



2016 a été proclamée Année internationale des légumineuses par les Nations unies. Une occasion pour prendre conscience de l'importance des enjeux agricoles. Et si la sécurité alimentaire de la planète passait par de nouvelles cultures ? En voici quatre, glanées aux quatre coins de la Terre.



NICOLAS MESLY

INDE LE DÉRAPAGE DE LA

**L'INDE EST LE BERCEAU DE LA RÉVOLUTION VERTE, FONDÉE SUR LA
UN MILLIARD D'ÊTRES HUMAINS. MAIS CES HYBRIDES ONT AUSSI**

Par Nicolas Mesly au Punjab, en Inde

A huit heures de route de la capitale, New Delhi, se trouve la ville de Ludhiana. Elle abrite la mythique université agricole du Punjab (PAU), « mère de la révolution verte ». La PAU collabore avec le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR). Depuis la fin des années 1960, des généticiens travaillent à mettre au point, dans des centres de recherche au Mexique, aux États-Unis, en Inde et aux Philippines, des hybrides de blé et de riz qui permettraient de doubler, voire tripler les rendements. Il s'agit de produire en masse pour s'assurer de nourrir

à long terme les populations grandissantes d'Asie et d'Amérique latine.

Connu sous le nom de « révolution verte », l'enjeu de cet effort scientifique, largement financé par le gouvernement états-unien et certains organismes privés comme la Rockefeller Foundation, était aussi politique. L'un des buts poursuivis, entre autres, était d'empêcher l'Inde de tomber dans le giron communiste.

Le hic, c'est que ces hybrides sont boostés avec un engrais chimique, l'urée, et qu'ils siphonnent une quantité démentielle d'eau ! « On a atteint des rendements de blé et de riz de six tonnes par hectare, mais au prix de nos nappes phréatiques.



Les agriculteurs indiens préfèrent maintenant acheter des semences développées par les chercheurs de l'université agricole du Punjab (PAU) plutôt que les semences industrielles. Elles offrent de meilleurs rendements.

RÉVOLUTION VERTE

DÉCOUVERTE D'HYBRIDES DE BLÉ ET DE RIZ QUI, DIT-ON, AURAIT SAUVÉ DE LA FAIM

MENÉ À UNE CATASTROPHE ÉCOLOGIQUE ET ALIMENTAIRE

La prochaine révolution verte doit préserver nos ressources naturelles», déclare Rajan Aggarwal, spécialiste des sols et de l'eau de la PAU.

Pour cultiver le paddy – le riz complet –, on trouve le sol d'une multitude de puits. Plus de 12 millions de pompes siphonnent les nappes phréatiques ! L'irrigation est telle que le Punjab est devenu le plus grand lac artificiel d'eau douce de la planète. Les chiffres déclinés par le spécialiste sont hallucinants. Pour n'en donner qu'un : depuis 1991, le niveau des nappes d'eau souterraine a baissé entre 10 m et 30 m ! Il aura fallu une seule génération pour vider le sous-sol du Punjab.

Les scientifiques rencontrés à la PAU cherchent donc des solutions pour une agriculture plus durable. D'abord, ils planchent sur des variétés de riz basmati précoces. Prêtes à être récoltées à 100 jours plutôt qu'à 130 ou 140, elles exigent une moins grande quantité d'eau. Ensuite, ils encouragent l'utilisation par les agriculteurs d'une machine au laser (qui coûte plus de 25 000 \$) pour niveler leurs champs. L'appareil fait économiser de 15 % à 25 % d'eau. Ils ajoutent que, depuis 10 ans, un tiers de la superficie cultivée de l'État a été nivelée grâce à cet engin miracle « made in Punjab ». Enfin, ils optent pour des systèmes d'irrigation goutte à goutte, auxquels de plus en plus

d'agriculteurs ont déjà recours. L'objectif ultime de la PAU : réduire la consommation d'eau et laisser à la mousson le soin de recharger les aquifères. Comme dans le reste de l'Inde, 60 % des terres cultivées au Punjab sont pluviales et 40 % sont irriguées.

Toutefois, rappelle l'ex-doyen de la PAU, l'agroéconomiste S.S. Johl, c'est la révolution verte qui a transformé le Punjab en producteur de riz. La région était d'abord productrice de blé. Le chercheur est formel : le Punjab, déjà en déficit d'eau, ne devrait pas produire de telles quantités de riz. En même temps, il dénonce les subventions à outrance de New Delhi qui, selon lui, sont les vé-

ritables responsables du pillage des nappes phréatiques. Les producteurs ne paient ni pour l'eau ni pour l'électricité, ils bénéficient de subventions pour l'urée et le diesel, en plus d'obtenir des prix garantis pour la culture de riz et de blé. Ce qui encourage un gaspillage éhonté des ressources et une attitude « au plus fort la pompe » entre producteurs.



révolution verte ont été conçus pour avoir des pailles courtes qui leur permettent de résister aux intempéries. Trop d'urée fait pousser les plants en orgueil, fragilisant les tiges, qui plient sous le poids des épis. Résultat: les grains sont mangés au sol par les rats et les oiseaux. Que la révolution verte ait dérapé, en voici bien la preuve.

