



4. LE ZAÏ EST UNE PRATIQUE TRADITIONNELLE consistant à creuser de petits bassins, où se concentrent l'eau et les fertilisants. Il pourrait être combiné avec les techniques promues dans le cadre de la Grande Muraille verte.

Le dattier du désert a aussi de multiples usages : pharmacologiques pour les feuilles et l'écorce (qui traite la diarrhée), alimentaires (les fruits sont comestibles et donnent du jus et de la crème). Quant au jujubier, il produit des fruits comestibles.

Pour l'instant, le Sénégal est le seul pays qui a commencé la mise en place de la Grande Muraille verte. Il a créé des pépinières forestières, où les arbres sont cultivés en pots pendant quatre mois avant d'être plantés dans la nature. Entre 2008 et 2010, près de huit millions de plants ont été produits, plus de 16 000 hectares de forêt plantés et plus de 4 500 kilomètres de pare-feu creusés (les chiffres postérieurs à 2010 ne sont pas disponibles, mais le projet s'est poursuivi à un rythme comparable). En outre, des jardins ont été installés autour des villages, afin d'améliorer les revenus des populations locales. Des produits à haute valeur ajoutée, notamment maraîchers, y sont cultivés par des femmes. Le projet a été long à mettre en place, en particulier au niveau institutionnel, et les événements récents, tels que la guerre au Mali, l'ont ralenti, mais il devrait s'accélérer dans les prochaines années.

Une autre difficulté est que les arbres n'atteignent leur maturité qu'au bout de 20 à 30 ans et ne commencent à avoir un effet sur les écosystèmes que dix ans après leur plantation (rappelons que les premiers arbres de la Grande Muraille verte ont été plantés en 2008). Il faut donc que les populations locales les protègent et les entretiennent pendant leur développement.

De multiples recherches visent à accélérer ce développement – nous y reviendrons.

En 2009, l'Institut Écologie et environnement du CNRS a créé un Observatoire hommes-milieus (OHMi) à Tésékéré, au Nord-Est du Sénégal, en collaboration avec plusieurs organismes. Il regroupe des laboratoires du CNRS et de l'IRD, ainsi que des universités du Sénégal et du Burkina Faso. Il mène des recherches dans plusieurs domaines, aussi bien biologiques qu'écologiques, culturels, sociaux, sanitaires et climatiques, afin d'analyser et d'optimiser la mise en place de la Grande Muraille verte.

En foresterie, par exemple, on cherche à améliorer la production de plants dans les pépinières, au travers de l'étude de graines de provenances diverses (certaines poussent plus vite et donnent des arbres plus grands, qui produisent plus de graines), de différents substrats (mélanges divers de sable et de matière organique) et de récipients variés (influence de la forme et du volume du pot sur la croissance de l'arbre). Nous avons par exemple breveté une technique consistant à réduire en poudre des termitières mortes et à les mélanger à la terre ; cette source de matière organique favorise la croissance des arbres.

Gérer les rivalités entre éleveurs et cultivateurs

Un autre domaine de recherche clef est la modélisation des systèmes socio-écologiques, afin d'aboutir à une meilleure gouvernance. Les rivalités entre éleveurs et cultivateurs sont l'un des paramètres critiques pour la réussite de la Grande Muraille verte, comme l'a montré le cas algérien. Diverses solutions sont appliquées pour que ces rivalités ne soient pas rédhitoires : des couloirs sont aménagés pour le passage des troupeaux, les périodes des passages sont adaptées afin de ne pas nuire aux cultures, etc.

Dans le domaine sanitaire, on vérifie par exemple que la mise en place de gros réservoirs d'eau ne favorise pas une pullulation d'insectes vecteurs de maladies dans les villages environnants. En termes de biodiversité, un programme vise à recenser les espèces d'oiseaux présentes et à suivre leur évolution à mesure que la Grande Muraille verte progresse et que les paysages se transforment. On cherche aussi à évaluer l'éventuel impact de la muraille sur le climat.

LE BRÉSIL ESPÈRE S'INSPIRER
de certains projets pour lutter
contre la désertification qui menace
les régions arides du Nord-Est du pays.

