

Les prévisions météorologiques au service de l'optimisation des pratiques agricoles

Application à la protection des cultures



Damien Reynaud
Météorologue chez



Nahoum Coly
Chef de produit chez



INTRODUCTION

L'agriculture, un métier au rythme des saisons... et de la météo !

Chaque jours, agriculteurs-trices consultent une ou plusieurs applications météo pour tenter de décrypter les caprices du climat, et mener à bien différentes opérations nécessaires à la gestion de leurs cultures.

Par exemple, pour la pulvérisation : le vent, l'hygrométrie, les précipitations et les températures sont des facteurs clés à surveiller. Un vent supérieur à 19 km/h rend la pulvérisation illégale et disperses le produit aux alentours de la cible. Une hygrométrie adéquate est essentielle pour une bonne pénétration du produit, tandis que les précipitations et les températures extrêmes diminuent son efficacité.

blaalhekdhkheaduhegjudge a retravailler

Comment anticiper les mauvaises surprises ? **Comment prendre les bonnes décisions au bon moment ?**





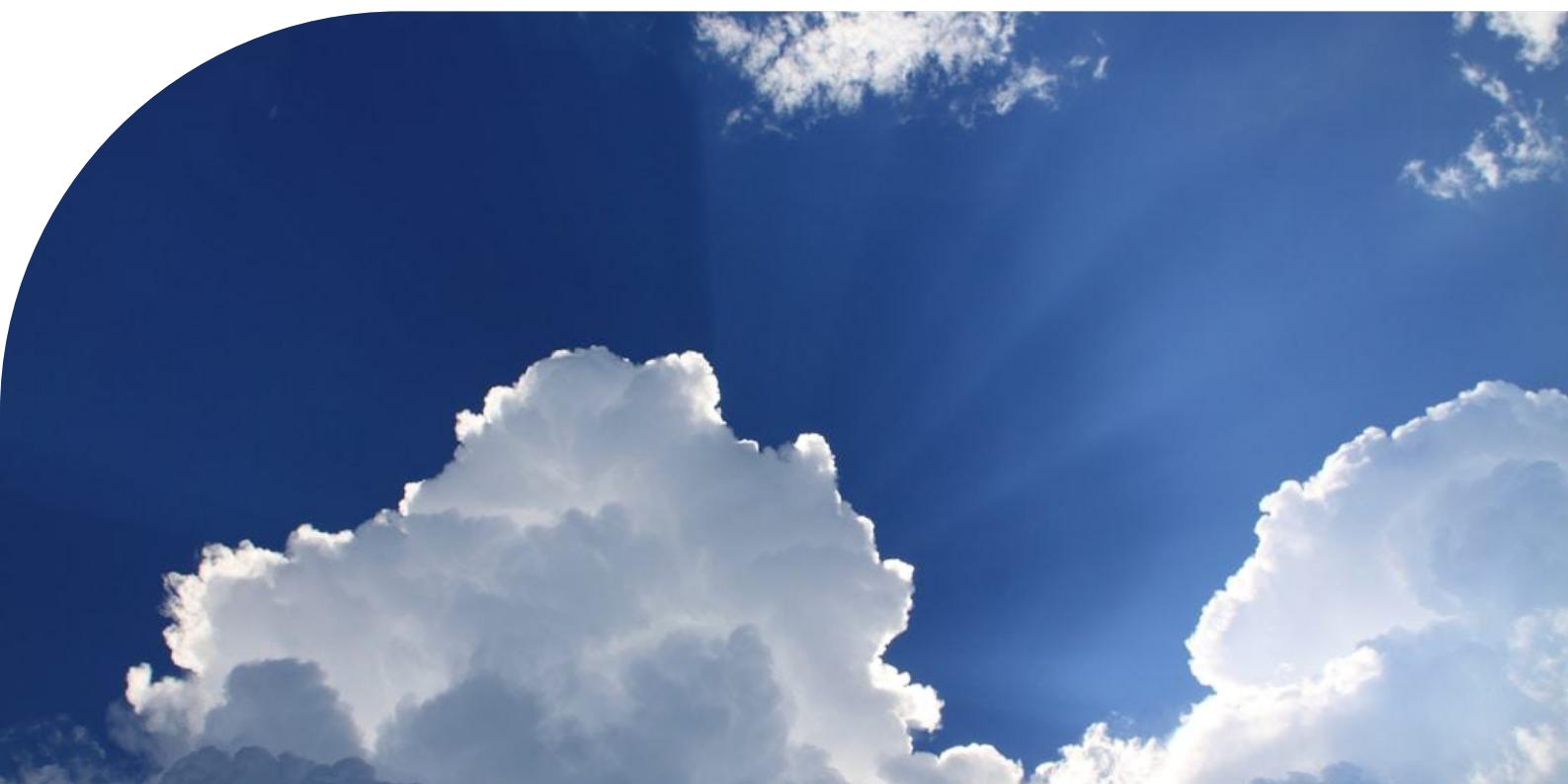
SOMMAIRE

- 4 Comment réalise-t-on une prévision météorologique ?**
- 5 Qu'est ce qu'un modèle de prévision météo ?**
- 7 Les grands centres mondiaux et leur modèle météorologique**

- 9 Les prévisions météo de Frogcast**
- 10 La chaîne de prévision Frogcast**
- 12 Les caractéristiques des prévisions Frogcast**
- 13 Exemple de prévision Frogcast locale**

- 14 L'utilisation de données météo FrogCast dans un outils d'aide à la décision - Application à la protection des cultures**
- 15 Le brief**
- 16 Application à la protection des cultures : exemples de prévisions**
- 21 Bilan**

- 23 Le mot de la fin...**



COMMENT RÉALISE-T-ON UNE PRÉVISION MÉTÉOROLOGIQUE ?

Dans le secteur agricole, la météo joue un rôle crucial, influençant directement la santé des cultures, le rendement des récoltes, et la gestion quotidienne des exploitations. Disposer de prévisions météorologiques précises et fiables est donc essentiel pour **optimiser les décisions et minimiser les risques** liés aux aléas climatiques. Mais comment ces prévisions sont-elles réalisées ?

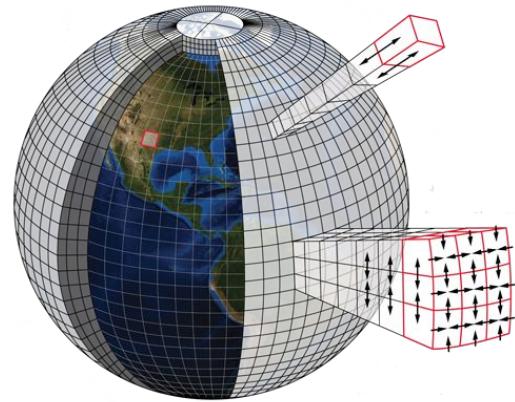


C'EST QUOI UN MODÈLE DE PRÉVISION MÉTÉO ?

Pour réaliser une prévision météorologique, on va faire une simulation numérique de l'atmosphère. Pour ça, il nous faut 3 éléments :

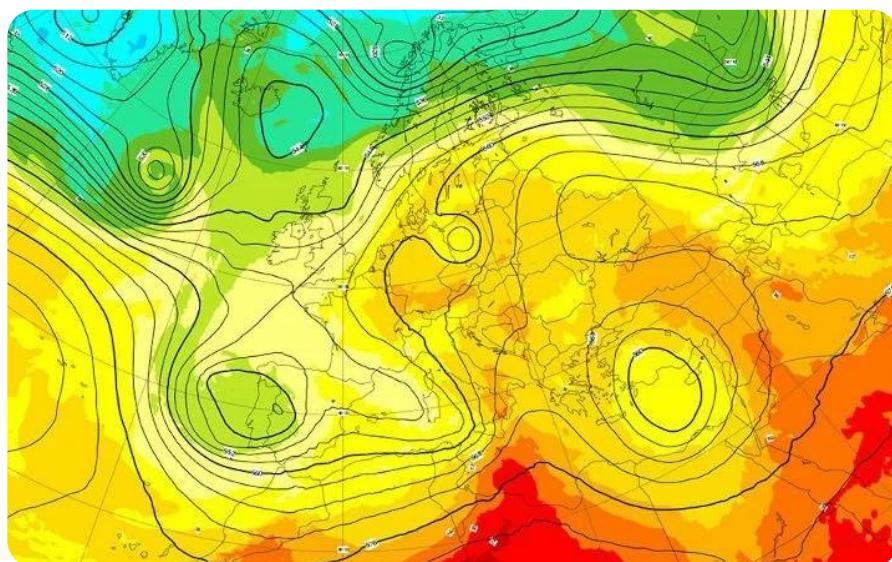
1 Un modèle 3D de l'atmosphère

L'atmosphère est divisée en milliers de cubes, chacun ayant une taille déterminée en latitude, en longitude, et en hauteur. Ces cubes forment un maillage qui permet de simuler les conditions atmosphériques à travers toute la planète.



