



D.R.

variabilité haute fréquence (quelque milliers d'années) en paléoclimat. On allait donc à l'encontre de l'hypothèse admise d'un lien direct entre cycles de glaciation - déglaciation du quaternaire et changement d'insolation, avec des temps caractéristiques dix fois supérieurs (quelques dizaines de milliers d'années). Les géochimistes n'y ont pas cru. Or vers la fin des années 1980, cette variabilité a été observée sur le terrain, de manière totalement indépendante, par le géologue allemand Hartmut Heinrich.

**Les deux types de prévision se servent-ils d'outils mathématiques similaires ?**

**M. G. :** C'est en effet le cas pour l'assimilation des données. Elle est désormais utilisée de manière routinière pour améliorer la prévision du temps. Mais on en a également besoin pour comprendre les phénomènes. Par exemple, les modèles numériques actuels sont limités en résolution spatiale du fait de la puissance de calcul nécessaire (mailles de 100 km dans l'atmosphère, de 10 km dans l'océan). Comment obtenir une bonne approximation de paramètres, déterminants pour la qualité de représentation du réel par le modèle, tels que les coefficients de viscosité ou de diffusivité « effectifs » à ces échelles mais dus à des effets intervenant à des échelles

« Prédire n'est pas expliquer » disait le mathématicien français René Thom. Les modélisations mathématique et numérique n'en sont pas moins devenues des outils incontournables en climatologie, océanographie...

**En quoi la prévision des phénomènes géophysiques est-elle affaire de mathématiciens autant que de géophysiciens ?**

**Michaël Ghil :** Il faut d'abord préciser que le terme de prévision, dans ce contexte, doit être considéré selon deux acceptions, à ne pas confondre. Le sens auquel on pense immédia-

Michaël Ghil, mathématicien et dynamicien du climat, est professeur des sciences de la planète à l'École normale supérieure (ENS, Paris), où il dirige le département Terre-Atmosphère-Océan ainsi que le Centre d'enseignement et de recherche sur l'environnement et la société (CERES).

## Entretien avec Michael Ghil De la prévision à la connaissance

tement fait référence à la prévision numérique du temps, du climat, etc. : il s'agit de prévoir des événements futurs dans le cadre d'un système donné. Mais la prévision peut aussi être entendue au sens théorique : il s'agit alors de recherche de connaissances plus fondamentales. L'un des objectifs est par exemple d'être en mesure de prévoir des événements encore jamais observés. Cela n'est pas différent de la démarche en physique théorique ou dans d'autres domaines : ainsi la fameuse éclipse solaire de 1919 a offert l'opportunité de confirmer, *a posteriori*, l'une des prédictions de la théorie de la relativité générale d'Einstein (la déviation d'un rayon lumineux dans le champ de gravitation d'un astre massif). Les mathématiques jouent dans les deux cas un rôle essentiel.

**A quelles découvertes de phénomènes pensez-vous dans votre domaine ?**

**M. G. :** Je donnerai un exemple du début des années 1980. À l'époque, avec Hervé Le Treut (alors en thèse), nous avons décrit une

bien plus petites ? L'assimilation de données offre le moyen d'évaluer ces coefficients, auparavant ajustés aux données « à la main ».

**Pensez-vous que les physiciens devraient connaître plus de mathématiques ?**

**M. G. :** Jusqu'à la fin de sa vie, Einstein a pensé que son manque de connaissances en mathématiques l'empêchait de progresser dans la théorie unifiée des forces élémentaires de la nature. Plus sérieusement, l'un des traits de la science contemporaine est notre extrême dépendance à l'égard des apports d'autres chercheurs. Un modèle climatologique est le fruit de milliers d'heures x chercheurs. Il faut donc faire confiance mais néanmoins comprendre les principes physiques et mathématiques sur lesquels il s'appuie. Cette question se pose aussi en mathématiques appliquées. À cet égard, comment ne pas souscrire à la remarque prêtée au mathématicien français André Lichnerowicz : « Pour appliquer les maths, encore faut-il les connaître ».

**Propos recueillis par Dominique Chouchan**