



Observatoire National sur les Effets
du Réchauffement Climatique

Impacts du changement climatique sur les activités Viti-vinicoles

Marc AGENIS-NEVERS
(Elève-ingénieur à l'INA-PG)

Note technique n°3
Janvier 2006



Impact du changement climatique sur les activités viti-vinicoles

Note technique n°3 Septembre 2005

La présente note a été rédigée par :
Marc AGENIS-NEVERS (Elève-ingénieur à l'INA-PG)

sous la direction de
Marc GILLET, Directeur de l'ONERC

avec les contributions de :

Joseph RACAPE
Arthur RIEDEACKER
Bernard SEGUIN
Alain CARBONNEAU
Jean-Michel LEGAVE
Nadine BRISSON
Marie-France GARCIA
Jean-Pierre GAUDILLERE
Jean-Pierre RAMEL
Gregory JONES
Joël ROCHARD
Jean-Marie BIDAULT
Michel LEGUAY
Philippe MAUGUIN
Mathieu CALAME

Sommaire

INTRODUCTION	5
Le réchauffement, une réalité	
La «canicule 2003» : un aperçu du climat futur ?	
Comment le réchauffement affecte-t-il la vigne ?	7
La température	
L'eau	
Le CO ₂	
Des influences indirectes	11
Le rayonnement	
Les pathogènes	
Les adventices	
Des conséquences à différentes échelles	13
A l'échelle de la parcelle : la phénologie	
A l'échelle du vignoble : les cépages	
A l'échelle du terroir : les A.O.C.	
A l'échelle mondiale : un déplacement des régions viticoles ?	
ADAPTATION	17
En viticulture	
En vinification	
CONCLUSION	19
BIBLIOGRAPHIE	20

Introduction

➤ Le réchauffement, une réalité

L'atmosphère de la Terre retient en partie le rayonnement que lui apporte le soleil. Les gaz dits à effet de serre produits par les activités humaines intensifient ce phénomène depuis deux siècles. Le dioxyde de carbone, émis par la combustion du charbon, du pétrole et du gaz, contribue pour 70% à ce mécanisme. Selon le troisième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), créé en 1988 par les Nations Unies et dont les résultats constituent depuis le moteur des négociations internationales, il est établi ce qui suit :

- La concentration atmosphérique de dioxyde de carbone a augmenté de 31% depuis 1750. La concentration actuelle n'a jamais été dépassée durant les 420 000 dernières années, et le taux d'accroissement enregistré au siècle dernier est sans précédent depuis au moins 20 000 ans;

- La vitesse du réchauffement observé (plus d'un demi-degré en un siècle sur le globe) et attendu (de 1,4°C au mieux à 5,8°C au pire, en moyenne globale, entre 1990 et 2100) est cent fois plus élevée que la vitesse moyenne des variations naturellement imprimées au climat de la Terre par ses paramètres astronomiques et traduites dans les alternances entre ères glaciaires et interglaciaires (quelques degrés en 10 000 ans chaque fois) (Fig.1.);

- Il est pratiquement certain (plus de 99% de probabilité) que les émissions de dioxyde de carbone dues à la combustion de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz) exerceront une influence dominante, tout au long du XXIème siècle, sur les tendances de la concentration en dioxyde de carbone de l'atmosphère : si la température moyenne annuelle du globe peut s'élever d'ici 2100 de 1,4°C à 5,8°C, le tiers à environ la moitié de cet écart vient des incertitudes sur les fonctionnements biogéophysiques planétaires, tout le reste dépendant des politiques qui seront adoptées dans les toutes prochaines décennies par l'humanité ;

- Il est très probable (de 90 à 99% de probabilité) que le dérèglement climatique provoquera des vagues de chaleur plus longues et plus intenses, avec une élévation particulière des températures nocturnes ;

- Il est très probable (de 90 à 99% de probabilité) que sur de nombreuses régions⁵ les précipitations seront plus intenses et plus variables

De nombreux événements météorologiques récents relatés par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) ont illustré malheureusement la pertinence des résultats des modélisations du GIEC. Les dernières années ont donné quelques aperçus des risques que ferait courir le changement climatique au continent européen : même s'il n'est généralement pas possible d'attribuer tel ou tel événement météorologique extrême (tempête, inondation, vague de chaleur...) au dérèglement climatique, les faits observés matérialisent fidèlement les résultats du GIEC. (**Résumé pour décideurs du GIEC**, Groupe I page 7-16)

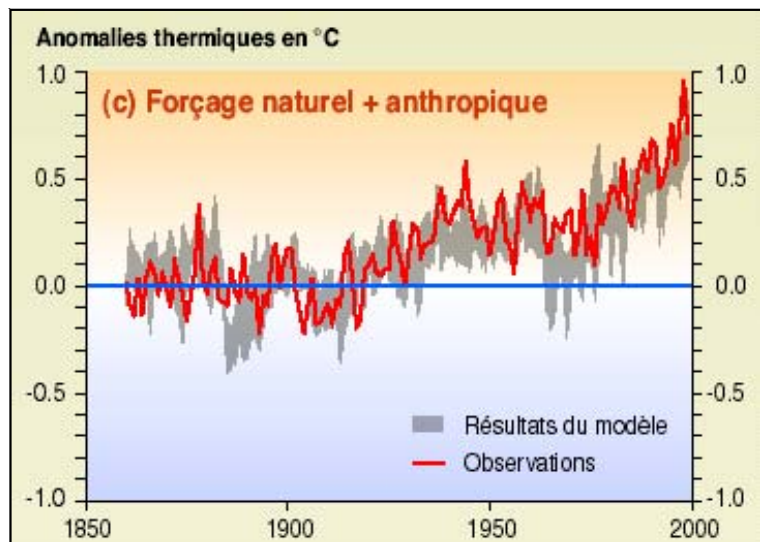


Figure 1 - Comparaison entre la modélisation et les observations de l'augmentation des températures depuis 1860 (GIEC, 2001)

➤ La «canicule 2003» : un aperçu du climat futur

Certains effets du dérèglement climatique sont déjà visibles en France : élévation de 0,9°C en un siècle de la température moyenne annuelle ; retrait des glaciers ; certaines caractéristiques de l'été 2003 correspondent bien aux simulations du GIEC, notamment la chaleur nocturne. Selon Météo-France, cet épisode « dépassait de très loin tout ce qui a été connu depuis 1873 par son intensité et sa longueur » (4°C de plus sur les températures extrêmes) ; pourtant la température moyenne sur la France pour l'ensemble de l'année 2003 ne dépasse pas de plus de 0,1°C celle de 1994, la seconde année la plus chaude depuis 1860. Ceci illustre bien le fait qu'une modification apparemment faible d'une moyenne annuelle peut recouvrir des phénomènes très inhabituels. Ces vagues de chaleur pourraient voir leur fréquence quintuplée au cours du siècle.

L'Europe de l'Ouest a connu en 2003 des conditions météorologiques singulières à plus d'un titre. En effet, une sécheresse remarquable a marqué de son empreinte les mois d'été, ayant été précédée en hiver par d'importantes inondations.

Cette « canicule 2003 », et l'expression semble avoir fait date, a marqué les esprits autant que les paysages : végétation littéralement « brulée », cours d'eau asséchés, en sont autant de conséquences dévastatrices, aussi bien pour les hommes que pour les animaux et les plantes. A ce titre, il semble important de noter la vulnérabilité toute particulière des activités agricoles dans leur ensemble, du fait de leur forte dépendance à l'eau, à la température, et plus généralement au climat.