2 Des observations météorologiques précises

Avant de lancer la simulation, il faut fournir au modèle un état initial de l'atmosphère, c'est-à-dire une image précise de la situation météo à un instant donné. Cela permet au modèle de commencer ses calculs sur des bases concrètes, en utilisant les équations de la physique pour prévoir l'évolution de l'atmosphère.



3

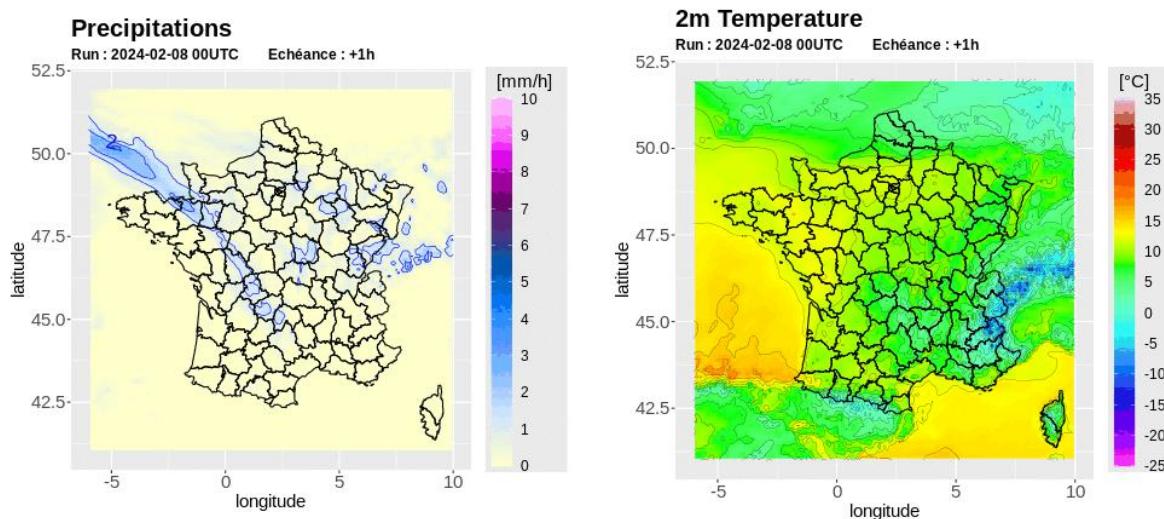
Un supercalculateur

La puissance de calcul nécessaire pour traiter ces données est énorme. Historiquement, la météorologie était le domaine qui utilisait les supercalculateurs les plus puissants au monde.

Aujourd'hui, bien que ce ne soit plus le cas, les centres de prévision météo ont encore besoin des machines extrêmement performantes.



Une fois les calculs effectués par le supercalculateur, après plusieurs heures de traitement et plusieurs simulations par jour (entre 4 et 10 fois), on obtient des prévisions sous forme de cartes.



Voici des animations de prévisions de précipitations et de températures sur une région donnée, ici la France. Ces résultats offrent une prévision spatialisée, c'est-à-dire une estimation des conditions météorologiques en chaque point du globe ou du domaine simulé.



LES GRANDS CENTRES MONDIAUX ET LEUR MODÈLE MÉTÉOROLOGIQUE

METEO FRANCE	ECMWF	NOAA	DWD	Met Office
ARPEGE-EU 10 km J+5 	IFS-HRES 10 km J+10 	GFS 25 km J+15 	ICON 12 km J+7 	UM 10 km J+7
AROME 1 km J+2 			ICON-EU 6 km J+5 	UKV 2 km J+2
			ICON-D2 2 km J+2 	
 Environment Canada 	Australian Government Bureau of Meteorology 	 		Royal Netherlands Meteorological Institute Ministry of Infrastructure and Water Management
GDPS 15 km J+10 	ACCESS-G 12 km J+10 	GSM 18 km J+10 	HARMONIE 5 km J+2 	

Tous les grands centres météorologiques mondiaux développent et exploitent leurs propres modèles de prévision météorologique.

Par exemple Météo France, acteur principal en France, fait tourner **plusieurs modèles pour fournir des prévisions précises** :

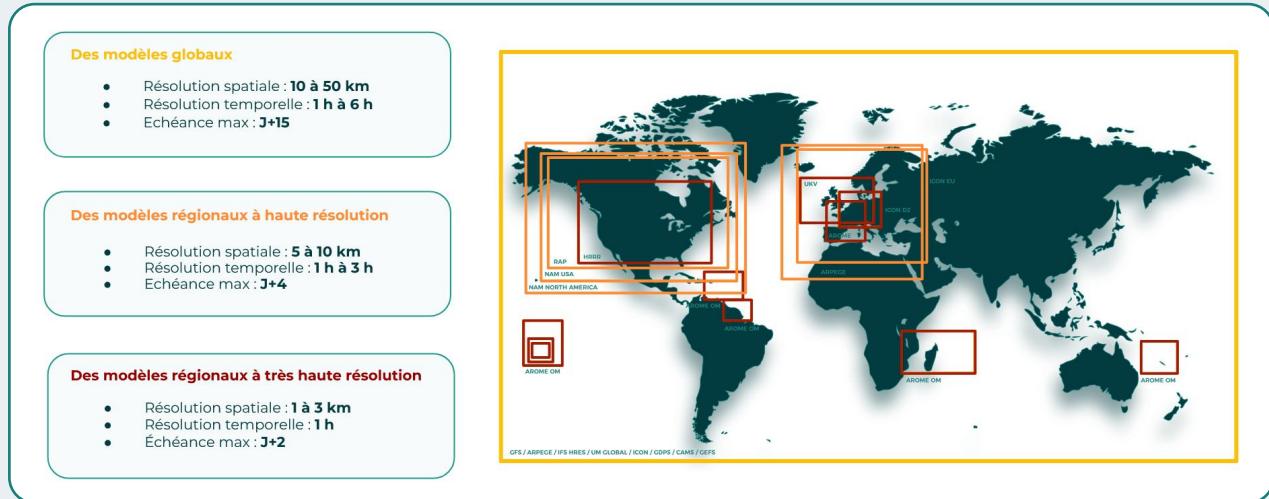
- le modèle ARPEGE-EU propose des prévisions à l'échelle mondiale, avec un zoom spécifique sur l'Europe.
- le modèle AROME se concentre sur la France élargie, offrant des prévisions très détaillées avec une résolution d'1 km.

À l'échelle mondiale, il y a également de nombreuses autres agences météorologiques ; le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (ECMWF), la NOAA aux États-Unis, le DWD en Allemagne, etc.

Chaque modèle génère sa propre prévision, son propre scénario, apportant ainsi une vision unique des conditions météorologiques à venir.

À présent, regardons les choses un peu différemment ...

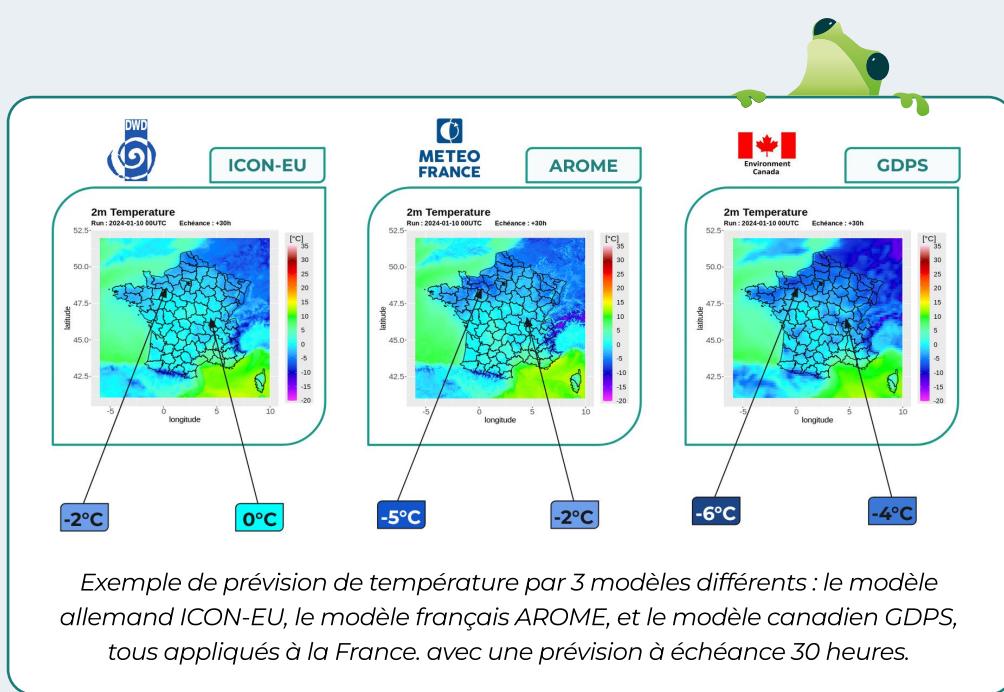
Voici la même image que précédemment mais vu spatialement :



Si par exemple vous êtes en France, vous pouvez voir que vous avez accès à **différentes prévisions fournies par une multitudes modèles**.

