

Démonstration de la plus-value de la prévision d'ensemble dans le cadre de la protection des cultures

Ivana ALEKSOVSKA (ECMWF)

Travaux de la thèse (MF/ACTA/INRA)

Encadrants: L. RAYNAUD (Météo-France), R.FAIVRE (INRAE), F. BRUN (ACTA),
Experts : M. RAYNAL (IFV), O. DEUDON (Arvalis)

RMT Data Science & Modélisation
Séminaire MODELIA, 6 Octobre, 2023



Introduction

Quelle est l'apport de la prévision d'ensemble dans les OAD ?

Comment valoriser les différents modèles PNT dans les OAD ?

Conclusions

Introduction

Quelle est l'apport de la prévision d'ensemble dans les OAD ?

Comment valoriser les différents modèles PNT dans les OAD ?

Conclusions

Accompagner une réduction de l'utilisation des pesticides

- ▶ L'agriculture (la protection des cultures : lutte contre des maladies et ravageurs (traitements phytosanitaires) ;

Santé du végétal et traitements



- ▶ «Ecophyto» : plan national pour la réduction de l'usage de produits phytosanitaires ;
 - positionnement au bon moment.
- ▶ Modélisation numérique pour aider les agriculteurs dans la prise de décision :
 - Outils d'aide à la décision (OAD) (basés sur données météorologiques)
- ▶ Prise en compte de l'incertitude météorologique :
 - L'approche "fréquentielle" ;
 - Prévision probabiliste.

"Comment le monde agricole peut-il bénéficier des prévisions probabilistes dans le but d'une gestion raisonnée de leurs traitements phytosanitaires ? "

Cas d'étude EVA : OAD pour le ver de la grappe

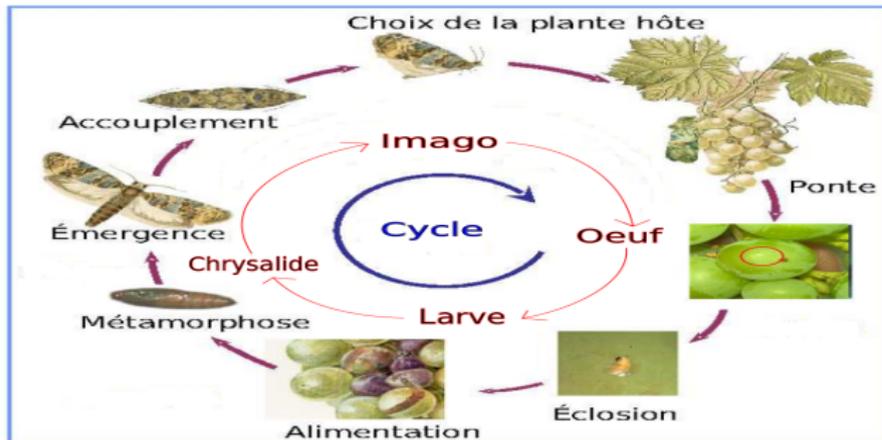
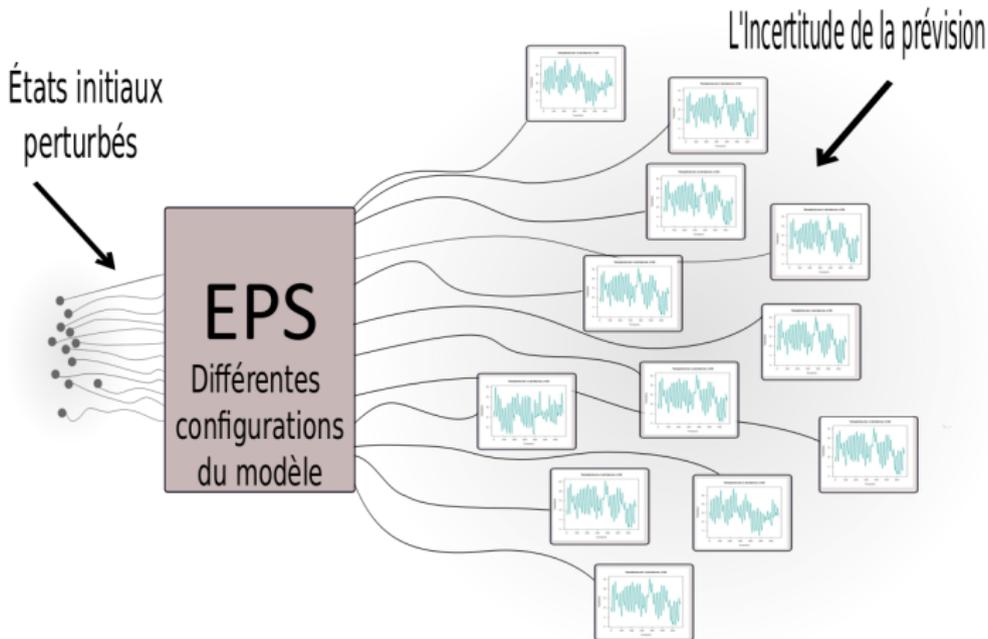


Figure – Source : (Maher et al., 2006)

- ▶ Lutte contre ravageur (développement dépend de la **température**) :
→ le ver de la grappe en vigne (Chavent, 1983) → modèle EVA.
- ▶ EVA : Modélise l'évolution dynamique du ver ;
- ▶ Caractéristiques : Plusieurs cycles de reproduction annuels
- ▶ Traitement optimal : Lorsque le niveau cumulatif du stade d'œuf dépasse un seuil critique (2 ou 15%).

