

Le réchauffement climatique et ses conséquences pour la viticulture

Bernard SEGUIN

Mission *Changement climatique et effet de serre*
INRA, Site Agroparc, Domaine Saint-Paul, 84914 Avignon cedex 9, France
seguin@avignon.inra.fr

Résumé

La confrontation des scénarios climatiques pour le XXI^e siècle et des observations récentes renforce de plus en plus notablement la conviction sur l'attribution de ces changements, au-delà des facteurs naturels, à l'accroissement de l'effet de serre par l'action anthropique. La température moyenne de surface a augmenté de 0,6°C (avec une incertitude en plus ou en moins de 0,2°C) depuis 1860. Le XX^e siècle a probablement été le siècle le plus chaud depuis 1 000 ans et la décennie 1990 a connu le réchauffement le plus important de ce siècle. Les données purement climatiques sont corroborées par des observations sur des indicateurs qui en dérivent directement : diminution de la surface de couverture neigeuse et des glaciers de montagne ou de la glace de mer, élévation du niveau de la mer, etc.

Par ailleurs, même s'il est généralement très délicat d'isoler l'action éventuelle du réchauffement global de celui d'un grand nombre d'autres facteurs, il est possible d'observer des impacts sur les écosystèmes cultivés ou naturels, en particulier au niveau de leur phénologie (pour la France, dates de floraison des arbres fruitiers, de vendange et de semis du maïs), mais aussi, dans certains cas, de leur productivité (forêts). Ils attestent de la réalité d'un climat actuel significativement différent de celui des années 1940-1970 et très vraisemblablement en cours d'évolution sous l'action de l'augmentation de la concentration des GES dans l'atmosphère.

Les grandes lignes des conséquences du réchauffement sur la viticulture sont présentées en conclusion.

Mots-clés : climat, changement climatique, impact, viticulture.

* * *

I. Le réchauffement climatique

L'effet de serre est un phénomène naturel, qui résulte de la présence dans l'atmosphère de gaz absorbant le rayonnement infrarouge thermique émis par les surfaces terrestres, et sans lequel la température moyenne du globe s'établirait aux alentours de -18°C au lieu de +15°C. C'est l'observation, au début des années 1970, d'une augmentation notable de la concentration de certains de ces gaz à effet de serre (GES), en lien évident avec l'activité anthropique, qui a conduit à envisager l'éventualité d'un changement climatique induit par le renforcement de cet effet de serre. Au premier rang de ces gaz figure le dioxyde de carbone, CO₂, dont le niveau actuel dépasse les 380 ppm, contre 260 à l'époque préindustrielle, et qui devrait atteindre de 450 à 1 000 ppm à la fin du XXI^e siècle, suivant l'évolution des politiques énergétiques. Depuis cette prise de conscience de l'influence de l'Homme sur le climat terrestre (qui n'est d'ailleurs qu'une des composantes de ce qu'on dénomme changement global), les prévisions des spécialistes du climat se sont progressivement affinées et ont gagné en degré de confiance. Il existe un consensus assez large de la communauté sur la très forte probabilité de réalisation des scénarios présentés par les experts du GIEC/IPCC (2001), confirmés dans le récent rapport de 2007, dont on peut retenir les éléments suivants, extraits du résumé pour décideurs (IPCC 2007) :

« Le réchauffement du système climatique est maintenant reconnu sans équivoque, car évident dans les observations de l'accroissement des températures moyennes mondiales de l'atmosphère et de l'océan, la fonte généralisée de la neige et de la glace, et l'élévation du niveau moyen mondial de la mer. Les informations paléoclimatiques confirment l'interprétation que le réchauffement du dernier demi-siècle est atypique sur au moins les 1 300 dernières années. La dernière fois que les régions polaires ont été significativement plus chaudes qu'actuellement pendant une longue durée (il y a environ 125 000 ans), la réduction du volume des glaces polaires a conduit à une élévation du niveau des mers de 4 à 6 mètres.

