

■ **EN DEUX MOTS** ■ L'été sera-t-il chaud ? L'hiver sera-t-il humide ? Depuis quelques années, prévoir des tendances climatiques à l'échelle des saisons est devenu un enjeu important. Ces informations

seraient précieuses pour les agriculteurs, mais aussi pour les fournisseurs d'électricité et les services publics. Sur l'Europe de l'Ouest, plusieurs centres de recherche, en Europe et aux États-Unis, réalisent

chaque mois des prévisions pour la tendance climatique du trimestre suivant. Mais les résultats sont encore peu satisfaisants. Ils n'avaient par exemple pas vu venir la vague de chaleur de l'été 2003.



EN AOÛT, L'Auvergne, comme une grande partie de la France, offrait des paysages tout à fait inhabituels, à l'image de ces prés desséchés. © RICHARD DAMORET/REA

Cécile Michaut,
journaliste scientifique.

stations de mesure de Météo France et, surtout, une canicule exceptionnelle de dix jours consécutifs : depuis que l'on fait des mesures, un tel épisode n'avait jamais été enregistré en France. Les températures moyennes de l'ensemble de l'été ont été tout aussi inhabituelles. Elles ont dépassé de 4 °C la moyenne 1900-2002, et de 2 °C la moyenne 1950-2002 [1]. La France n'a pas été la seule touchée. Une bonne partie de l'Europe (notamment l'Allemagne, l'Italie, et même l'Autriche) a enregistré des températures très fortes. Or, « personne n'avait prévu une telle vague de chaleur », constate Jean-Claude André, directeur du Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique (Cerfacs). La première analyse de cet épisode exceptionnel, qu'il s'appête à publier avec ses collègues du

L'année de la canicule

Personne n'avait prévu la vague de chaleur qui s'est abattue sur la France et sur toute une partie de l'Europe de l'Ouest l'été dernier. Six mois plus tard, quelles sont les leçons à tirer de cet événement exceptionnel ? En particulier, l'analyse de cet épisode donne-t-elle des pistes pour améliorer la prévision saisonnière ?

Une surmortalité de près de 15 000 décès entre le 1^{er} et le 20 août, des records de température bat-

tus dans une bonne partie des

Cerfacs et de Météo France, en tire les leçons pour la prévision saisonnière.

Au début août, les météorologues avaient bien annoncé que la canicule en France continuerait une dizaine de jours. L'Europe de l'Ouest se trouvait alors dans une situation dite de « blocage » : la pression atmosphérique était tellement élevée qu'elle perturbait la circulation habituelle des masses d'air d'ouest vers l'est, empêchant l'arrivée sur la France de dépressions et favorisant, en revanche, celle d'air très chaud et très sec venant des régions méditerranéennes. Il s'agit là des prévisions courantes à plusieurs jours. Les météorologues savent en effet prévoir avec précision le temps pour une quinzaine de jours au maximum. Au-delà, la moindre perturbation des conditions atmosphériques a des conséquences énormes sur le comportement des masses d'air. Il est donc impossible de prédire précisément le temps à longue échéance.

En revanche, on peut tenter de déterminer la tendance moyenne de la saison suivante : sera-t-elle chaude ou fraîche ? Sèche ou arrosée ? C'est tout l'objet des prévisions dites « saisonnières » [2]. L'enjeu est de taille, aussi

bien pour les agriculteurs que pour les fournisseurs d'électricité, qui pourraient ainsi mieux gérer les retenues d'eau et les maintenances de centrales électriques, et pour les pouvoirs publics comme on l'a vu au mois d'août.

