
Changement climatique et viticulture en Champagne : du constat actuel aux prévisions du modèle ARPEGE-Climat sur l'évolution des températures pour le XXI^e siècle

Gérard Beltrando et Elodie Briche



Édition électronique

URL : <http://echogeo.revues.org/12216>
DOI : 10.4000/echogeo.12216
ISSN : 1963-1197

Éditeur

Pôle de recherche pour l'organisation et la
diffusion de l'information géographique
(CNRS UMR 8586)

Référence électronique

Gérard Beltrando et Elodie Briche, « Changement climatique et viticulture en Champagne : du constat actuel aux prévisions du modèle ARPEGE-Climat sur l'évolution des températures pour le XXI^e siècle », *EchoGéo* [En ligne], 14 | 2010, mis en ligne le 16 décembre 2010, consulté le 30 septembre 2016. URL : <http://echogeo.revues.org/12216> ; DOI : 10.4000/echogeo.12216

Ce document a été généré automatiquement le 30 septembre 2016.



EchoGéo est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International

Changement climatique et viticulture en Champagne : du constat actuel aux prévisions du modèle ARPEGE-Climat sur l'évolution des températures pour le XXI^e siècle

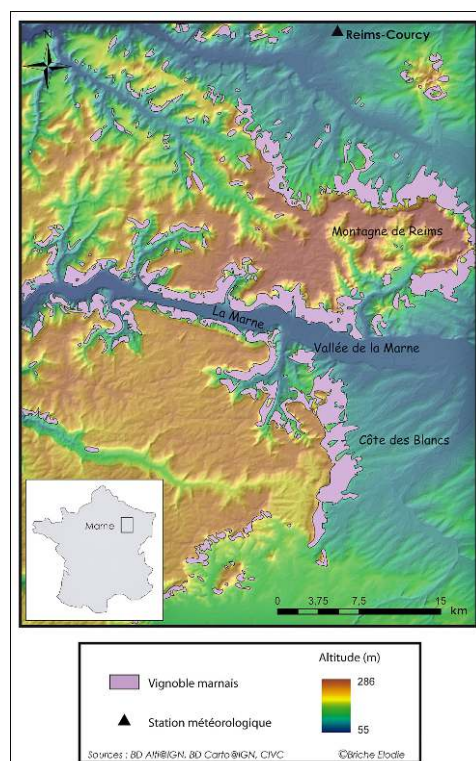
Gérard Beltrando et Elodie Briche

Introduction

- 1 Sujet polémique, les conséquences envisageables du changement climatique simulé pour le XXI^e siècle inquiètent la profession viticole qui subit déjà, mais à des degrés divers suivant les régions du Monde, des contraintes économiques (nouveaux pays producteurs, baisse de la consommation dans les pays riches, crise financière qui freine les exportations...) et environnementales (pollution de l'air et des nappes phréatiques par les intrants agricoles...). Ce changement climatique, tel qu'il est simulé par l'intermédiaire des modèles de circulation générale (MCG), pourrait se traduire durant le XXI^e siècle par une tendance à l'augmentation de la température du globe entre 2° et 5 °C suivant les régions, le type modèle et les hypothèses d'évolution du taux de concentration en Gaz à Effet de Serre d'origine anthropique (GES additionnels). Il pourrait aussi se manifester par une modification de la répartition de la pluviométrie dans l'espace ainsi que par une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes extrêmes tel les vagues de chaleur estivales (IPCC, 2007). Même si le consensus est loin d'être atteint sur l'ampleur du changement d'origine anthropique et si, par conséquent, la plus prudence s'impose quant à l'interprétation des résultats (les « sorties ») de ces MCG, l'analyse des données produites peut apporter des éléments de réflexion sur l'évolution possible d'un terroir viticole (Jones & al., 2005).

- 2 Une telle problématique revêt un intérêt tout particulier dans le vignoble de Champagne, région où la production est autour de 3 millions d'hectolitres, soit à peu près 400 millions de bouteilles, pour 32 900 ha en appellation ce qui représente un chiffre d'affaire de 3.7 milliards d'euros dont 1.6 à l'export (Site CIVC, 2009). L'étude présentée ici porte sur environ 3/4 de ce vignoble AOC correspondant au département de la Marne (illustration 1).

Figure 1 – Localisation du vignoble de Champagne en appellation dans le département de la Marne



- 3 Les données de la station météorologique de Reims-Courcy, appartenant au réseau du Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (CIVC) et de Météo-France - implantée dans ce vignoble au début des années 1990 (Beltrando, 1998), ainsi que des données issues du modèle ARPEGE-Climat (Retic) de Météo-France (Déqué et *al.*, 1994) sont prises en compte. Ce modèle dispose d'une version « zoomable » permettant d'obtenir des données climatiques avec une résolution d'environ 50 km sur la France (Déqué & Piedlièvre, 1995). Afin de vérifier la capacité de ce modèle à simuler le climat, celui-ci est d'abord utilisé pour simuler une période passée et donc connue : cette période, ici de 1950 à 2000, est dite « de contrôle ». Ce n'est qu'ensuite et en tenant compte de son aptitude sur la période connue que le modèle est utilisé pour établir des prévisions sur le climat futur en utilisant 3 scénarios de simulation de l'IPCC (2007).
- 4 Cet article n'aborde donc qu'un aspect du changement climatique observé et simulé, celui des températures, qui sont certes essentielles mais pas exclusives pour le bon déroulement du cycle végétatif de la vigne. Par exemple, la contrainte hydrique, variable pour laquelle la marge d'incertitude des MCG est plus importante (Kittel and *al.*, 1998), n'est pas abordée dans ce texte, d'autant plus que, compte tenu de la nature des sols en Champagne, l'eau ne semble pas être pour le moment un sujet d'inquiétude. De même,

l'accroissement du taux de dioxyde de carbone qui conditionne la productivité végétale n'est pas pris en compte ici.

Vigne, climat et aléas météorologiques extrêmes

- 5 Depuis plus d'un demi-siècle la recherche agronomique a permis de préciser un certain nombre de liens existant entre les variables du sol (texture, fertilité, bilan hydrique) qui interagissent entre elles et avec les paramètres météorologiques. Les travaux qui intègrent le volet climat peuvent être classés en deux catégories :
 - - ceux qui concernent l'influence des facteurs climatiques sur la qualité des vendanges et des vins et qui se traduisent par des indices bioclimatiques ou des classifications permettant de distinguer les zones viticoles d'un espace géographique assez vaste (Branas *et al.*, 1946 ; Winkler, 1962 ; Constantinescu, 1967 ; Huglin, 1978 ; Tonietto, 2000, Barbeau, 2007).
 - - ceux qui portent sur des échelles plus fines, appelées ici microclimatiques, qui ont permis par exemple de mettre en évidence l'influence des modes de conduite, correspondant aux différentes manières de tailler la vigne afin de l'alimenter en éléments organiques du sol et de l'atmosphère (Smart, 1976 ; Becker, 1978 ; Carbonneau, 1992, 1996...).
- 6 Le temps et le climat jouent donc un rôle majeur dans la croissance végétale, c'est en particulier le cas pour les températures qui sont analysées ici à partir des valeurs moyennes mensuelles et des extrêmes thermiques quotidiens qui peuvent être dommageables pour le végétal : au printemps des températures inférieures à -2°C peuvent geler les bourgeons naissants au moment du débourrement ; en été des températures supérieures à 35-40°C peuvent griller les baies et bloquer la synthèse des tanins.