Certains de ces modèles offrent une vue globale, couvrant l'ensemble du globe, tandis que d'autres se concentrent sur des zones spécifiques comme l'Europe ou la France, avec des prévisions plus détaillées (en orange et en rouge).

Cela soulève une question essentielle : face à la diversité des prévisions disponibles, comment savoir **laquelle est la plus fiable** ?



LES PRÉVISIONS MÉTÉO DE FROGCAST

Chez Frogcast, nous comprenons que les prévisions météorologiques peuvent être complexes et difficiles à interpréter, surtout face à la diversité des modèles disponibles. C'est pourquoi **notre objectif est de simplifier le travail des prévisionnistes** et des utilisateurs, en rendant les données plus accessibles et faciles à comprendre.

Nous combinons et optimisons ces modèles pour vous offrir des données fiables, précises et simples à interpréter, afin de vous aider à **prendre des décisions éclairées** pour la gestion de votre exploitation agricole.

Voyons ensemble comment ça fonctionne.





LA CHAÎNE DE PRÉVISION FROGCAST

Chez Frogcast, nous avons tout un processus pour **transformer les données météorologiques brutes en prévisions fiables** et faciles à exploiter. Ce processus se déroule en plusieurs étapes :

Le pré-traitement des sorties de modèles

Les observations météorologiques provenant de satellites, de stations au sol, de radars... **sont recueillies**. Puis, ces données sont **standardisées et formatées** : chaque centre météo national utilise son propre format de données et ses propres unités, ce qui nécessite d'harmoniser l'ensemble. Cette étape n'ajoute pas directement de valeur aux prévisions, mais elle est essentielle pour permettre une comparaison entre les modèles.

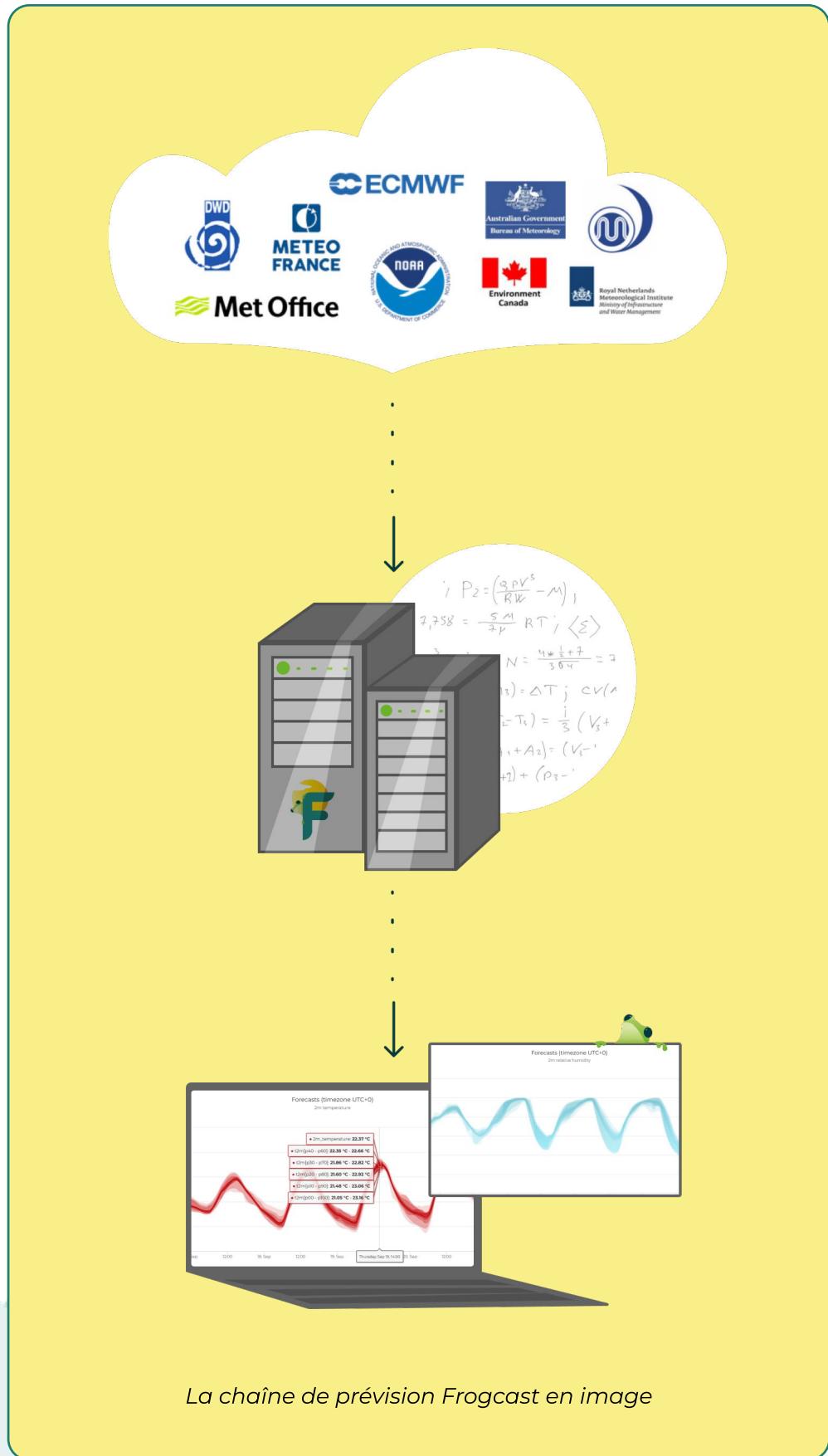
La génération de prévisions spatialisées

Cette étape est vraiment notre cœur de métier, nous allons **combiner ces modèles météo**. Grâce à une brique d'apprentissage automatique (Intelligence Artificielle & Machine Learning), nous **créons des prévisions probabilistes** en attribuant des poids différents à chaque modèle selon leur fiabilité en chaque point géographique. Nous ne nous contentons pas seulement des prévisions les plus récentes : nous tenons également compte des données passées pour affiner encore davantage les résultats.

Prenons exemple avec la France, pour laquelle nous disposons d'une quinzaine de modèles météo. En chaque point géographique, nous pouvons faire une brique d'apprentissage pour créer une prévision probabiliste et dire "OK, sur ce point géographique là, je fais plus confiance au modèle de Météo France qu'à l'autre", et donc nous allons lui donner plus de poids dans les calculs.

La mise en ligne des prévisions locales

Enfin, ce qui est mis à disposition des utilisateurs, c'est une série temporelle pour chaque point d'intérêt. Ces prévisions incluent des visualisations claires et probabilistes, afin de **comprendre facilement les incertitudes** et de **prendre des décisions éclairées** en fonction des scénarios les plus probables.



