IVES Technical Reviews
vigne & vin

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2023.7514

# L'incertaine évolution des risques de gelées de printemps au vignoble au 21ème siècle

**Benjamin Bois[1,2], Catinca Gavrilescu[1], Sébastien Zito[3] Yves Richard[1], Thierry Castel[1]**

[1] Biogéosciences UMR 6282 CNRS uB, Université Bourgogne-Franche-Comté, 6 Boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France
[2] IUVV, Université Bourgogne-Franche-Comté, 2 rue Claude Ladrey, 21000 Dijon, France
[3] EGFV, Univ. Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France

Avec des hivers plus doux, une plus grande précocité du débourrement de la vigne pourrait conduire à un accroissement des dégâts de gel au cours du 21ème siècle, en dépit du réchauffement climatique. Toutefois la projection du risque de gelées dans le futur souffre actuellement d'incertitudes. Nous revenons ici sur les éléments à considérer quand on souhaite évaluer le risque de dégâts de gel de printemps et les limites de l'exercice de simulation de ce dernier, en s'appuyant sur des travaux de simulations menées dans la région viticole de Chablis (Bourgogne, France).

## Les facteurs du risque de gel

Pour que les gelées printanières occasionnent des dégâts sur la vigne, il faut la combinaison de deux éléments : des températures négatives et une plante sensible au gel. On parle, pour ce second élément, de *vulnérabilité*. La vulnérabilité de la vigne est dynamique. Elle évolue en fonction du froid des jours précédents auquel la vigne s'acclimate durant la saison de repos végétatif, notamment grâce à une élévation du taux de sucres solubles dans les bourgeons dormants et les vaisseaux conducteurs[1]. En début d'automne, les bourgeons latents résistent à des températures de l'ordre de -10 °C, puis le seuil de résistance au froid peut atteindre -25 °C au cœur de l'hiver (Figure 1a). Il remonte graduellement à des températures de l'ordre de -5 °C à l'approche du débourrement (Figure 1b) pour atteindre un maximum de l'ordre -2 °C sur les jeunes pousses de vigne[6].
L'humectation des bourgeons (pluie ou neige ayant fondu ou humidité saturante) accroît de 3 à 4 °C la sensibilité des bourgeons au gel, en hiver et jusqu'au débourrement[2] (Figure 1b). Ainsi, au stade pointe verte, des températures de -3 °C occasionneront des dégâts sévères sur des bourgeons humides alors qu'elles n'entraîneront aucune conséquence par temps sec.

## Des modèles très sensibles au climat, produisant des résultats contradictoires

Pour reproduire ces variations de vulnérabilité dans le temps, selon le stade phénologique et en fonction de l'humectation des bourgeons, nous avons adapté un modèle dynamique de sensibilité au gel hivernal et printanier (que nous appellerons ici FergSec) élaboré par l'université de l'état de Washington (WSU[2]), en y intégrant une plus haute sensibilité au gel (+ 3,5 °C) par temps humide (FergHum). Nous avons également simulé le risque de gel par une approche plus simpliste, dite binaire, utilisée dans de précédents travaux[3]. Cette approche consiste à considérer que la vigne n'est vulnérable aux gelées qu'une fois débourrée. Nous avons comparé le risque de gel simulé par cette approche binaire en faisant varier la date de débourrement simulée par différents modèles phénologiques[4] : GDD5, BRIN, Fenovitis et SU, plus ou moins complexes intégrant ou non le cumul de froid nécessaire à la levée de dormance des bourgeons.
Chacune des 6 méthodes (dynamiques : FergSec et FergHum et binaires : GDD5, BRIN, Fenovitis et SU) utilisées pour appréhender la vulnérabilité de la vigne simulent convenablement des dégâts de gel

