

Quelle adaptation de notre agriculture au changement climatique ?

Nadine BRISSON
Julie CAUBEL

Unité AGROCLIM,
INRA 84914 Avignon
<nadine.brisson@avignon.inra.fr>

Abstract: Agriculture is the result of a balance between soil, climate, plants and cropping techniques applied by the farmers. Once one of those elements, in this case the climate, is perceptibly modified in a sustainable way, it is important that the other elements are also modified to respect the balance. To adapt to climate change farmers can modify their strategic or tactic decisions. But the very first point is to have good ideas of what are to be expected in terms of climate modifications and their agronomic consequences: acceleration of crop cycles, increase of summer droughts and increase in inter-season and inter-annual variability. Concerning strategic choices, one must not expect revolution and climate change will not deeply modify cropping systems. Yet rainfed crops will be more difficult in the south while summer crops and crop successions will become easier in the north. Escape strategies in terms of crop and genotype choices could be advantageous. An important point of discussion is about sowing dates. If they could theoretically be advanced for summer crops, the soil water status may not be adequate for allowing farmers to enter fields with heavy machines. It is also because of soil dryness that winter crops sowing should be delayed. In order to provide the farmers with more quantified results an ANR project, CLIMATOR, is proceeding.

Key words: agriculture, climate change, crop management

L'agriculture est le résultat d'une interaction raisonnée entre un milieu physique (sol et climat), des plantes et des techniques appliquées par l'agriculteur pour produire et aménager l'espace. À partir du moment où l'un des éléments du système est sensiblement et durablement modifié, il est important que les autres éléments soient également modifiés afin de respecter l'équilibre. Or le changement climatique est source de perturbation dans l'agrosystème. En effet, même si l'agriculteur était habitué à la variabilité interannuelle du climat, son caractère stationnaire entraînait une certaine stabilité dans la composante biophysique des stratégies de l'agriculteur, de sorte que la composante socio-économique et la PAC en particulier ont joué le rôle déterminant des stratégies agricoles de la fin du siècle dernier. Le climat n'étant plus stationnaire, il convient de se poser la question au minimum de l'adéquation des pratiques actuelles au climat futur et au maximum de leur adaptation.

L'agriculteur peut prendre en compte les effets du changement climatique dans ses décisions stratégiques (choix de systèmes de cultures, adéquation culture/sol, politique de conduite) ou tactiques (semis, choix variétaux, irrigation, fertilisation, gestion de l'interculture). Même si tous n'ont pas le même poids dans ses décisions, les objectifs de l'agriculteur sont *a priori* multiples : préserver un rendement en quantité et en qualité, assurer l'alimentation du bétail tout en tenant compte d'autres contraintes à

caractère environnemental ou socio-économique qui rendent certaines pratiques inacceptables.

Pour prendre les bonnes décisions, il faut tout d'abord savoir, de façon générale, à quels impacts s'attendre et plus précisément quels sont les déterminants biophysiques des pratiques qui risquent d'être modifiés (augmentation moyenne des températures, augmentation des sécheresses estivales, augmentation de la variabilité interannuelle et en particulier au printemps et à l'automne pour l'implantation...). Ensuite, il est important de disposer des outils de diagnostic appropriés pour passer de considérations générales à des pratiques localisées (par exemple : bilans hydriques et azotés, mesures climatiques proches) ainsi que des gammes variétales adéquates. Enfin nous sommes là dans une problématique où se mêlent l'intérêt général et les intérêts particuliers et où les rétroactions agriculture-climat peuvent conduire à imposer des choix stratégiques ou des contraintes fortes sur l'utilisation des intrants. Par exemple, il se peut qu'une diminution des surfaces de maïs irriguées soit nécessaire dans le sud-ouest à cause de la diminution de la pluviométrie, mais qu'elle puisse être compensée, à l'échelle nationale, par une augmentation dans les zones actuellement marginale pour cette culture (nord-est, altitude). L'émission de N₂O, gaz à effet de serre notoire, par les fertilisants est un exemple de rétroaction souvent évoqué pour inciter à une limita-

tion de l'utilisation des engrais ; cependant, il n'y a pas de relation simple entre engrais et émission de N₂O.

