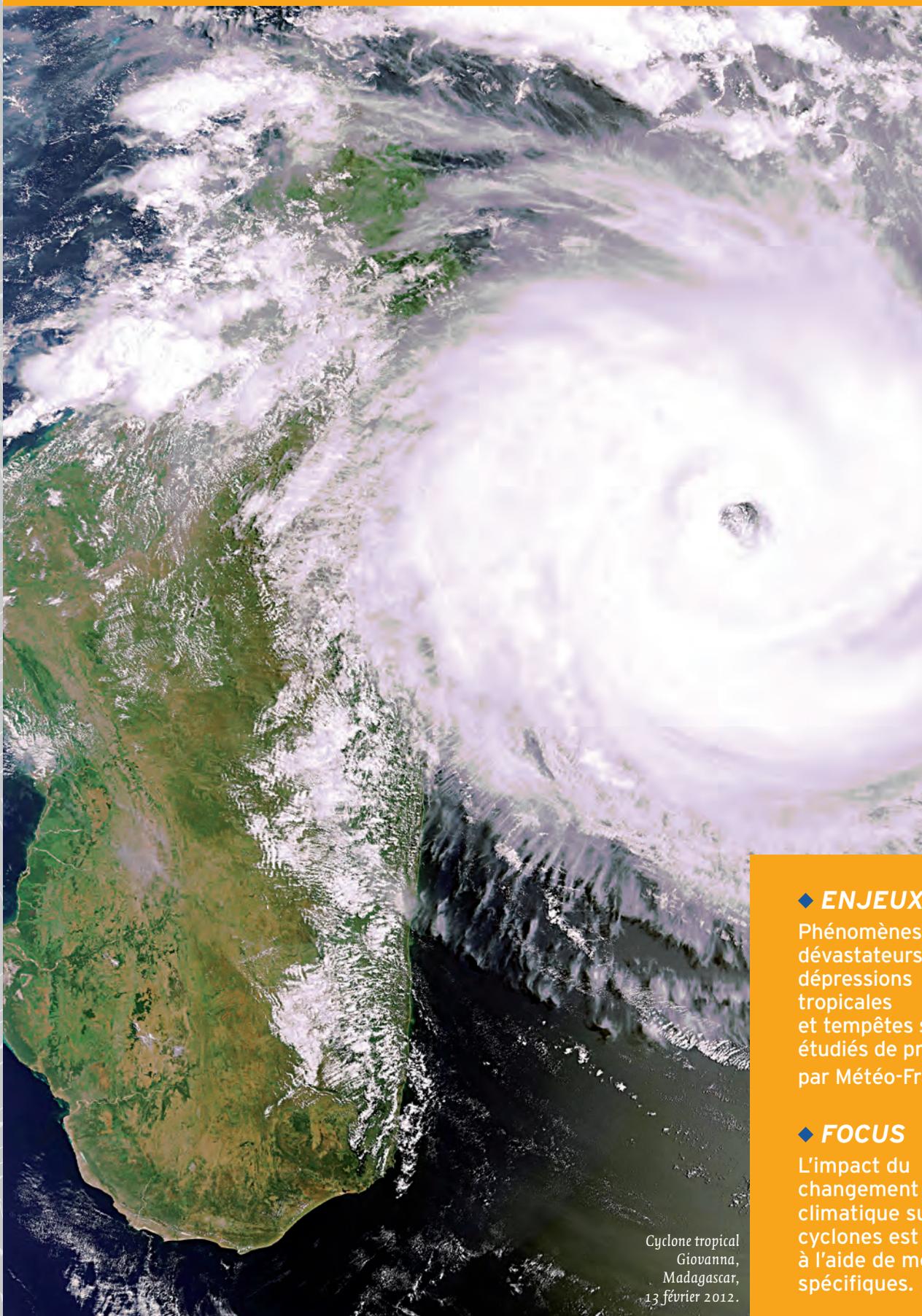


## 3 - PRÉVOIR LES CYCLONES



### ◆ ENJEUX

Phénomènes dévastateurs, dépressions tropicales et tempêtes sont étudiés de près par Météo-France.