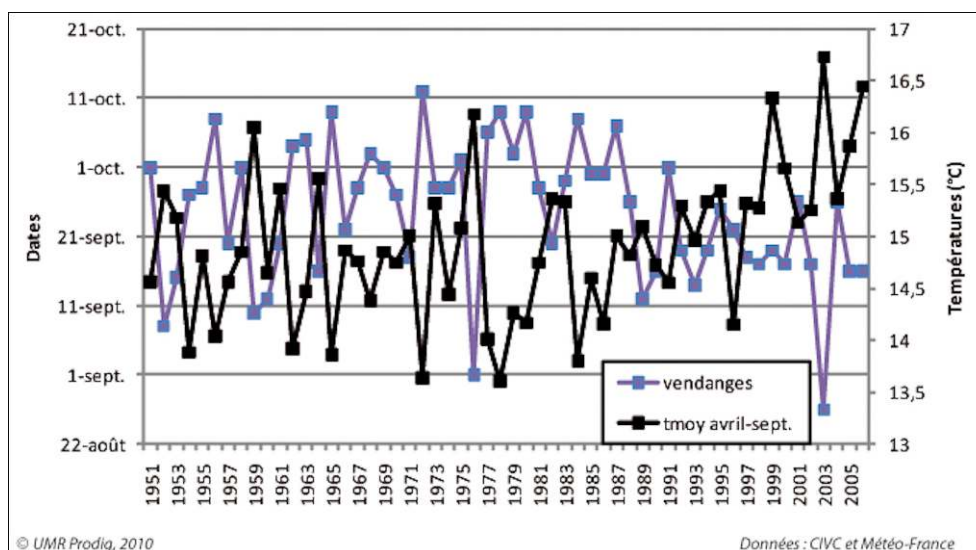
Les relations entre la température et la croissance de la vigne

- 7 Si l'on met de côté les variables du sol qui agissent sur le développement de la plante - du système racinaire à la feuille et à la baie (réserve azotée et carbonée, teneur en eau...) - les températures de l'année agissent sur le cycle de la plante ainsi que sur celui des vendanges comme le montre par exemple la figure ci-dessous pour les relations inverses entre la température moyenne d'avril à septembre et la date moyennes des vendanges (figure 2).
- 8 Très schématiquement, le cycle annuel de la plante peut se résumer ainsi :
 - - Avec l'arrivée des premiers froids de l'hiver, vers novembre, les feuilles tombent et le cep entre dans sa phase de repos hivernal - la dormance - qui dure jusqu'au printemps, période durant laquelle les bourgeons attendent des températures suffisantes pour la levée de dormance (le débourrement). Pour sortir de cette dormance hivernale, la vigne a un besoin préalable de froid, afin éviter le démarrage prématuré de la végétation (si les bourgeons sortaient avant la fin des grands froids de l'hiver, ils n'y survivraient pas...).
 - L'éveil de la végétation a lieu ensuite avec les premiers jours de chaleur et les observations de terrain montrent qu'il faut environ une dizaine de jours avec une température moyenne d'au moins 10°C (valeur considérée comme le zéro de végétation pour la plante) afin que la vigne commence son cycle saisonnier (Huglin, 1986). Les températures hivernales moins froides observées depuis les années 1980, ont pour conséquence de reculer la date d'obtention des besoins en froid (hivers plus doux) et d'avancer celle des besoins en chaleur

(printemps plus chauds). En Champagne, comme pour d'autres vignobles français, il n'y a pas pour le moment de changement significatif de la date de débourrement (Cf. Fig. 5)

- - Le cycle de croissance des organes végétatifs (rameaux et feuilles) et des organes reproducteurs se développe ensuite : la floraison apparaît quelques semaines après le débourrement puis la véraison, période de changement de couleur des baies qui se remplissent jusqu'à la maturité. Une fois la maturité atteinte, les vendanges sont effectuées, le plus souvent entre le 10 septembre et le 10 octobre.

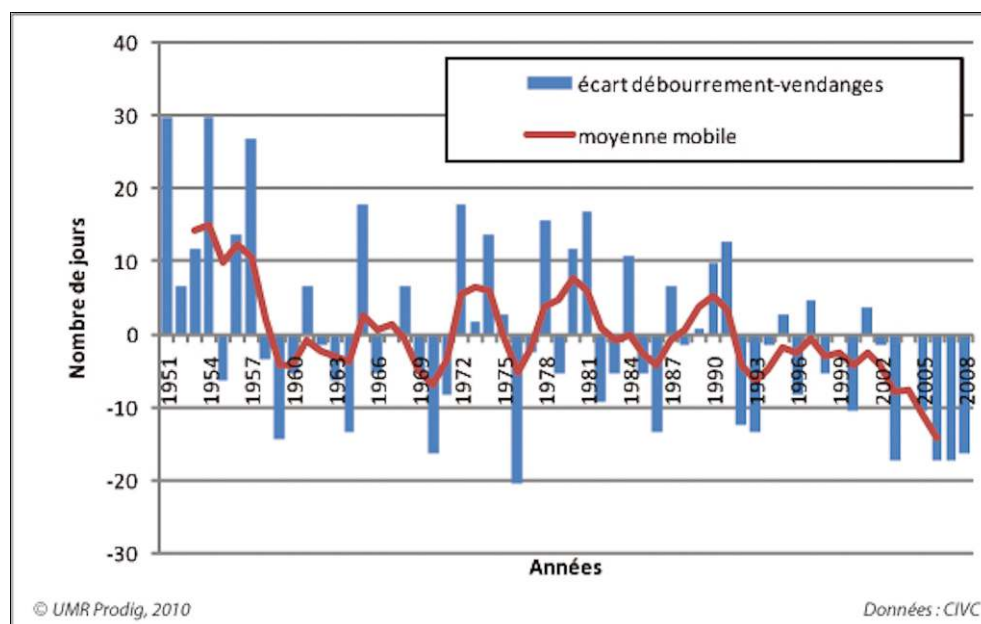
Figure 2 - Dates des vendanges et températures moyennes d'avril à septembre de 1951 à 2006 dans le vignoble de Champagne



Sources : CIVC et Météo-France.