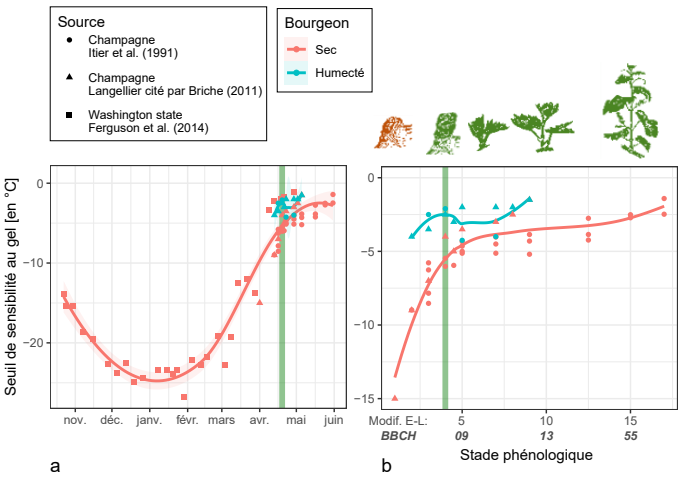



**FIGURE 1.** Évolution de la sensibilité du cépage Chardonnay au gel durant la période de repos de la vigne jusqu'à la fin du printemps (a) avec un focus sur la période du bourgeon dormant en sortie d'hiver au stade « boutons floraux séparés » (b). Les stades phénologiques sont présentés selon les échelles Eichhorn et Lorenz modifiée (Modif. E-L) et BBCH. Le débourrement (stade 4 selon l'échelle d'Eichhorn et Lorenz modifiée / 07 sur l'échelle BBCH) est indiqué par la barre verticale en vert. Les courbes sont ajustées selon les données issues de la littérature pour la Champagne[7,8] sur bourgeons secs et humectés et dans l'État de Washington, aux USA[2]. Les observations en Champagne ont été synchronisées avec celles réalisées aux USA en faisant correspondre le débourrement rapporté dans les deux études (graph (a)). Les autres stades phénologiques n'étant pas précisés pour l'état de Washington, les données correspondantes ne sont pas présentées dans le graph (b).

à Chablis sur la période 1964-2020 (dans 81 % à 90 % des cas, en comparaison avec les observations rapportées par des vignerons, consultants et historiens).
Les évolutions du risque de gel à horizons 2050 et 2100 simulées par ces 6 méthodes ont été comparées à l'aide de données climatiques issues de 14 modèles de climats (scénario RCP8.5/CMIP5) affinés spatialement (« désagrégées ») à une résolution de 8 km[5]. Les résultats obtenus sont différents, voire contradictoires, entre les 6 méthodes de simulation du risque gel. On simule une hausse ou une baisse des fréquences d'années gélives selon l'approche de modélisation utilisée (Figure 2).

## Une cascade d'incertitudes

Pourquoi de tels écarts dans les prévisions du risque gel ? L'approche binaire est très sensible à la date de débourrement prédite par les


Ce travail est disponible sous la licence Creative Commons Attribution 4.0 International.

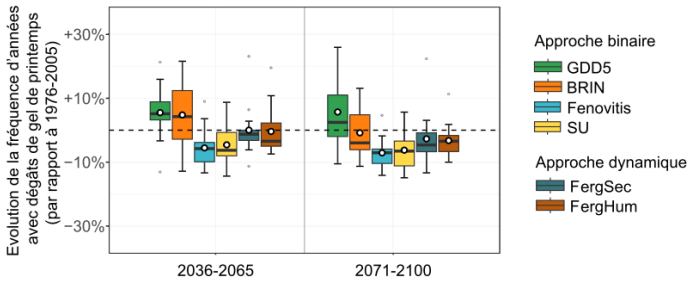



**FIGURE 2.** Distribution de l'écart (différence à la période 1976-2006) de la fréquence d'années avec dégâts de gels pour la région de Chablis (Bourgogne, France) en 2050 et 2100. Les box-plots présentent la distribution des écarts calculés pour 14 modèles de climat. Le point blanc au centre de chaque boite indique la moyenne de la différence de fréquence d'années gélives par les différents modèles de climat (scenario RCP8.5/CMIP5) et la barre noire horizontale la médiane. Chaque boîte correspond à un modèle des 6 modèles de sensibilité au gel de printemps comparés.

modèles phénologiques. Or l'erreur de prédiction des dates est de l'ordre de +/- 5 à 12 jours selon le modèle et le cépage considéré. Les modèles dynamiques (FergSec, FergHum) qui visent à reproduire plus fidèlement l'évolution du niveau de sensibilité des bourgeons au gel, souffrent pour leur part d'un manque de robustesse en raison d'un échantillonnage de bourgeons pour la calibration issu d'une seule région viticole. Pour qu'ils soient davantage précis, il faudrait mener à grande échelle des campagnes de mesures de résistance au froid des bourgeons (avec, par exemple, des chambres de refroidissement, idéalement transportables au vignoble[6]) dans d'autres régions viticoles.