### ◆ FOCUS

L'impact du changement climatique sur les cyclones est exploré à l'aide de modèles spécifiques.

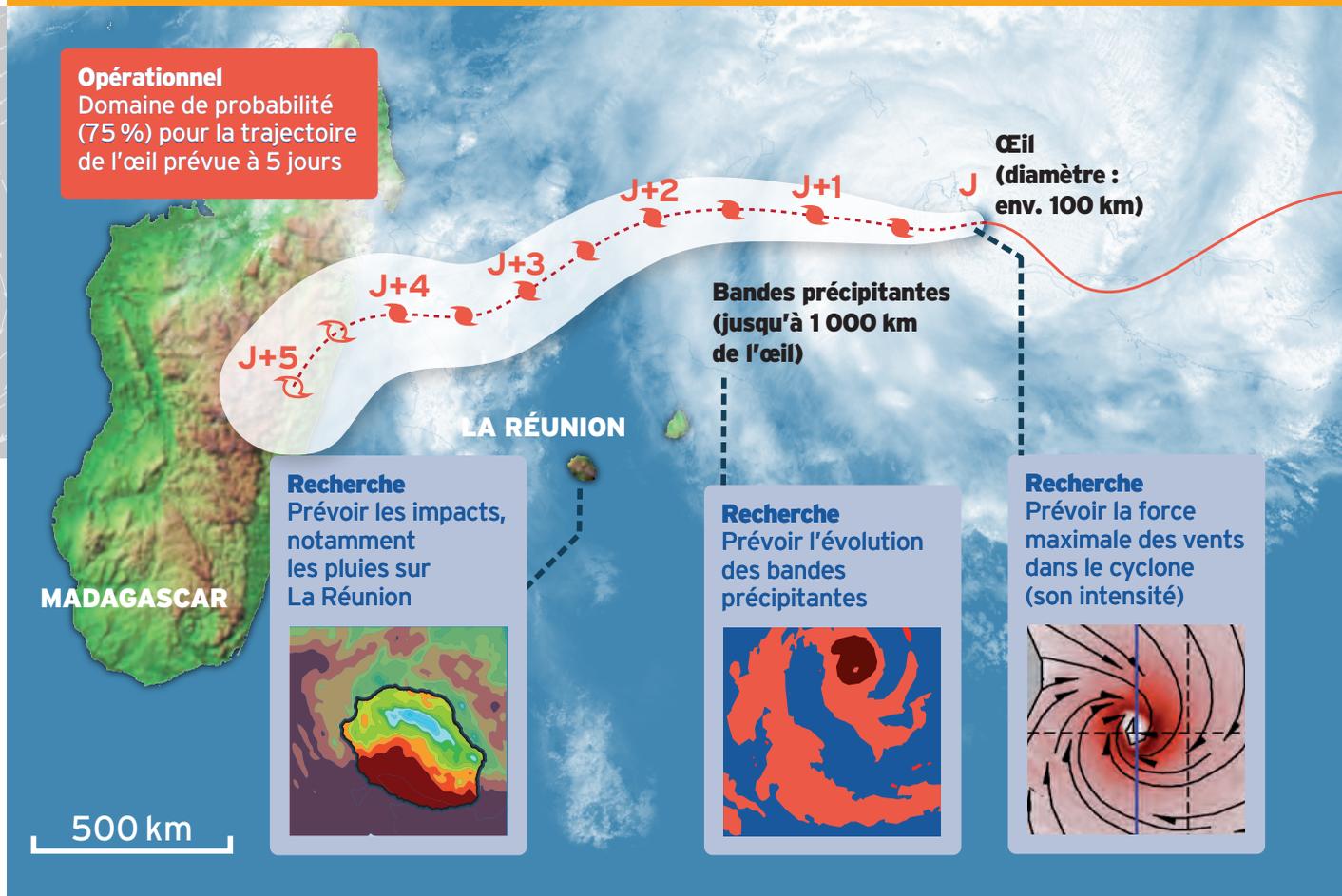
Cyclone tropical  
Giovanna,  
Madagascar,  
13 février 2012.

