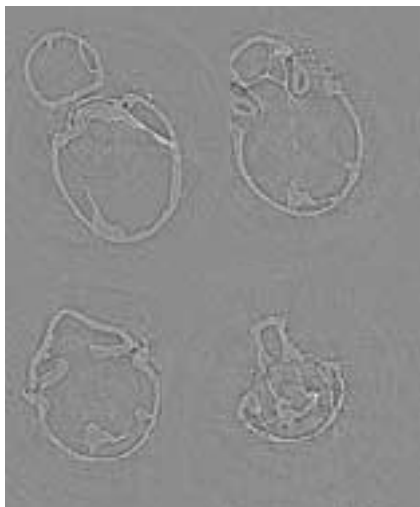
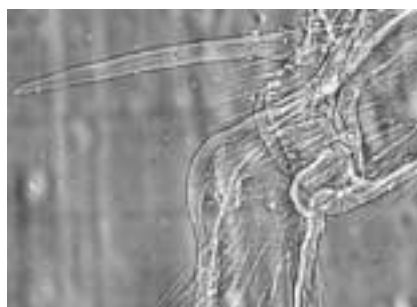




Analyt Sngirev, European Synchrotron Radiation Facility



6. LE GENOU D'UN MOUSTIQUE, vu au microscope à rayons X en contraste de phase, révèle des détails anatomiques de l'ordre de quelques micromètres, malgré l'absence de matériaux aussi denses que les os des vertébrés. À partir d'images prises sous différents angles, on reconstruit des coupes transversales du genou du moustique (à gauche).

court, et de suivre ainsi le comportement dynamique de molécules biologiques. Depuis les travaux de Max Perutz, à Cambridge, dans les années 1930 et 1940, on sait reconstituer, par diffraction des rayons X, la structure géométrique de molécules biologiques, telles les protéines, qui contiennent des milliers d'atomes. Cependant, les images obtenues sont statiques et n'apportent aucune information sur les réarrangements structuraux qui se produisent pendant que les molécules accomplissent leur fonction biologique.

Comment voir les molécules «bouger»? Le rayonnement X de l'ESRF est si brillant qu'une seule impulsion renferme assez de photons pour l'obtention d'un cliché de diffraction à partir duquel on reconstruit une protéine. Pour suivre les réarrangements structuraux de la myoglobine (une protéine des muscles qui absorbe et qui stocke l'oxygène) au cours de la libération d'une molécule d'oxygène et de la fixation d'une autre, Michael Wulff et Keith Moffat ont utilisé un laser afin de couper la liaison chimique entre l'oxygène (en fait, pour cette expérience, le monoxyde de carbone, qui se détache plus facilement de la myoglobine) et la myoglobine. Après cette impulsion laser, ils ont enregistré, avec un intervalle de temps variable à chaque expérience, un cliché de diffraction aux rayons X.

En remettant dans l'ordre chronologique les différentes positions de la molécule de myoglobine déduite de ces clichés cristallographiques, ils ont obtenu un film d'une milliseconde, qui montre que, quelques nanosecondes après le début de la réaction, la molécule de monoxyde de carbone est distante de 40 nanomètres de l'atome de fer de la

myoglobine auquel elle était initialement liée. En outre, à cet instant, le monoxyde de carbone a tourné de 90 degrés par rapport à son orientation initiale. Le monoxyde de carbone peut rester dans cette position d'«attente» durant des centaines de nanosecondes jusqu'à ce que s'établisse une configuration de l'environnement qui lui permet de quitter la protéine et qui le rend disponible pour participer aux réactions chimiques produisant l'énergie nécessaire à la contraction musculaire.

Tous les exemples que nous avons présentés sont les prémices de nouveaux développements techniques : de nombreuses heures de travail seront encore nécessaires avant que l'on utilise de telles méthodes en routine. L'un des éléments qui le permettrait serait un accroissement supplémentaire de la brillance des sources de rayons X. Les ingénieurs imaginent déjà les machines qui produiraient des brillances plusieurs dizaines de fois supérieures à celles dont on dispose aujourd'hui : des lasers à électrons libres, qui sont construits autour d'onduleurs très longs où les photons engendrés en amont interagissent avec des impulsions d'électrons et stimulent l'émission cohérente d'autres photons.

Massimo ALTARELLI dirige le synchrotron *Elettra*, à Trieste. Fred SCHLACHTER travaille dans l'équipe de l'ALS, à Berkeley. Jane CROSS est écrivain scientifique.

Herman WINICK, *Le rayonnement synchrotron*, in *Pour la Science*, janvier 1988.

Malcolm R. HOWELLS, Janos KIRZ et David SAYRE, *Les microscopes à rayons X*, in *Pour la Science*, avril 1991.

Ce magazine vous intéresse !



Vous y trouverez :

- ☐ Sciences-actualités
- ☐ L'actualité en astronomie
- ☐ Les actualités biomédicales
- ☐ Nouvelles de l'environnement
- ☐ Le texte intégral des conférences du samedi
- ☐ Le commentaire des expositions permanentes et temporaires
- ☐ Le programme des activités du Palais de la découverte

Je souscris un abonnement à la

REVUE DU PALAIS DE LA
DÉCOUVERTE

Je joins mon règlement par chèque
à l'ordre du
PALAIS DE LA DÉCOUVERTE
(CCP 9065 48 J PARIS)

Tarif France : 170 F (10 numéros par an)
Tarif étranger : 200 F
par mandat international uniquement
(par avion, supplément de 80 FF)
Abonnement de soutien : 230 F

Nom (M., Mme, Mlle) :
Prénom :
Adresse :
.....
Ville :
Code postal :
Profession :

