

# LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET L'APPROCHE GEOGRAPHIQUE

Pierre Pagney  
*Université de Paris-Sorbonne\**

## RÉSUMÉ

Les géographes-climatologues et les naturalistes ont été les premiers à décrire et expliquer les climats. Or, le réchauffement climatique récent a donné aux modélisateurs l'occasion de substituer les modèles à l'approche observationnelle des géographes. La place que ces derniers ont perdue doit leur être redonnée car la modélisation ne permet pas d'entrer dans l'espace régional et local avec autant d'efficacité qu'ils ne peuvent le faire. Le fait est que le réchauffement climatique impose des contrastes spatio-temporels qui demandent de dépasser les approches globalisantes.

**Mots clefs:** climat, réchauffement climatique, changement climatique.

## Cambio climático y enfoque geográfico

### RESUMEN:

Geógrafos climatólogos y naturalistas fueron los primeros en describir y explicar los climas. El reciente calentamiento climático ha dado a los modelizadores la oportunidad de remplazar, a través de modelos, el análisis por medio de la observación de los geógrafos. El sitio que estos últimos han perdido debe serles devuelto ya que la modelización no permite entrar en el espacio regional y local con la eficacia con la que ellos pueden hacerlo. El hecho es que el calentamiento climático impone contrastes espacio-temporales que exigen ir más allá de los análisis globalizadores.

**Palabras clave:** clima, calentamiento climático, cambio climático.

## Climate change and geographic approach

### ABSTRACT

Geographers, climatologists and naturalists were among the first scientists to describe and explain climates. The process of global warming and its effects upon climates has often implied that 'modelizers' replace the analysis previously accomplished by geographers on the basis of observation with analyses based on model reconstruction. The role of geographers should, however, be preminent in research on this field, if only because modelization does not properly fit the regional and local spheres. The fact is that weather warming implies spatial and temporal contrasts and, as a result, approaches that transcending the global are also required.

**Keywords:** climate, weather warming, climate change.

Au moment où les débats se poursuivent sur le point de savoir si l'on va vers un changement climatique du fait du réchauffement actuel, il est intéressant de constater que les

Fecha de recepción: 13 de febrero de 2012.

Fecha de aceptación: 9 de julio de 2012.

Professeur de Climatologie Emérite à l'Université de Paris-Sorbonne.

E-mail : pierre.pagney@orange.fr

géographes-climatologues ne sont pas en situation de donner leur avis au niveau auquel le font les climatologues- modélisateurs. En effet, seuls ceux-ci ont la capacité de s'exprimer dans les grandes revues scientifiques, dans les médias et dans des ouvrages. Les derniers parus en langue française (2011), *Climat: une planète et des hommes* (Erik Orsenna et Michel Petit) et *Le climat à découvert. Outils et méthodes en recherche climatique* (Catherine Jeandel et Rémy Mosseri), ne comportent aucun article signé par un géographe. On signalera toutefois la parution en 2010 d'un livre composé de la contribution de géographes et publié par la Société de Géographie. *Le ciel ne va pas nous tomber sur la tête* (Sylvie Brunel et Jean-Robert Pitte). Il faut souligner toutefois que sur les quinze contributions de ce livre, une seule est signée par une géographe-climatologue. Par ailleurs cet ouvrage largement négationniste fait écho au livre paru la même année sous la signature de Claude Allègre et Dominique Montravon, *L'imposture climatique ou la fausse écologie*. Il y a, en effet, conjonction entre les deux publications, au point que la Société de Géographie a décerné un prix à Claude Allègre pour *L'imposture climatique*. On pourrait évoquer également les travaux du géographe Marcel Leroux, aujourd'hui décédé, qui se fit connaître par son négationnisme radical et se retrouva minoritaire au sein de la climatologie géographique française. On n'ira pas plus avant dans l'évocation de ces géographes de haut niveau, le plus souvent non climatologues, dont la position s'inspire davantage du désir de réagir contre l'idée d'une planète en péril, que d'entrer dans le débat scientifique propre aux climatologues. Il convient, à ce propos de rappeler que, quels que soient ses mérites, Claude Allègre n'est pas climatologue. Le débat se situe donc entre les géographes-climatologues et les climatologues modélisateurs. Il va s'agir de comprendre pourquoi les modélisateurs ont marginalisé les géographes qui sont pourtant à l'origine de la climatologie (la climatologie est historiquement d'essence géographique) et en quoi l'approche des géographes-climatologues n'en est pas moins indispensable dans la question de savoir où va notre planète.