LES CARACTÉRISTIQUES DES PRÉVISIONS FROGCAST



-  **Fréquence de mise à jour :** 4 à 8 fois par jours (suivant les zones)
-  **Échéance maximale :** 15 jours
-  **Pas de temps :** 1 heure
-  **Résolution spatiale :** jusqu'à 1 km
-  **Livraison des données :** API
-  **Intervalles de confiance :** P0, P10, P20, ..., P80, P90, P100

Un large panel de variables pour **répondre à tous vos besoins :**

Température

Rayonnement

Vent

Gaz & Aérosols

Précipitation

Stabilité

Pression & Densité

Humidité

Nuages

Évaporation

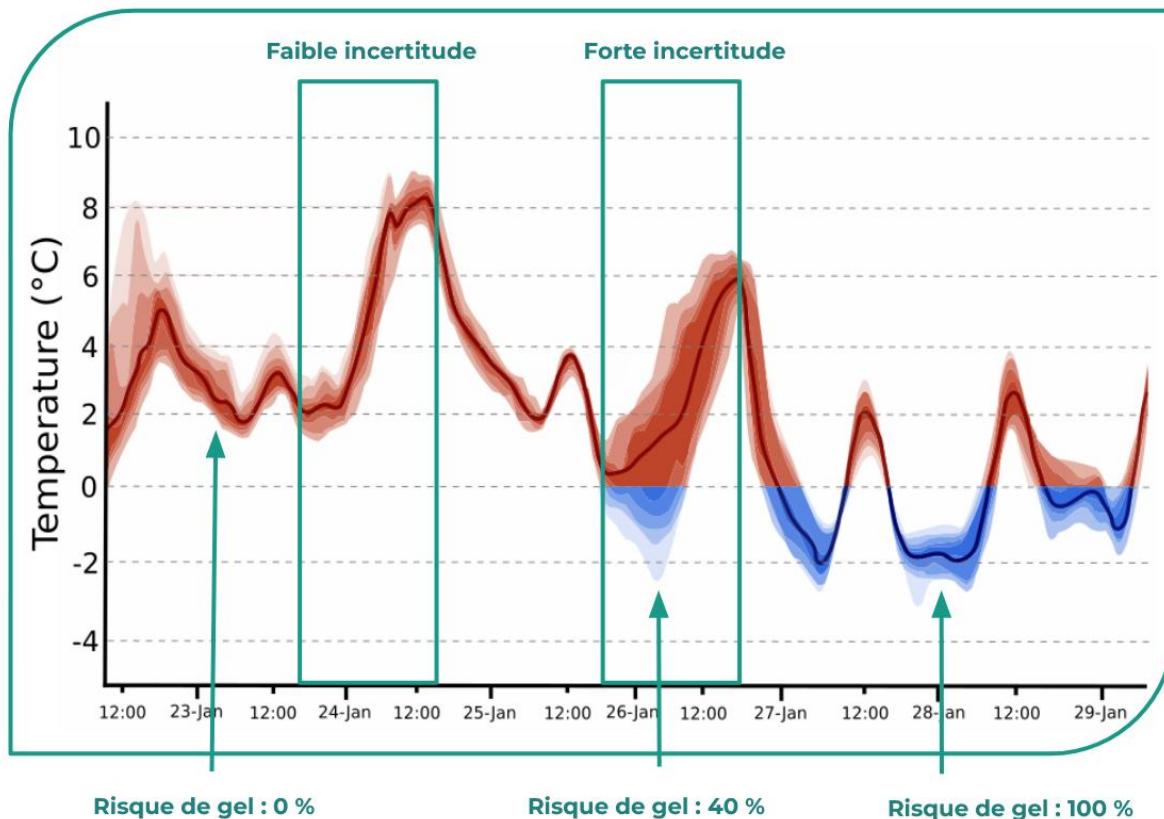
EXEMPLE DE PRÉVISION FROGCAST LOCALE



Voici un exemple de prévision Frogcast à J+7.

Frogcast est capable de fournir **une prévision déterministe issue d'une combinaison optimisée de différents modèles**, représentant un scénario moyen qui vous donne une vision claire de la tendance météorologique générale pour les jours à venir.

En complément, **Frogcast vous propose également des quantiles** (11 au total) allant de P0(borne inférieur) à P100 (borne supérieur) par pas de 10% de probabilité. Ces valeurs probabilistes permettent d'évaluer les risques de dépassement de seuils spécifiques, offrant ainsi une indication précise sur la fiabilité de la prévision et une quantification claires des incertitudes associées.



Exemple avec cette même courbe de température à J+7.

Sur la première nuit, toutes les courbes se situent au-dessus de zéro degré, ce qui signifie qu'il n'y a **aucun risque de gel**.

Sur la deuxième nuit, les scénarios sont plus dispersés, avec une partie en dessous de zéro, indiquant un **risque de gel de 40 %**.

Enfin, pour la troisième nuit, tous les scénarios passent sous la barre de zéro degré, ce qui montre un **risque de gel de 100 %**.

L'atout principal de Frogcast réside dans sa capacité à **quantifier les risques liés aux aléas climatiques**, offrant ainsi une aide précieuse pour anticiper les impacts potentiels sur vos cultures. De plus, il **évalue le degré d'incertitude des prévisions** : lorsque les courbes sont proches les unes des autres, cela reflète une forte confiance dans la précision de la prévision. À l'inverse, des courbes plus dispersées indiquent nos modèles météo fournissent des scénarios complètement différents, signalant une incertitude accrue.

L'UTILISATION DES DONNÉES MÉTÉO FROGCAST DANS UN OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION

Application à la protection des cultures



En introduction, nous avons évoqué les **défis liés à la protection des cultures** face aux conditions météorologiques. Les aléas climatiques, comme le vent, la sécheresse ou les fortes pluies, influencent directement la gestion des traitements phytosanitaires. Par exemple, pour que la pulvérisation des produits de protection sur votre exploitation soit pleinement efficace, il est nécessaires d'intervenir lorsque les conditions météorologiques sont optimales.

Alors, **comment Frogcast peut-il être utilisé** pour anticiper ces risques et mieux protéger vos cultures ?

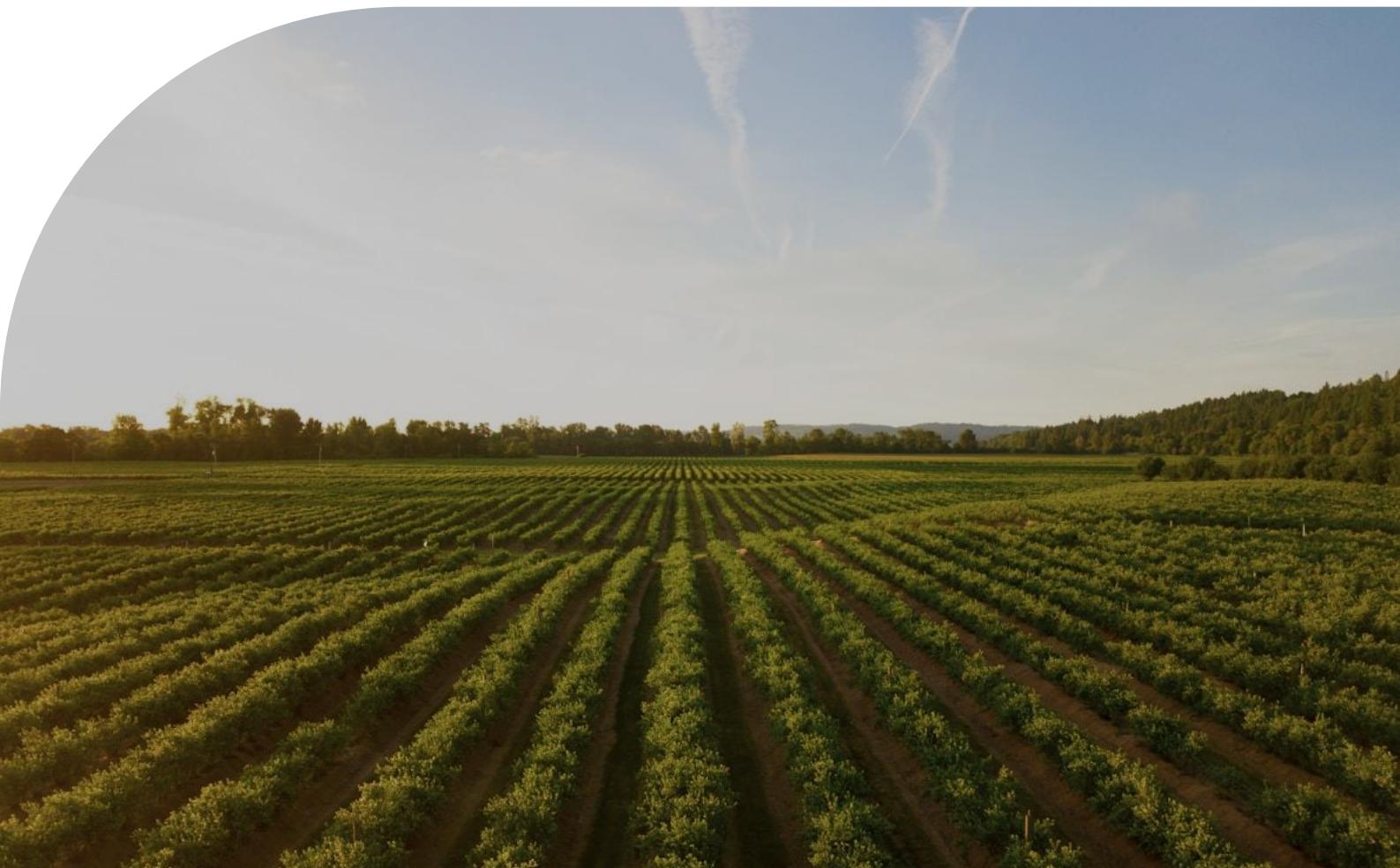


LE BRIEF

Imaginons, vous êtes un·e agriculteur·trice sur le point de traiter une parcelle située à 10 kilomètres de votre exploitation. Pour que votre traitement soit efficace, plusieurs conditions météorologiques doivent être réunies.

