

Cyanobactéries et riziculture

L'enfouissement des engrais chimiques favorise la prolifération de ces organismes microscopiques, qui servent d'engrais naturel.

Le riz est la nourriture de base de près de la moitié des habitants de la planète. Pour continuer à assurer ce rôle, la production mondiale devra augmenter de 300 millions de tonnes (60 pour cent de la production actuelle), d'ici l'an 2020. La majorité des écosystèmes favorables à la riziculture étant déjà cultivés, les riziculteurs devront accroître les rendements, sans augmenter l'utilisation des engrais et pesticides, coûteux et polluants. En étudiant les cyanobactéries des rizières, des microbiologistes de l'ORSTOM, l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération, et de l'IRRI, l'Institut international de recherche sur le riz, ont trouvé comment réduire notablement la consommation des engrais azotés en riziculture.

Les cyanobactéries sont des micro-organismes photosynthétiques, qui ressemblent à des algues microscopiques et vivent notamment dans les eaux douces et à la surface des sols. Certaines de ces bactéries assimilent l'azote de l'air. À leur mort, l'azote incorporé est libéré dans le sol sous une forme assimilable par les plantes. Les cyanobactéries des rizières accumulent entre 10 et 30 kilogrammes d'azote par hectare et par cycle de culture (entre 100 et 120 jours). À titre de comparaison, les riziculteurs asiatiques épandent entre 30 et 90 kilogrammes d'azote sous forme d'engrais chimique par hectare de rizière et par cycle cultural. Outre leur apport d'azote, les cyanobactéries solubilisent le phosphore et améliorent sa biodisponibilité pour le riz. Ces biofertilisants semblaient être une alternative ou un complément peu coûteux aux engrais chimiques. Dans les années 1980, des agronomes de l'Inde, d'Égypte et du Myanmar (l'ancienne Birmanie) ont tenté d'accroître la production du riz en introduisant dans les rizières des cyanobactéries fixatrices d'azote sélectionnées en laboratoire. Or, les résultats en champs ont été décevants, car les souches introduites ne se développaient pas.

Au cours d'études menées dans une dizaine de pays rizicoles, les chercheurs ont observé que les cyanobactéries fixa-



Pierre Roger

Cyanobactéries isolées d'une rizière des Philippines.

trices d'azote sont naturellement présentes dans toutes les rizières et que l'introduction de souches étrangères est généralement inutile. Ils ont identifié les principaux facteurs qui limitent le développement des cyanobactéries : l'acidité du sol et sa carence en phosphore, la prédation par des invertébrés aquatiques et l'épandage d'engrais azotés dans l'eau de la rizière. Diverses expériences *in situ* ont confirmé que le chaulage des sols acides, l'apport de phosphore, l'élimination des prédateurs avec des insecticides et l'absence de fertilisation azotée (ou l'enfouissement de l'engrais azoté dans le sol) favorisent la prolifération des cyanobactéries autochtones fixatrices d'azote dans la quasi-totalité des rizières. Toutefois, le coût total de ces pratiques culturales est supérieur au bénéfice obtenu et seul l'enfouissement de l'engrais azoté est une mesure économiquement rentable.

Pourquoi l'épandage d'engrais azotés dans l'eau de la rizière inhibe-t-il la prolifération des cyanobactéries fertilisantes ? L'épandage aboutit rapidement à la formation dans l'eau d'ions ammonium (NH_4^+) qui empêchent la fixation de l'azote atmosphérique par les cyanobactéries de la rizière et favorisent la multiplication des algues vertes unicellulaires ;

ces dernières entrent en compétition avec les cyanobactéries, les privant des éléments nutritifs nécessaires à leur croissance. Simultanément, les algues vertes consomment le dioxyde de carbone dissous, ce qui rend l'eau de la rizière basique. Quand le pH augmente, de l'ammoniac gazeux se dégage et est entraîné par le vent : la moitié de l'azote épandu est ainsi perdue.

Puis, la prolifération des algues vertes unicellulaires déclenche celle des invertébrés, telles les larves de moustiques, qui consomment ces algues et inhibent le développement des cyanobactéries.

