

L'AGRICULTURE EN EUROPE SOUS UN CLIMAT PLUS CHAUD

BERNARD SEGUIN, DIRECTEUR DE RECHERCHE INRA AVIGNON

D'ici 50 ans, on prévoit un doublement de la quantité de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère, et une augmentation de 2 à 6 °C de la température à la surface du globe. En même temps, les besoins de l'humanité croissent avec sa population. Ainsi, dans un climat globalement plus chaud, l'agriculture devra nourrir neuf milliards de têtes, alors qu'on ne sait toujours pas aujourd'hui alimenter correctement les six milliards d'habitants de la planète. L'agriculture saura-t-elle s'adapter au changement climatique ?

Pour prévoir comment se fera cette adaptation, nous devons évaluer les divers impacts du climat : ses conséquences positives d'une part, et ses effets négatifs d'autre part. Bien que les scénarios climatiques comportent encore des incertitudes, nous pouvons nous appuyer, pour prévoir l'avenir proche, sur l'observation de l'évolution récente des productions agricoles, consécutive au réchauffement du siècle passé.

Gardons cependant à l'esprit qu'il est délicat de considérer isolément les impacts du changement climatique. D'autres actions humaines perturbent l'ensemble de la production végétale et animale au sein de la biosphère continentale. Citons la déforestation (aux tropiques surtout) ou au contraire la reforestation (au rythme de 30 000 hectares par an en France), le surpâturage, la désertification et les incendies de forêts, l'urbanisation (cause par exemple d'une diminution d'environ 1,6 pour cent de la production de biomasse du continent nord-américain), ainsi que les pollutions diverses des milieux terrestres et aquatiques. L'ensemble de ces éléments de pression constitue ce qu'on appelle le changement global.

Des plantes dopées au CO₂ ?

Le premier élément à prendre en compte dans le fonctionnement des plantes cultivées dépend, non pas de la modification du climat elle-même, mais plutôt de sa cause principale, à savoir l'enrichissement de l'atmosphère en gaz carbonique. En effet, ce gaz stimule la photosynthèse, si bien qu'il favorise *a priori* le développement végétal (voir la figure 1). Les plantes fixent le CO₂ de l'atmosphère grâce à une molécule organique dont le nombre d'atomes de carbone diffère selon les espèces : ainsi les plantes en C₃ (trois atomes de carbone) et les plantes en C₄ (quatre atomes de carbone) réagiront différemment à une variation de la

Les plantes apprécient le dioxyde de carbone et une augmentation modérée de la température, mais pas du tout les canicules et encore moins la sécheresse.

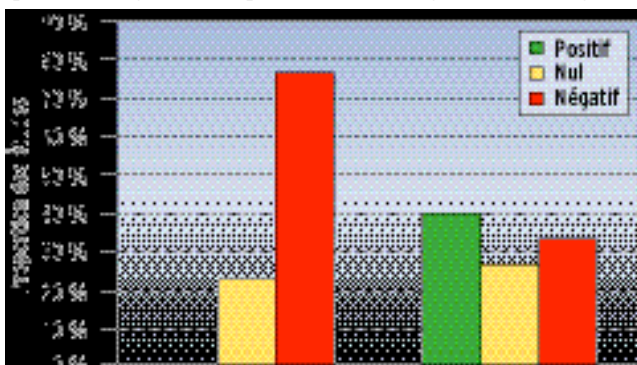
quantité du CO₂ atmosphérique. Si cette dernière double d'ici à la fin de ce siècle, la photosynthèse brute augmentera de l'ordre de 30 pour cent pour les plantes en C₃, telles que le blé et le riz, et de 15 pour cent pour les plantes en C₄, d'origine tropicale, comme le maïs. En conséquence, les plantes en C₃ assimileront 20 pour cent de carbone en plus, et les plantes en C₄ dix pour cent en plus. On s'attend alors à une augmentation significative de la production de biomasse. Toutefois cet effet sur la photosynthèse se combinera aux variations de températures et de précipitations, si bien que les conséquences sur le rendement des espèces cultivées, à l'échelle du peuplement, seront plus contrastées qu'une simple augmentation