© ESA

Tous les deux mois, ce cahier spécial vous permet de comprendre les enjeux de la recherche sur la prévision du temps et du climat. Il est réalisé avec le soutien des chercheurs de Météo-France.



**MÉTÉO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance



## Dépressions sous surveillance

La prévision des phénomènes extrêmes, comme les tempêtes des latitudes tempérées et les cyclones tropicaux, est pour les météorologues teintée d'incertitude. Celle-ci diminue au fur et à mesure que les outils d'observation et les modèles s'améliorent. Météo-France apporte sa contribution à l'échelle globale et locale, notamment depuis Toulouse et l'île de La Réunion.



### DÉPRESSION TROPICALE

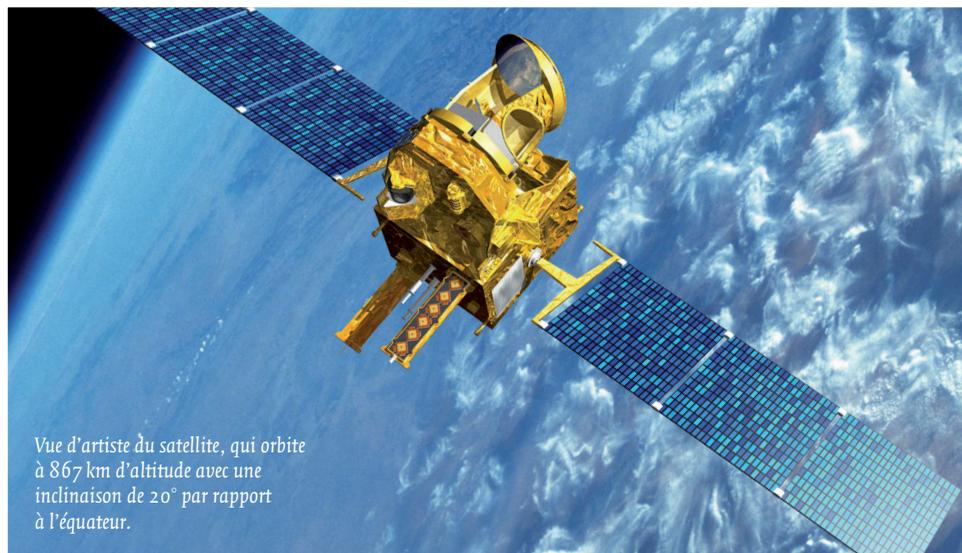
Elle peut naître au-dessus de la mer lorsque la température de celle-ci est élevée à la surface et sur plusieurs dizaines de mètres de profondeur (au moins 26°C).

À La Réunion, la naissance d'un système dépressionnaire tropical\*, y compris à plusieurs milliers de kilomètres de l'île, met toute l'équipe du Centre météorologique régional spécialisé (CMRS) sur le qui-vive. Peut-il potentiellement se transformer en cyclone ? Les prévisionnistes se relaient 24 heures sur 24 afin d'analyser la situation. Toutes les six heures, ils émettent des bulletins contenant trois éléments essentiels : la trajectoire prévue, l'intensité et la structure que peut prendre le phénomène. Les informations sont ensuite transmises aux usagers, opérateurs de transports maritimes et aériens, ainsi qu'aux météorologues des pays de la zone pour qu'ils puissent avertir les popu-

lations. « Pour effectuer nos prévisions, nous disposons de différents modèles numériques, dont un modèle opérationnel d'une résolution de 8 km spécialement développé par Météo-France. Il couvre l'essentiel de la zone de surveillance internationale de quelque 20 millions de km<sup>2</sup> dont nous sommes responsables dans le sud-ouest de l'océan Indien », explique Philippe Caroff, responsable de la division Cyclone de Météo-France à La Réunion.

