

Le stockage de carbone dans la matière organique des sols cultivés et des prairies, ainsi que la restauration des sols dégradés présentent probablement le potentiel le plus important pour la lutte contre l'effet de serre en agriculture. Viennent ensuite la réduction des émissions de méthane de l'élevage et des rizières, et la maîtrise du cycle de l'azote. En outre, les émissions de gaz à effet de serre peuvent être réduites en remplaçant les combustibles fossiles par des sous-produits agricoles, par exemple, du biogaz issu de la fermentation anaérobie de résidus de récolte et d'effluents d'élevage.

L'expansion des biocarburants aux dépens des cultures alimentaires participe à la déforestation et, de manière indirecte, aux émissions de dioxyde de carbone de l'agriculture. En limitant sous les tropiques l'extension des cultures et des prairies semées, il serait possible de ralentir les émissions de dioxyde de carbone causées par la déforestation tropicale, et la mise en culture des savanes et des prairies natives. De plus, les activités de boisement permettent de piéger le carbone, de réduire l'érosion des sols, et de créer des habitats favorables à la biodiversité.

S'adapter à la variabilité climatique

D'ici 2030, la concentration atmosphérique élevée du dioxyde de carbone et le réchauffement pourraient avoir des conséquences positives sur la croissance de la végétation (forêts, cultures) aux latitudes élevées notamment. Dans l'hypothèse d'un réchauffement progressif, sans augmentation de la variabilité du climat, ces effets positifs seraient dominants à l'échelle de l'Europe.

Toutefois, la variabilité du climat risque de se renforcer, avec selon les régions et les saisons une augmentation de la fréquence et de l'intensité des canicules et des sécheresses ou, au contraire, des précipitations intenses et des inondations. Face à ces risques climatiques, les systèmes de production doivent devenir plus résilients, c'est-à-dire capables de bonnes per-

formances malgré les perturbations. Les agriculteurs s'adaptent déjà au réchauffement climatique en faisant évoluer leurs pratiques agricoles. Ces adaptations aux aléas seront progressivement facilitées par la veille agrométéorologique, qui consiste à pronostiquer en cours de saison l'impact du climat sur la production, et par des prévisions climatiques améliorées aux échelles du mois ou de la saison. Améliorer la gestion du risque climatique en agriculture nécessite aussi la diver-

sification des cultures et des systèmes d'élevage. Enfin, il sera nécessaire de concevoir des systèmes d'irrigation plus économes en eau, de passer dans certains cas du maïs irrigué au sorgho (plus économe en eau) et de développer de petits aménagements hydrauliques tout en minimisant leur impact sur les milieux aquatiques.

Une autre piste concerne la génétique végétale et animale. S'il est possible d'améliorer la tolérance à des températures élevées des variétés



Andrey Kurmin / Shutterstock

Inventer les scénarios du futur

Face au changement climatique, la construction de scénarios prospectifs permet d'analyser différentes alternatives et de proposer des orientations. L'ADEME et d'autres organismes réalisent ce type de projections dont on peut dégager plusieurs enseignements généraux pour l'agriculture et la forêt. En conservant la capacité de l'agriculture à nourrir une population française croissante et à exporter, il ressort que le potentiel maximal de réduction des gaz à effet de serre pour l'agriculture se situera entre 30 et 50 pour cent en 2050 selon l'ampleur des modifications envisagées, alors qu'il pourra atteindre 90 pour cent pour d'autres secteurs. Les principales hypothèses des scénarios agricoles portent sur la gestion de l'azote, la simplification du travail du sol, la méthanisation, l'agroforesterie, l'alimentation animale, l'évolution vers une consommation alimentaire plus proche des recommandations nutritionnelles.

Les scénarios mettent en lumière l'enjeu de la gestion des stocks de carbone, car toute variation de stock, même faible, a un impact considérable sur les bilans de gaz à effet de serre. Aussi, la préservation du capital carbone dans les sols (maintien des prairies et des teneurs en matière organique) constitue un élément important dans les hypothèses retenues. Cela passe également par un arrêt d'ici 2030 de l'artificialisation des sols (étalement urbain, voirie, etc.), pour préserver l'espace agricole et forestier.

Par ailleurs, la plupart des projections montrent un rôle croissant et stratégique de la biomasse dans l'énergie. Dans le scénario ADEME, la biomasse pourrait fournir en 2050 30 pour cent de l'énergie consommée en France. Pour atteindre cet objectif, il faudrait d'abord réduire la consommation d'énergie de 50 pour cent, mieux valoriser la forêt et favoriser le développement de la méthanisation agricole. Enfin, les simulations mettent en exergue la question essentielle de la gestion de l'eau, avec un recours accru à l'irrigation, alors même que la ressource devrait être de plus en plus limitée.

végétales et des races animales – et de produire des plantes résistantes à la sécheresse ou à un excès d'eau –, il sera beaucoup plus difficile de le faire sans réduire le potentiel de production durant les années favorables. Un effort considérable de recherche doit donc être engagé, notamment pour sélectionner les meilleurs phénotypes dans des environnements modifiés pour correspondre aux conditions climatiques du futur. Plusieurs cycles de sélection seront nécessaires, chacun nécessitant une dizaine d'années environ, ce qui souligne l'urgence des efforts à entreprendre.