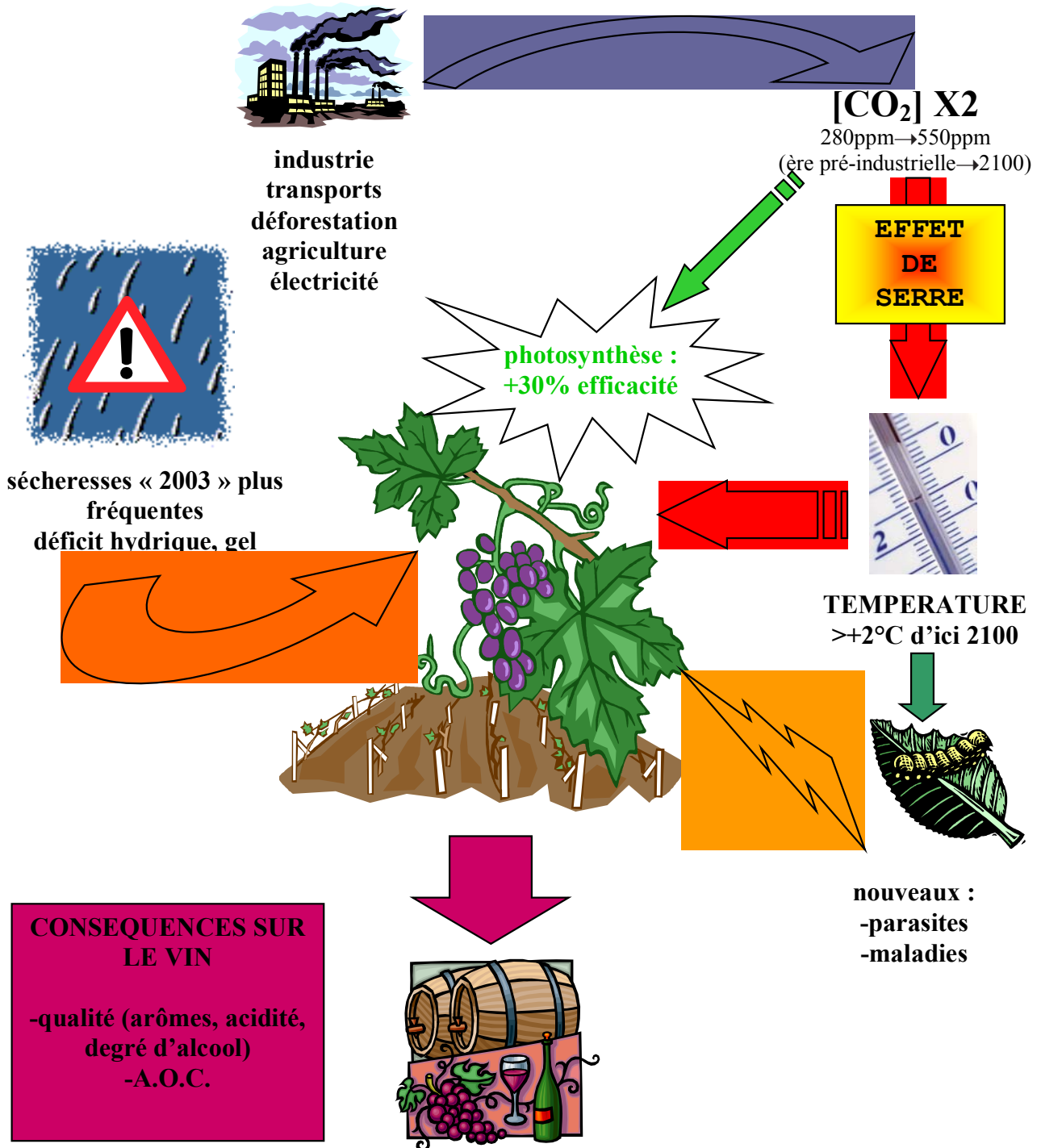
Aussi, les activités viti-vinicoles n'ont pas échappé à ce phénomène : un rendement qui a chuté de 17% (par rapport à la moyenne des cinq dernières années, donc la plus faible récolte de la décennie, source : SCEES) des parcelles entières presque grillées, une irrigation indispensable dans certains vignobles, et à l'arrivée des vins très hétérogènes. Ainsi le millésime 2003 pourrait, à de nombreux points de vue, préfigurer les millésimes de la deuxième moitié du XXI^e siècle (**Encadré 1**).

Encadré 1 : Le millésime 2003, fort d'enseignements pour l'avenir

L'année 2003 a été particulièrement difficile pour les vignerons qui ont dû mettre en œuvre toute leur compétence pour tirer le meilleur parti de ces conditions pour le moins exceptionnelles. En cela, la canicule a sanctionné leur travail ; avec des résultats pouvant être contrastés : exceptionnels pour certains d'entre eux, (notamment les grand crus), et médiocres pour d'autres. Ainsi un millésime d'année de canicule apparaît atypique : celui de 1976 avait connu de tels effets, avec entre autres d'excellents champagnes. Nombre d'experts déclarent que l'analyse de ces millésimes permet d'anticiper les scénarios futurs de réchauffement.

Comment le réchauffement affecte-t-il la vigne ?

Tout ce qui a trait au climat influence fortement les activités agricoles, et plus particulièrement la vigne



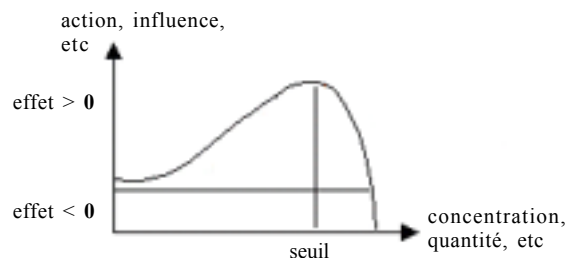
🔍 La température

Encadré 2 : Indicateurs indirects

Un indicateur *climatique* indirect est un relevé local qui est interprété, à partir de principes physiques et biophysiques, pour représenter certaines combinaisons de variations liées au climat ayant eu lieu par le passé. Les données climatiques obtenues de la sorte sont dites données indirectes. Les séries dendrométriques, les caractéristiques des coraux, les bans de vendanges (proclamés par le seigneur, fixant la date d'ouverture des vendanges, et à laquelle tout vigneron devait se conformer), et diverses données obtenues à l'aide des carottes glaciaires sont des exemples d'indicateurs indirects.

Encadré 3 : Les effets du seuil

Certains paramètres déterminants pour la croissance des végétaux agissent positivement jusqu'à une certaine valeur, au-delà de laquelle leur action s'inverse : c'est ce qu'on appelle les effets de seuil. Les scientifiques en ont identifié plusieurs sur la vigne : température, rayonnement solaire, manque d'eau. Le CO₂, quant à lui, n'est pas sujet à ce phénomène. Exemple : effet de la température sur la croissance :



La température exerce une action positive sur la croissance des végétaux, elle accélère leur métabolisme.

La température est déterminante pour la **phénologie**, c'est-à-dire les dates des différents stades du cycle végétal. (Fig.2.)

Pour sortir de la dormance hivernale, la vigne a un besoin en froid, qui peut être considéré comme une adaptation de la plante lui permettant d'être « sûre » que l'hiver est bien passé : en effet, si les bourgeons sortaient avant l'hiver, ils n'y survivraient pas (en 2003, il y a eu des exemples de reflowerings en novembre). On l'évalue à une dizaine de jours à température de 5-10°C, au terme desquels la circulation se remet en marche dans la plante ; de même, des besoins en chaleur doivent être satisfaits pour le débourrement (éclosion des bourgeons) et la floraison. Le réchauffement a donc pour conséquence de reculer la date de satisfaction des besoins en froid (températures plus douces l'hiver), et d'avancer celle de satisfaction des besoins en chaleur. On parle de **retard de levée de dormance** et d'**avancée de la floraison**. (Fig.3.)

