

Impact du réchauffement sur les étapes phénologiques du développement du Grenache et de la Syrah dans les Côtes du Rhône et les Côtes de Provence (1976-2000)

Sandrine BELLIA ¹, Annick DOUGUEDROIT ¹ et Bernard SEGUIN ²

¹ Institut de Géographie, UMR 6012 ESPACE, Université de Provence,
29 avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence, France
s_bellia@hotmail.com ; annickd@up.univ-aix.fr

² INRA, Domaine Saint-Paul, site Agroparc, 84914 Avignon, France
bernard.seguin@avignon.inra.fr

Résumé

L'objectif de cette recherche est la mesure de l'influence sur les dates des principales étapes phénologiques des vignobles des AOC des Côtes du Rhône méridionales Villages et des Côtes de Provence, du réchauffement des dernières décennies du 20^e siècle. Un modèle, le MSD-Vigne, a été spécialement mis au point pour cette étude à partir de modèles déjà existants. Il simule les processus majeurs de développement de la vigne à partir du temps thermique et prend en considération la notion de cépage. Il divise l'ontogénie de la culture en quatre étapes : le mi-débourrement (50% pointes vertes), la mi-floraison (50% de fleurs), la mi-véraison (50% de grappes verrées) et la récolte théorique. Toutes les étapes phénologiques du Grenache présentent une avancée significative (à 5% près d'après le test de Kendall) de leurs dates, entre 1976 et 2000, qui atteint une quinzaine de jours pour la récolte théorique passée des alentours du 10 septembre à la fin du mois d'août. Les vignobles en Syrah des Côtes du Rhône et ceux en Grenache des Côtes de Provence (Haut Pays) présentent des caractéristiques identiques. Le réchauffement climatique a induit une avancée générale des dates des étapes phénologiques des vignobles du sud-est de la France, à l'est du Rhône.

Mots-clés : Dates de récolte, Grenache, Syrah, Influence du réchauffement

* * *

Le réchauffement de ces dernières décennies (IPCC, 2007a) a une influence sur les processus biologiques et, par voie de conséquence, sur le cycle phénologique des productions végétales, en particulier agricoles, que l'on commence à mieux déterminer (IPCC, 2007b). Il s'agit ici d'en mesurer l'influence sur les dates des principales étapes phénologiques de certains vignobles du sud-est de la France, les AOC des Côtes du Rhône méridionales Villages et des Côtes de Provence. En effet, le cycle végétatif de la vigne étant fortement lié à la température de l'air et du végétal (Perarnaud et Raynal, 1991 ; Delécolle *et al.*, 1998), il est susceptible de se raccourcir si les températures augmentent (Adams *et al.*, 1999 ; Bindi *et al.*, 1996 ; Deudon, 2001 ; Lebon, 2002 ; Yana, 1999). Pour vérifier ce qu'il en est dans les deux régions mentionnées plus haut, nous avons utilisé le modèle MSD-Vigne (Modélisation Statistique du Développement de la Vigne) pour simuler les processus majeurs du développement de la vigne à partir du temps thermique et en prenant en considération la notion de cépage, Grenache et Syrah

I. Les données utilisées

I.1. Les parcelles viticoles des cépages Grenache et Syrah

Le vignoble des Côtes du Rhône méridionales s'étend sur 15 130 ha, dont 7 900 ha en AOC Côtes du Rhône Villages, sujet de cette étude (Interprofession des vins AOC Côtes du Rhône, 2001a). Nous avons utilisé les résultats du suivi phénologique et de maturité mené sur quarante-quatre parcelles par l'Institut Rhodanien (figure 1). Les corrélations entre les dates de débourrement et de floraison ont montré que toutes les parcelles suivent bien la même variation interannuelle.

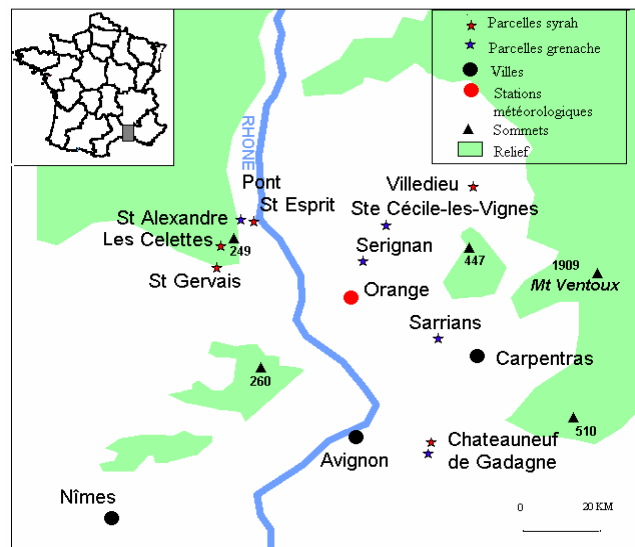


Figure 1. Localisation des parcelles viticoles des cépages Grenache et Syrah pour l'AOC Côtes du Rhône méridionales

L'Appellation Côtes de Provence, quant à elle, est représentée par l'un de ses cinq terroirs, celui du « Haut pays » (la vallée intérieure, longue dépression dite « Permienne », contournant le massif des Maures). Les résultats proviennent du recensement des indicateurs de maturité de deux parcelles (figure 2).

