

# CLIMATIC DRIFT IN HÉRAULT: EVOLUTION OF HEAT BALANCES (THRESHOLD OF 10°C) FROM 1980 TO 2010

## DÉRIVES CLIMATIQUES SUR L'HÉRAULT: EVOLUTION DES BILANS THERMIQUES (SEUIL DE 10°C) DE 1980 À 2010

Frédéric LAGET<sup>1\*</sup>, Ekaterina ZADONINA<sup>1</sup>, Yvonne FERRICELLI<sup>1</sup>, Jean-Stéphane BAILLY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ACH, 84 avenue d'Assas, F-34000 Montpellier.

<sup>2</sup>AgroParisTech, Enseignant-Chercheur, référent scientifique.

Correspondant-Frédéric LAGET : [contact@ach34.fr](mailto:contact@ach34.fr) – 04.67.04.03.20

### Abstract

*The temperatures have a major role on the behavior of the vineyards because they directly influence the phenology of the vineyards as well as the characteristics of the grapes, such as the rate of potential sugar. They are a key element of the differentiation of the wine-making-countries' soils. The thermal data translated into balance sheets at the threshold of 10°C are measured and registered on an important base of climatological data on the scale of a Mediterranean department by the Climatological Association of the Hérault (ACH). The use of SIG tools (Geographical Information systems) with spatial geostatistics allows us to obtain surface data and to establish maps of agroclimatic indications from the punctual climatic data. We use a methodology of Regression-Krigeage which combines a regression of the thermal climatic variable on the explanatory variables (software: R, Saga, Grass Gis. Explanatory variables: height, slope, aspect, MRVBF and distance from the sea). The spatial analysis of the heat balance between 1980 and 2010 rests on the data from 30 to 45 stations. The results show that the evolution of heat balances is continuous on the last 3 decades with the appearance of a new class of thermal variant as well as real opportunities of wine-making development on the new countries' soils within limits (at more than 300 meters in height). The wine-making identity and the quality are then constantly evolving and the pursuit of the climatic drift will demand new adaptations (vines, cultural practices, agricultural diversification).*

**Keywords:** Vineyard, Global warming, spatial geostatistic, Mediterranean climate, heat balances

### Résumé:

Les températures ont un rôle majeur sur le comportement de la vigne car elles influencent directement la phénologie de la vigne ainsi que les caractéristiques du raisin dont le taux de sucre potentiel. Elles sont un élément clef de la différenciation des terroirs viticoles. Ces données thermiques traduites en bilans au seuil de 10°C sont mesurées et enregistrées sur une importante base de données climatologiques à l'échelle d'un département méditerranéen par l'Association Climatologique de l'Hérault (ACH). L'utilisation d'outils SIG (Systèmes d'information Géographiques) en géostatistiques spatiales permet d'obtenir des données surfaciques et d'établir des cartes d'indices agroclimatiques à partir des données ponctuelles climatiques. Nous avons utilisé une méthodologie de Régression- Krigeage qui combine une régression de la variable climatique thermique sur les variables explicatives (logiciels: R, Saga, Grass Gis. Variables explicatives: altitude, pente, aspect, MRVBF et distance à la mer). L'analyse spatiale du bilan thermique entre 1980 et 2010 repose sur les données de 30 à 45 stations. Les résultats montrent que l'évolution des bilans thermiques est continue sur les 3 dernières décennies avec l'apparition d'une nouvelle classe de variante thermique ainsi que de réelles opportunités de développement viticole sur les nouveaux terroirs en limite (à plus de 300 mètres d'altitude). L'identité viticole et la qualité sont alors en constante évolution et la poursuite de la dérive climatique demandera de nouvelles adaptations (cépages, pratiques culturelles, diversification agricole).

**Mots clefs :** vigne, réchauffement climatique, géostatistique spatiale, climat méditerranéen, bilans thermiques

### 1. Introduction

La culture de la vigne en zone méditerranéenne est très dépendante des conditions hydriques et thermiques. Les vigneron ont donc mis en valeur certains terroirs et délaissé d'autres territoires surtout en altitude (au-delà de 300 mètres) et sur les expositions Nord. En effet, sur ces zones, les températures étaient trop limitantes pour une bonne maturité du raisin.