de la production de biomasse. Les plantes possèdent en effet une température optimale aussi bien pour la photosynthèse que pour les autres processus physiologiques. Par exemple, la fertilité des épillets de riz décroît fortement au-delà de 34 °C, et la viabilité du pollen de maïs baisse au-delà de 36 °C. Ces optima sont souvent déjà atteints, voire dépassés dans le sud de la France. Dans les conditions tempérées, l'élévation de température favorise la plupart des processus physiologiques, mais elle accélère aussi le rythme de développement des cultures telles qu'elles sont pratiquées actuellement, de sorte qu'elle raccourcit les cycles de culture et, par suite, la durée de fonctionnement de l'usine photosynthétique. Qualitativement on prévoit donc que le bilan de la production de biomasse dépendra à la fois du type de



1. Le gaz carbonique favorise la croissance des plantes en stimulant la photosynthèse. C'est ce qu'a montré ce dispositif expérimental d'enrichissement en dioxyde de carbone sur des prairies de l'INRA, à Clermont-Ferrand : formé d'un moteur, d'une soufflerie et de tuyaux diffuseurs, il fournit un surplus de CO₂ sur certaines zones d'une prairie, lesquelles deviennent plus vertes que les autres.

couvert, des conditions climatiques et des pratiques de culture. Cela ressort effectivement des études consacrées ces 20 dernières années à l'impact du réchauffement climatique sur l'agriculture à l'échelle mondiale. Les synthèses du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) font apparaître un effet majoritairement défavorable dans les régions tropicales chaudes, plus contrasté pour les régions tempérées (voir la figure 2), et négatif



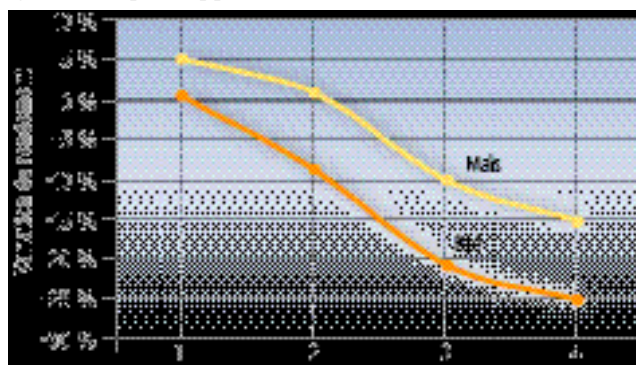
2. Effet du changement climatique sur le rendement des cultures à partir de l'analyse des résultats de 43 études répertoriées dans le rapport du GIEC paru en 2001. Pour la zone tropicale, le rendement diminuera selon près de 78 pour cent des études. Dans la zone tempérée, les conclusions sont contrastées, mais on prévoit plutôt une augmentation des rendements.

pour le blé et le maïs lorsque le réchauffement dépasse 2 à 3 °C (voir la figure 3).

Favorable... s'il pleut !

Sur le territoire français, les prévisions diffèrent selon les types de culture. D'après des simulations, le rendement des grandes cultures telles que le blé pourrait augmenter de six pour cent dans le bassin parisien, et celui de cultures de maïs varierait de +10 pour cent dans cette même région, mais de -16 pour cent pour une culture irriguée dans le sud-est. L'action conjointe de la stimulation de la photosynthèse et d'un réchauffement de l'ordre de 2 à 3 °C devrait se traduire par une augmentation de la productivité potentielle de la plupart des cultures (y compris des prairies) dans la majorité des régions. Dans les prairies du Massif Central, des travaux expérimentaux sous serre et en enrichissement naturel à l'extérieur, (voir la figure 1) et des modélisations conduisent à envisager une augmentation de la production de biomasse aérienne de l'ordre de 25 pour cent, dont 18 sont attribuables au seul doublement de CO₂. Les éleveurs pourront par conséquent accroître le chargement ani-