- Le vent : **inférieur à 19 km/h** pour éviter d'être hors la loi et la dérive du produit.
- L'humidité relative : comprise **entre 60 % et 95 %** pour garantir une absorption du traitement optimale.
- La température : **entre 8°C et 25°C**, pour éviter que le traitement ne s'évapore ou ne devienne inefficace.
- L'absence de pluie : **2h** après traitement, pour éviter de lessiver le produit appliqué.
- Peu de précipitations et assez d'évapotranspiration.

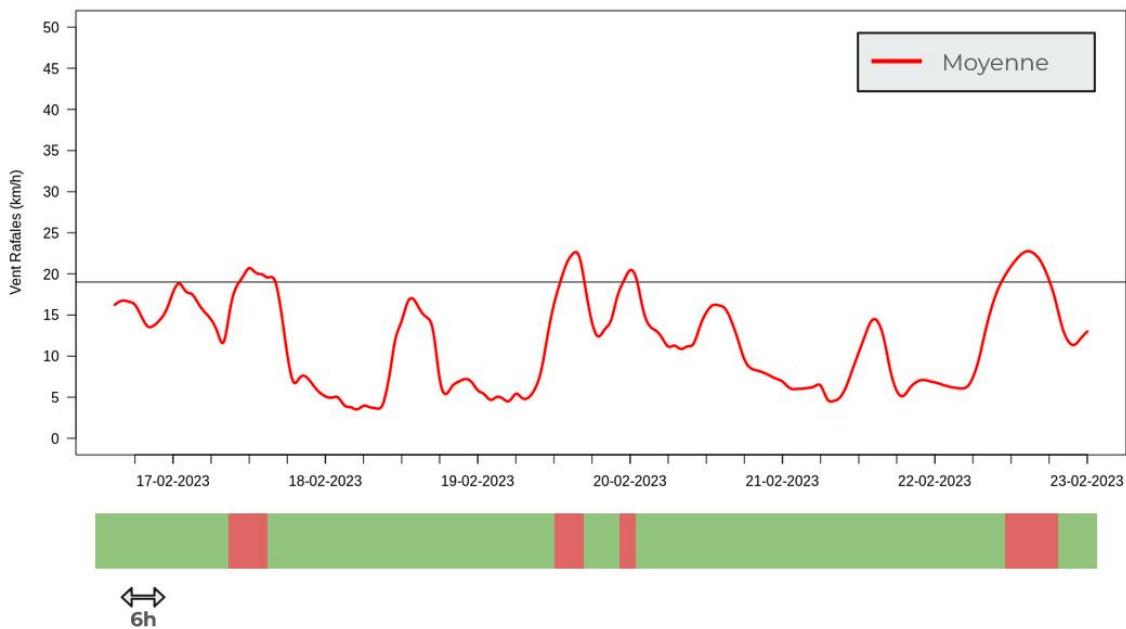
Avec ces critères en tête, comment Frogcast peut-il vous aider à trouver le **meilleur moment pour intervenir** et garantir l'efficacité de la protection sur vos cultures ?



APPLICATION À LA PROTECTION DES CULTURES : EXEMPLES DE PRÉVISIONS



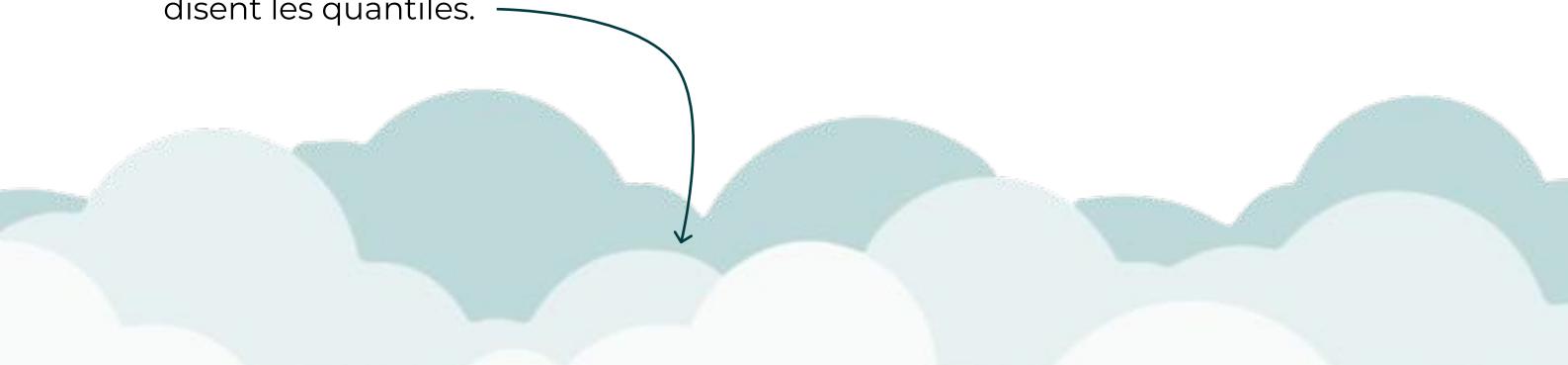
Prévision Frogcast Moyenne - Vent Rafales (km/h)



Pour protéger vos cultures, il est essentiel que la vitesse du vent soit inférieure à 19 km/h. Dans ce graphique de prévisions moyennes Frogcast, nous avons donc défini ce seuil comme référence. Pour faciliter l'identification des créneaux favorables au traitement, un code couleur a été appliqué sous le graphique ; nous pouvons ainsi repérer d'un coup d'œil les périodes où les conditions sont optimales.

Les zones vertes indiquent que la vitesse du vent est en dessous du seuil critique, ce qui signifie que vous pouvez appliquer votre traitement en toute sécurité. À l'inverse, les zones rouges montrent que le vent dépasse 19 km/h, ce qui rend l'application inefficace, voire risquée.

Ce graphique repose uniquement sur le scénario moyen et fournit **une première estimation** des créneaux possibles. Voyons maintenant ce que nous disent les quantiles.

