

## INFLUENCE DU CLIMAT LOCAL SUR LA VITICULTURE DANS LA PROVINCE DE MENDOZA (ARGENTINE)

QUENOL H.<sup>(1)</sup>, MADELIN M.<sup>(2)</sup>, LOUSSERT P.<sup>(1)</sup>, CORGNE S.<sup>(1)</sup>, GRASSIN M.<sup>(3)</sup>

(1) UMR6554 LETG CNRS, Université Rennes2, Place du recteur Henri le Moal 35043 Rennes (France).

[herve.quenol@uhb.fr]

(2) UMR 8586 PRODIG CNRS, Université Paris 7, Campus Paris Rive Gauche, Site Olympe de Gouges, bureau 775

(3) Bodega Alta Vista, Lujan de Cuyo, Argentine. [matthieu.grassin@altavistawines.com]

**Résumé** – Dans la Province de Mendoza, les études sur l'influence du changement climatique sur la viticulture montrent une corrélation positive entre les températures (minimales, maximales, sommes de degrés/jours) et le niveau de sucre dans les baies de raisin. Ces analyses agroclimatiques permettent d'avoir des informations pour mieux comprendre les relations entre le climat et la qualité des raisins dans le contexte du changement climatique. Les analyses des données climatiques issues des stations météorologiques ont montré une forte variabilité spatiale et temporelle des températures à l'échelle de la province de Mendoza. À une échelle plus fine, des capteurs de température et des stations météorologiques ont été installés dans plusieurs domaines viticoles argentins, plus particulièrement dans la bodega AltaVista (province de Mendoza). Les résultats ont montré des effets locaux sur le climat et sur les caractéristiques des raisins et des vins.

**Mots-clés** : climat local, extrêmes, Europe, transformée en ondelettes.

**Abstract** – *Local climate and viticulture in Mendoza area (Argentina)*. In the Province of Mendoza (Argentina), studies about the influence of climate change and viticulture show a positive correlation between the maximum / minimum temperatures, degree days, and the sugar level in berries. These agro-climatic analyses allow information to better understand the relationships between climate and the production of quality grapes in the context of climate change. Analyses of climate data from weather stations showed a strong spatial and temporal variability of temperatures at the scale of the Province of Mendoza. At a finest scale, temperature sensors and weather station networks were placed in several Argentine vineyard areas particularly in the AltaVista winery (Province of Mendoza). The results showed local effects on the climate and on the characteristics of grapes and wines.

