

PRÉVISIONS SAISONNIÈRES

ANTICIPER LA MÉTÉO

pour une application agricole



© ARVALIS-Institut du végétal

La connaissance de l'évolution de l'atmosphère est un élément clé pour mieux connaître l'état futur des cultures.

Comment prévoir précisément le temps qu'il fera dans les 6 prochains mois ? Les scientifiques parviennent à affiner leurs analyses climatiques mais cet objectif n'est pas encore tout à fait atteint. En élaborant un système complexe de modèles, il est cependant possible d'obtenir des résultats fiables mais perfectibles.

La climatologie et la prévision du temps sont des notions que le monde agricole connaît et utilise au quotidien.

La communauté météorologique cherche toujours à repousser les limites de la prévision en élaborant de nouveaux outils et produits, parmi lesquels la prévision saisonnière. Réalisée avec les mêmes outils numériques que la prévision météorologique, la prévision saisonnière cherche à délivrer une tendance des variables météorologiques moyennées sur les mois à venir.

Le climat à long terme est prévisible...

Les régions de moyennes latitudes sont soumises à une variabilité climatique importante, résultant des interactions entre l'océan, l'atmosphère et la biosphère. La prévision saisonnière n'est pas assimilable à une prévision dite « déterministe » (une seule prévision), mais tend plutôt à donner une information probabiliste, c'est-à-dire une prévision de l'évolution moyenne du temps à venir associée à un pourcentage de chance que celle-ci soit observée. Ce type de prévision pré-

Des prévisions avec une résolution de 8 kilomètres.

sente l'avantage d'anticiper à plusieurs mois des variables météorologiques. Ainsi, la prévision saisonnière ne s'interprète pas comme une prévision météorologique au sens propre, mais plutôt comme une prévision climatique.

Cet état de fait est rendu possible grâce à l'évolution de l'atmosphère pilotée par des éléments précurseurs ayant une influence planétaire, induisant des variations climatiques à grande échelle (comme le phénomène « El Nino Southern Oscillation »). À l'aide d'un modèle climatique, l'identification précoce de ces précurseurs est un élément clé pour connaître l'évolution du temps au cours des mois qui viennent.

Les principales caractéristiques de la prévision saisonnière sont connues : une meilleure prévisibilité est observée dans les tropiques par rapport aux moyennes latitudes (Europe) et elle est plus grande en hiver. De meilleurs scores de réussite sont obtenus pour les températures comparativement aux précipitations.

... mais les incertitudes demeurent

La limite de prévisibilité d'une prévision déterministe est située autour de dix jours, majoritairement à cause du comportement chaotique de l'atmosphère. Du fait de l'imprécision dans la connaissance de l'état initial de l'atmosphère au démarrage d'une simulation pour lequel le modèle est très sensible, les prévisions déterministes du temps s'écartent beaucoup de la réalité



Grâce au supercalculateur de Météo-France et au travail des chercheurs, les simulations sont de plus en plus précises.

© Clés Christophe - Météo-France

PRÉVISION D'ENSEMBLE : multiplier les simulations

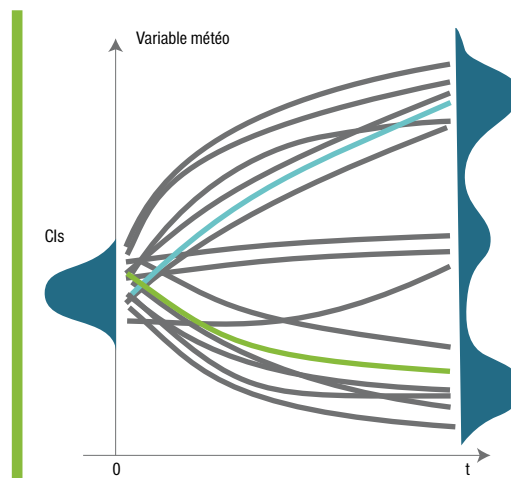


Figure 1 : Schéma de principe de la prévision d'ensemble. Prévision déterministe en bleu, simulations de la prévision d'ensemble en gris et observation en vert. CIS : conditions initiales de la variable météorologique considérée.

