

FICHE

**Calculs préliminaires de la date d'arrivée
des pucerons en 2023 à partir des
prévisions climatiques saisonnières
initialisées aux 1^{er} octobre, 1^{er} novembre
et 1^{er} décembre 2022**

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
1. DESCRIPTION DE LA METHODE	2
1.1. Sources de données climatiques.....	2
1.2. Prédiction du risque « jaunisse ».....	3
2. RESULTATS DES ANALYSES	3
2.1. Résultats des projections sur le modèle de Météo-France.....	3
2.2. Prévission des dates d'arrivée des pucerons (ou date des premiers vols).....	5
3. CONCLUSION	7
4. REFERENCES	7

INTRODUCTION

L'objectif de cette fiche, produite par INRAE, est d'analyser les informations issues des prévisions climatiques saisonnières et les éléments issus des simulations. Ceci doit nous renseigner, d'une part, sur le risque d'occurrence de pucerons, vecteurs des viroses de la betterave et, d'autre part, sur les temporalités de la présence des pucerons puisque les arrivées précoces, sur des betteraves jeunes, sont plus susceptibles d'engendrer des symptômes de viroses marqués et d'entraîner des jaunissements de feuilles, conduisant à une diminution de l'activité photosynthétique et donc à des baisses de rendement racines et de rendement sucre, avec les incidences sur l'économie des exploitations et des industries sucrières.

L'analyse des données doit plus précisément porter sur la possibilité que nous avons d'écarter un risque significatif d'occurrence précoce, en absence de mesure prophylactique et/ou curative actionnable à grande échelle en 2023.

Les systèmes de prévisions climatiques saisonnières fournissent les grandes tendances de certains paramètres météorologiques, comme les températures, pour les mois à venir, à l'échelle de vastes régions (au moins 1000 km sur 1000 km). À ces échéances, les variations de la température, de la salinité et des courants des océans, notamment tropicaux, ont des influences significatives sur l'évolution de l'atmosphère. Les variations de la glace de mer et des surfaces continentales (humidité du sol, couverture de neige) jouent aussi un rôle dans l'évolution de l'atmosphère. Pour produire les prévisions saisonnières, on utilise donc des modèles climatiques globaux qui simulent l'évolution de l'atmosphère, des océans, des glaces de mer et leurs interactions. Les prévisions saisonnières sont des prévisions probabilistes et leur niveau de performance qui dépend notamment de la zone géographique, est limité en Europe pour les températures hivernales.

Météo-France produit chaque mois un bulletin expertisé pour les tendances saisonnières à trois mois sur l'Europe analysant le contexte climatique et les prévisions des modèles climatiques (cf. <https://meteofrance.fr/actualite/publications/les-tendances-climatiques-trois-mois>).

Les températures moyennes en automne et en hiver sont pertinentes à deux titres pour le risque de jaunisse sur la betterave.

Tout d'abord, elles donnent une indication sur la capacité de survie des pucerons pendant l'hiver, et, plus largement, sur la persistance de l'ensemble de la chaîne trophique intégrant pucerons et auxiliaires.

Par ailleurs, elles informent sur la date d'occurrence des premiers vols de pucerons virulifères, ce point étant largement et efficacement décrit par la relation entre la température moyenne au cours des mois de janvier-février et la date des premiers vols de pucerons. Le modèle utilisé mobilise la température sur la période 01/01-14/02. Par souci de continuité avec les travaux des années précédentes, c'est le modèle de Qi et al (2014) qui a été utilisé ici. Ce modèle a montré au cours des deux années précédentes sa capacité à prédire avec peu d'erreurs les dates moyennes d'arrivée dans les différentes régions de la sole betteravière.

Cependant, des conditions climatiques moyennes favorables peuvent être contrecarrées par des épisodes de gel intense, défavorables au développement des vecteurs de la jaunisse de la betterave.