**Keywords** : local climate, extremes, Europe, wavelet transform.

### Introduction

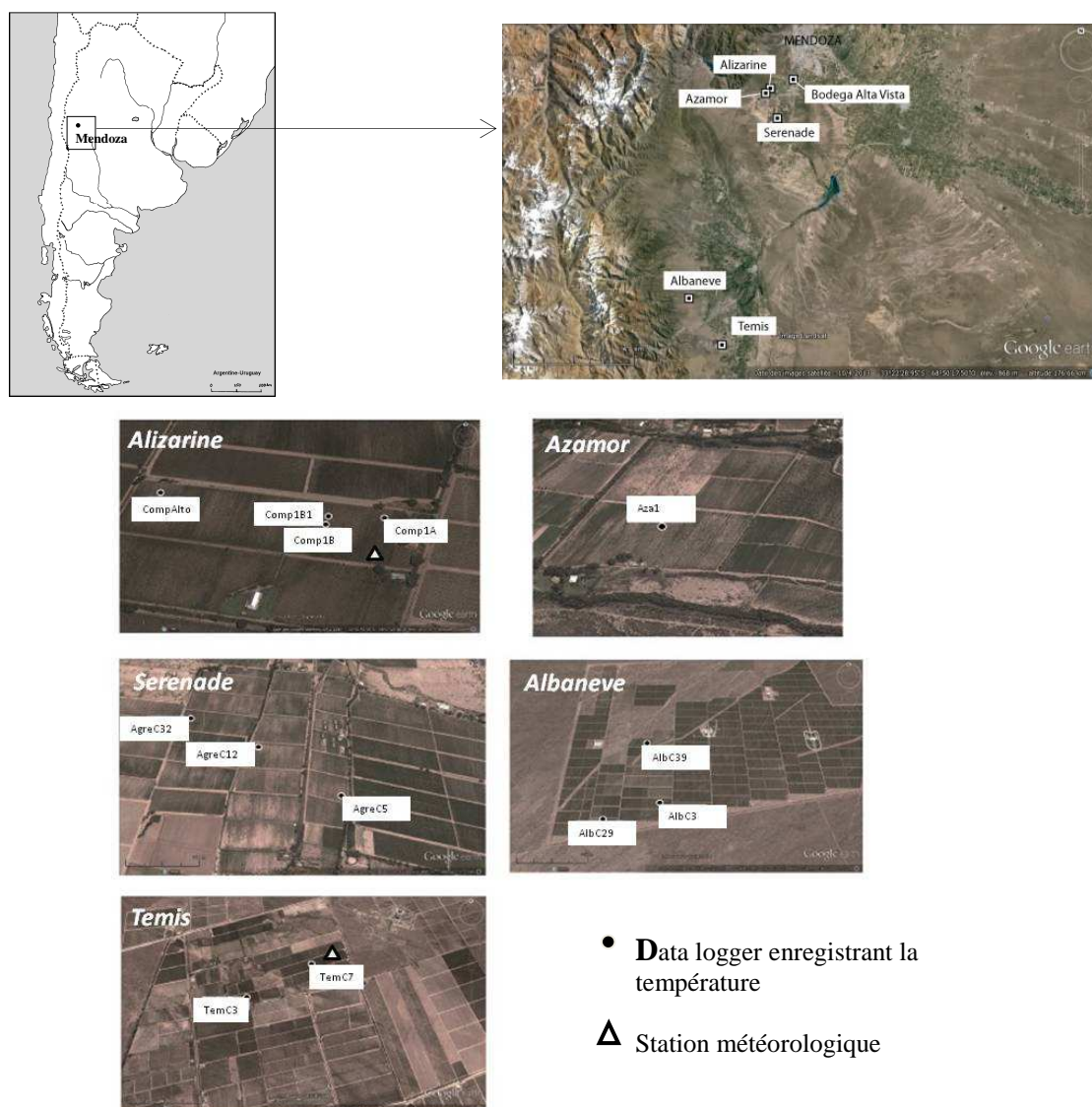
Les viticulteurs mettent en valeur la spécificité de leur terroir définie en partie par les climats locaux. La notion de terroir est, pour le viticulteur, un outil de commercialisation, car elle permet d'apporter une spécificité et une identité au vin. Les professionnels viticoles sont alors demandeurs d'outils et de techniques scientifiques pour évaluer les potentialités agroclimatiques, notamment à travers une meilleure connaissance des variations locales du climat afin d'adapter leurs pratiques vitivinicoles. Cette connaissance des climats locaux en relation avec la spécificité des vins est d'autant plus importante dans le contexte du changement climatique (Quénol *et al.*, 2014 ; Quénol et Bonnardot, 2014 ; Van Leeuwen *et al.*, 2004).

La démarche scientifique vise à mettre en place une méthodologie reposant sur des observations climatiques et agronomiques *in situ*, permettant d'évaluer la variabilité spatiale des paramètres atmosphériques à l'échelle d'un terroir (valeurs moyennes et extrêmes climatiques). Confrontée à des observations agronomiques (ex : stress hydrique, phénologie, taux de sucre, taux d'alcool, ...), l'étude climatique permet de déterminer le climat spécifique d'un terroir. En comblant le manque de données aux échelles fines, ce travail permet d'affiner les connaissances sur les modifications climatiques qui pourront apparaître dans les terroirs viticoles et donc, d'améliorer les estimations sur les possibles impacts économiques.

### 1. Matériel et méthode

Les vignobles d'Alta Vista s'étendent sur 220 hectares ; localisés dans plusieurs secteurs viticoles de Mendoza (Lujan de Cuyo, Tupungato, la Vallée de Uco), de Salta et de Cafayate. Afin de mieux caractériser le climat local et son effet sur la vigne, un dispositif des mesures climatiques (15 data-logger enregistrant la température et 3 stations météorologiques

complètes) et agronomiques a été mis en place dans les *fincas* (vignobles) d'Albaneve, Temis, Alizarine, Azamore et Serenade dans la Province de Mendoza (fig. 1). Les appareils de mesures ont disposés suivant les caractéristiques locales (ex : pente et type de sol, ...) susceptibles d'influencer les variables climatiques.



