

ÉVALUATION SPATIO-TEMPORELLE DE L'EXPOSITION AU GEL EN RÉGIONS VITICOLES TRADITIONNELLE (PAYS DE LA LOIRE) ET ÉMERGENTE (BRETAGNE)

Théo PETITJEAN¹, Cyril TISSOT², Jeanne THIBAUT², Mathias ROUAN², Hervé QUENOL¹ et Valérie BONNARDOT¹

¹LETG-Rennes UMR 6554 CNRS, Université Rennes 2, Place du recteur Henri Le Moal, 35043, Rennes, France
theo.petitjean@univ-rennes2.fr; valerie.bonnardot@univ-rennes2.fr; herve.quenol@univ-rennes2.fr

²LETG-Brest UMR 6554 CNRS, Université Bretagne occidentale, IUEM, Rue Dumont d'Urville, 29280 Plouzané, France.
cyril.tissot@univ-brest.fr; jeanne.thibault@univ-brest.fr; mathias.rouan@univ-brest.fr

Résumé : La vigne est soumise à différents risques climatiques affectant son développement et son rendement. Dans un contexte de changement climatique, ces risques sont modifiés en fréquence et en intensité et fragilisent plus la plante en raison de la précocité. Afin d'évaluer l'exposition au risque de gel, cette étude propose une analyse spatio-temporelle sur une région viticole traditionnelle, les Pays de la Loire, et une région viticole émergente, la Bretagne. Pour cela, des indicateurs ont été calculés selon 2 scénarii du changement climatique et sur 2 périodes futures. Le risque de gel printanier a été étudié en calculant la fréquence d'année avec au moins un épisode gélif après le débourrement et le nombre de jours de gel. Ce risque déjà présent dans les Pays de la Loire, tend à s'étendre vers l'ouest et la Bretagne.

Mots-Clés : Risque et changement climatique, gel printanier, viticulture, ouest de la France

Introduction

Les conditions climatiques locales, composantes du système terroir, ont une influence très importante sur la croissance végétative de la vigne et la qualité du vin (van Leeuwen, 2004). La variabilité climatique impacte à court terme la quantité et la qualité des productions, tandis qu'à long terme, elle est un facteur déterminant pour la typicité des vins et la durabilité économique des régions viticoles. Plusieurs études ont montré un lien entre l'augmentation des températures et l'avancée des stades phénologiques entraînant des dates de vendanges plus précoces et une variation dans la composition des vins (van Leeuwen, 2016).

Dans un contexte de changement climatique, l'augmentation des températures ainsi que la modification de l'intensité, la fréquence et la durée des événements climatiques extrêmes comme le gel et les fortes chaleurs vont affecter les régions viticoles du monde entier (van Leeuwen, 2016) et soulever de nombreux défis pour la filière. Pour les cépages précoces, l'avancée du stade du débournement peut exposer plus fréquemment la vigne à des épisodes climatiques gélifs printaniers, menaçant ainsi les premiers bourgeons éclos (Santos, 2020). Bien que les tendances générales montrent une augmentation des températures et donc une diminution des épisodes de gel, le risque pour la vigne reste incertain pour l'avenir (Gavrilescu, 2019). Ces évolutions climatiques et leurs impacts déjà observés sur la vigne sont toutefois très variables selon les régions (IPCC, 2021). En France, ces dernières années ont notamment montré un maintien ou une augmentation de l'occurrence du risque de gel printanier (Cantat, 2019). C'est par exemple le cas dans le vignoble septentrional des Pays de la Loire souvent touché par des épisodes de gel ces dernières années (2016, 2017, 2019 et 2021).

Dans ce contexte, l'adaptation des pratiques viticoles et œnologiques aux variations climatiques actuelles et futures sont donc indispensables afin de préserver la qualité et la typicité des vins et de maintenir la viabilité socio-économique du secteur viticole (Neethling, 2016). L'évolution des vignobles vers le nord questionne donc aussi sur la potentialité de futures régions viticoles émergentes et leur vulnérabilité face aux différents aléas climatiques.