Néanmoins, du fait de l'augmentation des températures moyennes annuelles (+0.3°C par décennies entre 1980 et 2010) enregistrée sur de nombreux postes climatiques de référence sur le Département de l'Hérault (étude ADEME 2015), il convient de spatialiser à échelle fine (maille 1 km) cette évolution pour la vigne. Nous utilisons la méthodologie de Régression-Krigeage avec l'indicateur de référence qui est le bilan thermique à 10°C (somme de températures positives) d'avril à septembre.

Cette nouvelle approche cartographique dynamique permet à chaque vigneron de mieux comprendre, à une échelle adaptée, le changement climatique en cours sur ces 30 dernières années. Cette spatialisation est également une clef de lecture pour anticiper le climat de demain qui sera plus chaud de 1°C à plus de 4°C selon les dernières modélisations du GIEC (5eme rapport- Octobre 2014).

### 2. Matériel et méthodes

L'étude repose sur l'exploitation de la base de données climatologique, ClimatoACH34, issue de l'enregistrement du réseau mixte, de stations climatiques héraultaises, suffisamment dense (80 stations en 2014) pour permettre leur interpolation (Conseil général de l'Hérault).

La distribution spatiale des variables climatiques est affectée localement par des éléments géomorphologiques (altitude, pente, exposition ...) et la distance à la mer. Il existe plusieurs techniques géostatistiques qui peuvent être appliquées pour l'interpolation des variables climatologiques. Nous avons utilisé une méthode de prédiction spatiale « Régression-krigeage » qui combine une régression de la variable climatique thermique sur les variables explicatives (divers dérivés géomorphologiques – la pente, l'aspect, l'altitude, l'indice MRVBF - et la distance à la mer) et le krigeage des résidus de la régression (Hengla, 2007) (Joly, 2011).

Le développement des systèmes d'information géographique (SIG) a récemment facilité l'essor des méthodes d'interpolation. Deux logiciels sont utilisés pour déterminer les variables associées pendant la partie de prétraitement des données : GRASS GIS et SAGA (logiciels libres sous licence GNU- (<http://grass.osgeo.org/>), (<http://www.saga-gis.org/en/index.html>)). Ceux-ci sont couplés avec un logiciel libre de traitement statistique de données, R (<http://www.r-project.org/>) également sous licence libre, qui comporte un grand nombre de modules de traitement spatial des données, notamment en géostatistiques. R est un logiciel statistique en ligne de commande, interconnecté avec la base de données ClimatoACH34, il permet la création de scripts de façon à automatiser le processus.

Le bilan thermique cartographié, pour cet exemple, est un indice climatique de référence. Il correspond à la somme des températures actives (seuil 10°C) pour la vigne. La méthode de géostatistique spatiale s'appuie sur une méthode de régression multiple pas à pas « stepwise regression » qui détermine les Co variables associées en les faisant entrer l'une après l'autre dans le modèle (Borcard, 2009). L'analyse des résidus de régression permet de mettre en évidence leur configuration spatiale afin de réaliser l'interpolation par krigeage (Reynaud, 1999). Le Krigeage est une méthode optimale au sens statistique d'estimation, d'interpolation et d'extrapolation. C'est une méthode précise, elle permet de calculer l'erreur d'estimation (Gratton, 2002).

Le script développé permet d'interroger directement la base de données ClimatoACH34, de faire le prétraitement des données disponibles, d'automatiser plusieurs aspects de traitement statistique (ex., le prise de la décision sur un modèle de prédiction spatiale en fonction des différents paramètres statistiques), et de fournir la carte de prédiction du bilan thermique et la carte de résidus interpolés (si ceux-ci ont une structure spatiale) pour la territoire du département de l'Hérault.

### **3. Résultats et discussions**

3 enseignements principaux peuvent être partagés :

- Dérive climatique continue et conséquences sur les terroirs historiques

Entre les 3 décennies (1980, 1990 et 2000), les bilans thermiques sont en constante évolution avec des augmentations d'environ 200°C. De nouvelles classes héliothermiques se dessinent dans les années 2000 (couleur rouge sur la carte) et donc la vigne sur les territoires viticoles historiques subit de nouvelles conditions de production.