L'essentiel de l'accroissement observé sur la température moyenne globale depuis le milieu du XX^e siècle est très vraisemblablement dû à l'augmentation observée des gaz à effet de serre anthropiques. On peut maintenant discerner des influences humaines dans d'autres aspects du climat, comme le réchauffement de l'océan, les températures continentales moyennes, les températures extrêmes et la structure des vents.

Pour les deux prochaines décennies un réchauffement d'environ 0,2°C par décennie est simulé pour une série de scénarios d'émissions du Rapport spécial. Même si les concentrations de tous les gaz à effet de serre et des aérosols avaient été gardés constants au niveau de 2000, un réchauffement induit, d'environ 0,1°C par décennie se produirait. La poursuite des émissions de gaz à effet de serre au niveau actuel ou au-dessus provoquerait un réchauffement supplémentaire et induirait de nombreux changements dans le système climatique global au long du XXI^e siècle, qui seraient très vraisemblablement plus importants que ce qui a été observé au cours du XX^e siècle. Pour la fin du siècle, la gamme de réchauffement en fonction des scénarios d'émission de GES va de 1,8°C (avec une fourchette de vraisemblance de 1.1 à 2.9) à 4,0°C (fourchette de 2.2 à 6.4), et celle de l'élévation du niveau de la mer de 0.18 à 0.59 m. Ces tendances continueraient pendant des siècles à cause des échelles de temps associées aux processus climatiques et aux rétroactions, même si les concentrations des gaz à effet de serre étaient stabilisées. »

Il peut être retenu, pour ce qui concerne la production agricole, les éléments essentiels suivants : en premier lieu, augmentation de la température du globe entre 2° et 6°C (suivant les modèles, mais aussi suivant les hypothèses d'évolution du CO₂, voir figure 1) ; ensuite, un effet plus contrasté sur la pluviométrie, avec une tendance à l'augmentation pour les régions et saisons humides et, inversement, une diminution dans les situations sèches qui seraient ainsi renforcées ; une tendance également à l'accroissement de la variabilité et des épisodes extrêmes.

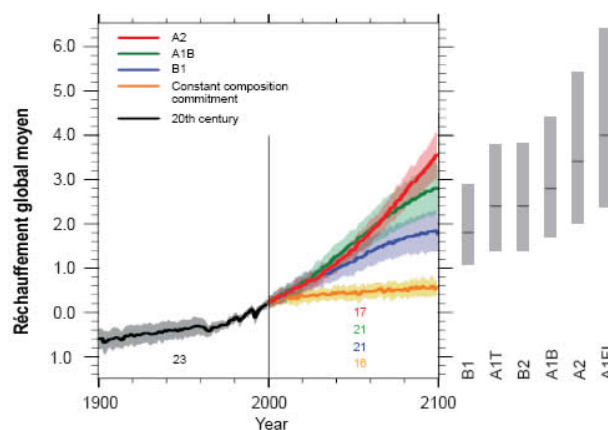


Figure 1. Évolution de la température globale pour plusieurs modèles climatiques et scénarios d'évolution du CO₂ (GIEC/IPCC 2007)

Au niveau de l'Europe, et plus particulièrement de la France, les modèles du CNRM et de l'IPSL ont contribué au récent rapport. Ils convergent pour fournir les estimations résumées dans le tableau 1 ci-dessous, le premier permettant d'obtenir des scénarios avec une résolution spatiale de 50 km, suffisamment précise pour évaluer des tendances régionales (figure 2).

	Températures			Précipitations		
	Année	Hiver	Été	Année	Hiver	Été
Scénario optimiste	2° à 2,5°	1,5° à 2°	2,5° à 3,5°	-5% à 0	0 à +10%	-25% à -5%
Scénario pessimiste	3° à 3,5°	2,5° à 3°	4° à 5°	-10% à 0	+5% à +20%	-35% à -20%

Tableau 1. Valeurs typiques moyennées sur la France entre la période 1960-1989 et la période 2070-2099 pour les scénarios B₁ optimiste, et A₁ pessimiste (d'après Planton, 2005)