Le centre, spécialisé dans la prévision des systèmes dépressionnaires tropicaux, exerce ses activités depuis près de vingt ans, sous l'égide de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). C'est elle qui a impulsé et coordonné la création de centres d'expertise

À La Réunion, le CMRS et le LACy travaillent de concert pour mettre au point un suivi précis des dépressions tropicales, de leur naissance jusqu'à leur mort.



Vue d'artiste du satellite, qui orbite à 867 km d'altitude avec une inclinaison de 20° par rapport à l'équateur.

© CNES Labo photon/M. Regy

### ◆ Que va observer le satellite Megha-Tropiques ?

Lancé en octobre 2011 depuis la base de Sriharikota en Inde, Megha-Tropiques est le fruit d'une collaboration entre le Centre national d'études spatiales (CNES) et l'ISRO, l'agence spatiale indienne. Sa mission est d'étudier l'atmosphère afin de mieux comprendre le cycle de l'eau en région tropicale, où se produisent les phénomènes météorologiques les plus violents de la planète. De ses observations découlent d'importants enjeux sociaux et économiques. « C'est un satellite sans précédent pour la météo tropicale », souligne Matthieu Plu, qui fait partie du groupe d'exploitation scientifique du satellite. Grâce, entre autres, à un imageur micro-ondes, les chercheurs du LACy observeront les particules d'eau et de glace qui se trouvent dans les hautes couches d'un cyclone. « Nous pourrions mieux modéliser sa structure interne, notamment le "mur de l'œil", la zone qui entoure l'œil du cyclone. Elle se renouvelle selon un cycle lié à la force des vents dans le cyclone, mais nous n'en comprenons pas encore les mécanismes. »

**9** tempêtes tropicales naissent chaque année, en moyenne, dans le sud-ouest de l'océan Indien. Environ la moitié se transforme en cyclones tropicaux.

régionaux dédiés à la surveillance et à la prévision des cyclones tropicaux, pour répondre à l'enjeu sociétal que représentent ces phénomènes dévastateurs. Les cyclones tropicaux provoquent, en effet, « 20% de la mortalité et des dégâts dans le monde, tous phénomènes naturels confondus », souligne Philippe Caroff. La demande est devenue encore plus forte à la suite de Katrina, qui a frappé la Louisiane en 2005, et surtout du cyclone Nargis, qui a fait 138 000 morts en Birmanie. Un grand nombre a été victime des effets de la marée de tempête, surcote et submersion marine. Ce phénomène destructeur peut également accompagner les dépressions des latitudes tempérées, comme lors de la tempête Xynthia en 2010.

**Des prévisions complexes.** Au LACy (Laboratoire de l'atmosphère et des cyclones, Météo-France/CNRS/université de La Réunion), l'équipe Cyclones travaille sur ces impacts pour la zone tropicale, comme le précise Matthieu Plu, son responsable : « Nous réalisons actuellement un atlas de surcote et des outils de prévision sur l'ensemble du bassin cyclonique du sud-ouest de l'océan Indien. » Le

LACy a contribué à développer, aux côtés du Centre national de recherches météorologiques (CNRM, Météo-France/CNRS) le modèle à maille fine dont se sert le CMRS pour l'analyse et la prévision des systèmes dépressionnaires. Il a adapté le modèle de prévision Aladin, dont la résolution était de 10 km à l'origine, aux problématiques de la zone tropicale. « Cette adaptation a nécessité, entre autres choses, d'améliorer la représentation de la surface océanique et de la structure initiale d'un cyclone. Aladin-Réunion est en perpétuel développement afin de mieux prévoir les impacts cycloniques, comme les précipitations associées, les vents, ainsi que l'état de la mer en utilisant un modèle de houle », détaille Matthieu Plu.

