

BRÈVES

Les Amazones

Hérodote mentionne l'existence, au Nord de la mer Noire, d'une tribu de femmes guerrières, les Amazones. L'historien ayant mêlé des récits non vérifiés à des observations personnelles, on doutait de l'existence de ces femmes représentées sur le

Parthénon. Près de la ville russe de Pokrovka, Jeanne Davis-Kimball et ses collègues russes ont trouvé, dans sept tombes de femmes, les objets utilisés par les guerriers : des

pointes de flèches en bronze, de courtes dagues et de longues épées, dont les poignées sont plus petites que celles des armes analogues de la même époque. Toutes les femmes des tribus où vivaient ces Amazones (entre le VI^e et le II^e siècle avant notre ère) n'étaient apparemment pas guerrières : 33 autres tombes ne contenaient que des aiguilles et des billes de verre.



J. Davis-Kimball

Le béton conducteur

Des scientifiques de l'Institut de recherche pour la construction, à Toronto, ont mis au point un béton conducteur, résistant et de faible coût. Obtenu par injection de matériaux conducteurs de la chaleur et de l'électricité dans le mélange, ce béton permet la diffusion uniforme de chaleur dans une maison ou, utilisé dans le revêtement des routes, évite leur enneigement. Une dalle test, reliée à une source électrique, a été soumise au rigoureux hiver d'Ottawa : elle n'a été recouverte ni de neige, ni de givre.

La molécule anti-graisses

Des souris qui ont un régime très riche en graisses, mais dont le gène *ucp2* est fortement exprimé, ne deviennent pas obèses : les protéines produites par ce gène (isolé par Daniel Riquier et ses collègues) permettent aux souris de brûler les graisses alimentaires au lieu de les accumuler. Cette protéine opère dans les mitochondries, les « usines » cellulaires qui fabriquent les substances énergétiques de l'organisme. La protéine a peut-être la même fonction chez l'homme, ce qui en fait un agent anti-obésité potentiel.

Suite page 24

Guy Hervé - PREMIER



Les archéobactéries vivent à proximité des sources océaniques chaudes, tel ce fumeur noir.

la capacité de se développer dans des conditions défavorables. Le groupe de G. Hervé s'intéresse surtout à *Pyrococcus abyssi*, une archéobactérie hyperthermophile dont les conditions de croissance favorites sont une température de 96 °C et une pression de 250 atmosphères.

Comme les bactéries « usuelles », les archéobactéries sont pourvues d'enzymes. Les biochimistes ont choisi d'en étudier deux, qui interviennent dans la synthèse des précurseurs des acides nucléiques (l'ADN et l'ARN) : la carbamyl phosphate synthétase et l'aspartate transcarbamylase ; ils les ont comparées aux enzymes homologues de la bactérie *Escherichia coli*. Les enzymes de *Pyrococcus abyssi* sont très stables : elles supportent d'être chauffées à 96 °C pendant trois heures, en conservant 100 pour cent de l'activité pour l'aspartate transcarbamylase ou 50 pour cent pour la carbamyl phosphate synthétase ; dans les mêmes conditions, les enzymes d'*Escherichia coli* sont inactivées en quelques secondes. En outre, les enzymes de *Pyrococcus abyssi* sont aussi efficaces à 96 °C que celles d'*Escherichia coli* à 37 °C.

Les structures et le fonctionnement des enzymes des archéobactéries et de *Escherichia coli* sont-ils comparables ? Les chaînes protéiques ont des compositions semblables. De *Escherichia coli* à l'homme, la carbamyl phosphate synthétase est constituée de deux parties homologues. Ces enzymes résultent de la duplication d'un gène initial dont les deux produits ont été assemblés par une séquence de liaison. Chez *Pyrococcus abyssi*, la protéine homologue correspond à la moitié de la molécule des autres espèces. Il s'agit sans doute d'une enzyme fossile, précurseur des autres

carbamyl phosphate synthétases, codée par un gène qui s'est dupliqué ultérieurement au cours de l'évolution. La duplication de ce gène semble renforcer l'hypothèse stipulant que les archéobactéries seraient les ancêtres des bactéries actuelles.

