

cycle de l'azote dans la savane : celui-ci y est presque totalement fermé, sans pertes par lessivage et sans dénitrification notable.

Bien que les sols soient peu fertiles (ils produisent peu d'azote minéral, notamment de nitrate), la productivité atteint presque celle d'un champ de blé. Pourquoi n'y a-t-il pas de nitrate dans le sol ? Les plantes herbacées de la savane sont pérennes. Après leur mort, leur azote organique est minéralisé sous forme d'ammonium. L'ammonium, chargé positivement contrairement au nitrate, est retenu par l'argile et par l'humus ; il n'est pas lessivé, pas dénitrifié. Il est réutilisé, presque sans aucune perte, par la nouvelle génération de plantes. Il semble que les plantes empêchent le sol de nitrifier : elles posséderaient un système inhibiteur de nitrification, tel qu'en ont recherché, sans beaucoup de succès, les agronomes.

Pour remédier aux pollutions associées à l'azote, il reste à inventer de nouvelles pratiques dont nous savons que les résultats ne seront apparents qu'après de nombreuses années. L'interdiction des chlorofluorocarbones, dont physiciens et chimistes de l'atmosphère ne nous prédisent les premiers effets bénéfiques sur la couche d'ozone que dans plusieurs décennies, sera un exemple à suivre.

André MARIOTTI est professeur à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris, où il dirige l'UMR 7618 INRA / CNRS.

A. P. KINZING et R. H. SOCOLOW, *Human Impacts on the Nitrogen Cycle*, in *Physics Today*, novembre 1994.

A. MARIOTTI, *Dénitrification in situ dans les eaux souterraines : processus naturels ou provoqués : une revue*, in *Hydrogéologie*, vol. 3, pp. 43-68, 1994.

D. DENYS, A. MARIOTTI, J.C. MULLER, M. GRABLY, B. MARY et B. NICOLAR-DOT, *Utilisation conjointe de la lysimétrie et des techniques de marquage isotopique pour étudier le bilan de l'azote des sols cultivés*, in *Comptes-rendus de l'Académie d'agriculture de France*, vol. 81, n°4, pp. 131-162, 1995.

C. HÉNAULT et J. C. GERMON, *Quantification de la dénitrification et des émissions de protoxyde d'azote (N_2O) par les sols*, in *Agronomie*, vol. 15, pp. 321-355, 1995.

Vaclav SMIL, *Engrais et démographie*, in *Pour la Science*, septembre 1997.

Le chant des cigales

HENRY BENNET-CLARK

Les cigales mâles sont les plus bruyants des insectes. On a découvert comment fonctionne leur système acoustique.

Dans de nombreuses régions du globe, la fin du printemps est sonore : chaque année, quelques-unes des milliers d'espèces de cigales sortent du sol, et les mâles commencent à entonner un chant rauque et assourdissant. Parmi ces virtuoses du monde des insectes, les mâles de la cigale australienne *Cyclochila australasiae* semblent être ceux dont le chant est le plus puissant. Cette cigale a un cri aussi strident

qu'une alarme domestique. De plus, un mâle ne chante pas tout seul : il est généralement accompagné de dizaines, voire de centaines, d'autres cigales. Imaginez une pièce où retentiraient simultanément des dizaines d'alarmes !

Comment ces petits animaux (ils sont longs de quelque six centimètres) produisent-ils un tel vacarme ? Bien que la sortie de terre de ces insectes soit parfois un événement médiatique, surtout

aux États-Unis, leur système acoustique était mal connu. En 1954, J. Pringle, spécialiste anglais des insectes, publia un article sur le chant des cigales qui fit date, mais son travail ne fit guère d'émules. Depuis sept ans, avec David Young, de l'Université de Melbourne, nous étudions la production des sons par ces insectes. Nous avons utilisé de minuscules microphones, que nous avons mis au point, afin d'étudier le dispositif acoustique de *Cyclochila australasiae*.



LE MÂLE DE LA CIGALE AUSTRALIENNE (*Cyclochila australasiae*) a le chant d'appel le plus puissant jamais enregistré.

Un chant assourdissant

Les cigales, apparentées aux pucerons et aux cicadelles, sucent la sève des plantes. Pour des insectes qui se nourrissent ainsi, elles sont grandes et bruyantes : les plus petites mesurent un centimètre de longueur, les plus grandes dix. Les femelles pondent leurs œufs dans des tiges de plantes ou dans des arbres. Après l'éclosion, les larves tombent sur le sol et s'y enfouissent, à la recherche de racines de plantes à percer. Elles restent sous terre pendant toute leur vie larvaire, qui dure parfois plusieurs années ; les cigales américaines vivent entre 13 et 15 ans, et ce cycle de vie est parmi les plus longs, chez les insectes. Quand les larves sortent à l'air libre, elles muent en adultes ailés et vivent quelques semaines. Alors, les mâles chantent à tue-tête pour attirer les femelles (les cigales peuvent également produire des chants de protestation et un paisible chant nuptial).

Pourquoi le chant sexuel de ces insectes est-il si bruyant ? Peut-être pour assourdir les prédateurs, qui ne peuvent plus localiser précisément les cigales. Peut-être les grandes cigales ont-elles un habitat très étendu, ce qui les oblige à chanter haut et fort pour attirer leurs partenaires. Par ailleurs, on sait que les femelles entendent bien les sons de plus de 30 décibels. Comme les grillons femelles, les cigales femelles reconnaissent vraisemblablement les mâles par l'intensité et la qualité de leur chant.

Des tambours incorporés

Pour comprendre comment les cigales mâles chantent aussi fort, on doit analyser les différents mécanismes de production de ces sons. Les mâles sont pourvus d'une paire de tambours, situés de chaque côté de l'abdomen. Chacun de ces tambours élastiques est une cavité résonante, renforcée par quatre nervures convexes qui courent

sur les deux faces des tambours. Ces nervures sont reliées les unes aux autres par une membrane, et les deux membranes sont réunies par un muscle puissant.

La contraction de ces muscles déforme les membranes, produisant un son. En fait, la meilleure comparaison serait celle d'une boîte de conserve dont le couvercle et le fond seraient légèrement bombés. Le son émis est comparable à celui que l'on produirait en appuyant sur le fond et sur le couvercle bombés qui, la pression relâchée, reprendraient leur position initiale. Ici le couvercle et le fond sont attirés l'un vers l'autre par le muscle qui les joint ; quand ils se déforment vers l'intérieur, ils produisent deux « clics ». Quand ils reprennent leurs positions initiales, ils émettent deux nouveaux clics. Comme ces muscles se contractent, alternativement, 120 fois par seconde chacun, le son produit par les tambours a une fréquence double, égale à 240 hertz (un hertz est l'unité de fréquence qui cor-