Comment s'y prend-on ? Différents centres dans le monde ont développé leur modèle de prévisions saisonnières et produisent chaque mois une prédiction pour le trimestre suivant. À partir des conditions atmosphériques et océaniques enregistrées à un moment donné, le modèle simule l'évolution de la circulation atmosphérique et océanique sur les mois suivants. Par exemple, à partir des données de début mai, on laisse le modèle évoluer pour le reste du mois et pour juin, juillet et août : les mesures plus fines de l'un ou l'autre des paramètres, obtenues après le début mai, ne sont donc pas intégrées en cours de simulation. La nature de la prévision saisonnière est d'ordre probabiliste : on ne cherche pas à déterminer l'évolution précise au jour le jour de l'atmosphère et de l'océan, mais plutôt à quantifier la probabilité d'une température moyenne plus forte ou plus faible, et de précipitations plus ou moins importantes. On réalise pour ce faire plusieurs simulations partant de conditions initiales légèrement différentes, compatibles avec les observations. La probabilité est établie à partir des résultats de ces diverses simulations.

Imprévisible Europe

Ce type de prévisions fonctionne bien dans certaines parties du monde, notamment dans les zones tropicales. Ces régions sont en général soumises à la très forte influence d'un courant marin dont les évolutions saisonnières sont connues. Ainsi, le fameux *El Niño* (le courant chaud de l'océan Pacifique qui resurgit périodiquement) et son pendant froid, baptisé *La Niña*, sont déterminants pour les saisons des continents voisins. Dès l'apparition d'un épisode *El Niño*, on prédit des pluies moindres sur l'Amazonie et plus abondantes sur le Pérou.

Mais pour l'Europe, les résultats sont encore peu satisfaisants. Le continent subit de multiples influences, dont aucune ne domine franchement, et les perturbations y sont nombreuses et chaotiques. Le climat européen est donc l'un des moins prévisibles. Pour preuve, aucun des organismes qui s'intéressent aux prévisions saisonnières sur l'Europe de l'Ouest [3] n'avait, au printemps 2003, prévu l'intensité et la durée de la vague de chaleur de l'été. En avril, plusieurs modèles, notamment ceux de Météo France et du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme, établi en Angleterre, prévoyaient bien une anomalie chaude pour les mois de juin, de juillet et d'août. Mais les prévisions de mai et de juin ne confirmaient pas cette tendance, au contraire. Le modèle américain de l'International Research Institute for Climate Prediction, qui ne signalait rien en avril, s'est révélé meilleur dans ses analyses de mai. Quant à celui du Meteorological Office britannique, il n'a rien vu.

À quoi est dû cet échec ? Selon Tim Stockdale, chercheur

au Centre européen : « Des modèles plus perfectionnés devraient conduire à de meilleurs résultats. Mais il se peut également qu'en raison de la nature probabiliste des prévisions saisonnières la probabilité d'un été chaud ait "réellement" varié au cours de l'été, et que cet événement ne soit devenu fortement probable seulement quand la chaleur s'est abattue sur l'Europe. » À cette échelle, les modèles ne tiennent pas compte de phénomènes plus lents tels que le réchauffement lié à l'augmentation des gaz à effet de serre. Ils se fondent sur des facteurs qui varient en quelques



L'IMAGE SATELLITE DU 3 AOÛT 2003 rappelle bien la situation des dix jours de canicule : aucun nuage sur l'Europe ! Les pressions atmosphériques très hautes empêchaient les masses d'air d'arriver de l'ouest. © MÉTÉO FRANCE

mois, comme la température de surface océanique, mais aussi, dans une moindre mesure, l'humidité à la surface des continents et les mouvements propres de l'atmosphère.

« On espère faire le lien entre l'état de l'atmosphère et ces évolutions lentes de l'océan », explique Pierre Bessemoulin, directeur de la climatologie à Météo France.

Si ces liens existent, on devrait retrouver dans l'océan la cause de la vague de chaleur de l'été. « Effectivement, nous avons analysé après coup que les températures de surface de l'océan Atlantique étaient restées particulièrement élevées à la fin du printemps et en été », relève Jean-Claude André.

Est-ce à dire que si les modèles calculaient correctement les températures de surface océaniques ils auraient réussi à prévoir la vague de chaleur de l'été ? La réponse est ⇨

[1] www.meteo.fr/meteonet/actu/archives/dossiers/canicule/canicule2003.htm

[2] J.-C. André et al., *C. R. Geoscience*, 334, 1115, 2002 ; J.D. Haigh et R. Kershaw (dir.), *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, part B, (DSP/Provost), 126, 1989, 2000.