Ces prévisions donnent du fil à retordre aux chercheurs tant elles sont complexes. Les cyclones évoluent en fonction non seulement de leurs interactions avec l'environnement atmosphérique et océanique, mais aussi de leurs processus internes, encore mal connus. Leur modélisation reste donc difficile. En revanche, de grands progrès ont été faits sur les prévisions de trajectoire. « À 24 heures d'échéance, notre marge d'incertitude est de l'ordre d'une centaine de kilomètres, indique Matthieu Plu. >>>

« Pour bien prévoir une tempête à venir sur l'Europe, il faut être capable de bien reproduire le courant-jet. »

◆ **En quoi les dépressions des latitudes tempérées diffèrent-elles de celles des régions tropicales ?**

Elles ont des échelles beaucoup plus grandes, de l'ordre de plusieurs milliers de kilomètres. Les dépressions des latitudes tempérées dépendent aussi moins directement de l'océan. Leur développement est essentiellement lié au «jet stream» ou courant-jet d'altitude, un couloir de vents très forts circulant d'ouest en est, entre 30 et 60 degrés de latitude, et à une dizaine de kilomètres d'altitude. Plus le courant-jet est puissant, plus les risques que des tempêtes se forment sont forts.

◆ **Comment peut-on prévoir ces phénomènes ?**

Pour bien prévoir une tempête à venir sur l'Europe, il faut être capable de bien reproduire le courant-jet et de bien

observer la cyclogenèse au-dessus de l'Atlantique. Toutes les informations que Météo-France obtient sur les petits tourbillons atmosphériques dans ce secteur sont intégrées au modèle Arpège. Le challenge est ardu car nous disposons de peu d'observations *in situ* au-dessus des océans.

◆ **Comment évolueront-elles dans le climat futur ?**

Pour l'instant, le résultat le plus robuste des scénarios futurs montre que les routes dépressionnaires ont tendance à se déplacer vers les pôles, et que ce déplacement est plus marqué dans l'hémisphère sud que dans l'hémisphère nord. Quant à savoir si les tempêtes seront plus fortes ou plus nombreuses dans le climat futur, cela reste un gros point d'interrogation.



© P. Pichard/Météo-France

**TROIS QUESTIONS À GWENDAL RIVIÈRE**

Chargé de recherche au CNRS affecté au CNRM-GAME (Groupe d'études de l'atmosphère météorologique) depuis 2006

- Ingénieur diplômé de l'École polytechnique en 1998.
- Docteur en océanologie, météorologie et environnement en 2002.

>>> *Nous avons démontré dans un article paru en 2011 dans Weather Forecasting que des progrès dans ce domaine étaient encore possibles.*

**L'observation par satellite.** Le point faible dans la recherche sur les cyclones tropicaux est la rareté des observations météorologiques. Peu de mesures sont régulièrement prises *in situ*. Dans l'océan Indien, 150 bouées dérivantes transmettent par satellite la température de la surface de la mer et la pression atmosphérique, deux données essentielles pour prévoir la naissance et l'évolution d'un cyclone. À La Réunion, l'un des endroits les plus pluvieux au monde, des radars et des instruments de recherche étudient les précipitations.

