

Impact du changement climatique et adaptation de l'agriculture

Publié le Jeudi, 28 Janvier 2010 15:01

Bernard SEGUIN : Impact du changement climatique et adaptation de l'agriculture

INRA Mission 'Changement climatique et effet de serre', site Agroparc, domaine Saint-Paul, F-84914 Avignon cedex 9

Avant-propos

L'agriculture est, sans aucun doute, parmi les activités humaines, une de celles qui reste le plus directement influencée par le climat, malgré l'augmentation de sa productivité dans le cas des pays développés, en particulier. Le changement climatique aura donc un impact sur la composante biotechnique de la production. Accroissement de la teneur en gaz carbonique et autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère, élévation de la température, modification des régimes pluviométriques, et donc des différents termes du bilan hydrique (évaporation, drainage, ruissellement), évolution de la couverture nuageuse, et donc du bilan radiatif : l'ensemble des facteurs bioclimatiques qui régissent le fonctionnement des écosystèmes est amené à se modifier, et il faut donc prévoir et quantifier ces modifications et leurs conséquences.

Quel impact sur le fonctionnement des cultures ?

Avant d'en venir à l'impact du réchauffement climatique proprement dit, il est nécessaire de prendre en compte un effet spécifique aux couverts végétaux qui concerne la stimulation de la photosynthèse par l'augmentation du gaz carbonique (ou dioxyde de carbone) atmosphérique CO₂. Avec l'hypothèse d'un doublement du CO₂ pour la fin de ce siècle, les travaux permettent de prévoir une stimulation de la photosynthèse de l'ordre de 20 à 30 %, conduisant à une augmentation résultante de l'assimilation nette de l'ordre de 10 à 20% (en prenant en compte l'augmentation de la respiration liée à l'effet de l'augmentation de la température) (fig.1). Il devrait également s'en suivre une augmentation de l'efficacité de l'eau, par suite de l'augmentation de la résistance stomatique qui tend à réduire ou même annuler l'accroissement de la transpiration des plantes. En conséquence, cette 'fertilisation carbonée' devrait se traduire par un accroissement de la biomasse produite et des rendements potentiels pour les plantes d'intérêt agricole. Cette réponse positive de la photosynthèse et à un enrichissement en carbone de l'atmosphère dépend toutefois de différents facteurs. Le type de métabolisme carboné, la température et la disponibilité en eau interfèrent ainsi avec l'accroissement de la photosynthèse consécutif à une augmentation de la teneur en carbone. Par exemple, alors que les plantes en C₃ comme le riz, blé, betterave, pois, etc, majoritaires dans les zones tempérées, répondent fortement à une augmentation de la teneur en carbone atmosphérique dans la gamme de concentrations considérée, la réponse des plantes en C₄ comme maïs, sorgho, canne à sucre par exemple à un enrichissement de l'atmosphère est très faible au-delà de 400 parties par million, proche de la teneur actuelle de l'atmosphère.

Cet effet sur la photosynthèse sera combiné à l'effet propre du réchauffement climatique sur la température en premier lieu, mais également sur les autres facteurs, en particulier la pluie. Bien que la réponse physiologique des plantes à un enrichissement de l'atmosphère en gaz carbonique et à une augmentation concomitante de la température entraîne en théorie une production plus importante de biomasse, les effets sur le rendement des espèces cultivées, à l'échelle du peuplement, risquent d'être beaucoup plus contrastés. Cela est particulièrement vrai pour le sud, où l'optimum thermique pour la photosynthèse est souvent déjà atteint, sinon dépassé dans certaines conditions. Dans les conditions tempérées, l'augmentation de température peut favoriser la plupart des processus physiologiques. Mais elle aura également un impact négatif pour les plantes à cycle déterminé, comme les cultures annuelles, en accélérant leur rythme de développement et donc en raccourcissant les cycles de culture et, par suite, la durée de fonctionnement de l'usine photosynthétique. A l'inverse, pour les végétations à cycle non déterminé comme les prairies ou la forêt, l'avancée des stades de développement au printemps s'accompagne d'un retard dans l'arrêt physiologique à l'automne, et la durée de la saison de végétation devrait s'en trouver augmentée. Au bout du compte, le bilan résultant en la production de biomasse, et au-delà, le rendement peut prendre des aspects variés.

