CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET PRATIQUES AGRICOLES

par Nadine **Brisson**[1], Sébastien **Gervois**[2], Raul **Diaz**[3] et Marc **Benoit**[4]

L'industrialisation a profondément modifié la relation entre le climat et la productivité agricole. En effet, jusqu'au milieu du XIX ° siècle, les aléas climatiques pilotaient les rendements, aux aléas sanitaires près (mildiou, phylloxéra, doryphores,..). Puis, l'utilisation d'engrais naturels à partir de 1860 (guano, salpêtre), mais surtout d'engrais de synthèse, massive après la seconde guerre mondiale, en permettant une forte augmentation des rendements, a substitué la subordination de l'agriculture au climat à celle de l'agriculture aux pratiques de l'agriculteur. L'amélioration variétale, les protections phytosanitaires et le recours à l'irrigation ont également accompagné cette mutation. Ainsi, dans un contexte climatique supposé stationnaire, on analysait dans les années 70-80 le déterminisme de l'évolution des rendements céréaliers comme résultant d'une tendance à long terme représentant « le progrès » (quantifiée par la régression linéaire des rendements en fonction du temps) et d'une variance autour de cette tendance, représentant les aléas climatiques. Or l'évolution attestée du climat au cours du siècle dernier et les perspectives d'évolution future nous conduisent à investir cette question du poids relatif des composantes techniques de l'agriculture par rapport au changement climatique.

Cette problématique intéresse à la fois le passé et l'avenir. En ce qui concerne le passé, il s'agit d'apprécier le poids du réchauffement de l'ordre de 0.8°C et de l'augmentation de la concentration en CO2 de 300 à 370 ppm, depuis le début du XX°siècle, sur l'évolution des rendements. Quant à l'avenir, la question est d'avantage centrée sur le potentiel d'adaptation offert par les techniques aux climats futurs. Et elle est particulièrement pertinente pour les cultures annuelles pour lesquelles la maîtrise du positionnement du cycle cultural autorise une relative plasticité pour s'adapter au climat.

Cet exposé s'appuiera sur des travaux français récents sur le changement climatique et son impact en agriculture, dans le cadre de collaborations entre les spécialistes du climat et les agronomes. Ils ont été effectués à partir de modélisations explicites de l'agro système, de climat réellement observés (pour le passé) ou simulés en fonction des hypothèses de forçage radiatif issus des scénarios de l'IPCC (pour le futur), et de scénarios techniques et génétiques réalistes pour les systèmes de culture céréaliers.

Analyse du passé

[1] UMR CSE INRA Avignon
[2] LCSE CEA Saclay
[3] INTA Castellar Argentine
[4] Unité de Mirecourt INRA

Copyright Académie d'Agriculture de France. Séance du 6 avril 2005.

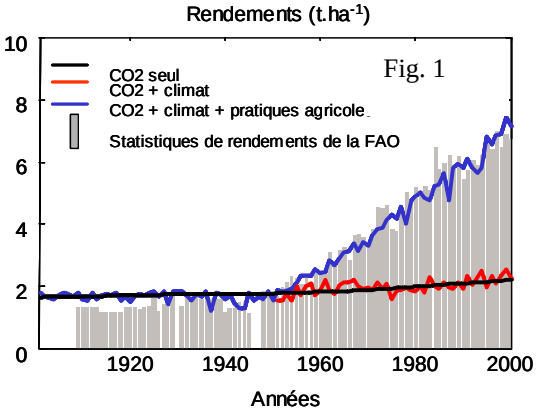

Fig. 1

Pour réaliser cette analyse, Gervois (2004) a utilisé le modèle ORCHIDEE-STICS (Gervois et al., 2004 ; De Noblet et al., 2004) pour le blé et le maïs, à l'échelle européenne, forcé par un jeu de données climatiques centenaires de 1901 à 2000 mis à disposition par le projet européen ATEAM. Les hypothèses d'évolution des techniques adoptées sont basées sur l'histoire de l'agriculture française (Boulaine, 1996). Elles concernent tout d'abord la fertilisation, supposée uniquement organique issue des effluents d'élevage jusqu'en 1950 puis minérale avec des doses croissantes de 30 à 150 kg ha^{-1}. Parallèlement l'irrigation n'est permise qu'à partir de 1950 avec des doses qui progressivement couvrent les besoins en eau des cultures. De façon très synthétique, on suppose que l'amélioration génétique a touché la longueur du cycle et en particulier la durée de remplissage des grains et l'indice de récolte. Ainsi jusqu'en 1980 l'auteur utilise une variété à cycle court, remplacée ensuite par une variété à cycle plus long ; et il fait varier progressivement l'indice de récolte final de 0.25 en 1950 à 0.45 en 2000. Il réalise trois simulations centenaires permettant de dissocier les effets i) de la seule augmentation du CO2 (climat et pratiques de 1901 imposés), ii) de l'évolution climatique (CO2 et climat évolutif mais pratiques 1901 imposées) et iii) de l'évolution des pratiques (CO2, climat et pratiques évolutifs). Les résultats reproduits sur la figure 1 pour le blé en France démontrent clairement le fort impact des pratiques en accord avec les données statistiques agricoles (source : IIA jusqu'en 1948 puis FAO). Ces résultats ont également des conséquences sur le stockage potentiel de carbone dans les sols et leur réserve en eau. Ils mettent également en évidence un écart croissant entre végétation naturelle et agricole.