L'aspartate transcarbamylase est constituée de deux types de chaînes : les unes fixent le substrat sur lequel elles agissent (ce sont les chaînes catalytiques), les autres modulent la réaction enzymatique (ce sont les chaînes régulatrices). L'enzyme de *Pyrococcus abyssi* contient des séquences de ces deux types de chaînes. D'après une modélisation moléculaire, les enzymes auraient des structures similaires, mais celle de *Pyrococcus abyssi* contient deux fois plus d'acides aminés chargés que la protéine homologue de *Escherichia coli*. Ces acides aminés chargés établissent sans doute des ponts ioniques entre les molécules, qui stabilisent l'enzyme à haute température.

La panoplie des archéobactéries disponibles commence à s'étoffer et l'on s'intéresse à une autre bactérie hyperthermophile, *Pyrococcus furiosus*, qui se développe aussi à 96 °C, mais à la pression atmosphérique, ainsi qu'à d'autres bactéries, dites psychrophiles, adaptées au froid et provenant de l'Antarctique. Cette stabilité thermique ouvre de nouvelles perspectives techniques. Deux exemples illustrent l'intérêt de disposer de telles enzymes : dans la méthode d'amplification des gènes, ou PCR, l'enzyme employée doit résister à près de 100 °C (elle est extraite d'une bactérie des sources chaudes) ; les industriels qui fabriquent des lessives recherchent des lipases – des enzymes dégradant les graisses – qui résisteraient aux températures élevées.

Marie-Thérèse LANDOUSY

Stress en bouche

Lorsque nous sommes stressés, la concentration de notre salive en amylase, enzyme qui dégrade l'amidon, augmente. En mesurant cette concentration par la vitesse du changement de couleur d'un réactif coloré, des médecins de l'Université de Chicago suivent l'état de patients à risque de crise cardiaque par exemple. Les prélèvements et l'analyse de la salive sont plus aisés que la mesure dans le sang ou dans les urines des concentrations en adrénaline et en noradrénaline, hormones qui augmentent le rythme cardiaque et la pression sanguine dans les situations de stress.

Du sang dans le tabac

Les biologistes à la recherche d'un sang créé artificiellement et, notamment, de l'hémoglobine qui véhicule l'oxygène dans le sang, ont réussi à faire produire cette molécule par une plante. Des chercheurs de l'INSERM et de la société *Limagrain* ont construit un assemblage de gènes contenant les deux segments d'ADN codant l'hémoglobine et ont transféré cette information génétique dans des cellules de tabac. Les cellules végétales modifiées ont donné des plants ; les graines et les racines de la moitié de ces plants contenaient de l'hémoglobine humaine fonctionnelle.

L'île des gauchers

Après cinq ans d'enquête, C. Graf, de l'Université de Grenoble, a mesuré que les gauchers sont plus nombreux dans l'hémisphère Sud que dans l'hémisphère Nord. Selon ce naturaliste, l'abondance de gauchers dans l'hémisphère Sud serait due à la force de Coriolis qui a un sens différent dans chaque hémisphère. Les molécules de la vie, qui ont une chiralité (une orientation) particulière, seraient sensibles aux variations de cette force.

Marge agricole

Une exploitation agricole est efficace à 100 pour cent lorsqu'aucune autre ne produit plus avec une quantité d'intrants (travail, terre, semences, engrais...) inférieure ou égale, ni autant avec moins d'intrants. Isabelle Piot-Lepetit, de l'INRA a mesuré que les exploitations céréalières françaises pourraient, en moyenne, gagner sept pour cent d'efficacité par rapport à ce maximum.