- 9 En Champagne, les écarts entre la date moyenne du débourrement et celle du début de la vendange, sont certes variable d'une année à l'autre, mais ils se sont réduits depuis le début des années 1990 (figure 3). Des changements s'observent aussi sur les dates moyennes d'apparition de la véraison et de la floraison ainsi que sur celle des vendanges qui en Champagne comme dans d'autres vignobles [par exemple dans les Côtes du Rhône (Ganichot, 2002)] sont plus précoces depuis la fin des années 1980. Il y a donc un raccourcissement du cycle végétatif de la vigne qui, à terme, pourrait imposer de nouveaux choix agronomiques afin d'éviter notamment une vendange trop précoce durant la saison chaude.
- 10 A coté des ces valeurs climatiques moyennes, les plantes subissent aussi les effets des aléas extrêmes qui jouent un rôle dans le développement annuel de la plante : gel et grêle qui créent un dommage en fonction du stade phénologique ; températures maximales très élevées en été qui favorisent l'échaudage des baies (le « grillage ») ; fort taux d'humidité qui favorise certaines maladies....Ce sont ces tendances sur le long terme et ces événements météorologiques extrêmes qui inquiètent la profession viticole, naturellement attentive à la météorologie.

Figure 3 - Nombre de jours entre la date moyenne du débourrement et la date moyenne de début des vendanges, par rapport à la moyenne 1951-2008, en Champagne



En rouge : moyenne mobile pondérée sur 5 ans. La valeur 0 correspond à la moyenne de la série qui est ici de 162 jours. Le nombre de points d'observation des dates de débourrement et de vendange est variable d'une année sur l'autre mais il est relativement important (quelques centaines chaque année) pour avoir une bonne couverture spatiale des phénomènes. Ces informations sont collectées chaque année par les correspondants locaux de l'Association Viticole Champenoise et elles sont archivées par le CIVC.

Source : CIVC.

Les extrêmes thermiques dommageables pour la récolte

- 11 Le **gel printanier**, qui produit des dégâts à partir du débourrement, est un phénomène irrégulier d'une année à l'autre mais ancestral en Champagne, comme dans la majorité des vignobles français. Le seuil de sensibilité de la vigne au froid est surtout fonction du stade phénologique. Lorsque le débourrement a commencé (en moyenne dans la première quinzaine d'avril en Champagne), des températures inférieures à environ -2°C sont suffisantes pour geler les jeunes bourgeons, ce qui ampute la future récolte. Ce phénomène est particulièrement redouté des viticulteurs qui, depuis quelques décennies, peuvent utiliser divers moyens de lutte passive (taille tardive de la plante pour reculer le débourrement...) ou active (chaufferette, tour à vent, aspersion d'eau...), sur les parcelles réputées gélives (mais le % de parcelles gélives équipées de moyen de lutte est très faible en Champagne).
- 12 Les **températures estivales** élevées associées à une forte sécheresse ne sont pas pour autant favorables à la vigne car elles provoquent un ralentissement voire un blocage de l'activité photosynthétique. Des températures supérieures à $35-40^{\circ}\text{C}$ (valeur fonction de plusieurs paramètres dont la densité du feuillage protecteur autour des grappes ou la hauteur de la grappe...) peuvent provoquer un ralentissement ou un blocage de l'activité végétative et parfois un échaudage (« grillage ») des jeunes baies avant et pendant la phase de maturation, mais aussi un dessèchement des baies (Crespy, 1987 ; Dokoolzian et

Bergqvist, 2001). Ces températures élevées peuvent aussi bloquer l'accumulation des sucres et perturber la synthèse des tanins (Matus et *al.*, 2008).

- 13 Les viticulteurs se sont adaptés progressivement à ces aléas. Cependant si ces phénomènes extrêmes deviennent plus fréquents et plus intenses, ils pourraient ne pas leur laisser le temps ni même la possibilité de s'adapter.

Évolution thermique et phénologique durant les dernières décennies

- 14 La concentration atmosphérique en GES, sous l'action des activités humaines, a commencé à croître au début de l'ère industrielle et elle enregistre une accélération rapide depuis une quarantaine d'années. D'après l'IPCC (2007), le CO₂, émis par la combustion du charbon, du pétrole et du gaz, contribue pour 70 % à ce mécanisme de réchauffement anthropique de l'atmosphère et le taux de ce gaz a augmenté de 30 % depuis 1850.
- 15 En France métropolitaine, l'augmentation de la température moyenne au cours du XX^e siècle est de l'ordre de 0.9° C (Moisselin et *al.*, 2002), mais avec une nette accélération sur la dernière décennie de ce siècle (de 0.4 à 0.6°C) et la première du XXI^e siècle. Ce réchauffement est plus marqué sur les minimales et dans le nord du pays ainsi que sur les maximales dans le sud. Des évolutions sont déjà observées dans de nombreux écosystèmes et en particulier dans les agrosystèmes (Seguin et Stengel, 2002 ; Seguin, 2004). Si cette tendance se prolonge, comme le prédisent la plupart des modèles du climat (les modèles de circulation générale, MCG), elle aura des répercussions marquées sur une multitude de secteurs économiques que les décideurs se doivent d'anticiper au mieux. C'est le cas des professionnels de la filière viti-vinicole qui doivent intégrer cette problématique d'autant plus difficile à résoudre, qu'elle demande une anticipation et une adaptation sur plusieurs années alors qu'il n'y a une marge d'incertitude inhérente aux sorties de modèles.

L'évolution de l'indice bioclimatique de Huglin en Champagne

L'indice de Huglin utilisé dans cette étude est obtenu à partir des données thermiques mesurées à Reims-Courcy. Cet indice bioclimatique, permet de caractériser le climat moyen d'une petite région viticole, il est exprimé en degrés-jours. Il tient compte des températures maximales et inclut un coefficient de longueur de jour (Huglin, 1978) :

