



HAL
open science

De la prévision météo à la prévision environnementale

Françoise Breton, Eric Blayo, François-Xavier Le Dimet

► **To cite this version:**

Françoise Breton, Eric Blayo, François-Xavier Le Dimet. De la prévision météo à la prévision environnementale. Collection "20 ans d'avancées et de perspectives en sciences du numérique", 2012, 3 p. hal-00812712

HAL Id: hal-00812712

<https://inria.hal.science/hal-00812712>

Submitted on 12 Apr 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

De la prévision météo à la prévision environnementale



© Moïse - Inria

L'augmentation des capacités de calcul et la généralisation des satellites pour l'observation de l'atmosphère, de la terre et des océans ont permis le formidable essor de la prévision en météorologie et son extension à d'autres domaines : océanographie, prévision des crues, etc...

Témoignages d'Eric Blayo et de François-Xavier Le-Dimet, équipe-projet Moïse

Une conjonction d'avancées scientifiques et de prise de conscience du changement climatique

Eric Blayo

En 20 ans la prévision météorologique a beaucoup progressé en fiabilité et en précision, permettant aujourd'hui des prévisions fiables à 3-4 jours avec une précision de quelques kilomètres. Le domaine d'application de la prévision s'est également étendu à d'autres disciplines. Il existe maintenant des centres de prévision opérationnelle pour l'océanographie, comme Mercator-Océan à Toulouse, ou en prévision des crues par exemple. Ces progrès fulgurants reposent notamment sur le développement des satellites d'observations de la Terre qui fournissent une part importante des données nécessaires à des prévisions de précision. Par exemple, le premier satellite dédié à l'observation des océans a été lancé en 1992 et a révolutionné cette science en fournissant des données couvrant tout l'océan, et pas seulement quelques observations rapportées par les bateaux sur les routes maritimes. Un deuxième élément essentiel réside dans l'augmentation exponentielle de la puissance des ordinateurs qui permet aujourd'hui de traiter ces données et d'effectuer les milliards de milliards de calculs nécessaires pour une seule prévision. Les centres opérationnels de prévisions sont ainsi parmi les plus gros utilisateurs de puissance de calcul, et l'augmentation de la précision des prévisions accompagne celles des capacités de calculs disponibles.

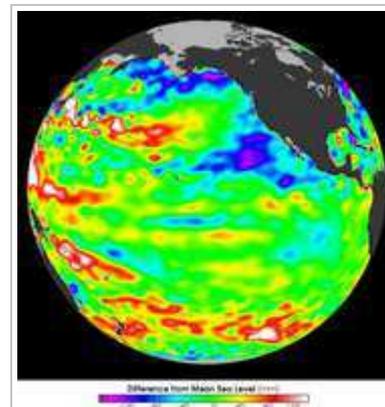
Enfin, un troisième point qui me paraît essentiel a été la prise de conscience du changement climatique par le public et les politiques en 1990 avec le premier rapport du GIEC. Elle a constitué un moteur important pour organiser et coordonner les campagnes de mesures et les recherches des centres mondiaux, notamment pour réaliser des prévisions à plus long terme sur le climat, ce qui nécessite de coupler plusieurs modèles (atmosphère, sol, océan, glace...).

Une méthode pour renseigner le modèle sur le temps qu'il fait

François-Xavier Le Dimet

Nos travaux ont également contribué à améliorer les simulations météorologiques concernant des endroits particuliers, comme les zones côtières, en couplant des modèles locaux, régionaux et globaux. Cette approche permet par exemple de mieux prévoir les trajectoires des ouragans.

Pour qu'un modèle soit capable de prédire correctement le temps de demain, il faut être capable de le renseigner aussi précisément que possible sur le temps qu'il fait aujourd'hui. Autrement dit, il s'agit de fixer les valeurs de toutes les variables du modèle à un instant donné, grâce à toutes les données provenant de l'observation de l'atmosphère au même moment. On appelle assimilation de données les méthodes permettant de rassembler toutes les sources d'information disponibles (modèle, statistiques, observations) pour reconstituer l'état de l'atmosphère et/ou de l'océan. Au début cette opération était réalisée par des interpolations, pondérées par des statistiques, entre les points d'observation, mais dès que les modèles se sont complexifiés ces méthodes sont devenues inopérantes car elles produisaient des champs non conformes à la physique. Dans les années 1980, j'ai proposé, une méthode fondée sur le contrôle optimal, pour réaliser l'assimilation de données, que notre équipe a beaucoup contribué à développer par la suite. Le contrôle optimal m'avait été enseigné par Jacques-Louis Lions qui fut président de l'INRIA puis du CNES. Cette méthode a tout d'abord été utilisée par Météo France, un des leaders mondiaux de la prévision, puis adoptée en océanographie et dans d'autres domaines. L'assimilation est une composante essentielle de la prévision ; elle requiert un important pourcentage du temps de calcul. Malgré cela les