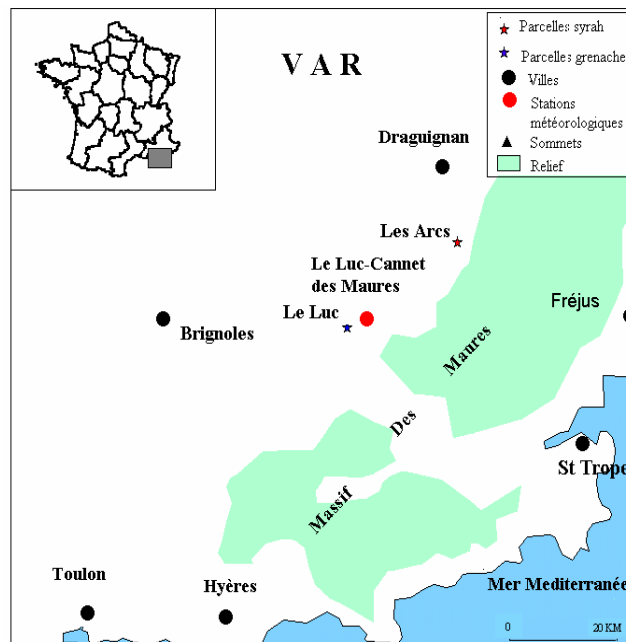


Figure 2. Localisation des parcelles viticoles des cépages Grenache et Syrah pour l'AOC Côtes de Provence

Les stades du suivi phénologique considérés comme les plus importants ont seuls été retenus ici, chacun pour les deux cépages (Carbonneau *et al.*, 1992). Ce sont le mi-débourrement (50 % de pointes vertes, stade C de Baggioini), la mi-floraison (50 % de fleurs), la mi-véraison (50 % de grappes verrées) et la récolte ou le prélèvement des indicateurs de maturité qui peuvent être assimilés à des dates de récolte. La date de récolte ou de vendange est définie par les propriétaires viticoles. Elle ne correspond pas obligatoirement à la valeur maximale de teneur en sucre. Elle peut être faite plus tôt (Carbonneau *et al.*, 1992), généralement lorsque les viticulteurs obtiennent un taux de sucre «standard» qui est de 180-200 g/l soit 11-12 degré alcoolique (communication orale de Christophe Riou, Directeur de l'Institut Rhodanien, 2001). Ici, la « date de récolte théorique » est la valeur moyenne régionale. Ce dernier stade est le seul disponible pour l'AOC Côtes de Provence. La période couverte, mais de façon inégale selon les parcelles, est 1976-2000.

1.2. Les données climatiques

La vigne est une plante sensible à différents facteurs naturels et humains. La qualité du raisin et du vin dépend des facteurs naturels, tels que le climat et le terroir, mais aussi de facteurs humains comprenant les facteurs biologiques (cépages), culturels (conduite, protection phytosanitaire) et les procédés œnologiques (Tonietto, 1999 ; Toussaint, 2001). Les facteurs naturels restent prépondérants, en particulier le climat. De nombreuses études ont démontré que l'apparition des principaux stades phénologiques est, sous des conditions non limitées en eau et en fertilisation, fortement dépendante de la température de l'air ou du végétal (Perarnaud et Raynal, 1991 ; Carbonneau *et al.*, 1992 ; Riou, 1994 ; Castelan-Estrada, 2001). Cette température est exprimée en somme de degrés-jours (DJ) (Castelan-Estrada, 2001 ; Perarnaud et Raynal, 1991) :

$$DJ = \sum (T_{moy} - T_b) \quad (1)$$

avec T_{moy} : température moyenne journalière et T_b : température de base ou seuil de température apparente correspondant « à la notion du zéro de végétation, c'est-à-dire la température au-dessous de laquelle le végétal demeure à l'état de vie latente » (Perarnaud et Raynal, 1991). Il n'est pas défini d'une manière très rigoureuse. Les seuils de 5°C du 1^{er} janvier au débourrement et de 10°C du débourrement à la maturité sont utilisés par commodité (Carbonneau *et al.*, 1992).

Les stations météorologiques utilisées sont les suivantes : Chateauneuf-de-Gadagne (1990-1997, Source : CIRAME), Orange et Le Luc-Cannet des Maures (1976-2000, Source : Météo-France). Celles-ci n'étant pas au contact de la végétation du vignoble, ce qui pourrait influencer les relations mesurées avec les phénomènes biologiques observés (Carbonneau *et al.*, 1992), nous avons choisi, pour la mise au point du modèle, d'utiliser aussi la station de Chateauneuf-de-Gadagne en dépit de sa courte série.

Les régimes des températures des stations du Luc-Le Cannet des Maures et d'Orange sont très proches, avec une amplitude annuelle inférieure et des températures hivernales plus basses à Orange (figure 3).

