



**HAL**  
open science

## Analyse spatiale de l'évolution du risque de gel sur la vigne en Bourgogne-Franche-Comté

Catinca Gavrilesco, Benjamin Bois, Thierry Castel, Annabelle Larmure, M. Ouvrié, Yves Richard

### ► To cite this version:

Catinca Gavrilesco, Benjamin Bois, Thierry Castel, Annabelle Larmure, M. Ouvrié, et al.. Analyse spatiale de l'évolution du risque de gel sur la vigne en Bourgogne-Franche-Comté. 32ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, May 2019, Thessalonique, Grèce. pp.181-186. hal-02189405

**HAL Id: hal-02189405**

**<https://hal.science/hal-02189405v1>**

Submitted on 7 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## ANALYSE SPATIALE DE L'ÉVOLUTION DU RISQUE DE GEL SUR LA VIGNE EN BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

**GAVRILESCU C. (1), BOIS B. (1, 2), CASTEL T. (1,3), LARMURE A. (3,4), OUVRIÉ M. (5) et RICHARD Y. (1)**

(1) CRC – UMR Biogeosciences, Université Bourgogne Franche-Comté / CNRS, 6, Bd Gabriel, 21000 Dijon, France. [catinca.gavrilescu@u-bourgogne.fr](mailto:catinca.gavrilescu@u-bourgogne.fr), [yves.richard@u-bourgogne.fr](mailto:yves.richard@u-bourgogne.fr)

(2) Institut Universitaire de la Vigne et du Vin, Université Bourgogne Franche-Comté, rue Claude Ladrey, 21000 Dijon, France. [benjamin.bois@u-bourgogne.fr](mailto:benjamin.bois@u-bourgogne.fr)

(3) Institut National Supérieur des sciences agronomiques de l'alimentation et de l'environnement, 26, boulevard Docteur-Petitjean, 21000 Dijon, France. [thierry.castel@u-bourgogne.fr](mailto:thierry.castel@u-bourgogne.fr)

(4) Institut National de la Recherche Agronomique, UMR Agroécologie, 17, rue Sully, 21000 Dijon, France. [a.larmure@agrosupdijon.fr](mailto:a.larmure@agrosupdijon.fr)

(5) Vineis Projets, 32, rue du Cottage, 21121 Fontaine les Dijon, France. [marc.ouvrie@vineis-projets.com](mailto:marc.ouvrie@vineis-projets.com)

**Résumé :** Le réchauffement climatique n'implique pas nécessairement une diminution du risque de gel pour l'agriculture/viticulture. En réponse à un changement environnemental, comme par exemple le changement climatique, les plantes sont susceptibles d'évoluer. La vulnérabilité des plantes et les conditions climatiques (aléa gélif) doivent donc être considérées conjointement pour évaluer l'évolution du risque lié au gel. Cette étude vise à documenter l'évolution spatio-temporelle du risque de gel dans les sous-régions viticoles de Bourgogne-Franche-Comté. La période entre le débourrement et la date de la dernière gelée de printemps est celle où la vigne est la plus vulnérable. On considère que la plante subit un stress causé par un événement gélif (stress gel) lorsque la température est inférieure à -1°C après la date de débourrement. Trois paramètres quantitatifs sont utilisés pour qualifier spatialement le risque de gelée : le nombre d'évènements gélifs après le débournement, la fréquence d'années avec au moins un évènement gélif après le débournement et l'intensité du « stress gel ». Selon nos résultats, le risque de gel dans les sous-régions vitivinicoles de Bourgogne-Franche-Comté tendrait à se maintenir, voire à augmenter, à horizon 2050.

**Mots clés:** changement climatique, risque de gel, viticulture, vulnérabilité de la plante

**Summary:** The warming undergone by the global climate does not necessarily entail a decrease in frost risk in agriculture/viticulture. Since both plant and climate are likely to evolve under changing environmental conditions, plant vulnerability and the meteorological phenomenon (frost) should be considered jointly when assessing the evolution of frost risk. This study aims at documenting the spatial and temporal frost risk changes in the winegrowing subregions of Bourgogne-Franche-Comté. The period between budburst and the last spring frost occurrence date has been considered as the most vulnerable for grapevines. We considered a plant as being stressed by a frost event when the temperature drops below -1°C after budbreak. Three quantitative parameters are used to spatially quantify frost risk: the number of frost events after budbreak, the frequency of years with at least one frost event after budbreak and the intensity of the frost stress. According to our results frost risk in the vitivinicultural subregions of Bourgogne-Franche-Comté tends to either maintain or increase by 2050.