Cette étude, réalisée dans le cadre du projet CLIMATVEG porté par Vegepolys Valley (<https://www.vegepolys-valley.eu/projet-climatveg/>), propose une analyse spatio-temporelle de l'évolution de l'exposition au risque de gel sur deux régions administratives englobant un territoire viticole existant, les Pays de la Loire et un territoire viticole émergent, la Bretagne. Cette approche s'inscrit dans la continuité des analyses du potentiel climatique pour la viticulture des deux régions aux enjeux différents face au changement climatique réalisées dans le cadre des projets LIFE-ADVICLIM pour le Val de Loire (Neethling, 2016) et ACCAF-LACCAVE pour la Bretagne (Zavlyanova, 2020). L'objectif est d'une part, d'identifier des secteurs plus ou moins exposés aux risques climatiques à l'échelle régionale et, d'autre part, de caractériser leurs occurrences temporelles dans les 2 régions.

1. Matériel et méthode

1.1. Données climatiques et évaluation du modèle

La température minimale journalière issue des projections climatiques régionalisées à 8km du modèle CNRM-CERFACS-CNRM-CM5/CNRM-ALADIN63 (GCM/RCM), disponibles sur le portail Drias (jeu 2020, <http://www.drias-climat.fr/>) a été utilisée pour étudier la variabilité spatiale du gel printanier sur les régions Pays de Loire et Bretagne. Les données ont été extraites en distinguant deux périodes de futur proche (2020-2050) et lointain (2070-2100) et deux scénarii correspondant à une augmentation de 1.1°C à 2.6 °C (RCP 4.5) et de 2.6°C à 4.8°C (RCP 8.5) de la température moyenne terrestre d'ici 2100. Afin d'évaluer les potentiels biais du modèle CNRM sur cet espace, les données modélisées de la période historique (1976-2005) ont été comparées aux données observées sur cinq stations issues du réseau synoptique de Météo-France (Angers, Dinard, Nantes, Quimper, Rennes) en considérant les variables suivantes : le pourcentage d'années gélives ainsi que leur nombre de jour de gel moyen et maximum.

1.2. Modélisation de la phénologie du cépage Chenin

Cette première analyse du risque de gel prendra en compte l'évolution de la date du débourrement du cépage Chenin, un cépage blanc historique du vignoble du Val de Loire qui représente 14,1% de la surface viticole en Val de Loire (Gillet, 2016) et qui est largement planté également en Bretagne (ARVB <https://vigneronsbretons.bzh/>). Pour modéliser la date de débourrement, l'indice GDD a été calculé (van Leeuwen, 2008). Cet indice correspond à un cumul de degrés jours, c'est-à-dire à la somme des températures moyennes supérieures à 10°C à partir du 1^{er} janvier. D'après cet article, le cépage Chenin exigerait un minimum de 45 degrés jours pour atteindre le stade de débourrement (BBCH07). Ce seuil a donc été calculé annuellement afin d'obtenir les dates de débourrement à l'horizon 2100 pour chaque scénario du changement climatique.

1.3. Méthodologie pour la modélisation et la spatialisation du risque de gel printanier

A partir des données climatiques et des données phénologiques spatialisées à l'échelle de ces deux régions, des indices ont été créés pour caractériser le risque futur de gel pour l'activité viticole. Ce risque apparait pour la vigne lorsqu'une ou plusieurs journées gélives surviennent après la date du débourrement, fragilisant ainsi la plante. Cependant, il existe différents seuils de gel dans la littérature scientifique. Météorologiquement, le gel est défini par des températures minimales de l'air inférieures à 0°C. Le seuil des températures minimales inférieures à -1°C représente le gel agronomique impactant la vigne (Gavrilescu, 2019). Afin de prendre en compte le maximum de journées gélives pour faciliter la spatialisation de ce risque, le seuil de 0°C a été choisi pour représenter l'aléa gélif.

Le risque de dégâts de gel est ici déterminé par plusieurs paramètres. Il prend en compte à la fois la probabilité de gel après le débourrement, mais aussi la fréquence des épisodes gélifs. Il est calculé en combinant le modèle phénologique GDD qui détermine la date de débourrement du Chenin avec les

projections climatiques DRIAS sur les 2 régions, l'ensemble des périodes futures étudiées et sous les conditions climatiques des 2 scénarii.