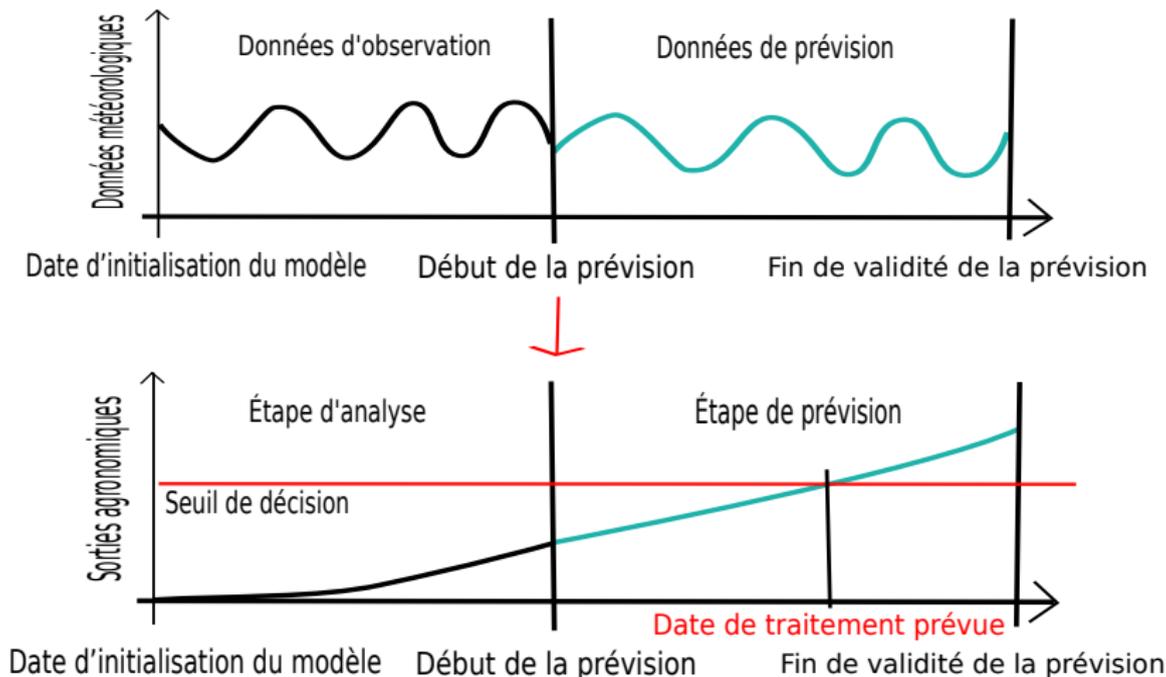
Principe de la prévision d'ensemble

- ▶ Prévision Numérique du Temps (PNT) : l'état initial et les lois de l'atmosphère ;
- ▶ La prévision météorologique entachée d'incertitude → approche probabiliste ;
- ▶ Prise en compte des différentes sources d'incertitude -> **Prévisions d'ensemble** ;
- ▶ EPS-Ensemble Prediction Systems (Bouttier et Buizza, 2018) ;
 - Ensemble de prévisions perturbées pour échantillonner la distribution de probabilité de l'état de l'atmosphère.

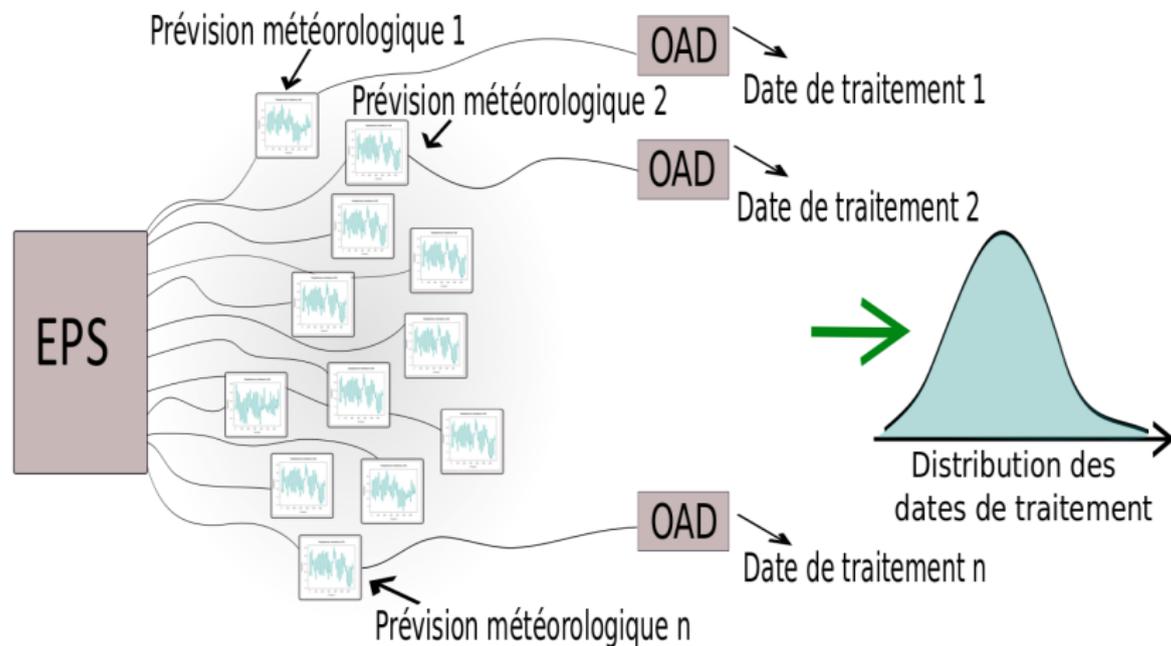


Principe de prévision d'un OAD pour un membre

1. L'étape d'analyse :
 - Séries des données observées → Conditions initiales pour l'étape de prévision ;
2. L'étape de prévision :
 - L'état initial + des prévisions → L'évolution de la dynamique du maladie ou ravageur.