**Keywords:** climate change, frost risk, viticulture, plant vulnerability

### Introduction

Le changement climatique menace la stabilité, la durabilité et la qualité de nos systèmes agricoles/viticoles (Jones et Davis, 2000). L'augmentation des températures (IPCC, 2013), ainsi que les changements dans leurs variabilités spatio-temporelles, peuvent potentiellement entraîner des impacts conséquents sur le long terme (Giorgi and Bi, 2005). Ces changements sont généralement associés à des modifications régionales en termes de date d'occurrence, de fréquence, d'intensité et de durée d'événements météorologiques extrêmes tels que le gel et la sécheresse (Tebaldi et al., 2006). L'agriculture reste largement déterminée et contrainte par le climat et les dégâts dus au gel représentent une préoccupation majeure pour de nombreux

agriculteurs. En viticulture, le risque de gel reste l'un des facteurs principaux utilisé pour déterminer l'emplacement des parcelles, ainsi que le choix de la variété et celui du style de vin (e.g. vin de glace). Les forts épisodes de gel de 2016 et de 2017 subis par plusieurs régions de France ont soulevé de nombreuses questions quant à l'évolution de ce risque dans un climat futur plus chaud. Plusieurs études ont montré que soit un maintien soit une augmentation du risque futur lié au gel est à attendre dans des différentes régions du monde et sur de nombreuses cultures telles que les pois d'hiver (Castel *et al.*, 2017), le blé (Lecomte *et al.*, 2003) et la vigne (Molitor *et al.*, 2014 ; Mosedale *et al.*, 2015).

À mesure que le climat se réchauffe, les conditions environnementales de croissance sont modifiées (IPCC, 2013), entraînant ainsi une perte de synergie entre la plante et son environnement. Étant donné la forte relation de la vigne à la température (van Leeuwen *et al.*, 2004), son comportement physiologique serait fondamentalement changé sous un climat futur, surtout au niveau de l'enchaînement des phases phénologiques (Webb *et al.* 2007). L'avancement de la phénologie (plus proche de l'hiver) est le résultat immédiat de réponse plastique des vignes au changement climatique (Sadras *et al.*, 2009 ; Gavrilescu *et Bois*, 2016). Au printemps, lors de l'initiation du cycle végétative, les vignes sont particulièrement vulnérables aux températures inférieures à 0 °C. Le risque de gel devient ainsi un phénomène fortement dépendant de la date de l'éclatement des bourgeons. Même si un passage à un climat plus chaud pourrait entraîner une diminution de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes froids (IPCC, 2013), le risque de gel et son impact futur sur la viticulture restent incertains.

L'objectif de cette étude est d'analyser l'évolution spatio-temporelle du risque de gel tardif sur les territoires viticoles de la région Bourgogne-Franche-Comté (BFC). Plusieurs indices de risque de gel et d'occurrence de gel ont été développés en s'appuyant sur l'utilisation des températures minimales journalières issues de 18 Modèles de Circulation Générale (MCGs) désagrégés à une échelle régionale, ainsi que sur un modèle de simulation de la date de débourrement de la vigne (BRIN).

## 1. Matériel et méthodes

Les sous-régions viticoles de BFC sont les suivantes : Côte de Nuits et Hautes Côtes de Nuits, Côte de Beaune et Hautes Côtes de Beaune, Côte Châtillonnaise, Chablis, Côtes du Couchois, Côte Chalonnaise, Mâconnais, Jura et Nièvre.

Afin d'estimer le risque de gel printanier dans les zones susmentionnées, nous avons utilisé une approche plante-climat, conçue sous la forme des trois étapes suivantes : 1) spatialisation et description de l'évolution du climat régional ; 2) identification de la période de vulnérabilité de la vigne à travers la simulation de la date de débourrement et 3) réalisation d'un croisement du point 1) et point 2) afin de déterminer le stress induit par le gel de la vigne.

