

l'unité porteuse de charge avait de 100 à 500 nm de diamètre, les dimensions plus grandes étant associées aux matières plus vieilles. Les unités de ces diamètres sont en fait visibles au microscope électronique.

La forme d'onde planaire n'est pas limitée au tendon de la queue de rat. Gathercole et Keller à l'Université de Bristol ont trouvé la même formation tant chez les vertébrés que chez les invertébrés, dans une grande variété de tissus collagèneux doux comme les ligaments, la peau, les adventices et les cordes des tendons. Toutefois,

les structures collagèneuses reposant sur la rigidité à la compression pour leur fonction, par exemple, les os, les cartilages, l'humeur vitrée et le noyau pulpeux, ne présentaient pas l'effet crêpé. Il semble donc qu'il s'agit là d'un phénomène à grande échelle et qui permet indubitablement à la matière vivante d'absorber des chocs qui pourraient autrement provoquer des détériorations. Shah, à l'Université de Bristol a montré que la région de la courbe contraintes-efforts qui est susceptible de correspondre aux charges normalement rencontrées est celle qui est située au-dessous de la région du « bout de pied » et qui comprend juste cette région.

Vieillesse et maladies

Diamant et ses collègues ont constaté que la dimension croissante des fibrilles avec l'âge expliquait la rigidité accrue des tendons provenant d'animaux plus vieux. Il y a donc un autre effet à considérer, à savoir la liaison entrecroisée entre les fibres de collagène. Des travaux effectués à ce sujet, à l'Institut de recherche sur la viande, à Langford, près de Bristol, par le Dr A. J. Bailey, ont montré que la teneur en liaisons entrecroisées augmentait avec l'âge. Des résidus spécifiques de lysine et d'hydroxylysine dans la région terminale non hélicoïdale de la molécule de collagène forment ces liaisons entrecroisées et un mauvais fonctionnement, génétique ou autre, peut conduire à une maladie reconnue des tissus conjonctifs.

On trouve un autre facteur dans le comportement des tissus conjonctifs sous l'influence d'une charge dans la nature de la substance de base, c'est-à-dire la matrice amorphe dans laquelle les fibres protéiniques de collagène et d'élastine sont encastrées. A l'U.M.I.S.T. et à l'Université de Manchester, Minns, Soden et Jackson ont étudié l'effet des enzymes ou agents de chélation et ont montré que se produisaient des changements dans les efforts, la rigidité, le repos et dans d'autres effets dépendant du temps, changements probablement explicables en termes des changements induits dans la viscosité effective de la matrice interfibrilles.

Un tournant dans la fixation de l'azote? *

par Eleanor Lawrence

Avec la hausse du coût de l'énergie, il se pourrait que l'ère des engrais azotés artificiels, abondants et relativement peu onéreux, soit révolue, au moment même où l'on aurait désespérément besoin d'en produire davantage. La fixation de l'azote, c'est-à-dire la combinaison de l'azote moléculaire et de l'hydrogène pour former de l'ammoniac, est l'une des réactions biologiques naturelles les plus indispensables, que l'homme ne parvient à reproduire que d'une manière très grossière. La plupart des ingénieurs agronomes ont rêvé de pouvoir transférer la capacité de fixation biologique de l'azote, qui est l'apanage d'un groupe de bactéries limité mais néanmoins important, à de vastes cultures de denrées alimentaires.

La matière vivante renferme 8 à 10 % d'azote, contenus dans les protéines essentielles et les acides nucléiques. Mais bien que l'azote élémentaire abonde dans l'atmosphère, il est impossible aux plantes et aux animaux de l'utiliser sous cette forme. Avant de pouvoir être assimilé par les végétaux et entrer ainsi dans la chaîne alimentaire, il doit être transformé en ammoniac. Compte tenu du nombre réduit de bactéries du sol et d'algues bleues capables de le faire, la plupart des cultures ont besoin d'engrais azotés naturels ou artificiels.

Le groupe le plus important de bactéries fixatrices d'azote du point de vue des engrais est celui des rhizobiums, qui vivent en rapport symbiotique avec les racines de différentes légumineuses, telles que les

importantes cultures de fourrage, trèfle, luzerne, ainsi que les cultures de rapport telles que le soja. Longtemps avant l'ère des engrais azotés artificiels, on faisait pousser assez fréquemment du trèfle pour réazoter la terre entre des cultures telles que le blé et le maïs qui appauvrissent le sol en azote. Le trèfle peut fixer jusqu'à 300 kg d'azote par an à l'hectare ce qui dépasse ses propres besoins.

Dans ce rapport symbiotique mutuellement bénéfique, la plante fournit les sources d'énergie sous la forme de produits de photosynthèse, tandis que les bactéries fournissent les composés azotés dont la plante a besoin pour former ses protéines et ses acides nucléiques.

Les organismes fixateurs d'azote, qu'ils soient symbiotiques ou à l'état libre, canalisent l'énergie métabolique par l'intermédiaire d'une enzyme complexe, la nitrogénase, qui utilise l'azote pour produire de l'ammoniac. La meilleure chose que puisse faire l'homme pour favoriser cette remarquable réaction est de faire réagir l'azote et l'hydrogène à haute température et sous une forte pression (300 °C et 200-1 000 atmosphères), alors que l'enzyme nitrogénase donne d'excellents résultats à l'état naturel. Il faut une grande quantité d'énergie pour maintenir les conditions de température et de pression élevées indispensables à la réaction artificielle, aussi serait-il intéressant pour tout le monde qu'il devienne possible de transférer la fixation de l'azote à d'autres plantes cultivables utiles, ce qui permettrait de réduire la consommation d'engrais artificiels.