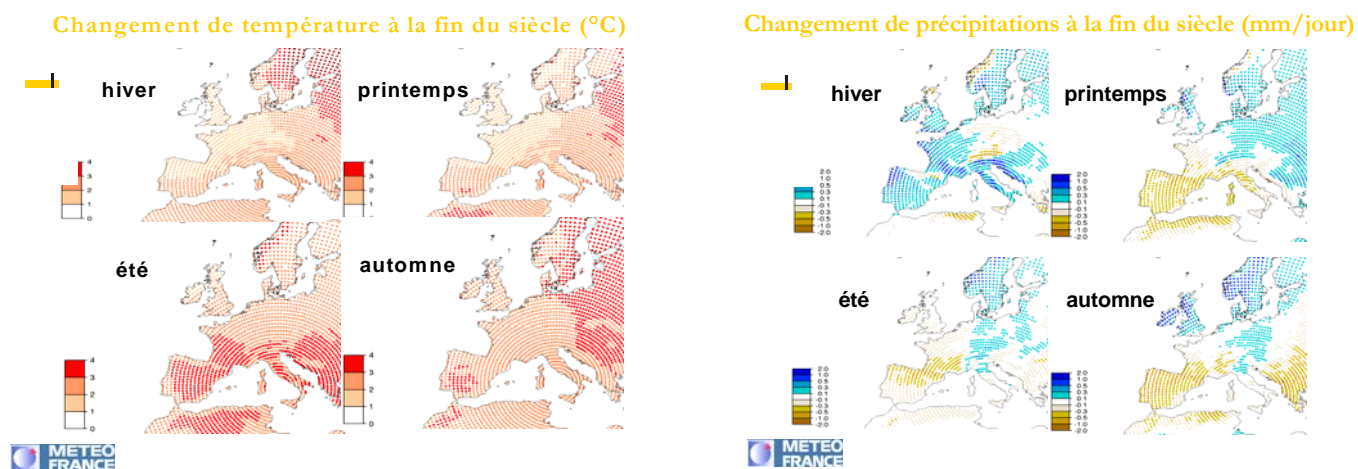


Figure 2. Sorties régionalisées des scénarios B₂ du CNRM pour 2070 (Perarnaud et al., 2005)

II. Impact sur la production viticole

Des travaux de recherche datant de quelques années avaient déjà permis d'évaluer les conséquences probables pour l'agriculture au niveau de la France, en particulier pour les cultures annuelles (blé, maïs essentiellement) et la prairie (Delecolle *et al.*, 1999 ; Soussana, 2001). Par contre, peu d'études encore avaient été menées sur la vigne, et c'est l'article de Schultz (2000), bien connu des milieux viticoles français, qui a commencé à poser la question. Les observations

sur l'évolution des dates de floraison des arbres fruitiers ont amené à se poser aussi la question sur la vigne, et à lancer des programmes de recherche dans le domaine.

II.1. Une photosynthèse stimulée par l'augmentation du CO₂ à la fin du siècle

Il faut d'abord noter que, comme tous les couverts végétaux, la vigne sera directement concernée par l'augmentation de la concentration atmosphérique du CO₂, en grande partie responsable du renforcement anthropique de l'effet de serre. La stimulation de photosynthèse liée à cette augmentation devrait atteindre 20 à 30 % (dans l'hypothèse d'une concentration double de celle des années 1990, soit environ 700 ppm), suivant les cultures et les conditions de milieu, et l'augmentation résultante de biomasse 15 à 20 %, compte tenu du fait que la respiration sera également renforcée. Par ailleurs, l'efficacité d'utilisation de l'eau devrait être augmentée (de l'ordre de 10 %), par suite de l'effet sur la résistance stomatique (figure 3).

