



6. L'EUTROPHISATION des eaux trop enrichies en azote, en raison d'un lessivage de sols agricoles excessivement engraisés, se manifeste par une prolifération des algues ; leur décomposition absorbe l'oxygène dissous, ce qui tue les faunes aquatiques.

d'azote dans les champs. Toutefois une analyse détaillée des divers types d'apport permet d'estimer à quelque 175 millions de tonnes la quantité totale d'azote qui entre chaque année dans les sols ; la moitié de cette quantité est assimilée par les plantes cultivées. Les engrais de synthèse fournissent environ 40 pour cent de l'azote absorbé par ces cultures. Comme celles-ci fournissent – soit directement sous la forme de plantes, soit indirectement sous la forme d'aliments d'origine animale – 75 pour cent de l'azote présent dans les protéines consommées (le reste est fourni par le poisson, par la viande et par les produits laitiers produits par le pâturage), on estime qu'un tiers des protéines consommées par la population mondiale dépend des engrais azotés de synthèse.

Toutefois un tel calcul n'indique pas que tous les engrais azotés utilisés soient indispensables. Si l'on utilise tant d'engrais de synthèse en Europe et aux États-Unis, c'est surtout parce que l'on veut produire des aliments pour le bétail, dont on consomme la viande. Et même si l'on réduisait de moitié la quantité de protéines animales consommées par les Européens et par les Américains en les persuadant de manger moins de

viande, ces populations bénéficieraient encore d'une alimentation adéquate.

Inversement, on sous-estime l'importance des engrais azotés en observant simplement que la quantité de protéines consommées par la population mondiale dépend pour un tiers des engrais de synthèse : c'est l'existence même d'un certain nombre de pays à territoire limité et à population importante qui dépend de ces molécules. Avec la raréfaction des nouvelles terres, les agriculteurs de ces pays, qui consomment peu de viandes, doivent employer des quantités massives engrais azotés, pour produire suffisamment.

L'excès en tout, un défaut

L'introduction massive d'engrais azotés dans les sols et dans les eaux nuit à la santé des peuples comme à l'équilibre écologique du Globe. Des concentrations excessives en nitrates provoquent des syndromes graves, telle la méthémoglobinémie, ou « maladie des bébés bleus », et peut-être des cancers. En outre, le lessivage de ces sels solubles peut gravement polluer les eaux de surface et les nappes phréatiques, dans les zones où les engrais sont massivement épandus : depuis

une trentaine d'années, la pollution par les nitrates est devenue un grave problème écologique. Ainsi, l'eau de puits de nombreuses régions de la ceinture céréalière des États-Unis et l'eau de la nappe phréatique de nombreuses régions d'Europe de l'Ouest contiennent des concentrations en nitrates dangereusement élevées ; des concentrations bien supérieures aux limites légales sont mesurées dans les rivières qui drainent les zones cultivées, ainsi que dans de grands fleuves tels que le Rhin ou le Mississippi.

De surcroît, les engrais azotés qui s'écoulent dans les mares, lacs et baies côtières provoquent souvent leur eutrophisation : l'enrichissement des eaux en un nutriment qui était préalablement présent en quantité limitée suscite une croissance explosive des algues et des cyanobactéries, dont la décomposition ultérieure capte l'oxygène, qui vient alors à manquer aux autres créatures ; les poissons et les crustacés en meurent. La baie de San Francisco et de vastes parties de la mer Baltique souffrent d'eutrophisation ; dans le Queensland, en Australie, le lessivage des champs cultivés menace également certaines parties de la grande barrière de corail, qui risquent d'être recouvertes par les algues.

Si l'eutrophisation est due à la solubilité des nitrates, qui sont propagés par les eaux, la persistance localisée de certains composés riches en azote est également nuisible, car elle acidifie les sols (ceux-ci sont également acidifiés par des composés soufrés qui, libérés dans l'atmosphère par les combustions, reviennent dans les sols avec les précipitations). Dans les régions où l'on n'épand pas de chaux pour lutter contre cette acidification, les oligo-éléments et les métaux lourds du sol sont dissous, et ils polluent l'eau potable.

L'utilisation massive d'engrais azotés s'accompagne également d'un rejet de grandes quantités de monoxyde d'azote (NO) dans l'atmosphère. Les concentrations en ce gaz, qui est produit par l'action des bactéries du sol sur les nitrates, sont encore faibles, mais le composé participe à deux phénomènes inquiétants. Il contribue à la destruction de la couche d'ozone de la stratosphère ; aux altitudes inférieures, dans la troposphère, le monoxyde d'azote produit un effet de serre. Or, dans l'atmosphère, la durée de vie d'une molécule de monoxyde d'azote est supérieure à un siècle, et chaque molécule absorbe envi-

ron 200 fois plus de chaleur qu'une molécule de gaz carbonique.

Une autre modification néfaste de l'atmosphère est amplifiée par le dioxyde d'azote (NO_2), qui est libéré par les micro-organismes qui agissent sur les engrais azotés. Cet oxyde (qui est d'ailleurs produit en quantités encore supérieures lors des combustions) réagit, en présence du rayonnement solaire, pour produire le smog photochimique. Bien que le dépôt de composés azotés contenus dans l'atmosphère favorise la croissance des végétaux dans des prairies ou dans des forêts carencées en azote, des doses excessives risquent de surcharger des écosystèmes sensibles.

