

traitées continuaient à stimuler une parade nuptiale chez les mâles de leur espèce, mais aussi chez les mâles d'espèces différentes.

Dans une seconde expérience, des drosophiles femelles ont été «nettoyées» de toutes leurs phéromones par un solvant, puis recouvertes de phéromones majoritaires d'une espèce différente. Elles n'ont eu aucun succès auprès des mâles de leur espèce qui refusaient de les courtiser. Ces phéromones majoritaires



constituent donc un rempart qui empêche les croisements et les accouplements interspécifiques (les accouplements sont parfois possibles, mais la descendance est stérile). Les phéromones majoritaires éliminent les partenaires d'espèces différentes. C'est ensuite aux phéromones minoritaires de déclencher la parade sexuelle du mâle choisi.

Les phéromones minoritaires de plusieurs espèces de drosophiles sont très semblables, et les entomologistes

supposent qu'elles ont une origine commune. Elles seraient des phéromones primitives, caractéristiques des drosophiles ancestrales, tandis que la synthèse des phéromones majoritaires serait un caractère récent, apparu pour renforcer la spéciation.

Les êtres humains s'inspireront peut-être de ces résultats en diminuant la quantité du parfum – de majoritaire, cette phéromone artificielle deviendra minoritaire – qu'ils utilisent comme arme de séduction.

L'espion et l'ADN

Des biologistes utilisent de l'ADN pour transmettre un message secret.

Je suis très émue de vous dire que j'ai bien compris, l'autre jour, que vous avez toujours une envie folle de me faire danser. Je garde un souvenir de votre baiser et je voudrais que ce soit là une preuve que je puisse être aimée par vous...

G. Sand à A. de Musset

Par un matin d'hiver brumeux, deux voitures s'arrêtent sur une place déserte. Deux hommes en descendant après les appels de phares de circonstance. Une fois face à face, l'un sort de sa poche un petit tube glacé qu'il donne à l'autre. Puis sans un mot, tous deux retournent vers leur véhicule. Soudain, un troisième homme court, renverse un des hommes et lui dérobe le tube avant de disparaître dans le brouillard. Les deux hommes ne semblent pas émus. Ils savent que le voleur aura fort à faire pour déchiffrer le message contenu dans le tube, et plus précisément dans la molécule d'acide désoxyribonucléique (ADN) qui y est conservée. Ils ont dissimulé leur message dans un mélange de molécules d'ADN grâce à la technique mise au point par Carter Bancroft, Viviana Risca et Catherine Clelland, de l'École de médecine de New York.

L'ADN est composé de deux chaînes en vis-à-vis dont les maillons, nommés nucléotides, se caractérisent par un groupe chimique (une base azotée) ; les bases sont l'adénine (A), la cytosine (C), la guanine (G) et la thymine (T). Une cellule traduit un segment d'un brin d'ADN en une protéine (par l'intermédiaire d'une molécule d'ARN) grâce au code génétique qui associe un acide aminé à chaque triplet de nucléotides. Une protéine est constituée d'une succession d'acides aminés.

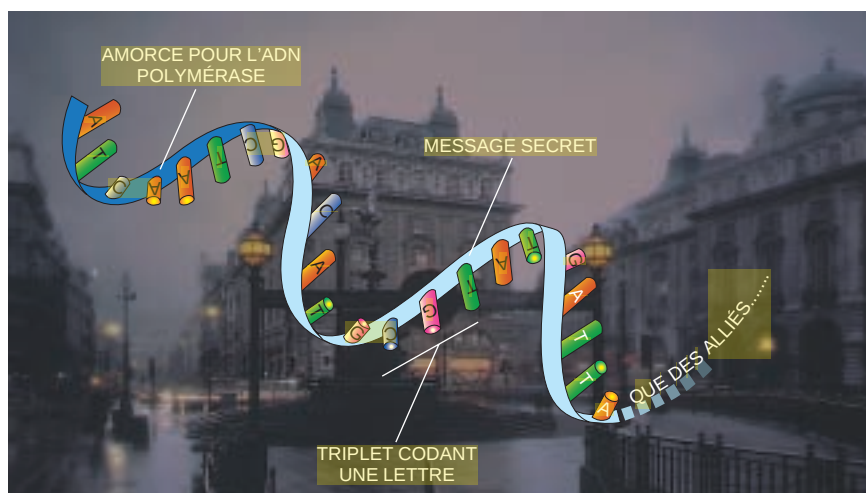
Les biologistes ont détourné ce code en associant à chaque triplet une lettre de l'alphabet, une marque d'espace ou un signe de ponctuation. À chaque caractère correspond une combinaison unique de trois des quatre nucléotides. Avec $I = ATG$, $N = TCT...$, on peut coder le mot «INVASION», par la séquence $ATG-TCT-CCT-CGA-ACG-ATG-GGC-TCT$. On dispose de $4^3 = 64$ combinaisons.