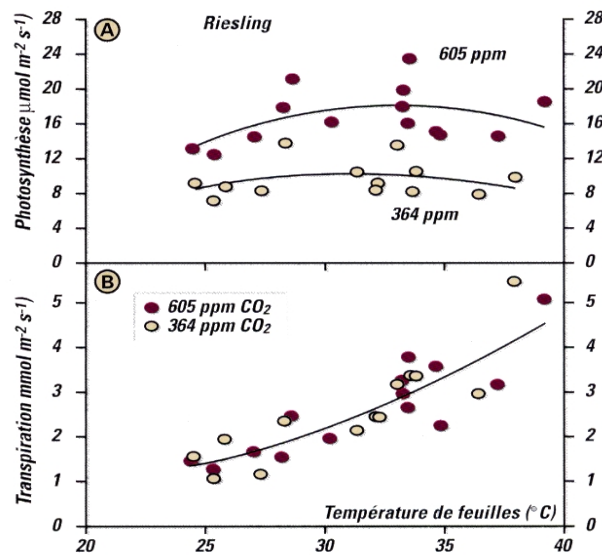


Figure 3. Influence de la teneur en CO₂ sur la photosynthèse et la transpiration du cépage Riesling (d'après les mesures effectuées par E. Lebon et H. Schultz à Montpellier)

Une production de biomasse ainsi accrue, avec une efficacité de l'eau augmentant simultanément, conduira à un fonctionnement éco-physiologique significativement différent, et devrait amener à revoir l'ensemble des pratiques culturales, en tenant compte des effets purement climatiques que nous allons aborder maintenant.

II.2. Des évolutions phénologiques à prévoir... et d'ailleurs déjà perceptibles

C'est évidemment le facteur *température* qui est central et le plus mis en évidence dans les scénarios climatiques (Seguin, 2003b). C'est d'ailleurs ce facteur qui est responsable des évolutions signalées ci-dessus, en lien avec le réchauffement avéré du climat sur la France métropolitaine au cours du siècle passé, de l'ordre de 0.9°C (Moisselin *et al.*, 2002), et plus particulièrement au cours de la dernière décennie, de l'ordre de 0.4 à 0.6°C. Ces évolutions ont concerné pratiquement toutes les manifestations phénologiques des cultures pérennes, en particulier pour les dates de floraison (avancée de l'ordre de deux ou trois semaines en trente ans, aussi bien pour la vigne que pour les arbres fruitiers). Et les dates de vendange ont avancé de

presque un mois en cinquante ans dans les Côtes-du-Rhône (Ganichot, 2002 ; figure 4), sans qu'*a priori* cela ne puisse s'expliquer, sinon pour une faible part, par des considérations de pratiques culturales.

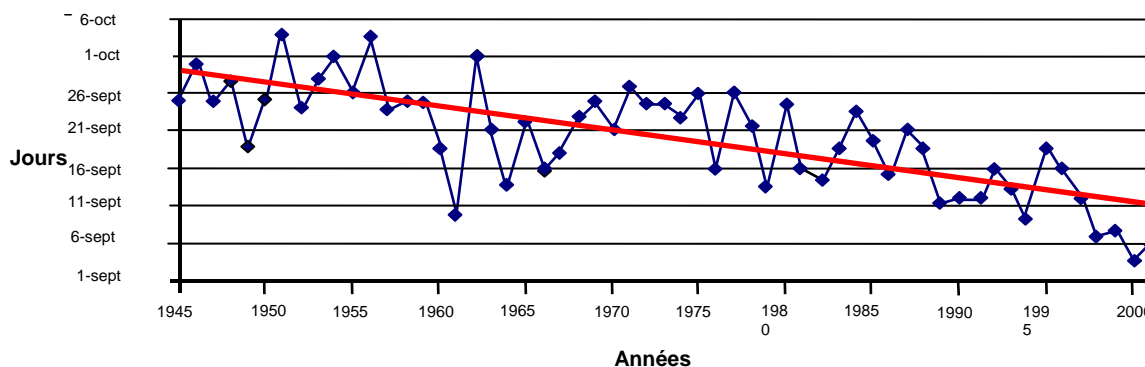


Figure 4. Évolution des dates de vendange à Châteauneuf-du-Pape (d'après Ganichot, 2002)

Cette avance généralisée du calendrier viticole se manifeste également dans l'ensemble des régions viticoles françaises, puisqu'elle est observée et documentée du Bordelais à l'Alsace et à la Champagne, en passant par la Bourgogne, comme vont l'illustrer différentes présentations au cours de ce colloque. Elle est également attestée en Californie et en Afrique du sud, et encore peu perceptible en Amérique du sud et en Australie (ce qui est d'ailleurs en bon accord avec la répartition spatiale des scénarios climatiques du futur, qui prévoient un réchauffement plus marqué dans l'hémisphère nord, où l'étendue couverte par les surfaces continentales est plus importante que dans l'hémisphère sud). Elle a également été identifiée par le groupe de travail II du GIEC (IPCC, 2007b) comme illustration de la mise en évidence des changements observés dans les écosystèmes naturels ou gérés.