Prospective sur le futur

Les connaissances des fonctions de réponse du système sol-culture aux facteurs du climat (CO2, température et pluviométrie), à court et long termes, nous renseignent sur les processus susceptibles d'être modifiés de façon significative (Seguin et al., 2005) : stimulation de la photosynthèse, déplacement des fenêtres de fonctionnement par rapport aux paliers d'optima thermiques, accélération du développement, modification du bilan hydrique par des effets à la fois source (pluviométrie) et puits (demande climatique), modification du bilan azoté par augmentation des besoins en azote des plantes et stimulation de la minéralisation… A l'échelle de la succession de cultures d'autres processus peuvent intervenir. Ainsi la modification de la pluviométrie est susceptible de jouer sur les fenêtres des jours disponibles pour réaliser les travaux agricoles d'implantation printanière et de récolte automnale, en lien avec les risques de tassement des sols par les engins, tout en sachant que ces travaux ne sont pas sans rapport avec les choix variétaux et/ou de date de semis pilotant la longueur des cycles et le réchauffement des sols au printemps. En cours de culture, ce sont surtout les schémas de fertilisation et d'irrigation qui peuvent être modifiés par les effets évoqués précédemment. De plus les stress biotiques (maladies, ravageurs et adventices) peuvent changer de nature ou se manifester à des périodes du cycle différentes. La prise en compte de cette nouvelle donne climatique est à intégrer dans la rationalisation des méthodes de lutte et de contrôle préconisée dans le cadre d'une agriculture plus raisonnée. Enfin, les préconisations actuelles visant à mieux gérer l'eau et l'azote du sol pendant l'inter -culture (cultures intermédiaires pièges à nitrate, réduction de la durée de sol nu par allongement des cycles) peuvent être remises en cause ou au contraire renforcée selon le sens des modifications de pluviométrie : par exemple stratégie de couverture végétale au nord et de sol nu au sud dans un but d'économie d'eau.

Copyright Académie d'Agriculture de France. Séance du 6 avril 2005.

Culture	Maïs (n=21)		Blé (n=7)	
Climat	Passé	Futur	Passé	Futur
Date de récolte	19/10	10/10	30/07	14/07
Biomasse aérienne (t ha^{-1})	11.4	17.8	17.7	17.6
Rendement (t ha^{-1})	4.2	9.0	6.6	6.5
Absorption d'azote (kg N ha^{-1})	164	199	263	252
N-NO3 sous la zone racinaire (kg N ha^{-1})	55.3	55.7	147.6	170.3
Satisfaction des besoins en azote (%)	90	86	92	87
Cumul de rayonnement intercepté (MJ m-2)	532	639	609	529

Pour hiérarchiser cet ensemble complexe dans un contexte régional défini, nous avons utilisé le modèle de culture STICS (Brisson et al., 2003) forcé par les données climatiques issues du modèle ARPEGE-Climat (Gibelin et Déqué, 2001) pour les deux périodes de référence : 1961-1990 et 2070-2099 (obtenue sous forçage de 660 ppm de CO2). Nous avons étudié une rotation simple quadriennale (maïs, maïs, maïs, blé) sur 30 ans, en partant des pratiques actuelles dans la région du plateau lorrain. Les résultats synthétisés dans le tableau ci-dessus montrent clairement des réponses opposées pour le maïs et le blé, liées à leurs phénologie : allongée dans le cas du maïs en limite de son aire de culture dans cette région actuellement et raccourcie pour le blé. Les deux cultures ont plus de mal à satisfaire leurs besoins en azote dans l'hypothèse du climat futur.

Climat	Passé	Futur
Période de semis	[25/09 - 09/10]	[26/09 - 19/10]
Période du second apport	[19/03- 04/04]	[25/02 - 15/03]
Dose totale (kg N ha^{-1})	[223 – 259]	[342 – 358]
Rendement (t ha^{-1})	[7.1 – 7.9]	[10.0 – 11.0]

Une étude de l'adaptation des pratiques montre le décalage des périodes de semis optimales, accompagné d'une modification des schémas de fertilisation qui prend en compte l'augmentation des besoins de la plante mais aussi de la fourniture du sol via la minéralisation (le tableau ci-contre donne l'exemple du blé). Ces résultats montrent aussi qu'une adaptation des pratiques permet de valoriser le changement climatique.

CONCLUSION

L'impact de l'évolution du climat sur l'agriculture ne peut se raisonner indépendamment des pratiques agricoles. Elles assurent une grande plasticité aux cultures annuelles en particulier. Cependant cette plasticité ne doit pas constituer un prétexte pour ne pas investir cette question car dans un contexte de changement global la modification des pratiques peut aussi avoir un impact notable sur d'autres composantes du système (environnement, temps de travail,…).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) BOULAINE J., 1996. – Histoire de l'agronomie en France.
(2) DE NOBLET-DUCOUDRÉ N. et al., 2004 .– Agronomie **24**, 397-407.
(3) FAO, 2002. – FAOSTAT Food and Agricultural Organization statistical database CD-ROM.
(4) GERVOIS S., et al. 2004. – Earth Interactions **8**, 1-25.
(5) GERVOIS S., 2004. – Thèse de Doctorat. Université Paris VI.
(6) GIBELIN A.-L. et DÉQUÉ M., 2001. – Centre National de Recherches Météorologiques. Note de Travail 79. 64 pp.
(7) IIA 1960. – Annuaire international de la statistique agricole
(8) BRISSON N. et al., 2003. – European Journal of Agronomy **18**, 309-332. (I)
(9) SEGUIN B et al., 2005. – Actes du symposium du Collège de France, Paris, 12-13 oct 2004, ed Odile Jacob (à paraître).

Copyright Académie d'Agriculture de France. Séance du 6 avril 2005.