SITES RETENUS : une répartition sur tout le territoire

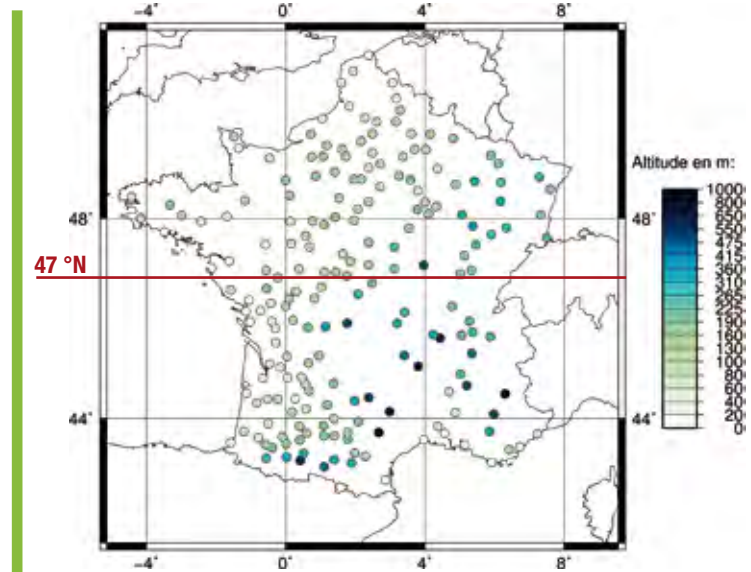


Figure 2 : Carte des sites retenus dans l'étude et leur altitude correspondante. Le trait rouge symbolise la délimitation entre les zones Nord et Sud.

en quelques jours. La prévision saisonnière du temps tient compte de cette incertitude puisque plusieurs prévisions sont réalisées, avec à chaque fois des conditions initiales différentes (figure 1). Une autre source d'incertitude réside dans la représentation par un modèle climatique des lois physiques de l'atmosphère pas toujours suffisamment fidèle pour bien caractériser l'évolution de l'atmosphère. Afin de représenter cette autre source d'incertitudes, une des approches les plus courantes consiste à utiliser plusieurs modèles climatiques (approche « multi-modèles »).

SIMULATIONS : évaluer les différentes approches

Évaluation de la méthode de descente d'échelle

Évaluation de l'approche multi-modèles

Comparaison entre le système « PS » et le système « méthode fréquentielle »

Simulation	Taille de l'ensemble	Descente d'échelle	Échéance
Sorties brutes	9	non	4 mois
Modèle unique 4 mois	9	oui	4 mois
Multi-modèles 4 mois	45	oui	4 mois
Multi-modèles 6 mois	45	oui	6 mois
Méthode fréquentielle			

Tableau 1 : Comparaison des différentes simulations en fonction du nombre de modèles utilisés, de la descente d'échelle et de l'échéance.

La prévision saisonnière issue d'un modèle climatique possède une résolution assez grossière (plusieurs dizaines de kilomètres). Afin d'obtenir une prévision à une échelle spatiale plus représentative de l'étude réalisée (de l'ordre du kilomètre), il est nécessaire d'appliquer une méthode appelée « descente d'échelle ». Elle présente le double avantage de tenir compte des informations locales non prises en compte par les modèles climatiques, comme le relief, et de corriger l'écart moyen entre les prévisions du modèle et les observations inhérent au modèle climatique.

Ainsi, une adaptation des pratiques agricoles est-elle envisageable, compte tenu de la connaissance de l'évolution moyenne du climat à venir ?

Jeux de simulation

Dans le cadre d'un travail de thèse commun avec Météo-France, ARVALIS - Institut du végétal a utilisé des données de prévision saisonnière issues du projet européen ENSEMBLES. Ce projet a mis en place une série de prévisions saisonnières des principales variables météorologiques sur une période de 46 ans et couvrant l'Europe.

En se basant sur le calendrier cultural, seule la simulation démarrant au mois de février a été utilisée pour chacune des 25 années de la période 1981-2005, à une échéance de 4 et 6 mois. Une méthode de descente d'échelle est appliquée afin d'obtenir des prévisions avec une résolution de 8 kilomètres. La qualité de la prévision saisonnière est comparée à une autre méthode, appelée « méthode fréquentielle » actuellement utilisée par ARVALIS - Institut du végétal.

Elle se base sur une prévision en cours de campagne, issue d'une statistique prenant en compte les données météorologiques des 20 dernières années.

De cette manière, différents jeux de simulation sont constitués et synthétisés (tableau 1).

199 sites choisis sur la France permettent une couverture homogène du territoire (figure 2).

Les critères agro-climatiques retenus pour l'évaluation sont constitués de six stades phénologiques, de huit variables hydriques et de six variables thermiques.

Pour évaluer les simulations réalisées avec la prévision saisonnière au travers de scores statistiques, une approche déterministe doit être envisagée, en utilisant la médiane de l'ensemble des prévisions (tableaux 1 et 2), puis une approche probabiliste (tableaux 1 et 3).