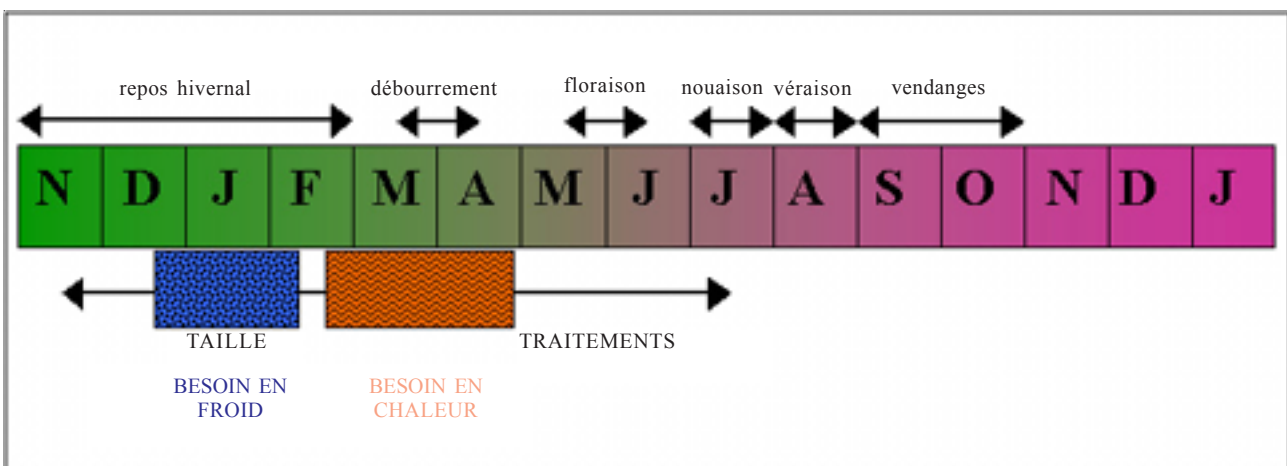


Figure 2 - Cycle biologique de la vigne (vitis vinifera)

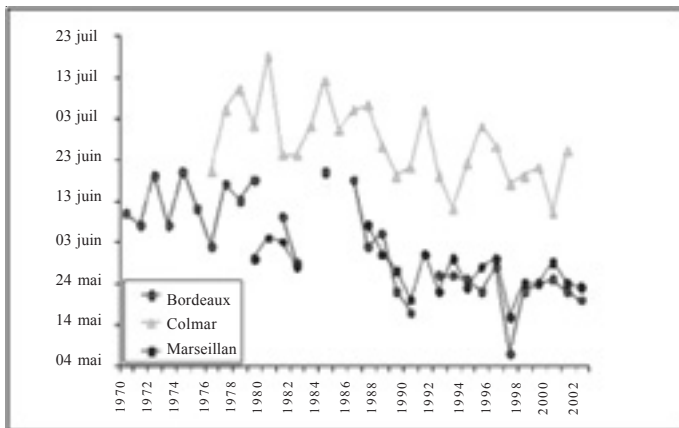


Figure 3 - Evolution de la date de floraison de la vigne chasselas pour trois sites. (Seguin, 2004)

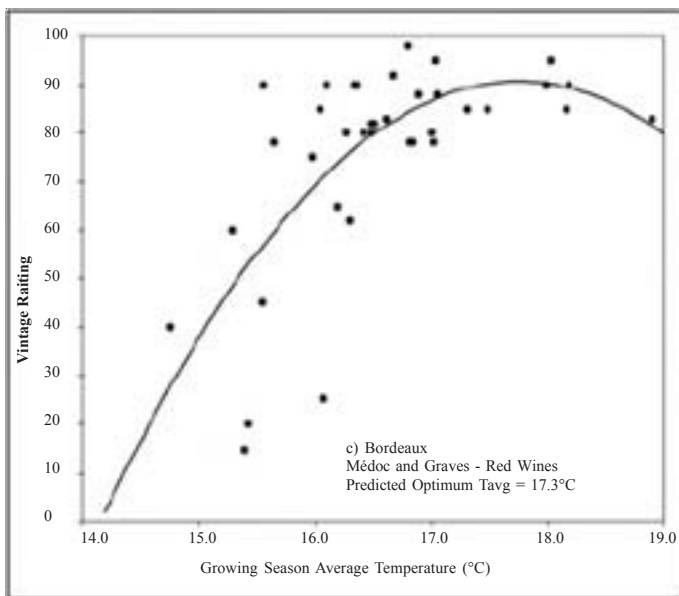


Figure 4 - Notation du vin en fonction de la température de croissance des vignes, pour les bordeaux rouges (Jones, 2003)

Le réchauffement soulève aussi le problème du **gel printanier**, redouté des viticulteurs. Il est fréquent entre fin mars et le début mai, détruit les bourgeons de raisin et favorise, via les blessures sur les grappes et les feuilles, l'apparition de maladies. Il y a donc un effet direct et indirect sur la baisse de rendement. Le réchauffement, dans le contexte du gel, induit deux effets contraires : d'une part il diminue le nombre moyen de jours de gel. D'autre part, il avance les dates de floraison : la probabilité d'observer un gel pendant une période critique du cycle de la vigne est donc plus forte. Il est toutefois difficile de dire quel paramètre l' « emportera ».

De l'autre côté, des températures nocturnes trop élevées provoquent des perturbations de la synthèse des polyphénols. Le jour, un dépassement du seuil de 35°C en plein soleil induit des dommages aux feuilles les plus exposées, donc justement les plus photosynthétiques (ce phénomène est appelé **échaudage**) ; elles se dessèchent alors et tombent très tôt, ralentissant l'alimentation des baies.

Le paramètre température est lui aussi soumis à effet de seuil. **(Encadré 4)** Non seulement la croissance, mais aussi la qualité du vin peuvent être corrélés directement à la température ; une équipe américaine a mis en évidence une relation quadratique entre la température moyenne de croissance de la vigne et la qualité du vin produit (modélisée par le classement reconnu internationalement Sotheby's). **(Fig.4.)** Il existe une corrélation positive jusqu'à un certain seuil non encore atteint pour la majorité des vins.

Encadré 4 : Le rendement

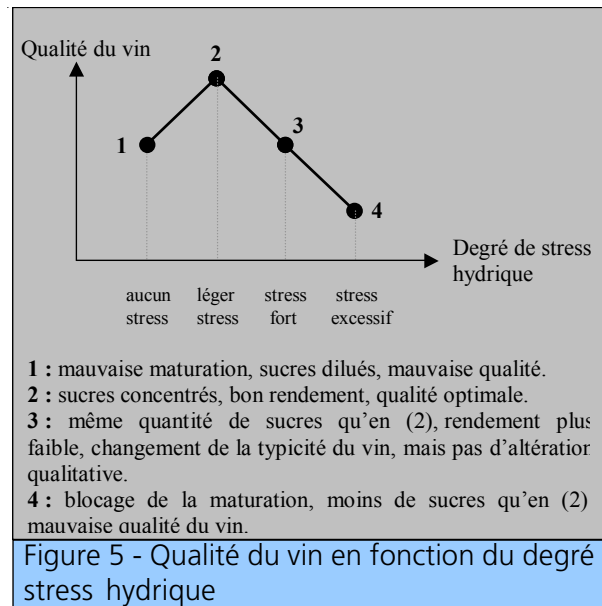
Quels paramètres expliquent le rendement d'une vigne ? Température, ensoleillement, quantité d'eau ? En fait, le rendement est surtout lié à la régularité des apports d'eau. Le rayonnement influe, quant à lui, sur la couleur et les arômes ; enfin la température peut être un facteur limitant du rendement. Mais c'est finalement le vigneron qui décidera, par le choix du type de vendanges, par le choix des grappes, et éventuellement par certaines techniques de vinification, de réduire le rendement pour atteindre ainsi l'équilibre rendement/qualité souhaité. Ainsi, en 2003, la récolte a été inférieure de 17% à la moyenne, presque uniquement pour des raisons climatiques.

↳ L'eau

Les besoins en eau varient énormément d'une espèce à l'autre. Ceux de la vigne sont toutefois assez limités, en comparaison avec d'autres cultures comme le blé, le maïs, ou même les cultures fruitières.

Un léger déficit hydrique est nécessaire à une maturation correcte des raisins, permettant alors la concentration des sucres et l'équilibre sucre/acidité. On peut donc parler d'effet de seuil, une sécheresse excessive étant inversement très mauvaise pour la grappe de raisin.

A quel moment la vigne est-elle la plus sensible à la sécheresse ? Lorsque la sécheresse se produit avant la véraison (maturation), elle a des effets notables sur la croissance de la vigne. Si, en revanche, elle a lieu pendant la véraison, elle diminue sa durée totale de quelques jours et influence le stockage des sucres : un manque d'eau excessif entraînera un ralentissement du stockage, en raison d'une compétition entre la croissance végétative et la maturation des raisins. La première sera privilégiée en cas de sécheresse importante. **(Fig.5.)** C'est le cas de l'année 2003 pour laquelle de nombreux vins de la catégorie « 2 » sont passés en « 3 », et ainsi de suite. C'est la raison pour laquelle on parle de **changement de typicité** des vins.

