collision entre l'Arabie et l'Eurasie, la région est parcourue par de nombreuses failles actives et parsemée d'anciens volcans. Du sommet de cette petite colline, on distingue clairement les points d'émission des deux coulées les plus récentes qui sont situées au pied du cône. Le point d'émission le plus proche correspond à une fissure qui se superpose à la trace de la faille de Pambak-Sevan-Sunik, l'une des plus actives d'Arménie. Lors de la dernière éruption, les laves se sont épanchées de part et d'autre de la fissure. En regardant du sommet de la colline, la nuit, en direction du volcan, un contemporain de l'éruption voyait certainement une fontaine de lave incandescente s'échapper de la fissure, au milieu de projections de bombes volcaniques et dans un fracas terrifiant. On peut penser que l'observateur a été suffisamment impressionné par ce spectacle pour le fixer sur la pierre.

Seule une datation des laves et des pétroglyphes permettrait de confirmer une concomitance entre l'occupation du site

## BRÈVES

### Disparition de la mer Morte

La mer Morte est apparue il y a des millions d'années à la suite d'un tremblement de terre. Elle pourrait disparaître d'ici 50 ans. Sa surface couvrait 1 000 kilomètres carrés en 1960, mais aujourd'hui, elle est inférieure à 670 kilomètres carrés. Jusque dans les années 1930, l'eau du Jourdain compensait l'évaporation, estimée à 1,3 milliard de mètres cubes par an. Aujourd'hui, 90 pour cent de l'eau du Jourdain est détournée pour irriguer les cultures et pour alimenter les populations, notamment, alors que l'évaporation a augmenté : elle est estimée à deux milliards de mètres cubes par an. Israël et la Jordanie se concertent pour évaluer l'intérêt d'un canal entre la mer Rouge et la mer Morte.

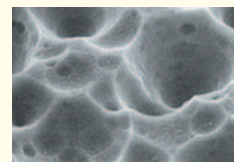
### Chauve-souris aux grandes oreilles

Deux nouvelles espèces d'oreillards ont été découvertes, l'une en Sardaigne et l'autre dans les Alpes. Comme leur nom l'indique, les oreillards sont un groupe de chauves-souris caractérisé par des pavillons auditifs très développés. Longtemps confuse, la phylogénie des chiroptères (les chauves-souris) européens progresse : c'est en comparant leur ADN à ceux d'autres oreillards, que des généticiens allemands ont montré que *Plecotus alpinus*, l'oreillard des Alpes, et *Plecotus Sardus*, l'oreillard sard, constituent bien de nouvelles espèces. Cette découverte porte à sept le nombre d'oreillards européens, alors qu'une quarantaine d'espèces de chiroptères sont répertoriées en Europe.



### Plus noir que noir

Des physiciens anglais ont annoncé avoir fabriqué la matière la plus noire jamais conçue par l'homme. La matière obscure réfléchit 25 fois moins la lumière qu'une peinture noire standard. Elle est faite d'un alliage de nickel et de phosphore. Au microscope, elle apparaît tapissée de cratères. Elle intéresserait pour l'instant deux domaines bien différents : les astronomes, car elle pourrait servir à atténuer les lumières qui parasitent les observations au télescope, et les artistes, car ses ténèbres seraient, dit-on, aussi profondes que celles du velours noir.



Sur cette pierre datant du <sup>ve</sup> millénaire avant notre ère, on a mis en évidence les gravures au moyen de dentifrice.

### Trois mois au lit

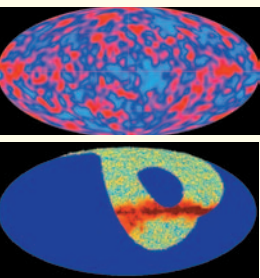
Les scientifiques de l'Agence spatiale européenne ont étudié les effets de l'impesanteur sur le corps humain, en prévision des missions spatiales de longue durée : ils ont demandé à 25 personnes de rester allongées pendant 90 jours sur un lit incliné, la tête plus basse que les pieds, pour simuler la microgravité. Le bisphosphonate, un médicament destiné à prévenir l'ostéoporose, semble lutter efficacement contre la perte de la masse osseuse.