Principe de prévision d'un OAD pour l'ensemble



- La simulation d'ensemble agronomique fournit une distribution des dates de traitement.

Illustration des simulations d'ensemble : cas d'EVA

1. Données de température (observation, prévision déterministe IFS et probabiliste IFS-EPS) ;

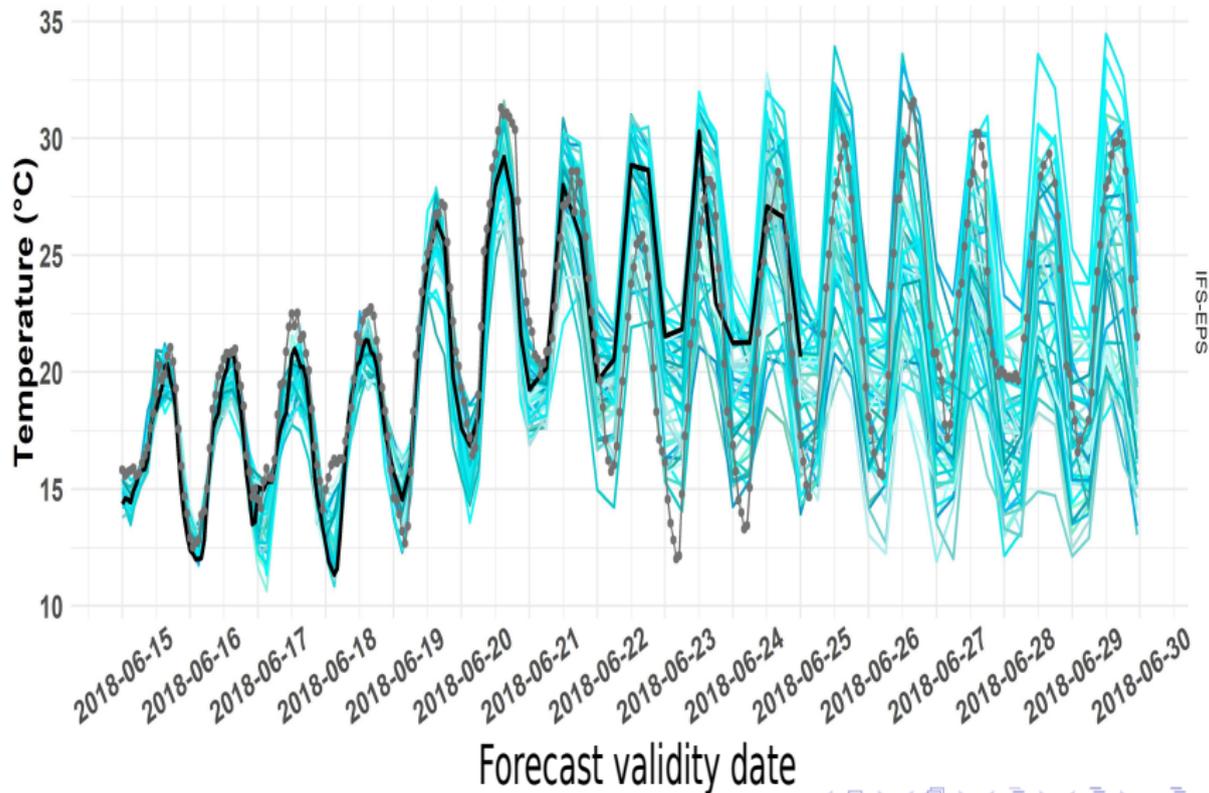


Illustration des simulations d'ensemble : cas d'EVA

2. L'évolution du stade œuf et les distributions de date de traitement pour les seuils de 2 et 15%.
- La date de traitement de référence (en utilisant la série des observations).

