



Engrais azoté : Nutriment essentiel, intrant agricole clé et problème majeur pour l'environnement

Un document de discussion
par l'Union nationale des fermiers

Le 30 août 2022

Un extrait en langue française



national farmers union | union nationale des fermiers

Ce qui suit est un extrait de neuf pages de la version anglaise de 70 pages de ce rapport de l'UFN sur les engrais azotés. Cet extrait comprend la Préface et l'Introduction et elle fait référence aux chapitres et aux graphiques dans la version anglaise.

Préface

Ce rapport embrasse les limites. Il fait partie d'une demande de plus en plus retentissante de mettre fin à la croissance sans fin. Les limites sont une forme de sagesse—et un portail vers la libération, la souveraineté et l'autodétermination. Si nous ne pouvons pas nous affranchir de l'impératif incessant de « toujours plus »—si ce fouet nous frappe toujours dans le dos—nous ne pouvons pas orienter notre cap ou décider de notre propre avenir. La poussée sans cesse pour une augmentation sans fin restreint l'autonomie, aggrave l'inégalité et enflamme l'anxiété.

Les limites sont des rembarde cruciales, afin d'empêcher notre civilisation de s'effondrer hors du sentier en dévastant la biosphère dont dépendent tous les peuples et toutes les activités économiques. Nier les limites est irresponsable : c'est dangereux. Sur une Terre surpeuplée, épuisée et qui se réchauffe rapidement, en ignorer les limites est de risquer le désastre ultime : la destruction de l'avenir de l'humanité.

Ce rapport est centré sur l'idée que la recherche incessante d'augmenter les rendements et la production en augmentant l'utilisation d'intrants agricoles—surtout les engrais—ne peut pas continuer. Ce rapport montre la voie vers un modèle différent—un modèle grâce auquel les fermiers seront plus sûres, où les revenus nets seront plus élevés et plus stables, et les grandes sociétés agro-industrielles seront détrônées en tant que principaux décideurs et principaux bénéficiaires au sein du système. Pour le bien de la planète, de leurs communautés, de leur revenus nets et de leur propre futur, les fermiers doivent trouver des alternatives à cet effort incessant d'obtenir des rendements toujours plus élevés (alimentés par des intrants).¹

S'efforcer de continuellement augmenter les rendements et la production des récoltes signifie habituellement d'augmenter l'utilisation des intrants. (Par ex., au Canada, la consommation de « fertilisants à teneur d'azote »² a presque doublé depuis 2006). À son tour, augmenter l'utilisation des intrants signifie l'augmentation des émissions des gaz à effets de serre (GES). Les émissions totales provenant de l'agriculture et de la production d'intrants agricoles ont augmenté d'un tiers entre 1990 et 2020, la plus récente année pour laquelle nous avons les données (voir Ch. 3). Le principal facteur pour cette augmentation générale, ce sont les émissions plus élevées provenant de la production et de

-
- 1 Ceci ne veut pas insinuer que les fermiers devraient cesser leurs efforts de faire de l'agriculture aussi bien et aussi soigneusement que possible ou bien que les rendements et les résultats seront moins importants. Au lieu de ça, l'idée est que les fermiers devraient continuer leur agriculture aussi bien qu'ils le peuvent, *mais sans une utilisation toujours croissante d'intrants* et tout en poursuivant *une plus grande variété d'objectifs*, y compris la maximisation des marges et la minimisation des dommages. Ce rapport recentre une version *authentique* de l'efficacité : l'une par laquelle l'agriculture se fait tout en *minimisant* l'utilisation des ressources ainsi que les émissions de GES, les émissions toxiques et l'épuisement des matériaux essentiels aux civilisations.
 - 2 L'expression « fertilisant à teneur d'azote » est utilisée pour que ce soit clair que nous faisons référence au tonnage de nutriment d'azote actuel dans l'engrais, non pas le composé fertilisant comme tel, ce qui peut souvent être, par exemple, seulement 46 pourcent de N (urée) ou 82 pourcent (ammoniac anhydre). Ce rapport utilise « fertilisant à teneur d'azote » en référant aux quantités/tonnages et « engrais azotés » en référant plus généralement à ces engrais. D'autres documents utilisent l'expression « engrais à azote » au lieu de « engrais à teneur d'azote ».

l'utilisation des engrais azotés (N). La clé pour comprendre les émissions agricoles de GES, c'est ceci : *Le tonnage des émissions qui sortent de nos champs et de nos fermes est une fonction directe du tonnage des intrants que nous y injectons. Un engagement continu d'augmenter le rendement et les résultats en augmentant l'utilisation des intrants est un engagement de facto d'augmenter les émissions.* Cela ne peut pas continuer : c'est incompatible avec un avenir viable et le climat relativement bénin dont dépend l'agriculture. Les émissions mondiales doivent chuter à presque zéro durant les 28 prochaines années. Les émissions agricoles doivent chuter. Donc, l'utilisation des intrants doit chuter. Donc, les rendements et la production ne peuvent pas continuer leur montée en flèche et vont probablement diminuer d'un faible pourcentage. (Ceux qui réagissent fortement contre de telles idées sont encouragés à continuer à lire afin de comprendre pourquoi les fermiers pourraient suggérer un tel parcours.)