Suite page 26

Mini-grenouille

Les petits animaux sont-ils semblables aux grands?

Lors d'un de ses voyages fantastiques, Gulliver découvrit les Lilliputiens, peuple d'humains miniatures. Chez les batraciens, les petites espèces ne sont pas de simples grenouilles lilliputiennes, mais des espèces aux adaptations particulières et très spécialisées.

À Cuba, des zoologistes viennent de découvrir l'une des plus petites grenouilles (*Eleutherodactylus iberia*) qui n'atteint que 10 millimètres à l'âge adulte. Chez une grenouille du Brésil (*Psyllophryne didactyla*), le mâle est encore plus petit avec 8 millimètres de longueur. À Madagascar, *Stumpffia pygmaea* mesure près de 12 millimètres à l'âge adulte, mais seulement 3 millimètres à la métamorphose, ce qui en fait le plus petit vertébré connu, dont le développement est terminé (chez ces amphibiens la taille moyenne est de 5 centimètres).

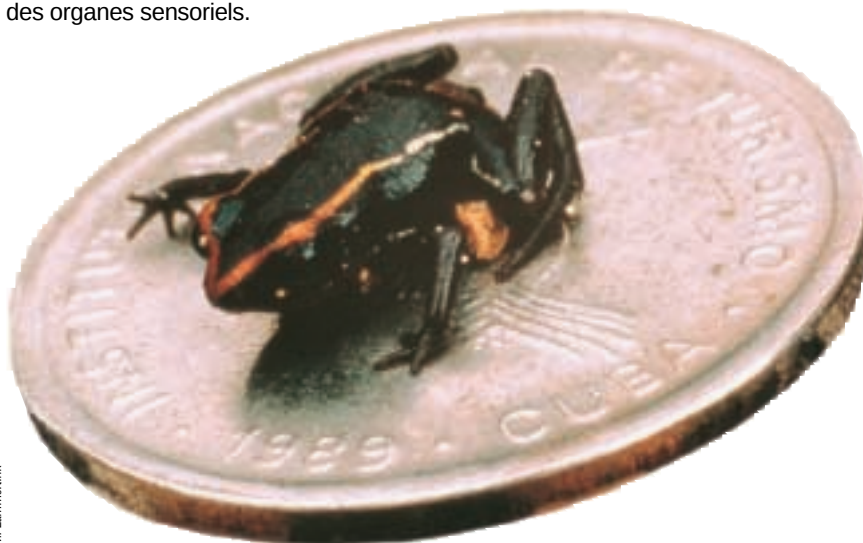
Chez les grenouilles, la réduction de taille n'affecte pas seulement la proportion des organes, mais entraîne aussi des modifications morphologiques, anatomiques, physiologiques et comportementales. *Stumpffia tridactyla*, une autre petite grenouille malgache, n'a qu'un vrai doigt à la main, au lieu des quatre doigts des amphibiens anoures (dépourvus de queue à l'âge adulte), et le nombre de ses orteils est réduit de cinq à trois. Plusieurs os du crâne manquent aux tritons du genre *Thorius*. Beaucoup des petites espèces d'amphibiens manquent de dents. La réduction de taille entraîne aussi une simplification des organes, notamment du cerveau et des organes sensoriels.

Chez les espèces dont le développement passe par le stade larvaire de têtard, les femelles les plus grandes pondent le plus d'œufs. Chez les espèces dont le développement est direct, la phase embryonnaire dépend des réserves contenues dans l'œuf : ce dernier doit donc être grand et, à taille de femelle égale, le nombre d'œufs sera réduit. Cela est confirmé par l'observation : la réduction de la taille corporelle entraîne une augmentation relative de la taille des œufs ainsi qu'une régulation de la fécondité.