Pour le reste, il faut se montrer astucieux. De «faux» vents ont été intégrés dans Aladin-Réunion afin de représenter la structure initiale du système dépressionnaire. Ils n'ont pas été sortis du chapeau, mais rationnellement déduits de l'analyse des observations faites par satellite. Car c'est de l'espace que vient la majeure partie des informations pour analyser les dépressions. Les satellites géostationnaires fournissent des images d'une même région toutes les demi-heures, et les défilants, situés sur une orbite plus basse, complètent les données avec d'autres types de mesures. La mise en place et la pérennisation de l'observation satellitaire au-dessus de l'océan Indien a pris du temps, ce que regrette Philippe Caroff : «Pour notre zone, nous n'avions pas de couverture géostationnaire pérenne avant 1998. Aujourd'hui, certains satellites défilants sont en fin de vie et ne seront pas immédiatement remplacés. L'attente repose désormais sur Megha-Tropiques

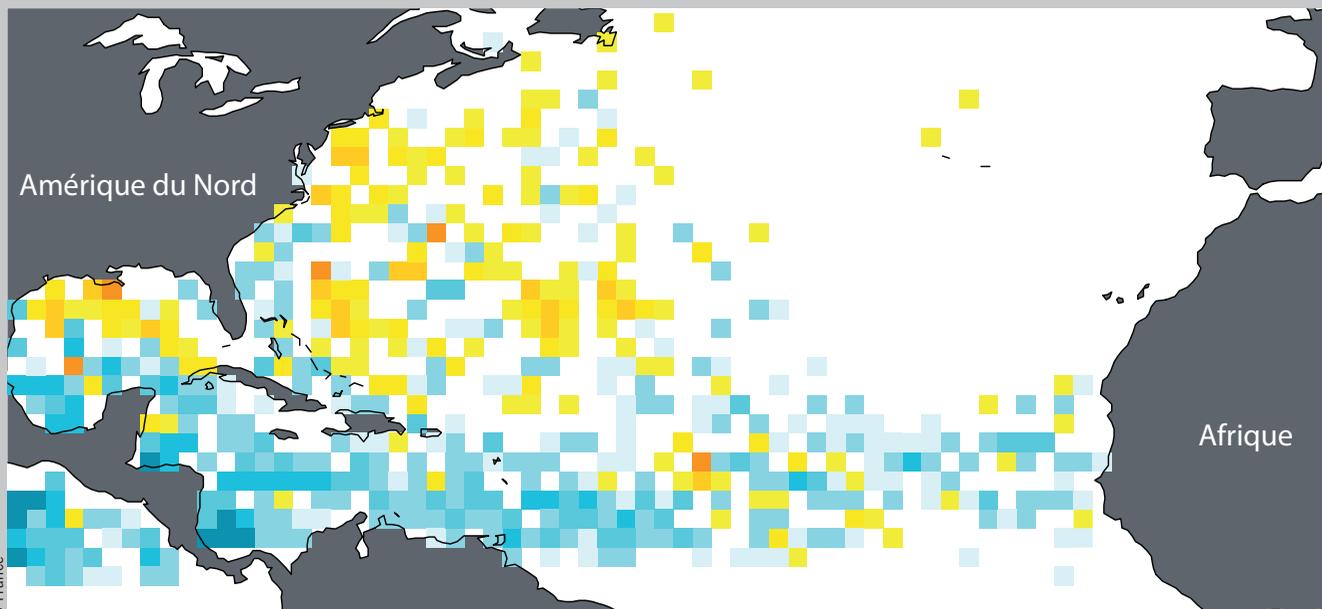
(voir encadré p. 57), qui assurera jusqu'à six passages par jour sur la même zone.»

L'archivage des observations est par ailleurs essentiel pour que les chercheurs analysent la dynamique des cyclones sur le long terme. Avec un demi-siècle de données satellites, ils peuvent aujourd'hui commencer à observer de grandes tendances sous toutes les latitudes et répondre à une question qui revient régulièrement sur le devant de la scène médiatique : l'activité cyclonique s'intensifie-t-elle avec le réchauffement climatique ? «Le débat est fort au sein de la communauté scientifique, commente Philippe Caroff. Les médias relaient le message erroné (voir Focus p. 59) que les cyclones sont de plus en plus fréquents. De notre côté, nous les considérons toujours comme des événements ponctuels.» C'est à Toulouse, au CNRM, que les études sont menées à l'échelle de la planète sur l'apparition, la vie et la mort des systèmes dépressionnaires. Elles concernent à la fois les zones tropicales, mais aussi les latitudes tempérées, où les phénomènes peuvent atteindre plusieurs milliers de kilomètres. (voir *Trois questions à... ci-dessus*). Là encore, les modèles de Météo-France sont précieux pour ne pas toujours aller dans le sens du vent. •

≈ **80**  
tempêtes tropicales (vents supérieurs à 61km/h) sont répertoriées chaque année dans le monde.

