



Forum

Météo & Viticulture Cognac

Maladies, ravageurs et modélisation

Lundi 26 janvier 2026 | 15h30

*Espace Edmond & James Grégoire
Grégoire Cognac, Châteaubernard*

**PROJET ARRUPVICO**

ASSURABILITE DES RISQUES LIES A LA REDUCTION DES USAGES

Evaluation des effets des précipitations printanières sur le mildiou et les rendements viticoles en France

Cláudia Mendes¹, David Makowski¹, François Brun²

francois.brun@acta.asso.fr

¹ INRAE AgroParisTech Université Paris-Saclay, UMR MIA

² Acta – les Instituts Techniques Agriculural

Avec le support de M. Raynal (IFV) & M. Fermaud (INRAE SAVE)

Forum Météo & Viticulture

Cognac 2026

26 janvier 2026

An isometric illustration depicting various aspects of modern agriculture and research. It includes a drone flying over a field, a cow, sheep, and a pig. A person is shown working on a laptop, another holding a tablet displaying a leaf, and a third holding a clipboard. A large lightbulb with colorful dots inside is a central element, symbolizing ideas and innovation. There are also icons of a smartphone, a small cube, and a classical building with columns.

acta LES INSTITUTS
TECHNIQUES
AGRICOLLES #

La recherche appliquée
au service des agriculteurs
et des filières agricoles

Créer des solutions innovantes, opérationnelles
et durables pour et avec tous les agriculteurs

Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR

 **MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE,
DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT**
*Liberté
Égalité
Fraternité*



LE RÉSEAU AU SERVICE DES FILIÈRES

Volailles,
lapins,
poissons



Abeille



Ruminants



Filières animales



Cheval



Porc

Spécifiques



Alimentation et
agriculture biologiques,
toutes filières



Algues



Forêt

acta
19 ITA
QUALIFIÉS
tous les 5 ans
PAR LE MINISTÈRE

2000
COLLABORATEURS
CHERCHEURS
INGÉNIEURS
TECHNICIENS

Fruits et
légumes



Céréales,
pommes de terre,
lin et fourrages



Productions
cidricoles



Huiles, protéines
végétales et
chanvre



Filières végétales

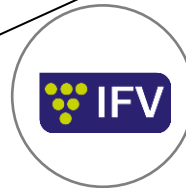


Plants de
pommes
de terre



Plantes
médicinales
et
aromatiques

Vigne et
vin



Betterave



Horticulture,
pépinières et
paysage

Outre-mer



Aux Antilles



À La Réunion

Cycle 2026-2030 : 3 nouveaux objectifs:

- **Méthodes pour l'analyse de données observationnelles et l'identification de relations causales ;**
- **Entraînement des modèles d'apprentissage automatique et méthodes pour interpréter leurs résultats ;**
- **Intégration des modèles dans les outils d'aide à la décision grâce à l'intelligence artificielle générative et au no-code.**

Public cible = ingénieur, chercheur de la R&D collective et de l'AgTech

Animation : François Brun (ACTA), Maxime Legris (IDELE), Clotilde Hardy (IDELE), David Makowski (INRAE)

www.modelia.org



Nouvelle
parution!

RMT
NAEXUS

#Digit Ag

DATA & MODÉLISATION

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE

acta
LES INSTITUTS
TECHNIQUES
AGRICOLLES

LE NUMÉRIQUE EN AGRICULTURE : DES TECHNOLOGIES AUX APPLICATIONS

Un guide pratique, pédagogique et évolutif pour décrypter les **technologies** numériques et leurs **applications** sur le terrain

23 Technologies vulgarisées et accompagnées de ressources complémentaires en ligne

Des planches illustratives pour **3** filières

5 Grands axes de discussion autour des enjeux économiques, sociaux et environnementaux



Que vous soyez **étudiants** ou **enseignants** agricoles, plongez dans cet univers du numérique et devenez acteur de l'agriculture performante et durable de demain !

Hervé PILLAUD : "Quand on ouvre certains livres, la première réflexion qui vient à l'esprit est la suivante : pourquoi ne pas y avoir pensé avant ?"

Cyril KAO : "Un outil essentiel pour former les acteurs de demain, capables de conjuguer technologie et savoir-faire dans un environnement en profonde évolution."

POUR EN
SAVOIR
PLUS :



29 €^{TTC}



Précipitations printanières

Rôle physiologique

- favorise le débourrement et la floraison, facilite l'absorption des nutriments et la formation des grappes.

mais, un excès de précipitations...

- endommage les fruits et entrave la photosynthèse.
- augmente l'humidité de la canopée, favorisant l'apparition de maladies.
- perturbe la structure du sol, augmentant le ruissellement et l'érosion.

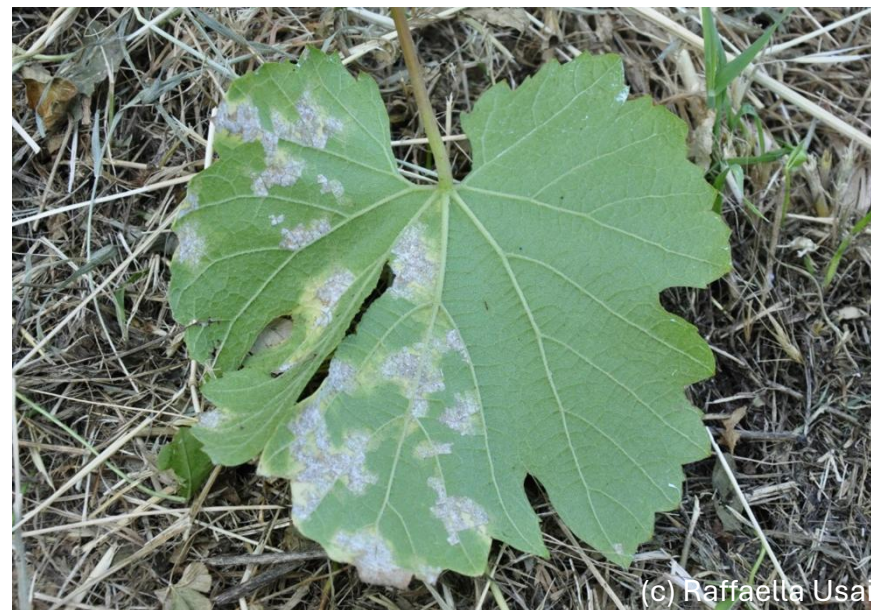


Préoccupations liées au mildiou

Mildiou (*Plasmopara viticola*)

L'une des maladies de la vigne les plus destructrices au monde, causant :

- des dommages aux feuilles et aux fruits
- la défoliation
- une réduction de la teneur en sucre et de la qualité du vin
- des pertes de récolte pouvant atteindre 100 % en cas d'épidémie
- se développe dans des conditions chaudes, humides et pluvieuses





Questions

- 1. Quels sont les effets des précipitations élevées (HP) sur les pertes de rendement de la vigne ?**
- 2. Quels sont les effets des HP sur la pression du mildiou ?**
- 3. L'effet des précipitations printanières élevées sur les rendements est-il en partie dû à la pression du mildiou ?**



Comment estimer correctement les effets de la HP ?