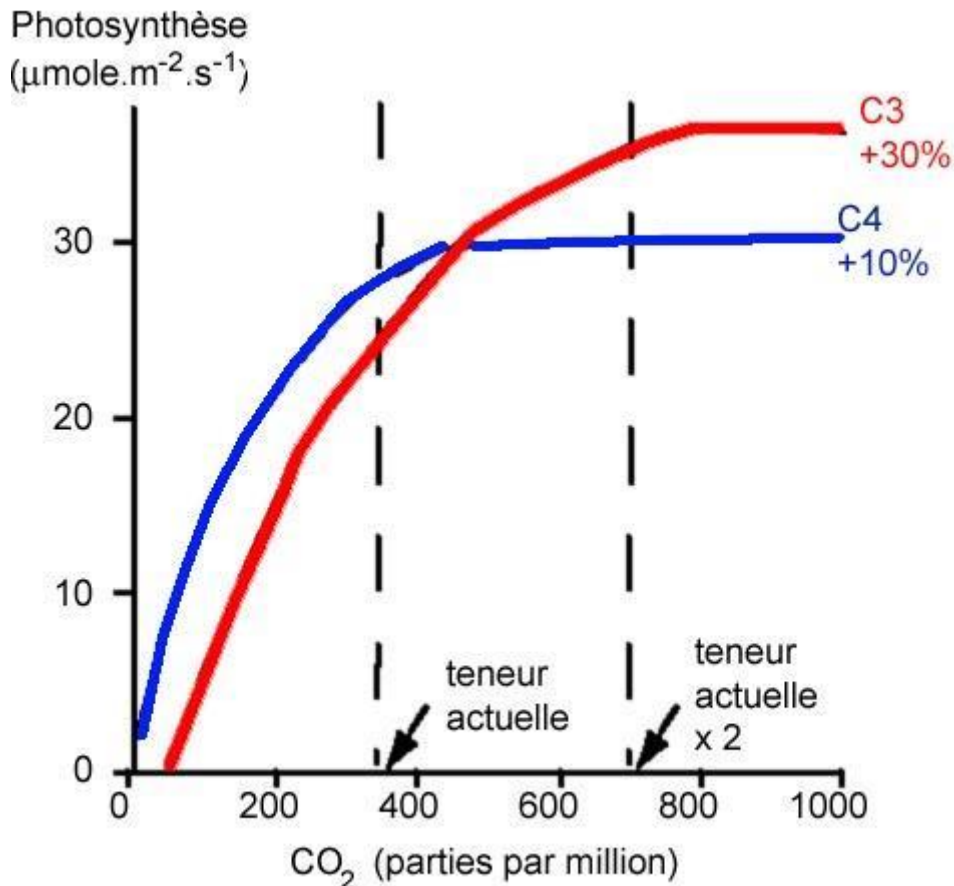


Fig 1 : influence de la concentration en CO_2 sur la photosynthèse de plantes en C3 et en C4.

Quelles conséquences pour la production agricole ?

