

pesticides polluent presque tous les écosystèmes. Les flux d'azote et de phosphore dans l'environnement ont plus que doublé depuis 1960, polluant l'eau et créant d'énormes «zones mortes», privées d'oxygène, à l'embouchure de nombreux fleuves majeurs. Ironie du sort, les engrais lessivés par la pluie compromettent, au nom de l'augmentation de la production alimentaire, une autre source importante d'alimentation: la pêche côtière.

L'agriculture est aussi une importante source de gaz à effet de serre: selon le Giec, elle représente environ 24% du dioxyde de carbone, du méthane et du protoxyde d'azote émis par les activités humaines, soit plus que les

localement tort. Libéraliser le commerce mondial signifie que le paysan africain cultivant à la main un hectare, avec des rendements de l'ordre de dix quintaux, sera mis sur le même plan que le paysan européen ou américain, qui cultive seul 100 hectares de façon mécanisée, et y obtient des rendements de l'ordre de 100 quintaux. Il y a donc un facteur 1000 entre la productivité d'un Africain et celle d'un agriculteur du Nord, sans parler des aides et subventions que le second reçoit. Les mettre en concurrence, c'est condamner sans équivoque le premier. C'est d'ailleurs ce qui se passe aujourd'hui, entraînant l'exode rural et l'accumulation de ces pauvres ruraux dans les bidonvilles périurbains, où ils ne trouvent pas de travail et vivent d'expédients ou d'aide.

À titre d'exemple, la construction des barrages de Manantali et de Diama, sur le fleuve Sénégal et ses affluents, achevés à la fin des années 1980, devait permettre la culture irriguée de 375 000 hectares de riz et conduire à l'autosuffisance en riz de la région. Mais la libéralisation des importations de brisures de riz provenant

d'Asie a conduit à la faillite, en 1994, du Crédit Agricole Sénégalais et de l'aménagement hydraulique, et a rendu non rentable la culture du riz dans cette vallée. Ainsi, il est indispensable de maintenir, au moins pour un temps, des barrières douanières régionales pour protéger l'activité des paysans du Sud, élever peu à peu leur niveau de vie, éradiquer leur sous-nutrition, éviter l'exode rural et faire produire régionalement la nourriture des villes alentour. Avec la réduction de la «volatilité» des prix agricoles, liée à la conjoncture économique mondiale et aux épisodes de sécheresse, et amplifiée par la spéculation, c'est la création de marchés locaux protégés qui permettra de relever le défi alimentaire. La technique n'est qu'une facette de ce défi. La régulation économique en est l'aspect majeur.

MICHEL GRIFFON, spécialiste des politiques agricoles des pays en développement au Cirad et à l'Agence nationale de la recherche.

GHISLAIN DE MARSILY, membre de l'Académie des sciences et professeur émérite à l'université Pierre-et-Marie-Curie et à l'École des mines de Paris.

émissions liées au transport ou à la production d'électricité. Une partie de ces émissions agricoles sont liées à l'énergie produite et utilisée pour cultiver, transformer et transporter les aliments, mais la plupart sont dues à la déforestation tropicale, à la production de méthane par les animaux et les rizières, et au protoxyde d'azote émis par les sols surfertilisés.

Les précédentes approches pour résoudre les problèmes alimentaires et environnementaux étaient souvent incompatibles. Produire plus en défrichant plus de terres et en utilisant plus d'eau et de produits chimiques, ou restaurer les écosystèmes en reprenant des terres arables à l'agriculture, il fallait choisir. Une autre voie qui concilierait ces deux aspects semble pourtant possible.

Après plusieurs mois de recherches et de délibérations fondées sur l'analyse de données nouvelles sur l'agriculture et l'environnement à l'échelle mondiale, notre équipe a établi un plan en cinq points pour traiter les défis à la fois alimentaires et environnementaux.

STOP À L'EXTENSION

Notre première recommandation est de ralentir et de stopper progressivement l'extension de l'agriculture, qui se fait notamment aux dépens des forêts tropicales et des savanes. La disparition de ces écosystèmes a des conséquences importantes, comme une perte de biodiversité et l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone. Le ralentissement de la déforestation réduirait considérablement les dommages environnementaux, tout en n'imposant que des contraintes mineures sur la production alimentaire mondiale. Des mesures visant à réduire l'urbanisation, la dégradation et l'abandon des terres agricoles aideraient à compenser la perte en capacité agricole.