On observe déjà des impacts tangibles du changement climatique et des adaptations ont déjà été opérées par les agriculteurs comme l'avancée des dates de semis des cultures d'été. Cependant, nous disposons aujourd'hui d'outils de modélisation que l'on met en œuvre pour accompagner et orienter ces approches « essais-erreurs » des professionnels. C'est l'objectif du projet ANR-VMC-CLIMATOR qui sera explicité à la fin de cet article après avoir passé en revue, de façon qualitative, les attendus de l'impact du changement climatique et les réponses possibles en termes de pratiques agricoles.

À quoi faut-il s'attendre ?

D'un point de vue purement climatique, en France, les études montrent que nous pouvons nous attendre à une augmentation des températures et à une diminution de la pluviométrie à long terme, mais, avec des contrastes saisonniers et géographiques [1]. L'hiver sera marqué par un risque plus important de fortes pluies, principalement au Nord, à l'inverse de l'été où la pluviométrie diminuera. La variabilité climatique et l'occurrence des événements extrêmes augmenteront.

Les conséquences agricoles de ces changements annoncés sont multiples et parfois antagonistes.

La phénologie des cultures, c'est-à-dire la chronologie des étapes biologiques des plantes, dépendant de la température, sera accélérée, du fait de l'augmentation des températures. Les cultures de printemps subiront un raccourcissement de leur cycle et donc un raccourcissement de leur phase de remplissage des grains (possible baisse des rendements). Pour les cultures d'hiver, la moindre satisfaction des besoins en froid (vernalisation) et le frein photopériodique, qui ralentit la phénologie en conditions de durée du jour suboptimales, limiteront cette accélération.

Les sécheresses estivales et l'augmentation des températures entraîneront des fins de cycle végétatif difficiles pour les cultures d'hiver, avec une occurrence de températures échaudantes accrue et une moindre satisfaction des besoins en eau. De même, la germination et la levée des cultures semées en période estivale (comme le colza) seront plus fréquemment soumises aux problèmes de sécheresse du sol. Il faut s'attendre à une augmentation des pertes à la levée ; les levées seront plus hétérogènes à cause de la variabilité climatique interannuelle plus importante.

L'augmentation de la teneur en CO₂ atmosphérique aurait pour effet une régulation stomatique (fermeture stomatique) et donc une diminution de la demande climatique des cultures à long terme. Le besoin en eau des cultures pourrait diminuer.

Le nombre de jours disponibles pour réaliser les semis des cultures d'été ou d'hiver et les récoltes des cultures d'été pourrait avoir tendance à diminuer du fait de l'augmentation des pluies hivernales. En effet, le passage d'engins sur des sols trop humides risque de tasser les sols, et compromet, de ce fait, la réussite de la culture et la qualité des sols (érosion des sols).

En ce qui concerne les maladies des cultures, la tendance à plus de sécheresse pendant le cycle végétatif diminuerait les durées d'humectation et donc les fréquences d'infestation. Par contre, les températures douces représenteraient des conditions favorables au développement des populations de pathogènes et favoriseraient les « développements explosifs » au cours d'événements pluvieux. Ce type de perspective peut s'étendre à la relation culture/adventices.

Les choix stratégiques

Les choix stratégiques concernent les systèmes de cultures et les cultures, l'adéquation culture/sol au sein de la sole et la politique de production.

Y a-t-il des cultures que le changement climatique risque de faire disparaître ou, au contraire, de nouvelles cultures qui vont devenir possibles ? Cette question, emblématique de la problématique « changement climatique

et agriculture », n'admet pas de réponse simple mais toutes les études actuelles tendent à montrer qu'il ne faut pas s'attendre à une révolution dans ce domaine.

Soyons un peu plus précis. Les cultures pluviales seront plus difficiles dans le sud de la France et, dans un contexte de ressource en eau limitée, il est probable qu'il faille privilégier des cultures économes en eau (préférer le sorgho et le blé au maïs, limiter la zone de production de la betterave aux zones à forte pluviométrie). Pour préserver cette ressource, le recours aux cultures intermédiaires sera déconseillé dans ces zones. *A contrario* des cultures d'été comme le maïs grain ou le tournesol vont devenir possibles dans des zones actuellement trop froides pour ces cultures : nord et est de la France, plateaux de faible altitude. Cependant l'augmentation de la variabilité climatique qui accompagne l'élévation de la température n'écarte pas les risques de gel et cela peut limiter cette extension.

