



G. Jeffery Leigh

The World's Greatest Fix: A History of Nitrogen and Agriculture

Oxford University Press, 2004, 242 pages

L'azote, élément chimique essentiel à la croissance des végétaux car à la base des fonctions aminées, est le constituant de plus de la moitié des engrais minéraux en agriculture. Comment le rôle et les sources d'engrais azotés ont-ils été découverts ? Quelle histoire relie les pratiques agricoles et les engrais ? Quel est l'état actuel des connaissances sur la fixation biologique de l'azote de l'air ? Autant de questions auxquelles essaie de répondre l'ouvrage du professeur G. J. Leigh. Sept chapitres retracent chronologiquement l'apparition de sources d'azote en agriculture, leur compréhension ainsi que l'histoire de la chimie puis de la biologie de l'azote. Le cas de l'Angleterre est décrit depuis l'époque romaine jusqu'à l'époque contemporaine, marquée par une quête de ressources azotées par le Vieux Continent.

J. G. Leigh nous apprend que les civilisations sédentaires anciennes (aztèques, chinoises, égyptiennes, romaines etc.) ont appris très tôt à maîtriser les apports azotés aux cultures pour pouvoir se nourrir. Elles ont ainsi eu recours aux déjections animales, à la jachère, aux légumineuses dans les rotations ou ont tiré profit des crues alluviales de grands fleuves.

En Angleterre, dont la situation est particulièrement détaillée dans l'ouvrage, différentes pratiques agricoles ont été utilisées depuis l'occupation romaine pour maintenir la fertilité des sols. Les terres sont mises en jachère, avec des soudures difficiles entre récoltes successives aboutissant régulièrement à des famines. La gestion des domaines agricoles captive peu à peu les propriétaires terriens, et la compréhension du rôle de la fumure, des rotations et des fertilisants minéraux (sels importés d'Égypte, salpêtre, nitrate de sodium venant de divers pays) semble active à la fin du XVII^e siècle. Malthus cite d'ailleurs ce besoin de recourir à ces pratiques de fertilisation dans ses essais. C'est à cette époque que de nouvelles sources de fertilisants sont découvertes avec en particulier le guano d'Amérique du Sud, constitué de déjections d'oiseaux et riche en azote et en potassium. Son commerce débute en 1820 et prend très vite essor pour représenter une part

importante de la fertilisation aux États-Unis comme en Europe. L'accès à cette ressource ainsi qu'à d'autres minerais des plateaux désertiques du Chili, de la Bolivie et du Pérou entraîne d'ailleurs la Guerre du Pacifique en 1879. Celle-ci se termine d'autant plus vite que la production industrielle de composés azotés se profile.

Après avoir rappelé l'histoire des pratiques, G. J. Leigh revient ensuite sur l'évolution de la compréhension des phénomènes à l'œuvre qui aboutiront à leur industrialisation. Les premiers composés azotés découverts sont les différents dépôts naturels de sels de nitrate (dont le salpêtre). Le « nitre » est d'abord l'affaire des alchimistes. Petit à petit, différentes formes de composés azotés sont identifiées sans pour autant que le cycle de l'azote et les constituants azotés du monde vivant soient connus. Des chimistes comme Gay-Lussac ou Berthollet établissent la composition de l'acide nitrique et de l'ammoniac. On découvre aussi qu'un des composés très stable de l'air est le diazote. Le développement de la chimie et de la méthodologie expérimentale induit aussi des avancées dans la connaissance des plantes et de leurs constituants chimiques, avec la mise en évidence de l'importance du carbone, de l'azote et du phosphore. Le lien se dessine entre les composés azotés du sol et des plantes et le diazote de l'air. Des expériences agronomiques sont réalisées sur le rôle des légumineuses et c'est en 1887 que les nodules sont identifiés comme lieu naturel de fixation de l'azote atmosphérique (N_2). On découvre ensuite que ces nodules sont dus à des organismes vivants et que ce processus de fixation de l'azote est donc biologique.