Ainsi, l'espèce naine de Cuba *Eleutherodactylus iberia* ne pond qu'un seul œuf et son développement est direct. Ces petites espèces ont en conséquence une activité reproductrice très différente de leurs cousines plus grandes. Chez les *Stumpffia*, le mâle chante, puis le couple construit un nid d'écume pendant l'accouplement pour y pondre environ dix œufs dont sortent des têtards. *Stumpffia* et *Eleutherodactylus* surveillent la ponte, comportement rare chez les amphibiens anoures qui habituellement pondent plusieurs centaines d'œufs, ce qui suffit pour assurer leur descendance, même si de nombreux œufs sont détruits.

Outre la taille physique, on définit une taille biologique qui dépend des composantes génétiques et cellulaires de l'espèce étudiée : à taille physique égale, si deux espèces ont des cellules de tailles différentes, celle avec les cellules de taille supérieure contiendra moins de cellules que l'autre. On dit alors que cette espèce est « biologiquement petite ». L'étude de ces espèces montre les conséquences cellulaires (réduction du nombre de cellules constituant leur cerveau et leurs organes sensoriels) des espèces naines.

Anne-Marie OHLER,
Muséum national d'histoire naturelle



Eleutherodactylus iberia repose sur une pièce cubaine, de la taille d'une pièce de deux francs.

Les mystères de la fécondation

La brebis écossaise, clone de sa mère, soulève d'innombrables questions tant biologiques qu'éthiques.

La brebis Dolly est née d'une mère écossaise et... sans père. Jusqu'où va l'économie ! La reproduction d'un mammifère imposait, croyait-on, la fusion d'un ovule de la mère et d'un spermatozoïde du père. L'équipe de Ian Wilmut, à Édimbourg, a mis à mal ce dogme, puisqu'elle a donné naissance à une brebis en utilisant seulement une cellule différenciée de sa «mère-sœur».

Comment cette équipe a-t-elle pratiqué ? Elle a partiellement reproduit les expériences menées à la fin des années 1970 sur des grenouilles : l'équipe de J. Gurdon avait obtenu des têtards normaux après implantation du noyau d'une cellule somatique dans un œuf dont le matériel génétique avait été détruit par un rayonnement (les cellules somatiques constituent l'ensemble des cellules à l'exception des cellules de la reproduction).

Dans une cellule somatique différenciée, qui contient le génome entier, seuls s'expriment les gènes nécessaires au fonctionnement de cette cellule, les autres gènes étant silencieux (et l'on pensait qu'ils étaient irréversiblement «éteints»). L'expérience de J. Gurdon avait montré que le génome peut être «reprogrammé» pour que tous les gènes soient réactivés, comme dans un œuf fécondé. Ainsi, il y a près de 20 ans, on savait faire des clones de grenouilles à partir de cellules somatiques. Bien sûr, il ne s'agissait pas encore de mammifères.

Puis, il y a quelques années, des biologistes ont obtenu des «clones» de mammifères : on prélevait les cellules d'un embryon au stade de quelques dizaines de cellules et on greffait chacune de ces cellules – parfaitement identiques – sur des œufs non fécondés dont on avait retiré le noyau. Ainsi, tous les animaux issus de cette manipulation avaient le même patrimoine génétique. En fait, il s'agissait de jumeaux multiples

différents de leurs parents, puisqu'au cours de la fécondation qui avait donné le premier embryon, les génomes paternel et maternel s'étaient recombinés.

Dolly est le prolongement de ces expériences. Ici, l'équipe d'Édimbourg a prélevé une cellule somatique de la glande mammaire d'une brebis. La cellule était «quiescente», c'est-à-dire au repos, dans une sorte d'état d'hibernation avec une activité métabolique ralentie. Simultanément, les biologistes ont retiré les chromosomes présents dans un ovule (un œuf non fécondé) et ils ont attendu quelques heures avant d'y injecter la cellule somatique.