Elles varient beaucoup en fonction du type de couvert et des conditions climatiques associées aux conditions culturales pour les plantes cultivées. Mais la tendance générale est claire: si les régions tempérées peuvent s'attendre à des effets tantôt positifs, tantôt négatifs sur le rendement, le changement climatique aura quasi-systématiquement des effets négatifs dans les zones tropicales !! C'est effectivement ce qui ressort du grand nombre d'études consacrées ces vingt dernières années à la prédiction de l'impact du réchauffement climatique sur l'agriculture à l'échelle mondiale (voir par exemple Rosenzweig et Hillel 1998, Reddy et Hodges 2000). Elle a été clairement confirmée par celle du 4ème rapport de 2007, dont nous reproduisons ci-dessous les principales conclusions contenues dans le 'Résumé à l'intention des décideurs' du Groupe de travail II (GIEC 2007) « Les rendements agricoles devraient augmenter légèrement dans les régions de moyenne et haute latitude pour des augmentations moyennes locales de température allant de 1 à 3° selon la culture considérée, et devraient diminuer au-delà dans certaines régions. Aux latitudes plus basses, particulièrement dans les régions ayant des saisons sèches et dans les régions tropicales, les projections montrent des rendements agricoles décroissants, même pour de faibles augmentations locales de température (1 à 2° C), ce qui augmenterait les risques de famine. Globalement, le potentiel de production alimentaire devrait croître avec l'augmentation de température moyenne locale pour une gamme de 1 à 3°C, mais au-dessus de ces valeurs, il devrait diminuer. » Une illustration précise peut être tirée de la synthèse par les auteurs du chapitre 5 de ce Groupe de travail II, qui fait bien apparaître ces caractéristiques pour le blé et le maïs en fonction du réchauffement, analysés séparément pour les zones tempérées et les zones tropicales [Easterling et al 2007]. Les courbes reproduites dans la figure 2 présentent les tendances moyennes des impacts évalués par les différentes études de cas disponibles, d'une part en considérant les cultures soumises directement telles qu'elles sont pratiquées actuellement au climat futur (courbes inférieures), d'autre part en supposant adoptées des mesures d'adaptation qui seront discutées plus loin (courbes supérieures).

En milieu tropical, l'absence d'effet réellement positif est lié à la prépondérance des plantes en C4 et à l'impact négatif de l'élévation des températures (raccourcissement du cycle et basculement du fonctionnement

photosynthétique vers des gammes thermiques défavorables). La grande variabilité des résultats semble d'avantage provenir des scénarios climatiques que des modèles de culture : transition ou à l'équilibre (550 ou 750 ppm [CO₂]), variabilité climatique actuelle du même ordre de grandeur que la perturbation prévue, prise en compte ou non de la dissymétrie de réchauffement entre températures minimale et maximale, résolution spatiale du modèle climatique, prise en compte ou non des effets cumulatifs d'une année sur l'autre pour les scénarios de transition.

Dans ce contexte général, l'agriculture européenne correspond pour l'essentiel au cadre géographique des régions tempérées, avec cependant une différenciation majeure entre les pays plus froids du nord de l'Europe et ceux plus chauds du sud, ce contraste se retrouvant clairement dans le cas de la France qui se situe assez bien à la charnière de ces deux grandes zones climatiques. Les simulations effectuées pour le blé et le maïs (Delecote et al 1999, Seguin et al 2004) font apparaître un effet légèrement positif dans le nord, même sans adaptation (de l'ordre de 10%), alors que des chutes de rendement dans le sud peuvent apparaître, avec les effets combinés de températures excessives et de la sécheresse. Pour les prairies, dans le cas du Massif central, Soussana (2001) fait état d'une production fourragère augmentée de 20% qui permettrait d'augmenter d'autant le chargement animal, sous réserve que la pluviométrie ne soit pas trop diminuée. A priori, les grandes cultures et les prairies devraient être plutôt favorisées, sauf dans le sud où apparaît le risque de sécheresses accentuées, accompagnées de températures élevées. Pour les arbres fruitiers et la vigne, l'avancée généralisée de la phénologie peut poser des problèmes de risque de gel au moment de la floraison, et de qualité par avancée des stades sensibles (Domergue et al 2004) (fig 3).

