

liquide dans le système glymphatique qui restaure la cognition de ces patients.

Devant l'absence de traitement actuel contre la maladie d'Alzheimer, les entreprises pharmaceutiques auraient probablement intérêt à se lancer dans une approche consistant à éliminer les protéines toxiques à grands coups de « lavage » de cerveau. Il est clair que des changements de stratégie sont aujourd'hui nécessaires pour faire face à ces défis, quand on songe que la maladie d'Alzheimer représente, en France, un coût social de 20 à 30 milliards d'euros par an.

Une aide au diagnostic ?

Si le développement d'un médicament n'appartient probablement pas à un futur proche, la connaissance de ce système de drainage devrait néanmoins favoriser la mise au point de nouveaux tests de diagnostic, non seulement pour la maladie d'Alzheimer, mais aussi pour d'autres troubles neurologiques. Une récente étude menée par Helene Benveniste, à la faculté de médecine de Stony Brook, a en effet montré

que l'imagerie par résonance magnétique standard permet de visualiser et de quantifier l'activité du système glymphatique. Des mesures de flux de liquide pourraient fournir un indicateur de l'évolution de la pathologie chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer, de démences apparentées ou d'hydrocéphalie à pression normale ; ou aider à prévoir la capacité de récupération chez des patients souffrant de blessures cérébrales traumatiques.

Nos travaux de recherche ont porté jusqu'ici sur l'élimination des déchets protéiques. Mais selon des études en cours, ce réseau de canaux est susceptible de remplir d'autres fonctions dans le cerveau, telles que le transport de nutriments dans le tissu cérébral ou de glucose dans les neurones. La matière blanche elle-même, qui forme une gaine isolante autour des axones des neurones, dépend peut-être de ce système de transport pour son apport en nutriments. Il est donc probable que ces conduites ne servent pas uniquement d'égouts et jouent d'autres rôles dans la vie quotidienne du cerveau. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

N. A. Jessen *et al.*, **The glymphatic system : A beginner's guide**, *Neurochemical Research*, vol. 40, pp. 2583-2599, 2015.

M. J. Simon et J. J. Iliff, **Regulation of cerebrospinal fluid (CSF) flow in neurodegenerative, neurovascular and neuroinflammatory disease**, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, publication en ligne, 22 octobre 2015.

J. O'Donnell *et al.*, **Distinct functional states of astrocytes during sleep and wakefulness : Is norepinephrine the master regulator ?**, *Current Sleep Medicine Reports*, vol. 1(1), pp. 1-8, 2015.

SE FORMER À L'UPMC C'EST CONSTRUIRE ET PENSER ENSEMBLE VOTRE AVENIR

FAÎTES LE CHOIX DE L'EXCELLENCE

UPMC : UNIVERSITÉ DE RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET MÉDICALE

Une offre complète qui s'adapte à vos besoins

- > Formations qualifiantes inter entreprises
- > Prestations sur mesure, formations intra entreprises
- > Parcours individualisés
- > Accompagnement à la mise en oeuvre de la VAE individuelle ou collective

www.fc.upmc.fr

UPMC
SORBONNE UNIVERSITÉS



SANTÉ

ÉCOLOGIE - BIODIVERSITÉ

CHIMIE ÉLECTRONIQUE

BIOLOGIE

MÉCANIQUE

MATHÉMATIQUES

INFORMATIQUE

Formation continue
Université Pierre & Marie Curie
«Créateur de futurs»

formation.continue@upmc.fr
01 44 27 82 82

Soigner les terres agricoles

RHONDA MANG'YANA, agricultrice au Malawi, a considérablement accru le rendement de ses cultures de maïs en plantant dans son champ des arbres dont les feuilles tombées et les racines restaurent le sol.

D'AFRIQUE

John Reganold et Jerry Glover

Par des méthodes d'agroforesterie, en faisant pousser des arbres, des arbustes et d'autres plantes pérennes au sein de leurs cultures céréalières, des agriculteurs africains revitalisent leurs sols appauvris tout en augmentant les rendements.

Mariko Majoni, au Malawi, a radicalement changé sa façon de travailler la terre. Comme beaucoup de petits agriculteurs africains, il n'avait pas les moyens d'acheter des engrais et, au fil des ans, ses rendements en maïs se sont effondrés. Quand il entendit parler d'« arbres fertilisants » qui captent l'azote de l'atmosphère, il planta des jeunes plants entre ses rangs de maïs. Six ans plus tard, il récoltait dix fois plus de maïs, suffisamment pour nourrir sa famille et pour en vendre. Au début, ses voisins pensaient qu'il était devenu fou. Maintenant, beaucoup d'entre eux ont adopté la même pratique.