Calculs préliminaires de la date d'arrivée des pucerons en 2023 à partir des prévisions climatiques saisonnières initialisées aux 1^{er} octobre, 1^{er} novembre et 1^{er} décembre 2022

Pour autant, le climat ne détermine pas à lui seul le risque de maladie. Bien d'autres facteurs entrent en ligne de compte comme les virus disponibles dans l'environnement, l'état des réservoirs initiaux, l'environnement paysager. Ces limitations sont à prendre en compte dans l'analyse de la valeur prédictive des résultats.

Le présent document constitue une première version. En effet, cette fiche a vocation à être complétée des calculs fondés sur les prévisions climatiques saisonnières initialisées au 1^{er} janvier 2023. Cette seconde version sera soumise à l'appréciation des membres du conseil de surveillance lors de la réunion de ce dernier, prévue le 20 janvier 2023.

C'est sur le fondement de cette seconde version, combinée à la note sur les réservoirs viraux et leur état, que les membres du conseil de surveillance seront appelés à émettre un avis sur le projet d'arrêté du Gouvernement autorisant provisoirement l'emploi de semences de betteraves sucrières traitées avec des produits phytopharmaceutiques contenant les substances actives imidaclopride ou thiamethoxam et précisant les cultures qui peuvent être semées, plantées ou replantées au titre des campagnes suivantes.

1. Description de la méthode

Sont décrites dans cette partie les problématiques de sources de données et de méthodes utilisées pour prédire la date d'arrivée des pucerons en 2023.

1.1. Sources de données climatiques

Les analyses ont été réalisées en utilisant les prévisions débiaisées réalisées par le système de prévisions saisonnières de Météo-France ajusté aux observations passées qui permet une analyse numérique détaillée, en particulier des probabilités de dates d'arrivée de pucerons.

Les prévisions saisonnières sont réalisées à partir de 51 simulations (appelées « membres »). Chacune d'elles correspond à une initialisation différente du modèle et produit une réalisation climatique cohérente pour les sept mois suivants. Ces simulations diffèrent en général l'une par rapport à l'autre et la prévision saisonnière est effectuée en analysant l'ensemble des simulations de manière probabiliste en recherchant les tendances futures. Dans le cas des températures, l'analyse porte sur la probabilité d'avoir une tendance chaude (Q3, tercile haut), froide (Q1, tercile bas) ou « normale » (ou « moyenne ») (Q2).

Les données élaborées par Météo-France ont été « débiaisées ». Les biais, qui ne sont pas constants dans l'espace, ni dans le temps, ont été déterminés en comparant les simulations du modèle de prévision sur la période 1993-2016 aux observations météorologiques. Dans un second temps, ces biais sont utilisés pour corriger les simulations des prévisions saisonnières. Ces biais ont pour origine la physique des modèles qui n'est qu'une représentation imparfaite de la réalité du fonctionnement climatique tant au niveau des processus que de la prise en compte des hétérogénéités spatiales (classiquement, les modèles utilisent des mailles de calculs de plusieurs dizaines de kilomètres). Les données sont finalement fournies à une résolution spatiale de 8 km par 8 km¹. Les prévisions sont initialisées au premier jour de chaque mois.

¹ La page <https://meteofrance.fr/actualite/publications/les-publications-de-meteo-france/les-dernieres-previsions-saisonnières> présente une analyse finalisée des prévisions saisonnières.

1.2. Prédiction du risque « jaunisse »

Le risque jaunisse dépend de la date d'inoculation des virus par les pucerons. Plus les betteraves sont contaminées à un stade jeune, plus l'impact sur la croissance et le rendement racine et sucre sera important. Les travaux de Qi et al. (2004) ont montré qu'il existe une corrélation entre la moyenne de la température entre le 1^{er} janvier et le 14 février et la date des premières captures de pucerons. Cette corrélation a été confirmée par Dewar et Qi en 2021 en tenant compte des années récentes dans l'analyse.