Ces observations conduisent à analyser plus en détail les déterminants et, en l'occurrence, l'effet de la température qui en paraît le facteur dominant, sinon exclusif. Un développement significatif a porté sur l'intégration des observations phénologiques dans une base de données Phenoclim, commune aux arbres fruitiers et à la vigne. Elle associe des partenaires du domaine de la recherche (en l'occurrence l'ITV pour la vigne) ou des structures professionnelles en tant que détenteurs des séries historiques, et est coordonnée par l'INRA Avignon pour permettre un lien avec les données climatiques locales sur les sites concernés. Au-delà de l'analyse des évolutions, cette base a permis d'obtenir des modélisations améliorées par rapport à la seule utilisation classique des sommes de température, et de servir de support à un approfondissement des connaissances de cet effet thermique sur le développement. Ces modélisations sont ensuite utilisées pour un suivi en temps réel d'une part et intégrées dans des modèles mécanistes simulant le fonctionnement de la culture d'autre part, comme le modèle STICS-vigne que nous évoquerons plus loin.

Il paraît cependant intéressant de faire ressortir ici un élément très important qui explique en grande partie la réponse spécifique de la vigne au réchauffement du climat, et qui se rajoute à la relation étroite entre qualité du vin et climat : l'avancée du calendrier conduit à rapprocher la période de maturation (classiquement, de la véraison à la récolte) de la fin du mois de juillet ou du début d'août, alors qu'elle se situait traditionnellement en France dans la deuxième quinzaine

d'août (pour les vignobles méridionaux) ou début septembre (pour les vignobles septentrionaux). Il en résulte une température sensiblement plus élevée pendant cette période, qui amplifie l'effet du réchauffement, par ailleurs plus fort pendant la période estivale, comme indiqué dans le tableau 1. Il faut voir que, dans le cas des cultures d'hiver, l'avancée de la phase sensible de mai-juin à avril-mai se traduit, au contraire, par une diminution de l'impact du réchauffement. En prenant l'hypothèse d'un réchauffement se situant à la limite entre les scénarios pessimiste et optimiste du tableau 1, on obtient ainsi les ordres de grandeur suivants : pour le blé, un réchauffement moyen de 2.5°C à la fin du printemps, atténué par un effet de diminution de l'ordre de 1°C, conduit à un réchauffement effectif pour la période sensible d'environ 1°C, alors que, pour la vigne, le réchauffement estival de 3.5°C est *a contrario* amplifié de 1°C par l'avancée du calendrier, ce qui conduit à 4° ou 5°C au total. L'effet résultant pour la période déterminant la qualité est donc le double de la valeur du réchauffement moyen !

II.3. Les conséquences des évolutions du climat récent pour les terroirs

Il a été possible, dans un premier temps, d'évaluer la signification des évolutions récentes en utilisant des outils intermédiaires entre les seules données de température et les modèles plus élaborés en cours de développement. Ces outils prennent souvent la forme d'indices, tels que celui d'Huglin (1978) (figure 5). L'analyse rétrospective de celui-ci sur les trente dernières années et sur sept sites INRA disposant de données climatiques du réseau géré par Agroclim (Angers, Avignon, Bordeaux, Colmar, Dijon, Montpellier, Valence) a mis en évidence, pour l'ensemble de ces sites, une nette tendance commune à des indices plus élevés, et par ailleurs avec une moins grande variabilité depuis dix à quinze années. Ce climat, manifestement plus chaud et plus régulier, est évidemment favorable à la production viticole, comme l'attestent des informations des milieux professionnels sur l'augmentation de la teneur en sucre et la baisse de l'acidité au cours de cette période (complétées par les résultats de Duchêne et Schneider [2005] sur le vignoble d'Alsace, voir figure 6 ci-dessous).