Une différence nord-sud marquée

Pour la majorité des indicateurs et pour toutes les variables, les résultats déterministes (tableau 2) montrent l'intérêt d'utiliser une approche multi-modèles et d'appliquer une méthode de descente d'échelle. Le couplage « Multi-modèles 4 mois » présente les meilleurs scores, avec des biais en diminution et un coefficient de corrélation élevé qui reflète une certaine capacité à correctement prévoir les variables agro-climatiques futures. Néan-

ÉVALUATION DÉTERMINISTE : l'intérêt d'une approche multi-modèles

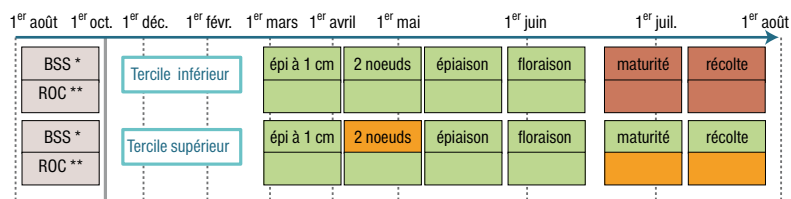
Variable	Score	Sorties brutes	Modèle unique 4 mois	Multi-modèles 4 mois
Date de stade épiaison (jours)	biais *	8	1	1
	SDD **	10	7	6
	r ***	0,66	0,82	0,84
Somme de pluie entre épi 1 cm et deux nœuds (mm)	biais *	14	-3	-3
	SDD **	47	43	39
	r ***	-0,03	0,10	0,22
Somme des T _{moy} base 0 entre épi 1 cm et épiaison (degrés- jours)	biais *	2	4	2,5
	SDD **	32	29	24
	r ***	0,77	0,81	0,87

Tableau 2 : Évaluation déterministe de la prévision saisonnière.

Variété de blé « Soissons » – semis 20 /10 - * moyenne des écarts entre la prévision et la référence (P-R) - ** écart-type des différences P-R - *** coefficient de corrélation (en marron, le meilleur score).

moins, les variables hydriques présentent des scores globalement médiocres. D'autres résultats montrent une segmentation géographique avec des scores sensiblement meilleurs dans la zone Nord, comparativement à la zone Sud, illustrée par une augmentation du biais au fur et à mesure de la simulation.

ÉVALUATION PROBABILISTE : une information globalement fiable



* Le Brier Skill Score (BSS) représente la magnitude de l'erreur moyenne.
 ** Le Receiver Operating Characteristic (ROC) est un indicateur de performance.

Tableau 3: Synthèse des résultats obtenus pour les stades phénologiques entre la prévision saisonnière (PS) Multi-modèles - 6 mois et la méthode fréquentielle (fréq). En vert, il est indiqué que le score obtenu avec le jeu de simulations « PS » est meilleur que « fréq », en rouge le cas contraire et en orange les scores sont identiques.

L'évaluation probabiliste permet de caractériser l'information apportée par la prévision d'ensemble. Compte tenu de la variabilité des résultats des variables hydriques et thermiques mise en évidence avec les scores déterministes, seuls les stades phénologiques ont été évalués de cette manière. L'ensemble des prévisions est répartie en trois catégories, chaque prévision ayant la même probabilité d'appartenir à l'une d'entre elles. La catégorie médiane correspond aux prévisions « normales », tandis que les deux catégories opposées sont respectivement constituées des prévisions « inférieures » et « supérieures » à la normale, appelées « tercile inférieur » et « tercile supérieur ».

Des prévisions de qualité

À l'exception des stades de fin de cycle, les prévisions sont globalement de meilleure qualité avec la prévision saisonnière. Au-delà de quatre mois, les prévisions issues de la méthode fréquentielle fournissent une information plus intéressante (tableau 3). Le type d'évaluation montre égale-

ment une distinction marquée des scores entre les zones Nord et Sud, en faveur de la zone Nord.

Au final, la qualité du système de prévisions d'ensemble basé sur l'utilisation de données issues de la prévision saisonnière du temps est correcte avec une approche multi-modèles, à condition d'appliquer une méthode de descente d'échelle et de se limiter à ne prévoir que les variables agronomiques situées dans les quatre premiers mois après la date d'initialisation de la simulation. L'approche probabiliste est à privilégier pour exploiter l'intégralité de l'information apportée par la prévision saisonnière. Malgré tout, elle ne surpasse pas toujours la méthode fréquentielle. Selon les sites et la catégorie de variables étudiées, les résultats varient avec généralement de meilleurs scores pour la moitié nord de la France.

Vers un plus grand nombre de scénarios

Ces premiers résultats demandent à être confirmés via l'utilisation de prévisions issues de système opérationnel comme EUROSIP qui permettrait de bénéficier des dernières avancées de la recherche et d'accroître la taille de la prévision d'ensemble. On passerait ainsi de 45 simulations dans le projet ENSEMBLES à près de 200, quatre modèles fournissant chacun 51 simulations. De cette manière, les différentes sources d'incertitudes des systèmes de prévision seraient mieux prises en compte tout en utilisant des modèles climatiques plus performants que ceux utilisés dans le projet ENSEMBLES.

Nicolas Canal - n.canal@arvalisinstitutduvegetal.fr
 Olivier Deudon - o.deudon@arvalisinstitutduvegetal.fr
 ARVALIS - Institut du végétal



Appréhender la variabilité naturelle du climat apparaît comme un enjeu de premier ordre pour améliorer les pratiques agricoles.

© ARVALIS - Institut du végétal