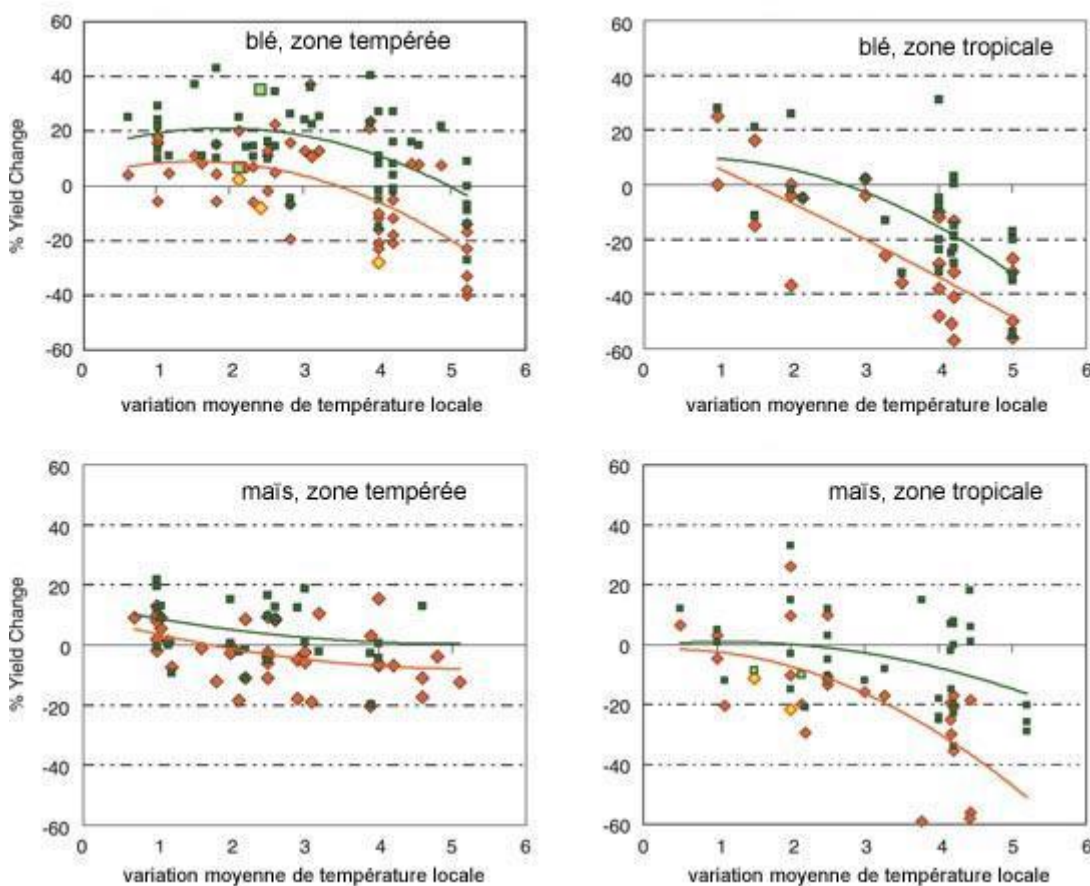


Fig 2: effet du réchauffement sur le rendement du blé et du maïs en zone tempérée (à gauche) et en zone tropicale (à droite), avec indication des effets possibles de l'adaptation (d'après Easterling et al, 2007)

Les moyennes et les extrêmes

Les éléments qui viennent d'être présentés s'appuient uniquement sur les valeurs moyennes des facteurs climatiques. L'éventualité d'événements extrêmes et, de façon plus large, la prise en compte de la variabilité de ces facteurs pourraient conduire à des impacts différents de ce réchauffement moyen continu par le dépassement

de valeurs-seuils encore mal cernées. C'est assez évident pour les sécheresses (comme l'ont récemment montré 2003, puis 2005 et 2006) ou les fortes pluies (qui affectent l'agriculture par l'érosion et l'inondation des parcelles), mais c'est également vrai pour la température. D'abord par ses valeurs basses pour les gels d'hiver ou de printemps (évoqué ci-dessus) : si les scénarios s'accordent pour prévoir des hivers plus doux en moyenne, l'éventualité d'épisodes de froid dévastateurs (tels qu'en 1956 ou en 1987) pour les oliviers, les agrumes ou le mimosa n'est pas à écarter, alors que les seules températures moyennes leur permettraient de remonter vers le Nord le long de la vallée du Rhône, par exemple. Ensuite par les températures élevées : la fréquence des canicules, avec des températures dépassant les 35°C, est prévue comme devant atteindre une année sur deux vers 2050 (Planton 2005), et la tolérance des écosystèmes actuels, qu'ils soient cultivés ou naturels, est bien mal connue.