La fusion des deux cellules est obtenue par des impulsions électriques qui déstabilisent de façon transitoire et réversible certains constituants des membranes, les phospholipides. Les membranes des deux cellules en contact fusionnent et le noyau de la cellule somatique migre dans l'ovule. Les impulsions électriques ont une autre fonction : elles perméabilisent la membrane, ce qui permet le passage d'une quantité massive d'ions calcium de l'extérieur de la cellule vers l'intérieur. C'est ce signal calcium qui active l'ovule. L'apport d'un noyau contenant un double jeu de chromosomes (on dit aussi un noyau diploïde) dans un ovule, et l'activation

de l'œuf par les ions calcium tendent à reproduire les conditions d'une fécondation «naturelle» (normalement, le spermatozoïde apporte son jeu de chromosomes et favorise la libération massive d'ions calcium).

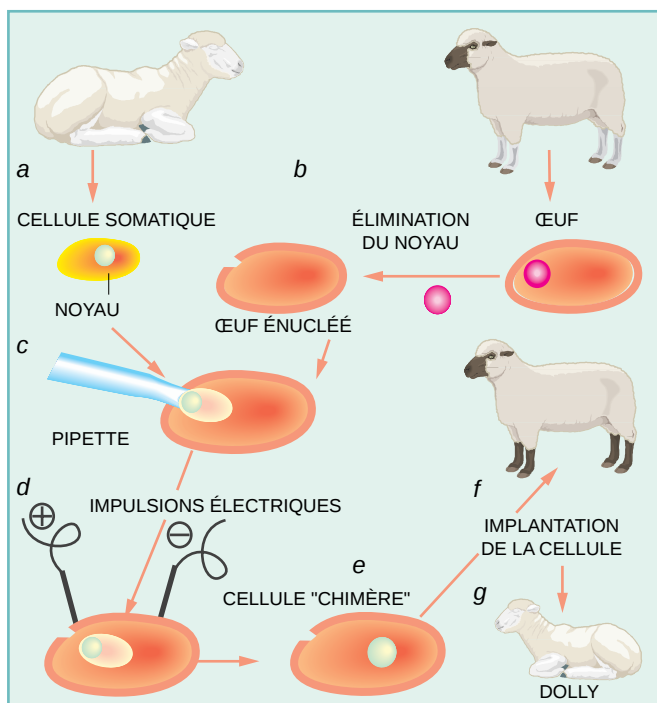
Plusieurs des tentatives de l'équipe écossaise ont échoué, mais Dolly, fruit de la rencontre improbable d'une cellule somatique et d'un ovocyte, semble se développer normalement. Tous les gènes éteints depuis que la brebis était adulte se sont réveillés et se sont comportés comme dans un œuf fécondé.

Quelles seront les conséquences de cette expérience ? Les questions éthiques soulevées par ce mode de «reproduction» restent ouvertes, et les débats qu'a suscités l'annonce de la naissance de Dolly ont été à la mesure de l'impact social. Sur le plan des connaissances fondamentales, quand les mécanismes d'activation et de reprogrammation d'un génome quiescent auront été précisés, on pourra peut-être déclencher la prolifération de cellules détruites par une maladie, voire par le vieillissement.

Enfin, cette découverte aura des conséquences dans le domaine de l'élevage. Au fil des siècles, l'homme a sélectionné des animaux pour la qualité de leur viande ou pour la quantité de lait produite. Il a croisé des animaux aux performances

intéressantes. Cette sélection est favorisée par le brassage des gènes qui a lieu au cours de la reproduction sexuée. Toutefois, quand on a sélectionné un animal performant, des croisements, même entre géniteurs sélectionnés, risquent de faire perdre les qualités recherchées. Au contraire, un clonage tel que l'ont réalisé les Écossais évite le brassage des gènes et garantit que la descendance a strictement le même génome que l'animal dont elle est issue.

