

Commentaires sur l'article de Pierre Morel : « Heurs et malheurs de la prévision climatique »

Jean-Louis Dufresne et David Salas y Mélia

En tant que lecteur de la revue *La Météorologie*, on devrait être réjoui après la lecture d'un article d'opinion qui reconnaît que « la simulation des processus dynamiques et thermodynamiques de l'atmosphère à l'échelle des phénomènes météorologiques [...] constitue le point de passage critique d'une stratégie raisonnée de perfectionnement des prévisions climatiques » et qui plaide pour que l'on consacre d'avantage d'efforts à une meilleure compréhension, modélisation et simulation de ces phénomènes. Malheureusement, ce n'est pas le cas, principalement pour les raisons suivantes :

- les travaux entrepris depuis au moins une dizaine d'années pour réaliser des développements et des évaluations plus physiques des modèles climatiques, notamment de leur composante atmosphérique, semblent être totalement ignorés par l'auteur de ce texte. Ces travaux existent et, si l'auteur estime qu'ils ne sont pas pertinents, les critiquer serait plus utile que les ignorer ;
- les modélisateurs du climat sont au cœur de la critique, mais avec une argumentation confuse, qui mélange problèmes méthodologiques liés à certaines spécificités de l'étude du climat, problèmes d'organisation et de fonctionnement de la recherche, problèmes d'articulation entre météorologie et climat ou entre modélisation et observations, etc. ;
- enfin l'auteur suggère des solutions, ... mais il est à craindre que si elles étaient retenues elles aboutiraient à l'effet opposé à celui affiché.

Il y a quelques années, certains avaient l'espoir (et certains l'ont toujours) que la dispersion des estimations des changements climatiques futurs allait se réduire grâce à l'amélioration du climat moyen simulé par les modèles. Il n'en a rien été malgré l'amélioration sensible de la climatologie des modèles d'aujourd'hui par

rapport à ceux d'hier. Parallèlement, les études des changements climatiques ont progressivement changé d'objectif. Alors qu'il s'agissait initialement d'explorer les risques d'un changement climatique dû aux activités humaines, et donc d'explorer un éventail très large des « futurs possibles », la question maintenant est plutôt de fournir des estimations plus précises des changements climatiques possibles afin de les anticiper et de s'y adapter. Ainsi, différentes personnes ou organismes réfléchissent actuellement aux limites du système actuel de recherche sur le climat, à ses réussites et ses échecs, à son évolution souhaitable ou possible, aux nouveaux besoins, etc. (WCRP, 2008 ; Jacob et al., 2011 ; Bony et al., 2013 ; WCRP, 2013).

Parmi les spécificités des études climatiques par rapport aux études météorologiques, il y a le fait que les simulations climatiques classiques ne suivent pas une trajectoire observée du climat mais seulement une des trajectoires possibles. Cela amène Pierre Morel à conclure que l'évaluation des paramétrisations utilisées dans les modèles de climat est impossible et donc qu'on ne la fait pas. En revanche, les différentes pistes déjà explorées et mises en œuvre pour contourner cette difficulté sont ignorées ou mentionnées de façon évasive. Elles conduisent principalement dans deux directions. La première consiste à faire de l'analyse conditionnelle, à analyser les relations statistiques existant entre plusieurs variables lorsque l'on se trouve dans des situations météorologiques à grande échelle particulières. Cette approche permet d'étudier des situations météorologiques proches même si les trajectoires météorologiques sont différentes. On peut citer, par exemple, l'analyse des propriétés des nuages en régime dynamique, avec des critères différents selon que l'on se trouve sous les tropiques (Bony et al., 2004) ou aux