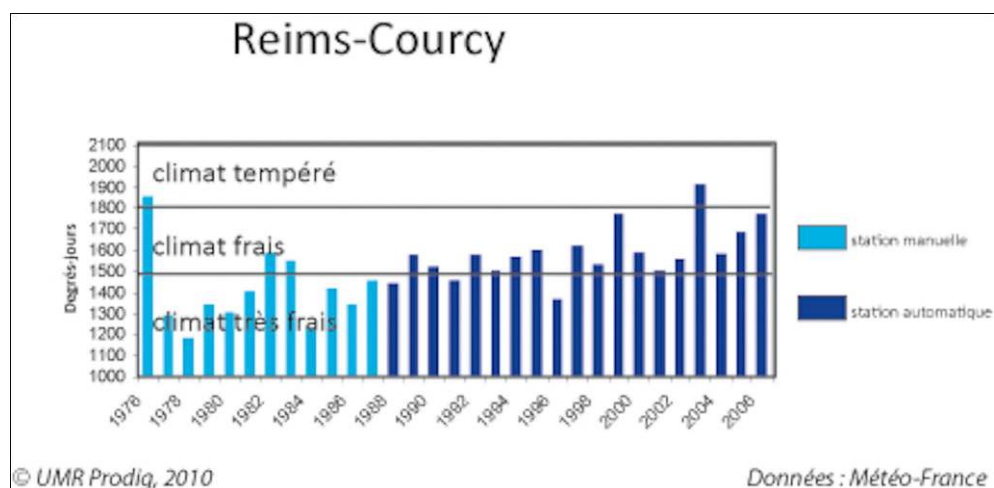
$$\sum_{01/04}^{30/09} \frac{(T_m - 10) + (T_x - 10)}{2} \cdot K$$

Avec : T_m, la température moyenne journalière (en °C) ; T_x, la température maximale journalière (en °C) ; K, le coefficient de longueur du jour (1.06 pour la latitude du vignoble marnais).

- 16 Seules les températures « actives » efficaces supérieures à 10 °C sont prises en compte dans le calcul de l'indice car ce sont elles qui contribuent au développement de la plante (Huglin, 1978).
- 17 La figure 4 montre cet indice calculé à partir des données de Reims-Courcy entre 1979 et 2006. Au-delà d'une variabilité annuelle non négligeable avec des « pics » correspondant

aux étés chauds (1999, 2003), la tendance linéaire est positive. Si, jusqu'à la fin des années 1980, le climat du vignoble de la Marne était qualifié de « *très frais* », d'après Tonietto et Carbonneau (2004), depuis cette période, le climat de presque toutes les années peut-être qualifié de « *frais* », voire même « *tempéré* » lors des années extrêmes (Briche et al., 2009).

Figure 4 - Indice de Huglin à Reims-Courcy entre 1979 et 2006



L'année 1989 correspond au passage d'une station nécessitant un relevé manuel des observations par un opérateur à une station automatique.

Source : classement des climats établi par Tonietto et Carbonneau, 2004 - données : Météo-France.

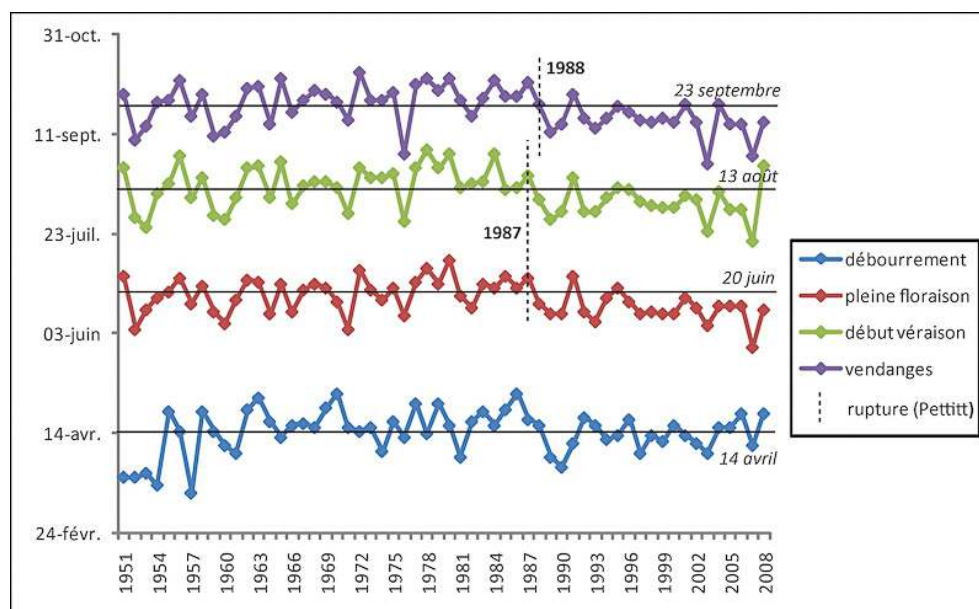
- 18 Le changement de moyenne observé à la fin des années 1980, période du passage d'une station météorologique à fonctionnement manuel à une station à enregistrement automatique, est très probablement une coïncidence car de très nombreuses données climatiques dans différents régions du Monde - y compris dans d'autres vignobles comme en Bourgogne (Chabin et al., 2007) - enregistrent aussi une rupture « statistiquement significative » alors qu'il n'y a pas eu de changement de capteurs de mesures.

Variabilité et tendance du cycle végétatif

- 19 La figure 5 montre les dates moyennes pour l'ensemble du vignoble de Champagne pour les quatre principaux stades phénologiques. Chacune des séries a été analysée pour repérer une éventuelle rupture statistique dans les données avec le test non paramétrique de Pettitt (1979). Mis à part la série des dates du débourrement, le test montre à nouveau une rupture statistiquement significative à la fin des années 1980, ce qui signifie que la moyenne des deux sous séries (celle avant 1989, celle après) est « *statistiquement différente* ». A partir de la fin des années 1980, une tendance à l'avancement des stades phénologiques s'observe pour la véraison et la pleine floraison, et cela ne peut être mis en relation avec une évolution des techniques culturales qui, lorsqu'elles se produisent, s'étalent sur des périodes de plusieurs années.
- 20 Depuis la fin des années 1980, la date de floraison est donc en moyenne plus précoce, et cela est unanimement constaté par les viticulteurs, mais le cycle fructifère floraison/vendange est assez stable (moyenne sur la période d'étude de 96 jours). Seules trois années ont vu ce cycle particulièrement raccourci, en raison d'une canicule prolongée qui

s'est traduite par des vendanges plus précoces (1979, le 1^{er} septembre ; 2003, le 27 août ; 2007, le 31 août).

Figure 5 - Date moyenne annuelle des stades phénologiques et des vendanges de 1951 à 2008 en Champagne



Source : CIVC

- 21 L'évolution climatique de ces dernières décennies, en particulier sous l'effet de l'augmentation de la température de l'air, s'est traduite, dans la moitié nord de la France, par des conditions globalement plus favorables. Ainsi, en Champagne depuis une trentaine d'années, la maturité moyenne à la vendange a gagné 0,8% vol. d'alcool probable (taux de concentration de sucre des moûts de raisin qui est converti en degré d'alcool), à la faveur d'une maturation décalée sur des journées plus longues, plus chaudes et des teneurs en CO₂ atmosphérique plus élevées, améliorant l'efficacité de la photosynthèse (communication orale des services techniques du Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne). A l'opposé, les régions les plus méridionales du pays ont été marquées plus fréquemment par une sécheresse (sud-est de la France entre 2003 et 2007) qui pose la question de l'irrigation de la vigne....