■ À ÉCOUTER

Jeudi 19 décembre, Robin Duponnois reviendra sur la lutte contre la désertification dans l'émission **La marche des sciences**, sur France Culture de 14h à 15h.
www.franceculture.fr

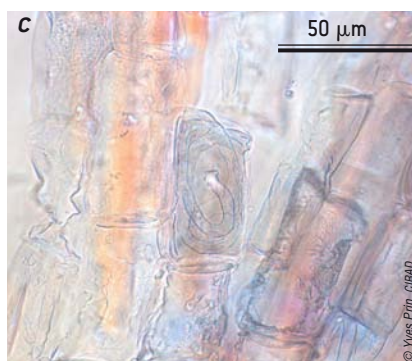
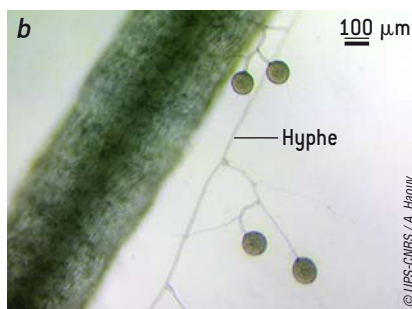
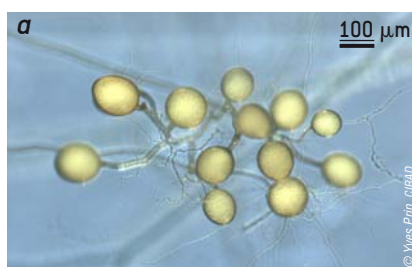


De nombreuses études concernent les micro-organismes naturellement présents dans les sols, qui pourraient se révéler des auxiliaires précieux pour la mise en place de la Grande Muraille verte. Certains favorisent l'absorption de minéraux par les plantes et d'autres neutralisent les pathogènes ou les parasites. Dans ce domaine, des résultats potentiellement utiles dorment dans les laboratoires, parfois depuis plusieurs dizaines d'années, et n'ont jamais été exploités à grande échelle. L'un des objectifs de la structure constituée des Pôles ruraux de développement et de l'Observatoire hommes-milieu est de transférer les acquis de la recherche aux agriculteurs. À titre d'illustration, examinons le cas des champignons mycorhiziens, qui favorisent la nutrition des plantes cultivées, et celui des biopesticides utilisables contre les plantes phytoparasites du genre *Striga*.

Des champignons pour réhabiliter les sols

Les champignons mycorhiziens sont des organismes microscopiques du sol très vulnérables à la désertification. Ils vivent en symbiose avec les racines de certaines plantes. Ce sont des éléments clés du fonctionnement du sol, en particulier dans les milieux arides et semi-arides. Ils sont impliqués dans les principaux cycles biogéochimiques assurant la fertilité des sols, tels ceux du phosphore, de l'azote et du carbone. La symbiose mycorhizienne accélère notablement la croissance de la plante, à laquelle les champignons fournissent des ressources minérales (voir la figure 5). En outre, ils fabriquent des substances toxiques pour les pathogènes.

On a longtemps considéré que l'impact du champignon sur le développement de la plante résultait uniquement des interactions des deux composantes de la symbiose (la plante et le champignon). On sait aujourd'hui que la symbiose modifie l'exsudat racinaire (un liquide excrété par les racines), influant ainsi sur l'abondance et la diversité de la microflore du sol qui s'en nourrit. À proximité des racines, voire à l'intérieur des cellules végétales, se développe une population microbienne spécifique, nommée mycorhizosphère. Celle-ci inclut des bactéries fixatrices d'azote, notamment du genre *Azospirillum* : ces bactéries établissent des endosymbioses (des symbioses où l'un des deux organismes



5. LES CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS (a) sont des micro-organismes du sol qui établissent des symbioses avec les plantes. Ils favorisent leur croissance [d, à gauche : plants de quatre mois sans champignons ; à droite : plants de quatre mois avec champignons], notamment en leur fournissant de l'eau et des minéraux, qu'ils collectent via de longs filaments, les hyphes (b, des spores connectées par des hyphes). Certains de ces filaments (c, en bleu) pénètrent dans les cellules des racines, avec lesquelles ils assurent divers échanges. En retour, la plante alimente le champignon en matière organique.

est contenu dans l'autre) racinaires avec la plante, dont elles favorisent la croissance. Les plantes concernées sont par exemple les légumineuses (trèfles, fèves, lentilles, etc.) ou certains arbres, tels les aulnes.