Des dates d'arrivée de pucerons sont calculées en appliquant l'équation de Qi aux simulations climatiques de Météo-France. Les 51 simulations climatiques permettent ainsi de calculer une probabilité d'arrivée avant une date donnée. Les plantes adultes sont naturellement plus résistantes aux pucerons et à la transmission virale. Ce stade est atteint au plus tôt au 1^{er} juin pour les années les plus précoces, à un stade proche de 10-12 feuilles. Le 1^{er} juin a donc été défini comme la date à partir de laquelle la sensibilité des betteraves à la jaunisse diminue fortement pour calculer l'indicateur de risque de jaunisse : la probabilité moyenne d'une arrivée de pucerons avant cette date.

2. Résultats des analyses

2.1. Résultats des projections sur le modèle de Météo-France

Les prévisions de températures moyennes entre le 1^{er} janvier et le 14 février par le système de prévisions saisonnières de Météo-France sont présentées ci-dessous, sous forme cartographique pour la zone de culture de la betterave à sucre en fonction de leur position dans les 3 terciles Q1 (froid), Q2 (normale), Q3 (chaud). Chacune des 51 simulations débiaisées a été positionnée par rapport aux terciles déterminés sur les observations de 1981 à 2021 pour chaque point de la grille de restitution des résultats (tous les 8 km par 8 km). La proportion de simulations dans chaque tercile représente la probabilité d'occurrence de la température moyenne future sur la période 01/01-14/02 dans chacun des trois terciles. Une probabilité moyenne synthétisant l'ensemble des données spatiales est donnée dans le tableau suivant.

Calculs préliminaires de la date d'arrivée des pucerons en 2023 à partir des prévisions climatiques saisonnières initialisées aux 1^{er} octobre, 1^{er} novembre et 1^{er} décembre 2022

Illustration 1 : Probabilité moyenne d'être dans chacun des terciles Q1 (froid), Q2 (normale), Q3 (chaud)

- Initialisation au 1^{er} octobre 2022 :



- Initialisation au 1^{er} novembre 2022 :



- Initialisation au 1^{er} décembre 2022 :



Source : INRAE, calculs à partir des données Météo-France.

Les probabilités d'être dans le tercile le plus chaud Q3 sont proches de la moitié pour les deux dernières initialisations présentées :

- ◆ 0,50 au 1^{er} novembre ;
- ◆ 0,42 au 1^{er} décembre.

Cette première analyse se complète du tableau suivant présentant la probabilité de position des températures moyennes 01/01-14/02 sur la zone de culture des betteraves à sucre dans les terciles Q1, Q2, Q3 déterminée à partir des 51 simulations initialisées aux 1^{er} octobre, 1^{er} novembre et 1^{er} décembre. Les prévisions réalisées aux 1^{er} novembre 2019, 2020, 2021 et 2022 sont données pour mémoire, étant précisé que la colonne « observations » indique comment les températures moyennes se sont effectivement positionnées à l'échelle de la zone de production de la betterave à sucre.

Tableau 1 : Comparaison des prévisions (probabilité de position dans les 3 terciles) et des observations sur la période 1981-2021

	Prévision (51 scénarios)			Observations		
	Q1 (froid)	Q2 (normale)	Q3 (chaud)	Q1 (froid)	Q2 (normale)	Q3 (chaud)
2019 – initialisation au 01/11/18	0,24	0,42	0,34	0,01	0,99	0,00
2020 – initialisation au 01/11/19	0,10	0,33	0,57	0,00	0,00	1,00
2021 – initialisation au 01/11/20	0,17	0,36	0,48	0,35	0,65	0,00
2022 – initialisation au 01/10/21	0,36	0,33	0,32	0,00	0,71	0,29
2022 – initialisation au 01/11/21	0,17	0,32	0,52			
2022 – initialisation au 01/12/21	0,21	0,34	0,45			

Calculs préliminaires de la date d'arrivée des pucerons en 2023 à partir des prévisions climatiques saisonnières initialisées aux 1^{er} octobre, 1^{er} novembre et 1^{er} décembre 2022