Le changement thermique prévu dans le vignoble

- 22 Les simulations climatiques pour le XXI^e siècle reposent sur plusieurs scénarios d'évolution sociale et économique de la population mondiale à l'origine des émissions de GES additionnels dans le futur. Ces scénarios sont évidemment discutables (comment va évoluer la population, quel sera son mode de vie et ses rejets de GES...?) et par ailleurs la modélisation numérique du climat est aussi source d'incertitude parce qu'il n'est évidemment pas possible de modéliser avec une finesse suffisante le comportement de l'atmosphère. En effet, certains processus à l'origine de sa variabilité sont encore mal connus et donc difficiles à paramétrer. Mais ces outils produisent des données dont l'analyse permet de mettre à disposition des acteurs économiques des documents qui doivent être interprétés avec prudence mais peuvent les aider mieux prendre les difficultés

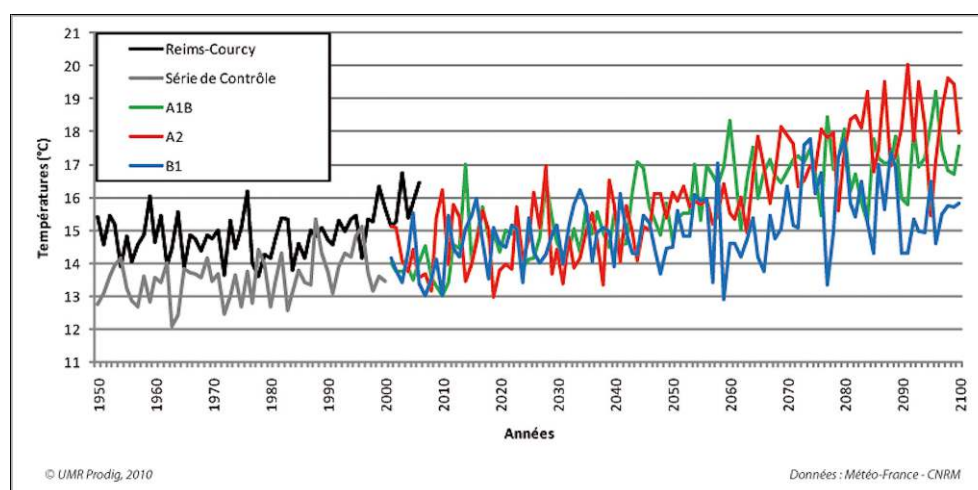
décisions préventives qui pourront s'imposer, car, à la différence des cultures annuelles, un cep de vigne a une durée de vie de trois à quatre décennies.

- 23 Dans ce travail, les données des sorties du modèle ARPEGE-Climat (Retic) de Météo-France sont analysées pour les trois scénarios d'évolution les plus couramment utilisés [B1 (optimiste), A1B (intermédiaire), A2 (pessimiste)]. Les simulations à partir de ce modèle indiquent, pour la métropole, que les vagues de chaleur estivale devraient être à la fois plus fréquentes, plus longues et plus intenses que durant les dernières décennies (Dufresne & al., 2006 ; site Internet Météo-France climat). Pour la pluviométrie, la simulation du futur est moins performante que pour celle des températures. Dans un scénario d'émission modérée de GES, elle augmenterait faiblement en hiver et diminuerait plus fortement en été (de 5 à 25%), avec un scénario de rejet de GES très important (A2), l'assèchement serait très marqué en été (de 20 à 35% par rapport aux décennies actuelles). D'après ce dernier modèle, un été sur deux de la fin de siècle (2071-2100) serait au moins aussi chaud que l'été 2003.

Des prévisions pour le climat moyen du futur

- 24 La figure 6 donne, pour la maille (50 km de côté) du modèle ARPEGE-Climat (Retic) centrée sur le vignoble de la Marne, la moyenne annuelle des températures d'avril à septembre pour chacun des trois scénarios retenus entre 2001 et 2100, ainsi que la température simulée par le modèle pour la période 1950-2000.

Figure 6 - Températures moyennes annuelles d'avril à septembre pour la station Reims-Courcy (en gris sur la période 1950-2006), pour le point de grille ARPEGE-Climat (Retic) (en noir sur la période de contrôle, 1950-2000), puis pour les trois scénarios de simulations (couleur 2001-2100)



Source : Météo-France – CNRM;

- 25 Pour la période dite de contrôle (1950-2006), le modèle estime une température moyenne d'environ 1°C au-dessus de celle calculée à Reims-Courcy ; ce « biais froid » sur les données d'ARPEGE-Climat est aussi observé sur l'autre MCG français, celui du LMD-IPSL dont les résultats ne sont pas présentés dans cet article (thèse en cours de E. Briche, université Paris-Diderot) et qui peut s'expliquer en partie par les différences d'altitude entre un point de grille du modèle, centre d'une maille de 50 km de côté, et la topographie de la région correspondant (ici l'altitude varie de 80 m à 230 m environ) et la station météorologique de Reims-Courcy (aérodrome), installée sur un site plat dans une

dépression. Les données qui y sont mesurées sont en moyenne plus fraîches que dans les stations du vignoble (Madelin, 2004).