Le long de la route qui mène de Ludhiana à Bathinda jusqu'à Chandigarh, la capitale du Punjab, les champs de blé passent du vert à l'or. Nous sommes au début de mars et, dans trois semaines, des milliers de moissonneuses y battront le grain. J'aperçois régulièrement d'immenses ronds d'épis couchés, comme si des éléphants s'y étaient prélassés. Cette verse n'est due ni au vent ni à la grêle, mais à une trop grande utilisation d'urée, m'explique-t-on. Les hybrides de blé de la

Il faut dire que l'urée, fortement subventionnée par New Delhi, coûte moins cher que le sel, ce qui encourage sa surutilisation. Le gouvernement de l'actuel premier ministre de l'Inde, Narendra Modi, envisage de transférer directement aux producteurs les subventions – évaluées à près de 13 milliards de dollars par an – actuellement octroyées aux fabricants d'engrais. Mais cela aurait pour effet d'augmenter le prix de l'engrais à la ferme, une mesure pas très populaire. « Je suis contre. Je préfère que les subventions de l'urée restent entre les mains

des fabricants. Parce que je ne veux pas attendre un mois avant d'être remboursé par le gouvernement », dit Haridenyat Gill, un producteur de céréales rencontré sur sa ferme tout près de Lidhuana.

En plus de fragiliser les plants, cette surdose d'urée épandue dans l'ensemble du pays a brûlé les sols. L'Inde a un rendement de céréales à l'hectare par quantité d'engrais appliquée plus bas que celui de la Chine et deux fois moindre que celui des États-Unis. C'est pour cette raison que Narendra Modi a lancé en février dernier un vaste programme appelé « Carte nationale des sols ». Cette opération vise à doter de laboratoires d'analyses de sol plus de 2 000 points de vente de compagnies d'engrais, au cours des 3 prochaines années. Selon ce plan, chaque producteur possédera sa carte de sol. Il connaîtra ainsi les besoins en azote, phosphore, potasse et microéléments de son lopin de terre, ainsi que son taux de matière organique. « C'est une situation "gagnant-gagnant" puisque les producteurs vont utiliser moins d'urée. Le gouvernement va donc économiser

QUÉBEC APATITE, BACTÉRIES, MYCORH

ON N'AURA PLUS JAMAIS LES ENGRAIS QU'ON AVAIT! ET C'EST TANT MIEUX.

Par Joël Leblanc

NP, K... Azote, phosphore et potassium sont les éléments majeurs dont les plantes ont besoin en grande quantité pour croître. D'ailleurs, c'est au pourcentage de chacun de ces éléments présents dans la préparation que font référence les trois chiffres qui se trouvent sur les emballages d'engrais (par exemple 20-10-20). Mélangés à la terre, ces éléments pénètrent dans les plantes par leurs racines.

Si les composés d'azote et de potassium se trouvent ou se fabriquent relativement aisément – et n'importe où –, le phosphore, lui, est plus localisé. D'ordinaire, il provient de quelques gisements de roches sédimentaires phosphatées dont les strates se sont accumulées pendant des millions d'années au fond d'anciennes mers aujourd'hui disparues. Les principaux gisements se trouvent au Maroc, en Chine, aux États-Unis et en Syrie.

Le minerai tiré de ces gisements est une variété de phosphate de calcium appelée apatite. Telle quelle, l'apatite n'est pas très soluble; elle doit être traitée à l'acide sulfurique pour être assimilée par les plantes. On l'appelle alors superphosphate.

Comme tous les minerais, l'apatite est une matière première non renouvelable et on finira un jour par avoir exploité tous les gisements. Difficile de connaître ce moment, toutefois: 50 ans pour les plus pessimistes; quelques siècles pour les plus optimistes. Quoi qu'il en soit, sans l'apatite, l'agriculture comme on la pratique aujourd'hui ne pourra que péricliter.

Mais ça, c'est sans compter sur les mycorhizes. Ces champignons souterrains, en forme de fins filaments, s'associent intimement aux racines et augmentent le volume de sol dans lequel la plante peut puiser des ressources. « De plus, les mycorhizes sont capables, grâce à des en-



EYE OF SCIENCE/SPL

Une mycorhize au microscope électronique



L'eau est un enjeu critique dans le Punjab et en Uttar Pradesh, parmi les États les plus pauvres de l'Inde. Ce paysan puise le liquide vital dans une nappe souterraine grâce à une pompe au diesel.