Estimations biaisées – Risque de confusion





Comment estimer les effets des HP ?

Méthodes statistiques avancées

Inverse Probability Weighting (IPW)

Le modèle prédit la probabilité de l'événement en fonction des facteurs de confusion

Standardization

Le modèle prédit le rendement en fonction à la fois de l'événement et des facteurs de confusion

Double robust

Repose sur la combinaison des deux types de modèles

Linear Mixed-Effects Models (LME)
Generalized Boosted Models (GBM)



Comment estimer les effets des HP ?

Approche « Double robust »

1. Yield under HP

$$A = \frac{1}{N} \sum \left[g(1, X_{ij}) + \frac{HP_{ij}}{\pi_{HP_{ij}}} (Y_{ij} - g(1, X_{ij})) \right]$$

2. Yield under no HP

$$B = \frac{1}{N} \sum \left[g(0, X_{ij}) + \frac{1-HP_{ij}}{1-\pi_{HP_{ij}}} (Y_{ij} - g(0, X_{ij})) \right]$$

3. Average Treatment Effect (ATE)

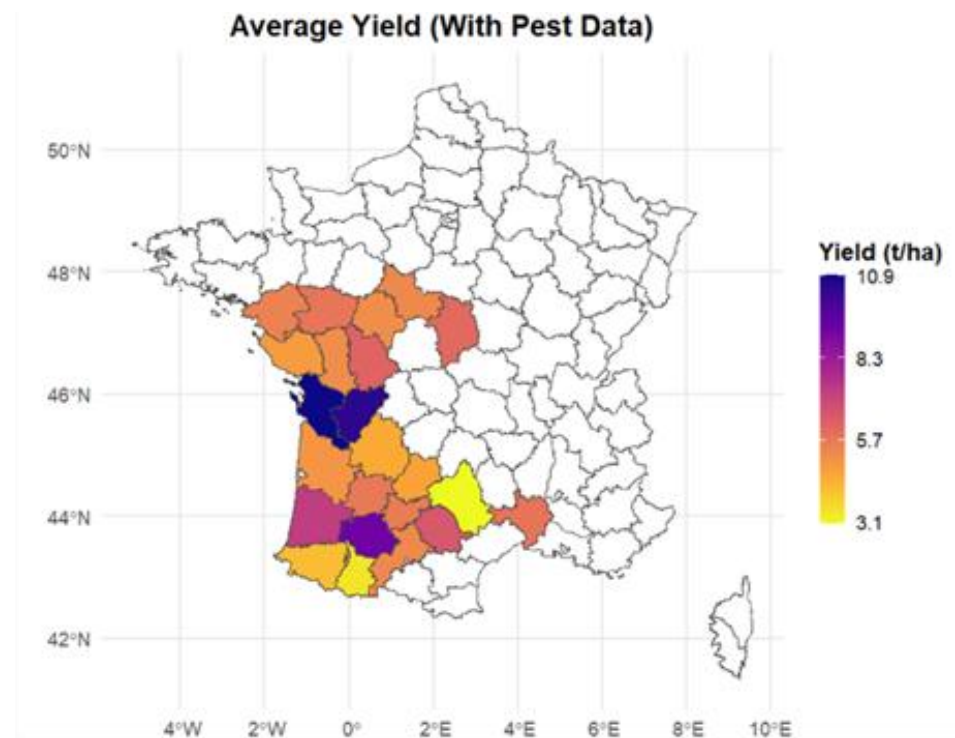
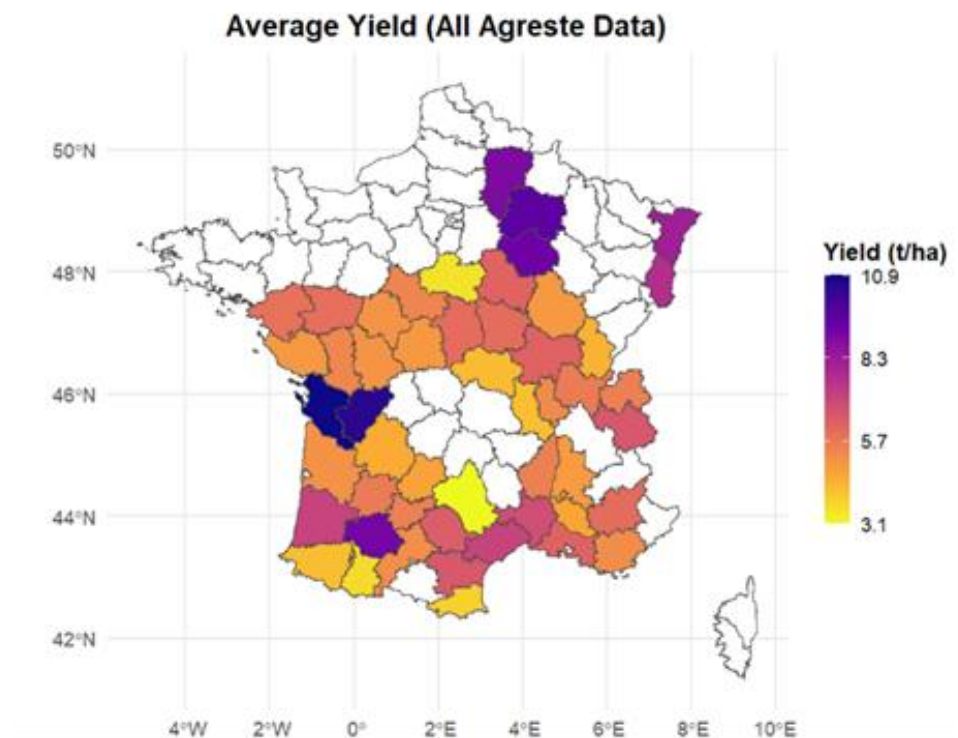
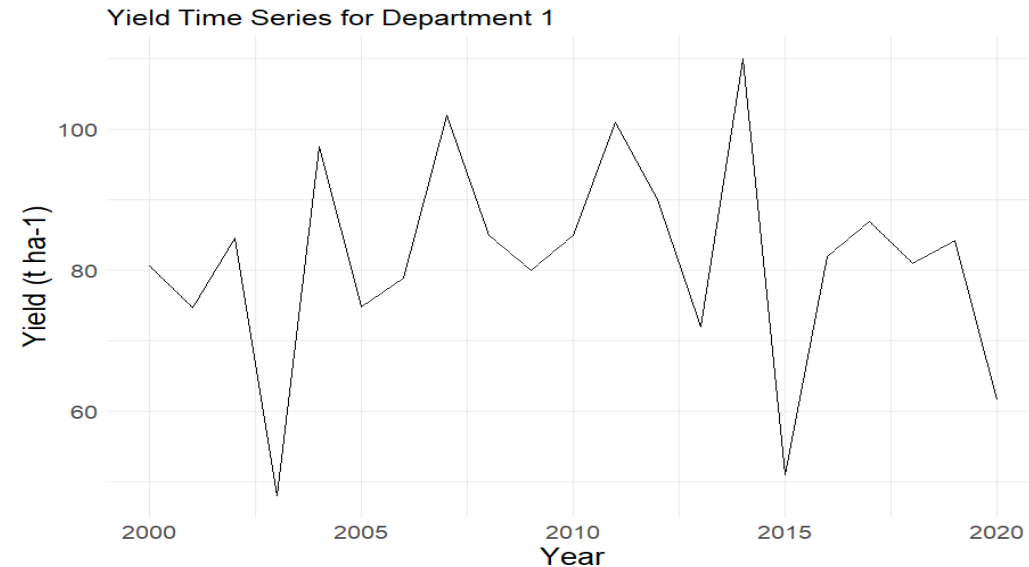
$$ATE = A - B$$