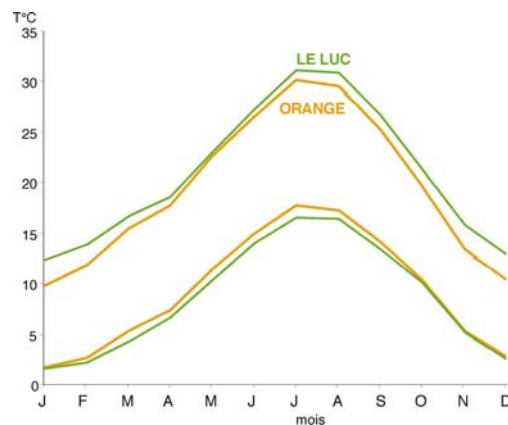


Figure 3. Moyennes mensuelles des températures minimales et maximales d'Orange et du Luc-Cannet des Maures de 1976 à 2000 (Source : Météo France)

II. La méthodologie

Les observations faites sur les parcelles des Côtes du Rhône et de Provence sont soit de courte durée, soit lacunaires, soit limitées à deux, voire un stade. Il n'est donc pas possible de tirer des conclusions à partir des seules observations. D'où le recours à la modélisation avec la réalisation d'un modèle adapté à ces deux régions viticoles du sud-est de la France et aux deux cépages, le Grenache et la Syrah.

Le modèle MSD-Vigne est un modèle statistique qui simule les processus majeurs de développement de la vigne à partir du temps thermique et prend en considération la notion de cépage. Mis au point à partir de modèles déjà existants pour la région méditerranéenne et calé à l'aide de données parcellaires recueillies dans la vallée du Rhône et en Provence, il divise l'ontogénie de la culture en quatre étapes : le mi-débourrement (50 % pointes vertes), la mi-floraison (50 % de fleurs), la mi-véraison (50 % de grappes verrées) et la récolte théorique. Il est ainsi constitué de l'assemblage de quatre modèles relatifs au climat méditerranéen ou à l'encépagement des régions méditerranéennes qui, après avoir été testés sur les données relatives

aux cépages cités plus haut, sont apparus comme les plus pertinents. La comparaison entre les résultats de différents modèles déjà existants a permis la construction de MSD-Vigne.

La date de mi-débourrement est modélisée à partir de la relation $S = 3737 - 30.4138D$ où S est la somme des actions de croissance journalières et D le nombre de jours entre le 1^{er} janvier et la date de débourrement (Bindi *et al.*, 1997). Dans le cas de cette étude S est de 1 730 pour le Grenache et de 1 608 pour la Syrah. Il a été défini par application du modèle de Riou et Pouget (1992) qui est une fonction exponentielle (F) de réponse à la température (T) :

$$F = e^{0.07 T} - 1.91 e^{-0.126 T} \quad (2)$$

avec T : température moyenne journalière de l'air (°C).

La somme de la fonction F est calculée pendant une durée D à partir du 1^{er} janvier, jusqu'à atteindre une valeur W (unités-jours), soit cinquante-neuf unités-jours pour le Grenache et de cinquante-trois pour la Syrah en région méditerranéenne.

La date de mi-floraison est définie par l'apparition de la 17^e feuille sur la pousse principale (Bindi *et al.*, 1997).

La date de mi-véraison est calculée à partir de la somme des températures moyennes journalières supérieures à 10°C à partir de la date de débourrement D_p obtenue avec la formule de Pouget citée plus haut, ce qui correspond dans les cas étudiés à 1 228 pour le Grenache et de 1 168 pour la Syrah.

La date de récolte théorique est estimée à partir d'un ajout de quarante-trois jours pour le Grenache et de quarante jours pour la Syrah à la date de véraison définie à partir de la méthode de Tonietto (1999) (Carbonneau, communication orale, 2003). Cette méthode a donné les meilleurs résultats dans une comparaison avec une date de récolte théorique fondée sur l'Indice Héliothermique de Huglin (IH) qui détermine les exigences thermiques des cépages en vue d'atteindre un taux de sucre des raisins de l'ordre de 180-200 g/l, soit 11 ou 12 degrés alcooliques (la quantité de sucre est transformée en degré alcoolique en partant du principe que les levures de fermentations utilisent 17 g/l de sucre pour faire 1 degré alcoolique). Ce degré est défini comme valeur standard ou optimale selon Christophe Riou, Directeur de l'Institut Rhodanien (communication orale, 2001). Pour les cépages Grenache et Syrah, IH est égal à 2100 (Tonietto, 1999).

La succession des dates de chacune des étapes a fait l'objet d'une régression linéaire avec estimation du coefficient de pente de la droite et de sa significativité par le test de Kendall (Sneyers, 1960).

III. Évolution des dates des étapes phénologiques du Grenache (AOC Côtes du Rhône méridionales) entre 1976 et 2000

Entre 1976 et 2000, les dates en jours juliens des quatre étapes ont toutes avancé dans le temps.