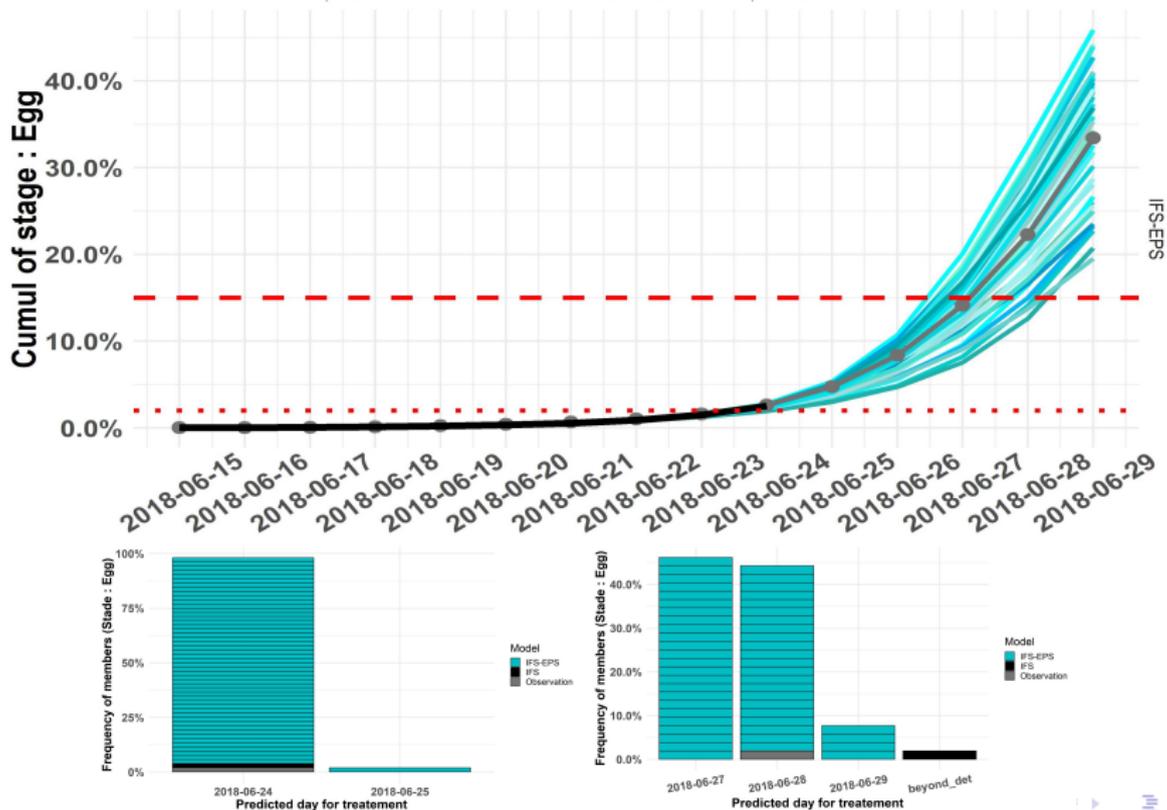


Illustration des simulations fréquentielle : cas d'EVA

1. Données d'observation du 15/06 à 15 