### 1.1 Données climatiques

Les températures minimales (Tmin) et maximales (Tmax) quotidiennes ont été utilisées en tant que variables climatiques principales. Les données ont été analysées pour deux séries temporelles : 1980-2005 représente la période de référence, tandis que 2020-2050 correspond aux projections climatiques du futur proche. Tmin et Tmax ont servi à calculer la température moyenne quotidienne qui ensuite a été incrémentée au modèle phénologique.

Les bases de données initiales sont des simulations climatiques effectuées par 18 MCGs dits "couplés océan-atmosphère" dans le cadre de l'initiative CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project*). Les simulations ont été réalisées selon le scénario RCP8.5. Les

MCGs ont ensuite été statistiquement désagrégés à une résolution spatiale ~12 km et débiaisés avec la méthode de quantile mapping (QQMap) sur la BFC. Les données ponctuelles de Météo-France, interpolées sur une grille de ~12 km sur la région BFC, ont servi comme base de correction des biais (Brulebois et al., 2017).

### 1.2 Modélisation du débourrement de la vigne

La date de débourrement a été simulée pour la région BFC à l'aide du modèle phénologique BRIN (Garcia de Cortazar Aauri et al., 2009). Les simulations ont été réalisées exclusivement pour la variété *Vitis vinifera* Chardonnay. Le calcul de la date de débourrement a été effectué pour un total de 546 de 12 \* 12 pixels pour la période de référence (1980-2005) ainsi que pour la période futur (2020-2050). Une date de débourrement a ensuite été obtenue pour chaque pixel, année et MCGs.

### 1.3 Les indices gel et les seuils de température

Les indices calculés liés au gel peuvent être divisés en deux catégories : 1) des indices concernant l'évolution du gel en tant que phénomène météorologique et 2) des indices concernant l'évolution du gel en tant que risque pour la production des raisins et du vin.

Dans la première catégorie, des indices tels que le *nombre de jours de gel d'avril à juin* et la *date du dernier gel de printemps* ont été analysés. Un jour de gel est défini comme un jour où la température de l'air est inférieure ou égale à 0°C. Le risque de gel a été calculé en fonction de l'évolution du gel (phénomène météorologique) par rapport à l'évolution de la date de débourrement (vulnérabilité de la plante) en utilisant un seuil de température de -1°C (Webb et al., 2017). Une fois la date de débourrement simulée, les jours au-delà de cette date indiquant une température inférieure ou égale à -1°C ont été sélectionnés comme représentant un stress gel potentiel pour la plante. Enfin, une différence est calculée entre la température seuil et la température journalière pour ensuite être cumulée en tant que stress gel annuel pour tous les pixels, années et MCGs confondus. Le seuil de température utilisé pour l'estimation de risque de gel a été fixé à -1°C afin d'éviter une perte d'informations due à la nature discrète des inversions thermiques.

Le stress gel simulé a été quantifié sous forme de trois indices différents. Cela a permis de réaliser une analyse spatiale et temporelle de risque de gel lié à la vigne, référencé dans la deuxième catégorie, en termes de *nombre d'événements de gel après la date de débourrement* (avec un potentiel d'impact sur les tissus verts), de *fréquence d'années gélives* (avec au moins un jour/événement de gel) ainsi que de *intensité des événements gélifs* (le stress gel moyen cumulé pour un pixel donné).