moyennes latitudes (Norris et Iacobellis, 2005), l'analyse en régimes de temps (Michelangeli et al., 1995), l'analyse en types de structures nuageuses (Jakob et Tselioudis, 2003), etc. La seconde piste suivie pour contourner la même difficulté consiste à contraindre la circulation à grande échelle du modèle climatique à suivre une trajectoire aussi proche que possible de celle observée en utilisant les analyses météorologiques. Par exemple, celles-ci peuvent ensuite être utilisées pour guider un modèle de climat et le comparer à des observations réalisées sur des sites instrumentés (Coindreau et al., 2007 ; Cheruy et al., 2013). Un autre exemple est le projet « Transpose-AMIP » (Miller, 1999), dans lequel les modèles atmosphériques sont initialisés chaque jour à partir des analyses météorologiques, puis utilisés pour réaliser des ensembles de simulations de quelques jours (1 à 5). Il est alors possible d'analyser la façon dont le modèle s'éloigne des analyses ou des observations, de chercher à identifier les processus à l'origine de cet écart et *in fine* à améliorer les paramétrisations. Ainsi, contrairement à ce qu'écrit Pierre Morel, il n'est pas nécessaire qu'un système d'assimilation soit développé pour chacun des modèles climatiques, certaines méthodologies permettent que tous les modèles puissent bénéficier du très gros travail réalisé par les centres météorologiques lorsqu'ils assimilent les données. Pour terminer sur cet aspect de développement et d'évaluation des paramétrisations physiques, il faut aussi rappeler que des travaux sont réalisés, notamment en France dans le cadre d'une collaboration entre le Centre national de recherches météorologiques (CNRM) et l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), sur des études de cas et sur l'analyse de campagnes d'observation (par exemple Hourdin et al., 2002 ; Couvreux et al., 2010 ; Grandpeix et al., 2010 ; Rio et al., 2013). Ce travail a des

limites et mériterait d'être davantage développé, comme le mentionne Pierre Morel, mais on ne peut pas dire que tous les modélisateurs du climat considèrent le « ballot de physique » comme une boîte noire.

Pour l'étude des changements climatiques futurs en réponse aux activités humaines, une autre spécificité importante est de ne pas disposer d'observations grâce auxquelles on puisse évaluer rigoureusement les modèles. Les paléoclimats, les dernières décennies, la variabilité interannuelle ou saisonnière nous donnent des indications sur les variations du climat. Ces variations sont très inégalement observées, mais surtout elles ont pour origine des perturbations ou des mécanismes qui sont de nature très différente des perturbations dues aux activités humaines. Ce n'est que dans quelques dizaines d'années que les questions de variabilité interne du climat et d'incertitude sur les forçages deviendront secondaires par rapport à l'amplitude des changements climatiques. Cette difficulté, tout à fait centrale, est mentionnée et analysée de façon confuse dans le texte de Pierre Morel, et probablement pas à la hauteur de ce qu'elle mérite. Elle a été

reconnue depuis déjà un certain temps et plusieurs initiatives ont été prises, certaines méthodes ont été proposées pour tenter de la résoudre. Par exemple, des projets comme CFMIP (Cloud Feedback Model Intercomparison Project) ont construit tout un plan de travail, sur plusieurs années, qui articule étroitement observations de l'atmosphère *in situ* ou par satellites, modélisation à très haute résolution, études de cas réels ou réalistes et études de cas idéalisées, modélisation avec des configurations 1D ou 3D des modèles de climat, etc. (Bony et al., 2008). D'autres mettent en avant le rôle fondamental de la compréhension du fonctionnement du système climatique pour établir des liens solides entre observations du climat, connaissance des processus météorologiques de bases et projections des changements climatiques (Held, 2005 ; Bony et al., 2013).

Dans sa conclusion, Pierre Morel oppose la difficulté et la durée nécessaire au développement d'une mission spatiale avec la facilité d'utilisation d'un modèle climatique. C'est partiellement vrai... mais il faut plus d'une dizaine d'années pour construire un nouveau modèle de climat, c'est-à-dire

un temps du même ordre de grandeur que celui du développement d'une mission spatiale. La principale différence est qu'il est plus facile, car moins coûteux, de relancer une simulation qu'un satellite. Pour terminer, Pierre Morel en appelle à un « changement radical des méthodes employées par ces savants » afin que ceux-ci se consacrent « à l'entretien et à l'enrichissement d'une entité supra-naturelle : the Comprehensive Model of Everything ! ». Ce besoin d'une « grande révolution » en modélisation du climat, d'une refonte complète des modèles en repartant de zéro est une antienne. On peut regretter que, comme dans l'article de Pierre Morel, ces appels reposent souvent sur des visions dépassées des questions les plus critiques et ne tiennent pas compte des travaux qui les analysent, cherchent à les résoudre ou à les contourner et qui mériteraient d'être soutenus d'avantage qu'ils le sont. Ces appels répétés à des changements radicaux peuvent faire penser à la célèbre réplique du film *Le Guépard* de Visconti : « Se vogliamo che tutto rimanga come è, bisogna che tutto cambi » (Si nous voulons que tout reste comme avant, il faut que tout change).