jours plus tard sur les 20 années précédant 2018 ;

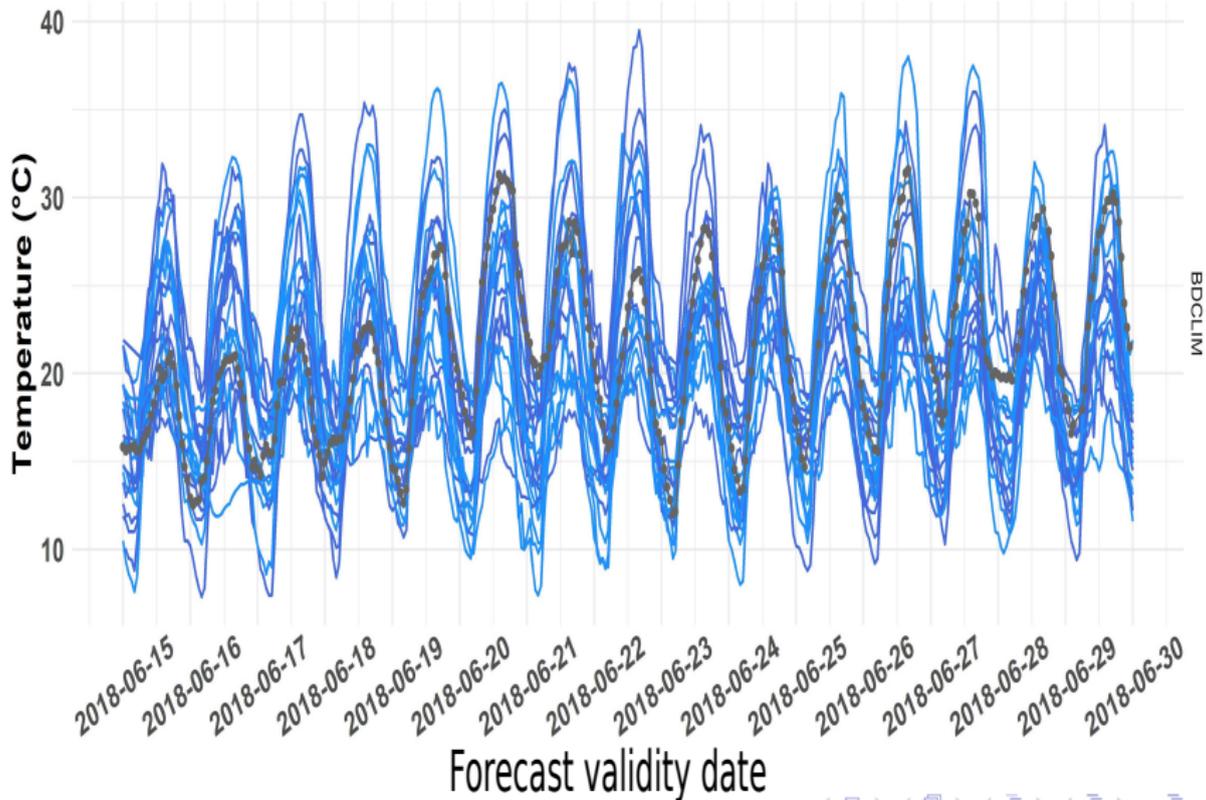
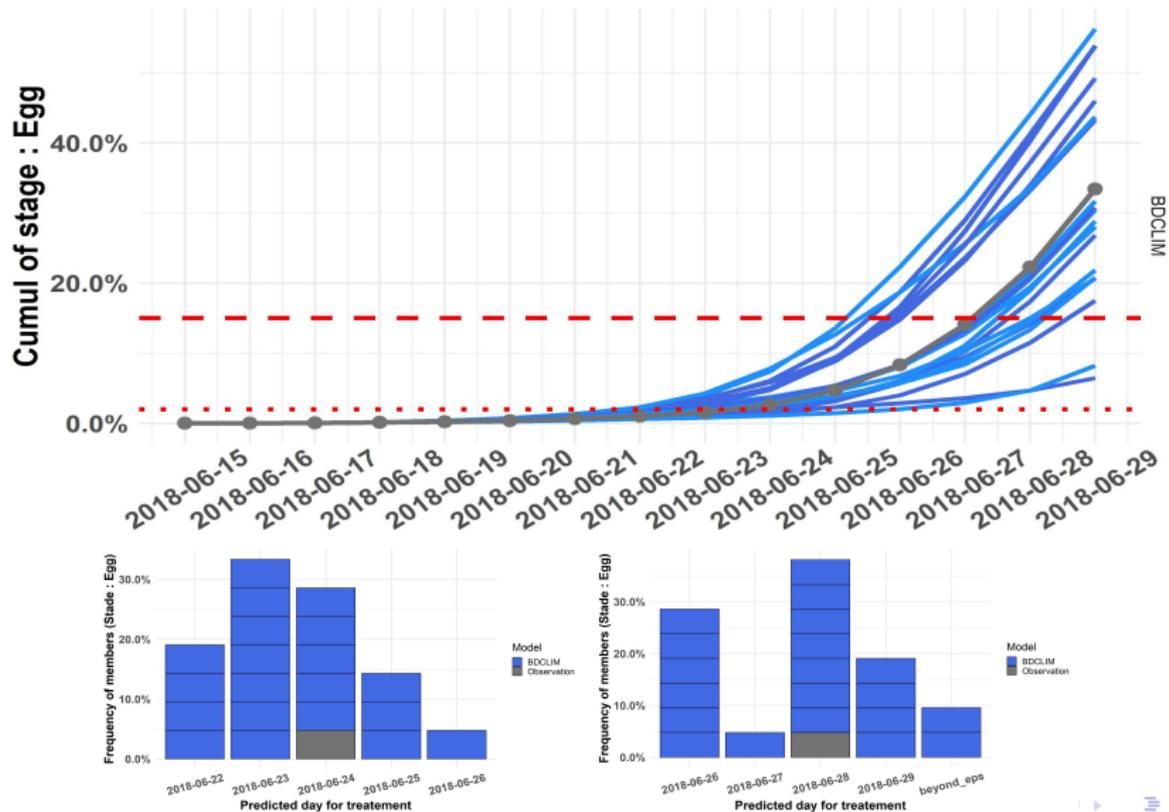