Les raisons pour débarquer du tapis roulant de la maximisation des rendements vont *bien au-delà* de l'environnement. Par souci de leurs revenus nets, les fermiers ont un incitatif puissant pour réfléchir à un avenir différent. Présentement, avec une poursuite illimitée de rendements toujours meilleurs, les fermiers font deux choses : 1. Ils poussent des volumes toujours croissants de produits vers des marchés prétendument excédentaires, supprimant ainsi les prix d'une manière chronique ; et, 2. Les fermiers tentent d'acheter à chaque année des tonnages de plus en plus larges d'engrais, de produits chimiques, etc., créant ainsi des demandes croissantes pour ces produits et faisant monter les prix des intrants et les marges des profits des corporations.

De fait, les fermiers créent trop d'offre dans les marchés dans lesquels ils doivent vendre et trop de demande dans les marchés d'intrants dans lesquels ils achètent. Les effets sur les marges des fermiers sont facilement prévisibles—et sont très visibles dans les graphiques qui démontrent des marges qui se rétrécissent au fil du temps (voir Figure 16).

Prenons l'engrais à titre d'exemple. L'un des facteurs contribuant à ces montées récurrentes des prix des engrais (par ex., des flambées de prix en 2007/'08 et de nouveau en 2021/'22, et peut-être en '23), c'est que les fermiers demandent constamment plus d'engrais que l'année précédente. Imaginez le contraire : un déclin de l'utilisation des engrais et une surcapacité des usines de production. Tant et aussi longtemps que les fermiers s'appliquent au projet de demander plus d'engrais à chaque année que l'année précédente, les fermiers donnent plus de pouvoir et encouragent les compagnies, en plus de contribuer aux flambées des prix et au mercantilisme des compagnies. Les prix sont influencés par l'offre et la demande ; donc, en faisant inlassablement augmenter la demande, cela aura des résultats prévisibles—des résultats négatifs pour les fermiers.

Imaginez si, au lieu de maximiser l'offre dans les marchés des céréales et de maximiser la demande dans les marchés des intrants, les fermiers étant appuyés par les gouvernements disaient : Nous allons utiliser les outils de politique publique et travailler en collaboration pour plafonner notre production et même réduire graduellement la production—peut-être de dix pourcent sur dix ans. Qu'est-ce qui se passerait ? Les marchés des céréales, réagissant à l'offre réduite, augmenteraient probablement les prix. Et les fabricants d'intrants, confrontés à la perspective d'un déclin graduel de la demande pour leurs produits et d'un surplus de la capacité de production auraient de la difficulté à garder leurs prix bien au-dessus des coûts efficaces. Les marges des fermiers augmenteraient.

« Mais qu'en est-il de ceux qui ont faim dans le monde ? » demanderont les élites et leurs spécialistes alignés. De telles questions sont souvent insincères et égocentriques. L'intérêt de Cargill, Nutrien, Bayer, Yara, JBS, Nestlé, Deere, etc. n'est pas de nourrir ceux qui ont faim. Elles sont essentiellement désintéressées par ceux et celles qui ont faim—les pauvres—qui ont seulement de tous petits budgets pour les produits que ces compagnies souhaitent vendre en volumes de plusieurs milliards de dollars.

D'ailleurs, apporter une nutrition adéquate pour tous et toutes qui en ont besoin n'est pas une question d'augmenter la production et d'inonder le monde avec encore plus de grains, de légumes, de viande et de tonnage laitier. Nous produisons déjà assez de nourriture pour nourrir des milliards de plus de gens que nous nourrissons présentement. Un montant énorme de notre nourriture est gaspillé—au Canada, peut-être jusqu'à 40 pourcent, et à l'échelle mondiale, peut-être un tiers.³ Une autre large fraction du tonnage de notre produit agricole est dénutritionalisée : transformée en colas, en céréales sucrées, en croustilles, en nouilles instantanées, en repas préparés et en une variété d'aliments sur-transformés, à haute teneur en sucre ou en glucides qui, consommés aux taux actuels, causent l'effet inverse de la nutrition et de la santé. Et une bonne partie de notre production agricole n'est même pas transformée du tout en nourriture. Parmi les utilisations qui augmentent le plus rapidement pour les grains et les oléagineux, c'est de servir comme matière première pour les biocarburants qui alimentent les automobiles, les camions et bientôt les avions de vacances et le transport maritime. Une autre énorme portion de nos récoltes est utilisée comme céréales fourragères, ce qui signifie souvent de convertir de 5 à 10 calories céréaliers ou de 5 à 10 unités de protéine de grain en seulement une calorie ou une unité de protéine animale. Bien que la production animale puisse être très positive à un certain niveau, l'alimentation à base de céréales a massivement élargie l'approvisionnement et la consommation de viandes et de lait—le nombre d'animaux est maintenant bien au-delà des niveaux qui sont compatibles avec un avenir viable pour la planète. (Les humains et nos animaux d'élevage dépassent maintenant de 32 à 1 le poids de tous les animaux sauvages sur la Terre. Voir Ch. 6)