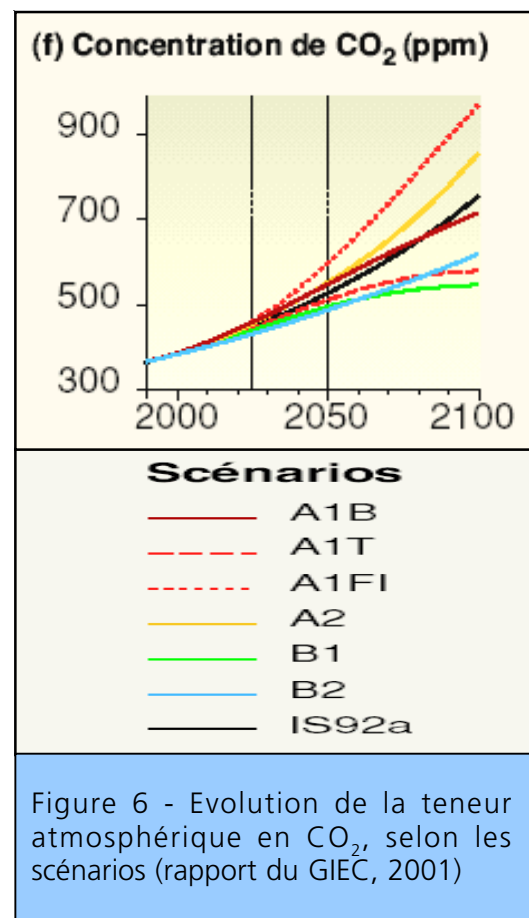


↳ Le CO₂

Le CO₂ stimule la photosynthèse, donc la croissance ; cette action augmente de plus en plus lentement avec la concentration.

Les différents scénarios d'émission proposés par le GIEC **(Fig.6.)** annoncent pour 2100 au moins un doublement de la concentration de CO₂ par rapport à l'ère pré-industrielle, c'est-à-dire le passage de 280 ppm (parties par millions) à une valeur comprise entre 450 et 1000 ppm. Ce qui induirait une augmentation de l'activité photosynthétique de 30%. Mais l'existence de phénomènes de respiration ramènerait l'augmentation de biomasse correspondante à 15-20% (en effet, la respiration végétale, identique à la nôtre - consommation des sucres, rejet de CO₂ -, est largement compensée pendant le jour par la photosynthèse, mais pas la nuit, et ce d'autant plus que la température nocturne est élevée). Cette augmentation, qui profite à l'ensemble de la plante, et pas seulement au raisin, ne permettra une augmentation de rendement que d'un faible pourcentage, et ce en l'absence d'autres facteurs limitants.

Toutefois, la température aura eu une forte influence sur la vigne bien avant que le CO₂ ne voit sa concentration doublée : il s'agit d'une action sur le long terme.



Des influences indirectes

➤ Le rayonnement

Le rayonnement solaire, dans sa partie visible (rouge et bleu), constitue la source d'énergie de la photosynthèse.

La partie non visible du rayonnement solaire comprend des ondes telles que les ultraviolets (UV) ; doués d'un important effet mutagène sur les plantes, ils stimulent leurs mécanismes de défense via l'activation de gènes et l'accumulation de flavonoïdes et d'anthocyanes. Ces composés anti-oxydants ont pour fonction d'absorber l'excès d'ultraviolets, mais participent pour une part importante à l'**arôme** final du vin : astringence, rondeur, etc. Des changements de rayonnement incident pourront donc avoir des effets non négligeables sur la composition des vins.

D'autre part, l'ensoleillement favorise la formation de cire, couche protectrice de la feuille, assurant du coup une meilleure résistance aux maladies.

Toutefois, dans l'optique du réchauffement climatique, l'évolution de la quantité de rayonnement reçue n'est pas nécessairement corrélée à celle de la température : en effet, le cycle de l'eau étant accéléré, des masses nuageuses plus denses, en stoppant les rayons solaires incidents, pourraient induire un **découplage** entre température et rayonnement.

➤ Les maladies et les parasites

La hausse des températures observée en France depuis quelques décennies a déjà provoqué l'**apparition d'espèces jusqu'alors limitées à l'Afrique du Nord ou au pourtour méditerranéen**. La filière viticole n'échapperait pas à cette évolution ; certaines espèces dont le cycle de reproduction est favorisé par la chaleur pourraient ainsi s'étendre vers des zones plus méridionales (ex. : eudémis, cochylis, **INRA** presse info). En revanche, la canicule de 2003 a aussi montré des **effets inverses d'inhibition** par la température sur des maladies comme le mildiou. Cet effet était d'ailleurs prévisible puisque nombre de vignobles situés dans des zones particulièrement chaudes (Brésil) ne traitent pas leurs parcelles contre ce champignon.

Il sera donc difficile d'évaluer avec certitude l'évolution des pathogènes de la vigne en fonction de la température, en partie à cause de l'existence de seuils, et de la complexité des écosystèmes : une espèce qui migre vers le nord peut se retrouver confrontée à de nouveaux prédateurs, ou inversement ne plus être soumise à la prédation, ce qui induirait probablement des dommages sérieux. Par ailleurs, la résistance des différents cépages aux nouvelles maladies reste un des paramètres inconnus.

➤ Adventices

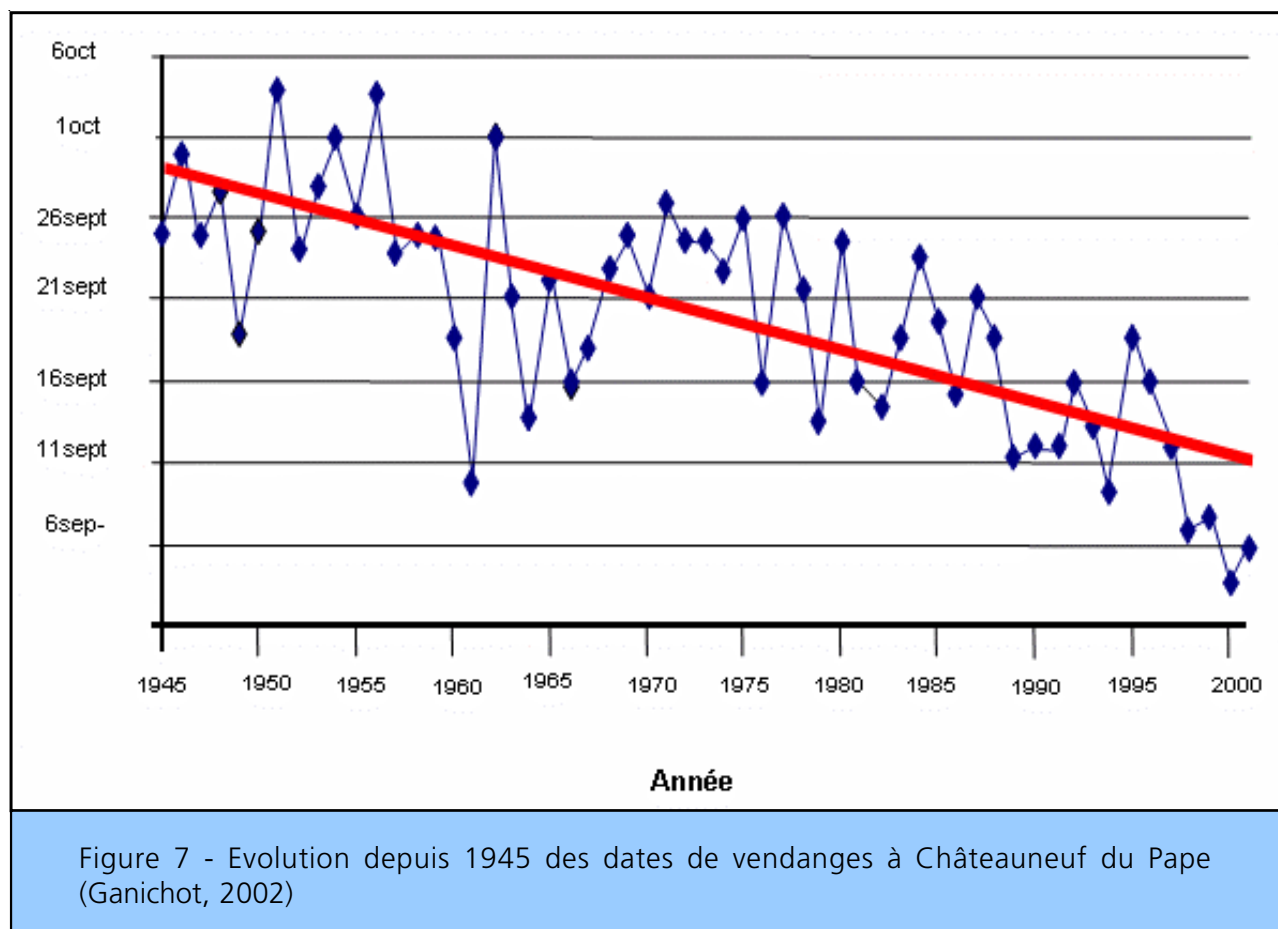
La prolifération des adventices (« mauvaises herbes »), dont la croissance sera favorisée par l'augmentation de la température, poseront avec plus d'acuité des problèmes en termes de désherbage et de traitements.