Bibliographie

- **Bony S., J.-L. Dufresne, H. Le Treut, J.-J. Morcrette et C. Senior**, 2004 : On dynamic and thermodynamic components of cloud changes. *Climate Dynamics*, 22, 71-86.
- **Bony S., M. Webb, B. Stevens, C. Bretherton, S. Klein et G. Tselioudis**, 2008 : CFMIP-GCSS plans for advancing assessments of cloud-climate feedbacks. *GEWEX newsletter*, nov. 2008, 10-12.
- **Bony S., B. Stevens, I. Held, J. Mitchell, J.-L. Dufresne, K. Emanuel, P. Friedlingstein, S. Griffies et C. Senior**, 2012 : *Carbon dioxide and climate: perspectives on a scientific assessment*. Position paper prepared for the WCRP Open Science Conference, Springer Monograph, G. Asrar et J. Hurrell eds, sous presse.
- **Cheruy F., A. Campoy, J.-C. Dupont, A. Ducharme, F. Hourdin, M. Haefelin, M. Chiriaco et A. Idelkadi**, 2013 : Combined influence of atmospheric physics and soil hydrology on the simulated meteorology at the SIRTA atmospheric observatory. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-012-1469-y.
- **Coindreau O., F. Hourdin, M. Haefelin, A. Mathieu et C. Rio**, 2007 : Assessment of physical parameterizations using a global climate model with stretchable grid and nudging. *Mon. Wea. Rev.*, 135, 1474-1489.
- **Couvreur F., F. Hourdin et C. Rio**, 2010 : Resolved versus parametrized boundary-layer plumes. Part I: A parametrization-oriented conditional sampling in large-eddy simulations. *Boundary-Layer Meteorology*, 134, 441-458, doi:10.1007/s10546-009-9456-5.
- **Grandpeix J. Y., J.-P. Lafore et F. Cheruy**, 2010 : A density current parameterization coupled to Emanuel's convection scheme. Part II: 1D simulations. *J. Atmos. Sci.*, 67, 898-922, doi:10.1175/2009JAS3045.1.
- **Held I**, 2005 : The Gap between simulation and understanding in climate modeling. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 86, 1609-1614, doi: http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-86-11-1609.
- **Hourdin F., F. Couvreur et L. Menut**, 2002 : Parameterization of the dry convective boundary layer based on a mass flux representation of thermals. *J. Atmos. Sci.*, 59, 1105-1123.
- **Jakob C. et G. Tselioudis**, 2003 : Objective identification of cloud regimes in the Tropical Western Pacific. *Geophys. Res. Lett.*, 30, doi:10.1029/2003GL018367.
- **Jakob C.**, 2011 : *From regional weather to global climate: challenges and progress in improving models*. WCRP Open Science Conference; climate research in service to society, 24-28 October 2011, Denver, CO, USA.
- **Michelangeli P.-A., R. Vautard et B. Legras**, 1995 : Weather regimes: recurrence and quasi stationarity. *J. Atmos. Sci.*, 52, 1237-1256.
- **Miller M.**, 1999 : Discussion of the 'Transpose AMIP' project. Dans *Report of the fourteenth session of the CAS/JSC Working Group on Numerical Experimentation*, R. Newsom, Ed., CAS/JSC WGNE Rep.14, WMO Tech. Doc. 964, 7-8.
- **Norris J. R. et S. F. Iacobellis**, 2005 : North Pacific cloud feedbacks inferred from synoptic-scale dynamic and thermodynamic relationships. *J. Climate*, 18, 4862-4878. doi:10.1175/JCLI3558.1.
- **Rio C., J.-Y. Grandpeix, F. Hourdin, F. Guichard, F. Couvreur, J.-P. Lafore, A. Fridlind, A. Mrowiec, S. Bony, N. Rochetin, R. Roehrig, A. Idelkadi, M.-P. Lefebvre et I. Musat**, 2013 : Control of deep convection by sub-cloud lifting processes: the ALP closure in the LMDZ5B general circulation model. *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-012-1506-x.
- **WCRP**, 2009 : *World modelling summit for climate prediction*. Reading (UK), 6-9 mai 2008. http://www.wcrp-climate.org/documents/WCRP_WorldModellingSummit_Jan2009.pdf.
- **WCRP**, 2013 : *WCRP Grand Challenges*. <http://www.wcrp-climate.org/grandcha.shtml>.