[3] www.meteo.fr, iri.columbia.edu/ et www.met-office.gov.uk/

MÉTÉOROLOGIE

⇒ clairement non. « Nous avons mené des expériences de prévision rétrospective pour tester nos modèles, raconte Michel Déqué, de Météo France à Toulouse. Pour cela, au lieu de laisser évoluer nos modèles en fonction des conditions climatologiques de départ, nous leur avons injecté les températures de surface océaniques effectivement mesurées pendant le printemps et l'été. Les résultats montrent que, même avec cette connaissance de la vague de chaleur de l'été. » L'anomalie océanique est-elle hors de cause, ou les modèles de prévision saisonnière sont-ils insuffisants ? Les spécialistes penchent pour la seconde solution. Mais, alors, dans quelle direction chercher pour améliorer les prédictions ? « L'analyse de l'épisode chaud de l'été 2003 n'est pas suffisamment avancée pour en tirer des enseignements clairs, estime Laurent Terray, du Cerfacs. Les premières conclusions sont plutôt négatives : nous ne savons pas prévoir de tels événements. Nous avons des pistes d'amélioration, mais il est difficile de dire lesquelles sont les plus prometteuses. » Des anomalies plus lointaines que celles de l'océan

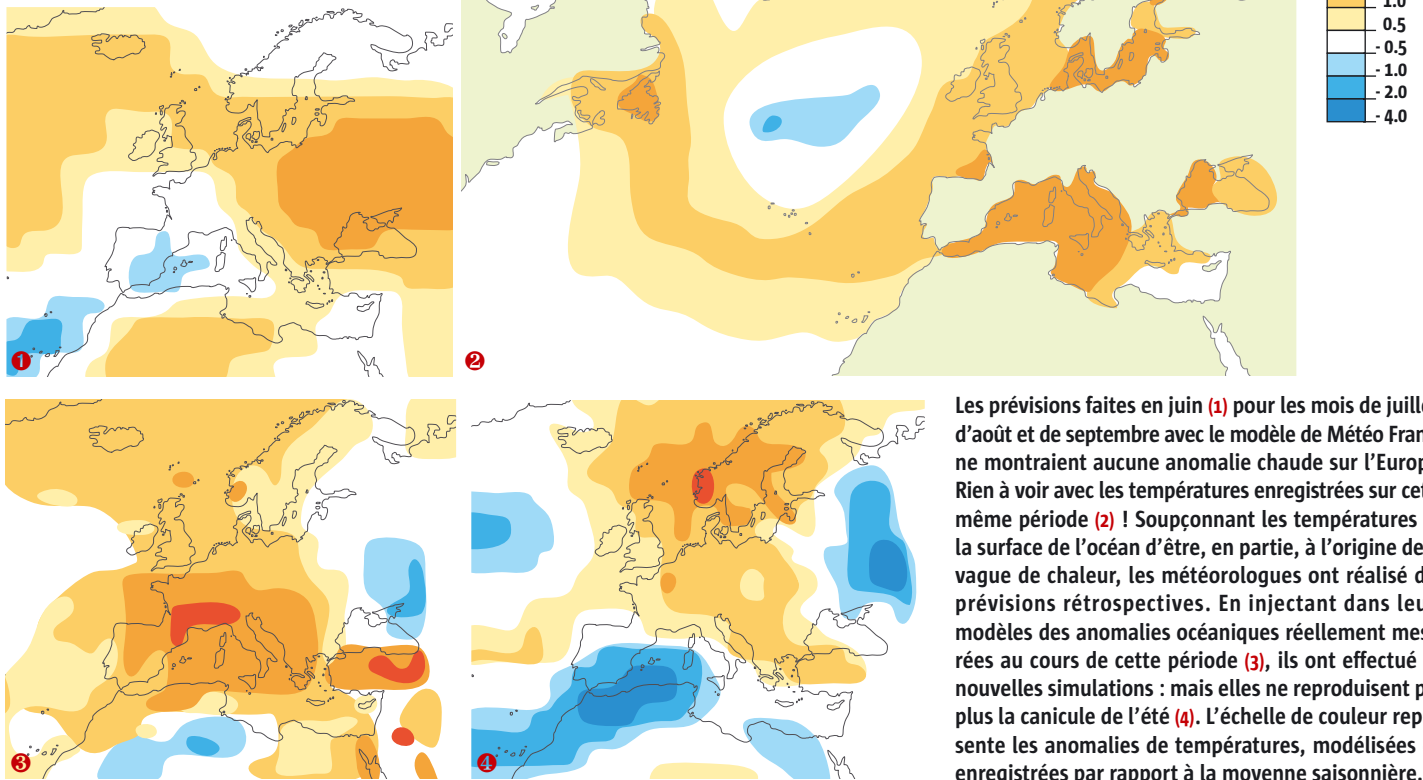


GARE SAINT-CHARLES À MARSEILLE, LE 9 AOÛT 2003 : un système de brumisateurs a été installé pour rafraîchir les voyageurs.

© G. DOMENECH/LA PROVENCE/MAXPPP

Atlantique jouent probablement un rôle jusqu'en Europe. Ainsi, des températures inhabituelles dans l'Atlantique sud, entre 5° et 40° de latitude, peuvent avoir une influence sur le climat européen. De même, l'océan Indien agit sur la « zone de convergence intertropicale », qui délimite la rencontre entre les alizés nord et sud. En cas de température

Fig.1 Modèles à l'épreuve



© INFOGRAPHIES : LÉGENDES CARTOGRAPHIE