Tout comme « le patriotisme est le dernier refuge d'une fripouille », « nourrir le monde » est le dernier refuge des profiteurs à outrance de l'agroalimentaire et de leurs complices qui veulent maintenir un atmosphère de pénurie alimentaire, d'approvisionnement faible et de crise alimentaire afin de garder la production et la demande d'intrants sur des trajectoires toujours à la hausse, même alors que ces systèmes élaborent plus d'utilisations finales gaspilleuses pour notre tonnage agricole croissant. Les fermiers doivent débarquer du tapis roulant rendement-et-production—le tapis roulant de *l'utilisation des intrants*. Fermiers, citoyens, gouvernements et autres doivent reconnaître et embrasser les limites du système alimentaire et de *la planète*. L'époque de la croissance infinie arrive à sa fin. Les fermiers doivent travailler collectivement et être appuyés afin d'atteindre la prospérité, la sécurité, la dignité et la tranquillité d'esprit dans une aire poste-croissance. La solution de la faim ne peut pas être des augmentations exponentielles de la production, de l'extraction, de la consommation, de la dissipation, de l'épuisement et des émissions.

Ce rapport examine une erreur environnementale et civilisationnelle massive : l'hyper-nitrification de la Terre. En ce qui a trait au montant d'azote que nous injectons dans la biosphère, les humains sont allés bien au-delà des « limites opérationnelles sécuritaires » de la planète Terre—bien au-delà des « frontières planétaires » (voir Ch. 1). Comparé aux niveaux préindustriels, et surtout par l'entremise des engrais, les humains ont *triplé* le montant d'azote qui circule à travers les écosystèmes terrestres—à travers les champs, les prairies, les forêts, les terres humides, les jungles et la toundra (voir Ch. 4 et le Tableau 2). Ce rapport démontre qu'il s'agit d'une situation extrêmement dangereuse qui peut seulement être renversée si nous comprenons et embrassons les limites. Si nous ne réduisons pas, si nous ne ramenons pas nos flux mondiaux d'azote à l'intérieur de limites sécuritaires, si nous n'en réduisons pas le tonnage produit et répandu, si au lieu de ça nous prétendons que faire de petits ajustements à nos pratiques d'utilisation de l'azote peut régler le problème, nous pourrions faire un

3 Martin Gooch, Abdel Felfel, and Nicole Marenick, "Food Waste in Canada," Value Chain Management Centre, George Morris Centre, 2010, 2, <http://vcm-international.com/wp-content/uploads/2014/01/Food-Waste-in-Canada-November-2010.pdf>; Jenny Gustavsson et al., "Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention" (Rome: UN FAO, 2011), v, <http://www.fao.org/3/mb060e/mb060e.pdf>.

peu de progrès à court-terme—en réduisant l'utilisation de l'azote ou ses impacts connexes de quelques points de pourcentage au cours des prochaines années—mais, les tendances inlassablement à la hausse de production de céréales et de viande, ainsi que l'utilisation associée des engrais vont rapidement renverser un tel progrès, vont intensifier le problème et nous laisser encore plus en péril.

La croissance infinie submerge les mesures d'efficacité et annule les solutions incrémentielles. Les émissions et autres impacts peuvent seulement diminuer d'une manière durable si la production cesse de monter sans cesse et en flèche. À mesure que nous nous échappons de la poussée impitoyable à chaque année de produire et de consommer plus que l'année précédente, nous créons plus d'espace de répit, plus d'espace pour bouger, un espace où l'on peut faire des choix délibérés, de l'espace pour réimaginer notre futur—pour la transformation. L'impératif de la croissance, ainsi que les tapis roulants des rendements et des intrants rendent impossible la transformation—ils continuent à nous faire courir toujours plus vite juste pour rester de la partie et nous enlèvent la chance de nous reposer et de réfléchir. Il faut nous éloigner de ces systèmes implacables et destructeurs de la biosphère. En faisant cela, un univers de possibilités s'ouvre devant nous.

Ce rapport explore comment nous avons transgressé les limites de l'utilisation de l'azote et comment nous pouvons revenir à l'intérieur de ces limites, tout en appuyant les fermiers et leurs revenus nets, en plus d'aider tout le monde à obtenir la nutrition dont ils ont besoin.

Introduction : l'azote, à la fois un nutriment clé et un problème critique

« L'Azote est une composante essentielle de notre économie, de notre sécurité alimentaire et de la santé planétaire. »

—Benjamin Houlton et al., “A World of Cobenefits: Solving the Global Nitrogen Challenge.”⁴

« Sans azote, il n'y aurait pas de vie sur Terre : pas de chlorophylle, pas d'hémoglobine, pas de plantes, ni d'animaux. Bien que le carbone représente le squelette de la matière organique, l'azote est l'élément fondamental au fonctionnement de la vie et pour la diversité. Des amines et des aminoacides jusqu'aux protéines et à l'ADN, toutes sont des composés azotés. »

—Mark Sutton et al., « Nitrogen: Grasping the Challenge. »⁵

« Durant la période de 1900–2000, il y a eu une augmentation de presque quatre fois la population mondiale (d'environ 1,6 à 6 milliards de personnes), alors que l'augmentation de la superficie agricole était d'environ 30 %, illustrant l'augmentation de trois à quatre fois des rendements des récoltes durant cette période... Cette augmentation des récoltes a également été causée par les avancements dans la sélection des plantes et la protection par des herbicides et des pesticides, mais c'est impensable sans l'augmentation de presque 50 fois en engrais N durant cette période... »