### Le sari qui sauve

Le risque de contamination par le choléra diminue de moitié quand l'eau infectée est filtrée à travers une étoffe. La méthode s'est révélée efficace en Inde, où elle a été testée auprès de villageois qui, pendant 18 mois, ont filtré leur eau avec un vieux sari plié en quatre. L'étoffe protégerait de la maladie en débarrassant l'eau de son plancton, qui vit en symbiose avec la bactérie responsable de l'infection.

### Pleins feux sur l'Univers primitif

Les fluctuations du plasma primordial qui emplissaient l'Univers moins de 300 000 ans après le Big Bang contiennent des informations sur les grumeaux de gaz d'où sont issues les galaxies et, de fait, toutes les structures de l'Univers. Elles nous informent aussi sur la géométrie de



la tranche d'espace-temps qui nous sépare des lieux et des époques où leur image a été émise. En 1990, le satellite COBE avait déjà fourni une image de ces fluctuations. Désormais, on cherche à en établir la carte avec une résolution meilleure. Un ballon stratosphérique a produit la meilleure carte à ce jour (en attendant les résultats du satellite MAP) qui couvre 30 pour cent de la voûte céleste (la zone rouge est une partie de la Voie lactée).

### Gène de prédisposition à la lèpre

Chaque année, 700 000 nouveaux cas de lèpre sont diagnostiqués dans le monde. Les symptômes associent des lésions cutanées, des atteintes neurologiques et des difformités, telles que la perte de doigts, voire d'une main ou d'un pied. L'équipe INSERM U 550 associée à des équipes canadienne et vietnamienne ont identifié un gène de prédisposition à la maladie, localisé sur le chromosome 6. Une détection précoce de la susceptibilité ou de la résistance des personnes exposées pourrait permettre d'adopter des stratégies plus efficaces de prévention et de lutte contre cette maladie que l'OMS veut éradiquer d'ici 2005.

et une éruption. Concernant le volcanisme, on ne dispose pas de datation précise. La datation par les méthodes radiochronologiques d'un échantillon prélevé sur l'une des coulées du volcan Porak a seulement indiqué que la dernière grande éruption avait eu lieu il y a moins de 20 000 ans. Cette limite d'âge est en accord avec la très faible érosion, la faible colonisation des coulées et des cônes par la végétation, et le fait que les coulées volcaniques ont emprunté les anciennes vallées creusées lors de la dernière glaciation, qui eut lieu il y a quelque 20 000 ans.

Quant aux pétroglyphes, les archéologues arméniens admettent qu'ils ont été gravés entre 7 000 et 3 000 avant notre ère. Dans un site proche, on a découvert une tombe datée entre -3647 et -3357 (d'après la méthode du carbone 14). Or la grande dalle qui recouvre la tombe provient de la coulée la plus

récente : la dernière activité volcanique a donc eu lieu avant 3357. Par ailleurs, les obsidiennes taillées découvertes sur le site des pétroglyphes de Porak et la technique de gravure dateraient le site du V<sup>e</sup> millénaire avant notre ère.

Par conséquent, l'éruption aurait eu lieu entre -7000 et -3357, vraisemblablement au V<sup>e</sup> millénaire avant notre ère. Ces pétroglyphes sont les plus anciennes gravures sur pierres connues figurant une éruption volcanique, et plus généralement un phénomène géologique. La fresque peinte de Catal Höyük, au Sud-Est de la Turquie, exécutée vers 6500 avant notre ère, représente aussi une éruption volcanique. Elle disputera désormais le titre de plus ancienne représentation d'une éruption volcanique avec les pétroglyphes de Porak.

Ara AVAGYAN, Arkadi KARAKHANIAN, (Erevan) et Hervé PHILIP (Montpellier)

## Jasmin de jour, jasmin de nuit

*La palette des parfumeurs devrait s'enrichir de deux fleurs dont l'odeur rappelle celles du jasmin.*

Les parfumeurs sont toujours à la recherche de nouvelles senteurs. Ils traquent à travers le monde des sources encore inexploitées. Les régions tropicales constituent une mine de trésors insoupçonnés. Jacqueline Smadja et Anne Gauvin, du Laboratoire de chimie des substances naturelles et des sciences des aliments, de l'Université de la Réunion, ont analysé deux jasmins qui pourraient élargir l'éventail des choix à la disposition des créateurs.