- HP_{ij} : binary indicator of high precipitation for department i , year j
- Y_{ij} : observed log yield
- X_{ij} : covariate vector
- $\pi_{HP_{ij}}$: predicted probability of HP
- $g(HP, X_{ij})$: predicted yield under HP / non-HP



données de rendement sur la vigne

Séries chronologiques de rendement (2000-2023) par département





données sur les maladies

Fréquence des maladies (pourcentage de feuilles infectées parmi toutes les feuilles observées)

Gravité/sévérité de la maladie (pourcentage de la surface totale des feuilles affectée)





Données météorologiques

Covariables mensuelles (2000-2023) par département

- **Précipitations**
- **Évapotranspiration**
- **Rayonnement visible**
- **Température maximale**
- **Nombre de jours avec $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$**
- **Indice d'humidité du sol**



Jeu de données final

Identification des événements HP

Basé sur les **20 % supérieurs**
Précipitations moyennes mensuelles
de chaque département



Variable binaire à forte précipitation (HP)
calculée pour chaque mois et
département entre janvier et septembre

Exemple

Le 80e percentile est calculé en utilisant toutes les valeurs de mai (2000–2023) pour chaque département individuellement.

Pour **chaque année-département**, la valeur des précipitations de mai est comparée au **80e percentile spécifique au département.**

Si la valeur de mai de cette année-là est égale ou supérieure au 80e percentile,
HP = 1 ;
sinon, **HP = 0.**



Questions

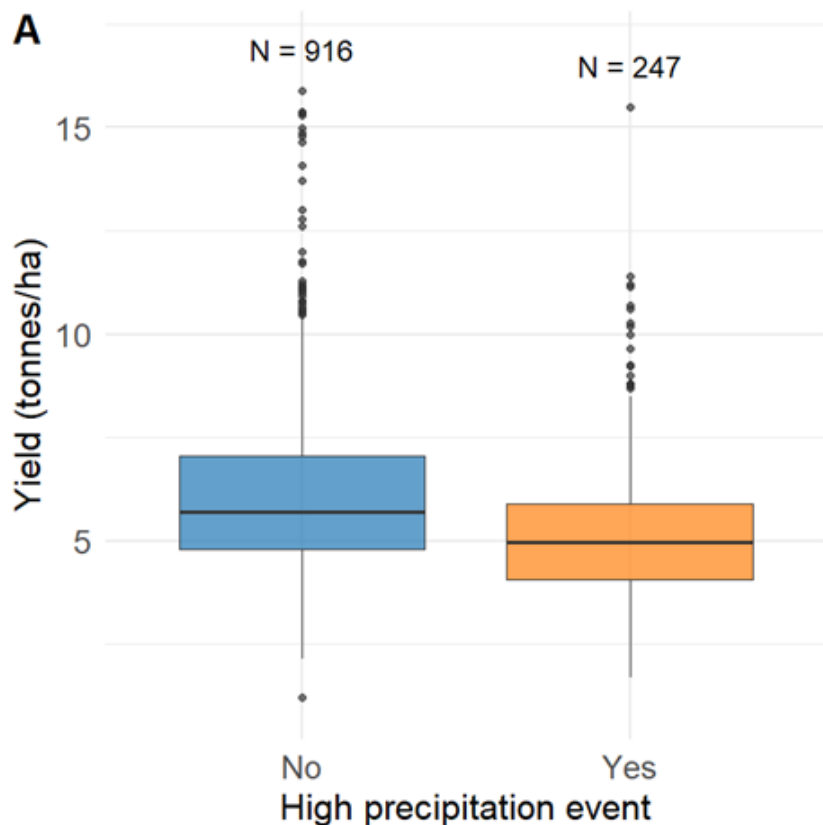
- 1. Quels sont les effets des précipitations élevées (HP) sur les pertes de rendement de la vigne ?**
- 2. Quels sont les effets des HP sur la pression du mildiou ?**
- 3. L'effet des précipitations printanières élevées sur les rendements est-il en partie dû à la pression du mildiou ?**



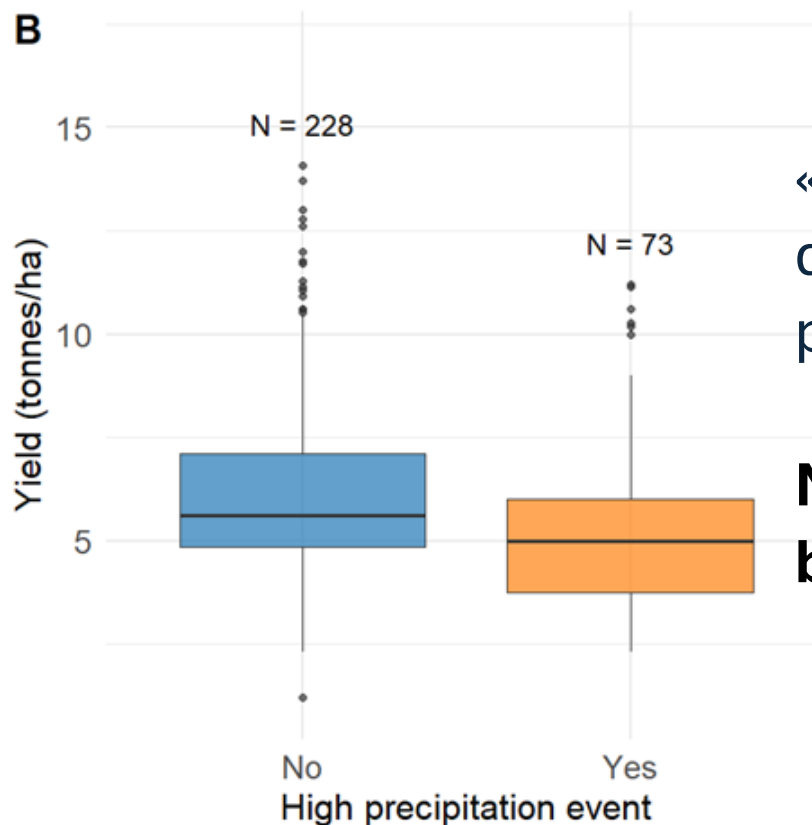
Question 1. Quels sont les effets d'une forte précipitation (HP) sur les pertes de rendement liées à la vigne ?