Une première analyse de la combinaison entre la date du dernier gel printanier et la date du débourrement à partir des données du point de grille correspondant à la localisation de la commune de Saint-Aubin-de-Luigné située au cœur du vignoble du Layon dans le Val de Loire permettra une première compréhension de l'évolution future de ces 2 facteurs à partir du scénario RCP 8.5. Pour définir le risque de gelée printanière, deux variables sont présentées dans ce travail. On s'intéresse tout d'abord à la fréquence des épisodes de gel printanier en calculant le nombre d'années enregistrant au moins 1 épisode gélif sur les périodes futures étudiées. A partir de ces années, on calcule ensuite le nombre de jours de gel printanier moyen sur les différentes périodes afin de déterminer la fréquence annuelle de ces épisodes.

2. Résultats

2.1. Une sous-estimation moyenne du risque de gel par le modèle CNRM

Les températures minimales sont en moyenne sous-estimées par le modèle CNRM. De ce fait, le pourcentage d'années enregistrant au moins un épisode de gel printanier est plus faible de 10% (Rennes et Nantes) à 26 % (Dinard) selon les régions par rapport aux données observées, tout comme le nombre moyen de jours de gel par année gélive, avec un écart moyen atteignant jusqu'à 1,4 jours à Rennes (Tableau 1). Le nombre maximal de jours de gel par année gélive modélisé est variable selon les stations, atteignant jusqu'à 13 jours de gel à Rennes. Il est plus ou moins bien reproduit par le modèle, avec des écarts entre les données modélisées et les données observées allant de 0 jour pour Angers et Rennes à 4 jours de plus sur les données modélisées pour Nantes.

Tableau 1 : Comparaison des données modélisées par rapport aux données observées sur la période historique (1976-2005) sur les paramètres climatiques étudiés pour 5 stations météorologiques.

Paramètres climatiques	Nature de la série de données	Angers	Dinard	Nantes	Quimper	Rennes
Nombre d'années gélives (en %)	Modélisées	73	67	83	77	80
	Observées	87	93	93	70	90
	Ecarts	-14	-26	-10	7	-10
Nombre moyen de jours de gel par année gélive	Modélisées	3,9	3,1	3,3	2,6	4,1
	Observées	4,6	4	4,25	2,8	5,5
	Ecarts	-0,7	-0,9	-0,9	-0,2	-1,4
Nombre maximal de jours de gel par année gélive	Modélisées	11	8	12	7	13
	Observées	11	10	8	6	13
	Ecarts	0	-2	4	1	0

2.2. Vulnérabilité de la vigne au risque de gelées printanières

En utilisant les données du point de grille de Saint-Aubin-de-Luigné (vignoble du Layon en Val de Loire) selon les projections du scénario RCP 8.5 (Figure 1), on observe que la date moyenne du débourrement du Chenin et celle du dernier jour de gel sont avancées de 5 jours sur la période du futur proche par rapport à la période historique mais l'écart entre ces deux dates est relativement similaire (25 jours) sur les 2 périodes. Quelques années enregistrant des gelées tardives sont également à noter, en particulier sur la période historique avec 14% d'années gélives.

L'évolution dans le futur lointain pour ces 2 indicateurs est différente. Sur la période historique, on retrouve des dates de débourrement du Chenin entre fin mars et fin avril similaires aux observations effectuées dans le vignoble du Layon. Dans le futur, une importante avancée de la date de débourrement est perçue dans un premier temps après 2030, puis de manière encore plus marquée après 2070, jusqu'à obtenir des dates de débourrement début février (moyenne au 2 mars sur le futur lointain). L'évolution de la date du dernier de gel est légèrement différente, avec une avancée plus importante après 2030 mais moins marquée dans le futur lointain. Les moyennes de ces deux indicateurs sont plus rapprochées sur la période 2070-2100 avec un écart d'une semaine, augmentant la vulnérabilité de la plante et le risque de gel.