Sur le cycle végétatif (avril-septembre), ces conditions thermiques influencent directement la physiologie de la vigne avec l'avancée des stades phénologiques comme la floraison (avancée de l'ordre de 15 à 20 jours). De plus, les vendanges ont tendance à débiter de plus en plus tôt sur des périodes où les conditions de maturité ne sont pas optimales du fait des nuits chaudes.

L'indicateur thermique est également à relier en partie avec l'augmentation du taux de sucre des raisins et donc du potentiel d'alcool dans les vins (+1°C en moyenne à l'échelle régionale). Ces caractéristiques influencent une nouvelle identité viticole locale. Cette identité doit également être mise en relation avec l'évolution des cépages (exemple du Carignan vers la Syrah) et des nouvelles pratiques culturales (exemple de la taille, densité de plantation, mécanisation,...).

- Dérive climatique et développement de nouveaux terroirs

Il apparait nettement que de nouveaux terroirs à plus de 300 mètres d'altitude se dessinent depuis les années 2000. En effet, certaines zones sur le Nord Minervois, le Nord-Est de l'Hérault ou encore en bordure du Causse du Larzac offrent de réelles perspectives dès aujourd'hui. Quelques vigneron ont déjà commencé à investir sur ces zones d'avenir.

Ces nouveaux terroirs, qui pourraient devenir des laboratoires grandeur nature et partagés (entre les scientifiques et les vignerons), permettent d'étoffer le panel de production actuelle en proposant de nouvelles entités et de nouvelles valorisations.

- Adaptation au changement climatique et nouvelles clefs de lecture spatialisées

La méthodologie de géostatistique spatiale a permis de quantifier localement la dérive climatique observée depuis les années 1980. Elle permet également de mieux comprendre les conséquences et de donner de nouvelles clefs de lecture pour pouvoir anticiper le changement climatique.

En effet, l'évolution des températures dans les prochaines décennies aura des impacts très importants sur la région méditerranéenne. Ils nécessiteront de nouvelles adaptations tant en terme techniques (cépages, pratiques,...) que spatiales (exposition, altitude,...).

### **4. Conclusion**

Ces premiers résultats ne sont qu'un élément de compréhension et ils doivent être reliés avec les avancées scientifiques et techniques. C'est dans un consortium d'acteurs et dans une volonté commune de partage que les vignerons languedociens du XXIème siècle auront le plus grand nombre d'informations pour s'adapter face au changement climatique.

## Bibliographie

- Borcard, D. (2009). *Régression multiple - corrélation multiple et partielle 1*. Montréal (Canada): Université de Montréal.
- Carbonneau A., Deloire A. and Jaillard, B. 2007. *La vigne : physiologie, terroir, culture*. Ed. Dunod p. 441.
- Carbonneau A., Riou C., Guyon D., Riom J. and Schneider C., 1992. *Agrométéorologie de la vigne en France*. Office Publications Officielles Communautés Européennes ed.
- Conseil général de l'Hérault. (s.d.). *Annales climatologiques et hydrologiques 2013*. Récupéré sur [www.herault.fr/files/avigne/Annales\\_climatologiques\\_2013.pdf](http://www.herault.fr/files/avigne/Annales_climatologiques_2013.pdf)
- Deloire A., Laget F. (2007). *Climat et viticulture : évolution des températures sur le département de l'Hérault – un exemple de réchauffement climatique*. PAV 123. N°4
- Deloire A., Kelly M., Laget F. (2008). *Climat trends in a specific mediterranean viticultural area between 1950 and 2006*. J. Int. Sci. Vigne Vin, 2008, 42, n°3, 113-123
- GIEC (2014). *Résumé à l'intention des décideurs de la synthèse du 5<sup>ème</sup> rapport d'évaluation*. 2014, 40 pages.
- Gratton, Y. (2002). *Le krigeage : la méthode optimale d'interpolation spatiale*. Québec (Canada): Institut National de la Recherche Scientifique INRS-Eau-Terre-Environnement .
- Hengla, T., Heuvelinkb, G., Rossiterc, D. (2007). *About regression-Kriging: From equations to case studies* (Vol. Vol.33). Computers et geosciences, Iss.10,.
- Joly, D., Brossard, T., Cardot, H., Cavailhes, J., Hilal, M., Wavresky, P. (2011). *Temperature interpolation based on local information: the example of France*. International journal of Climatology, Vol.31, Iss. 142011, DOI: 10.1002/joc.2020.