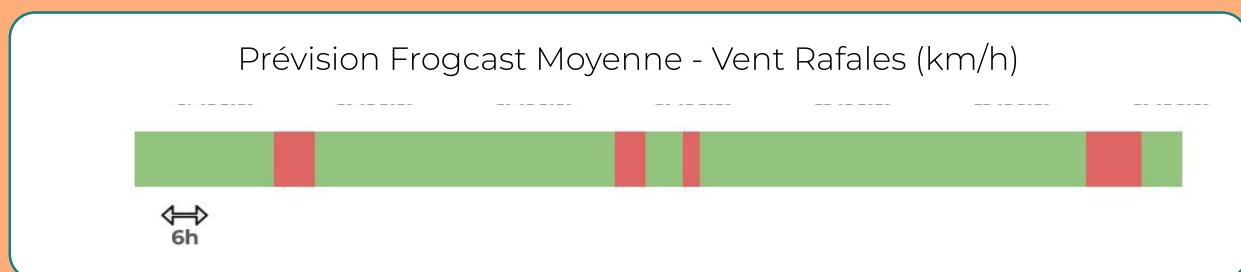
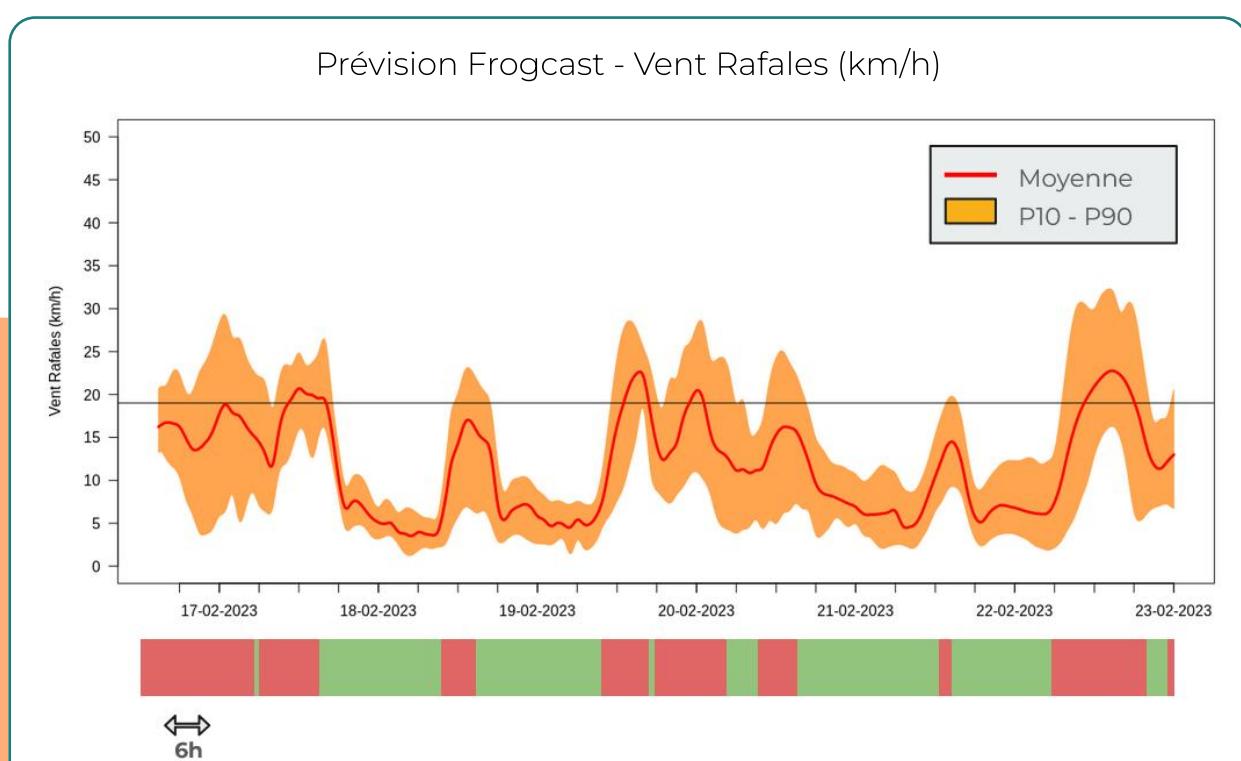




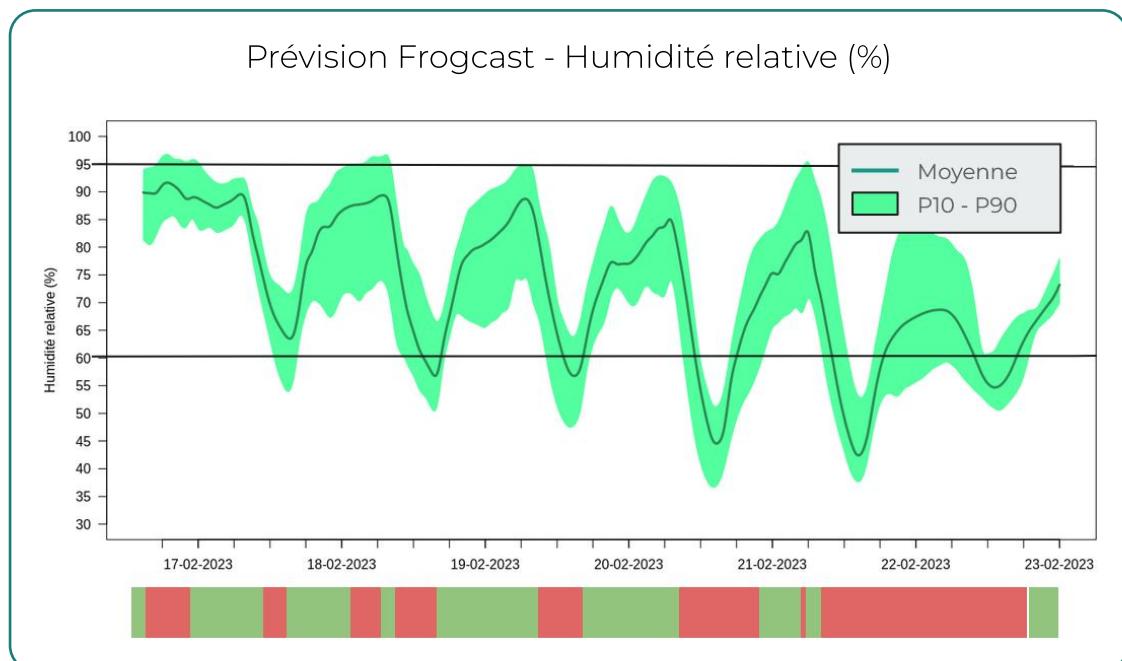
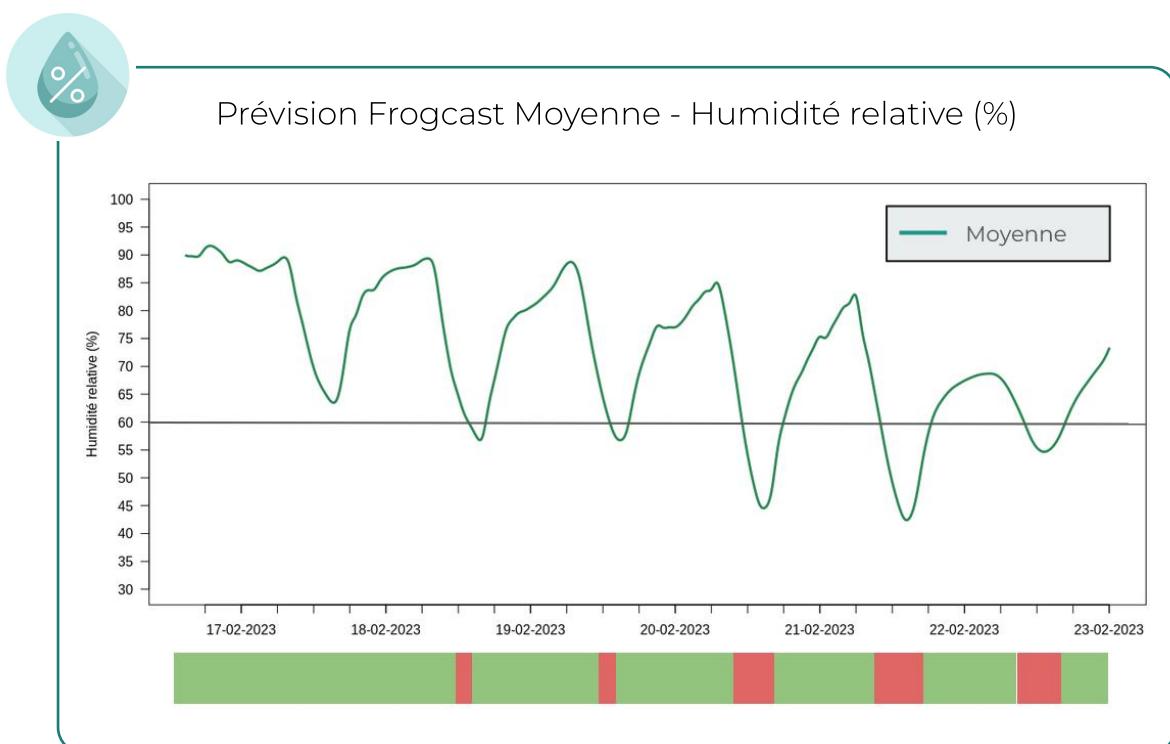
Les quantiles permettent d'affiner l'analyse. Prenons, par exemple, le quantile inférieur à 10 % (P10) et le quantile supérieur à 90 % (P90).

En choisissant ces quantiles plus strict, vous remarquerez qu'on adopte une approche plutôt conservatrice pour **minimiser les risques** et garantir que la vitesse du vent ne dépasse pas 19 km/h.

Les zones rouges sont donc beaucoup plus nombreuses, ce qui signifie qu'il y a davantage de périodes où le traitement ne peut pas être appliqué en toute sécurité. Cela permet de mieux anticiper les moments risqués et d'éviter les interventions inefficaces.



Passons maintenant à l'humidité relative. Ici, nous avons deux seuils à respecter : 95 % et 60 %. Lorsque nous appliquons les quantiles, nous pouvons voir la différence par rapport à la prévision moyenne. **Les dépassements de seuil deviennent beaucoup plus visibles avec les quantiles**, ce qui nous montre qu'il y a davantage de périodes où, potentiellement, les conditions ne permettent pas d'appliquer de traitements sur vos cultures.