De nombreuses propositions ont été faites pour réduire la déforestation. L'une des plus prometteuses est le programme des Nations unies de réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts (Redd). Ce programme prévoit qu'en échange de crédits carbone, les nations riches payent les nations concernées pour protéger les forêts tropicales humides. D'autres programmes développent des normes de certification, afin de privilégier les récoltes n'ayant pas été cultivées sur des terres issues de la déforestation. Par ailleurs, une meilleure politique de production des biocarburants, favorisant des cultures non alimentaires, libérerait des terres arables pour l'alimentation.

Pour doubler la production mondiale de nourriture sans nuire à l'environnement, nous devons aussi augmenter les rendements des terres cultivées existantes. Il existe deux options: stimuler la productivité des meilleures exploitations, en relevant leur capacité de rendement grâce à une amélioration des espèces cultivées et de la gestion des

UN TIERS DE LA NOURRITURE PRODUITE EST JETÉE, PERDUE, GÂTÉE...

> cultures, ou bien améliorer les rendements des exploitations les moins productives. La seconde option donnerait le gain le plus important et le plus immédiat, en particulier dans les régions où la faim est la plus aiguë.

Notre équipe a analysé les rendements des cultures à travers le monde et a constaté que la majeure partie du globe présente un rendement inférieur à ses capacités. En particulier, les rendements pourraient augmenter de façon significative dans de nombreuses régions d'Afrique, d'Amérique centrale et d'Europe de l'Est (voir l'encadré ci-dessous). Utiliser tout le potentiel des terres cultivées les moins rentables pour 16 cultures parmi les plus importantes (maïs, pommes de terre, riz, blé...) augmenterait la production alimentaire totale de 50 à 60%, avec peu de dommages pour l'environnement.

L'augmentation du rendement des terres agricoles les moins productives nécessite souvent davantage d'engrais et d'eau. Cependant, de nombreuses

techniques permettent d'augmenter le rendement sans nécessiter d'irrigation ni une utilisation débridée de produits chimiques.

ÉCONOMISER L'EAU

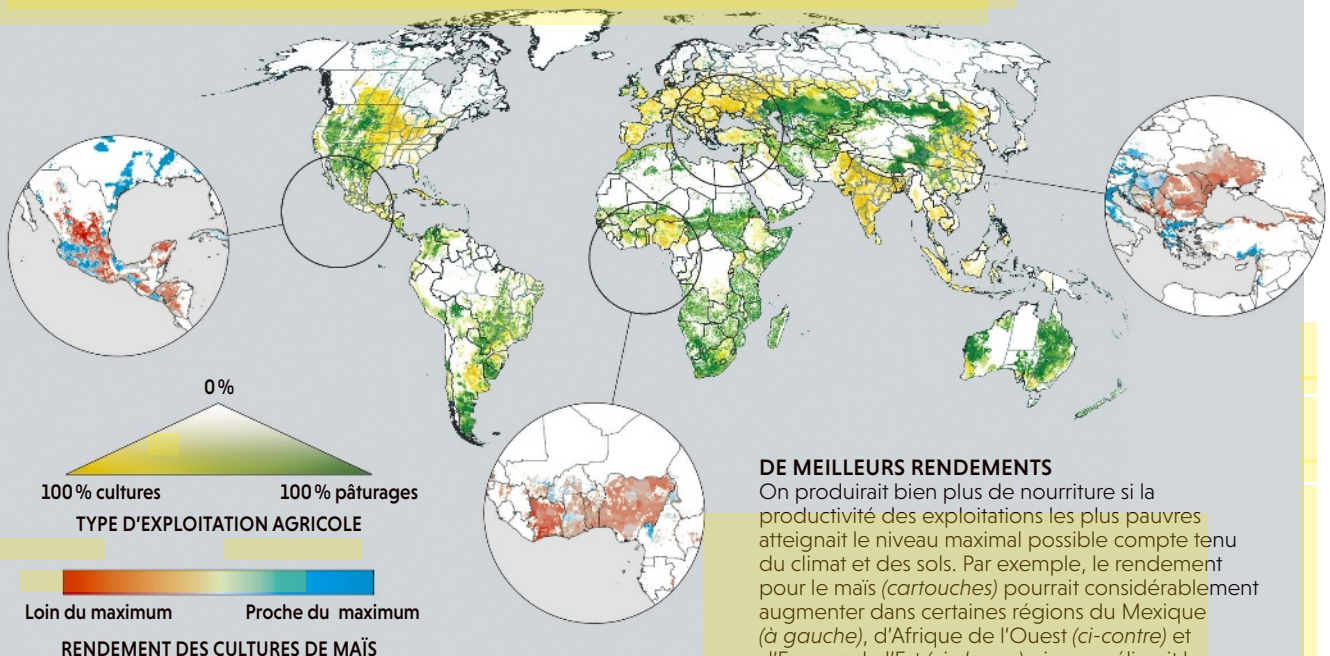
Une réduction du labour perturbe moins le sol et évite l'érosion; des plantes dites «de couverture», cultivées entre les cultures alimentaires, réduisent les mauvaises herbes et apportent des nutriments et de l'azote au sol, lorsqu'elles sont enfouies au moment du labour. Des leçons tirées de systèmes biologiques et agroécologiques peuvent également être adaptées, par exemple laisser les résidus des cultures dans les champs, afin qu'ils se décomposent en nutriments.