En ce qui concerne les systèmes de culture, un point très intéressant à signaler est que l'augmentation de la durée de végétation va rendre possible des successions de cultures été-hiver là où seules des monocultures étaient possibles (exemple de la monoculture de maïs en Alsace). La pratique d'une stratégie d'assolement est un point positif pour la maîtrise sanitaire des cultures. Pour les mêmes raisons, il faut s'attendre à une plus grande vigueur des adventices, qui seraient mieux contrôlées par l'utilisation de systèmes de cultures associées ou de cultures sous couvert.

En ce qui concerne l'adéquation cultures/sol, les sols superficiels, à faible réserve utile, vont devenir difficilement utilisables, en particulier dans le sud, y compris pour des cultures comme la vigne [2]. Par ailleurs, la tendance à long terme est à la diminution de la matière organique des sols ; il serait donc opportun de prendre en compte la gestion de cette fertilité des sols dans les choix d'assolement.

Les résultats des dernières campagnes agricoles pour les cultures de céréales (Gate com. perso.) montrent l'intérêt des stratégies d'évitement de la sécheresse par les meilleures performances des variétés précoces à l'épiaison. Ces stratégies d'évitement sont sans doute à généraliser, même pour les cultures irriguées, car elles permettent de dissocier temporellement les pics de sensibilité au stress hydrique des plantes des pics de fort déficit climatique. À l'extrême limite, laisser le sol nu pendant l'été sur une partie importante de la sole doit être sérieusement envisagé. Cette stratégie contribuerait aussi à assurer une plus grande robustesse à la production en absorbant mieux la variabilité du climat.

Les choix tactiques

Les choix tactiques, réalisés au cours de la campagne (figure 1), concernent le choix variétal, les dates de semis, les calendriers d'irrigation et de fertilisation, la maîtrise sanitaire des cultures et la gestion de l'interculture.

Que peut apporter le choix variétal et en amont sur quels critères peut se faire la sélection ? C'est tout d'abord l'ajustement phénologique qui peut être recherché soit pour valoriser l'allongement de la saison de culture « thermique », soit pour éviter les périodes de sécheresse intenses. Mais le changement climatique ne pouvant se simplifier à un déplacement latitudinal des climats, il serait dangereux d'utiliser sans précaution des variétés plus méridionales. La seconde composante qui semble importante est la robustesse des plantes face à certaines conditions climatiques adverses. Nous avons déjà parlé de la sécheresse estivale, mais il y a aussi la sécheresse de début de cycle résultante de la plus grande variabilité du climat au printemps et à l'automne. Par exemple, pour éviter les pertes entre germination et levée, la graine ne doit pas germer à une teneur en eau du sol trop faible. En ce qui concerne les

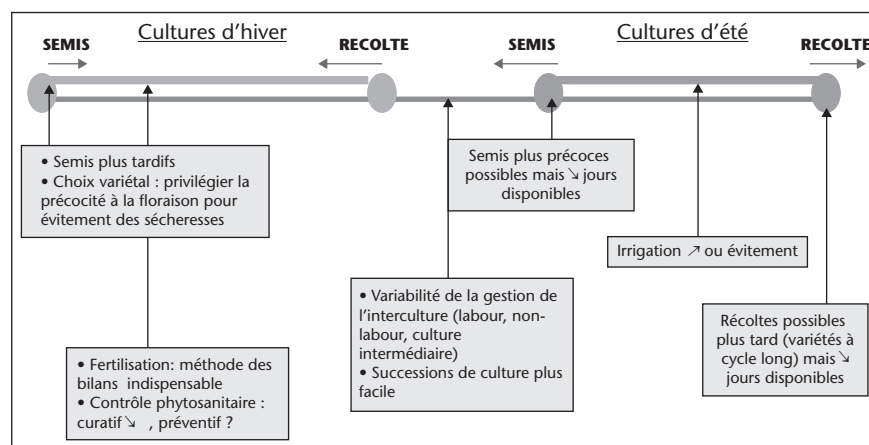


Figure 1. Quelques adaptations tactiques au changement climatique pour les grandes cultures.

besoins en froid (ligneux) et en vernalisation (herbacées), ces mécanismes adaptatifs restent importants pour éviter des croissances hivernales pendant des épisodes doux qui augmenteraient les risques de gel des plantes. Cependant pour les arbres fruitiers, Legave *et al.* [3] ont montré que des forts besoins en froid étaient associés avec des nécroses florales en situation d'hiver doux.