Des conséquences à différentes échelles

➔ A l'échelle de la parcelle : la phénologie

Retard de levée de dormance, avancée de la date de floraison, vendanges précoces sont autant de manifestations des effets de la température sur les stades physiologiques de la vigne. Ces stades ont toujours été soumis à des évolutions d'amplitude très variables. Toutefois, depuis les années 1990, on assiste à un décalage de précocité de trois semaines, voire un mois dans certaines régions, par rapport aux moyennes du milieu du siècle dernier. **(Fig.7.) Un tel niveau de précocité n'avait jamais été observé depuis 500 ans.** Il semble que **cette évolution soit significative** au regard des variations précédentes, ce qui étayerait l'hypothèse d'un réchauffement durable.

Deux facteurs autres que la température sont susceptibles d'avoir influencé les stades phénologiques de la vigne, à savoir d'une part l'augmentation des rendements (plus de grappes sur un pied de vigne implique une maturation plus longue), et d'autre part l'introduction de porte-greffes suite à l'épidémie de phylloxera de la fin du XIX^e siècle (perturbations physiologiques). La tendance à la précocité aurait donc probablement débuté plus tôt et serait légèrement plus accentuée que ce que les dates de vendange ne laissent paraître.



➤ A l'échelle du vignoble : les cépages

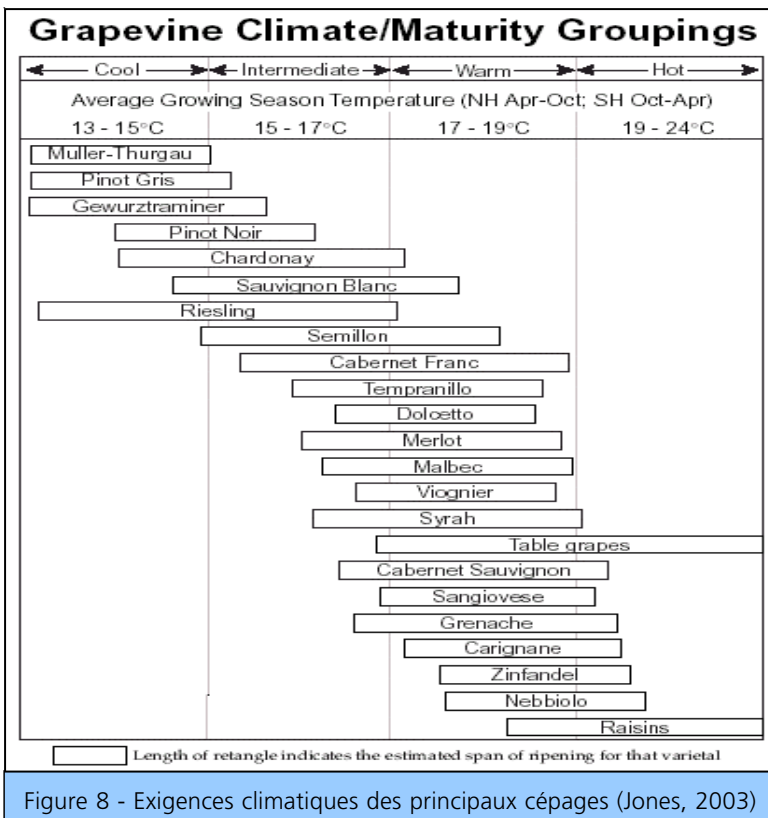


Figure 8 - Exigences climatiques des principaux cépages (Jones, 2003)

L'homme a créé de nombreux cépages par croisement et sélection, et dispose d'un « arsenal » assez conséquent (presque 5000 dans le monde), ce qui lui permet, d'une part, d'élaborer des vins très différents, et d'autre part, de s'adapter à des conditions naturelles très variables d'une région viticole à une autre. Les exigences climatiques de chaque cépage peuvent être évaluées par l'**indice de Huglin**. (Encadré 5)

On peut classer les cépages en plusieurs catégories, froid, intermédiaire, chaud, et très chaud (Fig.8.). Si, par exemple, l'augmentation de température moyenne d'une région dépasse 3°C, le viticulteur devra envisager le passage à un cépage plus tolérant à la chaleur, ou changer ses pratiques culturales.

Encadré 5 : l'indice de HUGLIN

Les scientifiques ont créé de nombreux indices qui mesurent la quantité de chaleur reçue par la plante pendant sa période de végétation (1^{er} avril – 30 sept.) ; l'indice de Huglin, un des plus utilisés en France, s'exprime en degrés par an, et comptabilise les températures moyennes journalières supérieures à 10°C. Dépendant de la latitude, il caractérise assez bien le climat général d'une région, ou le potentiel d'adaptation d'une espèce. D'autres indices plus précis existent, qui prennent en compte des facteurs annexes comme les pics de température, l'humidité, etc.

L'indice de Huglin pour le sud de la France a accusé une augmentation de plus de 15% entre 1970 et 2003 (Fig.9.). A titre d'exemple, la ville de Dijon voit son climat passer de frais à tempéré, Avignon de tempéré à tempéré-chaud.

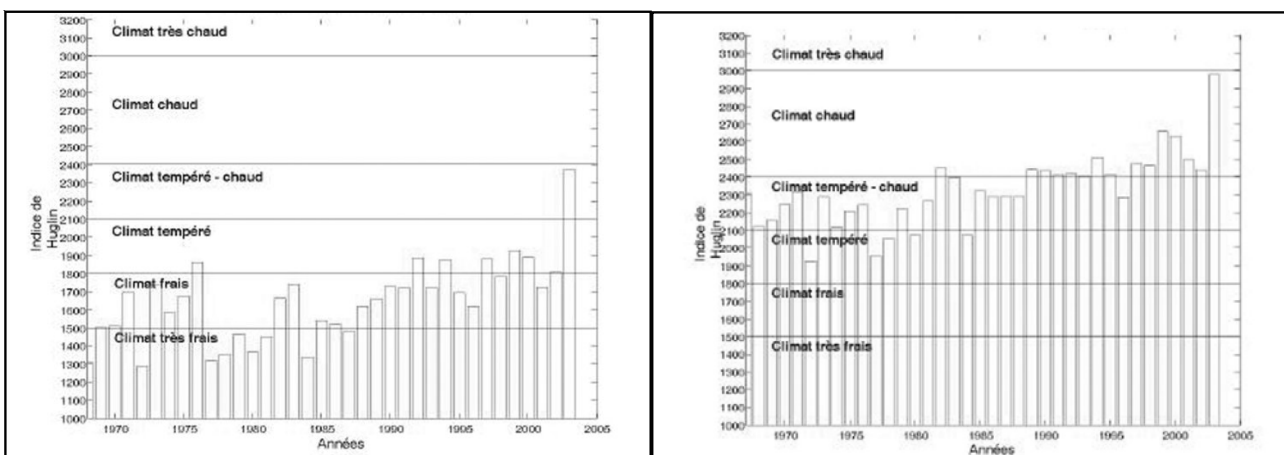


Figure 9 - Conséquences du réchauffement des 30 dernières années sur l'indice de Huglin à Avignon (droite) et Dijon (gauche) (Seguin, 2004)

➤ A l'échelle du terroir : les A.O.C.