Notre troisième recommandation concerne justement l'efficacité des pratiques agricoles: pour réduire les impacts environnementaux, il importe, quel que soit le rendement, d'utiliser moins d'eau, d'engrais, d'énergie.

En moyenne, un litre d'eau d'irrigation est nécessaire pour faire pousser une kilocalorie de nourriture, bien que certains endroits en utilisent beaucoup plus. Notre analyse a

AMÉLIORER LES RENDEMENTS

Si l'on s'interdit de déforester, il reste peu de place pour étendre les terres cultivées, car la plupart des territoires restants sont des déserts, des montagnes, de la toundra ou des zones urbanisées. Cependant, les exploitations de nombreuses régions agricoles pourraient être plus productives (voir les cartouches).



DE MEILLEURS RENDEMENTS

On produirait bien plus de nourriture si la productivité des exploitations les plus pauvres atteignait le niveau maximal possible compte tenu du climat et des sols. Par exemple, le rendement pour le maïs (cartouches) pourrait considérablement augmenter dans certaines régions du Mexique (à gauche), d'Afrique de l'Ouest (ci-contre) et d'Europe de l'Est (ci-dessus), si on améliorait les semences, l'irrigation, les engrais et les marchés.

montré que les exploitations peuvent économiser considérablement l'eau sans trop réduire la production de nourriture, en particulier sous les climats secs. Les principales stratégies sont l'irrigation au goutte-à-goutte, le paillage et la réduction des pertes d'eau. Une autre piste consiste à favoriser l'agriculture dite «pluviale», c'est-à-dire qui ne dépend que de l'eau de pluie et ne nécessite donc pas d'irrigation.

Avec les engrais, un ajustement dans les deux sens est impératif. Certains endroits sont trop pauvres en nutriments et fournissent donc une faible production agricole, tandis que d'autres en sont trop riches et sont source de pollution. Les engrais ne sont presque jamais utilisés à la «bonne dose». Notre analyse montre les points chauds sur la planète, notamment en Chine, dans le Nord de l'Inde, au centre des États-Unis et dans l'ouest de l'Europe, où les exploitations pourraient réduire l'utilisation d'engrais sans diminuer (ou très peu) la production alimentaire: 10% des terres arables sont à elles seules responsables de 30 à 40% de la pollution par les engrais agricoles.

Parmi les mesures envisagées figurent des politiques et des incitations économiques, comme la rétribution des agriculteurs pour la gestion et la protection de l'eau des bassins hydrographiques, une réduction de l'utilisation d'engrais, un recyclage des nutriments en excès... La restauration de zones humides augmenterait aussi leur capacité à filtrer les engrais des eaux de ruissellement, et limiter ainsi la contamination de l'eau.

Enfin, là encore, une réduction du labour limiterait l'appauvrissement du sol, tout comme l'agriculture de précision (application d'engrais et d'eau seulement quand et où c'est nécessaire) et les techniques de culture biologique.

Nos deux dernières recommandations ont trait à la consommation. D'abord, si les récoltes servaient plus à nourrir directement les humains et moins à engraisser le bétail, on augmenterait considérablement la disponibilité mondiale de nourriture sans perturber l'environnement.

En moyenne, si l'on adoptait des régimes entièrement végétaux, on gagnerait jusqu'à 3×10^{15} calories supplémentaires chaque année, soit une augmentation de 50% de la production actuelle. Même de petits changements de régime alimentaire, comme de remplacer le bœuf nourri aux céréales par de la volaille ou du porc, sont très bénéfiques.