Des pratiques culturales favorisant les symbioses mycorhiziennes seraient un atout pour la gestion durable des terres, car elles optimiseraient la croissance des plantes sans appauvrir les sols. Elles permettraient de résoudre un paradoxe apparent : les plantes manquent de phosphore, ce qui est l'un des principaux facteurs limitant leur croissance, et pourtant cet élément abonde dans le sol de ces régions. Le problème est qu'il est surtout présent sous forme de complexes chimiques insolubles, tel du phosphate d'aluminium ou de fer, que les plantes ne parviennent pas à exploiter. Les champignons mycorhiziens, eux, en sont capables, grâce à divers mécanismes : ils peuvent par exemple acidifier le sol en libérant des protons (H^+) ou des acides organiques, ce qui leur permet de dissoudre les complexes chimiques et d'en extraire le phosphore. Ils le transmettent ensuite à la plante, via leurs longs filaments qui pénètrent dans les cellules végétales.

Plusieurs techniques culturales assez simples, mais hélas peu répandues, sont possibles. On peut par exemple semer des plantes dites hypermycotrophes, telles des légumineuses, qui établissent facilement la symbiose et favorisent la multiplication du champignon dans le sol. Le sol s'enrichit ainsi durablement en propagules fongiques (les spores, à partir desquelles croissent de nouveaux champignons) qui bénéficieront aux cultures. En milieu naturel, les plantes hypermycotrophes sont les premières à s'implanter lors de la reconstitution d'un couvert forestier.

Autre possibilité : la diffusion massive de champignons sur le sol en une fois. On peut aussi adopter une stratégie combinée avec les pratiques culturales traditionnelles, tel le zaï. On concentrerait alors les micro-organismes dans les cuvettes où sont plantés les arbres ou les plantes cultivées, ce qui diminuerait les quantités nécessaires.

Dans le cadre des pépinières, on mélange des racines colonisées par des champignons à la terre du pot. Cette technique a été utilisée pour la première fois dans la Grande Muraille verte en juin 2012 sur des jujubiers. Après les quatre mois de culture en pots, ils étaient bien plus grands que des arbres cultivés sans champignons (voir la figure 5). Au bout d'un an, leur taille restait très supérieure et

Les causes de la désertification

La désertification se manifeste par un appauvrissement du sol de certaines régions, où le désert finit par s'installer. Elle touche surtout les zones arides et semi-arides, qui représentent 41 pour cent de la superficie des continents. Elle a de multiples causes, naturelles ou anthropiques.

Les facteurs naturels sont soit habituels en zone aride (déficit pluviométrique, températures élevées, insolation forte), soit exceptionnels : c'est le cas, par exemple, des crues côtières, qui salinisent les sols. Le principal facteur anthropique est la surexploitation des terres. Les monocultures consomment toujours les mêmes types de nutriments, et les besoins en bois de chauffage, en champs et en pâturages conduisent à



La plante parasite *Striga hermonthica*, qui s'accroche aux racines des céréales et pompe leur sève, entraîne des pertes importantes.

une déforestation notable. En outre, des pathogènes et des parasites limitent la productivité des systèmes agricoles. Les plantes cultivées et les arbres sont d'autant moins tolérants à ces agressions que les sols

qui les abandonnent. Appauvries, dénuées de plantes pour stabiliser la couche de terre fertile et superficielle, elles sont balayées par les vents, lessivées par les pluies et deviennent désertiques.

Les régions arides sont les plus vulnérables, car la régénération naturelle du couvert végétal et des sols y est cinq à dix fois plus lente que dans les zones où les précipitations sont plus importantes et régulières. En outre, le PIB y est inférieur de 50 pour cent par rapport aux zones non arides, d'où un faible accès des agriculteurs aux méthodes modernes. Et la population y a augmenté de 18,5 pour cent dans les années 1990, accroissant la pression sur les ressources.

© Georges Sallé, Université Paris 6

leur mortalité était moindre. L'impact sur la production de fruits, qui commence vers l'âge de trois ans, pourra être déterminé dans un an ou deux.

D'autres plantations associant arbres mycorhizés et non mycorhizés sont prévues pour 2014 au Sénégal, au Mali et au Burkina Faso. L'objectif est d'en faire des vitrines pour les populations locales, afin de montrer les effets bénéfiques des symbioses mycorhiziennes. On espère ainsi encourager les pratiques qui les favorisent et aboutir à leur exploitation à grande échelle.

