

consommation supplémentaire de combustibles fossiles et elle contribuera de ce fait à l'épuisement des ressources non renouvelables. Finalement, l'utilisation d'engrais n'est pas rentable du fait que les plantes absorbent rarement plus que le tiers du produit répandu sur les champs, le reste étant lessivé par la pluie qui l'entraîne dans les rivières où il favorise souvent la prolifération de plantes et d'algues étouffantes.

Face à ces aspects négatifs, l'importance de la fixation biologique de l'azote est évidente. Bien que seuls quelques micro-organismes (certaines bactéries et algues) soient capables de fixer l'azote atmosphérique, les processus de fixation qu'ils utilisent sont au moins trois fois plus efficaces que ceux de l'industrie. Certains fixateurs d'azote sont présents dans le sol alors que d'autres vivent en association avec des plantes et se complètent mutuellement. De ce dernier groupe, ce sont les bactéries du genre *Rhizobium* qui sont les plus connues et de loin les plus importantes pour l'humanité; elles se développent dans les nodules des racines des légumineuses.

Lorsqu'une bactérie *Rhizobium japonicum* infecte une cellule racinaire de soja, légumineuse avec laquelle elle vit en association symbiotique, celle-ci se divise et les cellules filles subissent quelques légères modifications pour accommoder jusqu'à 2 000 de ces micro-organismes dits bactérioides. Bien que considérablement élargies, ces cellules ne sont pas endommagées. Lorsque l'on élimine la terre qui recouvre les racines de soja infectées on peut voir des amas de nodules blanchâtres de la taille d'une petite bille et constitués de cellules bourrées de bactéries. Cette infection ne nuit pas à la santé de la plante; au contraire, elle favorise son développement. Pour les résultats que le procédé Haber permet d'obtenir au moyen de températures de plusieurs centaines de degrés et de pressions des centaines de fois supérieures à la pression atmosphérique, les bactéries ne demandent que des températures et des pressions ordinaires et l'énergie du Soleil; elles tirent l'azote atmosphérique du sol poreux et le convertissent en ammonium que la plante peut utiliser.

À partir de l'azote fixé par son partenaire symbiotique, la plante synthétise des acides aminés. Ceux-ci sont par la suite assemblés en protéines dont nous nous nourrissons sous forme de caillé au soja, de tofu ou d'autres produits

alimentaires. Cependant, le soja, les arachides, les pois chiches ainsi que d'autres légumineuses ne jouent actuellement qu'un rôle mineur dans l'alimentation de la population mondiale. Ne serait-il pas possible de faire bénéficier les plantes qui jouent un rôle plus important dans notre régime alimentaire, comme le maïs, le riz ou le blé, de cette association fertile qui existe entre les légumineuses et les bactéries responsables de la fixation de l'azote? Pour être en mesure de répondre à cette question, il est nécessaire d'élucider les mécanismes moléculaires complexes qui interviennent dans cette symbiose particulière, et c'est pour le récompenser des recherches qu'il a effectuées dans ce domaine d'importance vitale que le Dr Desh Pal Verma s'est vu décerner une Bourse commémorative E.W.R. Steacie.

Desh Verma a grandi dans le petit village de Tikri, au nord de l'Inde. "Même lorsque j'étais jeune", explique-t-il, "j'étais déjà attiré par la Science. Je voulais savoir comment les choses fonctionnaient. À 13 ans, par exemple, je fabriquai mon premier poste de radio avec quelques pièces de base et ceci me permet maintenant de réparer l'équipement de laboratoire en cas d'urgence." Après avoir obtenu son B.Sc. et son M.Sc. en morphologie végétale à l'Université d'Agra, il quitta l'Inde pour venir au Canada et, en 1970, il obtenait son Ph.D. à l'Université de Western Ontario où il effectua des travaux sur la capacité des plantes de survivre aux radiations ionisantes. Il étudia pendant deux autres années à l'Institute of Cancer Research, à Philadelphie, qu'il décrit comme un "organisme très dynamique où la compétition est vive", puis il entra à McGill où il fut attiré par un domaine tout nouveau: la botanique moléculaire.

Au début des années 70, de nombreux spécialistes de biologie moléculaire s'intéressaient aux possibilités d'incorporer dans le matériel génétique des plantes les gènes bactériens "fixateurs d'azote" pour leur permettre d'assurer leur propre fertilisation. D'après le Dr Verma, ceci semblait plus difficile "que de croiser des pommes avec des oranges". "Je doutais un peu de la faisabilité de ce projet", ajouta-t-il, "car il ne suffit pas d'introduire des gènes de bactéries dans des plantes, il faut également assurer leur expression se traduisant dans ce cas par la production de l'enzyme nitrogénase responsable de la

fixation de l'azote et favoriser le déroulement de ce processus en fournissant l'énergie biologique nécessaire. En outre, alors que la cellule végétale a besoin d'oxygène pour survivre, la nitrogénase est très sensible à cet élément. Je m'intéressais plutôt aux gènes intervenant dans la symbiose; ma stratégie consistait à expliquer leur mécanisme d'expression et à trouver un moyen de les manipuler afin de transférer à d'autres plantes la capacité de collaboration entre bactéries et légumineuses." Ceci est peut-être facile à dire, mais bien plus difficile à réaliser.

"Reconnaître les gènes intervenant dans la symbiose", ajoute le Dr Verma, "est aussi difficile que de chercher un chat noir dans la nuit, il n'existe aucun point de repère pour vous guider."

Cependant, à la suite d'une série d'expériences élégantes et délicates, le Dr Verma et ses collègues réussirent à dresser les grandes lignes de ces gènes si bien masqués.

"Je commençai d'abord par chercher un moyen d'étudier un gène végétal particulier", explique-t-il. "En général, le matériel génétique des cellules végétales n'est pas très abondant, mais les nodules des racines des légumineuses riches en protéines appelées légghémoglobines attirèrent immédiatement mon attention."

Rencontrée uniquement dans les nodules des racines des légumineuses, la légghémoglobine ressemble par sa couleur et ses fonctions à l'hémoglobine qui donne sa couleur rouge au sang et qui véhicule l'oxygène des poumons aux cellules. En effet, elle colore l'intérieur des nodules de soja en rose comme on peut le voir en les sectionnant et elle est également constituée d'une protéine et d'une molécule d'hème qui fixe l'oxygène.

L'objectif du Dr Verma était de déterminer le code génétique de la synthèse de la légghémoglobine non pas sous la forme qu'il revêt dans l'ADN du noyau, mais tel qu'il est exprimé dans l'ARN messager, au niveau de la synthèse des protéines. De nombreux chercheurs ont essayé d'isoler ces séquences particulières du matériel génétique de cellules eucaryotes (ou contenant un noyau), mais peu d'entre eux y sont parvenus.

Les gènes sont des petits segments de molécule d'ADN constitués de deux brins entortillés. Tout comme les lettres d'un mot de passe, les unités chimiques qui se suivent comme des maillons d'une chaîne le long de cha-