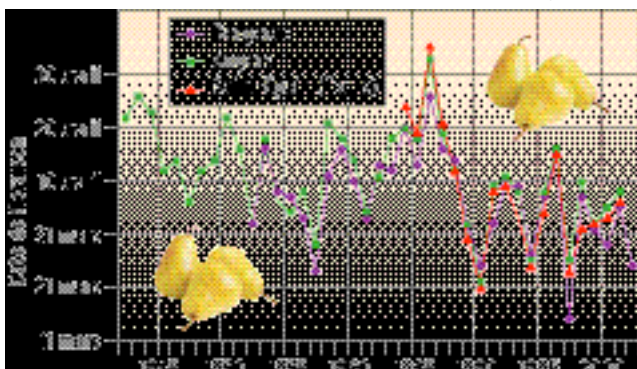
mal de 20 pour cent environ ou allonger la saison de pâturage de l'ordre de trois semaines, ce qui correspond à une augmentation de 2 à 20 pour cent pour la production de viande. Ces résultats sont en bon accord avec les travaux menés à l'échelle européenne. Pour le blé, l'influence du seul changement climatique (sans considérer la stimulation de la photosynthèse par l'augmentation du CO₂) n'aurait pas de poids significatif par rapport à la variabilité naturelle sur les



3. Variation de rendement des cultures en zone tempérée, en fonction de différentes valeurs de réchauffement par rapport au climat actuel. Si le réchauffement est modéré, inférieur à 2 °C, la variation de rendement sera faible pour le blé et légèrement positive pour le maïs. En revanche, le rendement des cultures chutera pour un réchauffement plus important.

30 dernières années, à l'exception de la Finlande, de l'Allemagne et des Pays-Bas. En revanche, l'introduction de cet effet du CO₂ conduit à des augmentations substantielles de 10 à 30 pour cent. Dans les régions méridionales (sud de la France, Italie, Grèce), la pluviométrie sera déterminante : des sécheresses intenses et fréquentes pourraient convertir l'effet potentiel positif en un résultat négatif, comme cela a été le cas au cours de l'été 2003. Cet été caniculaire (avec des températures supérieures de 4 à 5 °C aux normales saisonnières) a aussi été particulièrement sec, ce qui a provoqué des baisses de rendement de 20 à 30 pour cent localement pour les cultures d'été, et de plus de 50 pour cent pour la production fourragère. Pour l'Union européenne, la baisse de rendement de 2003 a atteint 10 pour cent. On constate aussi des perturbations dans le calendrier du développement des cultures pérennes, arbres fruitiers et vigne. La levée de dormance (en fin d'automne) tend à être plus tardive à cause du manque de froid. Pour certaines espèces, telles que l'abricotier, les hivers doux risquent même de créer des troubles physiologiques (chute de bourgeons, fruits avortés). Plus tard dans l'année, l'action

de la chaleur reprend le dessus, et les arbres fleurissent plus tôt. Dans le sud-est de la France, la floraison des pommiers s'est avancée d'une dizaine de jours en 30 ans (voir la figure 4). Paradoxalement les arbres sont alors plus vulnérables au gel (voir la figure 5) et, en dépit du réchauffement des températures, la fraîcheur de la saison est moins favorable à la fécondation et à la pollinisation. La vigne, elle aussi, est plus précoce. Dans le sud-est de la France, la vendange s'est



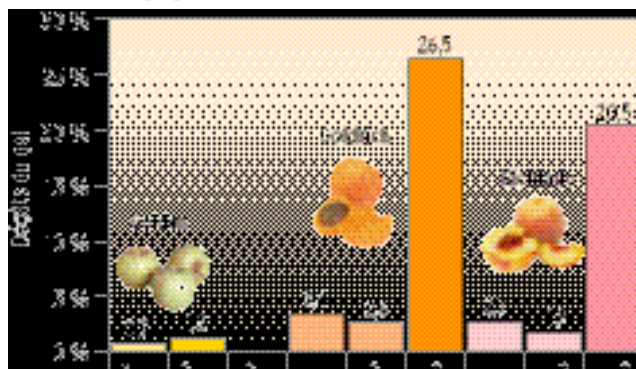
4. Evolution de la date de floraison de la poire Williams depuis 1962, sur trois sites de l'Ouest de la France : Bergerac, Angers et Tours. Au début des années 1960, les arbres fleurissent le 20 avril en moyenne. Cette date s'est avancée jusqu'au 8 ou 10 avril en moyenne dans les années 1990. Selon les estimations, elle pourrait encore s'avancer d'un mois dans les décennies à venir.