Une plante parasite qui fait perdre 40 pour cent des récoltes

Un autre domaine où les micro-organismes du sol pourraient se révéler utiles est la lutte contre les phytoparasites. En Afrique subsaharienne, les céréales constituent la base de l'alimentation et certaines plantes parasites limitent fortement leur production. La pire est l'espèce *Striga hermonthica*, qui s'accroche à la racine de la céréale et pompe sa sève, au point qu'elle finit par dégénérer et mourir (voir l'encadré ci-dessus). Cette plante est abondante dans les sols dégradés des régions semi-arides, où elle entraîne des pertes de rendement considérables dans les principales cultures vivrières de ces régions, à savoir le sorgho, le mil, le maïs, le riz et le fonio. Ces pertes varient entre 10 et 90 pour

cent des récoltes, pour une moyenne estimée à 40 pour cent en Afrique subsaharienne (soit environ 8 300 000 tonnes de cultures vivrières). Ainsi, *Striga hermonthica* menace de famine plus de 300 millions d'habitants de l'Afrique subsaharienne.

Diverses méthodes ont été développées pour lutter contre cette plante parasite, telles que l'arrachage des plants, la sélection de variétés de plantes cultivées résistantes et l'application d'herbicides. Toutefois, les résultats ont été décevants. *Striga hermonthica* est difficile à éliminer, car même si l'on supprime les plants, les graines survivent pendant des dizaines d'années dans le sol.

Depuis plusieurs décennies, divers programmes de recherche tentent de trouver une parade, soit en inhibant la germination des graines ou le développement des plantules, soit en stimulant une germination « suicidaire » (les graines germent en l'absence de la plante hôte et n'ont aucune chance de survivre). On détruirait ainsi les graines existantes et on empêcherait la production de nouvelles graines. Certains micro-organismes fongiques ou bactériens indigènes, qui vivent dans le sol, fabriquent des substances ayant de tels effets. Il y a plus de dix ans, l'équipe de l'un de nous (R. Bally) a par exemple découvert que des bactéries du genre *Azospirillum* sont des pathogènes redoutables pour *Striga hermonthica*. Elles synthétisent une molécule qui bloque sa germination à un stade précoce et entraîne la mort de la graine.

L'utilisation de tels micro-organismes constitue une option privilégiée, car ils sont déjà adaptés aux conditions du milieu. Ils commencent seulement à être incorporés dans de nouveaux biopesticides. Ainsi, une plate-forme technique est en cours de création à Ouagadougou pour exploiter les bactéries du genre *Azospirillum*. Elle effectue aujourd'hui des démonstrations dans de petites exploitations pour montrer l'efficacité de son produit. L'utilisation de ces biopesticides est réalisable à court terme et facile à intégrer aux pratiques culturales traditionnelles de ces régions. Avec les champignons mycorhiziens, elle permettrait d'augmenter notablement la productivité des agrosystèmes, même en l'absence des engrais et des pesticides utilisés par les agriculteurs des pays développés.

L'ampleur de la désertification en Afrique a entraîné la mobilisation conjointe des décideurs politiques et des scientifiques. La Grande Muraille verte représente à la fois une vitrine et un terrain d'expérimentation pour les méthodes de lutte. Elle doit servir à concrétiser les résultats scientifiques, afin de réhabiliter les milieux dégradés et d'améliorer la qualité de vie des populations. Déjà, d'autres pays s'y intéressent : le Brésil participera ainsi au financement de la Grande Muraille verte, espérant s'inspirer de certains projets pour lutter contre la désertification qui menace les régions arides du Nord-Est du pays. ■

L'information scientifique de référence maintenant sur tablette et smartphone !



Téléchargez gratuitement
l'application sur App Store et Google Play.
Le 1^{er} numéro de *Pour la Science* est offert !



Avec l'application « Pour la Science », retrouvez dès leur sortie le mensuel *Pour la Science* à 5,49 € et son hors-série trimestriel *Dossier Pour la Science* à 5,99 € en version numérique optimisée pour tablette : lecture intuitive, sommaire interactif, contenus enrichis, feuilletage hors connexion, etc.



Flashez ce QR code avec votre mobile ou votre tablette pour télécharger immédiatement l'application.



Découvrez aussi l'application « Cerveau & Psycho » pour retrouver le magazine *Cerveau & Psycho* et son hors-série *L'Essentiel Cerveau & Psycho*