

le partage de l'effort. Cette réduction des émissions agricoles serait obtenue à un prix compris, à l'équilibre, entre 30 et 40 euros par tonne d'équivalent dioxyde de carbone.

En outre, l'efficacité ne doit pas être évaluée à l'aune des conséquences sur le seul secteur agricole. L'atténuation obtenue dans le secteur agricole pourrait se substituer en partie aux actions les plus coûteuses dans les autres secteurs de l'économie, permettant de réduire les coûts totaux d'atténuation. Ainsi, l'extension du marché du carbone européen aux émissions agricoles permettrait de réduire de 30 pour cent le coût d'atténuation consenti par les autres secteurs de l'économie (soit une économie annuelle de plus de deux milliards d'euros) pour le même objectif global de réduction des émissions à l'horizon 2020.

La participation de l'agriculture à l'atténuation peut également passer par la fourniture de biomasse, source d'énergie. À la faveur de prix élevés de l'énergie, les biocarburants sont apparus au cours des années 2000 comme un moyen de diversifier l'offre énergétique tout en assurant des débouchés aux agriculteurs et en réduisant les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports. Toutefois, les effets indirects du développement des biocarburants sur les changements d'usage des sols ont remis en cause le bilan net en termes d'émissions (*voir l'encadré ci-contre*). Au-delà de cette controverse, il apparaît que les liens complexes entre atténuation de gaz à effet de serre et usages des sols peuvent avoir des effets opposés en termes d'émissions de gaz à effet de serre. Cela nécessite de prendre en compte simultanément l'ensemble des usages des sols (notamment l'agriculture et la forêt) dans les modèles économiques.

Les résultats confirment l'importance des instruments économiques pour inciter les exploitants à modifier leurs modes de production et, ce faisant, à réduire leurs émissions au meilleur coût pour l'ensemble de la société.

Sans de telles incitations, le coût total de l'effort peut apparaître trop important, favoriser l'inaction, alors même que des potentiels d'atténuation existent.

L'agriculture et la forêt sont influencées par le climat. Les projections faites à différents horizons sont conditionnées par les techniques que l'on connaît aujourd'hui, mais que l'on fait évoluer pour en améliorer l'efficacité. Ainsi, au prix d'un effort de recherche soutenu, la consommation d'énergie par unité de service rendu décroîtra.

En agriculture, par exemple, on anticipe une plus grande efficacité

dans l'utilisation des intrants (énergie, engrais, produits phytosanitaires, semences, irrigation), dans le cadre d'une agriculture raisonnée. Dans les modèles conçus pour être plus favorables à l'environnement, on travaille sur les systèmes où les intrants sont limités. En revanche, les modélisations sont plus compliquées quand il s'agit de prévoir l'apport des progrès de la génétique, du développement des OGM, de la mise au point de nouvelles variétés. Ce champ de l'adaptation relève pour une part des politiques de recherche et de développement. Or,

### Les biocarburants en question

La contribution des biocarburants de première génération à l'atténuation des changements climatiques suscite, depuis plus de cinq ans, de vifs débats dans la communauté scientifique et dans les milieux politiques. Ce potentiel a été évalué par des analyses dites en cycle de vie qui comptabilisent les émissions de gaz à effet de serre de la phase de production jusqu'à la phase de consommation. Toutefois, il a été estimé de façon incomplète, car il ne considère pas les effets indirects du développement de ces filières. En effet, comme la demande de matières premières agricoles utilisées pour produire des biocarburants augmente, cela entraîne une tension sur les marchés, une hausse des prix, une incitation à produire, et donc potentiellement la conversion en terres agricoles de parcelles initialement non destinées à de tels usages. Ce changement d'usage libère le carbone stocké dans les sols et dans la biomasse qui s'y était développée.

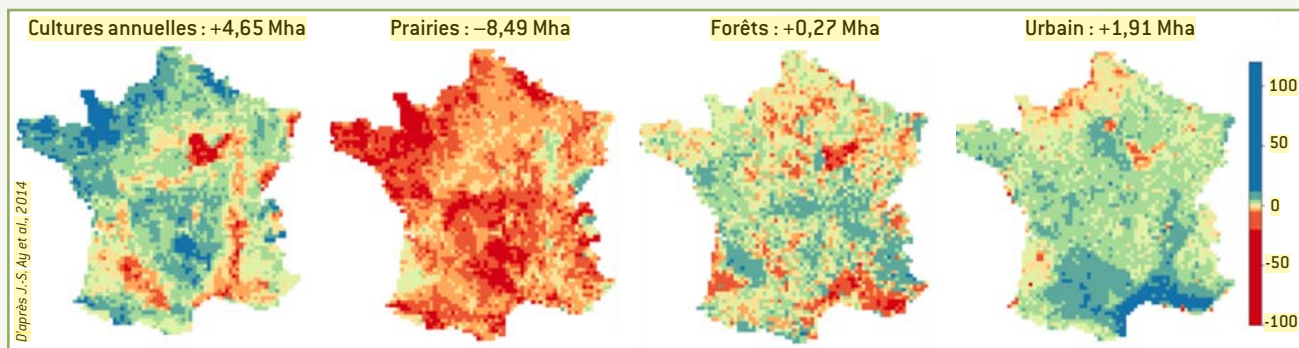
Le calcul de ces quantités de carbone libéré, combiné au bilan des biocarburants, est complexe et confronté à des incertitudes. Il fait appel à divers modèles, notamment économiques. Les différentes estimations de ces émissions réalisées à travers le monde sont variables, et le bilan en termes de gaz à effet de serre libéré par ces filières peut être notablement dégradé, comme le confirme l'évaluation réalisée en 2012 par l'INRA à la demande de l'ADEME. D'après la moitié des évaluations publiées, en tenant compte des émissions liées aux changements d'usage des sols, on constate que les émissions liées à l'usage des biocarburants de première génération seraient supérieures à celles des carburants fossiles. Les recherches sont à poursuivre pour préciser ces bilans et identifier des voies d'amélioration. Au-delà des biocarburants, il conviendra d'intégrer les émissions de gaz à effet de serre liées aux effets indirects des différentes politiques d'usage des sols, par exemple les autres cultures énergétiques, le développement de l'élevage ou encore l'urbanisation des terres agricoles.