Illustration des simulations fréquentielle : cas d'EVA

2. L'évolution du stade œuf et les distributions de date de traitement pour les seuils de 2 et 15%.
 → La date de traitement de référence (en utilisant la série des observations).



Introduction

Quelle est l'apport de la prévision d'ensemble dans les OAD ?

Comment valoriser les différents modèles PNT dans les OAD ?

Conclusions

Continuous Ranked Probability Score (CRPS)

1. La vérification de la prévision probabiliste pour évaluer la qualité et la performance :
 2. Comparaison entre des scores agronomiques associés à la prévision d'ensemble et à l'approche fréquentielle.
- CRPS - performance globale (Candille et Talagrand, 2005) :

$$\text{CRPS}(\mathbb{F}, \mathbb{F}_{\text{obs}}) = \int_{\mathbb{R}} (\mathbb{F}(x) - \mathbb{F}_{\text{obs}}(x))^2 dx ;$$

- Plus le score est petit, meilleur est l'ensemble.

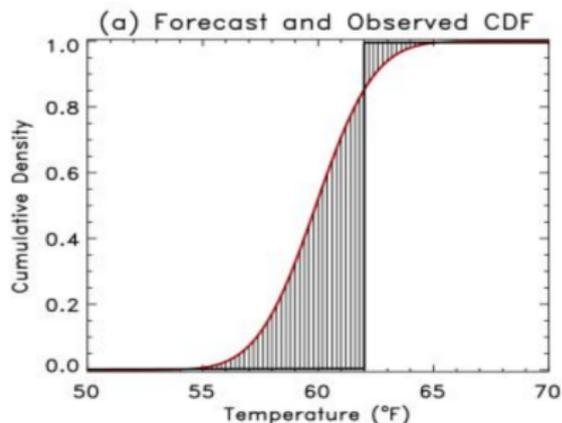
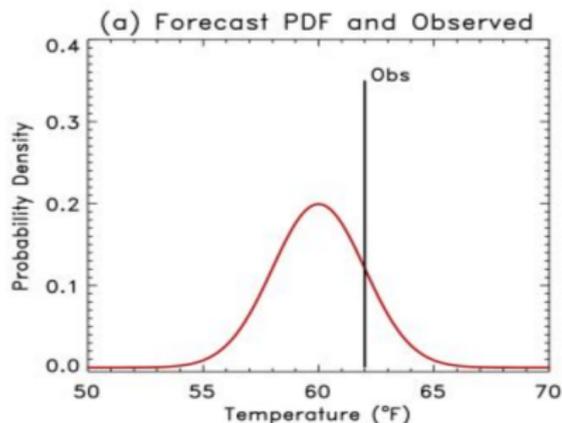
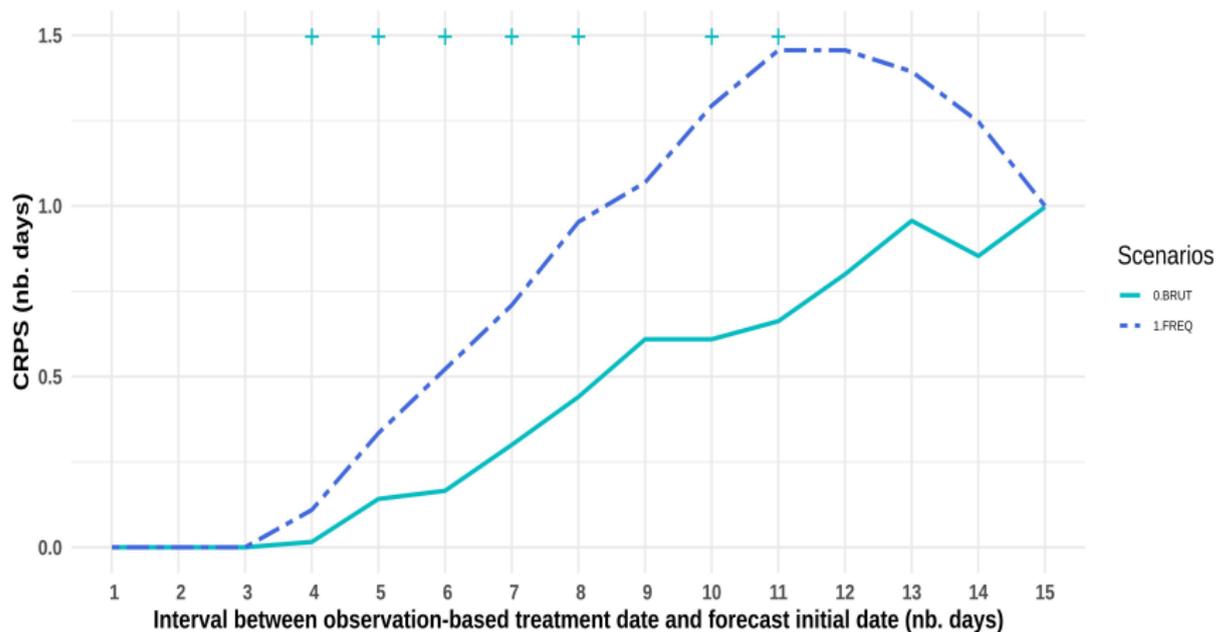


Figure – Source : (Hersbach et al., 2000).

EVA : Évaluation agronomique de la prévision d'ensemble d'IFS-EPS par rapport aux données fréquentielles avec CRPS



- ▶ Meilleure performance de la prévision d'ensemble au-delà de 3 jours ;
- ▶ L'apport de la prévision d'ensemble est statistiquement significatif (Wilcoxon (Wilcoxon et al., 1970)) de 4 à 11 jours.