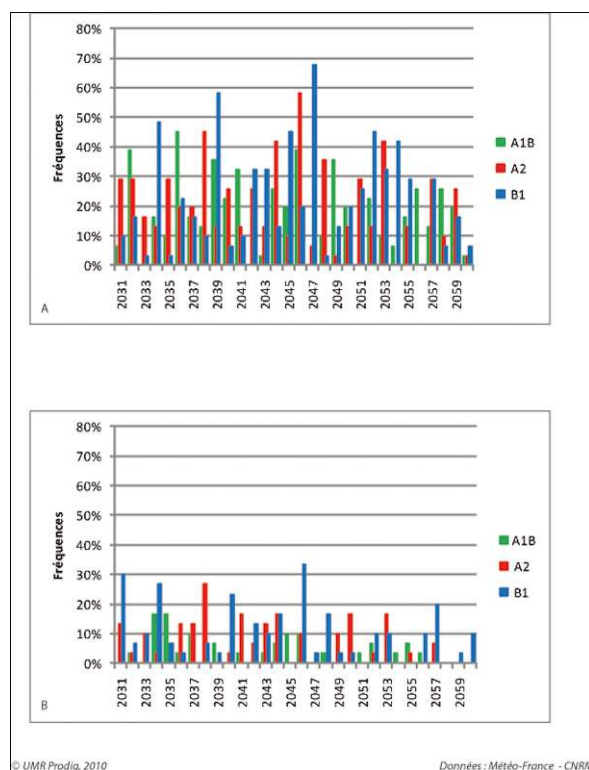
- 26 Les simulations régionales utilisées dans le cadre de cette étude, sont issues d'une désagrégation spatiale dynamique et les données observées sur le terrain ne sont pas prises en compte dans ces simulations d'où l'intérêt d'apprécier leur validité sur une période de contrôle. Ensuite, en tenant compte de ces biais récurrents, des simulations futures peuvent être effectuées dans une démarche prospective et critique qui tient compte des biais tout en admettant que les modèles sont les seuls outils permettant d'obtenir une information sur le possible climat du futur (Beltrando, 2010 ; Briche & al., 2010).
- 27 Pour les 3 scénarios, les moyennes de températures prévues varient autour de 14 à 16° C pour les années 2020-2040. On remarque par exemple, que pour le scénario pessimiste (A2), le modèle ne simule pas toujours les températures les plus élevées (ex. en 2038, c'est ce scénario qui donne les plus basses). Ce résultat, *a priori* étonnant, est compréhensible : il montre d'une part, qu'une sortie de modèle ne donne qu'une probabilité par rapport à une période donnée de quelques années (ici la moyenne thermique relativement basse de 2038 indique simplement qu'une telle valeur est simulée par le modèle vers les années 2030, ce qui traduit la variabilité naturelle du climat) ; d'autre part, que la variabilité climatique n'est pas un phénomène linéaire et que, dans un contexte de réchauffement, il ne faut pas exclure des années moins chaudes (et probablement une augmentation de la variabilité interannuelle).
- 28 En revanche, pour les dernières décennies du XXI^e siècle, c'est bien le modèle A2 qui donne les valeurs les plus éloignées des années actuelles avec des écarts qui seraient, dans ce cas de figure, supérieurs de 4° C par rapport aux dernières décennies du XX^e siècle qui ont déjà été chaudes. A l'opposé, pour le scénario B1 (optimiste), les moyennes pluriannuelles seraient assez proches de celles calculées pour Reims à la fin du XX^e siècle, mais les courbes montrent une assez grande variabilité interannuelle des valeurs.

Les épisodes extrêmes froids printaniers et chauds estivaux

Aléas extrêmes de froids printaniers probables dans le futur

- 29 La figure 7 montre la fréquence d'apparition des températures minimales inférieures à -2° C en mars et avril entre 1931 et 1960. Pour le mois de mars (figure 7A), il n'y a pas de différence nette d'un scénario à l'autre dans la simulation des températures inférieures à -2°C, surtout à partir des années 2040. Dans un contexte de changement climatique (printemps en moyenne plus chaud), le débourrement pourrait être plus précoce : avec cette hypothèse, les températures minimales de mars pourraient provoquer des gels dommageables sur les bourgeons en avance par rapport à la période actuelle. L'hypothèse d'un réchauffement n'exclut donc pas, *a priori*, le risque de gel dommageable dans ce vignoble.

Figure 7 - Fréquence des températures minimales journalières inférieures à -2°C en mars (A) et avril (B) de 2031 à 2060



© UMR Prodig, 2010

Données : Météo-France - CNRM

Calcul à partir des données pour la maille du modèle ARPEGE-Climat (Retic) couvrant le vignoble de la Marne. Résultats obtenus à partir des données maximales quotidiennes de températures (°C) pour les 3 scénarios de simulations B1, A1B et A2.

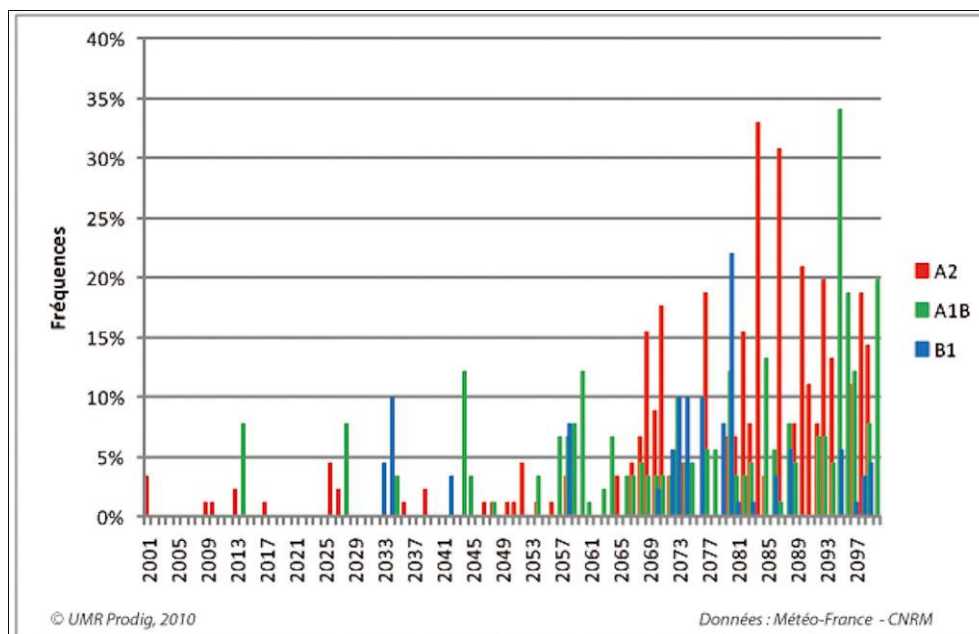
Source : Météo-France – CNRM)

- 30 Conformément aux scénarios, la logique du réchauffement est respectée pour le mois d'avril (figure 7B) : sur les trente années montrées (1931-1960), les fréquences de températures journalières inférieures ou égales à -2°C sont plus nombreuses que pour le scénario B1 et moins nombreuses pour le A2. Cette courbe montre également une forte variabilité interannuelle pour les décennies futures.

Aléas extrêmes chauds estivaux probables dans le futur

- 31 D'après les sorties du modèle ARPEGE-Climat (Retic), les aléas thermiques extrêmes estivaux dommageables pour la vigne augmenteront dans le futur (figure 8). Ce phénomène aura tendance à être nettement plus fréquent à partir des années 2060-2070, période où il sera progressivement plus marqué pour le scénario A2 que pour les deux autres. Dans ce cas de figure, les « coups de chauds » pourront entraîner des dommages estivaux tels que l'échaudage des baies ou la perturbation de la synthèse des tanins.

Figure 8 - Fréquence des températures estivales quotidiennes (juin à août) supérieures à 35 °C simulées par le modèle ARPEGE-Climat (Retic) pour la maille de 50 km de côté couvrant le vignoble de la Marne



Résultats obtenus à partir des données maximales quotidiennes de températures (° C) pour les 3 scénarios de simulations futures B1, A1B et A2.