Antonio Bispo, ADEME



La canne à sucre peut être utilisée pour produire des biocarburants.

SassyWitch-Studio / Shutterstock



Variations d'usage des sols prévues d'après l'un des scénarios utilisés pour modéliser les conséquences du changement climatique. Ces variations représentent l'évolution prévue entre 2003 et 2053 des surfaces dédiées à quatre usages (de gauche à droite : les cultures annuelles, les prairies, les forêts et les zones urbanisées). Sur ces cartes, les surfaces sont exprimées en dizaines d'hectares par maille de 12 kilomètres sur 12.

sous l'effet du changement climatique, les exploitants agricoles (tout comme les autres agents économiques), adapteront leur pratique agronomique aux nouvelles conditions, comme ils s'adaptent à tout changement de politique publique. Ce changement se fera de façon autonome, et sera difficile à intégrer dans les modèles économiques globaux.

### L'économie de l'adaptation

En 2013, David Leclère et ses collègues, de l'INRA et du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, ont mis en évidence les effets d'une adaptation autonome des exploitations agricoles à l'échelle de l'Union européenne dans deux scénarios climatiques. Les productions des terres agricoles et leur localisation changeraient, ainsi que les émissions agricoles de gaz à effet de serre, avec une évolution marquée des besoins en eau. Il n'est pas exclu qu'aux conditions actuelles de prix, les agriculteurs européens bénéficient de ces évolutions. C'est même le scénario associé à la hausse la plus marquée des températures qui semble le plus favorable. Au Sud comme au Nord, la disponibilité de la ressource en eau pourrait devenir l'enjeu principal. Inévitablement, se posera le problème de l'accès à la ressource en eau au bon endroit et au bon moment. Par ailleurs, avec l'augmentation de la demande alimentaire, les prix agricoles pourraient augmenter, comme on l'observe déjà depuis quelques années. Favorable dans un premier temps aux producteurs, cette évolution sera freinée par une augmentation des prix des intrants.

Les impacts du changement climatique sur les conditions de pro-

duction sont susceptibles de modifier les revenus issus des différents usages des sols, qu'ils soient agricoles, forestiers, mais aussi urbains. Au-delà des impacts sur les systèmes agricoles et forestiers, les modifications du climat auront des conséquences sur les marchés fonciers et sur l'usage des sols. C'est ce qu'ont étudié Jean-Sauveur Ay et ses collègues de l'INRA. À partir de données historiques sur les usages des sols français, ils ont évalué les liens entre les revenus espérés de cinq usages (cultures annuelles, prairies, forêt, cultures pérennes et usage urbain) et les conditions climatiques. Leurs résultats indiquent que le changement climatique à l'horizon 2050 modifierait notablement les usages en France (voir la figure ci-dessus). Ils font apparaître une diminution des prairies (perdant environ 8,5 millions d'hectares) au profit de cultures annuelles (gagnant près de 5 millions d'hectares). Les prairies stockant d'importantes quantités de carbone, de telles évolutions auraient des conséquences notables sur les émissions dues aux usages des sols.

Ainsi, en s'adaptant, les systèmes vont modifier de façon sans doute notable, à la baisse ou à la hausse, les émissions de gaz à effet de serre. On estime que, chez beaucoup d'exploitants

agricoles européens, la hausse des rendements pourrait se traduire par une hausse des émissions d'oxyde d'azote,  $N_2O$ , liées à l'augmentation de l'utilisation d'amendements azotés. Cela influera sur les stratégies d'atténuation, qui sont elles-mêmes susceptibles d'engendrer une dynamique d'adaptation.

Cette dynamique dépend en grande partie de celle des émissions et de leur effet retardé sur le climat. Les gaz à effet de serre, avec des temps de présence dans l'atmosphère et des influences différents, contribuent à rendre cette dynamique complexe à analyser. Du point de vue économique, il faut aussi comparer les efforts et les bénéfices réalisés aujourd'hui à ceux qu'il faudrait consentir demain si l'on attend.

Mais la complexité ne doit pas servir de prétexte à l'inaction. Si l'on connaît les difficultés à mettre en œuvre la régulation d'une pollution, même quand elle est aussi simple à caractériser que celle des eaux naturelles par les nitrates, et quelle que soit la confiance que l'on puisse avoir dans le progrès technique, un principe élémentaire de précaution devrait nous obliger à agir rapidement pour limiter les conséquences localement incertaines, et globalement importantes, du changement climatique.

### Bibliographie

- J.-S. Ay et al., *Integrated models and scenarios of climate, land use and common birds dynamics*, *Proceedings of the Global Land Project*, 2nd Open Science Meeting, Berlin, 2014.  
D. Leclère et al., *Farm-level autonomous adaptation of European agricultural supply to climate change*, *Ecological Economics*, vol. 87, pp. 1-14, 2013.  
S. De Cara & P.-A. Jayet, *Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture, cost-effectiveness, and the EU non-ETS Burden Sharing Agreement*, *Ecological Economics*, vol. 70(9), pp. 1680-1690, 2011.  
WRI (2014) : <http://cait2.wri.org/profile/World>  
[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Fr\\_RMS\\_2013\\_.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Fr_RMS_2013_.pdf)