III.1. Dates de mi-débourrement

Les dates de mi-débourrement ont avancé entre 1976 et 2000 d'une dizaine de jours d'après la pente de la droite de régression (-0.42 par an) qui est significative à 5 % près selon le test de Kendall (figure 4). Elles survenaient autour du 20 avril vers 1976 ; elles ont avancé jusque vers la première semaine du même mois à la fin du siècle.

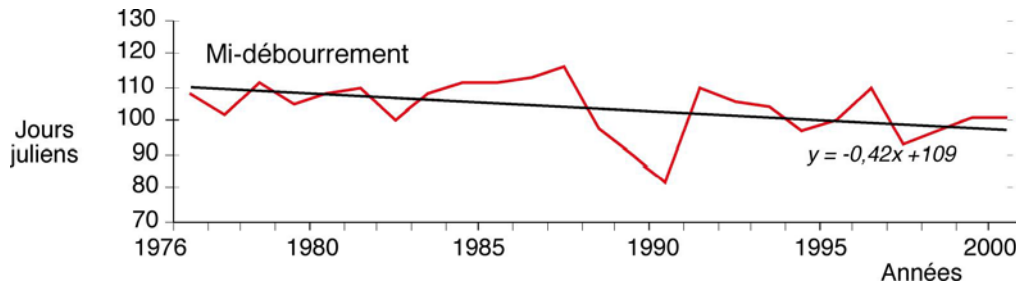


Figure 4. Évolution des dates de mi-débourrement du Grenache dans les vignobles des AOC Côtes du Rhône Villages (1976-2000)

III.2. Dates de mi-floraison

Elles ont avancé d'un nombre de jours très voisin de celles du mi-débourrement, passant de mi-juin au 4-5 du même mois (figure 5).

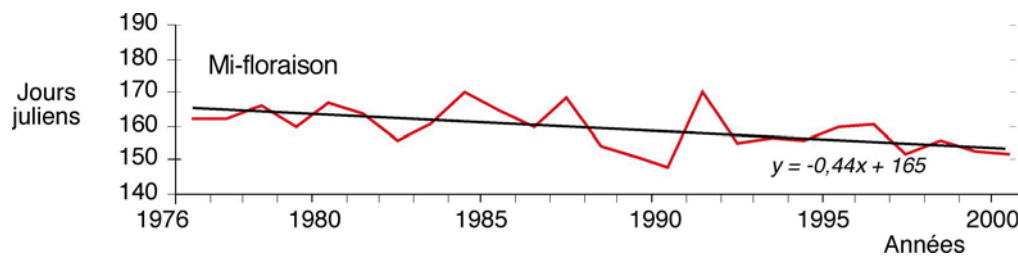


Figure 5. Évolution des dates de mi-floraison du Grenache dans les vignobles des AOC Côtes du Rhône Villages (1976-2000)

III.3. Dates de mi-véraison

Elles ont également avancé, mais d'une quinzaine de jours, soit plus que pour les deux étapes précédentes. Survenant au milieu du dernier demi-siècle après le 15 août, elles se produisent, à la fin du siècle, dans les premiers jours du même mois (figure 6).

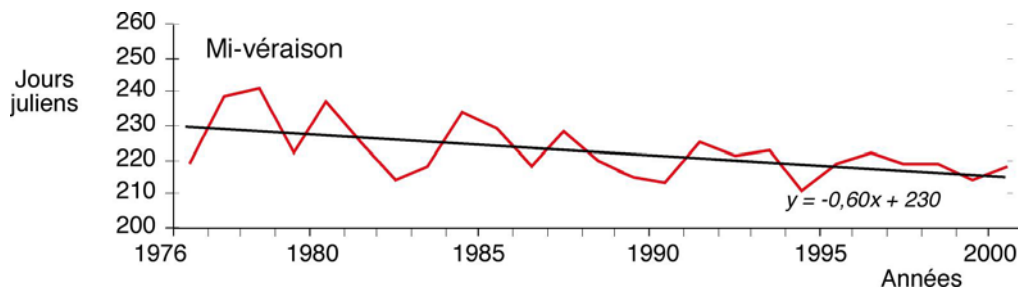


Figure 6. Évolution des dates de mi-véraison du Grenache dans les vignobles des AOC Côtes du Rhône Villages (1976-2000)

III.4. Dates de récolte

Elles ont avancé d'une quinzaine de jours, comme celles de la mi-véraison (puisqu'elles sont calculées à partir de celles-ci par un simple ajout d'une valeur constante), passant d'autour du 10 septembre à la fin d'août, vers le 25 (figure 7).