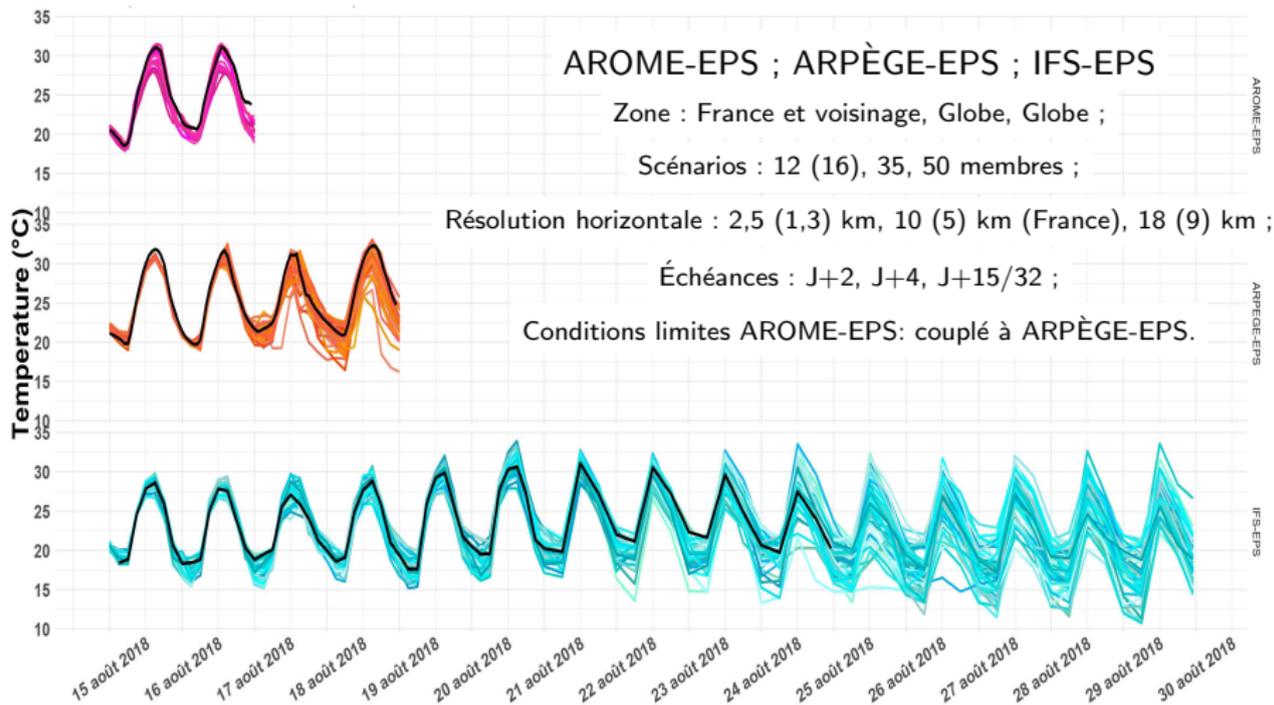
Introduction

Quelle est l'apport de la prévision d'ensemble dans les OAD ?

Comment valoriser les différents modèles PNT dans les OAD ?

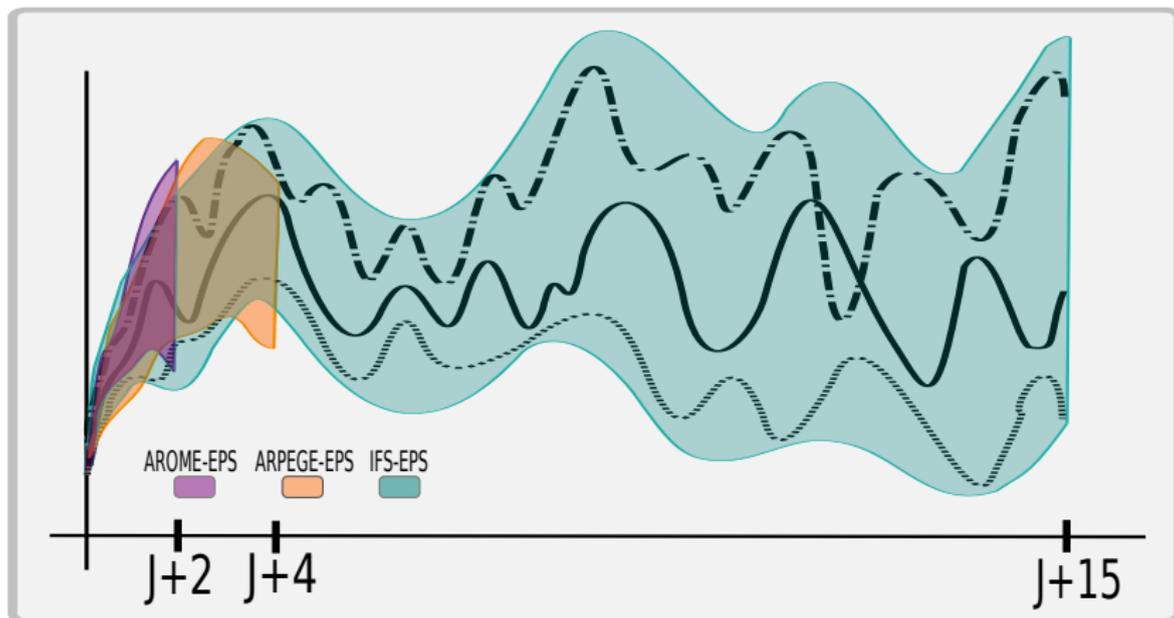
Conclusions

Comment valoriser les différents modèles dans les OAD ?



- ▶ La moyenne échéance à basse résolution → l'anticipation de l'application des produits phytosanitaires ;
- ▶ La courte échéance à haute résolution → ajustement des prévisions des dates de traitement.

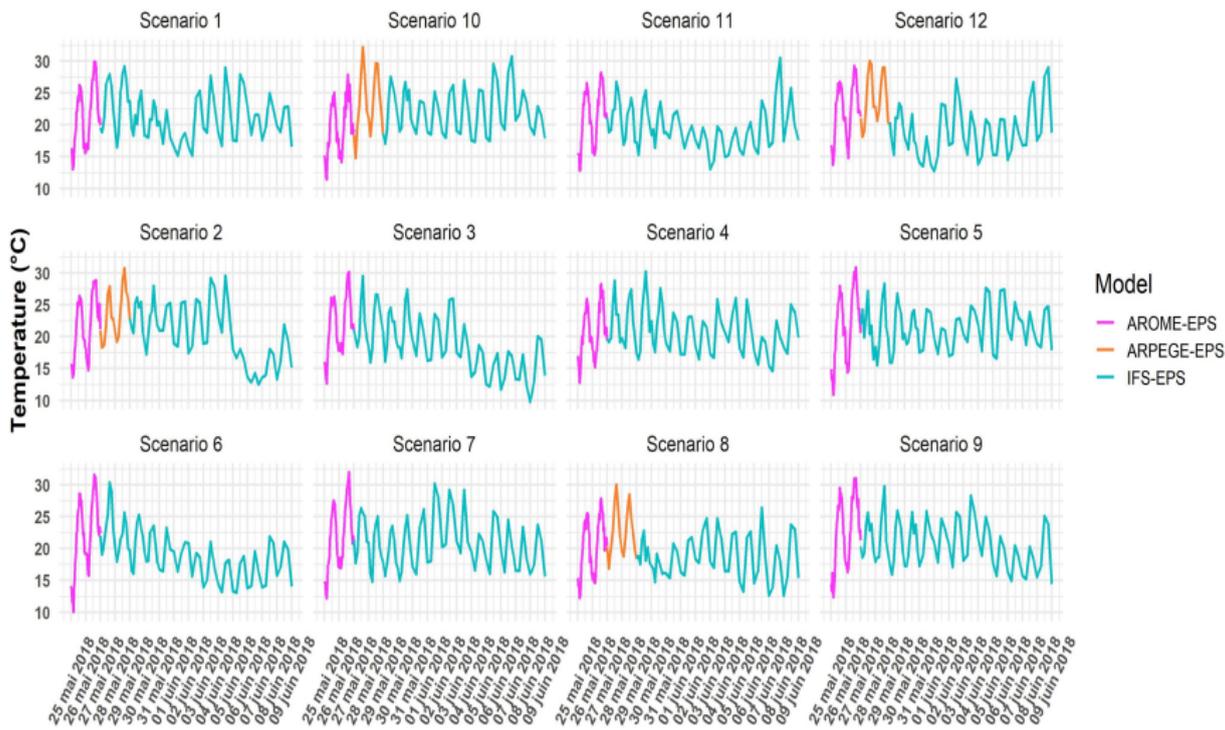
Ensemble de prévisions cohérentes ("sans couture", "seamless")