Dans une grande partie de l'Afrique subsaharienne, les températures sont élevées, et les journées longues et ensoleillées. Les cultures devraient bien profiter, mais, comme Mariko Majoni, les agriculteurs ont du mal, même lorsqu'ils utilisent des engrais de synthèse. Les rendements du maïs, une céréale de base, sont en moyenne

L'ESSENTIEL

- En Afrique subsaharienne, beaucoup de sols sont si appauvris que l'ajout d'engrais est vain.
- La présence d'arbres, d'arbustes, de légumineuses dans les champs aide à restaurer les sols et à réduire l'impact des nuisibles, et ainsi à augmenter les rendements.
- Plus d'un million d'agriculteurs africains utilisent de telles techniques, mais des millions d'autres ont besoin d'aide pour les appliquer.

© Jim Richardson

de une tonne par hectare – soit près du dixième du rendement moyen (9 tonnes par hectare) atteint en France en 2015. La raison en est simple : une grande partie des sols subsahariens sont très pauvres. Ils manquent de la matière organique et des nutriments dont ont besoin les plantes.

L'ajout d'un surplus d'engrais de synthèse, à lui seul, ne suffit pas toujours pour accroître notablement les rendements ; dans certains cas, il détériore encore plus les sols. La dégradation des sols se poursuit à des vitesses alarmantes, ce qui entraîne une stagnation, voire une baisse, des rendements déjà peu élevés.

Cette situation est inquiétante, car sur les 800 millions de personnes sous-alimentées dans le monde, environ 220 millions vivent dans la région subsaharienne. Et les études récentes indiquent que la population de cette région, de près de un milliard d'individus, va plus que doubler d'ici à 2050 et qu'elle sera durement frappée

par le réchauffement climatique. Sans une amélioration significative des sols, il est sûr que la faim va s'accroître. Restaurer les sols, selon l'avis unanime des scientifiques, est la priorité numéro un pour augmenter la productivité agricole.

En principe, la solution est simple. Il faut restaurer les sols au moyen de matières animales et végétales en décomposition. Cette matière organique ajoute à la terre de l'azote et du carbone, aide à retenir l'eau et à nourrir les microorganismes dont dépend la productivité du sol.

En pratique, cependant, les défis sont nombreux. La plupart des agriculteurs africains n'ont pas les moyens de produire ou d'acheter suffisamment de résidus de moissons, de compost ou d'engrais d'origine animale pour restaurer leur sol. Et cette restauration doit s'effectuer pendant que la terre continue d'être travaillée; les familles ne peuvent pas arrêter de cultiver pendant ce processus. Les agriculteurs sont également confrontés au défi d'accroître les rendements tout en évitant l'emploi excessif d'eau et de produits de synthèse, et de gagner assez d'argent pour maintenir la stabilité financière et sociale de leur famille et de leur communauté.

L'approche qu'a adoptée Mariko Majoni appartient à un ensemble de stratégies dites de pérennisation, qui pourraient faire la différence en Afrique.

Ces méthodes reposent sur la culture d'arbres, d'arbustes et de plantes herbacées pérennes (pluriannuelles) au milieu ou à côté des cultures vivrières, afin de

■ LES AUTEURS



John P. REGANOLD est professeur de science des sols et d'agroécologie à l'université d'État de Washington, aux États-Unis.

Jerry D. GLOVER est conseiller pour les systèmes d'agriculture durable à l'Agence américaine pour le développement international (USAID), à Washington.

ALBERT CHAMANGO, agronome malawite, montre ici comment des arachides et des pois d'Angole, plus grands, peuvent prospérer ensemble tout en enrichissant le sol.



renouveler les sols et ainsi augmenter les rendements et la durabilité de la production alimentaire. Les plantes pérennes apportent du carbone et de l'azote au sol, aident à retenir l'eau, à réduire l'érosion, à repousser les ravageurs et à améliorer l'assimilation des engrais de synthèse par les cultures.

Ces techniques sont bien adaptées à des pratiques modernes telles que l'agriculture sans labour et l'agriculture bio, et aux variétés sélectionnées pour une meilleure résistance à la sécheresse, aux maladies et aux nuisibles. Les plantes pérennes fournissent aussi aux agriculteurs du fourrage pour le bétail et du bois comme combustible.