À ces limites propres aux modèles biologiques s'ajoutent enfin les incertitudes liées aux données climatiques : sites de mesure climatique non-standard (exacerbation ou sous-estimation de l'intensité du gel) ou non-représentatif de conditions du vignoble, biais des modèles climatiques, incertitudes des projections futures…

## Conclusion

Évaluer les impacts du changement climatique futur est fondamental pour la vitiviniculture, en raison notamment de l'inertie associée à la production de raisin et de vin (première récolte 3 ou 4 ans après la plantation, optimum quantitatif de production atteint après 10 à 15 ans…). Mais dès qu'il s'agit de simuler des phénomènes très sensibles à des petites variations, comme les risques liés au gel, ou encore des risques faisant intervenir des systèmes complexes (comme les relations climat-plante-pathogène pour estimer l'évolution du risque causé par les maladies ou ravageurs), une cascade d'incertitudes entraine des projections parfois très incertaines. L'étude de l'évolution du risque de gel de printemps illustre ces limites et souligne la prégnance d'améliorer, par davantage d'observations au terrain ou au laboratoire, les modèles de vulnérabilité de la vigne encore trop peu précis.

Il serait vain, néanmoins, d'ignorer les résultats de telles simulations parce qu'elles sont entachées d'une variance, d'une incertitude élevée. Connaître le degré d'incertitude est un élément essentiel de la réflexion stratégique à mener pour la gestion des risques. ■

***Remerciements :*** *les travaux présentés dans cet article ont été menés avec le soutien financier de la région Bourgogne-Franche-Comté.*

***Source :*** *Article prenant sa source de l'article de conférence suivant : "Frost risk projections in a changing climate are highly sensitive in time and space to frost modelling approaches." (Proceedings of the 14th International Terroir congress and 2nd ClimWine symposium, IVES Conferences Series, 2022).*

**1** Hamman, R. A., Dami, I.-E., Walsh, T. M., & Stushnoff, C. (1996). Seasonal Carbohydrate Changes and Cold Hardiness of Chardonnay and Riesling Grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, *47*(1), 31-36. https://doi.org/10.5344/ajev.1996.47.1.31

**2** Ferguson, J. C., Moyer, M. M., Mills, L. J., Hoogenboom, G., & Keller, M. (2014). Modeling Dormant Bud Cold Hardiness and Budbreak in Twenty-Three Vitis Genotypes Reveals Variation by Region of Origin. *American Journal of Enology and Viticulture*, *65*(1), 59-71. https://doi.org/10.5344/ajev.2013.13098

**3** Sgubin, G., Swingedouw, D., Dayon, G., García de Cortázar-Atauri, I., Ollat, N., Pagé, C., & van Leeuwen, C. (2018). The risk of tardive frost damage in French vineyards in a changing climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 250-251, 226-242. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.12.253

**4** Les références aux 4 modèles sont présentées dans Gavrilescu, C., Zito, S., Richard, Y., Castel, T., Morvan, G., & Bois, B. (2022).

**5** Gavrilescu, C., Zito, S., Richard, Y., Castel, T., Morvan, G., & Bois, B. (2022).

**6** Flura, D., Itier, B., Brun, O., Durand, B., & Masson, S. (1991). Mise au point de chambres de refroidissement pour l'étude de la gélivité des bourgeons. Application au cas de la vigne. *Agronomie*, 11(5), 383-386. https://doi.org/10.1051/agro:19910505

**7** Briche, E. (2011). Changement climatique dans le vignoble de Champagne : Modélisation thermique à plusieurs échelles spatio-temporelles (1950-2100) [Thèse de doctorat]. Université Paris-Diderot - Paris VII.

**8** Itier, B., Flura, D., Brun, O., Luisetti, J., Gaignard, J. L., Choisy, C., & Lemoine, G. (1991). Analyse de la gélivité des bourgeons de vigne. Expérimentation in situ sur le vignoble champenois. *Agronomie*, 11(3), 169-174.