Selon ces projections, la fréquence des années enregistrant un épisode de gel printanier sera similaire ou légèrement plus élevée sur la période historique que sur le futur proche. Toutefois, la plante sera plus vulnérable à ce risque dans un futur lointain à cause de forte précocité du débourrement.

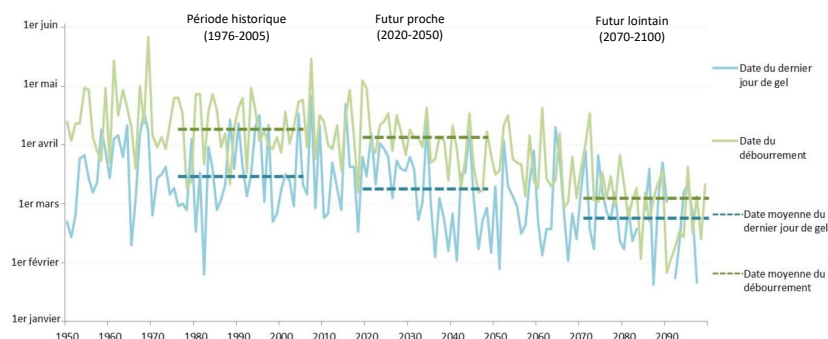


figure 1 : Comparaison entre la date du dernier jour de gel et la date du débourrement du cépage Chenin entre 1950 et 2100 sur le scénario RCP 8.5 pour le point de grille de Saint Aubin-de-Luigné (vignoble du Layon - Val de Loire).

Les dates moyennes du dernier jour de gel et du débourrement du Chenin sur la période historique et le futur proche étant très similaires, seules les 2 périodes futures seront présentées dans l'analyse de la spatialisation du risque de gel.

2.3. Spatialisation du risque de gelées printanières future

Sur l'ensemble des scénarios et des périodes futures, l'occurrence des années gélives pour le Chenin est inégale sur les régions Pays de la Loire et Bretagne (Figure 2). La fréquence varie de 0% à 25 % selon les zones et les périodes étudiées. La structure spatiale reste toutefois sensiblement la même, avec un risque de gel printanier après débourrement plus fréquent sur le Nord Est des Pays de la Loire (Le Mans), de 7 à 25%, quel que soit le scénario et la période choisie. La fréquence de ce risque tend à s'étendre spatialement dans le futur pour le scénario RCP 8.5.

Avec le scénario RCP 4.5, le risque de gel printanier pour le Chenin est inexistant dans un futur proche sur l'espace de la Bretagne. On note toutefois quelques années enregistrant un jour de gel printanier au centre des Pays de la Loire (1 à 7 %), touchant entre autres les vignobles ligériens déjà existants entre Angers et Nantes. A plus long terme, ce risque s'étend à l'ensemble de la région Pays de Loire et progressivement sur le sud de l'Ille et Vilaine (Rennes) en région Bretagne. Pour le scénario RCP 8.5, le gel printanier commence à apparaître dans le centre de la Bretagne dans un futur proche, puis sur la totalité de la région dans un futur lointain. Toutefois la fréquence de ces épisodes reste faible. Pour la région Pays de la Loire, la fréquence des épisodes de gel s'étend sur la quasi-totalité de la région dans un futur lointain (1 à 7 %), tout en continuant d'enregistrer une occurrence d'années enregistrant un gel printanier plus importante au nord-est.

Quel que soit le scénario et la période future, le nombre d'années avec des épisodes de gel printanier pour le Chenin tendrait donc à augmenter et s'étendre sur des régions actuellement exemptes de risque gélif printanier. Toutefois, la fréquence de ces épisodes semble diminuer entre le futur proche et le futur lointain sur le nord-est des Pays de la Loire, région la plus vulnérable aux risques de gel printanier. A long terme, la fréquence du risque gélif printanier tend donc à s'homogénéiser sur l'ensemble de ce territoire.