Données brutes : attention, risque de biais !

Full Agreste dataset



Filtered dataset



« Rendement plus faible lors des événements à fortes précipitations »

Mais attention, risque de biais !





Question 1. Quels sont les effets d'une forte précipitation (HP) sur les pertes de rendement liées à la vigne ?

Modèles statistiques

Modèle 1:

Modèles prédisant la probabilité d'occurrence de la HP en fonction des covariables

Modèle 2:

Modèles prédisant le rendement en fonction de HP + covariables

➡ **Méthode Double robust (LME, GBM)**

✖ bootstrap
Validation croisée

Variables de confusion considérées dans les modèles

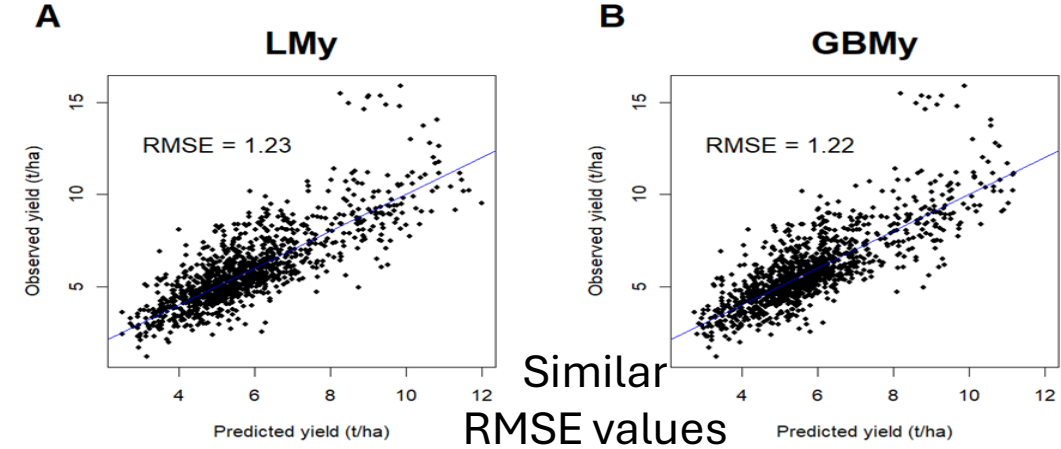
Évapotranspiration mensuelle moyenne
Température maximale mensuelle moyenne ($T_{\max}$)
(Nombre de jours avec $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$)
Indice mensuel moyen d'humidité du sol (SWI)
Rayonnement visible mensuel moyen