Lorsque l'on a commencé à utiliser les engrais azotés de synthèse, on ne prévoyait pas ces nuisances et, même aujourd'hui, on s'en préoccupe moins que de l'augmentation de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone. Pourtant, tout comme la libération massive de dioxyde de carbone, l'introduction d'azote réactif dans l'environnement est une expérience géochimique risquée.

De l'habitude à la dépendance

Les émissions de dioxyde de carbone, et les menaces qu'elles font encourir au climat, peuvent être réduites par un ensemble de mesures économiques et techniques. Même sans crainte d'un réchauffement des climats, on doit se préoccuper du remplacement des combustibles fossiles, car ces derniers se raréfient. En revanche, nous n'avons aucun moyen de cultiver les végétaux sans apport d'azote, et aucun procédé ne pourrait aujourd'hui remplacer la synthèse de Haber-Bosch.

Le génie génétique créera peut-être un jour des bactéries symbiotiques du genre *Rhizobium* qui fourniront directement de l'azote aux céréales, ou bien il obtiendra des végétaux fixant directement l'azote, mais la recherche n'a pas encore abouti. L'humanité devra augmenter sa consommation d'engrais azotés de synthèse pour nourrir les milliards de personnes qui naîtront avant que la population mondiale ne cesse de croître.

Une stabilisation rapide de la population globale et l'adoption générale du végétarisme pourraient réduire

Le curieux destin de Fritz Haber



UPI/Cordis-Batmann

FRITZ HABER reçut le prix Nobel de chimie en 1918, malgré son activité durant la guerre.

n'était pas de son avis ; notamment sa première femme, tourmentée par l'épouvantable contribution de son mari à cette guerre, se suicida la veille de la première utilisation des gaz, en 1915. Condamné par le milieu scientifique, Haber poursuivit néanmoins ses recherches. Plus tard, les mesures antisémites des nazis le firent partir pour l'Angleterre (il était juif). Il mourut en 1934 à Bâle.

Malgré la remarquable contribution de Fritz Haber à la chimie et malgré sa découverte du procédé industriel de synthèse de l'ammoniac, le Comité Nobel lui accorda avec réticence le prix Nobel de chimie en 1918. Directeur de l'Institut Kaiser Wilhelm de chimie physique au cours de la Première Guerre mondiale, il avait introduit le chlore, puis le phosgène et l'ypérite, comme gaz de combat, parce qu'il était persuadé que de telles armes permettraient aux armées allemandes de remporter une victoire-éclair, qui réduirait les souffrances générales. Tout le monde



Cordis-Batmann

LES GAZ DE COMBAT ont fait d'innombrables morts lors de la Première Guerre mondiale.

les besoins en engrais azotés, mais peut-on raisonnablement s'attendre à de telles transformations ? À défaut, on devra améliorer l'utilisation des engrais : on obtient des résultats impressionnants en surveillant les concentrations en azote disponible dans le sol et en réglant les apports sur les besoins.

On ne peut apprécier le potentiel réel de l'« agriculture biologique » qu'en conservant ces considérations géopolitiques à l'idée. Si la rotation des cultures, la culture des légumineuses, l'entretien des sols et le recyclage des déchets organiques sont des techniques utiles, elles ne satisferont pas les besoins croissants des pays très peuplés qui manquent de terres cultivables. Si tous les agriculteurs revenaient aux méthodes traditionnelles de l'agriculture biologique, on constaterait rapidement que celles-ci ne sont pas en

mesure de nourrir la population mondiale, car l'azote est trop rare, dans les sols, pour nourrir six milliards d'hommes.

Lorsque l'Académie des sciences de Suède décerna le prix Nobel de chimie à Fritz Haber, en 1918, elle mentionna qu'il avait créé « un moyen extrêmement important d'améliorer la production agricole et le bien-être de l'humanité ». Toute dithyrambe qu'elle soit, cette description est insuffisante : aujourd'hui, deux milliards de personnes sont en vie parce que les protéines de leur organisme contiennent de l'azote qui est dû au procédé Haber-Bosch. À moins d'avancées du génie génétique, la plupart des protéines nécessaires à la survie et à la croissance des deux autres milliards de personnes, à naître dans les deux prochaines générations, proviendront de la même source.

Vaclav SMIL est professeur de géographie à l'Université du Manitoba.

Vaclav SMIL, *Population Growth and Nitrogen : An Exploration of a Critical Existential Link*, in *Population and Development Review*, vol. 17, n° 4, pp. 569-601, décembre 1991.

James N. GALLOWAY, William H. SCHLESINGER, Hiram LEVY II, Anthony MICHAELS et Jerald L. SCHNOOR, *Nitrogen Fixation : Anthro-*

pogenic Enhancement – Environmental Response, in *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 9, n° 2, pp. 235-252, juin 1995.

Ester van der VOET, Rene KLEIJN et Udo de HAES, *Nitrogen Pollution in the European Union : Origins and Proposed Solutions*, in *Environmental Conservation*, vol. 23, n° 2, pp. 120-132, 1996.

Vaclav SMIL, *Cycles of Life : Civilization and the Biosphere*, Scientific American Library, W.H. Freeman and Company, 1997.