Peut-on à la fois stimuler la prolifération des cyanobactéries autochtones et réduire la quantité d'engrais chimiques utilisés ? Oui, en enfouissant l'engrais azoté dans le sol au lieu de l'épandre à la volée dans l'eau de la rizière, comme c'est souvent le cas en Asie. Cet enfouissement a trois avantages : les cyanobactéries autochtones fixatrices d'azote se multiplient, ce qui représente un apport gratuit d'azote, les pertes d'azote par volatilisation de l'ammoniac diminuent notablement et les larves de moustiques, vecteurs du paludisme et des encéphalites, ne prolifèrent plus dans l'eau des rizières.

Pierre ROGER – ORSTOM

Le fer à cheval

Une semelle sous le fer amortit les chocs.

Certains objets sont si anciens qu'on les croit immuables : le fer à cheval, par exemple, perdrait-il du même coup ses propriétés protectrices du sabot et porte-bonheur s'il était différent de celui que nous connaissons ? La question est financièrement importante, car, aux États-Unis seulement, les pertes annuelles dues aux

boiteries des chevaux de courses atteignent 500 millions de dollars. Des fers mieux conçus éviteraient-ils certaines maladies des membres ? Un capteur d'accélération adaptable au sabot permet de tester les nouvelles ferrures régulièrement proposées.

Le sabot du cheval est très sollicité : en raison de sa faible surface d'appui et de la masse importante des chevaux, les pieds doivent supporter une force qui atteint deux à quatre fois le poids du cheval (environ 500 kilogrammes). De surcroît, à chaque poser d'un pied, le sabot doit amortir le choc : cet amortissement commence

BRÈVES

Insuline de poisson

Des cellules de pancréas d'un poisson qui vit dans les eaux chaudes et peu oxygénées, le *Tilapia*, ont été enrobées d'un gel qui les protège contre le système immunitaire, et greffées sur des souris diabétiques : ces cellules encapsulées résistent au manque d'oxygène dû à l'encapsulation et libèrent de l'insuline, mais l'insuline du poisson diffère de celle des mammifères. Les



Jacana

chercheurs vont injecter le gène de l'insuline humaine dans des œufs de *Tilapia*, afin que les cellules pancréatiques du poisson adulte produisent l'insuline humaine. *Tilapia* évitera peut-être aux diabétiques le désagrément des injections quotidiennes d'insuline.

Hommes, femmes, douleur

Les femmes se plaignent de douleurs plus longues et plus fortes que les hommes. Est-ce en raison de facteurs socio-culturels ou de facteurs biologiques ? Une expérience a montré que la physiologie de la douleur dépend du sexe. Après anesthésie, on a administré un antalgique morphinique à une cinquantaine de personnes à qui l'on avait arraché une dent de sagesse. Les femmes souffraient davantage après l'opération, mais elles ont été plus rapidement soulagées par l'antalgique que les hommes et l'effet calmant a duré plus longtemps (*Nature medicine*, vol.2, n° 11). Les voies de la douleur seraient ainsi modulées par les hormones.

Combien de Néandertaliens ?

Les Néandertaliens furent 500 millions en Europe, pendant 85 000 ans de présence. Jean-Noël Biraben, de l'INED, a calculé ce nombre en se fondant sur les densités de populations de niveaux culturels proches qui vivaient, sous des climats semblables, aux XVII^e et XVIII^e siècles. Il y a entre 120 000 et 70 000 ans, 250 000 Néandertaliens vivaient sous un climat tempéré. Il y a 70 000 ans, l'Europe, réduite à huit millions de kilomètres carrés habitables par l'avancée des glaces, avait un climat proche de celui de l'Alaska actuel : 50 000 à 70 000 individus y habitaient.

Suite page 22

lors de la collision du talon avec le sol, et il se prolonge jusqu'à la première moitié de la phase d'appui du pied. L'énergie est absorbée par la rapide déformation des structures du pied (déformation de la corne du sabot, compression du circuit veineux et du coussinet plantaire). Puis des contractions musculaires assurent un amortissement actif. Enfin le pied bascule, avant de repartir pour une phase de lever.

Ainsi une pince (l'avant du sabot) trop longue pénalise le cheval, parce qu'elle gêne le basculement du pied et augmente le couple qu'il doit exercer pour avancer : plus sollicités, les muscles et tendons fatiguent.