de surface anormale dans l'océan Indien, les précipitations du Sahel peuvent avoir lieu plus au nord que d'habitude. Or, des simulations numériques indiquent qu'il existe des liens entre ces déplacements et le climat estival en Europe. Une équipe italienne de l'université de Florence relie ainsi les précipitations plus abondantes au Sahel cet été à la vague de chaleur estivale. Pour Jean-Claude André, ce sont certes deux événements concomitants, mais rien ne prouve un lien de cause à effet, et il reste à expliquer les mécanismes atmosphériques à l'origine de cet événement. « *Les variations lointaines peuvent avoir un effet additif lorsqu'il existe déjà une anomalie en Europe. Elles influencent mais ne dominent pas* », précise Laurent Terray.

L'influence des sols

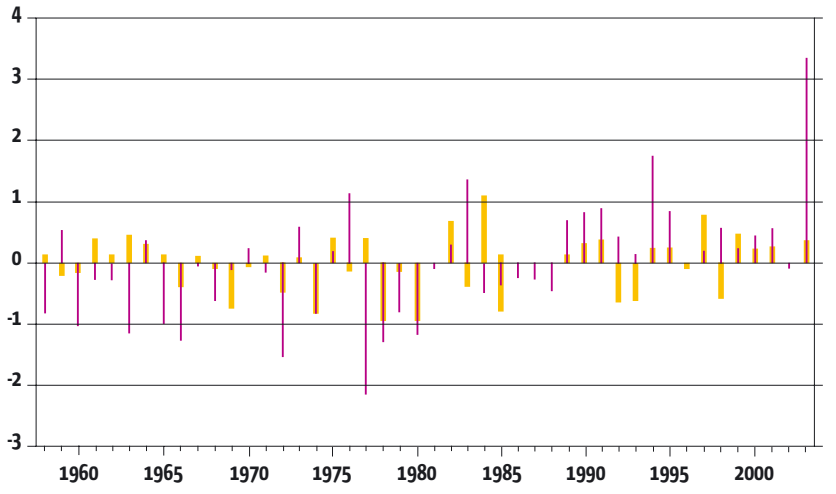
Par ailleurs, même si l'océan est le principal facteur pesant sur les saisons à venir, d'autres événements entrent en ligne de compte. « *Les mécanismes sont beaucoup plus complexes qu'une simple influence de l'océan sur l'atmosphère* », souligne Michel Déqué. De plus, l'influence inverse existe aussi : une atmosphère chaude réchauffe la surface de l'océan, qui à son tour modifiera l'atmosphère. L'état des sols, notamment leur humidité, varie lentement à l'échelle de quelques mois, et pourrait jouer un rôle non négligeable. Par temps chaud, un sol humide engendre de l'évaporation qui rafraîchit l'atmosphère. Au contraire, si le sol est sec, l'évaporation est faible, et la chaleur renforcée. Malheureusement, l'état des sols est très mal connu, et il existe peu de données statistiques reliant l'humidité des sols au climat. On commence à mesurer cette humidité par satellite, mais il faudra du temps avant de parvenir à en tenir compte de manière satisfaisante.