Janvier
À
Septembre

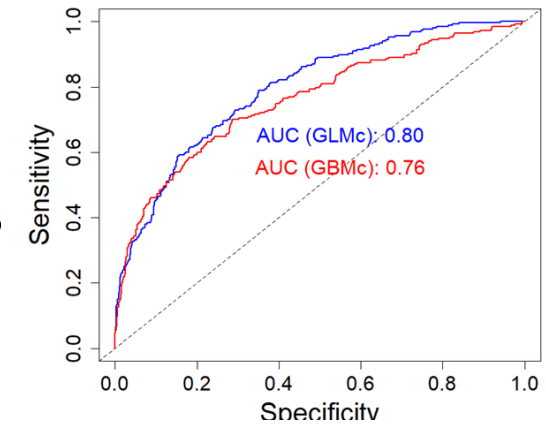


Comparaison des performances des modèles

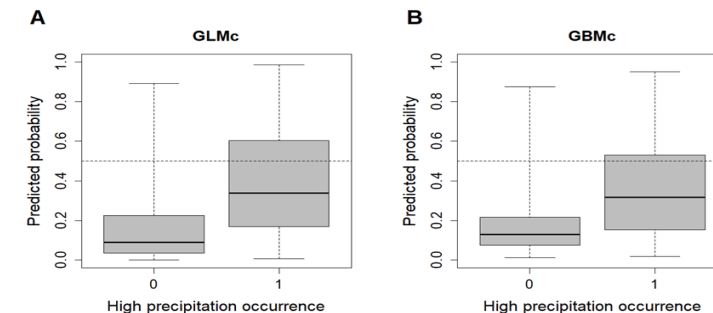
Performance des prévisions du rendement



Classification des fortes occurrences de précipitations



Probabilités d'une forte occurrence de précipitations

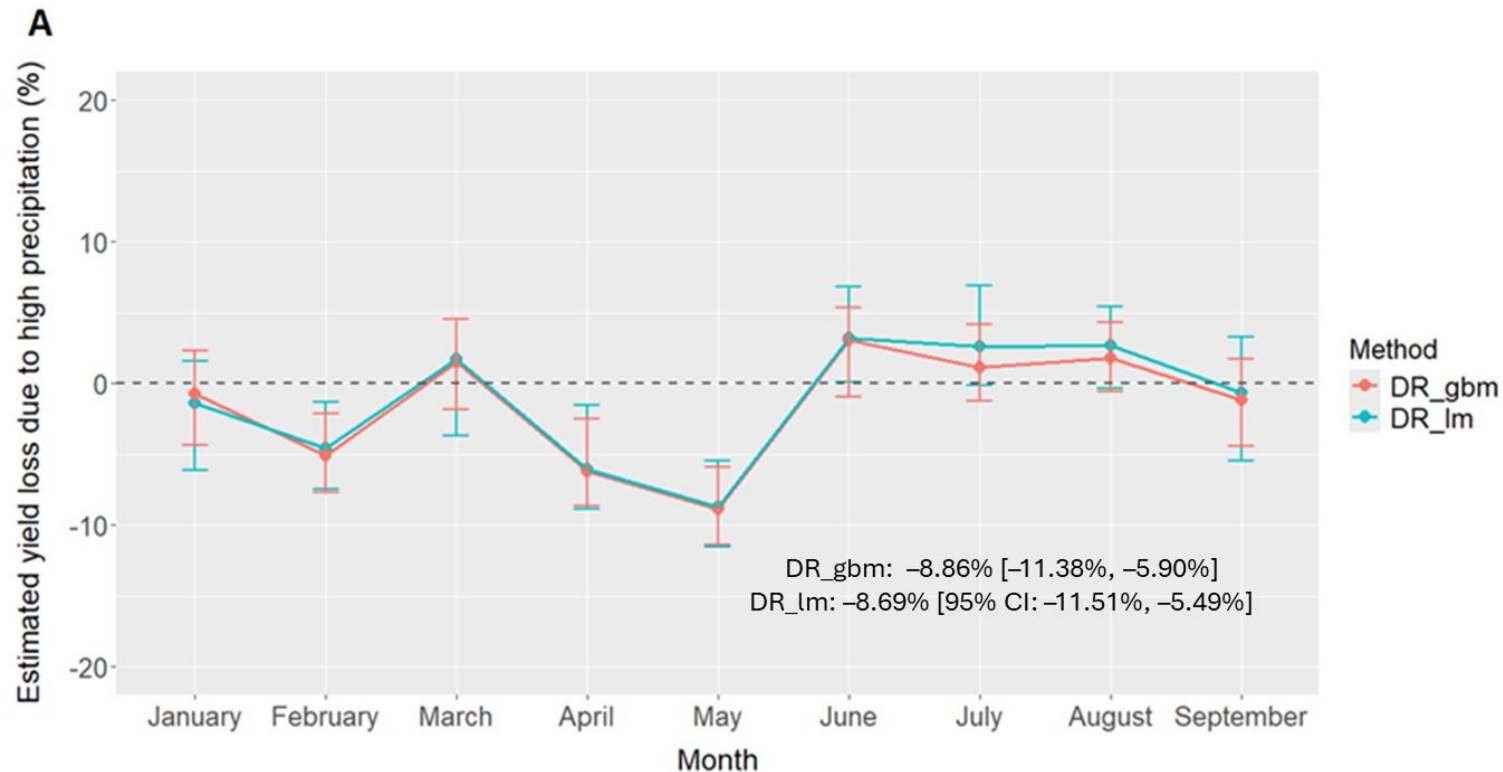




Question 1. Quels sont les effets d'une forte précipitation (HP) sur les pertes de rendement liées à la vigne ?

L'impact causal des événements HP a montré le rendement négatif le plus fort surtout en mai

Modèle 1 et 2



Santos et al. 2011, Jones et al. 2005; Ramos et al. 2008:

- De faibles précipitations et des températures élevées à la fin du printemps (floraison en mai et développement des baies en juin) sont favorables au rendement de la vigne
- Les précipitations de mai sont significativement plus faibles les années à haut rendement que lors des années à faible rendement



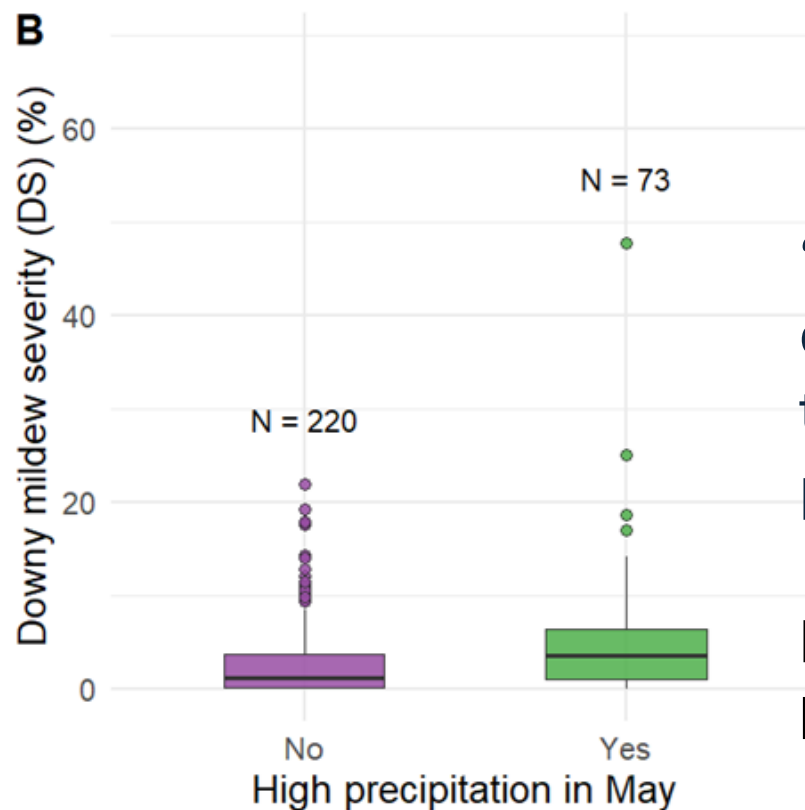
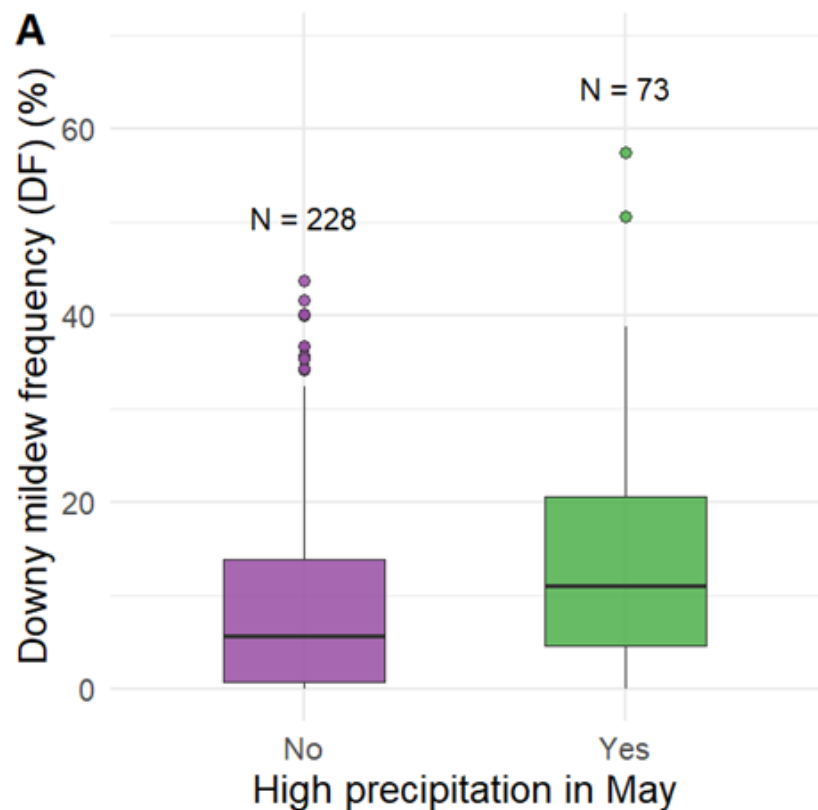
Questions

1. Quels sont les effets des précipitations élevées (HP) sur les pertes de rendement de la vigne ?
2. Quels sont les effets des HP sur la pression du mildiou ?
3. L'effet des précipitations printanières élevées sur les rendements est-il en partie dû à la pression du mildiou ?