À quoi sert le fer ? Le fer classique protège la corne de l'usure et modifie les caractéristiques du choc du sabot sur le sol. À la Station INRA de Jouy-en-Josas, Éric Barrey et ses collègues ont mis au point des accéléromètres adaptables aux pieds des chevaux, afin de mesurer les accélérations ressenties en divers points du sabot : quelle que soit la ferrure, une phase de forte décélération est suivie d'un régime de vibrations. Le fer modifie à la fois le choc initial et les vibrations.

À l'aide de leurs capteurs, les chercheurs ont d'abord montré l'importance des pistes sur les chocs du pied contre le sol : on limite plus les chocs en modifiant la nature des pistes qu'en transformant la ferrure. Puis ils ont comparé plusieurs des ferrures qui ont été proposées ces dernières années pour supplanter le classique fer à cheval :

associations de plaques métalliques à des fers classiques, fers en matériaux moins rigides ou plus légers que l'acier (polyuréthane ou aluminium)...

Les mesures ont montré que le choc initial est réduit de 17 à 30 pour cent pour les associations d'une plaque en caoutchouc visco-élastique et d'un fer classique, et jusqu'à 56 pour cent pour les fers dont la semelle est en polyuréthane : plus le matériau de la ferrure est dur et lourd, plus le choc est fort. On estime les capacités d'amortissement du fer lors du poser des pieds en frappant le fer avec un marteau : si le marteau rebondit, le fer n'absorbe pas bien le choc initial.

Comment modifier le matériau des ferrures ? Le test du marteau montre que des fers en cuir seraient idéaux... si les chocs répétés ne les rendaient pas, progressivement, incompressibles. Des polymères semblent plus appropriés. Et des changements de la forme des fers permettraient-ils d'améliorer l'amortissement du pied ? Oui : il suffit d'augmenter la surface d'appui postérieure du pied, par exemple dans les fers en forme d'œuf, utilisés dans les maladies de l'os naviculaire (un petit os à l'arrière du pied, qui fait partie du système amortisseur du pied). Une autre solution est l'injection d'un polymère moulé sur le pied : le matériau amortit le choc initial, et la charge est bien répartie sur toute la surface du pied. Un tel fer s'use en quelques semaines, mais c'est la preuve qu'il a été utile !



1. Un nouveau modèle de fer à cheval, avec une semelle en polymère moulé sur la sole.



2. Ces capteurs fixés sur le pied d'un cheval mesurent l'accélération perçue par le pied.

Plus grand nombre premier

Les plus grands nombres premiers sont les nombres de Mersenne, de la forme $2^n + 1$, où n est un nombre lui-même premier. Le 13 novembre 1996, Joël Armengaud, après un long calcul effectué sur 18 *pentiums* en parallèle, a montré que le 35^e nombre de Mersenne, où n est égal à 1 398 269, est premier. Ce nombre comporte 400 chiffres en écriture décimale. Le site *Internet* sur lequel on trouve tout ce qu'on voulait savoir sur les nombres de Mersenne sans l'avoir demandé est <http://www.utm.edu/research/primes>.

Qu'elle était verte ma prairie

Selon l'Institut français de l'environnement, la surface des prairies, qui représentent encore un cinquième du territoire français, a diminué de 25 pour cent depuis 1970. L'intensification de l'agriculture, les quotas laitiers et l'élevage en batterie sont les causes de cette disparition. On méconnaît trop souvent le rôle écologique des prairies : habitat de nombreuses espèces animales, elles contribuent aussi à réduire l'érosion des sols et les inondations. Des mesures récentes tentant d'empêcher leur transformation en culture semblent insuffisantes.



La vie, plus vieille que prévu

Dans des sédiments trouvés au Sud-Ouest du Groenland, les géologues ont trouvé la trace d'un océan disparu, âgé de 3,85 milliards d'années. On croyait que cette eau avait précédé l'apparition de la vie, mais S. Mojzsis et ses collègues de l'Institut de La Jolla ont refait les analyses du carbone organique présent dans les sédiments ; l'abondance des carbones 12 et 13 révèle la présence de vie dans cet océan.

Pair, impair et molécules

Parmi les sept millions de molécules organiques (contenant du carbone) connues, il y en a quatre pour cent de plus avec un nombre pair d'atomes de carbone qu'avec un nombre impair de ces atomes. Cette découverte, obtenue par des chimistes suisses et indiens, a surpris plus d'un chercheur : aucune explication n'est proposée pour l'instant. Ces chimistes auraient-ils mis le doigt sur une dissymétrie cachée de la matière?