A l'heure actuelle, les équipes de recherche britanniques attaquent ce problème sous

différents angles. Des botanistes, au nombre desquels se trouve une équipe de l'Université de Nottingham, appliquent des techniques nouvelles de culture de cellules végétales. On peut obtenir des cellules isolées aux points de croissance des racines et des pousses de certaines plantes et, dans certains cas, il a été possible de faire pousser des plantes saines à partir de ces cellules. Si l'on fait dissoudre délicatement la paroi cellulaire rigide qui entoure la matière vivante par des enzymes appropriées, ne laissant que le protoplaste isolé, on peut même faire fusionner des cellules d'espèces différentes pour produire de nouvelles combinaisons génétiques impossibles à obtenir par les moyens de culture classiques. Il est également possible de faire absorber aux protoplastes isolés des matières et des molécules, et notamment des bactéries complètes et de l'acide déoxyribonucléique (ADN), en provenance de l'extérieur.

On espère parvenir un jour à transférer les rhizobiums, ou tout au moins les gènes régissant la fixation de l'azote, à d'autres plantes par ce moyen. Il y a encore beaucoup à faire, car si les bactéries ou l'ADN peuvent facilement être absorbés, il y a eu peu de cas où ils aient continué à fonctionner, et même ces cas sont contestés. Mais les travaux se poursuivent dans cette direction passionnante.

Le Groupe Fixation de l'Azote du Conseil de la recherche agricole (Agricultural Research Council's Unit of Nitrogen Fixation), à l'Université du Sussex, a choisi une autre approche qui consiste à isoler le système de fixation de l'azote pour étudier son fonctionnement. De grands

* De Spectrum 131

progrès ont déjà été accomplis au laboratoire du Sussex, par une équipe dirigée par le Professeur John Postgate, dans la découverte de la réaction complexe catalysée par l'enzyme nitrogénase. Cette réaction est particulièrement intéressante pour les chimistes car elle constitue indubitablement la clé de nouvelles méthodes plus rentables de fixation artificielle de l'azote.

Le laboratoire du Sussex est déjà parvenu à transférer le pouvoir fixateur de l'azote à d'autres bactéries. Ses récents travaux portent sur la régulation de la fixation de l'azote au sein de la bactérie. M. Roy Tubb, qui poursuit ses études à l'Université du Sussex, a élucidé un important facteur du contrôle des gènes fixateurs d'azote.

Glutamine synthétase

En utilisant une bactérie fixatrice d'azote à l'état libre de l'espèce *Klebsiella*, M. Tubb a obtenu des mutants qui étaient incapables d'utiliser l'azote atmosphérique ou de nombreuses autres sources d'azote simples. En examinant sa souche mutante,

il a constaté qu'aucune nitrogénase n'y était produite et qu'il y avait une quantité inférieure à la normale d'une autre enzyme, la glutamine synthétase, qui catalyse la réaction suivante dans le processus d'assimilation de l'ammoniac.

Comme c'est le cas de nombreuses voies métaboliques, la synthèse de l'enzyme nitrogénase est inhibée en présence d'une quantité suffisante du produit de la réaction qu'il catalyse, en l'occurrence l'ammoniac. De précédents travaux relatifs à différentes voies métaboliques comportant des composés azotés avaient laissé supposer que la glutamine synthétase jouait un certain rôle en libérant les gènes empêchant la répression des enzymes par l'ammoniac.

Entre temps, les chercheurs de l'Institut de Technologie du Massachusetts, aux États-Unis, avaient obtenu un mutant d'un parent *Klebsiella* capable de produire en permanence de grandes quantités de glutamine synthétase, mais totalement dépourvu de gènes fixateurs d'azote. Ils donnèrent le mutant à M. Tubb, qui y transféra des gènes fixateurs d'azote et découvrit que

non seulement il synthétisait la nitrogénase, mais qu'il le faisait même en présence d'ammoniac. Le groupe du Massachusetts fit l'expérience inverse : il transféra les gènes mutés de glutamine synthétase sur un *Klebsiella* fixant naturellement l'azote et démontra que les gènes fixateurs d'azote n'étaient plus régulés par l'ammoniac. Ces résultats laissent supposer que la glutamine synthétase est un commutateur, normalement actionné par l'ammoniac, qui contrôle la fixation de l'azote.

La découverte du rôle régulateur de la glutamine synthétase pourrait bien faire la lumière sur certains problèmes de recherche épineux. L'un des objectifs à long terme est le transfert du pouvoir fixateur d'azote aux plantes par introduction de gènes fixateurs d'azote en provenance de bactéries. Il est déjà évident que des gènes régulateurs, éventuellement ceux qui ont un rapport avec la fabrication de glutamine synthétase, devront également être présents. L'étude des autres gènes supports nécessaires est un aspect important des recherches actuellement effectuées dans ce domaine.