	Prévision (51 scénarios)			Observations		
	Q1 (froid)	Q2 (normale)	Q3 (chaud)	Q1 (froid)	Q2 (normale)	Q3 (chaud)
2022 - initialisation au 01/01/22	0,27	0,19	0,54			
2023 - initialisation au 01/10/22	0,38	0,29	0,33	-		
2023 - initialisation au 01/11/22	0,19	0,30	0,50			
2023 - initialisation au 01/12/22	0,19	0,39	0,42			

Source : INRAE, à partir des données Météo-France.

Les probabilités pour 2023 montrent une prévision plutôt chaude ou normale. L'initialisation au 1^{er} octobre ne dégageait aucune tendance avec des probabilités proches de chaque tercile. Les résultats pour l'initialisation du 1^{er} novembre montrent un léger réchauffement par rapport aux initialisations d'octobre. Les résultats pour l'initialisation du 1^{er} décembre sont assez similaires à ceux obtenus avec les initialisations du 1^{er} novembre. Les probabilités pour 2023, établies sur les initialisations au 1^{er} novembre et 1^{er} décembre sont proches de celles élaborées à la même date pour l'année 2022.

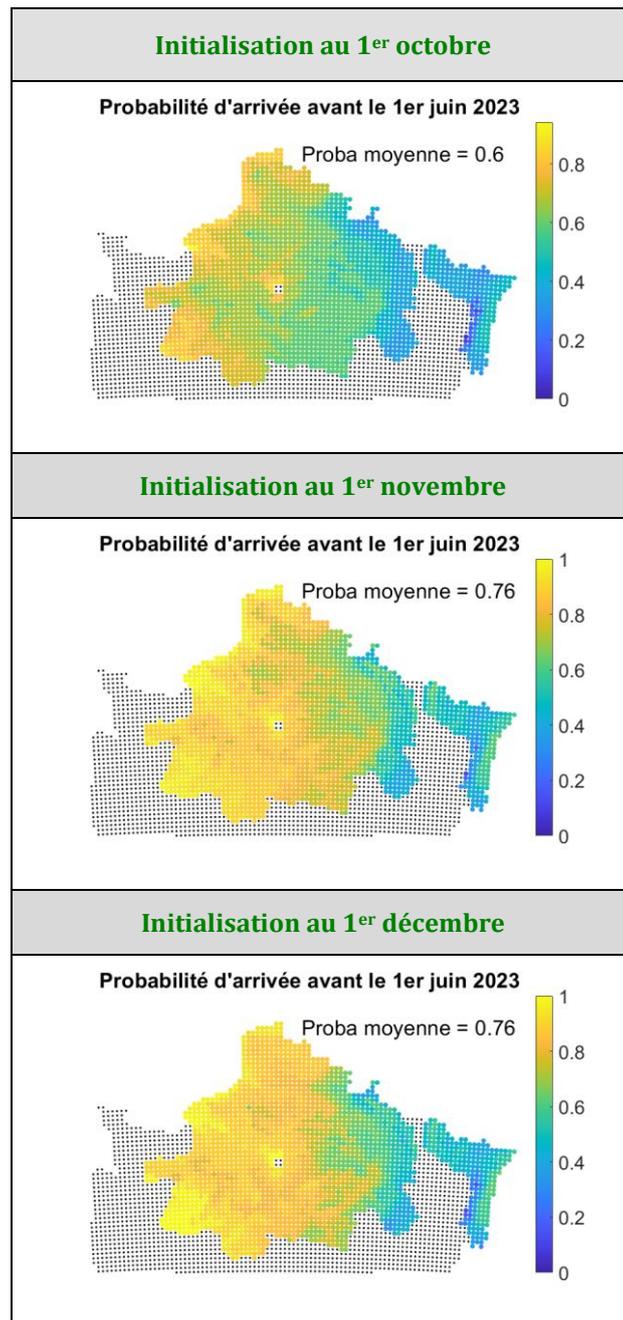
2.2. Prévision des dates d'arrivée des pucerons (ou date des premiers vols)

Les dates d'arrivée des pucerons sont calculées à partir de la moyenne, sur la période du 01/01 au 14/02, de la température de l'air. Les calculs utilisent le modèle de Qi et al. (2004) revu par Dewar et Qi (2021) pour chaque point de la grille de 8 km par 8 km.