avancée de presque un mois au cours des 50 dernières années. On prévoit que la période de la maturation, située actuellement après le 15 août, sera décalée dans 50 ans à courant juillet. La vendange sera alors plus chargée en sucre (et donc en degré alcoolique) et moins en acide, comme on l'a déjà observé au cours de ces 20 dernières années. S'il est vrai qu'on constate déjà les effets du réchauffement significatif du siècle passé sur les dates d'évolution des plantes, notons que les prévisions s'appuient uniquement sur les valeurs moyennes des facteurs climatiques. Les événements extrêmes et la variabilité de ces facteurs pourraient avoir différentes conséquences, à cause du dépassement de valeurs-seuils encore mal évaluées. Enfin, il reste à considérer l'impact du réchauffement sur les mauvaises herbes et sur les insectes et parasites, impact encore mal cerné à l'heure actuelle.

Changer sur place ou se déplacer ?

Les prévisions présentées ici se rapportent aux pratiques agricoles actuelles et sont produites en supposant qu'elles resteront telles. Cependant, l'agriculture évolue, en même temps que l'économie de la production

et des marchés. En Europe par exemple, la politique agricole commune (PAC) et les subventions qui y sont liées gouvernent le choix par les agriculteurs des productions et des systèmes de culture ou d'élevage qu'ils mettent en oeuvre. On progresse en outre vers une agriculture durable, qui prend en compte les nuisances environnementales et la santé des consommateurs. Cette agriculture n'a plus pour seul objectif la nourriture de la population, et devient multifonctionnelle.



5. Dégâts de gel simulés pour trois productions fruitières (pommier, abricotier, pêcher) sur le site d'Avignon, pour les températures qui avaient cours entre 1965 et 1989 (1), pour les températures qui avaient cours entre 1990 et 2000 (2), et pour celles qui résulteraient d'un doublement du CO₂ atmosphérique (3). Le dernier scénario, s'il se réalisait, causerait d'importants dégâts (supérieurs à 20 pour cent) dans les cultures d'abricots et de pêches.

Elle assure la préservation de l'espace rural, fournit de la biomasse comme énergie renouvelable et, de façon plus large, représente une alternative à l'utilisation de l'énergie fossile (biocarburants, chimie verte, stockage de carbone). Simultanément à ces évolutions, l'expertise agronomique influencera les pratiques agricoles selon les conditions climatiques modifiées : on pourra utiliser des variétés plus adaptées (avec, entre autres, des cycles plus longs pour contrebalancer le raccourcissement induit par le réchauffement), adapter les calendriers des opérations techniques (dates de semis, par exemple), ajuster la fertilisation et l'irrigation, etc. De façon générale, l'acclimatation des grandes cultures, ainsi que des prairies et de l'élevage, ne devrait pas poser de gros problèmes techniques : le siècle passé a bien surmonté des variations des températures estivales de l'ordre de 1 °C, et la génétique a permis de remonter la culture du maïs, limité au sud - ouest de la France en 1945, d'environ 500 kilomètres, au nord de Paris. De surcroît, les agriculteurs ont déjà fait preuve d'une grande flexibilité sous l'effet des contraintes imposées par la politique agricole com-