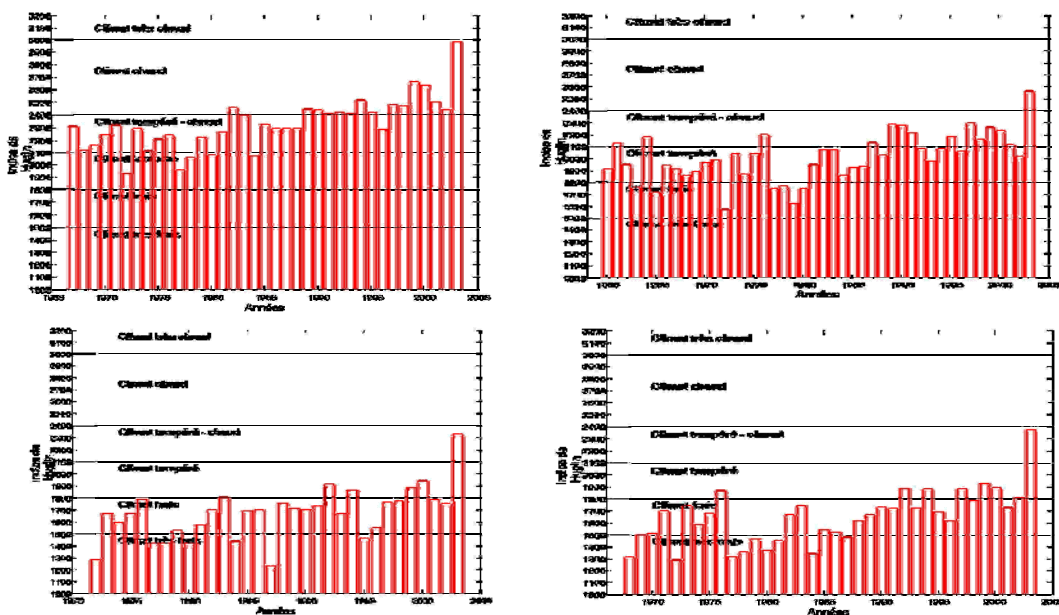


Figure 5. Évolution de l'indice de Huglin sur une trentaine d'années pour Avignon (haut gauche), Bordeaux (haut droite), Colmar (bas gauche) et Dijon (bas droite)

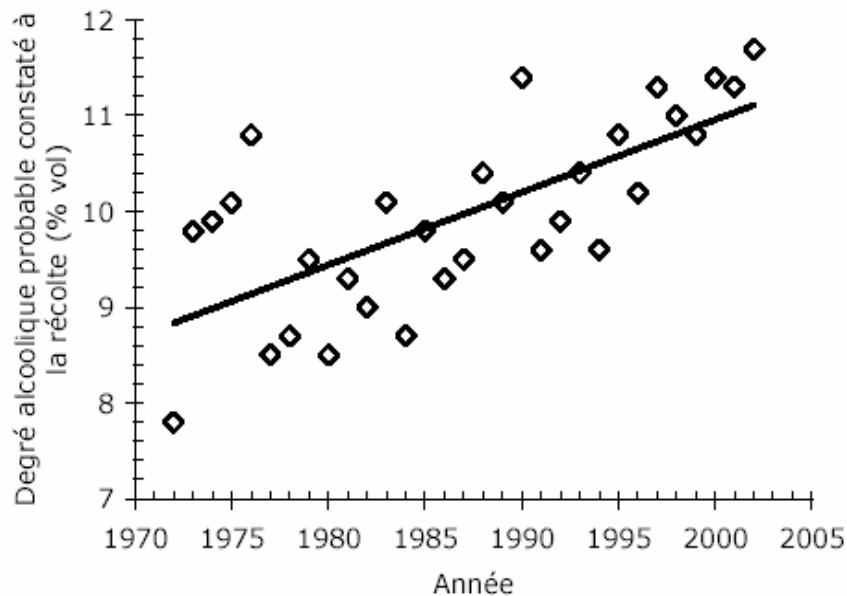


Figure 6. Évolution des degrés moyens constatés à la récolte en Alsace pour le Riesling (sources CIVA, Duchêne et Schneider). Le gain moyen est de 0,08 % vol. par an.