Si l'augmentation des températures autorise une avancée des dates de semis de printemps, ces dates peuvent coïncider avec un état plus humide du sol qui augmente les risques de tassement. Pour les cultures d'hiver, les sécheresses estivales auraient plutôt tendance à faire reculer les semis en automne. Bien évidemment les dates de semis sont à raisonner en fonction des choix variétaux et des modes de contrôle des adventices. Ainsi la généralisation du non-labour et la limitation des herbicides sont sans doute bien plus décisives que le changement climatique sur les dates de semis des céréales.

Pour les cultures irriguées, il faut s'attendre à une augmentation des besoins en eau d'irrigation. Cependant, à long terme, si les effets de l'élévation du CO₂ atmosphérique sont conformes aux attentes, cette augmentation devrait se stabiliser grâce à la baisse de la demande climatique. Par ailleurs, il n'est pas impossible qu'une utilisation différente de l'eau d'irrigation soit plus judicieuse : par exemple irriguer plus de cultures mais juste aux stades sensibles [4] (parmi lesquels la levée).

En ce qui concerne la fertilisation, il faut résister à la tendance à l'augmentation pour profiter de la fertilisation carbonée de l'atmosphère. En effet les diminutions de la durée des cycles, les sécheresses estivales peuvent limiter la production. Par ailleurs l'augmentation de la minéralisation de la matière organique des sols peut, à

court terme, fournir une quantité d'azote additionnelle. Donc, plus que jamais la méthode du bilan sera nécessaire.

Si, globalement, les conditions climatiques seront plutôt moins favorables au développement des maladies cryptogamiques, on peut s'attendre à des situations plus « explosives » liées aux fortes températures et donc une gestion délicate entre préventif et curatif.

Dans un contexte de variabilité climatique augmentée, une gestion judicieuse et variable de l'interculture peut permettre de rétablir certains équilibres pour la culture suivante. Les cultures intermédiaires piège à nitrates (pratiquées surtout dans le nord) seront de plus en plus difficiles à implanter et risquent de pénaliser les cultures suivantes par l'utilisation des ressources en eau du sol. Le labour reste une pratique intéressante, même si elle n'est pas systématique, pour stocker les pluies hivernales, détruire les adventices et corriger les tassements. Il sera possible de privilégier les rotations qui deviendront plus faciles, en particulier si sont appliquées des stratégies d'évitement et l'utilisation de cycles plus courts.

Le projet CLIMATOR

Afin de préciser et quantifier l'ensemble des points énumérés ci-dessus, agronomes, forestiers, écophysiologistes et climatologues se sont regroupés dans le cadre d'un projet de l'appel d'offres « Vulnérabilité, Milieu et Climat » de l'Agence Nationale de la Recherche. Ce projet, CLIMATOR, a pour objectif de fournir un référentiel sur impacts et adaptations de l'agriculture française au changement climatique. Ce référentiel, constitué à partir de simulations enchaînées de scénarios de changement climatique et de modèles agronomiques et forestiers, est multilocal (13 sites répartis sur

l'ensemble du territoire) et se base sur une agriculture variée (systèmes divers : intensifs, intrants limités, agriculture biologique ; pratiques actuelles ou pratiques adaptées ; deux variétés par culture basées sur la phénologie). Incertitudes et sources de variabilité sont cernées par l'utilisation de modèles en parallèle. Pour la profession les résultats de CLIMATOR feront l'objet d'un livre vert, qui devrait être disponible fin 2010.

RÉFÉRENCES

1. Terray L, Braconnot S. *Livre Blanc Escrime*. Paris : INSU-ONERC-IDDRI, 2007.
2. García de Cortázar Atauri I. Adaptation du modèle STICS à la vigne (*Vitis vinifera* L.). Utilisation dans le cadre d'une étude du changement climatique à l'échelle de la France. Thèse Doctorat de l'Ecole Supérieure Nationale d'Agronomie de Montpellier, 2006.
3. Legave JM, Brisson N, Domergue M, *et al.* Impacts du réchauffement climatique sur la phénologie et le potentiel de floraison des arbres fruitiers. Rencontre chercheurs-professionnels ; 2006/02/02 ; Avignon (FRA). INRA, Institut National de la Recherche Agronomique, Centre de Recherche d'Avignon (FRA). Le changement climatique : quelles conséquences pour l'agriculture et la sylviculture régionales. 2006.
4. Amigues JP, Debaeke P, Itier B, Lemaire G, Seguin B, Tardieu F, Thomas A. INRA, Institut National de la Recherche Agronomique (FRA). MAP, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (FRA). Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective. Synthèse du rapport INRA, Paris (FRA) ; 2006. 72 p.