NICOLAS MIESLY

d'énormes subventions et la santé des sols va s'améliorer », se réjouit P.K. Joshi, directeur Asie du Sud de l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI), basé à New Delhi. Quelque 140 millions de cartes de santé de sol ont déjà été émises par le ministère indien de l'Agriculture.

« Ces tests de sols, ce n'est pas assez !

Nous devons accroître leur fertilité en réduisant notre dépendance aux engrais chimiques, en favorisant la diversité et la rotation de cultures », affirme Vibha Varshney, éditrice du magazine *Down to Earth* publié par le Centre pour la science et la technologie, aussi basé à New Delhi. Pour briser les monocultures de blé et de riz, elle suggère l'adoption de politiques

agricoles qui favoriseraient par exemple la culture de lentilles, championnes toutes catégories en matière écologique. Peu gourmandes en eau, elles permettraient de régénérer les sols en azote naturel et de réduire l'apport d'urée. De plus, le pays en est fortement déficitaire (le Canada fournit 40 % des lentilles importées par l'Inde). Cette culture aurait des effets bénéfiques non seulement sur le plan agronomique, mais aussi sur le plan nutritionnel, la lentille étant riche en fer. « Cette seconde révolution verte doit aussi tenir compte des déficiences alimentaires de la population indienne. Près de 90 % des femmes enceintes au pays sont anémiques ! » ajoute A. Kishore, responsable de l'agriculture durable et des changements climatiques à l'IFPRI. Reste à voir si le gouvernement donnera l'impulsion nécessaire pour concrétiser cette deuxième révolution verte. **CS**

IZES ET EAUX USÉES

zymes particulières, de dissoudre le phosphate, même le phosphate non traité chimiquement, et de le rendre disponible pour la plante, explique J. André Fortin, biologiste rattaché à l'Université Laval. Les superphosphates sont tellement solubles qu'ils sont rapidement lessivés par les eaux de pluie. Des phosphates ordinaires restent plus longtemps dans le sol, et ils peuvent servir de source de phosphore à une plante si elle se fait aider par ses mycorhizes. »

Mais il existe aussi des gisements d'apatite ignée, c'est-à-dire issue du refroidissement du magma. Ils renferment généralement moins d'apatite que les gisements sédimentaires et elle est plus difficile à séparer de la roche, car elle est plus dure. Cette source de phosphore étant de moins bonne qualité pour les engrais, on l'a longtemps négligée. Avec la pénurie annoncée, cependant, elle devient intéressante. Surtout grâce à l'élargissement des connaissances sur les mycorhizes. Là où les agriculteurs épandaient autrefois des superphosphates, ils peuvent maintenant inoculer la terre avec des my-

corhizes pour favoriser une symbiose avec les racines des plantes, puis fertiliser la terre avec des phosphates ordinaires. « Par l'intermédiaire des mycorhizes, continue J. André Fortin, ces phosphates fournissent autant de phosphore que les superphosphates, et comme ils ne risquent pas d'être lavés par les pluies, on n'a pas besoin d'en mettre autant. »

Ces mycorhizes sont offertes, depuis quelques années, sous forme de poudre et les cultivateurs sont de plus en plus nombreux à adopter la formule. L'apatite ignée, elle, attend dans le sol. Au Québec, deux entreprises prévoient commencer prochainement l'exploitation de mines d'apatite: Mine Arnaud, à Sept-Îles, et Ariane Phosphate, au Saguenay. Une agriculture un peu plus verte que pourrait soutenir l'industrie minière d'ici...

La situation est encore plus intéressante depuis qu'une équipe de l'Université Laval a démontré, il y a un an, que l'association plante-mycorhize pouvait être encore améliorée par l'arrivée d'un troisième joueur: des bactéries, présentes dans le sol, capables de sécréter des acides orga-

niques et de dissoudre l'apatite. Ces bactéries rendent le phosphore encore plus disponible aux mycorhizes qui le transmettent à leur tour à la plante¹.

Il y a aussi des initiatives intéressantes en différents endroits du monde pour récupérer les énormes quantités de phosphore que contiennent nos excréments et ceux des animaux d'élevage. À Vancouver, par exemple, une compagnie a mis au point une technologie prometteuse qui permet de récupérer jusqu'à 90 % du phosphore présent dans les eaux usées par un procédé biologique. Elle le transforme en un engrais économique directement utilisable par les agriculteurs. Le procédé permet déjà de produire 2 000 tonnes d'engrais par an à la station d'épuration d'Edmonton, en Alberta.

¹ La découverte a d'ailleurs valu aux chercheurs une place dans notre palmarès des 10 découvertes de l'année 2015 et a été la préférée de nos lecteurs. Voir *Québec Science*, janvier-février 2016, p. 25-27.