**Figure 1.** Localisation des vignobles de la bodega Alta Vista et des postes de mesures (b).  
(sources : Google Earth)

Les données climatiques ont été analysées afin de mettre en évidence les caractéristiques climatiques de chaque parcelle mais également la variabilité intra-parcellaire. Les indices bioclimatiques ont été confrontés avec des données œnologiques (Grassin *et al.*, 2014). Ce sont des vignobles plantés avec le Malbec, un cépage rouge permettant l'élaboration des grands vins rouges d'Argentine. Les données de température, obtenues à partir des capteurs ont servi à calculer plusieurs variables de température de 2011 à 2014. Les variables calculées ont été les températures moyennes ( $T_{\text{moy}}$ ), minimales ( $T_{\text{min}}$ ) et maximales ( $T_{\text{max}}$ ) d'octobre à mars ainsi que les indices bioclimatiques propres à la vigne ; 1) l'indice héliothermique de Huglin (IH, Huglin, 1978) et 2) l'indice de fraîcheurs des nuits (IF, Tonietto, 1999).

Les températures moyennes journalières ont été choisies car ce sont celles qui permettent également de mettre en évidence le niveau de développement des vignes par l'intermédiaire du calcul des degrés jours (cumul des températures moyennes journalières supérieures à 10°C).

## 2. Résultats

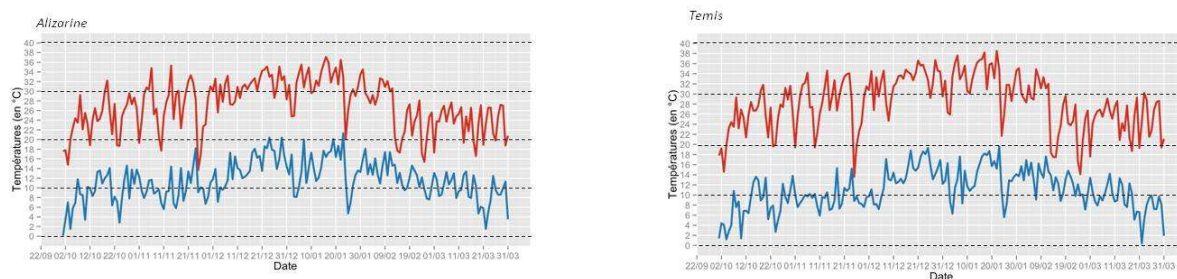
L'analyse des températures durant la période végétative de la vigne (d'octobre à mars ou avril suivant les indices bioclimatiques) montre une forte variabilité spatiale entre les différentes parcelles mais également à l'intérieur des parcelles. L'altitude moyenne des vignobles est de 1 000 m et la topographie étant relativement plane (hormis la microtopographie sur la parcelle Alizarine où le capteur CompA1 est disposé dans une micro-cuvette), ce sont les différents types de sol qui caractérisent les principaux facteurs ayant une influence sur le climat local.

Les températures moyennes entre octobre et avril de 2010 à 2013 sont comprises entre 17 °C et 20,5 °C ce qui correspond aux classes de climat viticole de type « tempéré », « tempéré chaud » et « chaud » (selon Tonietto *et al.*, 2004). De même que l'indice de Fraîcheur des Nuits (moyenne des températures minimales de mars) est variable d'une année à l'autre mais surtout spatialement à l'échelle extra- et intra-parcellaire. Par exemple, en mars 2012, l'IFN varie de 9,8 °C à 12 °C ce qui correspond, respectivement :

- à la classe « nuit fraîche » (la maturation a lieu dans des conditions qui peuvent être plus ou moins fraîches en fonction de la précocité des cépages. Il existe un seuil maximum de température nocturne favorable à la maturation, dans ce cas ce seuil n'est pas dépassé) ;
- à la classe « nuit très fraîche » (les conditions nyctémérales sont basses et l'effet positif des températures est surtout dépendant d'un potentiel héliothermique capable d'assurer un bon niveau de maturation du raisin d'un cépage donné).