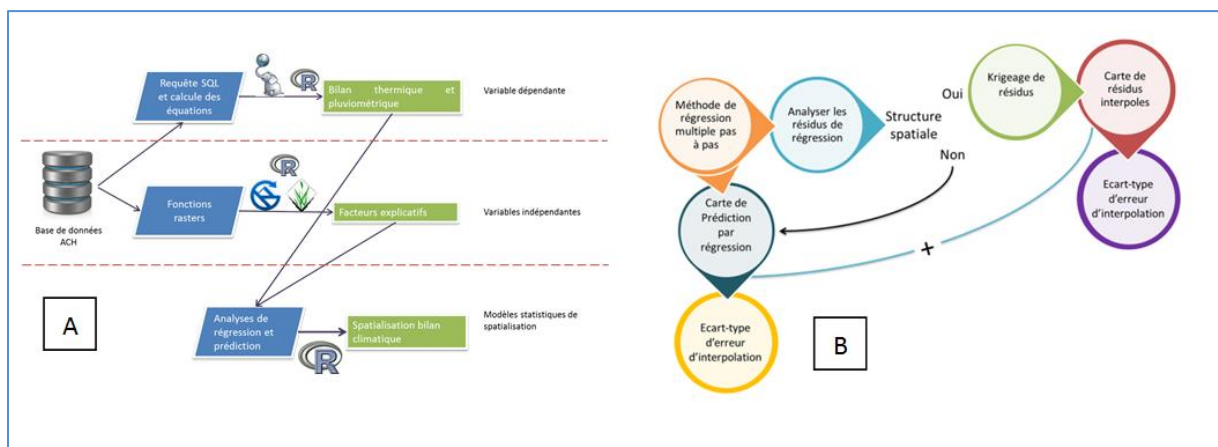


Fig.1 : Démarche générale (A) et méthode géostatistique (B) de l'étude.

Fig.1: General approach (A) and geostatistic method (B) of the study.

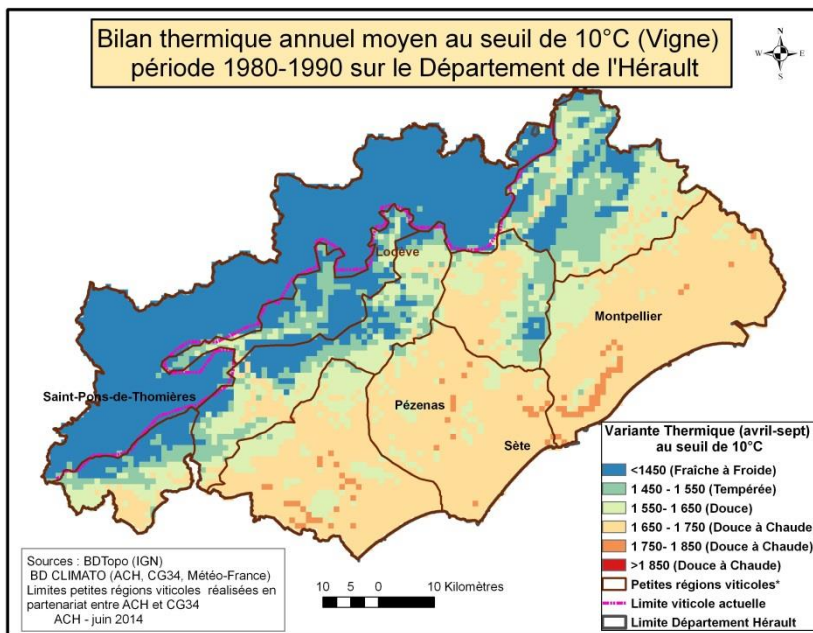


Fig.2 : Cartographies du bilan thermique (3 décennies).

Fig.2: Mappings of the heat balance (3 decades).