L'analyse de l'indice de Huglin amène cependant à constater que cette évolution s'accompagne d'une tendance claire à dépasser, dans le futur, les limites d'adaptation des cépages aux zones climatiques tels qu'ils étaient définis à partir du climat du passé supposé stationnaire. C'est une démarche équivalente, basée sur une approche empirique de corrélation avec les adaptations des cépages au climat du passé, qui a conduit White *et al.* (2007) à pronostiquer un déclin de 81 % des vins américains de haute qualité (premium production) à la fin du siècle dans le scénario A₂.

Le cas exceptionnel de l'été 2003 (représenté à droite dans les schémas de la figure 5), avec une température estivale plus élevée que la normale de 3 ou 4° (ce qui en fait le plus chaud depuis l'an 1370 à partir des analyses historiques des dates de vendange sur la Bourgogne, voir Chuine *et al.*, 2005) et une sécheresse marquée à partir de juin, a cependant heureusement montré les limites d'une telle approche empirique des effets d'un changement climatique : même si le millésime 2003 est particulier et ne permettra pas une longue conservation, il n'a pas été la catastrophe totale que pouvait laisser supposer l'indice de Huglin. Bien sûr, des conditions identiques dans le futur conduiront à des vins de typicité différente de celle que l'on connaît depuis des siècles, mais différentes stratégies d'adaptation peuvent être envisagées.

Pour les raisonner, des outils plus complets, basés sur le fonctionnement écophysologique de la plante, doivent être utilisés : en la circonstance, le modèle STICS-vigne, dont les premiers composants avaient été élaborés par Brisson *et al.* (2002) et qui a été développé récemment par Garcia de Cortazar (2006). L'étude d'impact du changement climatique à l'échelle de l'ensemble du vignoble français a été réalisée à partir de l'utilisation conjointe du modèle STICS et des données climatiques simulées par le modèle ARPEGE-Climat (Météo France). Des structures de plantation et des techniques traditionnelles ont été définies pour chaque région. Les principaux résultats montrent une importante modification de la phénologie, ainsi qu'une augmentation de la

biomasse végétative et du rendement (sauf dans les vignobles de Côtes du Rhône et Languedoc pour lesquels on observe une diminution), une accentuation du stress hydrique à la fin du cycle et une importante modification des conditions climatiques de la période véraison-récolte. Suite à ces résultats, différentes combinaisons techniques sont proposées afin d'adapter la conduite de la vigne aux changements du climat pour chacune des régions. Par ailleurs, une première analyse sur la possibilité de cultiver un cépage (Syrah) hors de sa zone traditionnelle a confirmé l'impression empirique d'une extension possible vers le Bordelais, le Cognac et le Val de Loire pour un réchauffement modéré (2°C), et vers l'Alsace ou la Champagne pour 3-4°C... Mais le produit obtenu sera de toute façon différent de celui connu traditionnellement.

III. Conclusion

Le réchauffement climatique aura sûrement un effet significatif sur la production viticole, partout dans le monde, mais un peu plus en Europe où le réchauffement doit être plus fort que dans l'hémisphère sud. Par ailleurs, il est sûrement aussi plus sujet à questionnement, compte tenu du lien au terroir (Seguin et Garcia de Cortazar, 2005). Celui-ci ne permet pas d'envisager facilement une adaptation des cépages aux nouvelles conditions, mais c'est évidemment une des options possibles. L'autre est de chercher le plus possible à conserver le système traditionnel, en essayant de limiter au mieux l'augmentation de la température au niveau du topoclimat (collines), du microclimat (fond de vallée pour la nuit) ou du phytoclimat (hauteur et espacement, densité foliaire), etc. Par ailleurs, l'œnologie aura un grand rôle à jouer pour sauvegarder la typicité à partir de composants de la vendange qui auront notablement évolué (avec sûrement plus de sucre et d'alcool, moins d'acidité, et des composants plus subtils sur lesquels l'impact est encore mal connu).