### 2.1. Variabilité spatiale des températures à l'échelle des différentes parcelles

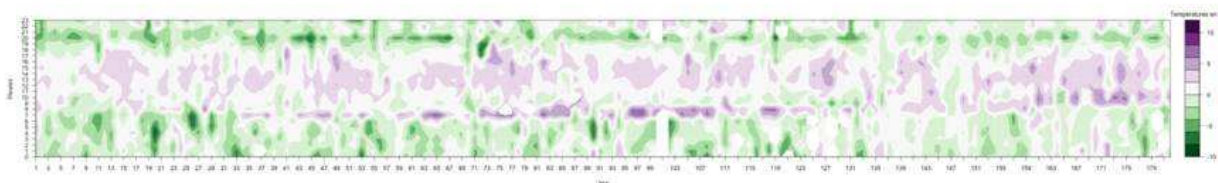
Les différentes *fincas* de la région de Mendoza (Alizarine, Azamore et Seranade) et de la région de Uco (Albanève et Temis) sont distantes de 70km (dans un axe Nord-Sud). Cela se traduit par des écarts thermiques moyens de 1 à 2°C. La figure 2 présente les températures maximales et minimales journalières d'octobre 2013 à mars 2014 (du débourrement de la vigne à la vendange) sur les *fincas* d'Alizarine et de Témis. L'amplitude thermique est plus importante (Tx plus élevées et Tn plus basses) dans les vignobles de Témis.



**Figure 2.** Températures minimales et maximales journalières d'octobre 2013 à mars 2014 à Alizarine et à Témis.

La différence de la température instantanée horaire entre les stations météorologiques de Témis et d'Alizarine durant la saison végétative (d'octobre à mars 2013-2014) confirme la plus forte amplitude thermique pour le vignoble le plus au sud. Les températures de la journée (notamment l'après midi) sont plus élevées dans le vignoble de Témis alors que les températures nocturnes sont plus basses (fig. 3). Ces différences peuvent avoir un impact

important tant au niveau des extrêmes thermiques (risque de gel et d'échaudage des baies plus important dans les vignobles de Témis) qu'aux caractéristiques des vins. Au moment de la maturité des raisins, l'augmentation des températures maximales engendre une maturation plus forte.



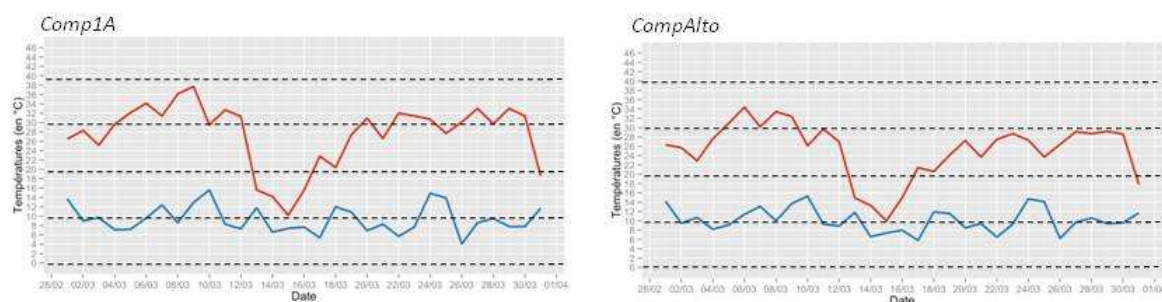
**Figure 3.** Différence de température instantanée horaire entre les stations météorologiques de Témis et d'Alizarine d'octobre 2013 à mars 2014.

## 2.2. Variabilité spatiale des températures à l'échelle intra-parcellaire

La variabilité spatiale des températures est également présente à l'échelle intra-parcellaire. Dans la *finca* Alizarine, la différence d'altitude est de 4 mètres entre la partie "haute" et la partie "basse" des parcelles. Cette faible amplitude altitudinale est suffisante pour engendrer d'importantes différences thermiques et donc un impact important sur le comportement de la vigne (fig. 1). Le capteur Comp1A, installé dans la partie "basse" en situation de micro-cuvette, enregistre des températures minimales plus basses par rapport au capteur CompAlto. Inversement, les températures maximales du capteur Comp1A sont légèrement plus élevées notamment en raison d'un effet d'abri. Les températures minimales journalières enregistrées en mars 2013 sont en moyenne 1°C plus basse à Comp1A par rapport à CompAlto alors que les températures maximales sont en moyenne 0,5/1°C plus élevées (fig. 4).

Sur la période de croissance de la vigne, ces différences spatiales et temporelles des températures se caractérisent par une variabilité des risques agroclimatiques (ex : gel printanier en octobre ; échaudage des baies en été). L'effet de la microtopographie au niveau du capteur Comp1A a pour conséquence des conditions thermiques similaires à celles observées sur la finca Albaneve (70km plus au sud) (fig. 5).