Trois méthodes de pérennisation illustrent comment les agriculteurs peuvent enrichir les sols et accroître, de façon durable, les rendements de cultures de base telles que celles du maïs et du sorgho. Bien que d'autres approches existent, ces trois méthodes ont réussi en Afrique subsaharienne et pourraient y être adoptées plus largement. Elles peuvent aider à accroître les rendements céréaliers et à les faire passer de une à trois tonnes par hectare en quelques années. Et les leçons apprises pourraient bénéficier à d'autres régions du monde où les sols tropicaux ou subtropicaux sont pauvres en nutriments, notamment des pays de l'Asie du Sud et de l'Amérique du Sud.

Trois méthodes à succès

La stratégie de pérennisation la plus couramment employée par les agriculteurs africains, comme Mariko Majoni, est l'« agriculture pérenne » (*evergreen agriculture* en anglais). Les agriculteurs font pousser certains types d'arbres dans leur champ de cultures annuelles. Les feuilles riches en azote de ces arbres tombent et fertilisent le sol en surface, tandis que dans le sol profond, l'activité de leurs racines fournit de l'azote et du carbone.

Les agriculteurs utilisent souvent *Faidherbia albida*, un acacia originaire du continent. Il pousse essentiellement pendant les mois compris entre la moisson et le semis des cultures, et n'entre donc pas en concurrence avec celles-ci pour l'eau, les nutriments ou la lumière du soleil. Dans les régions où les récoltes sont manuelles, les agriculteurs plantent ces arbres au hasard dans leurs champs ou

les espacent régulièrement de telle façon que les tracteurs et les moissonneuses puissent circuler aisément. Ces dernières décennies, en Zambie, plus de 100 000 agriculteurs ont intégré ces arbres fertilisants dans leurs champs de maïs. Au Niger et au Mali, des agriculteurs ont protégé de jeunes arbres poussant naturellement sur plus de 5 millions d'hectares de champs de millet et de sorgho, créant ainsi des parcs arborés semi-naturels.

Plusieurs autres espèces d'arbres conviennent également. Les arbres, dont certains atteignent 30 mètres de haut, captent aussi d'autres nutriments, tels que du phosphore et du potassium, car leurs racines plongent beaucoup plus profondément dans le sol que celles des cultures. Comme pour l'azote, ces nutriments deviennent disponibles pour les cultures grâce à la litière de feuilles en décomposition et à l'activité racinaire. En outre, les arbres protègent les cultures des vents chauds et secs et réduisent ainsi l'évaporation de l'eau du sol. Ces avantages font parfois doubler les

rendements des céréales, voire les tripler quand ils sont combinés avec des variétés améliorées et des engrais.

En Afrique de l'Est, plus de 30 000 agriculteurs ont adopté une seconde méthode de pérennisation dite *push-pull* (parfois traduit en « répulsion-attraction »). Ils plantent dans leurs champs de maïs, et autour, des espèces particulières de plantes pérennes qui repoussent les insectes nuisibles. Ces espèces limitent la présence des mauvaises herbes, réduisent l'érosion, fournissent de la nourriture pour les animaux et réduisent les besoins en engrais.

Des plantes pour repousser les nuisibles

Par exemple, des agriculteurs d'Afrique de l'Est utilisent des systèmes *push-pull* pour tenir à distance à la fois les pyrales du maïs – papillons dont les larves forent les tiges – et la striga, une mauvaise herbe africaine nommée herbe du sorcier ou herbe-sorcière, qui absorbe les nutriments au détriment

des racines du maïs. Ils plantent entre les rangs de maïs du desmodium (*Desmodium uncinatum*), une légumineuse vivace cultivée habituellement pour nourrir le bétail. Cette plante exhale une odeur qui repousse les pyrales du maïs cherchant à déposer leurs œufs. Et une substance sécrétée par ses racines élimine la striga.

Pour réduire encore les dégâts provoqués par les nuisibles, il est possible d'utiliser une autre plante vivace, le napier, ou herbe à éléphant (*Pennisetum purpureum*), également un bon fourrage pour le bétail, autour du champ de maïs. Cette herbe attire les pyrales du maïs, que le desmodium empêche de pondre dans le champ, tout en produisant une résine collante qui piège les larves écloses.