Suite page 24

Couronnes de feuilles

La composition des couronnes végétales romaines.

Dans l'iconographie populaire, le général romain vainqueur est ceint d'une couronne de laurier : à Rome, les personnages de marque étaient honorés avec des couronnes de fleurs ou de feuillage. Faute de vestiges réels, les archéologues connaissent surtout ces ornements par des textes et des représentations artistiques : portraits sur pierre ou en bronze, monnaies et peintures murales. Pour préciser ses études des peintures murales de tombeaux du Bas-empire romain, qui montrent des couronnes de roses, Alix Barbet, du CNRS, a fait analyser des couronnes végétales découvertes il y a une vingtaine d'années dans une tombe romaine : la plante utilisée était la mélitte à feuilles de mélisse (*Melittis melissophyllum*), plante ornementale et médicinale.

La tombe des Couronnes est située dans la nécropole de Mangalia, ville fondée par les Grecs sur la rive Ouest de la mer Noire, au VI^e siècle avant notre ère, sous le nom de Callatis et passée sous domination romaine à la fin du I^{er} siècle de notre ère. Un sarcophage contenait le corps partiellement conservé d'une femme d'une quarantaine d'années qui portait un diadème d'or et des vêtements brodés. Elle était aussi entourée d'objets familiers : plusieurs paires de chaussures, un miroir, des boîtes de fard ou d'onguents et des vases de verre intacts. La typologie de ces vases indique que l'inhumation a eu lieu au II^e siècle.

Des dizaines de couronnes végétales, petites et rondes, ou plus volumineuses et pliées en deux avaient aussi été déposées aux côtés de la défunte. Elles se présentent aujourd'hui comme des agglomérats serrés d'éléments végétaux desséchés,

de couleur brunâtre. Ce n'était pas des couronnes de fleurs, mais de feuilles : les fragments présentent des innervations, un contour parfois denté, des traces de pétiole (la «queue» d'une feuille), et l'ensemble est uniformément couvert de poils glabres, non urticants, à trois ou quatre segments. Selon ces caractéristiques, déterminées par P.O. Combelle, du Muséum national d'histoire naturelle, ces feuilles sont celles d'une plante de la famille des labiées (comme la menthe, le thym ou l'origan).

Pour préciser l'identité de cette plante, un texte de Plinius l'Ancien a été déterminant. Dans son *Histoire naturelle*, il décrit les plantes utilisées pour fabriquer des couronnes (Livre XXI, 29) : «On employa donc pour les couronnes de feuillage la bryone, le troène, l'origan, le cnéorum, qu'Hygin appelle casia, la conyzia, qu'il appelle cunilago, le melissophyllum, qu'il appelle apiasstrum...» Le melissophyllum, ou mélitte à feuilles de mélisse, est une labiée aux feuilles couvertes de poils qui pousse dans toute l'Europe tempérée. La comparaison des feuilles de la guirlande avec des échantillons de cette plante provenant de Roumanie confirme qu'il s'agit de la même espèce.

Selon l'analyse des pollens contenus dans un échantillon de couronne, réalisée par l'équipe de Michel Girard (CRA, CNRS), la mélitte n'était pas en fleur : l'enterrement aurait eu lieu en hiver ou au tout début du printemps. En revanche, des fleurs d'une plante de la famille des boraginées (celle du myosotis et de l'héliotrope) étaient probablement intercalées avec les feuilles : on en retrouve de nombreux grains de pollen. Les grains de céréales retrouvés sur le même échantillon de couronne indiquent aussi que de la paille intervenait dans sa confection.

La mélitte à feuilles de mélisse, plante d'ornement, a des propriétés apéritives, diurétiques, dépuratives et antispasmodiques. Un dicton provençal conseille aux femmes d'en avoir toujours à portée de main, pour soigner les règles douloureuses et des troubles liés à la ménopause. Son utilisation pour fabriquer les guirlandes déposées dans la tombe d'une femme était-elle associée à ses vertus médicinales?



La mélitte à feuilles de mélisse, qui compose les couronnes végétales retrouvées dans cette tombe romaine, a été identifiée grâce aux poils (cartouche) qui couvrent ses feuilles.