Les probabilités d'arrivée calculées à partir des dates de premiers vols simulées pour chacune des 51 simulations climatiques sont présentées ci-dessous de manière cartographique. Une valeur globale à l'échelle de la zone de culture de la betterave à sucre est également donnée.

Calculs préliminaires de la date d'arrivée des pucerons en 2023 à partir des prévisions climatiques saisonnières initialisées aux 1^{er} octobre, 1^{er} novembre et 1^{er} décembre 2022

Illustration 2 : Probabilité de dates d'arrivée avant le 1^{er} juin à partir des prévisions climatiques saisonnières



Source : INRAE. Calculs à partir des données Météo-France

Les calculs montrent une probabilité importante d'arrivée avant le 1^{er} juin sur une part importante de la zone de culture, avec une structuration ouest-est marquée. Cette probabilité a augmenté avec l'initialisation du 1^{er} novembre par rapport à celle du 1^{er} octobre.

Calculs préliminaires de la date d'arrivée des pucerons en 2023 à partir des prévisions climatiques saisonnières initialisées aux 1^{er} octobre, 1^{er} novembre et 1^{er} décembre 2022

Ces résultats restent cependant à prendre avec précaution :

- ◆ du fait de la faible prévisibilité des températures à l'échéance saisonnière pour une prévision donnée ;
- ◆ car ces cartes s'appuient uniquement sur la prévision du modèle Météo-France, qui propose le scénario chaud comme le plus probable alors que le bulletin expertisé a privilégié un scénario normal pour le trimestre décembre-janvier-février : https://meteofrance.fr/sites/meteofrance.fr/files/files/editorial/Tendances%20climaticques_dec_fev28112022.pdf
L'expertise Météo-France se base sur l'analyse d'autres facteurs comme la circulation générale et les prévisions saisonnières provenant d'autres centres de prévisions (comme ECMWF). Cette expertise a retenu que le scénario le plus probable pour les températures était le scénario normal (50 %), devant les scénarios chaud et froid (25 %).
- ◆ car la validité du modèle de Qi repose sur une approche corrélative, avec un coefficient de détermination élevé. Mais ce n'est pas un modèle mécaniste et la relation n'est pas absolue.

3. Conclusion

L'analyse de l'ensemble de ces simulations doit conduire à évaluer le risque d'occurrence précoce des pucerons potentiellement porteurs de virus, et susceptibles d'induire des pertes de rendement.

A date de rédaction de cette note préliminaire, les prévisions de température moyenne sur la période 01/01 – 14/02 sont très proches de celles réalisées pour l'année 2022, en s'appuyant sur les mêmes données d'initialisation, laissant augurer un risque du même niveau. Les simulations avec une initialisation au 1^{er} janvier seront donc essentielles pour savoir si l'on peut ou non écarter l'hypothèse d'une survenue précoce de pucerons.

4. Références

- ◆ Dewar A.M. and Qi A., 2021. The Virus Yellowings Epidemic in Sugar Beet in the UK in 2020 and the Adverse Effect of the EU Ban on Neonicotinoids on Sugar Beet Production. *Outlooks on Pest Management*, Volume 32, Number 2, April 2021, pp. 53-59. https://doi.org/10.1564/v32_apr_02
- ◆ Qi A., Dewar A.M. and Harrington R., 2004. Decision making in controlling virus yellowings of sugar beet in the UK. *Pest Manag Sci*, 60, 727-732. <https://doi.org/10.1002/ps.871>