Les systèmes *push-pull* peuvent plus que doubler les rendements du maïs en cas de prolifération à la fois de pyrales et de striga, et accroissent ces rendements de 25 à 30 % quand seules les pyrales sont présentes. La production de fourrage pour le bétail et l'augmentation de la quantité



LES RENDEZ-VOUS DU MUSÉUM

{ Partagez les savoirs }

FILMS

Séance Pousse-Pousse (enfants dès 2 ans)

Samedi 24 septembre - 16h : Les amis animaux
 Un programme de trois films d'animation suédois pour découvrir différemment la nature et les animaux, en famille !
 Réalisation E. Lind Lindström. Suède, 2013, 36 min.

MÉTIER DU MUSÉUM

Dimanche 25 septembre - 15h :
 Ethnobotaniste, spécialiste des relations hommes/plantes, E. Katz

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution
 36 rue Geoffroy St-Hilaire, Paris 5^e

COURS PUBLICS

Cycle Une histoire de la Paléontologie

Jedi 29 septembre - 18h : Évidence de l'objet
 Comment le fossile, d'abord objet de curiosité, devient un objet scientifique et un document-clé dans l'étude de l'histoire de la vie. Avec P. Tassy, paléontologue, professeur émérite du Muséum

Grand Amphithéâtre du Muséum - 57 rue Cuvier, Paris 5^e

Au Jardin des Plantes

Détails sur mnhn.fr, rubrique : "les rendez-vous du Muséum"

POUR LA SCIENCE



d'azote dans le sol sont des avantages supplémentaires.

Des scientifiques malawites et américains ont développé la troisième approche – la double culture de légumineuses – adoptée par plus de 8000 exploitations au Malawi. Dans sa forme la plus simple, le cultivateur plante une légumineuse qui pousse vite et pas très haut, tels l'arachide ou le soja, et ajoute du pois d'Angole, une autre légumineuse qui pousse plus haut, mais beaucoup plus lentement, et qui a des racines plus profondes. Les arachides ou le soja arrivent à maturité en quelques mois, juste au moment où le pois d'Angole les surpasse en hauteur et pourrait leur faire de l'ombre. Après récolte des arachides ou du soja, leurs feuilles tombent et enrichissent le sol. Le pois d'Angole mûrit un ou deux mois plus tard et est récolté, puis ses feuilles tombent, poursuivant l'enrichissement du sol.

Comme ces deux cultures poussent à des vitesses différentes et occupent des profondeurs différentes dans le sol, elles ne sont généralement pas en concurrence pour l'eau ou les nutriments. Ce système augmente la quantité de plantes riches en protéines qu'un fermier peut récolter en une année et améliore les sols tout en nécessitant moins de travail que deux récoltes séparées. Et il élargit le régime alimentaire de la famille du cultivateur.

Le pois d'Angole repousse après avoir été récolté. Ainsi, la saison d'après, les agriculteurs peuvent planter du maïs parmi le pois d'Angole en repousse et, par la suite, récolter le maïs et obtenir une deuxième récolte de pois. Sur deux saisons, ce système produit trois récoltes de légumineuses et une récolte de maïs, et fournit ainsi 50 % de protéines de plus que les rotations traditionnelles maïs-légumineuse.

Pour plus d'un million d'agriculteurs africains ayant intégré des plantes vivaces dans leurs pratiques agricoles, les récompenses ont été importantes. Ils ont restauré leurs sols tout en augmentant de façon durable leur production alimentaire et en améliorant spectaculairement leurs moyens d'existence. Mais des millions d'autres agriculteurs en Afrique subsaharienne ne savent même pas que ces techniques existent, ou ont besoin d'aide technique ou financière pour les mettre en œuvre.

Certaines
pratiques permettent
**de doubler,
voire tripler,
les rendements**
tout en évitant
l'appauvrissement
des sols

■ SUR LE WEB

World Agroforestry Center :
<http://www.worldagroforestry.org/>

Adopter de bonnes pratiques agricoles, cependant, est moins facile qu'utiliser des engrais ou des pesticides. Les agriculteurs doivent apprendre à faire pousser ensemble des plantes pérennes et des plantes annuelles, gérer des rotations de récoltes plus longues et imaginer des stratégies commerciales adaptées à une récolte diversifiée. En outre, de nombreux agriculteurs ne sont pas propriétaires de la terre qu'ils cultivent ou n'ont pas un bail de location stable, ce qui les dissuade d'investir dans des solutions à plus long terme.

Une aide internationale nécessaire

Pour développer davantage ce type d'agriculture, la communauté internationale devrait augmenter ses investissements.

Elle devrait soutenir les efforts visant à étendre l'utilisation des techniques couronnées de succès et financer des recherches sur d'autres techniques encore peu testées.