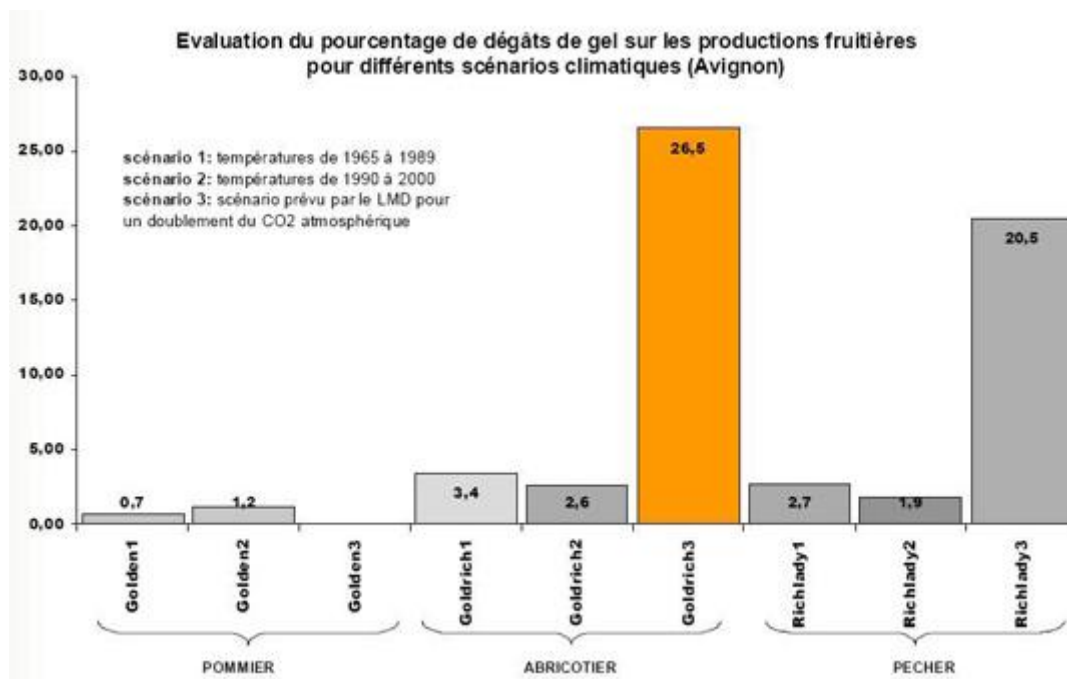


Fig.3 : effet du réchauffement climatique sur les dégâts de gel simulés pour 3 productions fruitières (pommier, abricotier, pêcher) sur le site d'Avignon

Le passé récent, préfiguration de l'avenir ?

Comme le climat, et en partie à cause de lui, les écosystèmes terrestres, surtout s'ils sont cultivés, conjuguent une variabilité à différentes échelles temporelles et une évolution à long terme qui traduit un déplacement de l'état d'équilibre qui permet de le considérer comme stationnaire sur une période donnée. L'attribution d'un changement au réchauffement climatique récent attesté par le 4ème rapport du GIEC n'est pas une question scientifique facile, d'une part parce que de nombreux facteurs autres que le climat agissent sur les réponses des différents secteurs, d'autre part parce que les impacts éventuels ne se répercutent pas forcément en réponse immédiate au forçage climatique, et qu'un temps de latence de durée variable caractérise l'inertie de différents systèmes. Au niveau global, les effets observés peuvent être résumés ainsi : pour l'agriculture et la forêt, une avancée similaire de la phénologie en Europe et en Amérique du nord, avec une saison de végétation sans gel allongée maintenant confirmée par des observations satellitaires. En dehors de l'avancée systématique des dates de floraison des arbres fruitiers, l'illustration la plus nette se situe en viticulture : l'ensemble des régions viticoles de ces mêmes zones montre une avancée des stades phénologiques, qui se répercute sur les dates de vendange, ainsi qu'une augmentation de la teneur en sucre et du degré alcoolique qui conduit, pour les vingt dernières années, à des vins généralement de haute qualité. Ces tendances durées variables caractérisées au niveau européen (EEA 2004), avec une augmentation de la saison de végétation de 10 jours entre 1962 et 1995 et de la productivité de la végétation de 12%, et la migration vers le nord et vers le haut de plantes (diversité enrichie de l'Europe du nord-ouest et en montagne pour 21 de 30 sommets alpins).