Si certaines molécules contenant de l'azote sont assimilables par les plantes, la grande majorité de l'azote de l'air (N_2) est par contre trop stable pour être directement métabolisée par les végétaux. Le chapitre 5 décrit l'entreprise d'industrialisation de la fixation de cette forme d'azote, rendue nécessaire dès lors que les sources de guano se tarissent. La source principale d'azote étant découverte, l'air, il reste à trouver un processus industriel pour la transformer en des composés azotés fertilisants. Dans un contexte de discussion sur la rareté des sources d'azote et sur la nécessité de nourrir une population croissante (Sir William Crookes publie en 1905 *The Wheat Problem*, un ouvrage sur la question du blé, de la fertilisation face à l'enjeu démographique), trois réactions sont développées conjointement. L'arc électrique norvégien, très coûteux en énergie, est assez vite abandonné après quelques étapes industrielles. Une autre réaction, finalement polluante, ne fournit qu'un sous-produit azoté. La réaction d'Haber-Bosch, développée à échelle industrielle par BASF et largement utilisée pendant la première Guerre Mondiale pour produire des explosifs, s'avère à terme la plus tenable. Les processus industriels actuels reposent encore largement sur cette réaction. Seule la source d'énergie a changé, le gaz s'étant substitué au charbon. La fixation industrielle serait d'environ 100 millions de tonnes par an aujourd'hui.

L'ouvrage revient ensuite sur la fixation naturelle de l'azote de l'air par les plantes, essentiellement les légumineuses aidées par leurs nodosités. Différentes bactéries symbiotiques présentes dans les nodosités sont identifiées et l'enzyme qui produit de l'ammoniac à partir du diazote est découverte en 1960. C'est la nitrogénase. Depuis, les recherches ont montré qu'il en existe deux grandes familles : les nitrogénases qui fonctionnent en anaérobie dans les racines et celles qui ont par contre besoin d'oxygène.

L'ouvrage conclut sur les enjeux de l'azote en agriculture et pour l'environnement. D'un côté l'usage des engrais minéraux azotés a été multiplié par huit entre 1960 et 2000, contribuant à accroître les rendements (multipliés par deux pendant cette période, voire trois dans les pays en développement), pour faire face à la croissance démographique. D'autre part, des problèmes en matière d'énergie, d'environnement et de santé

apparaissent. Mais J.G. Leigh prend le parti de minimiser l'impact des nitrates lessivés dans les milieux aquatiques comme il nuance, un peu rapidement, les effets sur la santé. L'ouvrage, datant de 2004, ne peut rapporter la hausse des prix des engrais azotés et ses conséquences depuis 2008. Au-delà, ce dernier chapitre laisse un goût d'inachevé car il décrit de façon trop incomplète et relative les effets de la pollution azotée d'origine agricole. Les difficultés scientifiques pour comprendre les implications des surplus d'azote de l'environnement sont certes indéniables, mais d'autres ouvrages plus récents tel le rapport scientifique *European Nitrogen Assessment*, plus complet mais aussi moins positif, sont sans doute à recommander sur ces aspects sensibles.

Les autres chapitres de cet ouvrage sont en revanche de grande qualité : précis, bien documentés avec des anecdotes ou des développements sur l'histoire de la chimie de l'azote instructifs et passionnants. Le lecteur y trouvera une vision, parfois trop centrée sur l'Angleterre mais toujours intéressante et suffisamment panoramique de l'histoire de la fertilisation azotée. Du reste, il est regrettable que cet ouvrage ne soit pas accessible au lecteur français. À ce jour, aucune traduction n'existe. De plus, cet ouvrage pourrait être mis à jour pour tenir compte de la tendance structurelle à la hausse du prix des engrais depuis 2008, complétant ainsi un dernier chapitre en partie daté.

Thuriane Mahé
Chargée de mission environnement, innovation, ressources naturelles
Centre d'études et de prospective
MAA