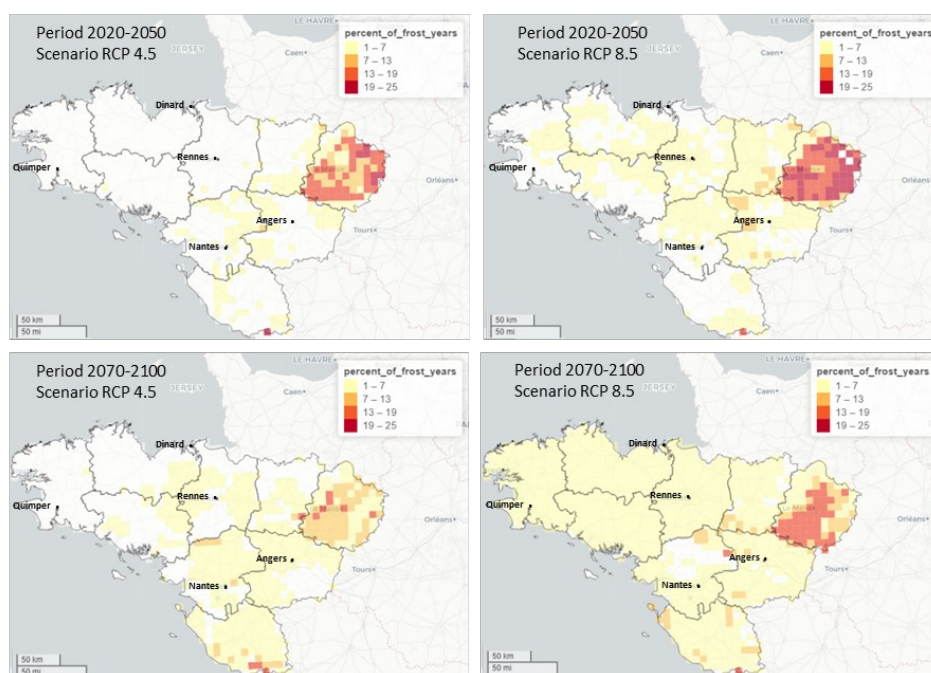


figure 2 : Fréquence de gel (% d'années enregistrant un épisode de gel printanier après débourrement) selon 2 scénarii futurs et 2 périodes futures sur les régions des Pays de la Loire et de la Bretagne.

Le nombre de jours de gel moyen par année présentant au moins 1 épisode de gel printanier sur les périodes futures proches et lointaines et sur les deux scénarios du changement climatique a également été spatialisé sur les régions de la Bretagne et des Pays de la Loire, pour le Chenin (Figure 3). L'étendue spatiale de cet indicateur est identique à celle de la fréquence des années enregistrant au moins un épisode de gel printanier (Figure 2), avec un risque qui s'étend à l'ouest à long terme pour le scénario RCP 8.5.

Avec le scénario RCP 4.5, le nombre de jours moyen d'épisodes gélifs par année est relativement faible sur l'ensemble de la zone vulnérable, avec en moyenne 1 à 2 jours de gel printanier par années gélives. Sur la période du futur lointain, seules quelques zones ponctuelles entre la Loire et la partie sud de la région des Pays de la Loire présentent un nombre de jours moyen plus important, pouvant aller jusqu'à 5 jours de gel en moyenne par années gélives.

Pour le scénario RCP 8.5, le nombre de jours de gel moyen sera également relativement faible sur le futur proche avec en moyenne 1 à 2 jours de jours de gel printanier par années gélives. Dans le futur lointain, la zone ligérienne ainsi que le sud de la région des Pays de la Loire, correspondant aux régions viticoles actuelles, montrent une augmentation du nombre moyen de jours gélifs. En moyenne, les années gélives enregistreront 1 à 5 jours de gel printanier.