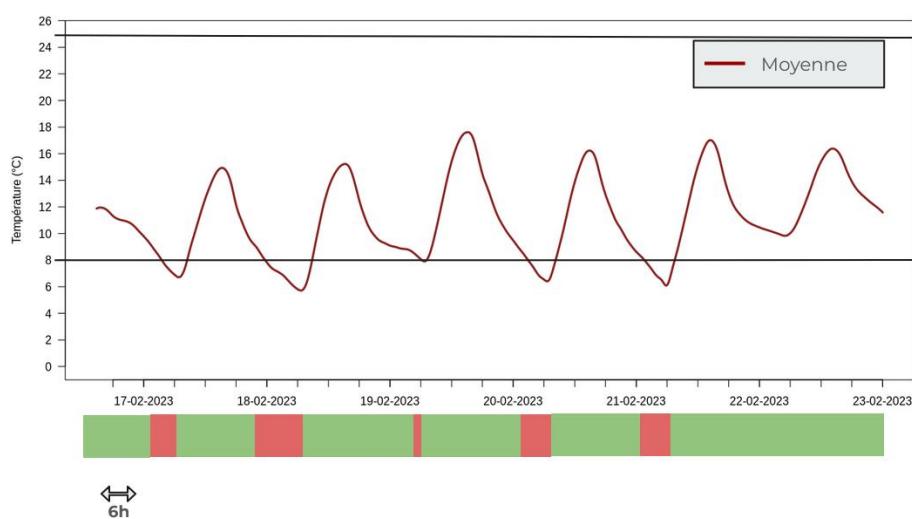


Pour ce qui est des données de température, nous avons donc un seuil entre 8°C et 25°C à respecter. Mais comme nous sommes dans une saison où les températures ne dépassent pas 25°C, notre attention se porte sur le seuil bas de 8°C.

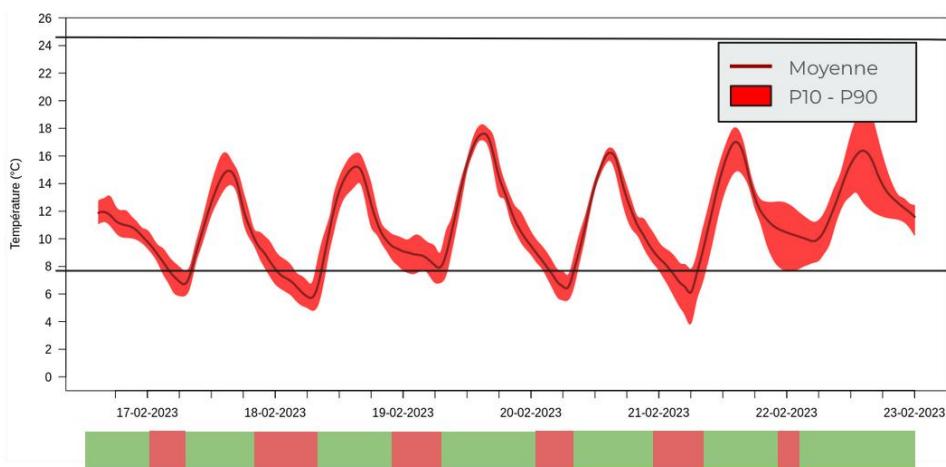
Sur la prévision moyenne, nous observons que seules quelques petites zones rouges descendent sous ce seuil. Cependant, **en tenant compte des quantiles, ces zones s'élargissent**, montrant ainsi un risque plus important de périodes où la température est trop basse pour effectuer les traitements.



Prévision Frogcast Moyenne - Température (°C)



Prévision Frogcast - Température (°C)



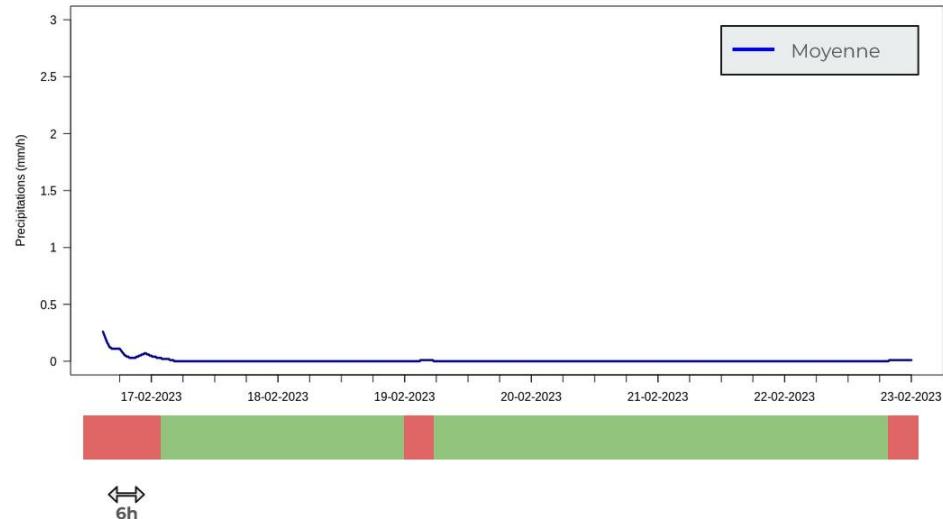


Enfin, **passons à notre dernier critère, les précipitations**. Sur notre parcelle, peu de pluie est prévue : une légère averse en tout début de période, puis une autre à la fin de la prévision.

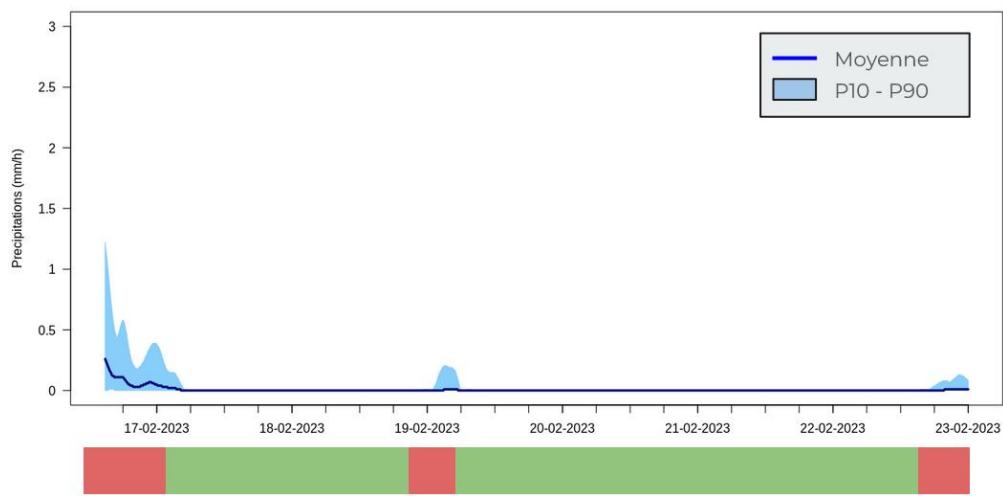
Et lorsque nous appliquons les quantiles, les résultats ne changent pas vraiment. Nous observons simplement un **léger élargissement des créneaux** où le traitement n'est pas possible, ce qui laisse un peu moins de marge pour intervenir sans risque.



Prévision Frogcast Moyenne - Précipitations (mm/h)