## 2. Résultats

L'évolution des températures minimales indique un climat futur (2020-2050) plus chaud que celui de la période de référence (1980-2005). Une augmentation d'environ 1°C est observée. Elle s'accompagne d'une diminution du nombre de jours de gel pendant la période de débourrement (d'avril à juin). Il en résulte une avancée de la date du dernier gel de printemps (jusqu'à 9 jours) dans toutes les sous-régions viticoles de la BFC. Dans le même temps, la phénologie de la vigne évolue. Ainsi, l'occurrence de la date de dernière gelée de printemps peut, en moyenne sur les 30 ans, intervenir après le débourrement du Chardonnay, tant pour la période de référence que pour la période future (Figure 1). L'écart entre les deux indices varie selon la région, devenant temporellement plus contrasté dans les sous-régions de Chablis, du Châtillonnais et du Jura. L'évolution est moins marquée dans les vignobles de la Côte d'Or et de Saône-et-Loire. Notons également que la date de débourrement a tendance à avancer plus

rapidement que la date du dernier gel de printemps pour toutes les sous-régions, années et MCGs. Les sous-régions viticoles où le débourrement serait susceptible d'avancer plus rapidement que la date du dernier gel du printemps seraient les plus exposées au risque (Figure 2). Trois groupes peuvent être constitués : forte augmentation (les trois indicateurs augmentent - Figure 2a), augmentation moyenne (deux indicateurs augmentent - Figure 2b) et faible augmentation (un seul indicateur augmente - Figure 2c). Parmi les sous-régions viticoles avec une forte augmentation du risque de gel, se trouve Chablis, Jura et Nièvre. Finalement, une augmentation moyenne du risque de gel a été observée dans la sous-région du Châtillonnais, tandis que les vignobles de la Côte d'Or et de Saône-et-Loire montrent aucune évolution du risque par rapport à la période de référence (1980 -2005).

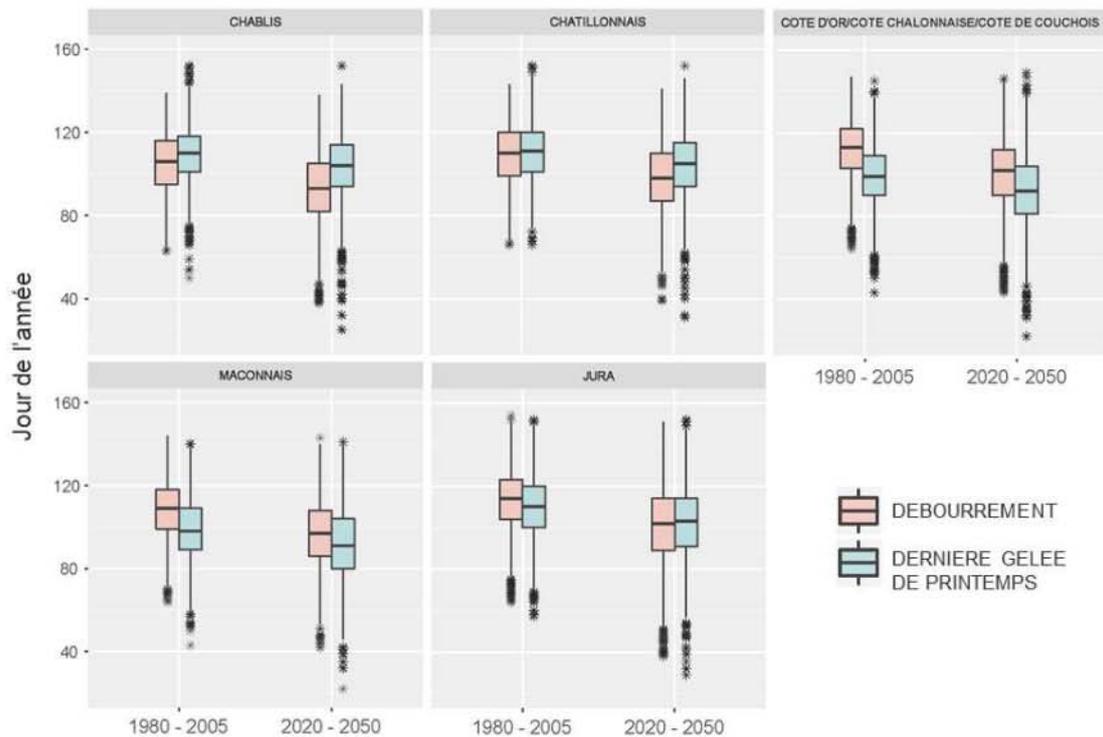


Figure 1. Boîte à moustaches indiquant la date de débourrement (beige-rose) de la variété *Vitis vinifera* Chardonnay et la date de dernière gelée de printemps (bleue) dans les sous-régions de Bourgogne-Franche-Comté. Les indices ont été simulés à l'échelle régionale sur une période de référence (1980-2005) et une période projetée (2020-2050) en utilisant des données de température issues de 18 MCG.