Comment concilier les changements climatiques avec la notion de « **terroir** » si chère au vignoble français ? L'Appellation d'Origine Contrôlée, empreinte à la fois d'un **sol** (le substrat géologique et pédologique), d'un **climat** (relativement homogène dans la zone de l'appellation), d'un **système de cultures et de techniques** viti-vinicoles bien définies, peut-elle être « **délocalisée** » ? Ne risque-t-elle pas, à l'avenir, d'être refusée à de nombreux producteurs, comme sanction contre un degré alcoolique trop élevé, ou un climat qui aurait changé trop profondément ? Inversement, l'Appellation d'origine sera-t-elle « évolutive », en sachant s'adapter à des produits dont l'atypicité ne sera plus seulement conjoncturelle, c'est-à-dire liée à un évènement rare, ponctuel, exceptionnel comme la canicule de 2003, et constituant la particularité d'un millésime ?

A titre d'exemple, les vins d'**appellation Sauternes** sont élaborés grâce à la prolifération sur les baies d'un champignon, le *botrytis cinerea*, que l'on appelle couramment pourriture noble ou pourriture grise, et dont le développement entretient des relations d'étroite dépendance avec le climat. Doué d'un pouvoir d'évaporation de l'eau au niveau de la baie (**Fig.10.**), il provoque la concentration en sucres, à l'origine du goût spécifique de ces vins (on parle alors de pourriture noble). Toutefois, l'apparition de ce champignon requiert un concours de conditions climatiques particulières comme un brouillard humide, des températures douces, et peu de précipitations. Le réchauffement, modifiant l'influence océanique et le niveau de la mer, pourrait alors perturber le microclimat de la région bordelaise en créant des conditions trop sèches (pas de champignon) ou trop humides (on parle alors de pourriture grise). Ce genre d'évènement survenant normalement de manière occasionnelle, certains vignobles choisissent alors de ne pas commercialiser le millésime, dans la mesure où la présence du champignon est obligatoire pour l'obtention de l'appellation Sauternes (Décret du 30 septembre 1936 de l'**INAO**) :

Art. 2. - Les vins ayant droit à l'appellation contrôlée « Sauternes » devront obligatoirement provenir des cépages suivants, à l'exclusion de tous autres : *sémillon, sauvignon, muscadelle*.

Art. 6. - (Modifié, D. 24 janv. 1956 ; puis D. 9 oct. 1956, art. 1er). - La vinification devra être faite avec des raisins arrivés à surmaturation (pourriture noble) récoltés par triées successives. Elle sera conforme aux usages locaux.



Figure 10 - La pourriture noble

➤ A l'échelle mondiale : un déplacement des régions viticoles ?

Du XI^e au XIII^e siècle, période appelée Petit Optimum Médiéval (POM), la culture de la vigne était courante dans le sud de l'Angleterre (Le Roy Ladurie). (**Fig.12.**) Elle fut abandonnée lors de l'entrée dans le Petit Age Glaciaire (PAG), qui s'est étendu de 1550 à 1850, et qui a vu les températures moyennes descendre de plusieurs dixièmes de degrés par rapport au POM. Il n'en reste pas moins que le phénomène inverse semble en passe de se reproduire, tout aussi progressif, mais à une échelle cependant plus large. Les régions viticoles se situent, en moyenne entre le 25°N et le 45°N, et symétriquement au sud (**Fig.11.**). Les experts s'accordent à dire qu'**une augmentation de 1°C correspondrait à un déplacement relatif du climat de 180km vers le nord**. Or, selon les modèles de scénarios établis par le GIEC, l'augmentation de 1°C de la température moyenne (par rapport à 2000) est prévue d'ici 2035 (pour le scénario A1T, caractérisé par une convergence entre les différentes régions de la planète, l'utilisation de sources d'énergie alternatives, et un niveau de vie élevé) à 2050 (scénario B1, caractérisé par une économie de services et d'information, des technologies propres, une utilisation des ressources efficace, et des solutions à l'échelle planétaire).

On peut donc s'attendre à une progression significative des zones favorables à la culture de la vigne vers le nord. Toutefois, il est difficile d'évaluer l'éventuelle régression de cette zone dans les régions

On peut donc s'attendre à une progression significative des zones favorables à la culture de la vigne vers le nord. Toutefois, il est difficile d'évaluer l'éventuelle régression de cette zone dans les régions déjà sèches. En effet, les deux limites extrêmes des régions potentiellement viticoles (correspondant aux températures minimales et maximales) ne sont **pas symétriques** : la limite « froide » est beaucoup plus « malléable » et sensible à la température ; la limite « chaude » dépend d'autres facteurs comme les températures hivernales et les précipitations, l'irrigation permettant, dans une large mesure, de contrer les effets de la sécheresse. Elle ne se déplacera probablement qu'à la suite d'une hausse conséquente des températures.

On peut s'interroger, au vu de la répartition des vignobles dans les zones côtières, si ces derniers risquent d'être affectés par l'**élévation du niveau de la mer**. Cette crainte n'est pas réellement fondée à moyen terme, dans la mesure où la montée attendue sera comprise entre 10 et 80 cm d'ici 2100, en fonction des scénarios. Cela ne constitue donc pas un problème majeur.

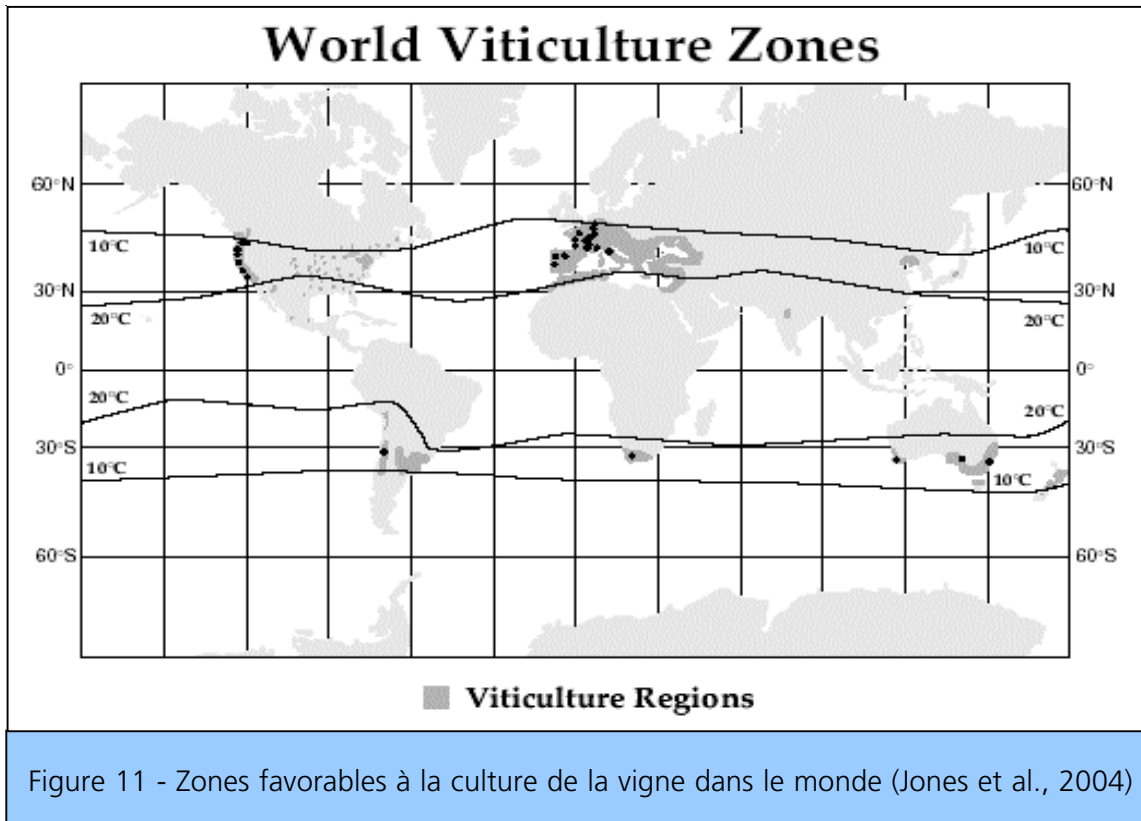


Figure 11 - Zones favorables à la culture de la vigne dans le monde (Jones et al., 2004)