—Wim de Vries, et al., “Assessing Planetary and Regional Nitrogen Boundaries.”⁶»

« Le N est le plus sérieux des polluants de la biosphère, suintant dans l'air et dans l'eau via des formes solubles et volatiles, y compris le nitrate (NO₃), l'ammoniac (NH₃), l'oxyde nitreux (N₂O) et le NO_x.... L'azote est le plus important polluant environnemental produit par l'agriculture... »

—Rezvan Karimi et al., “An Updated Nitrogen Budget for Canadian Agroecosystems.”⁷»

« La production massive d'azote réactif, tout comme l'émission de dioxyde de carbone par les combustibles fossiles, représente également une expérience géochimique énorme et dangereuse. »

—Vaclav Smil, “Global Population and the Nitrogen Cycle.”⁸

Pourquoi l'azote est-il important ?

L'azote est un atome (sept protons et sept neutrons, encerclés par sept électrons), un élément, le septième sur le tableau périodique, situé entre le carbone (six) et l'oxygène (huit), et il est hautement réactif avec plusieurs composés chimiques et biologiques.

L'azote joue des rôles essentiels dans les écosystèmes naturels, dans l'approvisionnement en alimentation humaine, dans les systèmes agricoles et dans nos économies. Étant une partie irremplaçable de toute vie (plantes, animaux, champignons et micro-organismes), son importance ne

4 Benjamin Houlton et al., “A World of Cobenefits: Solving the Global Nitrogen Challenge,” *Earth's Future* 7, no. 8 (2019): 865.

5 Sutton, M.A. et al., “Nitrogen - Grasping the Challenge. A Manifesto for Science-in-Action through the International Nitrogen Management System.,” Summary Report (Edinburgh: Centre for Ecology & Hydrology, 2019), 2.

6 Wim de Vries et al., “Assessing Planetary and Regional Nitrogen Boundaries Related to Food Security and Adverse Environmental Impacts,” *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5, no. 3 (2013): 394.

7 Rezvan Karimi et al., “An Updated Nitrogen Budget for Canadian Agroecosystems,” *Agriculture, Ecosystems & Environment* 304 (2020): 1.

8 Vaclav Smil, “Global Population and the Nitrogen Cycle,” *Scientific American* 277, no. 1 (1997): 80–81.

peut pas être exagérée. Les flux d'azote forment l'un des cycles biogéochimiques de base sur Terre, tout comme les cycles de l'eau, du phosphore et du carbone. La vie *exige* de l'azote.

L'azote est une partie essentielle de l'ADN, de l'ARN et de tous les acides aminés—ces derniers étant les éléments constitutifs des protéines clés aux métabolismes des humains, des autres animaux, des plantes et de toute vie. L'azote est une composante majeure de la chlorophylle dans les feuilles vertes—donc essentiel pour la photosynthèse, la base de virtuellement toutes les chaînes alimentaires naturelles et agricoles de la Terre.

Parce que l'azote est si essentiel, des changements dans son approvisionnement peuvent *remodeler* les écosystèmes : altérant ainsi le mélange d'organismes et leurs nombres. La rareté de l'azote est souvent le facteur limitant dans la croissance des plantes dans les écosystèmes naturels et (du moins historiquement) dans les champs agricoles. En tant que tel, l'azote est l'engrais agricole le plus fortement utilisé. Il est un intrant agricole indispensable.

L'azote est également une matière première économique cruciale et civilisationnelle. Le niveau de la population humaine et, ainsi, la dimension et l'allure de notre économie mondiale sont des fonctions des quantités de flux d'azote. Envisagez ceci : le montant d'azote qui circule naturellement à travers la biosphère ne serait pas suffisant pour nourrir les presque huit milliards d'humains (et nos animaux d'élevage) qui vivent présentement sur la Terre. Les sommités en matière de flux d'azote calculent que sans fertilisant azoté synthétique, jusqu'à la *moitié* des gens en vie aujourd'hui ne pourraient pas être nourris et, donc, ne pourraient pas exister.⁹ Dans son livre sur l'histoire de la production de l'azote synthétique, le Dr. Vaclav Smil, Université du Manitoba, déclare que l'engrais azoté est « la solution à l'un des facteurs clés limitants sur la croissance de la civilisation moderne ».¹⁰

La Figure 1 montre la population humaine mondiale au cours des 2 022 dernières années et aussi la consommation mondiale de fertilisant à teneur d'azote.¹¹ Bien qu'il soit vrai que la population humaine ait commencé à augmenter avant l'augmentation du tonnage des engrais, il est également clair dans le graphique que durant le 20^{ième} siècle, alors que la population humaine dépassait les 2 ou 3 milliards, le nombre d'humains et du tonnage d'engrais sont devenus liés. Bien que nous ajouterons des nuances ici-bas, pour l'instant nous pouvons dire que : Pour nourrir des milliards de personnes additionnelles, il fallait des milliards de tonnes de nourriture additionnelle et cela exigeait des dizaines de millions de tonnes d'engrais azoté.