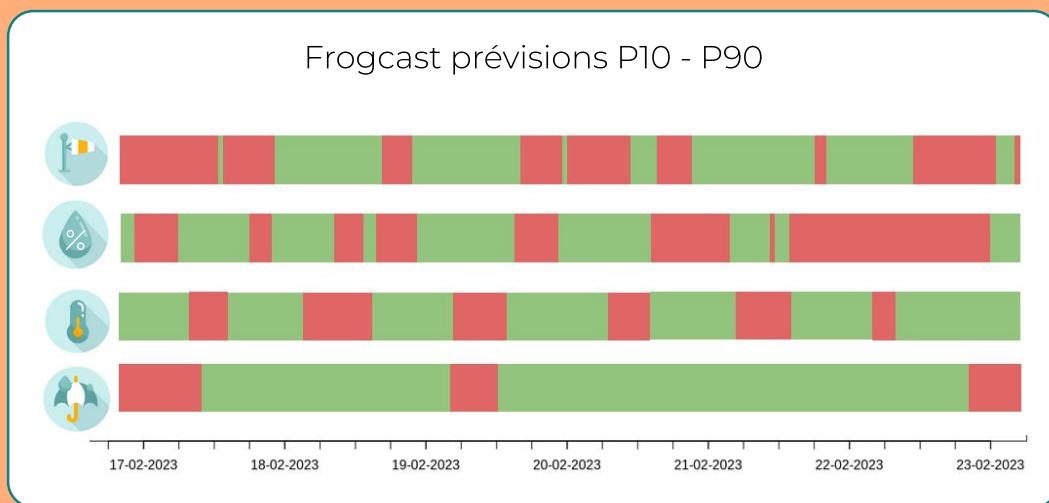
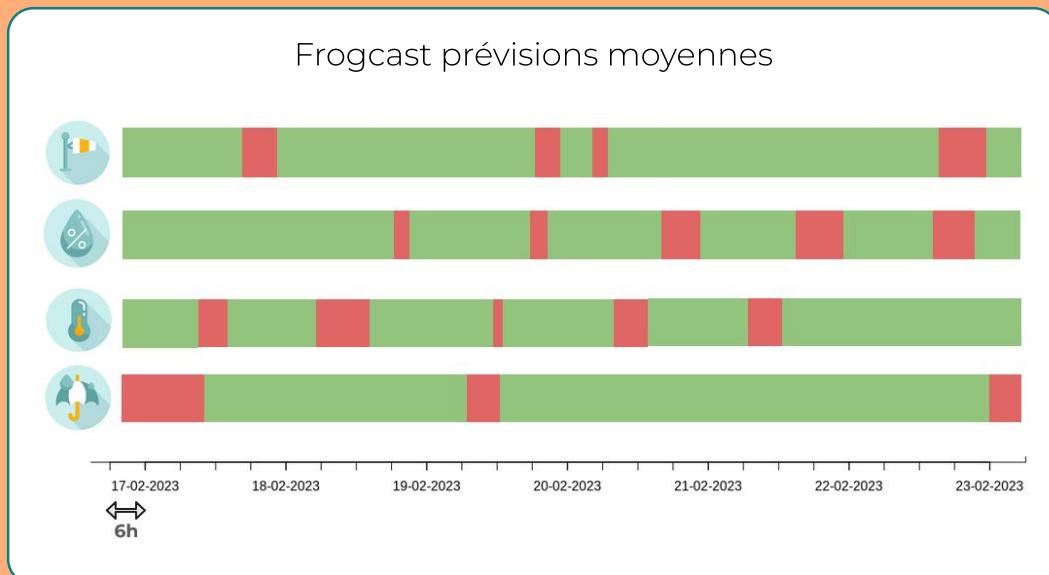


Prévision Frogcast - Précipitations (mm/h)



BILAN

En **combinant toutes nos prévisions** précédentes, nous obtenons une vue d'ensemble des conditions de traitement.

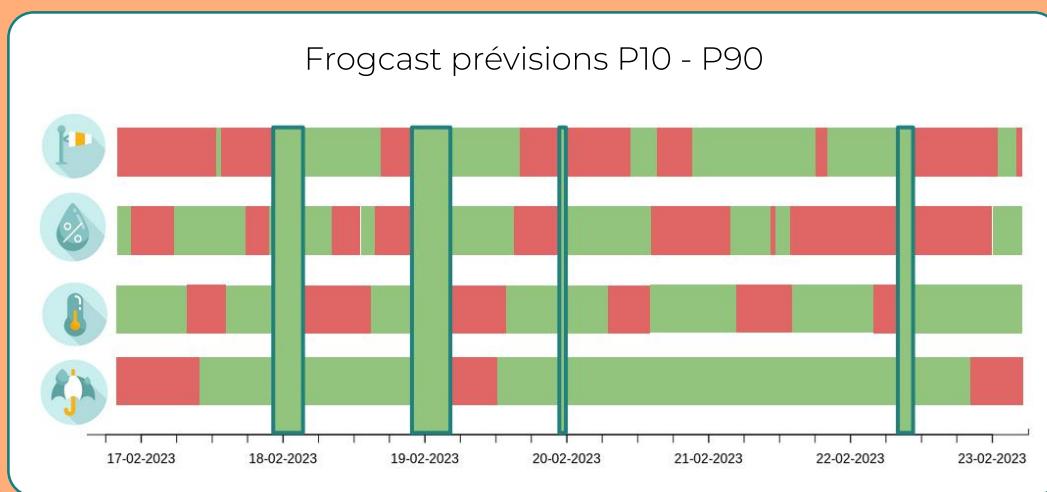
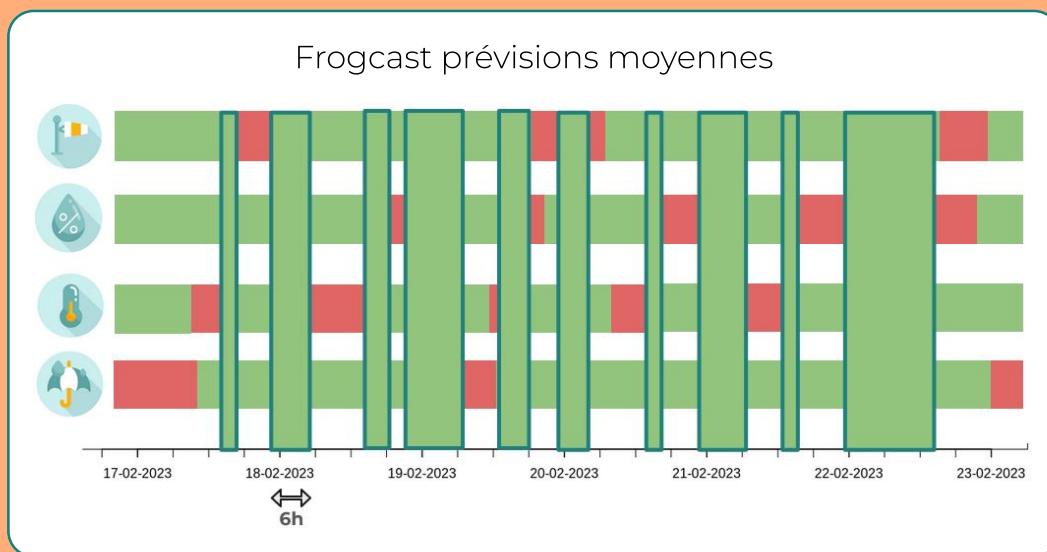


Avec les prévisions moyennes seules, nous pouvons identifier les zones rouges, indiquant les périodes où les conditions ne sont pas idéales pour appliquer le traitement. Cependant, **lorsque nous utilisons les quantiles**, ces zones rouges se multiplient, montrant une augmentation significative des périodes où les conditions deviennent défavorables au traitement.

Quelle conclusion à tout ça ?

Si vous, en tant qu'agriculteur·trice, vous basez uniquement sur la prévision moyenne, vous pourriez identifier **jusqu'à dix créneaux de traitement** avec des conditions météo favorables. Cependant, si vous préférez adopter une approche plus conservatrice et éviter tout risque, les quantiles vous permettront d'identifier **quatre créneaux vraiment fiables**, minimisant ainsi au maximum les incertitudes associées à l'application du traitement.

Parmi ces créneaux, vous verrez qu'il y en a deux principaux : l'un est suffisamment long pour être approprié, tandis que l'autre est plus court et pourrait ne pas être idéal pour un traitement complet.



Bien que vous ne puissiez jamais éliminer tous les risques, les quantiles vous permettent de limiter considérablement les incertitudes et de choisir les créneaux les plus sûrs pour protéger vos cultures.



LE MOT DE LA FIN...

L'utilisation de prévisions météorologiques avancées comme celles proposées par Frogcast permet d'**optimiser la gestion de vos traitements agricoles** en prenant en compte les incertitudes liées aux aléas climatiques.

Grâce à l'intégration des quantiles, vous pouvez non seulement identifier les créneaux favorables pour intervenir, mais aussi minimiser les risques en sélectionnant des périodes où les conditions sont les plus sûres pour protéger vos cultures.

En allant au-delà des prévisions moyennes et en adoptant une approche plus conservatrice, vous **gagnez en précision et en sérénité dans vos décisions**, tout en maximisant l'efficacité de vos traitements.

Une étude présentée par :



Damien Reynaud
Météorologue chez



Nahoum Coly
Chef de produit chez



Réalisée en partenariat avec La Ferme Digitale lors du Salon International de l'Agriculture 2024, revivez [cette étude en replay sur YouTube](#).



Vous aussi, vous souhaitez mieux anticiper les conditions météorologiques pour protéger vos cultures mais vous ne savez pas comment ?

Nous pouvons vous aider !

Échangez avec l'un·e de nos expert·es dès maintenant.

Je découvre les solutions