à retourner avec votre règlement à
Revue du PALAIS DE LA DÉCOUVERTE
Av. Franklin-D.-Roosevelt - 75008 Paris.
Tél. : 01 40 74 80 00

La fabrication d'insectes utiles

DAVID O'BROCHTA
PETER ATKINSON

1. LES INSECTES TRANSGÉNIQUES, tels ces cinq moustiques *Aedes aegypti*, acquièrent parfois de nouvelles caractéristiques. Les individus normaux (*en haut*) ont des yeux de couleur noire, résultant de la présence d'une grande quantité de pigment rouge. Une version mutante de cet animal a des yeux blancs (*en haut, à droite*),

parce qu'elle ne possède pas l'enzyme nécessaire à la synthèse du pigment rouge. Le caractère «œil blanc» est modifié par l'insertion du gène codant l'enzyme manquante. Les moustiques ainsi obtenus produisent suffisamment de pigment pour avoir des yeux roses.

On modifie le génome d'insectes afin d'éradiquer des maladies infectieuses qui ravagent la population humaine et l'agriculture.

Un extraterrestre qui viendrait sur la Terre reconnaîtrait certainement que l'homme est l'espèce dominante de la planète. Cependant, après quelques observations sur le terrain qui lui montreraient que les individus appartiennent à des espèces qui se regroupent en genres, en familles, en ordres, en classes, en embranchements et en règnes, il placerait probablement en première position la classe des insectes : on en a identifié plus d'un million d'espèces, soit les cinq sixièmes de l'ensemble des espèces présentes sur la Terre, et les entomologistes pensent qu'il en reste trois millions encore inconnues. Les insectes ont une importance économique considérable (certains pollinisent les récoltes, par exemple ; d'autres les ravagent), et leur rôle en santé humaine n'est pas moindre.

Quelques espèces d'insectes, tels les hématophages (étymologiquement, «qui mangent du sang»), propagent des maladies animales, mais aussi des maladies humaines souvent mortelles, telles que le paludisme, la fièvre jaune, les trypanosomiasis et la dengue. Le paludisme frappe près de 300 à 500 millions de personnes par an, et il en tue 1,5 à 2,7 millions. Environ 200 000 personnes contractent la fièvre jaune chaque année, et 30 000 en meurent. Près de 50 millions de personnes contractent la dengue chaque année ; la mortalité atteint 15 pour cent en l'absence de traitement. Dans de nombreux pays en développement, des infections débilitantes telles que la dysenterie sont transmises par des insectes, y compris la mouche commune.

Aujourd'hui, les systèmes de santé publique luttent contre ces maladies de trois façons : la désinsectisation totale des zones infestées, l'utilisation de répulsifs chimiques (insecticides) et physiques (moustiquaires), et la mise au point de vaccins. La désinsectisation a donné de bons résultats dans certaines régions ; les répulsifs sont médiocrement efficaces, et les vaccins restent insuffisamment nombreux. À ces trois moyens de lutte, peut-on en

ajouter un quatrième, qui consisterait à éviter la transmission de la maladie par les insectes ?

Les morsures d'insectes, en elles-mêmes, ont peu de conséquences sur la santé : seuls les virus, les protozoaires ou les filaires (des vers fins et plats) qu'ils transmettent sont les agents pathogènes. Peut-on éviter leur transmission ?

Dès les années 1960, au Collège d'hygiène et de médecine tropicales de Londres, Chris Curtis proposa l'éradication du paludisme par la transformation génétique de son vecteur, les moustiques du genre *Anophele*, en une forme qui ne transmettrait pas les protozoaires *Plasmodium*, vrais responsables de la maladie. On connaît des moustiques naturellement réfractaires au *Plasmodium* ou incapables de le transmettre. Les techniques actuelles de génie génétique permettront bientôt la mise en œuvre des idées de C. Curtis : on sait aujourd'hui intégrer le matériel génétique d'une espèce dans l'ADN d'individus d'autres espèces et modifier ainsi les caractéristiques des espèces receveuses. Les plantes ou les animaux ainsi obtenus sont dits transgéniques.



USDA/Agricultural Research Service

2. LES MOUCHES DES FRUITS ravagent les récoltes de café en attaquant les cerises du caféier. On utilise la transgénèse pour lutter contre ce type de fléau. Les méthodes génétiques de lutte contre la mouche des fruits, appliquées dans l'ensemble des pays producteurs, permettent déjà des économies s'élevant à plusieurs milliards de francs par an.

Les insectes transgéniques auraient bien d'autres applications que la médecine. L'insertion de gènes codant des produits utiles dans le génome de vaches et de chèvres a déjà permis la création d'animaux produisant des médicaments dans leur lait. Appliquée aux insectes, la technique des organismes transgéniques modifierait fondamentalement l'agriculture et la synthèse de certaines matières, par exemple le plastique.

Des gènes sauteurs

Dans les années 1960, les entomologistes utilisaient davantage la transgénèse pour analyser les gènes que pour des applications techniques. Pour modifier les génomes, on injectait de l'ADN dans un œuf d'insecte ou l'on plongeait



Susan McCombs, University of Hawaii

3. LA MOUCHE DES FRUITS de gauche a retrouvé la couleur naturelle de ses yeux par transgénèse. Les mutants aux yeux blancs (à droite) produisent le pigment rouge, mais ce dernier n'est pas transporté jusque dans les yeux. La mouche aux yeux rouges (à gauche) a reçu une séquence génétique nommée *piggyBac*, à laquelle on avait ajouté le gène qui assure le transport du pigment vers les yeux. La séquence *piggyBac* est un transposon : elle s'est spontanément intégrée au génome.