Au niveau français, si les agriculteurs (et les éleveurs) font état d'une modification des calendriers culturaux qui pourrait être liée à cette particularité climatique, d'ailleurs confirmée par des analyses récentes sur les dispositifs expérimentaux de l'INRA (presque un mois d'avance depuis 1970 sur les dates de semis du maïs pour quatre sites couvrant l'ensemble du territoire), il n'a pas encore été possible de l'apprécier de manière objective, pas plus que d'évaluer son poids éventuel dans l'évolution récente des rendements. Par contre, l'analyse des

données phénologiques sur les arbres fruitiers et la vigne, cultures a priori beaucoup moins dépendantes sur ce point des décisions culturales, a permis de mettre en évidence des avancements significatifs de stades tels que la floraison des arbres fruitiers (une dizaine de jours en trente ans sur des pommiers dans le sud-est, figure 4 (Seguin et al 2004) ou la date de vendange pour la vigne (presque un mois dans la même région au cours des cinquante dernières années (Ganichot 2002)). Pour la vigne, l'augmentation de température moyenne s'est traduite par des conditions globalement plus favorables et avec moins de variabilité inter-annuelle pour tous les vignobles français, avec une augmentation de teneur en alcool (de 1 à 2 degrés suivant les régions) et une diminution de l'acidité. Au niveau des insectes, il apparaît encore peu de signes indiscutables dans le strict domaine de l'agriculture, car l'extension bien documentée vers le Nord et en altitude de la chenille processionnaire concerne le pin et donc la forêt. Il a seulement pu être observé une évolution sur le cycle du carpocapse des pommes qui a vu l'apparition d'une troisième génération et une augmentation de la diversité des populations de pucerons, accompagnée d'une précocité accrue des périodes d'activité. A l'inverse, on a pu noter une extinction du phomopsis (champignon racinaire) du tournesol dans le Sud-Ouest, fortement défavorisé par l'augmentation des températures supérieures à 32° C et éradiqué après la canicule de 2003.

Au-delà des bouleversements des systèmes écologiques complexes que représentent les relations entre hôtes, il faut également prendre en compte la possibilité de mouvements géographiques rapides qui amènent certaines maladies ou ravageurs, véhiculés par les moyens modernes de transport, à s'installer dans des régions où les conditions climatiques le leur permettront. D'où les interrogations actuelles sur des maladies émergentes dans le monde animal (fièvre du Nil sur les chevaux en Camargue, fièvre catarrhale), mais aussi végétal : une mouche blanche (*Bemisia tabaci*) originaire des régions subtropicales a été repérée depuis une dizaine d'années en Europe, et menace actuellement les cultures sous serre du Sud du continent. Quel est le rôle du réchauffement climatique dans ces évolutions ? Difficile à dire à l'heure actuelle, mais la question est posée.