Question 2. Quels sont les effets des HP sur la pression de mildiou ?

Données brutes



“Fréquence et gravité plus élevées des maladies dans le traitement à forte précipitation”

Mais attention, risque de biais !





Question 2. Quels sont les effets des HP sur la pression de mildiou ?

Modèles statistiques

Modèle 1:

Modèles prédisant la probabilité d'occurrence de la HP en fonction des covariables

Modèle 3:

Modèles prédisant la fréquence et la gravité des maladies en fonction de
HP + Covariables

➡ **Double robust method (LME, GBM)**

✖ bootstrap
validation croisée

Variables de confusion considérées dans les modèles

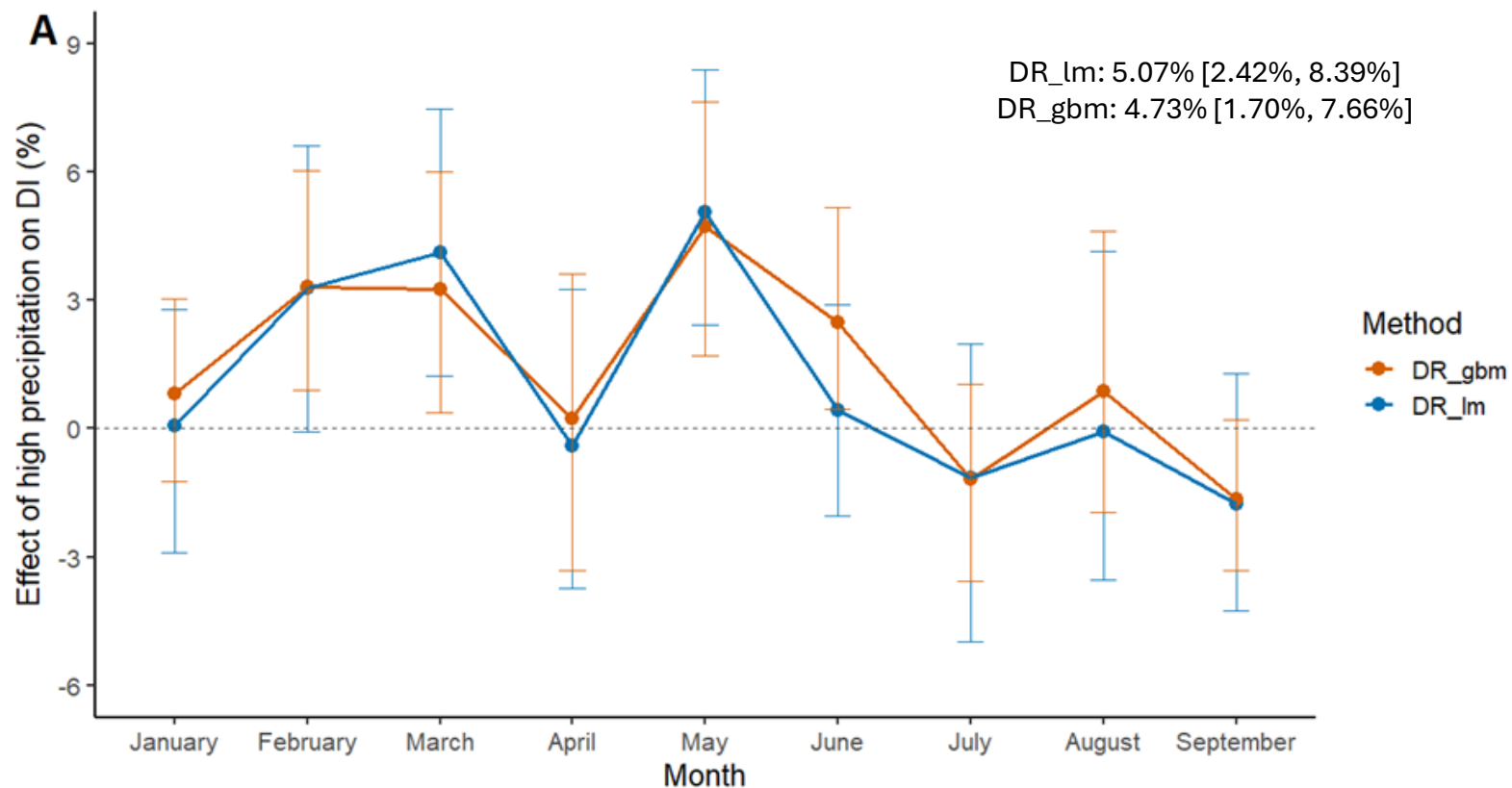
Évapotranspiration mensuelle moyenne
Température maximale mensuelle moyenne($T_{\max}$)
Nombre de jours avec $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$
Indice mensuel moyen d'humidité du sol(SWI)
Rayonnement visible mensuel moyen

Avril
À
Septembre



Question 2. Quels sont les effets des HP sur la pression du mildiou ?

L'impact causal des événements de HP sur l'**incidence** de la maladie a montré l'**effet positif le plus fort en mai**