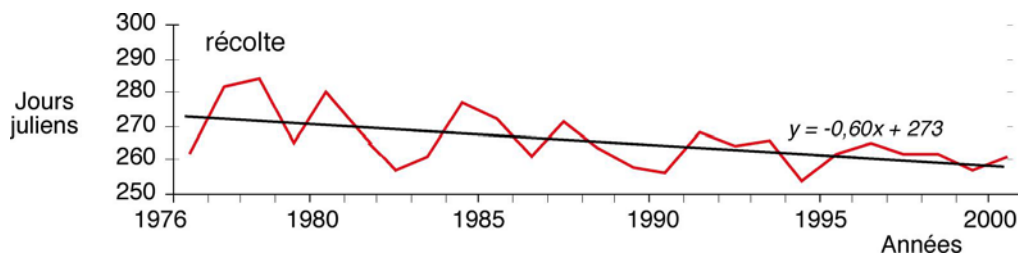


Figure 7. Évolution des dates de récolte du Grenache dans les vignobles des AOC Côtes du Rhône Villages (1976-2000)

III.5. Le cycle du Grenache

Le cycle du Grenache dans les vignobles des AOC Côtes du Rhône Villages se termine ainsi avant la fin du mois d'août (figure 8). La tendance à la plus grande précocité de ces stades est significative d'après le test de Kendall (tendances négatives à 5 % d'erreur près). Cette évolution est en relation avec le réchauffement de ces dernières décennies (IPCC, 2007a).

La station météorologique d'Orange, la plus proche du vignoble, permet d'en apprécier l'ampleur (figure 9). Après une certaine stagnation autour de 13.5°C dans les années 1950, les températures moyennes annuelles, qui sont en général utilisées dans les modèles de production, augmentent depuis 1976 de façon significative. La tendance linéaire calculée d'après une équation de type $y = b + ax$ donne $T = 13.45^{\circ}\text{C} + 0.0452^{\circ}\text{C}/\text{an}$.

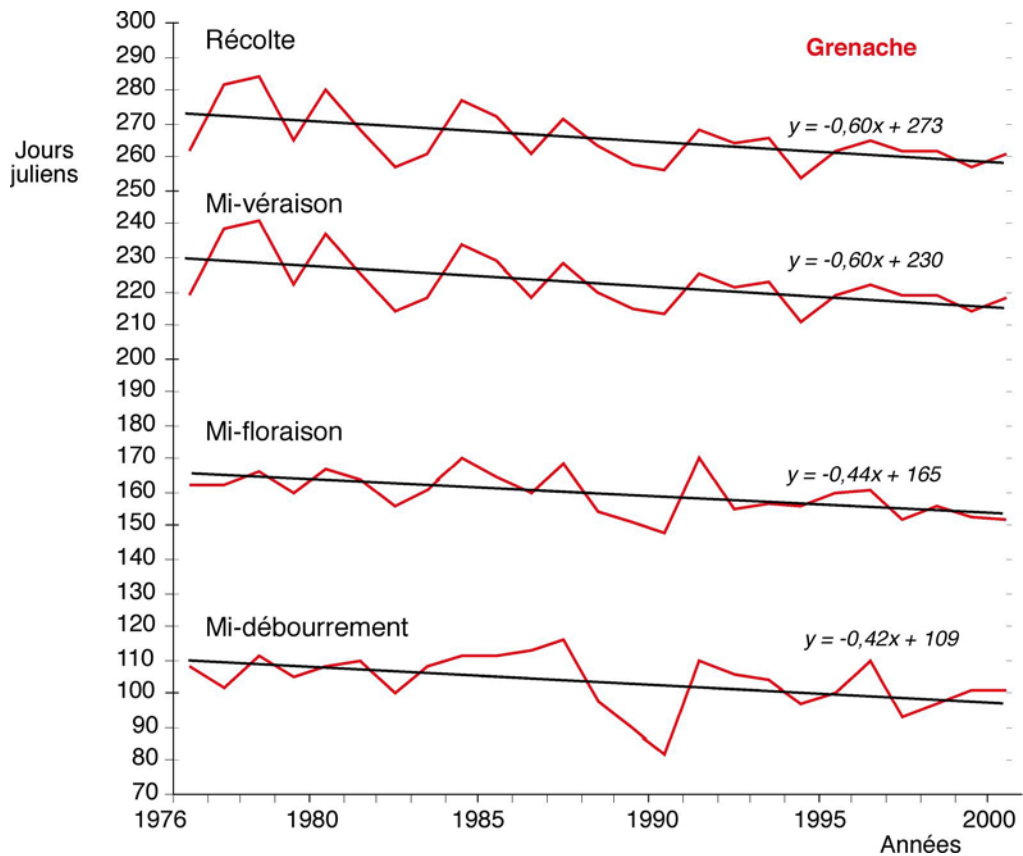


Figure 8. Évolution du cycle du Grenache dans les vignobles des AOC Côtes du Rhône Villages (1976-2000)

Mais une telle augmentation n'est pas régulièrement répartie sur toute l'année ; elle varie selon les mois (tableau 1).