Comment dissimuler, puis déchiffrer le brin d'ADN ? À chaque extrémité du brin signifiant, on place deux amorces, c'est-à-dire deux petites séquences d'environ 20 nucléotides, qui seront reconnues par une enzyme, l'ADN polymérase, qui multipliera à volonté le brin porteur de cette amorce, grâce à la technique d'amplification nommée PCR. Il existe environ 10^{20} amorces possibles, mais seul le receveur du message sait laquelle utiliser pour la PCR. Le brin secret est dissimulé parmi une multitude de brins d'ADN, par exemple, de l'ADN humain dénaturé (en simple brin) et découpé en fragments de même longueur. Un message moyen de 100 nucléotides est ainsi caché dans environ 60 millions de fragments, puisque l'ADN

humain est composé de 6 milliards de nucléotides. Après l'action de l'ADN polymérase, le message devenu largement prédominant est décodé par des techniques biochimiques classiques.

Le message peut être doublement caché grâce à la technique du micropoint, inventée par M. Zapp, à la fin des années 1930, qui consiste à réduire un texte secret à la taille d'un point et à le cacher dans un caractère quelconque d'un texte innocent. Cette technique a été très utilisée pendant la Seconde Guerre mondiale, au point de devenir la pièce maîtresse de l'espionnage. L'échantillon des brins d'ADN et le message secret qu'il contient pourraient être dissimulés dans un point d'un texte. Une personne qui souhaiterait intercepter le message devrait, d'une part, trouver le point et, d'autre part, déchiffrer le message sans connaître la séquence de l'amorce.

Ces travaux constituent une version moderne de la stéganographie où un message destiné à rester secret est dissimulé dans un autre, nettement plus volumineux, qui peut être rendu public. George Sand aurait pu déclarer ses désirs à Alfred de Musset grâce à un brin d'ADN.



Dissimulé dans de nombreux éléments qui lui ressemblent, un fragment d'ADN codant un message secret est reconnu par une enzyme nommée ADN polymérase grâce à une amorce spécifique. Le message ainsi multiplié à volonté est facilement identifié et déchiffré par le destinataire.

Plantes transgéniques purifiées

Pour sélectionner les plantes transgéniques qui ont incorporé le gène que l'on souhaite y introduire, on adjoint à ce dernier un gène de résistance aux antibiotiques : en présence de ces antibiotiques, seuls résistent les plants qui ont intégré le gène de résistance à l'antibiotique et, par conséquent, le gène d'intérêt. Toutefois ce gène de résistance aux antibiotiques inquiète, car on redoute sa dissémination dans l'environnement. Une équipe de l'Université Rockefeller a remplacé ce gène de résistance par un gène codant une enzyme qui participe à la synthèse de l'hormone de croissance des plantes. Au même stade de développement, les tout jeunes plants modifiés ont des rejets, ceux qui n'ont pas incorporé le gène sélectionné n'en ont pas.

Virus gelés

Des virus piégés dans les glaces arctiques y dorment depuis la nuit des temps. Un réchauffement notable de la température de la Terre entraînerait

la fonte des glaces et, par conséquent, la libération possible de virus que l'homme n'a jamais côtoyés et qui seraient potentiellement très dangereux. Cette crainte est née de la découverte d'un virus de plante, commun aujourd'hui, dans une carotte glaciaire prélevée au Groenland et qui couvrirait une période d'environ 140 000 ans.

Transportés par l'air ou par l'eau, des virus seraient piégés dans les glaces. Dans la glace, leur évolution est figée. Cela expliquerait que des souches apparemment «invariables» réapparaissent en divers points de la Terre : la fonte régulière de la glace au voisinage des pôles libérerait des virus emprisonnés ; emportés par les eaux, ils réinfecteraient une nouvelle région du monde.

Dépollution par les algues

Les algues peuvent absorber des métaux lourds dissous dans les rejets industriels. Séchées puis broyées, les algues sont conditionnées en granulés, bon marché. Mélangés à l'effluent à traiter, ces granulés absorbent jusqu'à plusieurs dizaines de grammes de métaux lourds par kilogramme de granulés. Après saturation, ils sont régénérables plusieurs fois et incinérables en fin de cycle. Une solution écologique!

Anti-inflammatoires de demain ?

Une nouvelle classe d'inhibiteurs enzymatiques.