## à retenir

- Météo-France est responsable de la prévision de l'activité cyclonique pour le sud-ouest de l'océan Indien.
- Les chercheurs des centres de La Réunion et de Toulouse développent des outils d'analyse et de prévision au niveau local et global, pour les latitudes tropicales et tempérées.
- Les moyens d'observation satellitaires et les réseaux de bouées continuent à se développer pour une meilleure analyse des phénomènes.



© CNRM-GAME/Météo-France



Cette carte représente l'évolution du nombre de jour de cyclones dans le futur (période 2040-2095) par rapport au présent (1950-2005). Les zones où le nombre de jours augmentera correspondent aux carrés jaunes et orange, et celles où il diminuera aux carrés bleus.

## L'activité cyclonique, c'est pas automatique

**L**e réchauffement climatique est-il à l'origine d'une multiplication des cyclones? Rien n'est moins sûr, explique le météorologue Fabrice Chauvin. « *Contrairement aux idées reçues, le fait que le climat se réchauffe ne génère pas plus de cyclones. C'est le message des météorologues et celui du GIEC* (ndlr : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). » En 2005 pourtant, la formation de 31 systèmes cycloniques – contre une dizaine en moyenne pour les années précédentes – avait suscité un véritable emballement médiatique et scientifique autour de cette question. Fabrice Chauvin, chercheur au Centre national de

recherches météorologiques (CNRM, Météo-France/CNRS) à Toulouse, regardait alors avec circonspection toute étude sur le sujet. L'une d'elles indiquait notamment que le nombre de cyclones de force 4 et 5 avait augmenté depuis les années 1970. « *Il faut bien garder à l'esprit que la base de données observées dont nous disposons n'est pas homogène dans le temps* », souligne-t-il. Sur les 140 années d'observations disponibles, seules les 40 dernières sont homogènes. Et elles montrent surtout que l'activité cyclonique sur l'Atlantique varie sur des cycles de plus de dix ans. « *Avec une variabilité décennale et seulement quarante années de données*

*homogènes, il est très difficile de dégager une tendance due au réchauffement* », constate le chercheur. Et pour le futur? Les modèles les plus fiables s'accordent sur deux points: une augmentation des précipitations cycloniques de 10% ou 20% pour la fin du siècle et une augmentation de l'intensité des cyclones les plus forts. Au CNRM, on travaille à préciser ces projections à l'aide de modèles particuliers. « *Nous utilisons une configuration spécifique du modèle Arpège, qui nous permet de zoomer jusqu'à 50 km de résolution autour du point d'intérêt. À cette échelle, nous pouvons commencer à détecter les cyclones eux-mêmes dans les simulations, ce qui n'est pas*

*le cas avec les modèles globaux à basse résolution. Cela nous permet d'affiner les diagnostics pour le futur. Autre amélioration récente: cette version à haute résolution d'Arpège est couplée avec un modèle d'océan. Nous tenons donc compte des interactions entre l'atmosphère et la surface de l'océan, qui sont déterminantes dans la formation des cyclones.* » Les diagnostics établis sont utilisés par le GIEC. Pour l'exercice 2013, Fabrice Chauvin et ses collègues préparent leurs arguments. •

• **Comité éditorial :**  
Directions de la Recherche et de la Communication de Météo-France  
• **Rédaction :** Myriam Détruy  
• **Conception graphique**  
et réalisation : A noir,