Bibliographie

- Brisson N., Gaudillère J.-P., Ramel J.-P., Vaudour E. (2002), Utilisation du modèle de culture STICS pour renseigner les zonages viticoles, in *IV^e Symposium sur le zonage vitivinicole*, Avignon, juin 2002, éd. OIV.
- Chuine I., Yiou P., Viovy N., Seguin B., Daux V., Le Roy Ladurie E. (2004), Back to the Middle Ages? Grape harvest dates and temperature variations in France since 1370. *Nature*, 432, pp. 289-290.
- Delecolle R., Soussana J.-F., Legros J.-P. (1999), Impacts attendus des changements climatiques sur l'agriculture française, *Compte rendu Acad. Agric. Fr.*, 85, pp. 45-51.
- Duchêne E. et Schneider C. (2005), Grapevine and climate change: a glance at the situation in Alsace, *Agron. sust. dev.*, 25, pp. 93-99.
- Ganichot B. (2002), Évolution de la date des vendanges dans les Côtes du Rhône méridionales, in *Actes des 6^e Rencontres rhodaniennes*, Institut rhodanien, Orange, pp. 38-41.
- García de Cortázar Aauri I. (2006), *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 pour l'obtention du grade de docteur de l'École Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier, 349 p.
- GIEC/IPCC, Climate change (2001), Impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II to the *Third assessment report of IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge.

GIEC/IPCC (2007a), *Climate change 2007*, Summary for policymakers, sur le site : www.ipcc.ch, résumé à l'intention des décideurs, contribution du WG I (2007), version française sur le site Web de la MIES

www.effet-de-serre.gouv.fr/groupe_de_travail_i_du_giec_2007

GIEC/IPCC (2007b), Bilan 2007 des changements climatiques : impacts, adaptation et vulnérabilité. Résumé à l'intention des décideurs, contribution du WG II (2007), version française sur le site Web de la MIES

www.effet-de-serre.gouv.fr/groupe_de_travail_ii_du_giec_2007

Lebon E. (2002), Changements climatiques : quelles conséquences prévisibles sur la viticulture, in *Actes des 6^e Rencontres rhodaniennes*, Institut rhodanien, Orange, pp. 31-36.

Moisselin J.-M., Schneider M., Canellas C., Mestre O. (2002), Les changements climatiques en France au XX^e siècle : étude des longues séries homogénéisées de température et de précipitations, *La Météorologie*, 38, pp. 45-56.

Perarnaud V., Seguin B., Malezieux E., Déqué M., Loustau D. (2005), Agrometeorological research and applications needed to prepare agriculture and forestry adapt to 21st Century climate change, *Climatic change*, 70: 319-340.

Planton S. (2005), Changements climatiques futurs en France, in *Impacts climatiques en France*, brochure éditée par Greenpeace 1.5., pp. 48-54, aussi accessible par le site Web www.impactsclimatiquesenfrance.fr

Schultz, H.B. (2000), Climate change and viticulture: a european perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects, *Australian Journal of grape and wine research*, 6:1-12.

Seguin B. (2002), Relation entre climat et terroir à différentes échelles spatiales : apport de nouveaux outils méthodologiques, in *IV^e Symposium sur le zonage vitivinicole*, Avignon, juin 2002, éd. OIV.

Seguin B., Stevez L., Herbin C., Rochard J. (2004), Changements climatiques : perspectives pour la viticulture, 2^e partie : Conséquences potentielles d'une modification du climat pour la viticulture, *Revue des œnologues*, n° 111, pp. 59-60.

Seguin B., Garcia de Cortazar I. (2005), Climate warming: consequences for viticulture and the notion of terroirs in Europe, *Acta Horticulturae*, 689: 61-71.

Soussana J.-F (2001), Changement climatique. Impacts possibles sur l'agriculture et adaptations possibles, in *Demeter*, Armand Colin, Paris, pp. 195-222.

White M.A., Diffenbaugh N.S., Jones G.W., Pal J.S., Giorgi F. (2006), Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the XXIst Century, *PNAS*, 103: 11 217-11 222.