Données Météo-France - CNRM

De l'adaptation agronomique au bouleversement pour toute une profession

- 32 Plusieurs techniques agronomiques pourront permettre d'atténuer les effets du changement climatique (choix du porte greffe, technique et date de taille des ceps, ..). En revanche, dans l'hypothèse d'un fort réchauffement à partir des années 2006-70, d'autres solutions plus radicales pourraient être envisagées tel le changement de cépages ou le déplacement des zones de production. Lors de l'Optimum médiéval, la vigne était largement cultivée dans le sud de l'Angleterre, puis elle fut abandonnée au XVI^e siècle avec l'entrée dans le petit Age Glaciaire. Aujourd'hui la vigne est à nouveau plantée dans cette région et les vignobles du West Sussex produisent un vin mousseux à partir des mêmes cépages qu'en Champagne et sur un sol et un sous sol crayeux proches... Mais, manifestement au vu des simulations actuelles, il n'y a pas lieu d'envisager de telles solutions rapidement.
- 33 Le vignoble de Champagne est un vignoble classé en Appellation d'Origine Contrôlée (AOC), ce qui suppose à la fois l'existence d'un sol spécifique (et donc d'un substrat géologique et pédologique), d'un climat (qui dans l'hypothèse de ce changement pourrait se déplacer à quelques centaines de km hors de la région de classement actuel), mais aussi d'un système de cultures et de techniques acquis au fil du temps par les hommes sur un espace bien délimité.

Conclusion

- 34 En Champagne comme dans d'autres terroirs de la métropole, l'analyse des stades phénologiques de la deuxième moitié du XX^e siècle met en évidence une tendance au raccourcissement de la période entre la floraison et la récolte à partir de la fin des années 1980. Si l'on se réfère aux résultats produits par les modèles climatiques pour le XXI^e siècle (tendance pluriannuelle positive des moyennes thermiques, augmentation de la fréquence et de l'intensité des températures chaudes extrêmes), ce phénomène devrait se poursuivre dans les décennies à venir. Pour les trois scénarios d'évolution socio-économique pris en compte ici (B1, A1B, A2), l'analyse des résultats fournis par le modèle ARPEGE-Climat (Retic) de Météo-France, devrait se traduire dans le vignoble par une tendance à la précocité de la maturité par rapport à la situation actuelle, ce qui pourrait perturber les équilibres traditionnels du vin. Le risque de gel dommageable du printanier pourrait ne pas diminuer en raison d'un débourrement plus précoce en mars, période où le modèle simule, pour les trois scénarios utilisés, des températures inférieures à -2°C jusqu'à la fin du siècle.
- 35 Les sorties des modèles numériques simulant le climat futur, en prenant en compte la variabilité inter saisonnière, montrent que les tendances thermiques du futur ne sont pas linéaires. Par exemple pour les trois prochaines décennies, le scénario modéré (B1) peut donner certaines années des fréquences d'apparition de températures moyennes plus importantes que le scénario pessimiste (A2), ce qui montre que les modèles intègrent la variabilité naturelle du climat. Mais, progressivement, vers les dernières décennies du siècle, c'est le scénario A2 qui se traduira par la plus forte augmentation des températures maximales avec des maximales qui devraient dépasser 35° C pour 18 à 20 % des jours d'été à l'horizon 2071-2100. Si cela se vérifie, les viticulteurs devront progressivement adapter de nouvelles techniques de conduite agronomique afin de maintenir la typicité des vins. Mais passé un certain seuil, le vignoble pourra-t-il s'adapter à ces changements environnementaux ?

BIBLIOGRAPHIE

- Barbeau G., 2007. Climat et vigne en moyenne vallée de la Loire, France. *Congrès sur le climat et la viticulture. Saragosse, Espagne, 10-14 avril, seconde session "climat et terroir"*, p. 96-101
- Becker N.J., 1978. Recherches expérimentales sur l'influence du microclimat sur la composition des baies de raisin et de la qualité de la récolte. *Symposium International " Ecologie de la Vigne " Constantza (Roumanie)*, p. 113-121.
- Beltrando G., 1998. Les gelées printanières en Champagne viticole : Quelques résultats obtenus à partir d'un nouveau réseau de stations automatiques. *La Météorologie*, VIIIe série, 21, p. 30-43

- Beltrando G., 2010. Les géographes - climatologues français et le changement climatique aux échelles régionales, *EchoGéo* [En ligne], Sur le vif 2010, mis en ligne le 12 avril 2010, URL : <http://echogeo.revues.org/11816>
- Branas J., Bernon G. & Levadoux L., 1946. *Eléments de viticulture générale*. Montpellier, Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier, 400 p.
- Briche E., Beltrando G., Kergomard C. & Quénol H., 2009. Utilisation des sorties du modèle numérique ARPEGE-Climat pour la simulation d'un indice bioclimatique jusqu'à la fin du XXI^e siècle dans le vignoble de Champagne. In Foltete J.-C. (dir.), *Actes des Neuvièmes Rencontres de Théo Quant*, Besançon. URL : <http://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/2009/TQ2009%20ARTICLE%2033.pdf>
- Briche E., Madelin M., Beltrando G., Kergomard C., 2010. Analyse comparative des températures extrêmes de 1950 à 2100 issues du modèle ARPEGE-Climat et LMD : Intérêt pour l'activité viticole champenoise, *La Climatologie*, sous presse.
- Carbonneau A., 1992. *Météorologie et viticulture*. Rapport pour le WMO/TD 484, 72 p. URL : <http://www.wamis.org/agm/pubs/CAGMRep/CAGM42A.pdf>
- Carbonneau A., 1996. Interactions "Terroir x Vigne", facteurs de maîtrise du micro-environnement et de la physiologie de la plante en rapport avec le niveau de maturité et les éléments de typicité. *Actes de Colloque " Terroirs viticoles - Concept, Produit, Valorisation "*. Angers 17-18/07/1996. URVV-Angers /ISVV-Montpellier. p. 147-153.
- Chabin J.-P., Madelin M. & Bonnefoy C., 2007. Les vignobles beaunois face au réchauffement climatique. Colloque *Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ?* Dijon, 28-30 mars, 13 p. URL : http://www2.u-bourgogne.fr/chaireunesco-vinetculture/Actes%20clima/Actes/Article_Pdf/Chabin.pdf
- Constantinescu G., 1967. Méthodes et principes de détermination des aptitudes viticoles d'une région et du choix des cépages. *Bulletin de l'OIV*, 441, p. 1179-1205.
- Crespy A., 1992. *Viticulture d'aujourd'hui*. 2^{ème} édition, Lavoisier, 240 p.
- Déqué M., Dreveton C., Braun A., Cariolle D., 1994. The ARPEGE-IFS atmosphere model: a contribution to the French community climate modelling. *Climate Dynamics*, 10, p. 249-266
- Déqué M. & Piedelievre J.-P., 1995. High-Resolution climate simulation over Europe. *Climate Dynamics*, 11, p. 321-339.
- Dokoolzian N.K. & Bergqvist J.A., 2001. Influence of sunlight exposure on the berry growth and composition of two reds cultivars. In *Proceedings of the 12th GESCO Conference* (Montpellier), 1, p. 77-84.
- Dufresne J.-L., Salas y Mélia D., Denvil S., Tyteca S., Arzel O., Bony S., Braconnot P., Brockmann P., Cadule P., Caubel A., Chauvin F., Déqué M., Douville H., Fairhead L., Fichefet T., Foujols M.-A., Friedlingstein P., Grandpeix J.-Y. & Guérémy J.-F., 2006. Simulation du climat récent et futur par les modèles du CNRM et de l'IPSL. *La Météorologie*, 55, p. 45-59.
- Ganichot B., 2002. Évolution de la date des vendanges dans les Côtes du Rhône méridionales, in *Actes des 6e Rencontres rhodaniennes*, Institut Rhodanien, Orange, p. 38-41.
- Huglin P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. In : *CR Acad. Agr. France*, 64 (13), p. 1117-1126.
- Huglin P., 1986. *Biologie et écologie de la vigne*. Paris, Ed. Payot Lausanne, TEC & DOC, 371 p.