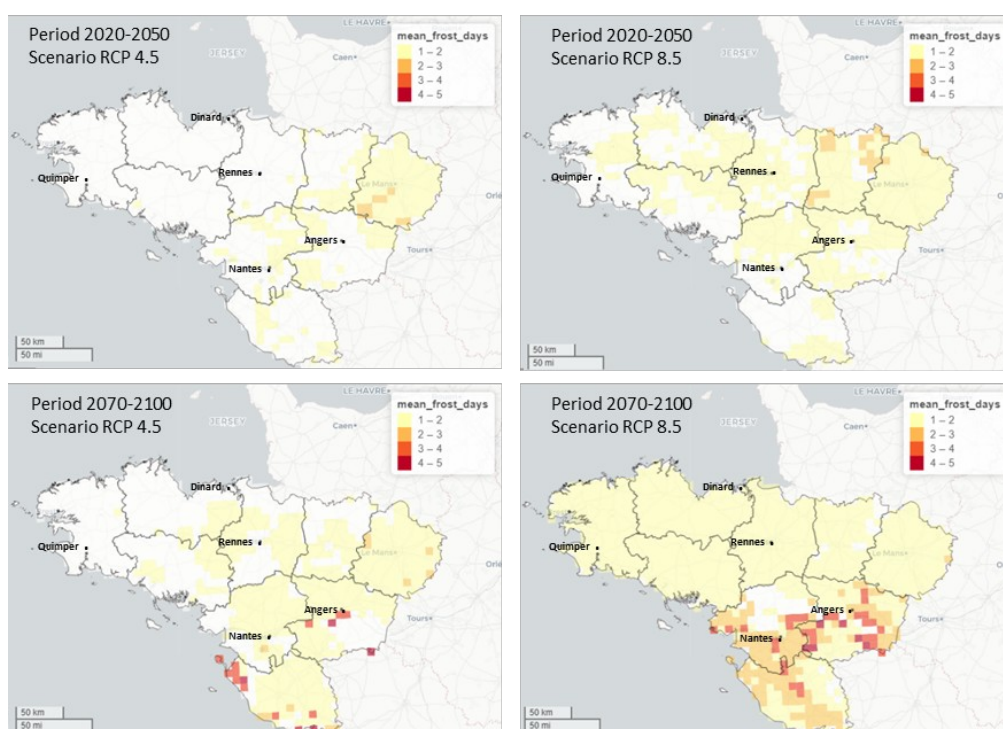


figure 3 : Nombre de jours de gel moyen calculé sur les années enregistrant au moins 1 épisode de gel printanier selon 2 scénarii futurs et 2 périodes futurs sur les régions des Pays de la Loire et de la Bretagne.

En combinant ces 2 indicateurs du risque de gel printanier, plusieurs conclusions peuvent être faites. Le nord-est des Pays de la Loire, qui présente les fréquences d'années gélives les plus importantes, enregistre toutefois un nombre réduit de jours moyens d'épisodes de gel (1 à 2 jours) sur l'ensemble des périodes. A l'inverse, avec le scénario RCP 8.5 dans un futur lointain, la zone ligérienne ainsi que le sud des Pays de la Loire montre une occurrence d'années gélives plutôt faible (1 à 7 %) mais avec un nombre de jours gélifs moyen élevé (4 à 5 jours). La Bretagne, grâce à son climat océanique, resterait épargnée par les épisodes de gelées tardives quel que soit le scénario utilisé et/ou la période future considérée. Un réchauffement important sur le long terme entrainerait toutefois une augmentation progressive de ce risque.

Conclusion

Bien que ces résultats se limitent à l'étude des épisodes de gel printanier prédéfini par une température minimale à 0°C, les indicateurs présentés ont permis d'identifier des secteurs plus ou moins exposés à ce risque agro-climatique à l'échelle régionale des Pays de la Loire et de la Bretagne et de caractériser leurs occurrences. A partir des données projetées du changement climatique et de la modélisation de la date de débourrement du Chenin, ce risque a été projeté selon deux scénarios (RCP 4.5 et RCP 8.5 – Modèle CNRM) et sur deux périodes futures (2020-2050 et 2070-2100). La répartition du risque de gelée printanière est très hétérogène sur ces deux régions. La région des Pays de la Loire, en particulier le nord-est, apparaît comme sujette au risque de gel printanier avec une occurrence plus importante d'années enregistrant des gelées printanières pour les deux périodes futures et les deux scénarios. Des années avec un nombre de jour de gel printanier élevés pourront également toucher la région viticole ligérienne et du sud des Pays de la Loire dans un futur lointain (scenarion RCP 8.5). La Bretagne, caractérisée par son climat océanique, ne semble pas ou peu vulnérable à ces épisodes climatiques extrêmes dans un futur proche. Sur ces deux régions, le nombre d'années présentant un épisode gélif printanier se maintient ou augmente légèrement dans le futur lointain et avec le scenarion RCP 8.5. Cela peut s'expliquer par un débourrement très précoce de la vigne, ouvrant ainsi une fenêtre plus large aux évènements gélifs. Seul le nord-est des Pays de la Loire,