La question de la santé végétale, animale et humaine se posera également puisque les risques liés à des maladies vectorielles tendront à augmenter. Comme l'usage des pesticides et des antibiotiques en agriculture doit être réduit, la maîtrise de la santé animale et végétale deviendra plus exigeante. Les stratégies de surveillance épidémiologique et de gestion des risques sanitaires devront être renforcées en conséquence.

Les pistes d'adaptation seront plus restreintes pour les forêts, qui sont particulièrement sensibles aux aléas climatiques (sécheresses, tempêtes et incendies). Cette vulnérabilité menace non seulement la production de bois, de fibres et de bioénergie, mais elle risque également d'affaiblir le puits de carbone que représente la forêt au niveau mondial. Il sera nécessaire d'accroître la biodiversité des forêts, de guider l'évolution génétique au sein des espèces forestières, de favoriser le renouvellement des arbres par des rotations accélérées et de limiter l'ampleur des incendies par des aménagements.

Certains territoires seront particulièrement touchés : en zone littorale, en raison de la salinisation et de l'inondation d'une partie des sols et de l'érosion accélérée des côtes ; en zone de montagne, du fait d'un dépérissement accru des forêts ; dans les plaines inondables, où les dommages aux parcelles, aux bâtiments et aux infrastructures se

multiplieront. Mais des opportunités pourraient se développer pour l'agriculture aux latitudes élevées. Ainsi, les pays nordiques pourraient cultiver du maïs, même si les rendements seront vraisemblablement irréguliers du fait des risques de gelées. La vigne devrait pouvoir s'étendre au Royaume-Uni, au Danemark et remonter en Europe centrale. Toutefois, le potentiel des sols et la disponibilité en eau limiteront dans certains cas la remontée en latitude des zones de cultures.

Et si la température augmentait de 4 °C ?

Dans l'hypothèse d'un réchauffement global atteignant 4 °C à la fin du XXI^e siècle, les extrêmes climatiques se renforceraient notablement. En Europe, les canicules et les sécheresses estivales toucheraient surtout la moitié Sud du continent, tandis que les épisodes de précipitations intenses se généraliseraient principalement à l'automne et en hiver (voir la figure page ci-contre). Les

risques du changement climatique dans un tel scénario seront amplifiés par les rétroactions entre les ressources en eau et en sols, la végétation et le climat à l'échelle régionale. Des sécheresses et des canicules fréquentes réduisent la productivité des écosystèmes et des cultures, ce qui limite l'apport de matière organique au sol et le taux de couverture par la végétation. Il en résulte une dégradation des sols, qui réduit leur capacité à retenir l'eau, renforçant ainsi les risques de sécheresses.

De plus, la sécheresse et la canicule entraînent d'importantes pertes de carbone des écosystèmes : on estime à quelque 0,5 milliard de tonnes la perte de carbone durant l'été 2003 en Europe. Une récurrence accrue de ces extrêmes pourrait transformer en savane des forêts aussi importantes que l'Amazonie. Le pourtour méditerranéen, qui sera particulièrement touché par les canicules et les sécheresses, serait également menacé par une dégradation marquée des sols et de la végétation.

Recherches pour l'adaptation au changement climatique

Sur la décennie 2010-2020, l'INRA développe un programme prioritaire sur l'adaptation au changement climatique de l'agriculture et de la forêt. Ce programme a trois objectifs : gérer les risques et les opportunités à moyen terme associés à la variabilité et aux extrêmes du climat ; prévoir et modéliser les impacts régionaux du changement climatique ; développer des options d'adaptation pour le long terme. Ces options concernent aussi bien la biodiversité sauvage et cultivée (ressources génétiques), la santé des écosystèmes, des plantes et des animaux d'élevage, la génétique végétale et animale, la capacité d'adaptation des systèmes de production, des territoires et des filières. Les technologies développées devront être compatibles avec la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la conservation des stocks de carbone des sols et des forêts. Les coûts et les bénéfices des mesures d'adaptation seront analysés en termes de compétitivité économique, de biodiversité, de ressources en eau et en sols, de satisfaction des besoins alimentaires, et de qualité et sécurité sanitaire des produits. Le programme aborde aussi les besoins de formation, les modes d'organisation collective et les politiques publiques.