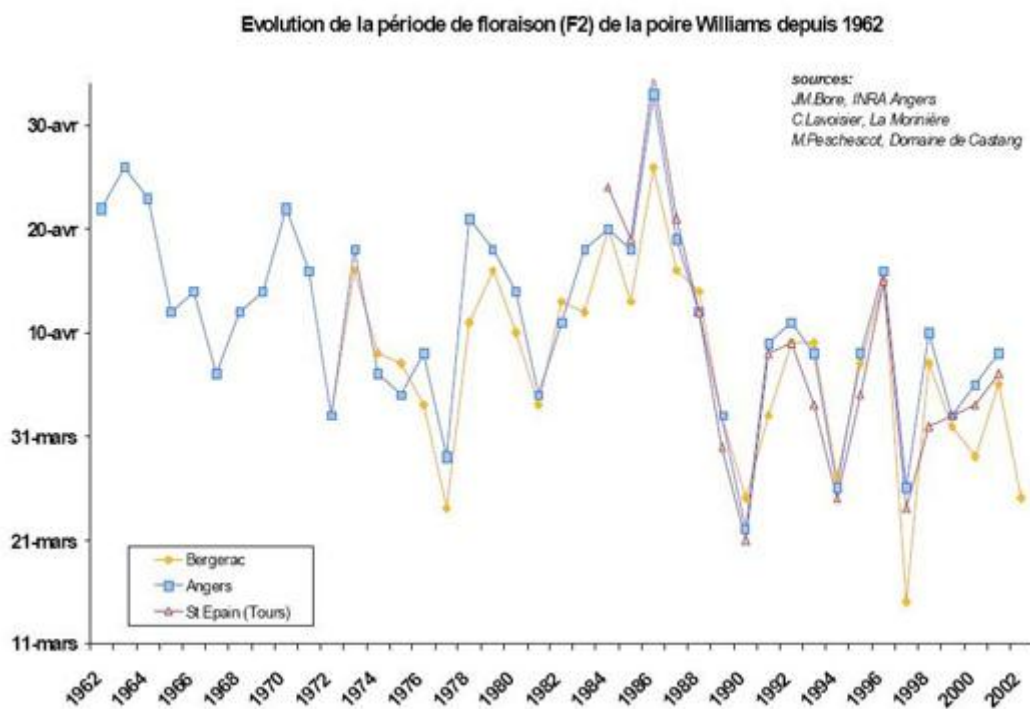


Fig 4 Evolution de la période de floraison de la poire Williams depuis 1962 (base de données Phenoclim)

L'adaptation : changer sur place

Les perspectives présentées plus haut ont, pour le moment, surtout considéré les systèmes tels qu'ils sont pratiqués actuellement. Mais, en admettant implicitement leur stabilité géographique, une marge appréciable d'adaptation apparaît possible en mobilisant l'expertise agronomique au sens large pour les adapter aux conditions climatiques modifiées (recours au matériel génétique approprié, mise au point d'itinéraires techniques adaptés, ajustement de la fertilisation et de l'irrigation, etc..). De façon générale, on peut estimer que l'adaptation des grandes cultures pourrait s'effectuer sans trop de problèmes, dans la mesure où les années passées ont montré la capacité des agriculteurs à les faire évoluer rapidement en fonction, en particulier, des contraintes résultant de la PAC. De même pour les prairies et l'élevage. Il faut cependant relativiser cette vision optimiste sur une capacité d'ajustement rapide (quelques années), en soulignant une fois de plus les incertitudes actuelles sur

la pluviométrie et le bilan hydrique. Pour les cultures pérennes, si le diagnostic reste identique dans ses grandes lignes, la capacité d'adaptation nécessite de prendre en compte une durée plus longue, de l'ordre de dix à vingt années. D'ores et déjà, devant les évolutions du calendrier phénologique constatées, il faut se préoccuper maintenant du choix du matériel végétal adapté.

Ou se déplacer ... ?

A l'heure actuelle, il n'apparaît pas encore de signe tangible de déplacement géographique des systèmes de production. Et pourtant, le réchauffement observé équivaut, sur le siècle, à un déplacement vers le Nord de l'ordre de 180 km ou en altitude de l'ordre de 150 m. Ce qui traduit la plasticité déjà évoquée, mais jusqu'où ou jusqu'à quand ? On peut donc légitimement envisager l'éventualité de la remontée (vers le nord ou en altitude) de certaines cultures, ou l'introduction de nouvelles cultures au sud. Pour celui-ci, c'est plutôt la menace sur la ressource en eau qui représente l'élément essentiel: si la tendance des scénarios à une diminution de la pluviométrie estivale (de l'ordre de 20 à 30%) autour du bassin méditerranéen est confirmée dans le futur, elle pourrait entraîner un abandon de l'agriculture dans certaines zones traditionnelles de culture en sec, et une tension accrue sur l'utilisation de l'eau entre les différents utilisateurs au détriment de l'irrigation. Cependant, dans l'hypothèse de déplacements géographiques, la nature du lien avec le caractère local jouera un grand rôle, la notion de terroir impliquant évidemment un risque de fragilité particulière par rapport à une évolution du climat (Seguin et Garcia de Cortazar 2005). Par ailleurs, la période de sensibilité de la vigne à la température pour la qualité (en général, floraison-maturité) se situe en plein été où le réchauffement prévu est maximum, et l'avancée de ce stade de fin août à mi-juillet accentue encore l'effet à cette période, qui peut atteindre 6 à 8° C pour un réchauffement annuel de 2 à 3° C. Malgré ces interrogations, l'année 2003 a été plutôt rassurante sur ce point: la conjonction de la sécheresse et de la canicule a eu des effets néfastes par certains aspects, mais la vigne a démontré sa capacité d'adaptation à ces conditions exceptionnelles. L'adéquation à la typicité traditionnelle paraît encore pouvoir être assurée pour un réchauffement modéré (2 à 3° C), en conjuguant des efforts sur le mode de conduite et le microclimat. Au-delà, s'il atteint 4 à 5° C, la seule issue pour conserver la typicité traditionnelle apparaît, quand c'est possible, de jouer sur l'altitude et le relief. Autrement, l'évolution vers des cépages plus méridionaux est une solution technique envisageable à terme, mais plutôt pour les terroirs de climat froid