9 Jan Erisman et al., "How a Century of Ammonia Synthesis Changed the World," *Nature Geoscience* 1, no. 10 (2008); Vaclav Smil, "Global Population and the Nitrogen Cycle," *Scientific American* 277, no. 1 (1997). De tels estimations dépendent sur des suppositions (par ex., les niveaux de gaspillage de nourriture ou de production de biocarburants). Différentes suppositions et différents scénarios changeraient la portion des habitants de la Terre qui dépendrait de l'azote synthétique, mais il serait impossible de soutenir les populations actuelles et futures sans de l'engrais.

10 Vaclav Smil, *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production* (Cambridge, MA: MIT Press, 2004), 228.

11 Dans l'ensemble, l'expression « engrais azoté » est une version brève pour « engrais azoté synthétique fabriqué en usine » et n'inclut pas le fumier, le compost ou autres engrais organiques. Ceci étant dit, certains des effets négatifs attribués aux engrais synthétiques peuvent également s'appliquer aux engrais organiques quand ils sont concentrés dans un endroit, par ex., le fumier autour des opérations d'engraissement confiné. Une distinction : le fumier n'est pas normalement compté comme un intrant d'azote *nouveau* ; il s'agit plutôt d'un flux de recyclage d'azote fixé auparavant.

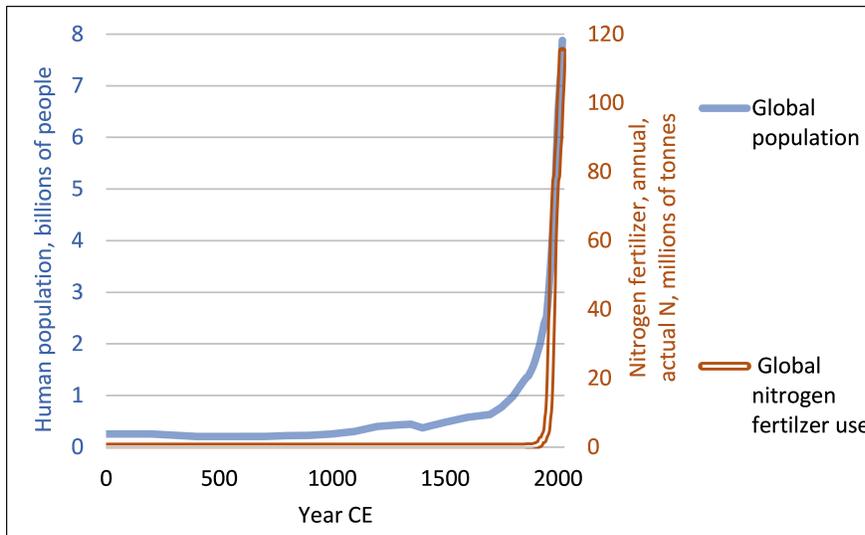


Figure 1. Population humaine et consommation de fertilisant à teneur d'azote, 0 Ère actuelle – 2022 Ère actuelle.

Sources : Vaclav Smil et base de données de la « International Fertilizer Association » (IFA).¹²

Sans fertilisants, les récoltes mondiales de nos jours seraient plus petites, tout comme les populations humaines ; les régimes alimentaires seraient très différents et le nombre d'animaux serait bien plus petit. Les nations, les villes, les paysages et les économies auraient une allure tout à fait différente—les villes et les économies seraient bien plus petites. Dans un article par Paul Crutzen (récipiendaire du Prix Nobel) et par Will Steffen (co-développeur du concept des Frontières planétaires), les auteurs disent que « le processus industriel Haber-Bosch pour produire de l'ammoniaque à partir du N_2 dans l'air a rendu possible l'explosion de la population humaine. C'est étonnant de noter l'importance de cette seule invention pour l'évolution sur notre planète.¹³»

Seulement au deuxième rang après le carbone fossile, l'azote synthétique a refaçonné le monde. Mais il l'a également endommagé, comme nous le verrons ensuite. Et bien que nous ne puissions pas nous passer de l'engrais azoté, et bien qu'il soit de grande valeur aux fermiers, il nous faut trouver des moyens de réduire fortement le tonnage que nous poussons dans la biosphère de la Terre. Cela implique une grande variété de changements en agriculture et dans tous les autres systèmes humains.

Avant d'examiner plus attentivement certains des nombreux problèmes créés par la surutilisation de l'engrais azoté, il convient de souligner qu'en utilisant cet engrais, les fermiers ne font rien de « mal ». L'engrais azoté est le plus important contributeur à la prospérité humaine et aux nombreux avantages dont nous bénéficions aujourd'hui. Nos niveaux d'utilisation d'azote sont des fonctions, non seulement des choix des fermiers individuels, mais surtout des flux et des tendances économiques, matérielles et alimentaires de notre civilisation mondiale—entraînés par des politiques corporatives et gouvernementales aux niveaux les plus élevés. Les fermiers nord-américains sont embarqués dans un système mondial de plusieurs billions de dollars qui pousse pour des rendements, des productions, des exportations et des profits agroalimentaires, etc. toujours plus élevés. Dans plusieurs cas, il pourrait être difficile ou risqué pour un fermier individuel de renoncer unilatéralement aux fertilisants et de

12 Smil, *Enriching the Earth*, 245–46; International Fertilizer Industry Association, "IFADATA," n.d., <http://ifadata.fertilizer.org/ucSearch.aspx>.