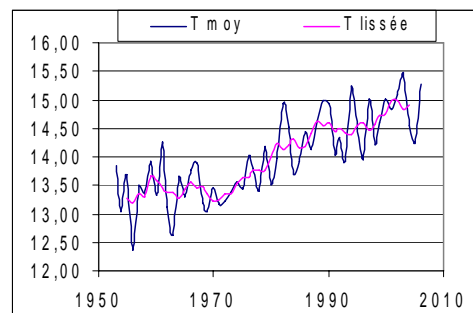


Figure 9. Évolution de la température moyenne annuelle à Orange entre 1951 et 2000 (Source : Météo France)

janvier	4.8°C+ 0.0234°C/an
février	5.9°C+ 0.0313°C/an
mars	8.9°C+ 0.0374°C/an
avril	12.1°C+ 0.019°C/an
mai	15.8°C+ 0.0367°C/an
juin	19.3°C+ 0.0409°C/an
juillet	21.9°C+ 0.0563°C/an
août	21.2°C+ 0.0671°C/an

Tableau 1. Augmentations des températures mensuelles à Orange de 1970 à 2000
 (Source : Météo France)

D'avril à mai, le réchauffement moyen mensuel est de l'ordre de 3/100° de degré par mois, alors qu'il est plus important en période chaude, croissant de juin à août. C'est à mettre en relation avec, d'une part, l'avancée des dates de toutes les étapes phénologiques du Grenache dans les Côtes du Rhône méridionales et, d'autre part, avec le décalage entre les deux premières, la dizaine de jours et les deux dernières, la quinzaine. De plus, la persistance de la durée de l'avancement entre mi-véraison et récolte n'est pas liée à l'évolution des températures, mais au modèle qui est fondé sur un nombre de jours fixe entre les deux stades successifs. Il est fortement probable que les dates de récolte théorique ainsi obtenues correspondent à des températures de plus en plus élevées et vraisemblablement à des degrés alcooliques eux aussi croissants. Ainsi la comparaison entre le nombre de degrés-jours atteints lors des dates de récolte estimées par le modèle et par l'Indice de Huglin montre-t-elle qu'il augmente moins vite que ce dernier (figure 10). D'après Domergue *et al.* (2003) IH a progressé depuis 1985 (il était alors compris pour le Grenache, dans le sud de la France, entre 2 100 et 2 300, ce qui correspond au climat tempéré-chaud) et a grimpé au début du siècle jusqu'à la valeur de 2 600 qui correspond au climat chaud.

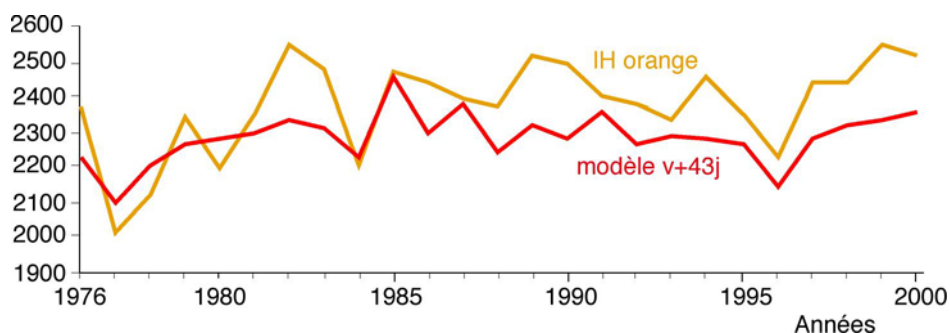


Figure 10. Comparaison entre l'évolution de la date de récolte du Grenache et l'Indice de Huglin (données de la station d'Orange) entre 1976 et 2000

IV. Comparaisons

IV.1. Grenache et Syrah dans les Côtes du Rhône méridionales

Les cycles phénologiques des deux cépages reproduits par le modèle MSD-Vigne pour la région viticole de l'AOC Côtes du Rhône Villages montrent que le Grenache est plus tardif que la Syrah. Son cycle est plus long d'une vingtaine de jours. À l'exception des dates de floraison,

proches pour les deux cépages (écart moyen de deux jours), tous les stades semblent décalés d'environ une semaine : l'écart moyen est de cinq jours pour le débourrement, de quatre ou cinq jours pour la véraison et sept ou huit jours pour la récolte théorique (figure 11). On retrouve les écarts notés par l'Interprofession des Vins AOC Côtes du Rhône (2001b) d'après laquelle les deux cépages ont une floraison identique et le Grenache arrive à maturité huit jours après la Syrah dans le sud méditerranéen. On retrouve, dans le cas de la Syrah comme dans celui du Grenache, un avancement des dates de ces étapes qui est significatif (Test de Kendall à 5 % près), à l'exception de celui de mi-débourrement de la Syrah.