Cette variabilité spatiale de la température à l'échelle de la parcelle est aussi un atout pour le vigneron qui peut mettre en évidence cette spécificité du terroir sur les caractéristiques du raisin et donc du vin.



**Figure 4.** Températures minimales et maximales journalières de mars 2013 à Alizarine.

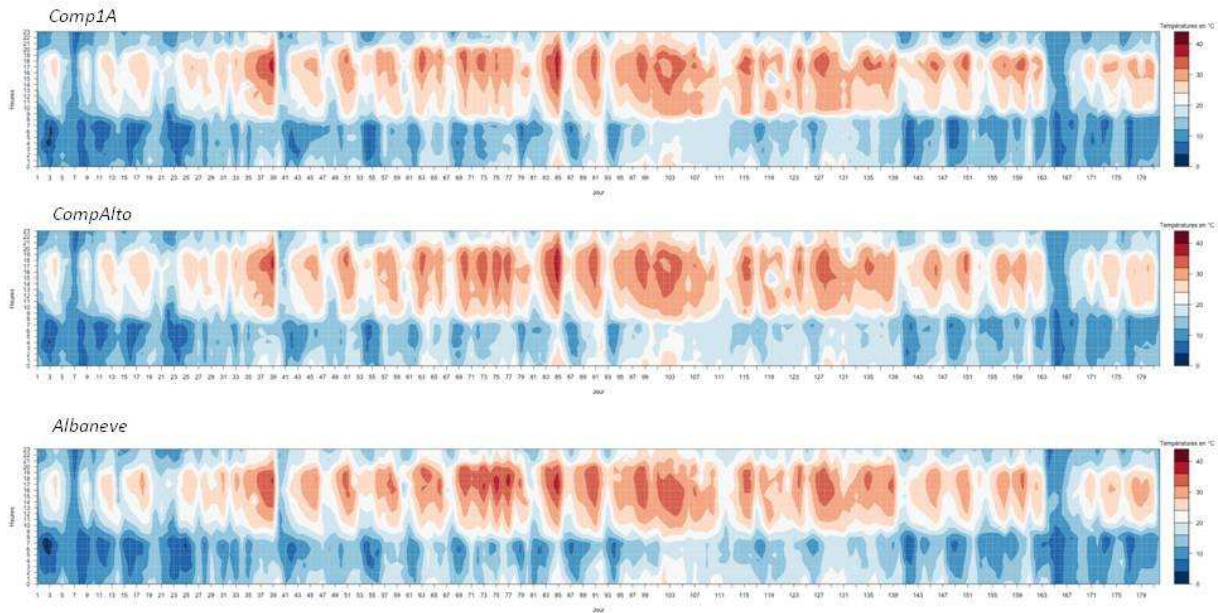


Figure 5. Différence de température instantanée horaire entre les capteurs Comp1A, CompAlto de la finca Alizarine et de la finca Albaneve d'octobre 2012 à mars 2013.

### 2.3. Variabilité spatiale des indices bioclimatiques

Le suivi des degrés jours sur la campagne 2012-2013 met en évidence la variabilité spatiale des températures entre chaque *finca* mais également à l'intérieur de chaque parcelle notamment à Alizarine où les valeurs les plus faibles sont observées pour le capteur Comp1A (1768 D/J). Cette valeur est similaire aux données observées sur les parcelles de Albaneve (C11=1766D/J). Les sommes de D/J les plus faibles sont donc enregistrées sur les *fincas* de la vallée de Uco (Temis et Albaneve) avec des valeurs entre 1766D/J et 1850D/J. Les valeurs les plus élevées sont observées dans les *fincas* Alizarine et Azamor (1875D/J et 1905D/J) (fig. 6). En fin de cycle végétatif, l'amplitude thermique et les températures nocturnes vont jouer un rôle majeur sur la synthèse des aromatiques et composés phénoliques et ainsi déterminer le potentiel aromatique et phénolique des vins produits à partir de ces raisins. Le calcul, de l'indice de fraîcheur des nuits et surtout la fréquence des températures minimales le mois précédent la vendange, montre également une forte variabilité spatiale des températures minimales entre chaque *finca* et à l'intérieur de celle-ci. Les pourcentages les plus importants de températures minimales <8°C ont été enregistrés à Temis (45%) et sur le capteur Comp1A à Alizarine (48%). Sur les capteurs de Serenade le pourcentage de Tn<8°C est d'environ 20% et 25-30% à Albaneve (figure 7).