13 Paul Crutzen and Will Steffen, "How Long Have We Been in the Anthropocene Era? (2003)," in *Paul J. Crutzen and the Anthropocene: A New Epoch in Earth's History*, ed. Susanne Benner et al. (Cham, Switzerland: Springer, 2021).

sortir de la logique économique de ce système. Au lieu de ça, il faut changer les règles du jeu. Les incitatifs doivent être altérés. Le pouvoir du marché doit être rééquilibré. Les fermiers doivent être appuyés en se déplaçant collectivement vers des systèmes de production qui dépendent beaucoup moins des engrais fabriqués en usine et plus sur les systèmes et les cycles naturels. Il nous faut obtenir moins de ce dont nous avons besoin de l'industrie et plus de la biologie.

Tout comme le changement climatique ne peut pas être résolu seulement par des actions de consommateurs individuels et que des politiques gouvernementales coordonnées soient nécessaires, le même est vrai avec la surutilisation des engrais azotés. Les fermiers ont un rôle clé à jouer en réglant ce problème, mais leurs efforts individuels doivent être coordonnés et appuyés par des initiatives collectives de politiques publiques et d'appui financier.

La plupart des fermiers vont continuer à utiliser des fertilisants, comme ils le devraient. Mais la quantité de cette utilisation doit être réduite de manière significative : au Canada, à moyen terme, peut-être réduite d'environ un tiers—au tonnage utilisé durant la période de 2008–10. L'engrais azoté peut contribuer des avantages nets importants, mais seulement s'il est utilisé en quantités optimales. Avec les quantités présentement déployées à l'échelle planétaire, les dommages à l'environnement et à la santé humaine excèdent les bénéfices (voir Ch. 8). Il est incohérent d'être « pour » ou « contre » l'engrais azoté, mais en lisant la preuve, il est fort probable que la plupart des fermiers, d'autres citoyens et décideurs seront contre la suite de sa surutilisation massive.

Pourquoi l'azote est-il un problème ?

L'azote produit par les humains est maintenant devenu l'un des trois pires menaces environnementales mondiales, avec l'extinction des espèces et les changements climatiques (voir Ch. 1).

Tel que mentionné, l'azote est un élément nutritif clé pour les végétaux. Son surplus ou sa rareté refaçonne les écosystèmes. En considérant le rôle central qu'il joue dans les systèmes et les cycles planétaires, l'ampleur de l'intervention humaine dans le cycle de l'azote est choquante. Comparé aux niveaux préindustriels et surtout par l'entremise de nos manufactures de fertilisants, les humains ont triplé le montant d'azote qui circule à travers les paysages terrestres de la planète—à travers les champs agricoles, les prairies, les terres humides, les forêts, etc.¹⁴ (voir également Ch. 4).

Il y a trois sources principales d'azote réactif fabriqué par les humains (N_r)¹⁵: 1. La production et l'utilisation des fertilisants synthétiques ; 2. Planter des cultures fixatrices d'azote, telles le soja ; et 3. La combustion de combustibles fossiles, ce qui résulte en des composés d'azote réactif qui sont créés à

14 David Fowler et al., "Effects of Global Change during the 21st Century on the Nitrogen Cycle," *Atmospheric Chemistry and Physics* 15, no. 24 (2015): 13850, 13858. Veuillez noter que le triplement n'est pas seulement un résultat de l'utilisation d'engrais azoté, mais aussi du N provenant des combustibles fossiles, de la fixation biologique de l'azote, etc. Consultez aussi David Fowler et al., "The Global Nitrogen Cycle in the Twenty-First Century," *Philosophical Transactions of the Royal Society* 368, no. 1621 (2013): Figure 1 and Table 2; James Galloway et al., "Nitrogen Cycles: Past, Present, and Future," *Biogeochemistry* 70, no. 2 (2004): 159; and James Galloway et al., "Transformations of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Political Solutions," *Science* 320 (2008): 889. Veuillez noter que lors d'un examen en 2021 par Galloway et al. on y suggère que l'humanité a déjà quadruplé les flux d'azote naturel. Voir James Galloway, Albert Bleeker, and Jan Willem Erisman, "The Human Creation and Use of Reactive Nitrogen: A Global and Regional Perspective," *Annual Review of Environment and Resources* 46, no. 1 (2021): 282.

15 Les composés azotés réactifs (N_r) sont ceux qui peuvent être facilement engagés dans des réactions chimiques, y compris dans les plantes et les bactéries—on y réfère souvent comme étant « bio-disponibles ». Les composés N_r incluent l'ammoniac (NH_3), l'ammonium (NH_4), le nitrate (NO_3^-), l'oxyde nitrique (NO), l'oxyde nitreux (N_2O) et les composés organiques, tels que l'urée (CH_4N_2O), mais le N_r n'inclut pas l'azote atmosphérique relativement non réactif (N_2) qui représente plus des trois-quarts de l'atmosphère de la Terre.

partir de l'azote dans l'air. (Le fumier n'est pas considéré une source de N_r nouveau : c'est un flux de recyclage.)