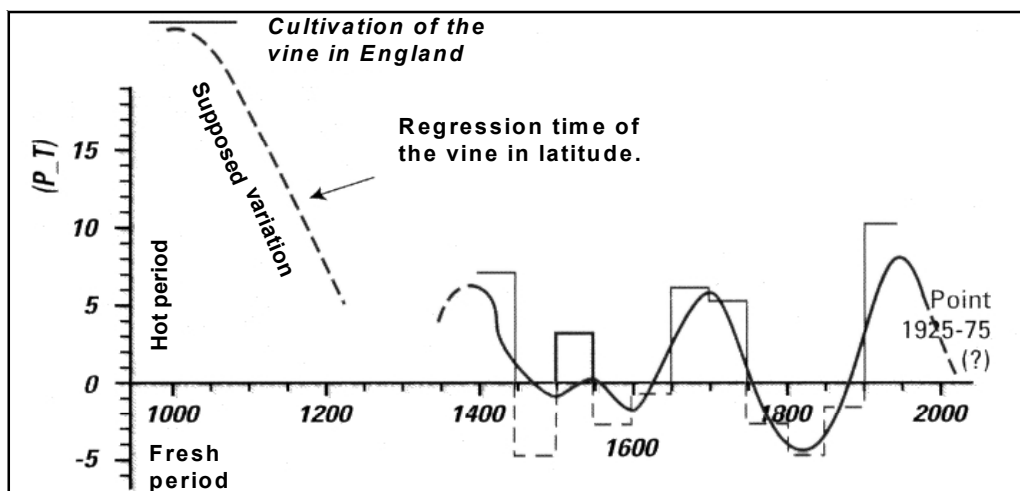


Figure 12 - Tendence des variations climatiques entre 1400 et 1975 (Legrand, 1978)

Adaptation

La vigne est une plante aux capacités d'adaptation formidables. A condition que l'homme sache comment les exploiter. Quant à la vinification, elle permettra, dans de nombreux cas, d'atténuer les effets d'un réchauffement de quelques degrés.

➔ En viticulture

Les changements climatiques demanderont de plus en plus de savoir-faire de la part des vigneron. Les pratiques actuelles peuvent aussi bien amplifier que contrer les effets du climat de demain. Elles devront donc être adaptées et concerneront l'entretien du sol, la taille et l'architecture de la vigne, le choix du porte-greffe, et plus généralement l'ensemble de l'itinéraire technique mis en œuvre par le vigneron. **(Encadré 6)**

De telles pratiques pourront être **inspirées de celles utilisées dans des vignobles de conditions extrêmes** (Australie, Chili, Algérie, etc.).

Une meilleure utilisation des ressources en eau sera vraisemblablement le défi majeur du siècle prochain ; les vigneron, ainsi que l'ensemble des agriculteurs, devront gérer de manière **collective et non plus individuelle** des réserves qui pourraient bien diminuer fortement, en particulier dans les régions méditerranéennes.

Il ne faut pas négliger non plus les adaptations à plus long terme des cépages eux-mêmes : des **croisements entre cépages** résistant à la sécheresse ou aux nouvelles maladies avec des cépages intéressants sur le plan aromatique apporteront très probablement des résultats encourageants, et contribueront dans une large mesure à une meilleure utilisation des intrants dans le vignoble. Cependant, au vu du temps nécessaire à un pied de vigne pour arriver à une certaine maturité de production, les changements de cépages devront être anticipés par les vigneron.

➔ En vinification

Les défis majeurs du réchauffement seront en termes de **degré d'alcool** élevé, de teneur en **sucre** forte, **d'acidité** (acide malique) et **d'arômes** trop faibles, c'est-à-dire les quatre éléments clés du vin. La date de vendange, choisie plus précoce par exemple, et couplée à un refroidissement efficace de la récolte permettront de conserver l'équilibre sucres/acidité **(Fig.13.)**; mais cela se fera au détriment de

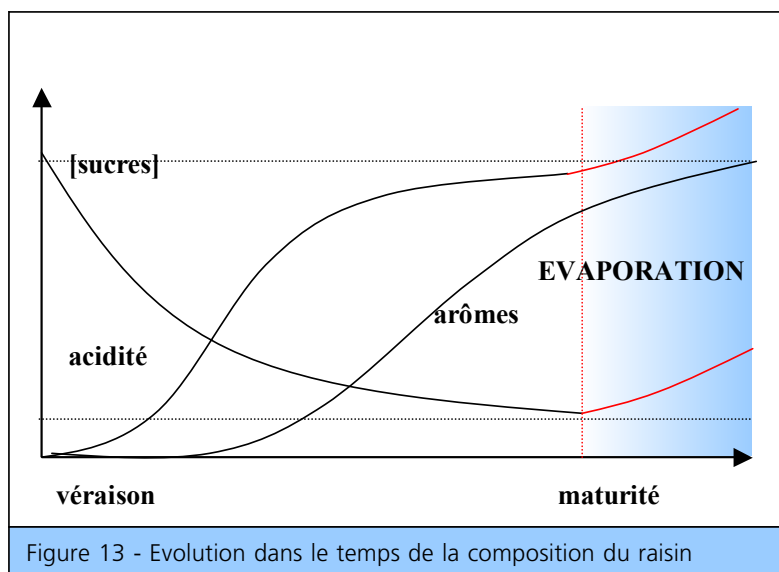
Encadré 6 : Exemples de pratiques

- Protection du gel par des **systèmes chauffants** pendant les périodes critiques de la croissance (câbles électriques).
- Vignes à **palissage haut** : le rognage haut crée des zones d'ombre sur les jeunes grappes et empêche la grillure (le grain se dessèche et tombe 15 jours après la floraison)
- **Enherbage des sols** nus : la présence d'adventices au sol réduit l'évapo- transpiration.
- Mise en place de **mulchs** : ces copeaux de bois permettent une protection thermique et une meilleure utilisation de l'eau
- **Irrigation** : systèmes économiques comme le goutte à goutte, couplés à une détection isotopique de la contrainte hydrique.
- Traitements **à la fraîche** (matin/soir), pour éviter une dégradation rapide des produits phytosanitaires sous l'effet du rayonnement.
- **Enracinement** plus profond des pieds.
- Augmentation de la **densité de plantation**, de façon à protéger les grappes du rayonnement.



la complexité aromatique du vin, plus longue à se faire (maturité des anthocyanes, polymérisation des tanins, etc.) : certains pays autorisent alors l'ajout de copeaux de chêne pour palier à ce défaut. Si au contraire on privilégie la maturité aromatique, on devra alors vendanger plus tard ; on bénéficiera alors d'une réacidification (grâce à l'évaporation), mais la concentration en sucres sera très élevée, ce qui rallongera la fermentation. Certaines techniques plus avancées (plus chères aussi) de soutirage d'alcool pourront alors être envisagées. **(Encadré 7)**

La vinification permettra, dans de nombreux cas, d'atténuer les effets d'un réchauffement de quelques degrés. Les outils de vinification, objets d'investissements à plus long terme, devront être améliorés, pour répondre à des conditions de récolte moins optimales.



Encadré 7 : Exemples de pratiques

- **Acidification** des moûts à l'acide tartrique (pH assez bas).
- Abandon progressif de la **chaptalisation** (ajout de sucres), qui, généralement, ne sera plus nécessaire.
- Vendanges **nocturnes** mécaniques.
- **Refroidissement** des chais.
- **TSE** (techniques de soustraction et d'enrichissement), telles que la concentration en sucre par osmose inverse, l'électrodialyse, la filtration tangentielle.
- La Flash détente, procédé qui permet d'extraire 50% d'arômes et de pigments en plus, est autorisé dans l'A.O.C. Côtes du Rhône par exemple.



Conclusion

Il ressort de tout ce qui précède que le phénomène de réchauffement climatique aujourd'hui avéré aura des effets importants dans les décennies à venir sur la production viticole. On assistera notamment à des changements dans la qualité et la typicité du vin, et ce à partir d'un certain seuil d'augmentation de la température ; à plus long terme un déplacement des territoires de production pourra être observé.

Les évolutions du climat feront de la viticulture une activité plus **risquée sur le plan économique**. Si les vigneron pourront sans trop de mal s'adapter à un réchauffement de un, voire deux degrés, d'importants investissements devront être faits dès lors que celui-ci dépassera les trois degrés, aussi bien au plan du vignoble avec par exemple des systèmes d'irrigation goutte à goutte, que de la vinification à travers le développement de techniques à membranes, plus chères, mais permettant de sécuriser la production.