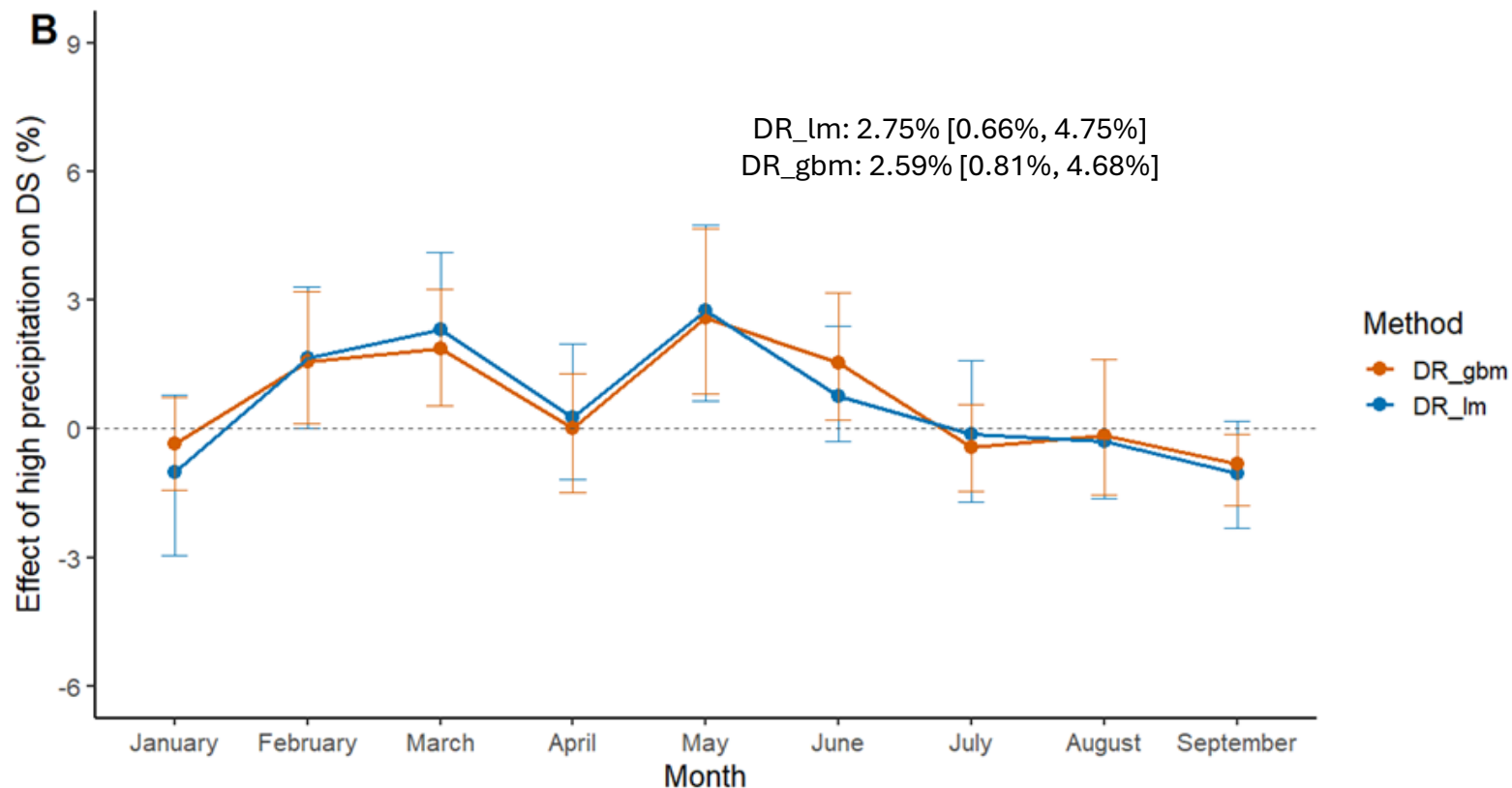


Modèle 1 et 3



Question 2. Quels sont les effets des HP sur la pression du mildiou ?

L'impact causal des événements de HP sur la **gravité** de la maladie a montré l'**effet positif le plus fort en mai**



Modèle 1 et 3

Chen et al. 2019 & Chen et al. 2020

- La date d'apparition de la maladie dépend des précipitations printanières
- Les conditions climatiques de mai se sont révélées décisives pour le développement du mildiou dans les vignobles de Bordeaux
- Une forte sensibilité à la probabilité d'une forte gravité de la maladie sur les feuilles face aux précipitations est cohérente avec la tendance à la hausse des précipitations en mai et juin



Questions

1. Quels sont les effets des précipitations élevées (HP) sur les pertes de rendement de la vigne ?
2. Quels sont les effets des HP sur la pression du mildiou ?
3. L'effet des précipitations printanières élevées sur les rendements est-il en partie dû à la pression du mildiou ?



Question 3. L'effet des fortes précipitations printanières sur les rendements est-il en partie dû à la pression du mildiou ?

Modèles statistiques

Modèle 4:

Modèles prédisant le rendement en fonction de la fréquence ou de la gravité de la maladie + covariables en mai

Modèle 5:

Modèles prédisant le rendement en fonction de la fréquence ou de la gravité de la maladie + HP + covariables en mai



Méthode Double robust (LME, GBM)



bootstrap
validation croisée



Question 3. L'effet des fortes précipitations printanières sur les rendements est-il en partie dû à la pression du mildiou ?

Effet de HP seulement

- Fortes précipitations en mai **réduisent significativement le rendement** ($\beta = -0.11, p < 0.001$)

Model 1

Effet de la maladie uniquement

- Fréquence des maladies: **Effet négatif significatif sur le rendement** ($\beta = -0.84, p = 0.05$)
- Gravité de la maladie: **Effet encore plus fort** ($\beta = -1.89, p = 0.03$)

Model 4

Effets combinés de la maladie et HP

- **HP a un effet négatif significatif sur le rendement** ($\beta = -0.11, p < 0.01$)
- Les effets de la maladie ne sont pas significatifs
- Indique que les effets de la pression de la maladie et HP sur la perte de rendement ne sont pas indépendantes

Model 5



Principales conclusions

Quels sont les effets d'une forte précipitation sur les pertes de rendement ?

- Le rendement de la vigne est réduit en moyenne de $-8,69\%$

Quels sont les effets d'une forte précipitation sur la pression de mildiou ?

- Augmente la fréquence du mildiou de $5,07\%$
- Augmente la gravité de la maladie de $2,75\%$

L'effet des fortes précipitations printanières sur les rendements est-il en partie dû au mildiou ?

- La fréquence et la gravité de la maladie ont un effet négatif sur le rendement
- **MAIS** Les effets deviennent non significatifs lorsque les précipitations sont prises en compte
- Les effets d'une forte incidence des maladies et d'une forte précipitation sont en partie liés



Limites et perspectives

Ici approche départementale

- Intérêt pour avoir des informations moyennes, pour les assurances / pouvoir public

Pour des références plus intéressantes, il faudrait pouvoir accéder à des informations consolidées à **l'échelle de la parcelle** ce que l'on a peu en vigne.