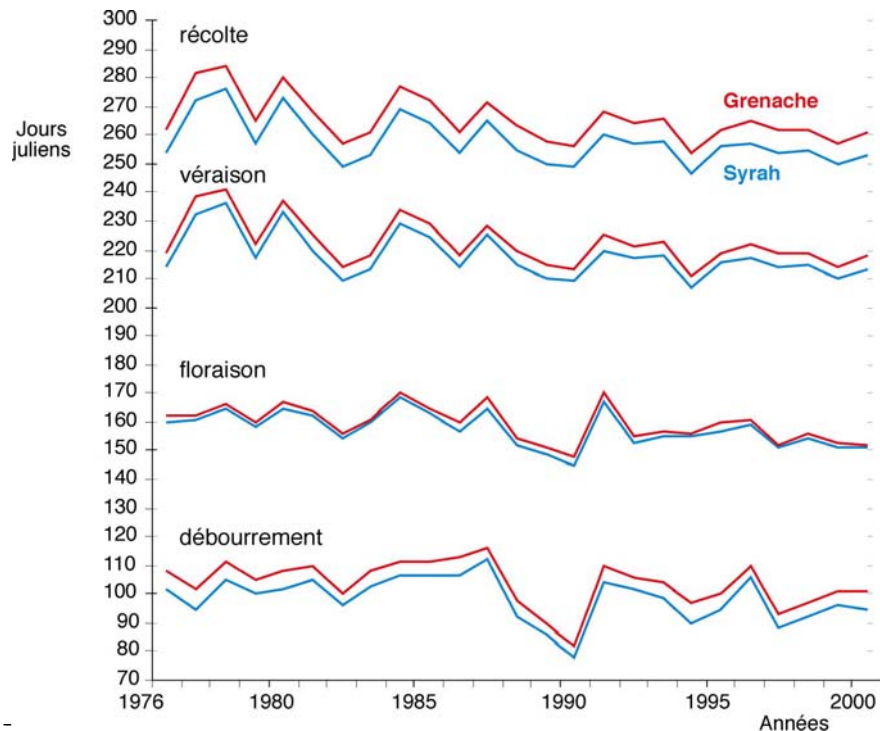


Figure 11. Comparaison entre les cycles du Grenache et de la Syrah dans les vignobles des AOC Côtes du Rhône Villages (1976-2000)

IV.2. Le Grenache dans les Côtes du Rhône méridionales et de Provence (Haut Pays)

Le Grenache représente également la plus grande surface de l'AOC Côtes de Provence (Haut Pays). Le modèle MSD-Vigne a été appliqué en utilisant les données de température de la station du Luc-Le Cannet des Maures (1976-2000). Il débourre plus tôt dans la vallée « permienne » de Provence intérieure que dans la vallée du Rhône plus froide en hiver, comme l'a montré la comparaison entre les deux stations d'Orange et du Luc (cf. I.2). Le décalage s'atténue lors de la mi-floraison et disparaît dans les stades ultérieurs. La récolte théorique se produit à la même date, les températures d'Orange ayant rattrapé celles du Luc. Toutes les étapes présentent, dans les deux régions, une avancée significative (au sens statistique) de leurs dates entre 1976 et 2000 (figure 12).

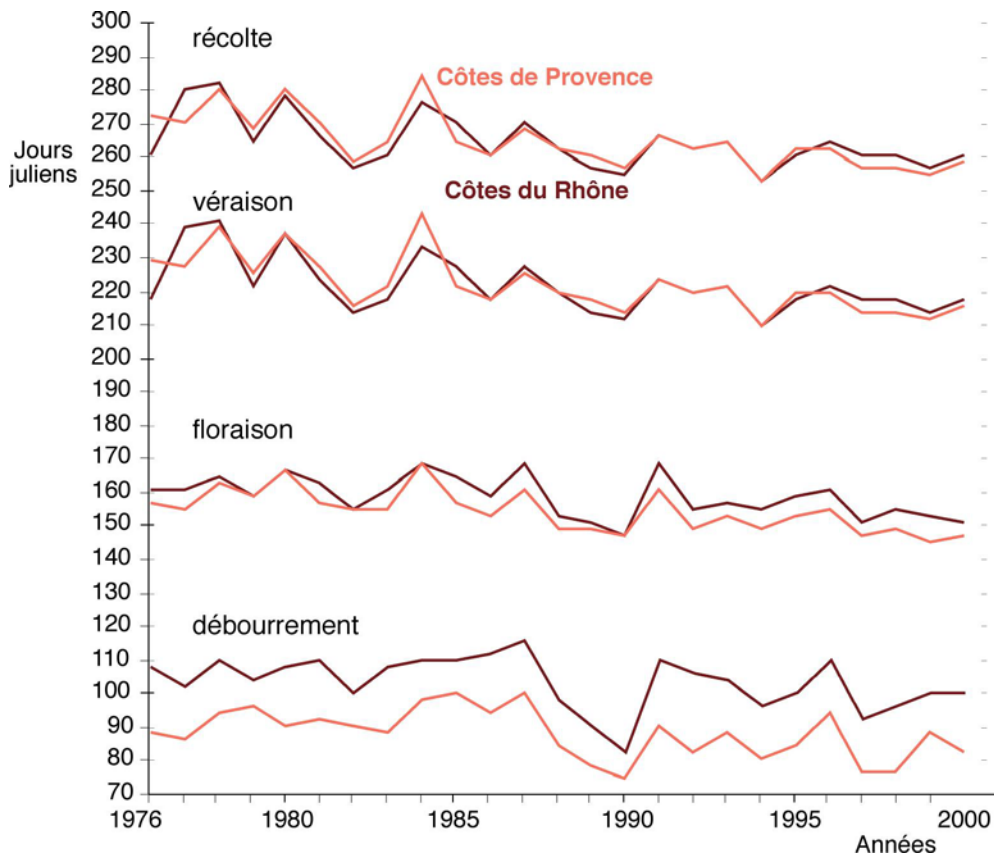


Figure 12. Comparaison entre les cycles du Grenache et de la Syrah dans les vignobles des AOC Côtes du Rhône Villages (1976-2000)