Le terroir viticole français est très attaché à ses traditions : aujourd'hui, les marges de manœuvre en termes d'adaptation sont relativement faibles, comparées aux possibilités offertes dans les pays du Nouveau Monde. Les raisonnements, de type « **tradition** » d'un côté, et « **commercial** » de l'autre, sont à l'opposé l'un de l'autre. Le pas n'est pas aisé à franchir car il signifie l'abandon de certains dogmes en matière de techniques viti-vinicoles, sanctionné, entre autres, par l'attribution ou non de la tant convoitée « appellation d'origine contrôlée ». L'augmentation, depuis une cinquantaine d'années, de la notation des vins du Nouveau Monde serait due pour une grande part à l'amélioration de leurs techniques de vinification, et cette amélioration aurait masqué l'effet du climat. En revanche, pour les vins européens, dont les techniques d'élaboration sont restées quasi-inchangées durant cette période, la composante climat est plus visible.

La création d'un organisme à vocation scientifique, et dont le principal thème d'études serait la vigne et le réchauffement climatique, pourrait être envisagée. Il s'attacherait en particulier à affiner l'indicateur indirect du climat que constituent les dates de vendanges. Il s'agit là de données très intéressantes, relativement fiables, dont l'ancienneté et la répartition géographique en font un excellent indicateur biologique du climat passé. Elles sont d'ailleurs en train d'être rassemblées (**INRA**), ainsi que de nombreuses données concernant la phénologie d'autres espèces de plantes, dans une base de données nommée **Phénoclim**.

La vigne a été depuis l'antiquité la plante cultivée la plus étudiée dans le monde, du fait de sa large implantation géographique, de son évolution au fil des siècles, de sa considérable sensibilité au climat, et de l'intérêt qu'on toujours porté les hommes à son produit résultant principal, le vin. Aucune autre denrée agro-alimentaire n'a jamais fait l'objet d'autant de dégustations, de notations, d'évaluations, et c'est ce qui fait que **la vigne est une plante de référence** pour l'étude des impacts des changements climatiques sur l'agriculture.



Bibliographie

BRANAS J., (1974), Viticulture, Imprimerie Dehan-Montpellier, 990 pp.

CARBONNEAU A., ESCUDIER J.L., (2004), Impacts de la canicule 2003 sur la vigne et le vin, INRA Presse Info, N° Janvier/Février 2004.

CARBONNEAU A., TONIETTO J. (1998) La géoviticulture, de la géographie viticole aux évolutions climatiques et technologiques à l'échelle mondiale, La Revue des Œnologues, N°87.

DOMERGUE M., LEGAVE J.M., CALLEJA M., MOUTIER N., BRISSON N., SEGUIN B. (2003) Réchauffement climatique : quels effets sur la floraison chez trois espèces fruitières ? Arboriculture fruitière, 578, 27-33.

GAUDILLERE J.P., VANLEEWEN C., OLLAT N., (2002), Carbon isotope composition of sugars in grapevine, an integrated indicator of vineyard water status, J. Exp. Bot. 53, 1-7.

JONES, G. V., White, M. A., and Cooper, O. R., (2003), Climate Change and Global Wine Quality, Submitted to Climatic Change.

LEGRAND J.P., (1978), Fluctuations météorologiques, vendanges et activité solaire, La météorologie VI, 12.

LE ROY LADURIE E., (1983), Histoire du climat depuis l'an mil, premier volume, Flammarion, Paris, p.13.

LE ROY LADURIE E., (1983), Histoire du climat depuis l'an mil, deuxième volume, Flammarion, Paris, p.40.

MANN M.E., GILLE E., BRADLEY R.S., HUGHES M.K., (1999), Northern hemisphere temperatures during the past millennium: interferences, uncertainties and limitations, Geophys. Res. Lett., 26, 759-762.

ROCHARD J., FOURNY N., STEVEZ L. (2001), Evolution du climat et viticulture, La Revue des Œnologues, n°100-101.

ROCHARD J., STEVEZ L. (2004) Changements climatique, perspectives pour la viticulture, La revue des Œnologues, n°110, 47-49.

SEGUIN B., GARCIA DE CORTAZAR I., (2003), Climate warming : consequences for viticulture and notion of 'terroirs' in Europe, colloque franco-allemand sur la vigne et le climat, Geisenheim.

credits photos:

<http://www.itvfrance.com/images/fotopresenta.jpg>

http://www.tour-blanche.com/images/im_app.jpg

<http://www.tour-blanche.com/images/Vendange2.jpg>

<http://www.tour-blanche.com/images/Maitre-chai3.jpg>

<http://www.tour-blanche.com/images/bommes.jpg>

Créé par la loi du 19 février 2001, l'ONERC matérialise la volonté du parlement et du gouvernement de prendre en compte les questions liées aux effets du changement climatique. L'observatoire est doté d'un Conseil d'Orientation dont le président, Paul VERGÈS, Sénateur et Président du Conseil régional de la Réunion, et les 26 autres membres, ainsi que leurs suppléants, sont nommés par arrêté du Premier ministre.

Ses missions :

Collecter et diffuser les informations, études et recherches sur les risques liés au réchauffement climatique et aux phénomènes climatiques extrêmes.

L'observatoire recense les activités existant dans les différents organismes opérationnels et de recherche. Il peut proposer des évolutions de ces activités pour mieux répondre aux besoins de connaissance des impacts du réchauffement climatique, en vue d'une meilleure information des décideurs à tous les niveaux. L'observatoire fonctionne en liaison avec les organismes où se trouvent les compétences scientifiques (CNRS, Météo France, IRD...) au moyen d'un réseau de concentration et de diffusion des informations, couvrant la Métropole et l'Outre-mer. L'ONERC organise la collecte des informations et les rassemble dans sa banque de données.

L'observatoire travaille également en liaison avec le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Formuler des recommandations sur les mesures de prévention et d'adaptation à envisager pour limiter les risques liés au changement climatique.

De par sa mission d'information, l'observatoire doit développer la connaissance des effets du réchauffement climatique et des phénomènes climatiques extrêmes sur les modes de vie des Français, ainsi que les conséquences pour l'aménagement des régions. Le Plan climat 2004 donne à l'ONERC la mission de préparer une stratégie pour l'adaptation au changement climatique, et de conduire un certain nombre de projets dans ce domaine. Pour atteindre ce but, une relation étroite et suivie avec les organismes territoriaux, en Métropole et Outre-mer, est indispensable.

Contribuer activement au dialogue avec les pays en développement.

L'observatoire doit constituer une vitrine pour des pays en développement susceptibles d'être affectés par les changements climatiques d'une manière comparable aux régions françaises à proximité : les pays membres de l'AOSIS (Association of Small Island States), particulièrement vulnérables aux changements climatiques, mais également la Méditerranée, l'Océan Indien, les Caraïbes, la Guyane, les îles du Pacifique...

PUBLICATIONS DE L'ONERC

Conséquences du réchauffement climatique sur les risques liés aux événements météorologiques extrêmes. Actes du colloque du 22-23 juin 2003, ONERC, Paris, Octobre 2003.

Etes-vous prêt ? Guide pour l'adaptation à l'attention des collectivités locales. ONERC, Paris, mars 2004.

Un climat à la dérive : comment s'adapter ? Rapport de l'ONERC au Premier Ministre et au Parlement, La documentation française, Paris, 2005.

Recensement des études concernant les effets du climat et du changement climatique sur les espaces côtiers dans les Dom-Tom. Note technique n°1, ONERC, Paris, mars 2005.

Collectivités locales et changement climatique : quelles stratégies d'adaptation ? Actes du colloque du 30 septembre 2004, ONERC, Paris, mai 2005.

Changement climatique : la nature menacée en France ? En savoir plus et agir. Coédition RAC France, FNE, WWF, LPO, Greenpeace, ONERC, Paris, juin 2005.

Impacts du changement climatique sur le patrimoine du Conservatoire du Littoral : scénarios d'érosion et de submersion à l'horizon 2100. Note technique n°2, Conservatoire du Littoral, ONERC, Paris, septembre 2005.