En 2003, mise en évidence du "Niño" par simulation numérique de la circulation océanique - © INRIA / Projet IDOPT

incertitudes demeurent, dues tant au modèle qu'aux données, et un des problèmes principaux, à l'heure actuelle, est de quantifier cette incertitude afin de pouvoir fournir un indice de confiance associé à la prévision. Ces indices sont utilisés aujourd'hui dans les bulletins délivrés par Météo France, mais ces calculs sont encore réalisés de façon assez empirique sans une justification mathématique suffisante. C'est un défi scientifique actuel de quantifier ces incertitudes de prévision de façon fiable.

“ La prévision environnementale est aussi une activité économique ”

Depuis une dizaine d'années, des entreprises se sont développées dans le domaine des prévisions environnementales. Elles s'appuient sur des modèles de prévisions open-source et des données Météo France par exemple pour proposer des études d'impacts d'une construction sur l'écoulement des eaux ou déterminer le potentiel éolien d'un site. Des sociétés font appel à ces entreprises pour évaluer leur météo-sensibilité afin d'anticiper leurs besoins en production, en stock ou en logistique de livraisons par exemple. Un point important lorsque l'on sait que l'activité des entreprises météo-sensibles représenterait 20 à 25% du PIB !

Et dans 20 ans ?

Eric Blayo, responsable scientifique équipe projet MOISE Inria, professeur UJF



« Il nous manque encore des modèles pour estimer l'impact du changement climatique sur la biodiversité et aussi ses conséquences socio-économiques afin d'anticiper de bonnes politiques en terme d'énergie ou d'aménagement du territoire. C'est un défi pour les mathématiciens car les difficultés sont énormes en terme de modélisation. Les méthodes d'apprentissage statistiques pourraient par exemple permettre d'extraire de grandes lois afin de combiner ces modèles au modèle climatique. Mais on en est encore aux balbutiements !

Un autre défi sera de ne pas se noyer dans une masse d'informations toujours croissante et d'arriver à ne conserver que ce qui est pertinent pour la question posée. »

François-Xavier Le Dimet, professeur émérite à l'université Joseph Fourier de Grenoble et membre de l'équipe-projet Moise, qui a pris la suite de l'équipe-projet Idopt qu'il dirigeait.



« Je souhaiterais que les mathématiques jouent un plus grand rôle dans ce domaine. Par exemple, les travaux réalisés par les mathématiciens et les numériciens sur les écoulements fluides et tout ce qui est lié à la turbulence devraient permettre des progrès significatifs, tout comme les développements récents de l'analyse numérique sur des problèmes multi-échelles. Les prévisions sur le climat sont aussi un domaine difficile pour lequel les outils mathématiques pourraient faire une différence. Les prévisions à long terme nécessitent en effet des couplages entre les modèles des océans et de l'atmosphère, ce qui pose de nombreux problèmes de calcul.

© Inria / Photo
H. Raguet

Dates clés

- **1950** : Première prévision numérique réalisée par le mathématicien John Von Neumann sur l'ordinateur ENIAC (moins puissant qu'un Smartphone d'aujourd'hui !)
- **1980** : Généralisation des satellites pour l'observation de la terre
- **1990** : Premier rapport du Giec sur le changement climatique – premier symposium mondial sur l'assimilation des données à Clermont-Ferrand qui voit les mathématiciens s'impliquer dans la météorologie.
- **2001** : Earth Simulator, supercalculateur japonais dédié à l'observation de la terre (5 à 10 fois plus important que les autres) qui a contribué à l'étude du réchauffement climatique

Numérique & société

Depuis mai 1998, la limite des échéances des prévisions de Météo-France est passée de 5 à 7 jours. L'indice de confiance est un chiffre de 1 à 5 figurant dans les bulletins météorologiques. C'est un moyen de faire connaître le crédit que l'on peut accorder à la prévision. Plus la prévision est sûre, plus le chiffre est élevé : il atteint 5 dans le niveau de confiance le plus fort. À partir du temps observé le jour J à 0 h, l'ordinateur calcule, grâce à un modèle numérique de prévision, les "scénarios" les plus probables de l'évolution du temps jusqu'à J + 7 et analyse leurs résultats.

Source : comprendre.meteofrance.com

1992 - 2012



- Collection "20 ans d'avancées et de perspectives en sciences du numérique" par les chercheurs d'équipes Inria de Grenoble et Lyon.
- www.inria.fr/20ansgrenoble