V. Conclusion

L'objectif de cette recherche était la mesure de l'influence sur les dates des principales étapes phénologiques de certains vignobles du sud-est de la France, les AOC des Côtes du Rhône méridionales Villages et des Côtes de Provence, du réchauffement des dernières décennies du XX^e siècle. Il a été atteint par l'utilisation du modèle MSD-Vigne spécialement mis au point pour cette étude. C'est un modèle statistique élaboré à partir de modèles déjà existants qui simule les processus majeurs de développement de la vigne à partir du temps thermique et prend en considération la notion de cépage. Il divise l'ontogénie de la culture en quatre étapes : le mi-débourrement (50 % pointes vertes), la mi-floraison (50 % de fleurs), la mi-véraison (50 % de grappes verrées) et la récolte théorique.

L'étude a porté plus spécialement sur les vignobles en Grenache des AOC Côtes du Rhône Villages méridionales. Toutes les étapes phénologiques présentent une avancée significative (à 5 % près d'après le test de Kendall) de leurs dates entre 1976 et 2000. Elle atteint une quinzaine de jours pour la récolte théorique qui est passée des alentours du 10 septembre à la fin du mois d'août. Les vignobles en Syrah des Côtes du Rhône et ceux en Grenache des Côtes de Provence (Haut Pays) présentent des caractéristiques identiques. Le réchauffement climatique a induit une avancée générale des dates des étapes phénologiques des vignobles du sud-est de la France, à l'est du Rhône dans ce cas.

Bibliographie

- Adams R.M., Hurd B.H. *et al.* (1999), A review of impacts to U.S. agricultural resources, Prepared for the *Pew Center on Global Climate Change*: 36.
- Bindi M., Fibbi L. *et al.* (1996), Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine, *Climate Research* 7: 213-224.
- Bindi M., Miglietta F. *et al.* (1997), A simple model for simulation of growth and development in grapevine (*Vitis vinifera* L.). I. Model description, *Vitis*, 36, 2: 67-71.
- Carbonneau A., Riou C. *et al.* (1992), *Agrométéorologie de la vigne en France*, Luxembourg, Centre Commun de Recherche, Commission des Communautés Européennes.
- Castelan-Estrada M. (2001), *Répartition de la biomasse chez Vitis vinifera L. ; rendement de conversion du rayonnement solaire global et coûts énergétiques*, Grignon, Institut National Agronomique, Paris-Grignon, 132 p.
- Delécolle R., Jayet P.A. *et al.* (1998), Agriculture française et effet de serre : quelques éléments de réflexion. Impacts potentiels du changement climatique en France au XXI^e siècle, *Mission interministérielle sur l'effet de serre*, pp. 82-88.
- Deudon O. (2001), Dossier Changements climatiques, « Quelles conséquences pour l'agriculture? Gaz à effet de serre : L'agriculture peut agir », *Perspectives Agricoles*, 166, pp. 44-50.
- Domergue M., de Cortazar I.G. *et al.* (2003), Le réchauffement récent du climat en France et ses conséquences pour l'agriculture, XVI^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Varsovie (Pologne).
- Inter-Rhône (2003), Tout sur les Côtes du Rhône.
- IPCC (2007a), Working Group 1, Download the summary for policymakers, www.ipcc.ch
- IPCC (2007b), Working Group 2, Download the summary for policymakers, www.ipcc.ch
- Lebon E. (2002), Changements climatiques : quelles conséquences pour la viticulture ? Évolution des techniques et production d'AOC en vallée du Rhône, *6e Rencontres rhodaniennes*, Orange, Institut Rhodanien, pp. 31-36.
- Perarnaud V. et Raynal N. (1991), Cours et Manuels n°4, *Agrométéorologie*. Toulouse, École Nationale de la Météorologie.
- Riou C. (1994), *Le déterminisme climatique de la maturation du raisin : application au zonage de la teneur en sucre dans la communauté Européenne*, La Commission Européenne.
- Riou C. et Pouget R. (1992), Nouvelles propositions pour évaluer la vitesse de débourrement des bourgeons de la vigne et modélisation de la date de débourrement, *Journal International des Sciences de la vigne et du vin*, 26, n°2, pp. 63-74.
- Sneyers R. (1960), *Sur l'analyse statistique des séries d'observations*, Note technique n°143, Organisation Météorologique Mondiale, Genève, Suisse.
- Tonietto J. (1999), *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*, Montpellier, École Nationale Supérieure Agronomique, 233 p.
- Toussaint F. (2001), *Les facteurs de qualité du raisin*, 2002.
- Yana N. (1999), Quel temps fera-t-il au XXI^e siècle?, *Références Maïs*, 6, pp. 80-82.