Avant le 20^{ième} siècle, les flux naturels d'azote à travers les écosystèmes terrestres totalisaient environ 90 millions de tonnes (Mt) par année (Tableau 2). De nos jours, suite à d'énormes augmentations de cultures fixatrices d'azote, de combustion de combustibles fossiles et, surtout, de la production et de l'utilisation d'engrais, les flux d'azote à travers les écosystèmes terrestres sont trois fois plus élevés : plus de 281 Mt par année. Pas de surprise, cette intrusion massive dans un cycle biosphérique essentiel cause un dommage environnemental généralisé.

À l'échelle mondiale, la production et l'utilisation d'engrais azotés crée plus d'un milliard de tonnes de gaz à effet de serre (CO₂e) par année.¹⁶ Au Canada, l'augmentation constante des taux et du tonnage d'engrais sont la raison primaire pourquoi les émissions agricoles augmentent également. L'oxyde nitreux (N₂O), le GES principal résultant de l'utilisation des engrais azotés, est l'un des trois principaux facteurs du réchauffement planétaire, après le dioxyde de carbone et le méthane. Kilogramme pour kilogramme, le N₂O a un effet de réchauffement environ 300 fois celui du CO₂.¹⁷ Par ailleurs, avec une période de résidence atmosphérique de plus d'un siècle,¹⁸ le N₂O émis aujourd'hui va continuer à perturber le climat jusque tard dans le 22^{ième} siècle.

Cultures fixatrices d'azote

Les cultures, telles que les pois, les lentilles, les fèves, la luzerne et le trèfle peuvent fixer leur propre azote à partir de l'air, parce que leurs racines contiennent des bactéries spéciales. Les cultures fixatrices d'azote peuvent être soit des solutions, soit des problèmes. À un certain niveau, et si elles sont utilisées pour remplacer l'engrais azoté (N) de synthèse et pour diminuer les flux totaux de N, les cultures fixatrices d'azote peuvent améliorer les résultats pour l'environnement et la durabilité des systèmes alimentaires. À titre d'exemple, ajouter des légumineuses aux pâturages pour remplacer les engrais de synthèse est vraiment gagnant-gagnant, tout comme l'adoption de rotations de cultures diversifiées qui incluent des légumineuses fixatrices d'azote. Mais au niveau actuel (par ex., plus de 300 millions d'acres de soja à l'échelle mondiale, dont environ les trois-quarts du tonnage produit sont utilisés pour nourrir les animaux*) les cultures fixatrices d'azote sont de grandes contributrices à l'hyper-nitrification de la Terre. Les cultures fixatrices de N sont beaucoup comme de l'engrais : bonnes en montants modérés, mais mauvaises lorsque déployées au niveau qu'on le fait présentement. Cet exemple nous rappelle qu'il est possible de transformer toute solution en un problème.

* Les principaux produits du soja sont l'huile et le « tourteau » qui reste après l'extraction de l'huile. Le premier va surtout pour la nourriture humaine et le deuxième va surtout pour alimenter les animaux. En général, selon le poids, les animaux consomment 77 pourcent du tonnage de soja, surtout sous forme de tourteau suite à l'extraction de l'huile. En tant que pourcentage de valeur, les utilisations comme l'alimentation animale représentent deux-tiers de la valeur. À titre d'exemple, consultez Walter Fraanje et Tara Garnett, "Soy: Food, Feed, and Land Use Change" (Oxford: Food Climate Research Network, University of Oxford., 2020), pp. 5–8.

- 16 International Fertilizer Industry Association, "Fertilizers, Climate Change and Enhancing Agricultural Productivity Sustainability" (Paris: IFA, 2009), 10; Hanqin Tian et al., "A Comprehensive Quantification of Global Nitrous Oxide Sources and Sinks," *Nature* 586, no. 7828 (2020).
- 17 Le Potentiel de réchauffement planétaire (PRP) [Global Warming Potential (GWP)] permet des comparaisons du pouvoir de réchauffement des différents GES. Le PRP est une mesure de combien de chaleur sera piégée par les émissions de 1 tonne d'un GES quelconque en relation à une tonne de CO₂. Ce rapport utilise des chiffres arrondis plus faciles à se rappeler pour le PRP de l'oxyde nitreux et du méthane : 300 et 30, respectivement. Le PRP actuel sur 100 ans pour le N₂O et le CH₄ sont, respectivement, 265 (IPCC AR5) ou 298 (AR4) et 28 (AR5) ou 25 (AR4). Voir : Greenhouse Gas Protocol, "Global Warming Potential Values," February 16, 2016, https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf.
- 18 United States Environmental Protection Agency, "Overview of Greenhouse Gases," Overviews and Factsheets, December 23, 2015, <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>.