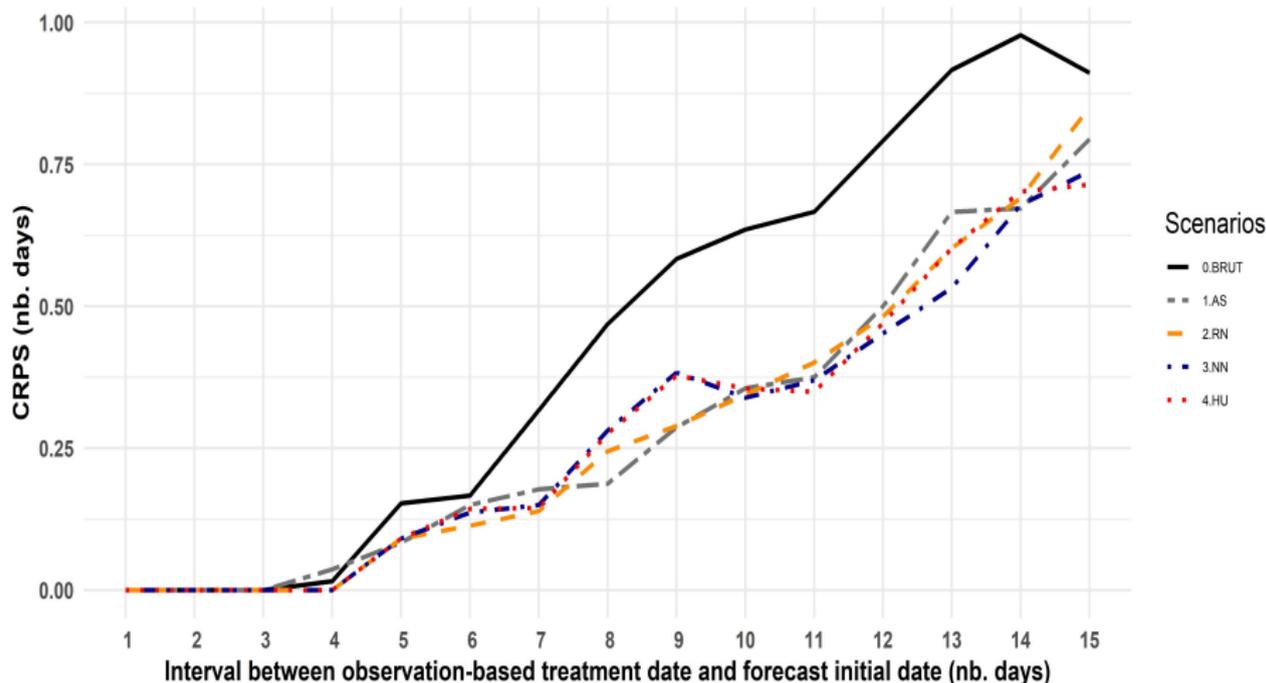
Scenarii cohérents

- Jointure entre les membres des modèles à haute résolution à courte échéance avec des membres à plus faible résolution spatiale à moyen terme (Aleksavska *et al.*, 2021 : <https://doi.org/10.1175/WAF-D-20-0128.1>).

Exemple représentatif d'un ensemble de scénarios cohérents



Évaluation agronomique (CRPS)



- La prévision calibrée et des prévisions cohérentes sont meilleurs par rapport à l'IFS-EPS brut.

Introduction

Quelle est l'apport de la prévision d'ensemble dans les OAD ?

Comment valoriser les différents modèles PNT dans les OAD ?

Conclusions

Conclusions

1. Quel est l'apport et le potentiel de la prévision d'ensemble ?
 - Apport significatif de la prévision d'ensemble pour des échéances d'une à deux semaines avant le traitement par rapport à l'approche "fréquentielle".
2. Comment valoriser les différents modèles PNT dans les OAD ?
 - Construire la prévision d'ensemble "sans couture".
 - Évaluation agronomique : impact positif significatif de la prévision calibrée et des prévisions "sans couture" .

Merci pour votre attention !
ivana.aleksovska@ecmwf.int