Les jasmins sont réputés pour leur parfum suave. Depuis longtemps, ils sont utilisés pour préparer des huiles parfumées. Ils appartiennent à la famille des oléacées (parmi lesquels l'olivier et le lilas). Un oléacée aromatise le thé dit au jasmin, que l'on devrait nommer thé à l'osmanthe, car les fleurs proviennent de l'*Osmanthus burkinai*, et non d'un jasmin.

À la Réunion, deux espèces de jasmins particulièrement odorantes ont été analysées : le jasmin de nuit (*Cestrum nocturnum* L.) et le jasmin de jour (*Brunfelsia hopeana* Benth). Le jasmin de nuit a des petites fleurs abondantes et blanches, tandis que celles du jasmin de jour sont violettes, lilas, puis blanches. Les fleurs de *Cestrum nocturnum* n'exhalent leur parfum que la nuit et celles de *Brunfelsia hopeana* seulement le jour.

Ainsi, le jasmin de jour est pollinisé durant la journée, ce qui n'est pas le cas du jasmin de nuit. Le jour, les insectes voient mal les fleurs blanches du jasmin de nuit, aussi ne s'y posent-ils pas. En revanche, le parfum qu'elles exhalent la nuit attirerait de nombreux insectes nocturnes. La plupart des fleurs blanches sont pollinisées la nuit.

Le jasmin de jour et le jasmin de nuit sont deux faux jasmins qui appartiennent à la famille des Solanacées (qui comprend les pétunias), mais leur senteur rappelle celles des jasmins, très prisées. Les chimistes ont analysé leur composition par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse : pour les deux jasmins, environ 90 pour cent des constituants ont été identifiés. Elles ont ensuite associé chaque molécule à une « note » qualifiée soit de fleurie, soit de boisée, sucrée, balsamique, etc. Dans le jasmin de



Jasmin de jour (ci-dessus) et de nuit (page 15).

jour, 11 constituants et 10 notes (notamment florale, sucrée et fruitée) ont été identifiés. Chaque note correspond à une combinaison particulière de molécules. Par exemple, la note florale est une combinaison de sept composés, dont le linalol et le nérolidol qui apportent une note fleurie boisée, tandis que l'antranilate de méthyle a une odeur qui rappelle celle des fleurs d'oranger. La note sucrée repose sur l'association de quatre esters et d'un alcool. La note fruitée résulte d'une alliance entre le salicylate de méthyle et le benzoate de méthyle qui rappelle la prune et le cassis. Le jasmin de nuit présente un parfum plus voluptueux. Il résulte de la combinaison de 18 composés responsables de notes dominantes florale, sucrée, chaude et puissante, relevées par des notes âcre et épicée. Le parfum des fleurs du jasmin de nuit est caractéristique des senteurs nocturnes des tropiques. Le parfum des fleurs du jasmin de jour est séduisant par ses accords fleuris, sucrés, fruités.



J. Smadja

## Des spermatozoïdes sensibles à la température

*On a découvert que la température est un facteur déterminant pour le succès d'une fécondation.*

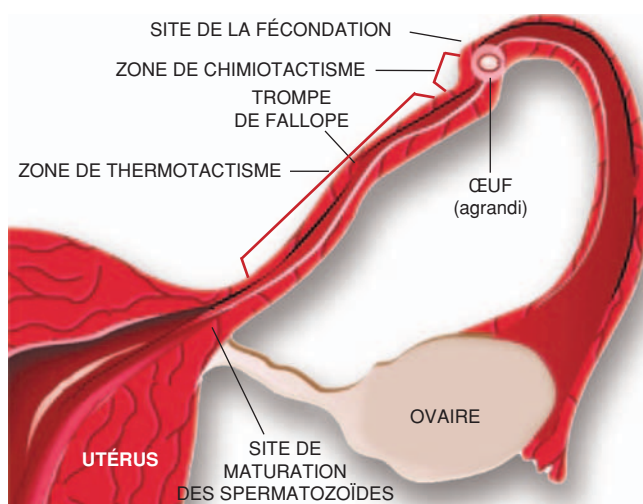
Chez les mammifères, la rencontre d'un ovule et d'un spermatozoïde a généralement lieu dans les trompes de Fallope, des conduits reliant l'utérus à chacun des deux ovaires. En 1991, Michaël Eisenbach et ses collègues, de l'Institut Weizmann, en Israël, avaient découvert que les ovules (les œufs non fécondés) émettent des signaux chimiques à courte portée qui attirent les spermatozoïdes ; c'est un mécanisme de chimiotactisme. Aujourd'hui, ils ont montré que les spermatozoïdes se dirigent aussi vers l'ovule grâce à des variations de température.