Toutefois ce n'est pas parce que deux animaux ont exactement le même patrimoine génétique qu'ils se développent rigoureusement de la même façon, et les performances des animaux clonés n'égaleront pas nécessairement celles de la mère. Cette méthode de reproduction mettra en lumière les effets de l'environnement, des conditions d'élevage et de l'alimentation. Si elle n'interdit pas une certaine variabilité, elle menacerait, en revanche, la biodiversité des espèces ainsi clonées.



DOLLY a été conçue de la façon illustrée ci-dessus : une cellule somatique (une cellule de la glande mammaire) a été prélevée sur la «mère» (a). Simultanément, on a retiré le noyau d'un œuf provenant d'une autre brebis (b). La cellule somatique a été introduite dans l'œuf énucléé (c) et les membranes des deux cellules ont été fusionnées par des impulsions électriques (d), lesquelles ont également déclenché l'expression du génome de la cellule somatique et de l'embryogenèse. La cellule «chimère» ainsi obtenue (e) a été implantée sur une brebis «porteuse» (f). Dolly est le fruit de cette manipulation (g).

Grossesses géminaires

Selon Philippe Lazar, de l'INSERM U155, un facteur inhiberait la maturation des follicules qui, chaque mois, libèrent un ovule fécondable chez la femme. Ce facteur serait produit par les follicules eux-mêmes : plus ils sont nombreux dans l'ovaire, plus la concentration en ce facteur serait élevée. Inversement, à mesure que le nombre de follicules diminue, c'est-à-dire plus la femme vieillit, plus la concentration en facteur inhibiteur diminuerait. C'est peut-être pourquoi le nombre de grossesses géminaires augmente avec l'âge de la future mère.

Les noms des éléments

Ça y est ! Après des années de controverses, les éléments chimiques de numéro atomique 104 à 109 ont été nommés respectivement rutherfordium, dubnium, seaborgium, bohrium, hassium et meitnerium. Généralement le découvreur d'un élément a le droit de le nommer à sa guise, mais en 1994, un comité de l'Union internationale de la chimie pure et appliquée (IUPAC) avait refusé que l'élément 106 soit nommé d'après Glenn Seaborg, parce qu'il vivait encore. Le comité a changé ses règles.

L'eau des nuages... interstellaires

À l'anneau de stockage d'ions lourds, à l'Université d'Aarhus, au Danemark, des physiciens danois et israéliens ont simulé les conditions physico-chimiques des nébuleuses interstellaires et observé que de l'eau se formait dans une réaction entre l'ion hydronium (H_3O^+) et un électron isolé. Cette expérience indique qu'un système de refroidissement à eau refroidit les nuages d'hydrogène qui s'échauffent lors de leur contraction. Ce refroidissement prévient la dilatation des nuages qui continuent à se contracter : les étoiles peuvent se former.

Vieilles lances

La découverte de trois lances en bois, taillées il y a 400 000 ans dans des troncs d'épicéa, prouve que les *Homo erectus* chassaient de gros animaux. Ces armes étaient probablement lancées : comme un javelot actuel, chaque lance a un diamètre maximal au tiers de sa longueur, en partant de la pointe, et elle est effilée vers la hampe. En outre, les chasseurs connaissaient bien leur matériau : la pointe est taillée dans la partie la plus dure du bois, la base du tronc.

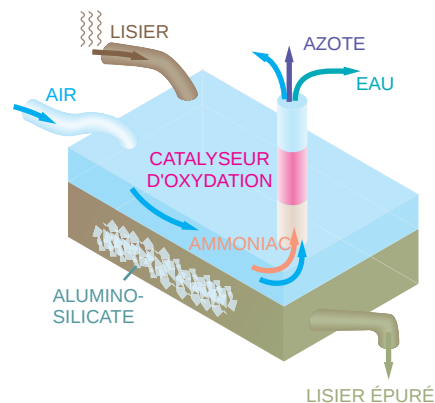
De l'essence au lisier

On dépollue le lisier comme le pétrole.