MÉTHODE Calculs et prévisions

■ **LE MÊME PRINCIPE FONDE** tous les modèles météorologiques ou climatiques : on relève le plus précisément possible les données climatologiques à un instant initial (température de l'océan, de l'air, humidité, etc.) et on calcule leur évolution à l'aide des équations décrivant les mouvements des fluides. Seulement, même les plus puissants ordinateurs ne peuvent pas calculer précisément les mouvements de l'atmosphère en tout point de la Terre. Les météorologues doivent donc faire des approximations. Ainsi, ils « découpent » la Terre en carrés de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres de côté, en considérant que les conditions sont identiques en tout point d'un carré. Bien sûr, plus les carrés sont petits, plus grande est la précision, tout comme une photographie est d'autant plus fine que le nombre de pixels est grand. Les différences entre les modèles proviennent de la manière dont les météorologues prennent en compte les phénomènes locaux comme les nuages, trop petits pour être décrits par les « pixels » terrestres.

Fig.2 Échecs et succès de la prévision saisonnière

Des prévisions d'anomalies de température ont été réalisées rétrospectivement pour tous les étés depuis 1958. La comparaison entre ces résultats (en jaune) et les anomalies réellement mesurées (en rouge) est éloquent.



Aux yeux des spécialistes, la piste principale pour améliorer les prévisions reste tout de même une meilleure connaissance des températures de surface océaniques. « *Nous avons observé des anomalies de la température de surface océanique dans plusieurs zones connues pour leurs actions importantes sur l'atmosphère de l'Europe de l'Ouest* », précise Laurent Terray. Encore faudrait-il que les modèles parviennent à prévoir ces anomalies océaniques. Ces derniers sont conçus pour tout calculer (température des océans et de l'atmosphère, vents, précipitations, etc.) à partir de conditions initiales les plus proches possibles des observations. Cependant, les interactions atmosphère-océan sont encore mal comprises, et la plupart des modèles ont tendance à amortir trop rapidement les anomalies océaniques présentes dans la situation initiale. Une meilleure représentation physique de ces processus couplés permettrait de mieux simuler la persistance d'anomalies océaniques et leur éventuelle influence sur l'atmosphère.

Mais même si la prévision saisonnière progresse notablement, il ne faut pas perdre de vue qu'un événement extrême, comme la canicule de cet été, est exceptionnel et, par nature, restera probablement largement imprévisible. « *De tels événements nécessitent la conjonction de deux facteurs : une situation climatique générale favorable à de telles anomalies, que nous espérons prédire grâce à nos modèles, explique Tim Stockdale. Mais il faut aussi que les variations à court terme amplifient ces effets. Or, il s'agit là de la variabilité intrinsèque de l'atmosphère, que nous ne pourrions jamais prévoir. Donc, même si nos modèles fonctionnaient parfaitement, nous ne pourrions indiquer qu'un risque accru d'événement extrême, mais nous ne pourrions pas prédire l'événement en tant que tel.* » ■■ C. M.

POUR EN SAVOIR PLUS

■ Robert Sadourny, *Peut-on croire la météo?*, éditions Le Pommier, coll. « Les Petites Pommes du savoir », 2003.