mune. Néanmoins ils ne pourront s'adapter à des sécheresses répétées. Pour les cultures pérennes, la capacité d'adaptation paraît moins forte. Elle se ferait sur une durée plus longue, de l'ordre de 10 à 20 années. D'ores et déjà, se pose la question du choix des arbres fruitiers selon la région. La vigne pose des problèmes spécifiques, comme nous allons le voir, à cause de son lien au terroir. Outre l'adaptation sur place des cultures, on peut envisager le déplacement des zones de production ou de plantation. Le réchauffement observé équivaut, sur le siècle, à un déplacement vers le nord de l'ordre de 180 kilomètres ou en altitude de l'ordre de 150 mètres. On peut donc faire remonter (vers le nord ou en altitude) certaines cultures, ou introduire de nouvelles cultures au sud. À l'échelle de l'Europe, le pois et le colza remonteraient jusqu'en Scandinavie et en Finlande, le maïs, le soja, le tournesol et la vigne (et oui !) s'étendraient vers la Grande-Bretagne, les Pays-Bas ou le Danemark, ainsi que vers l'est, en Pologne par exemple. Au sud, on pourrait cultiver du coton et de l'arachide, bien que leur opportunité économique apparaisse faible aujourd'hui. Cependant, une trop grande sécheresse empêcherait de telles cultures. Si la tendance à une diminution de la pluviométrie estivale (de l'ordre de 20 à 30 pour cent selon les scénarios) autour du bassin méditerranéen se confirme, elle entraînera un abandon de l'agriculture dans certaines zones traditionnelles de culture en sec, et une tension accrue sur l'utilisation de l'eau. Par ailleurs, l'attachement au caractère local d'une production jouera un grand rôle : s'il apparaît possible, a priori, de cultiver du blé ou du maïs dans des régions différentes, cela n'ira pas de soi pour les productions plus typées, comme la vigne, dont la valeur ajoutée provient surtout de l'existence d'une zone d'appellation ou d'un terroir. La notion de terroir implique une étroite adéquation entre le milieu physique (sol et climat), les variétés (cépages pour la vigne) et les techniques culturales. Par conséquent, elle présente une fragilité particulière par rapport à une évolution du climat. Il n'est pas envisageable de délocaliser les A.O.C. (appellations d'origine contrôlées). L'année 2003 a été cependant rassurante sur ce point : même s'il est encore trop tôt pour en connaître le millésime, et si la conjonction de la sécheresse et de la canicule a eu des effets néfastes sur de nombreuses cultures, la vigne a, quant à elle, montré une bonne capacité d'adaptation à ces conditions extrêmes. Mais la répétition prévisible de telles années, jusqu'à maintenant exceptionnelles, modifiera la typicité ances-

trale des terroirs qui caractérise la viticulture européenne en général, et française en particulier.

Un avenir incertain

En conclusion, un réchauffement modéré (de l'ordre de 2 °C) pourrait être favorable et ne provoquerait qu'un léger déplacement d'équilibre, restant dans les limites des capacités d'adaptation presque traditionnelles. En revanche, il est difficile de cerner les conséquences d'un réchauffement avoisinant les 4 à 5 °C, qui provoquerait sans doute des ruptures significatives. Dans ce cas, l'impact du réchauffement serait tel, sur tous les écosystèmes et tous les secteurs d'activité, qu'il est illusoire de pronostiquer de manière détaillée ses effets sur la production agricole. On peut cependant prévoir que le changement climatique, même s'il ne sera pas le seul facteur d'influence sur l'agriculture, aura un impact significatif sur la productivité et la répartition des cultures. Il menacera directement l'agriculture en cas d'événements extrêmes, comme les canicules et les sécheresses dans le sud.

Bernard SEGUIN, directeur de recherches INRA à l'unité Agroclim d'Avignon, anime la mission sur le changement climatique et l'effet de serre de l'INRA. Il participe aux travaux de synthèse du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC).

BIBLIOGRAPHIE

- M. DOMERGUE et al., Réchauffement climatique : quels effets sur la floraison chez trois espèces fruitières ?, in Arboriculture fruitière, n° 578, pp. 27-33, 2004.
- W. EASTERLING et M. APPS, Assessing the consequences of climate change for food and forest resources : a view from IPCC, in Climatic change, n° 70, pp. 165-189, 2005.
- J.E. OLESEN et M. BINDI, Consequences of climate change for european agricultural productivity, land use and policy, in Eur. Journ. Agronomy, vol. 16, pp. 239-262, 2002.
- B. SEGUIN et al., An overview of the consequences of the 2003 summer for agriculture in France, in Proceedings of the 8th European Society of Agronomy Congress, Copenhagen, Danemark, 11-15 juillet 2004, pp. 335-336, ESA, 2004.
- B. SEGUIN et I. GARCIA DE CORTA ZAR, Climate warming : consequences for viticulture and the notion of terroirs in Europe, in Acta Horticulturae, n° 689, pp. 61-71, 2005.
- B. SEGUIN et al., Impact du changement climatique sur l'agriculture et la forêt, in L'homme face au climat, actes du symposium du Collège de France, Paris, 12-13 octobre 2004, pp. 177-204, Odile Jacob, 2006.