présentant la plus forte occurrence d'années avec un gel printanier, enregistre une stagnation voire une diminution de la fréquence d'années gélives dans le futur lointain.

L'interprétation de ces résultats est toutefois à nuancer. Il est en effet important de prendre en compte les incertitudes liées aux projections climatiques ainsi qu'à la modélisation de la date du débourrement. On s'aperçoit par exemple que la fréquence d'années de gel printanier sur la période historique est sous-estimée par rapport aux observations de terrain. Les données modélisées présentées dans cette étude permettent donc de donner une tendance d'évolution spatio-temporelle des risques climatiques plus que des valeurs chiffrées précises. Plusieurs perspectives sont envisagées pour compléter ces premiers résultats. L'étude du risque de gel sera élargie en étudiant l'intensité, en intégrant des paramètres comme l'humidité et la sensibilité de la plante, ou encore en comparant son évolution à une période historique. Une analyse spatio-temporelle similaire des risques de vague de chaleur et de stress hydrique est également envisagée, afin d'obtenir des cartes d'exposition aux risques pour plusieurs cépages sur ces régions.

Remerciements : Nous tenons à remercier les Régions Pays de la Loire et Bretagne ainsi que l'ADEME pour le financement du projet CLIMATVEG, ainsi que tous les partenaires de la tâche 1.5 dans laquelle s'inscrivent ces travaux.

Bibliographie

- Cantat O., Planchon O., Quénot H., Savouret E., Bois B., Beauvais F. et Brunel-Muguet S., 2019 : Gelées tardives et viticulture en basse et moyenne vallée de la Loire (France). Approche géoclimatique d'un aléa météorologique majeur pour la vigne, *Climatologie* **16**, 91-128
- Duchêne, E.; Schneider, C., 2005 : Grapevine and climatic change: A glance at the situation in Alsace. *Agron. Sustain. Dev.* **25**, 93–99
- Gavrilescu C., Bois B., Castel T., Larmure A., Ouvrié M., Richard Y., 2019. Analyse spatiale de l'évolution du risque de gel sur la vigne en Bourgogne-Franche-Comté. 32ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Thessalonique, Grèce. pp.181-186.
- Gillet F., Carvalho P., 2016 : Approche économique des AOP de chenin du Val de Loire et des autres productions mondiales. *Territoires du vin*, **7**, 3p
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.
- Neethling E., 2016 : Adaptation de la viticulture au changement climatique : vers des stratégies à haute résolution. Thèse de Géographie. Université Rennes 2. 195p
- Santos, J.A., Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L.-T., Correia, C., Moriondo, M., Leolini, L., Dibari, C., Costafreda-Aumedes, S., Kartschall, T., Menz, C., Molitor, D., Junk, J., Beyer, M., Schultz, H.R. 2020 : A Review of the Potential Climate Change Impacts and Adaptation Options for European Viticulture. *Appl. Sci.* **10**, 3092.
- van Leeuwen C., Garnier C., Agut C., Baculat B., Barbeau G., et al. 2008 : Heat requirements for grapevine varieties is essential information to adapt plant material in a changing climate. Actes du VIIème Congrès International des Terroirs Viticoles (Eds Murisier, F.), pp. 222–227. Nyon, Switzerland: Agroscope Changins-Wädenswil ACW.
- van Leeuwen, C.; Darriet, P. 2016 : The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality. *J. Wine Econ.* **11**, 150–167.
- Zavlyanova M., 2020 : *Faisabilité climatique de la viticulture en Bretagne dans le contexte du changement climatique : identification des régions viticoles potentielles*. Mémoire de fin d'études. Bordeaux Sciences Agro. 50p.