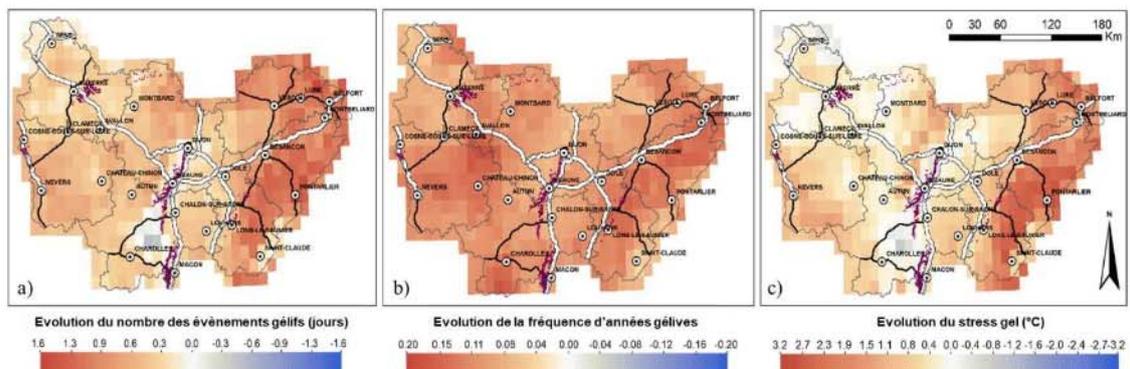


Figure 2. Cartes des évolutions (futur-historique) du risque de gel de la vigne simulées avec le modèle phénologique BRIN avec un seuil de température minimale fixé à  $-1^{\circ}\text{C}$ . Chaque carte représente un des trois indices de gel suivants : a) l'évolution (en nombre de jours) du nombre d'événements de gel après le débourrement; b) l'évolution de la fréquence des années sujettes à au moins un événement de gel après le débourrement et c) l'évolution (en  $^{\circ}\text{C}$ ) du stress/intensité de gel moyenne.

## Conclusions et Discussion

Le risque de gel printanier a été évalué et décrit spatio-temporellement sur l'ensemble des sous-régions viticoles de BFC. La simulation de la date de débourrement et de la date de la dernière gelée de printemps, avec un seuil de température prédéfini à -1 °C, a permis de calculer le stress gel pour le cépage Chardonnay dans deux contextes climatiques différents (passé récent 1980-2005 et futur proche 2020-2050). En utilisant une approche plante-climat, nous avons pu associer à chaque sous-région viticole une trajectoire d'évolution du risque de gel simulée à partir des données provenant d'un ensemble de 18 MCGs.

Les 18 MCGs désagrégés par *quantile mapping* avec une résolution de 12km sur la région BFC donnent des résultats cohérents. Quelle que soit la sous-région viticole de BFC, le risque des dégâts causés par le gel printanier se maintient, voir augmente. En effet, le modèle de plante (BRIN) simule des dates de débourrement qui avancent partout au moins aussi vite que les dates de dernière gelée de printemps simulées par les 18 MCGs. Des variations spatiales sont observées : le risque augmente peu pour les vignobles de la Côte-d'Or et de Saône-et-Loire. Il augmenterait pour ceux du Châtillonnais. Enfin, il augmenterait encore plus nettement dans les sous-régions de Chablis, Jura et Nièvre

L'interprétation de ces résultats impose une certaine prudence. Les incertitudes liées aux simulations climatiques et plus encore aux simulations des dates de débourrement sont dépendantes des modèles. En particulier, l'influence de la température sur le développement des bourgeons reste encore mal comprise. Cela rend difficile la simulation précise de la date de débourrement sur laquelle l'estimation du risque de gel repose.