Conclusion: agriculture et réchauffement, un tableau contrasté

Il faudra bien sûr garder à l'esprit que l'impact purement biotechnique que nous venons d'analyser sera seulement, au final, une seule des composantes de cet ensemble en mutation, en interaction avec les autres composantes du changement global et les déterminants socio-économiques. La grande ligne est celle d'un effet variable suivant les régions et les productions, avec des zones qui peuvent y gagner dans les moyennes et hautes latitudes pour un réchauffement modéré (1 à 3° C), et les pays du sud qui seront vraisemblablement perdants, même dans ce cas. Si l'adaptation peut permettre de valoriser l'aspect positif dans le premier cas (pour permettre des gains de rendement pouvant aller jusqu'à 10 ou même 20%) et de limiter les pertes dans le deuxième, la disponibilité de l'eau sera un enjeu majeur dans les zones à climat sec. Par ailleurs, dans tous les cas, l'hypothèse de réchauffement supérieur à 3° C conduit à des chutes sérieuses des rendements des différentes productions, et conduirait à envisager un impact catastrophique au sud et un bouleversement de l'agriculture au nord.

Références

- Delecote R., Soussana J.F., Legros J.P., C.R.Acad.Agric.Fr., 85 (1999) 45-51.
Domergue M., Legave J.M., Calleja M., Moutier N., Brisson N., Seguin B. Arboriculture fruitière, (2004) , 578, 27-33.
Easterling et al Chapter 5 : food, fibre and forest products, IPCC - WG II 4th report (2007), 66pp
EEA (2004) Impacts of Europe changing climate. An indicator-based assessment ,EEArep2/2004,107 pp
[15] Ganichot B. Actes des 6èmes Rencontres Rhodaniennes. Institut Rhodanien. Orange, France (2002), 38-41.
GIEC/IPCC Bilan 2007 des changements climatiques : impacts, adaptation et vulnérabilité. www.effet-de-serre.gouv.fr/groupe_de_travail_ii_du_giec___2007.
Moisselin, J.M, Schneider, M.,Canellas, M, Mestre, C.O. La Météorologie, (2002), 38 : 45-56.
Planton S. Changements climatiques futurs en France, in ' Impacts climatiques en France', Greenpeace (2005), 1.5., 48-54

Reddy K.R., Hodges R.F.,. Climate change and global crop productivity. CABI Publishing, Wallingford (2000).
Rosenzweig C., Hillel D., Climate change and the global harvest. Oxford University Press, Oxford (1998).
Seguin B., Domergue M., Garcia de Cortazar I., Brisson N., Ripoche D..Lettre pigb-pmrc France Changement global (2004), 16, 50-54
Seguin B., Garcia de Cortazar.I , Acta Horticulturae (2005), 689,61-71
Seguin B., Brisson N., Loustau D., Dupouey J.L. In 'L'homme face au climat', ed Odile Jacob (2006), 177-204.
Soussana J.F., in Demeter, Armand Colin, Paris (2001), 195-222.