Certains essais sont bien avancés. Ainsi, en partenariat avec les gouvernements de l'Éthiopie, du Rwanda, du Burundi et de l'Ouganda, le projet quadriannuel Trees for Food Security, mené par le World Agroforestry Centre (Centre mondial d'agroforesterie, dont le siège est à Nairobi, au Kenya, un institut de recherche international qui a piloté le développement de l'agriculture pérenne), s'achève en novembre 2016. Les essais de ce projet ont impliqué plus de 5000 agriculteurs et mis en œuvre environ 2 millions de plants d'arbres. Par ailleurs, le Program for Sustainable Intensification, conduit par l'Agence américaine pour le développement international, soutient les trois techniques que nous avons décrites dans différentes régions d'Afrique subsaharienne.

Des scientifiques de l'organisation internationale ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), de l'université du Malawi et de l'université d'État du Michigan aident des agriculteurs en Afrique de l'Est à améliorer encore les systèmes de cultures doubles. Ils développent de nouvelles variétés de pois d'Angole adaptées aux diverses conditions climatiques et aux besoins spécifiques

des agriculteurs. D'autres experts ont réussi à créer des versions pérennes de cultures annuelles telles que le sorgho, le blé et le riz, et essaient maintenant d'augmenter les rendements et d'autres caractéristiques souhaitables. L'université d'État de Washington, l'université d'État du Michigan et le Land Institute à Salina, dans le Kansas, produisent des céréales pérennes qui conviendraient à diverses terres agricoles.

Trouver les meilleures voies de pérennisation

Toutes ces tentatives sont de bons points de départ. Mais les chercheurs ne savent pas encore avec certitude quelles techniques de pérennisation fonctionneraient le mieux dans des environnements variés, en Afrique subsaharienne et ailleurs. Une analyse en profondeur est nécessaire. Pour ce faire, des scientifiques de l'université Rutgers et du département d'agriculture et de bioénergie d'une société chinoise ont proposé la mise en place d'un réseau

mondial de 27 à 45 stations de recherche, notamment en Afrique. On y étudierait l'adéquation d'arbres, arbustes et autres plantes vivaces aux conditions climatiques, environnementales et culturelles locales.

Les scientifiques estiment que 430 millions à 1,4 milliard d'euros permettraient de doter ce réseau de programmes durables. On a estimé les pertes en azote, phosphore et potassium des champs cultivés dans la seule Afrique subsaharienne à 3,2 milliards d'euros par an.

Si l'on considère que la pérennisation permet d'enrayer ces pertes, de puiser de nouvelles ressources plus profondément dans le sol et, quand des légumineuses sont impliquées, de réduire l'utilisation d'engrais azotés, cet investissement semble en valoir la peine. Sans compter que l'extension de la pérennisation de l'agriculture permettra à un nombre plus grand d'agriculteurs africains de nourrir leur famille et leurs voisins, de créer des revenus pour eux-mêmes et les ouvriers agricoles, ce qui augmentera le niveau de vie de leur communauté. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

W. Mwase *et al.*, **Factors affecting adoption of agroforestry and evergreen agriculture in Southern Africa**, *Environment and Natural Resources Research*, vol. 5(2), pp. 148-157, 2015.

J. D. Glover *et al.*, **Plant perennials to save Africa's soils**, *Nature*, vol. 489, pp. 359-361, 2012.

D. P. Garrity *et al.*, **Evergreen agriculture : A robust approach to sustainable food security in Africa**, *Food Security*, vol. 2(3), pp. 197-214, 2010.

P. A. Sanchez, **Tripling crop yields in tropical Africa**, *Nature Geoscience*, vol. 3, pp. 299-300, 2010.



les conférences

À la Cité des sciences et de l'industrie

Entrée libre dans la limite des places disponibles



[les mardis à 19h]

cycle

Mégascience: la clé du succès?

Les états financent d'ambitieux programmes scientifiques, fédérant plusieurs pays. Trois exemples récents pour illustrer la place actuelle de la coopération scientifique internationale.

20 septembre

Ondes gravitationnelles : une alliance réussie

27 septembre

Modélisation du cerveau : un pari raisonnable?

4 octobre

Programmes spatiaux, de la Guerre froide à nos jours

programme complet sur cite.sciences.fr

Avec le soutien de



Une bactérie pour lutter contre la dengue

Scott O'Neill

Si l'on infecte des moustiques vecteurs de la dengue avec certaines bactéries, on bloque la réplication du virus en leur sein. En libérant ensuite ces insectes dans la nature, les chercheurs espèrent limiter fortement la propagation de la maladie.