## Remerciements

L'étude a bénéficié du soutien financier du Conseil Régional de Bourgogne-Franche-Comté. Les auteurs souhaitent remercier Météo-France, le Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne (BIVB), le Comité des vins de Champagne (CIVC), la Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DRAAF) et la Chambre d'Agriculture de Côte-d'Or pour avoir partagé leurs données. Enfin, nous remercions Marie-Charlotte Anstett (Biogéosciences CNRS / Université de Bourgogne) pour sa précieuse contribution scientifique au projet.

## Bibliographie

- Brulebois E., Richard Y. et Castel T., 2017. Modalités et robustesse de la régionalisation du climat de la Bourgogne-Franche-Comté. *Note technique d'avancement sur le projet Prosys*, 10.
- Castel T., Lecomte C., Richard Y., Lejeune-Hénaut I., Larmure A., 2017. Frost stress evolution and winter pea ideotype in the context of climate warming at a regional scale. *OCL* 24, D106.
- García de Cortázar-Atauri I., Brisson N., Gaudillere J.P., 2009. Performance of several models for predicting budburst date of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Int J Biometeorol* **53**, 317–326.
- Gavrilescu C. et Bois B., 2016. Plasticité des vins issus de cépage Chardonnay au climat : une approche géographique à l'échelle planétaire. *39<sup>ème</sup> Congrès Mondial de la Vigne et du Vin*. doi.org/10.1051/bioconf/20160701013.
- Gavrilescu C., Richard Y., Joly D. and Bois B., 2018. Climate zoning of the Burgundy winegrowing region. *XII Congreso Internacional Terroir*. doi.org/10.1051/e3sconf/20185001003.
- Giorgi F., and Bi X., 2005. Regional changes in surface climate interannual variability for the 21st century from ensembles of global model simulations. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L13701.
- Giorgi F., 2006. Climate change Hot-Spots. *Geophys. Res. Lett.* **33**. doi.org/10.1029/2006GL025734.

- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. and Midgley P.M. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jones G.R. and Davis E., 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *Amer. J. Enol. Vitic.* **51(3)**, 249-261.
- Lecomte C., Giraud A., Aubert V., 2003. Testing a predicting model for frost resistance of winter wheat in natural conditions. *Agronomie*, **23**, 51-66.
- Menzel A., Sparks T.H., Estrella N., Koch E., Aasa A., Ahas R., Alm-Kübler K., Bissolli P., Braslavská O., Briede A., et al., 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Glob Chang Biol.*, **12**:1969–1976.
- Molitor D., Caffarra A., Sinigoj P., Pertot I., Hoffmann L., Junk J., 2014. Late frost damage risk for viticulture under future climate conditions: a case study for the Luxembourgish winegrowing region. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, **20**, 160 – 168.
- Mosedale, J.R., Wilson, R.J., Maclean, I.M.D., 2015. Climate Change and Crop Exposure to Adverse Weather: Changes to Frost Risk and Grapevine Flowering Conditions. *PLoS ONE* *10(10)* : e0141218.
- Sadras V.O., Reynolds M.P., de la Vega A.J., Petrie P.R., Robinson R., 2009. Phenotypic plasticity of yield and phenology in wheat, sunflower and grapevine. *Field Crops Res.*, **110**, 242–250.
- Sgubin G., Swingedouw, D., Dayon G., García de Cortázar-Atauri I., Ollat N., Pagé, C., et al., 2018. The risk of tardive frost damage in French vineyards in a changing climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 250–251: 226–242.
- Tebaldi C., K. Hayhoe J. M. Arblaster and G. A. Meehl, 2006. Going to the extremes: An intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. *Climatic Change*, **79**, 185–211.
- van Leeuwen C., Friant P., Chone X., Tregoat O., Koundouras S. et Dubourdieu D., 2004. Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*, **55(3)**: 207-217.
- Webb L.B., Whetton P.H., Barlow E.W.R., 2007. Modelled impact of future climate change on the phenology of wine grapes in Australia. *Aust J Grape Wine Res.*, **13**:165–175.
- Webb A. M., Pirie A., Kidd D., Minasny B., 2017. Spatial analysis of frost risk to determine viticulture suitability in Tasmania, Australia: Analysis of frost risk for viticulture in Tasmania. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. doi.org/10.1111/ajgw.12314