Mais les dommages environnementaux provenant de l'ajout annuel mondial de 100 millions de tonnes de fertilisant à teneur d'azote vont bien au-delà des impacts climatiques. À titre d'exemple, avec l'interdiction des produits chimiques comme les chlorofluorocarbones (CFC), le N_2O , surtout des engrais, est maintenant la principale cause de la destruction de l'ozone. Comme autre exemple, l'engrais azoté appliqué aux champs produit une grande variété de composés comme sous-produits qui vont ensuite faire leur chemin vers la surface et dans les eaux souterraines, contribuant ainsi à une multitude d'impacts environnementaux, y compris des proliférations d'algues (eutrophisation) et des centaines de vastes zones mortes dans les océans. L'utilisation des engrais acidifie les sols et l'eau, causant ainsi une variété de changements dans les écosystèmes. Et la matière particulaire (smog)— créée en grande partie par les composés d'azote provenant de la combustion de combustibles fossiles, de l'utilisation des engrais et d'autres sources— tue des millions de personnes autour du monde à chaque année (Ch. 8). Un seul atome d'azote réactif (N_r), une fois qu'il est produit dans une usine d'engrais et relâché d'un champ peut participer en succession à plusieurs de ces impacts négatifs. Les experts font remarquer que « le même atome de N peut causer de multiples effets dans l'atmosphère, dans les écosystèmes terrestres, dans l'eau douce et les systèmes marins, ainsi que sur la santé humaine. Nous appelons cette séquence d'effets une cascade de l'azote.¹⁹»

Les impacts sur la santé, sur l'environnement et sur l'économie causés par la surutilisation de l'azote sont explorés dans le Chapitre 8. Ici, il est suffisant de noter la diversité et la sévérité des effets négatifs. Bien que certains peuvent trouver ces caractérisations négatives de l'engrais azoté plutôt surprenantes, controversées ou suspectes, cela ne devrait pas être le cas. Intuitivement, nous devrions nous attendre que si les humains prennent l'un des nutriments clés pour les plantes, l'un des principaux éléments constitutifs de la vie sur Terre, l'un des plus importants éléments du cycle biogéochimique et d'utiliser des usines industrielles alimentées aux combustibles fossiles pour multiplier la masse qui circule à travers les paysages naturels et gérés par les humains, nous devrions nous attendre à des conséquences dramatiques et considérables. Littéralement, nous sommes en train de « changer le monde ».

Les effets positifs de notre déploiement massif d'azote réactif incluent des récoltes, des populations, des villes et des économies dramatiquement plus étendues. Mais les effets négatifs de multiplier les flux d'azote incluent des dommages sévères aux systèmes terrestres, aquatiques et atmosphériques, ainsi qu'à la santé humaine. Une quantité modérée de nutriment azoté est une bénédiction qui donne la vie, mais cent millions de tonnes par année d'engrais à teneur d'azote est une surdose planétaire toxique.

Des experts qui ont étudié les nombreux avantages et dommages de l'utilisation de l'azote concluent que « les conséquences nettes sur la santé publique d'un cycle de N changeant sont fortement positives à des niveaux plus bas, mais elles finissent par atteindre un pic et ensuite deviennent de plus en plus négatives alors que notre création et notre utilisation de l'azote (N) fixé continuent à grimper.»²⁰ L'engrais azoté n'est ni « bon », ni « mauvais », ce sont plutôt nos choix à propos de son utilisation qui font la différence. Le défi auquel les fermiers, les gouvernements et toute l'humanité sont confrontés, c'est de maximiser les bénéfices des engrais précieux pour les approvisionnements alimentaires, la santé humaine, les économies et les écosystèmes, tout en minimisant les impacts négatifs sur eux. Présentement, nous manquons à ce devoir. Nous sommes malavisés, trop zélés et maladroits dans nos interventions dans le cycle sensible de l'azote de la Terre.

19 James N. Galloway et al., "The Nitrogen Cascade," *BioScience* 53, no. 4 (April 1, 2003): 341.

20 Alan Townsend et al., "Human Health Effects of a Changing Global Nitrogen Cycle," *Frontiers in Ecology and the Environment* 1, no. 5 (2003): 240.

Ce rapport explore la surutilisation de l'azote et démontre bien que des discussions crédibles sur la durabilité et sur le maintien d'une biosphère bénigne qui supporte une civilisation doivent être centrées sur des discussions de moyens pour réduire la surdépendance de l'humanité sur les engrais synthétiques. Mais ce rapport va également au-delà des problèmes pour examiner des réponses—des manières par lesquelles les fermiers, les responsables de politiques et d'autres peuvent aller d'avant avec la production alimentaire et la durabilité à mesure que nous diminuons l'utilisation des engrais. Ce rapport vise à :

1. Mieux comprendre l'engrais azoté comme étant un problème environnemental et climatique, ainsi qu'accroître les préoccupations entourant cet enjeu *comme moyen d'encourager des actions et des changements positifs* ;
2. Aider les fermiers à comprendre les gaz à effet de serre, les autres émissions et les impacts sur les écosystèmes qui sont attribuables à la production et à l'utilisation de l'engrais azoté ;
3. Suggérer des voies de réductions des émissions et de l'utilisation d'engrais, y compris des politiques et des programmes nécessaires que les fermiers et les représentants élus doivent poursuivre pour mettre fin à la surdépendance et sauvegarder la biosphère ; et
4. Démontrer que réduire la dépendance sur la fertilité achetée peut augmenter les marges des fermiers et restreindre la prise de bénéfice et le pouvoir des entreprises d'engrais.

Nous critiquons la situation actuelle afin de créer de l'urgence pour le projet de sauvegarder l'avenir.