Ensuite, la réduction du gaspillage est indispensable. Près de 30% de la nourriture produite est jetée, perdue, gâtée... Dans les pays riches, la plupart des déchets se retrouvent en bout de chaîne, dans les poubelles. De simples changements dans nos habitudes, par exemple réduire les portions, seraient utiles.

Dans les pays plus pauvres, les pertes sont du même ordre de grandeur, mais ont lieu chez

le producteur: pertes de récoltes, stocks ravagés par des nuisibles, infrastructures défectueuses... Ce sont autant de leviers sur lesquels agir pour réduire ces déchets de façon appréciable.

Sans imaginer une irréaliste suppression totale des déchets de la ferme à la table, des efforts ciblés, notamment pour réduire les déchets des aliments les plus consommateurs de ressources, comme la viande et les produits laitiers, feraient une grande différence.

Notre stratégie en cinq points aiderait à faire face à de nombreux défis de sécurité alimentaire et environnementaux. Ensemble, les différentes mesures préconisées augmenteraient la disponibilité de nourriture à l'échelle mondiale de 100 à 180% tout en diminuant considérablement les émissions de gaz à effet de serre, les pertes de biodiversité, l'utilisation de l'eau et sa pollution. Pour ce faire, il est important que ces cinq points (et peut-être plus) soient mis en œuvre ensemble.

UN SYSTÈME EN RÉSEAU

Pour faire de ce nouveau système agricole responsable une réalité, prenons les meilleures idées de la révolution verte et de l'agriculture à l'échelle industrielle, d'une part, et de la culture biologique et des systèmes alimentaires locaux, d'autre part. Et créons un réseau de systèmes agricoles locaux, adaptés au climat, aux ressources en eau, aux écosystèmes et à la culture de chaque région, reliés par des moyens efficaces de commerce international et de transport.

Un des dispositifs de soutien de ce nouveau système alimentaire pourrait être l'équivalent du programme LEED (*Leadership in energy and environmental design*). Ce système nord-américain de standardisation pour la construction de bâtiments à haute qualité environnementale attribue des niveaux de certification aux bâtiments en fonction des options vertes intégrées. De même, pour une agriculture durable, des notes seraient attribuées aux aliments en fonction de leur valeur nutritionnelle, environnementale, sociale... Cette certification donnerait des informations plus précises que les labels alimentaires actuels, tels «local» ou «biologique», qui n'apprennent en réalité pas grand-chose sur ce que nous mangeons. Ainsi renseigné, le consommateur pourrait évaluer les coûts et bénéfices de différentes méthodes agricoles.

Les principes et pratiques de nos différents systèmes agricoles (à grande échelle ou locaux, biologiques ou non...) fournissent les fondements pour répondre aux besoins de sécurité alimentaire et environnementaux du monde. Nourrir durablement près de 10 milliards de personnes en 2050 sera l'un des plus grands défis de notre civilisation. La façon dont nous le relèverons déterminera son sort. Mais la bonne nouvelle est que l'on peut le relever! ■

QUELQUES CHIFFRES

■ Alors que les rendements agricoles avaient augmenté de 65% entre 1965 et 1985, ils n'ont augmenté que de 20% entre 1985 et 2005.

■ En Europe et en Amérique du Nord, seuls 40% des récoltes sont destinés à la consommation humaine, contre 80% en Afrique et en Asie.

■ 75% des terres agricoles, soit 3,7 milliards d'hectares, sont utilisées pour l'élevage: 350 millions d'hectares de cultures céréalières pour nourrir les animaux, et 3,38 milliards d'hectares de pâturages et de prés.

■ Au cours des 50 dernières années, l'utilisation des engrais a quintuplé.

■ Chaque année, 5 à 10 millions d'hectares de forêt tropicale disparaissent au profit de l'agriculture.

BIBLIOGRAPHIE

G. DE MARSILY, Will we soon run out of water?, *Annals of Nutrition & Metabolism*, à paraître, 2021.

J. BRADFIELD ET AL., Is global dietary change an effective strategy to curb climate change?, *BMJ Nutr. Prev. Health.*, vol. 3(2), pp. 121-122, 2020.

M. EISENSTEIN, Natural solutions for agricultural productivity, *Nature*, vol. 588(7837), pp. S58-S59, 2020.

R. ANDERSON ET AL., Climate change and the need for agricultural adaptation, *Curr. Opin. Plant. Biol.*, vol. 56, pp. 197-202, 2020.

O. MORA ET AL., Exploring the future of land use and food security: A new set of global scenarios, *Plos One*, vol. 15(7), art. e0235597, 2020.