IPCC, 2007. *Climate Change: The Physical Science Basis*. Summary for Policymakers, Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat (<http://www.ipcc.ch/>).

Jones G.V., White M.A., Cooper O.W. & Storchmann K., 2005. Global climate change and wine quality. *Climate Change*, 73, p. 319-343.

Kittel, T.G.F., Giorgi, F. & Meehl, G.A., 1998. Intercomparison of regional biases and doubled-CO₂ sensitivity of coupled atmosphere-ocean general circulation model experiments. *Clim. Dyn.*, 14, p. 1-15.

Madelin M., 2004. *L'aléa gélif printanier dans le vignoble marnais en Champagne*. Thèse de Doctorat, Paris VII, 17/12/04, 353 p.

Matus J. T., Loyola R., Vega A., Peña-Neira A., Bordeu E., Arce-Johnson P. & Alcalde J. A., 2006. Post-veraison sunlight exposure induces MYB-mediated transcriptional regulation of anthocyanin and flavonol synthesis in berry skins of *Vitis vinifera*, *Journal of Experimental Botany*, 60-3, p. 853-867.

Moisselin J.-M., Schneider M., Canellas C. & Mestre O., 2002. Les changements climatiques en France au XXe siècle. étude des longues séries homogénéisées de température et de précipitations, *La Météorologie*, 38, p. 45-56. Disponible à : <http://www.smf.asso.fr/Ressources/Moisselin38.pdf>

Pettitt A. N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*, 28, p. 126-135.

Seguin B. & Stengel P., 2002. Changement climatique et effet de serre. *INRA Mensuel*, dossier n° 113, juin 2002, 20 p.

Seguin B., 2004. Le réchauffement climatique récent en France. Impact et conséquence sur la culture des arbres fruitiers et de la vigne, Lettre n°16 PIGB-PMRC;

Smart R.E., 1976. *Implication of the radiations microclimate for productivity of vineyards*. Thesis Comel. Univ. Ithaca, New-York, 174 p.

Tonietto J. & Carbonneau A., 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124, p. 81-97.

Tonietto J., 2000. *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France. Méthodologie de caractérisation*. Montpellier – Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSAM), thèse de doctorat, 233 p.

Winkler A. J., 1962. *General viticulture*. University of California, 633 p.

Sites Internet consultés :

Comité Champagne - CIVC : <http://www.champagne.fr/fr/economie.aspx>

Météo-France – climat : <http://climat.meteofrance.com/>

RÉSUMÉS

Dans le vignoble de Champagne, le changement climatique, perceptible depuis la fin des années 1980, se manifeste par une tendance à la précocité des stades phénologiques et par une amélioration de la qualité des raisins vendangés. Mais cette évolution interpelle le milieu professionnel car, si elle se poursuit, elle pourrait devenir néfaste pour la qualité de la

production de raisin (chaleur estivale trop importante, taux d'alcool élevé...). Afin d'apporter des éléments de réponse sur l'évolution des températures (moyennes et extrêmes quotidiens) dans un contexte d'augmentation de la concentration en gaz à effet de serre, les données de température quotidiennes calculées par le modèle numérique ARPEGE-Climat (Retic) de Météo-France sont validées par comparaison avec celles mesurées à Reims-Courcy sur la période 1950-2006. Puis, les simulations obtenues sur la période 2001-2100 par ce modèle sont analysées pour les trois scénarios les plus couramment utilisés par l'IPCC [B1 (optimiste), A1B (intermédiaire), A2 (pessimiste)]. Les résultats montrent une tendance non linéaire vers un réchauffement de l'air mais aussi une grande variabilité des températures d'un scénario à l'autre. A partir des années 2060, les modèles fournissent des prévisions de températures qui, auront des répercussions majeures sur l'activité vitivinicole, surtout pour le scénario pessimiste (A2).

In Champagne vineyard, Climate Change already observed since the end of 1980's, showed by precocity of phenology as harvests and quality improvement of grapes. This temporal evolution calls out to wine growers because if this evolution continues, it could become harmful to grape production quality (summer heat waves, lack of water, high alcohol rate...). In the aim to find responses concerning temperature evolution (means and daily extremes) in a context of greenhouse concentration rise, daily temperature data calculated by ARPEGE-Climate model (Météo-France) are validated by comparison to Reims-Courcy station on period control from 1950 to 2000. Secondly, future simulations from 2001 to 2100 are discussed under the IPCC emission scenarios [B1 (optimistic) A1B (moderate) and A2 (pessimistic)]. Results show non linear trend with an air temperature warming but also significant temperature variability according to scenario. Temperature simulations of 2060's could provoke severe damages on vineyard activity, particularly for A2 scenario.

INDEX

Mots-clés : Vignoble de Champagne, changement climatique, stades phénologiques, simulation des extrêmes thermiques, ARPEGE-Climat (Retic)

Keywords : Champagne vineyard, climate change, phenology, thermal extreme simulations, ARPEGE-Climate model (Retic).

AUTEURS

GÉRARD BELTRANDO

Gérard Beltrando est Professeur de géographie à l'Université Paris-Diderot et membre de l'UMR 8586 du CNRS (PRODIG), en détachement (2009-2010) à l'UMR 6554 du CNRS (équipe COSTEL, Rennes). Il travaille dans le domaine de la climatologie appliquée aux échelles régionales et locales (vignoble, pollution de l'air en milieu urbain...) beltrando@univ-paris-diderot.fr

ELODIE BRICHE

Elodie Briche est doctorante et membre de l'UMR 8586 du CNRS (PRODIG), sa recherche porte sur le changement climatique dans le vignoble de Champagne, au sein de l'ANR Terviclim. elodie.briche@univ-paris-diderot.fr