La vie est un équilibre délicat : chaque réaction biologique est régulée de sorte que la quantité de substance produite reste confinée dans une fourchette «normale». Les enzymes jouent un rôle essentiel dans cette surveillance de la normalité : elles dégradent les molécules, dès qu'elles sont en excès. Simultanément, de multiples inhibiteurs régulent l'activité des enzymes elles-mêmes. Joëlle Vidal, dans l'équipe d'André Collet, à l'École normale supérieure de Lyon, et l'équipe de Michèle Reboud-Ravaux, à l'Institut Jacques Monod, à Paris, ont conçu, synthétisé et testé une nouvelle classe d'inhibiteurs enzymatiques, les alpha-hydrazinopeptides. Ils ont pour cible l'élastase leucocytaire humaine, une enzyme impliquée dans de nombreuses pathologies inflammatoires, telles que l'emphysème pulmonaire, la bronchite chronique, l'arthrite rhumatoïde ou encore le psoriasis.

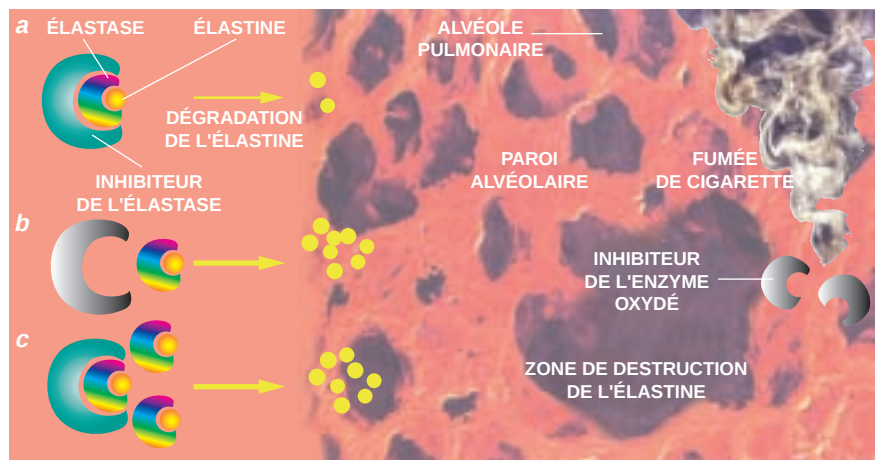
Dans l'organisme, les protéines sont dégradées par des enzymes, les protéases, lesquelles sont contrôlées par des inhibiteurs spécifiques qui évitent une suractivité des protéases et, par conséquent, des dégradations excessives des protéines. Parfois, les protéines sont exagérément dégradées, car les protéases sont trop actives en raison d'un

manque d'inhibiteur : ou bien un gène codant l'inhibiteur est muté, et ce dernier n'est pas produit ou est inactif ; ou bien l'inhibiteur est produit, mais sa structure est modifiée, et il est partiellement inactivé ; ce défaut d'inhibition d'une enzyme est responsable de plusieurs réactions inflammatoires.

L'élastase leucocytaire humaine est une enzyme véhiculée par des globules blancs. Elle est située dans les lysosomes, des organites qui constituent l'appareil digestif des cellules. Dans les conditions physiologiques normales, l'élastase, qui reste localisée dans les lysosomes, participe à l'élimination des cellules infectées ou anormales, mais lors de certaines inflammations, elle est excrétée des lysosomes et libérée sur le lieu de l'inflammation.

Son activité est modulée de deux façons : comme les lysosomes sont des vésicules isolées du reste des constituants cellulaires, l'élastase n'agit, normalement, que dans ces compartiments. Quand il lui arrive de quitter les lysosomes, elle passe dans le sang, et son activité y est contrôlée par son inhibiteur naturel, l'alpha-1 PI, et par des inhibiteurs tissulaires, qui agissent localement. Le large spectre d'action de l'élastase lui permet de dégrader différentes molécules, telles que des immunoglobulines (des anticorps) et des constituants de la matrice extracellulaire, l'élastine notamment.

Ainsi, on sait que dans l'emphysème pulmonaire, le gène codant l'inhibiteur principal de l'élastase, l'alpha-1-PI, est parfois muté ; la concentration plasmatique de cet inhibiteur diminue, de sorte que l'élastase est trop active et



La protéine élastine est dégradée par l'enzyme élastase leucocytaire humaine, dont l'activité est contrôlée par l'inhibiteur de l'élastase (a). Normalement la dégradation de l'élastine est limitée. Lorsque l'inhibiteur est inefficace (b, en gris), la réaction de dégradation de l'élastine s'emballe et les produits de dégradation de l'élastine (en jaune) s'accumulent. C'est également le cas lorsque l'inhibiteur est actif, mais que l'enzyme est présente en trop grande quantité (c). La paroi (en rouge orangé) des alvéoles pulmonaires (en gris) est alors détruite, de sorte que la surface disponible pour les échanges gazeux diminue. Les personnes ont alors des difficultés respiratoires. La fumée de cigarette oxyde l'inhibiteur, accélérant encore le phénomène.