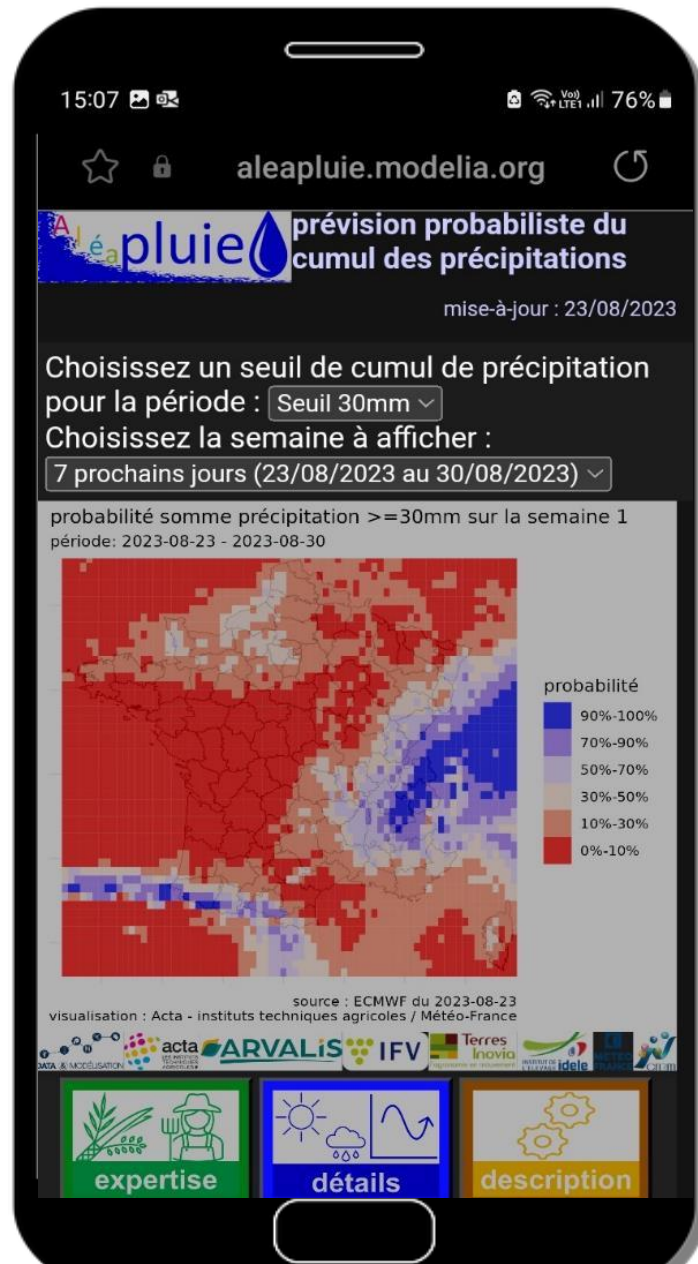
- Possible à l'échelle d'une coopérative ?

Nous pouvons également tester des effets de pratiques d'intérêt alors, au-delà de cet effet climatique.

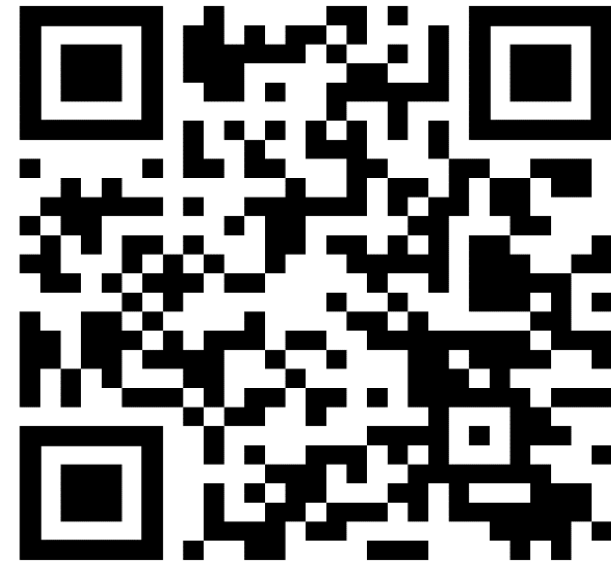
=> **Créer des références utiles pour les viticulteurs et la filière**

Références

- Bakker, M. M., Govers, G., Ewert, F., Rounsevell, M., & Jones, R. (2005). Variability in regional wheat yields as a function of climate, soil and economic variables: assessing the risk of confounding. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 110(3–4), 195–209.
- Chen, M., Brun, F., Raynal, M., & Makowski, D. (2019). Timing of grape downy mildew onset in Bordeaux vineyards. *Phytopathology*, 109(5), 787–795.
- Fraga, H., & Santos, J. A. (2017). Daily prediction of seasonal grapevine production in the Douro wine region based on favourable meteorological conditions. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23(2), 296–304. <https://doi.org/10.1111/AJGW.12278>
- Jones, G. V. (2016). Grapevines in a changing environment. In *Grapevine in a Changing Environment: A Molecular and Ecophysiological Perspective* (pp. 1–17). <https://doi.org/10.1002/9781118735985.CH1>
- Mendes, C., Aldebert, K., Brun, F., & Makowski, D. *Causal Analysis Methods for Estimating the Impact of Drought and Cold Events on Crop Yields*. Available at SSRN 5163269.
- Ramos, M. C., & Martínez-Casasnovas, J. A. (2009). Impacts of annual precipitation extremes on soil and nutrient losses in vineyards of NE Spain. *Hydrological Processes*, 23(2), 224–235. <https://doi.org/10.1002/HYP.7130>
- Ramos, M. C., & Martínez-Casasnovas, J. A. (2010). Effects of precipitation patterns and temperature trends on soil water available for vineyards in a Mediterranean climate area. *Agricultural Water Management*, 97(10), 1495–1505. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2010.05.003>
- Salinari, F., Giosuè, S., Tubiello, F. N., Rettori, A., Rossi, V., Spanna, F., Rosenzweig, C., & Gullino, M. L. (2006). Downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on grapevine under climate change. *Global Change Biology*, 12(7), 1299–1307. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2486.2006.01175.X>
- Thind, T. S., Arora, J. K., Mohan, C., & Raj, P. (2004). Epidemiology of Powdery Mildew, Downy Mildew and Anthracnose Diseases of Grapevine. In *Diseases of Fruits and Vegetables Volume I* (pp. 621–638). https://doi.org/10.1007/1-4020-2606-4_14
- vanden Heuvel, J., & Centinari, M. (2021). Under-Vine Vegetation Mitigates the Impacts of Excessive Precipitation in Vineyards. *Frontiers in Plant Science*, 12, 713135. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.713135/BIBTEX>
- Weitbrecht, K., Schwab, S., Rupp, C., Bieler, E., Dürrenberger, M., Bleyer, G., Schumacher, S., Kassemeyer, H. H., Fuchs, R., & Schlücker, E. (2021). Microencapsulation – An innovative technique to improve the fungicide efficacy of copper against grapevine downy mildew. *Crop Protection*, 139, 105382. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2020.105382>



prévision probabiliste du cumul des précipitations



aleapluie.modelia.org