Les éleveurs de porcs ont des points communs avec les raffineurs : des rejets polluants et odorants. Ils peuvent résoudre ces inconvénients avec les mêmes techniques. L'Institut français du pétrole a appliqué des traitements des hydrocarbures à l'épuration du lisier.

Le lisier, les déjections des porcs, est utilisé comme engrais par les agriculteurs. Il a toutefois deux défauts. Le plus perceptible est sa mauvaise odeur, qui indispose les riverains. Le second est sa forte concentration en ammoniac, qui se dégrade dans le sol en nitrates. Ceux-ci polluent les cours d'eau et les nappes phréatiques : l'épandage doit être limité dans le temps et dans l'espace.

Les molécules odorantes du lisier sont des mercaptans, composés soufrés volatils, que l'on trouve aussi mélangés aux hydrocarbures du pétrole. Leur oxydation dans une cuve en présence d'air et d'un catalyseur minéral produit des molécules disulfurées, plus lourdes. La tension de vapeur de ces dernières est plus faible, et leur seuil de perception olfactif est supérieur. Elles restent dans la phase liquide et ne répandent pas d'effluves nauséabonds. L'oxydation des mercaptans est catalysée par un alu-



Le lisier est épuré grâce à des réactions d'oxydation avec l'oxygène de l'air. Dans le lisier liquide, des alumino-silicates catalysent la transformation des composés soufrés odorants en molécules plus lourdes. L'ammoniac contenu dans le lisier est entraîné par le courant d'air et oxydé dans un pot catalytique.

mino-silicate de sodium, analogue au «bleu» que les lavandières ajoutaient autrefois à leur lessive.

Quant à l'ammoniac, un courant d'air qui circule dans la cuve l'entraîne. Le mélange est chauffé et passe dans un dispositif analogue à un pot d'échappement catalytique : le catalyseur est un métal précieux, finement divisé, porté par une matrice minérale. L'ammoniac et l'oxygène se combinent, formant de l'azote et de l'eau. La réaction ayant lieu à basse température, elle produit peu d'oxydes d'azote.

À la fin de 1996, huit unités de traitement avaient été installées en Bretagne, région d'élevage de porcs. On prévoit 51 réacteurs en 1997 et 280 en 1998.

Points chauds

Une nouvelle façon de localiser les sources de chaleur souterraines.

Telles des torchères immobiles sous les plaques tectoniques en mouvement, les points chauds géologiques – des concentrations de chaleur dans le manteau terrestre – percent des trous dans ces plaques. Le magma sous-jacent s'échappe par ces trous et forme des volcans alignés dans la direction du déplacement de la plaque. Les géologues cherchent à identifier ces empreintes volcaniques et à localiser les points chauds qui leur sont associés. Une nouvelle méthode facile et précise donne la position de ces points chauds.

Jusqu'à présent, les géologues devaient déterminer l'âge des différents volcans associés à un point chaud pour

le localiser. Connaissant aussi les mouvements passés de la plaque tectonique, ils en déduisaient la position du point chaud. Toutefois, on connaît mal les mouvements des plaques océaniques, car on estime difficilement l'âge des volcans sous-marins éteints. Aussi cette méthode est-elle imprécise.

Paul Wessel et Lauren Kroenke, de l'Université d'Hawaii, voulaient pourtant utiliser cette méthode classique pour localiser les points chauds sous-marins. Par suite d'une erreur dans la programmation de leur ordinateur, ils avaient obtenu une ligne différente de celle qu'ils prévoyaient. Ils comprirent qu'ils n'avaient pas obtenu la position du volcan étudié au cours du temps, mais toutes les positions possibles du point chaud associé.

Sans connaître l'âge du volcan, P. Wessel ne pouvait savoir où se trouve réellement le point chaud le long de ce tracé. Il a alors remarqué que les tracés d'autres volcans se croisent en un point. En appliquant cette méthode aux îles et