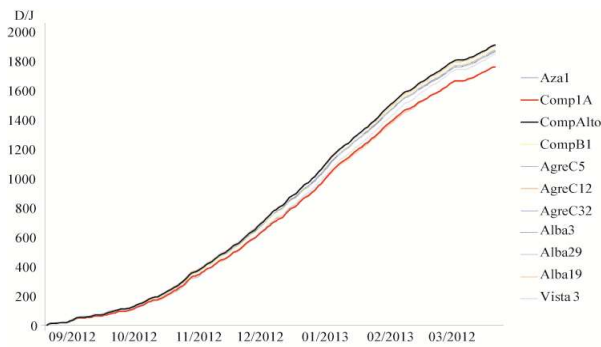


Figure 6. Evolution des sommes de degrés/jours durant la saison végétative de 2012-2013.

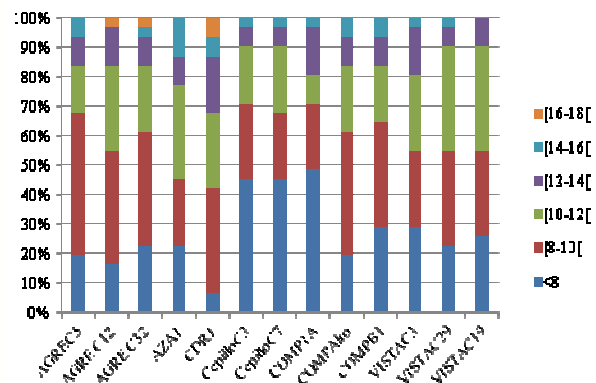


Figure 7. Fréquences des températures minimales en mars 2013.

## Conclusion

L'analyse des températures à l'échelle des vignobles de la bodega Alta Vista a permis de mettre en évidence une forte variabilité spatiale des températures en relation avec les effets locaux (topographie, ...). L'influence de la température sur la composition des raisins se reflète sur les indices bioclimatiques. Ces indices bioclimatiques ont été confrontés avec des données de maturité du raisin (Malbec). Les résultats ont montré une forte corrélation entre les variables de température et les variables biochimiques des raisins à la vendange pour toutes les parcelles d'étude, de 2012 à 2013. L'indice de Huglin et l'indice de fraîcheurs des nuits sont positivement corrélés avec la teneur en sucre et négativement corrélés avec l'acidité totale (Grassin *et al.*, 2014). Cela signifie que plus le cumul de température, calculé par l'IH, est important plus les raisins de Malbec ont une teneur en sucre élevée et une acidité totale faible à la vendange. De plus, des températures nocturnes plus chaudes, illustrées par le IFN, conduisent à des raisins plus sucrés et moins acides. La teneur en sucre est notamment influencée par le fonctionnement photosynthétique de la vigne qui est très lié à l'alimentation en eau. En conséquence, l'influence de la nature du sol doit être prise en compte afin de comprendre l'effet de l'environnement local sur la teneur en sucre des raisins.

Pour pouvoir parler de « typicités de vins » il est donc nécessaire de bien caractériser au niveau de chaque vignoble et chaque parcelle le climat local, le type de sol et les pratiques afin d'analyser et de comprendre les interactions entre ces variables et leur incidence sur la perception sensorielle que le consommateur averti aura du produit final

## Références bibliographiques

- Grassin M., Quénot H., Trapeteau L., Pinson L., Barbeau G., Loussert P., Corgne S., 2014 : Variabilité spatiale du climat dans les vignobles de la bodega Alta Vista (Argentine). *Xth International Terroir Congress 7-10th July 2014*.
- Huglin P., 1978 : Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole, *Comptes rendus des séances de l'Académie d'agriculture de France*, 64, 1117-1126.
- Quénot H., Bonnardot V., 2014 : A multi-scale climatic analysis of viticultural terroirs in the context of climate change : the "TERADCLIM" project. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 2014, 25-34.
- Quénot H. *et al.*, 2014 : Changement climatique et viticulture. Ed. Lavoisier, coll. Tech. & Doc. 450p.
- 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 : méthodologie de caractérisation*, Thèse doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique, Montpellier.
- Tonietto J., Carbonneau A., 2004 : A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agric. Forest Meteorol.*, 124, 81-97.
- Van Leeuwen C., Friant P., Xavier C., Tregoat O., Koundouras S., Dubourdieu D., 2004 : Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *Am J Enol Vitic.*, 55, 207-217.