On savait déjà que certains micro-organismes utilisent les variations de température pour se diriger ; c'est le thermotactisme, mais on ignorait qu'il avait un rôle chez les mammifères. Il apparaît aujourd'hui que le thermotactisme intervient dans la sélection des spermatozoïdes. Longtemps, on a pensé que seul le grand nombre des spermatozoïdes présents dans les trompes de Fallope rend possible un phénomène aussi improbable que la fécondation. Un millilitre de sperme contient environ 100 millions de spermatozoïdes, aussi croyait-on que des millions de spermatozoïdes atteignaient la zone où a lieu la fécondation. Or, les biologistes savent aujourd'hui que seuls 250 spermatozoïdes environ atteignent les trompes. La portée du chimiotactisme était trop courte pour expliquer l'efficacité des spermatozoïdes rescapés. Le thermotactisme lève le mystère. Quand ils parviennent dans les trompes de Fallope, les spermatozoïdes s'attachent à la paroi où ils subissent une maturation nécessaire à la pénétration dans l'œuf. Cette maturation achevée, ils se détachent de la paroi. Au bout de 20 minutes en moyenne, quelques-uns parviennent à l'ovule. Selon M. Eisenbach, ceux qui ont des chances de rencontrer l'ovule sont des spermatozoïdes sensibles à la chaleur.

Comment ces biologistes sont-ils parvenus à cette conclusion ? Constatant que la température du lieu de stockage sur les parois des trompes est inférieure de deux degrés à celle du lieu de la fécondation, ils ont supposé que cette différence jouait un rôle dans la sélection des spermatozoïdes. Pour le vérifier, ils ont construit un dispositif reproduisant l'appareil génital de la lapine, pourvu d'un site de maturation des spermatozoïdes,

d'un site de fécondation, ainsi que d'une trompe les reliant. Puis, ils y ont observé le comportement de spermatozoïdes de lapin. Quittant la relative fraîcheur de la zone de maturation (37 °C), les spermatozoïdes sont attirés par la chaleur de la zone de fécondation (39 °C). Les biologistes ont constaté que les spermatozoïdes sont sensibles à une différence de température de un demi-degré seulement. Ils ont aussi établi que seuls les spermatozoïdes matures sont thermosensibles.

La découverte du thermotactisme apporte un éclairage nouveau pour l'étude de certaines stérilités masculines. Si le nombre de spermatozoïdes par unité de volume de sperme produit par un homme reste un des principaux critères de stérilité, leur sensibilité à la chaleur doit désormais être prise en compte. De surcroît, ce paramètre devrait aussi avoir des conséquences sur les techniques de fécondation *in vitro*. Aujourd'hui 100 000 spermatozoïdes sont utilisés pour chaque œuf, et, pourtant la fécondation ne réussit pas toujours. Or, le prélèvement des ovocytes chez la femme est difficile, de sorte que l'on cherche à améliorer le taux de réussite des fécondations *in vitro*. Grâce à une utilisation judicieuse de gradients de température, peut-être parviendra-t-on à concentrer les spermatozoïdes autour de l'ovule, et à mieux reproduire les conditions naturelles de la fécondation.



Pour qu'il y ait fécondation d'un œuf, les spermatozoïdes doivent remonter les trompes de Fallope après avoir séjourné un moment sur un site où ils achèvent leur maturation. On vient de montrer qu'ils se dirigent par thermotactisme (action à longue portée), attirés par une température supérieure à proximité de l'œuf, puis par chimiotactisme (action à courte portée), c'est-à-dire par des molécules libérées par l'œuf.