## LA CLIMATOLOGIE EST HISTORIQUEMENT D'ESSENCE GEOGRAPHIQUE

Ce constat est illustré entre autres, par les scientifiques allemands, français, espagnols et italiens. On insistera ici sur la recherche française. Les caractéristiques de la climatologie à ses débuts sont dominées par la description des climats à partir du traitement des mesures. Il s'agit d'une *climatologie analytique* dont le but est d'opérer la classification des climats du globe en s'appuyant fondamentalement sur les températures et les précipitations. Les moyens révèlent cependant une certaine diversité. Emmanuel de Martonne (tome 1 de son *Traité de géographie physique*, dernière édition 1940) regroupe les climats en procédant par analogie. Il choisit des régions particulièrement typées du point de vue climatique et attribue les types résultants à toutes les régions du globe où l'on en retrouve les caractéristiques. C'est ainsi qu'il rapproche le climat chinois (de mousson) du climat qui règne dans le sud des Etats-Unis. Le climat froid sibérien se retrouve dans les plaines canadiennes, au sud des climats froids de la façade arctique. Quant au climat tropical, il est défini par des traits particulièrement caractéristiques au Sénégal, etc... W. Köppen et H. Gaussen classent pour leur part les climats à partir d'indices qui en combinent les éléments. Les fameux diagrammes ombro-thermiques de Gaussen confrontent les courbes de températures et les courbes de précipitations. Carl Troll établit sa classification à partir des rythmes thermométriques diurnes et saisonniers. W.Thornthwaite fonde la sienne sur l'évapotranspiration. On voit donc que ce sont les éléments du climat, dûment mesurés, qui sont à la base d'une climatologie descriptive. Celle-ci se prête particulièrement à la régionalisation qui constitue le meilleur moyen de couvrir toute la planète par des types de climats qui dessinent ainsi

*la mosaïque climatique du globe*. On ne peut trouver approche plus géographique. Cependant on a là avant tout l'aspect descriptif des climats. L'explication reste limitée aux grands facteurs géographiques, latitude, altitude, couverts végétaux, proximité ou éloignement par rapport aux mers et océans.

C'est Pierre Pédelaborde qui, en introduisant la climatologie dynamique (ou synoptique) va s'intéresser aux mécanismes capables d'aller beaucoup plus avant dans la compréhension des climats. Cette nouvelle méthode sera basée, moins sur les mesures que sur l'analyse des cartes météorologiques quotidiennes, *les cartes de types de temps* où dominent les centres d'action et les vents résultants. L'ère Pédelaborde s'ouvre dans les années 1950 par sa thèse sur *Le climat du Bassin Parisien* (1957) et par son *Introduction à l'étude scientifique du climat* dont la deuxième édition date de 1970. Pierre Pédelaborde s'intéressera surtout aux latitudes moyennes. Pierre Pagney appliquera la méthode Pédelaborde aux latitudes tropicales (*Le climat des Antilles*, 1968).

La climatologie analytique ne s'éloignera pas pour autant. Charles-Pierre Péguy va lui donner ses lettres de noblesse en l'incluant dans le mouvement de géographie quantitative en même temps qu'en l'intégrant dans la vision dynamique de l'atmosphère (*Précis de climatologie*, édition de 1970).

On peut considérer que Pierre Pédelaborde, Charles-Pierre-Péguy et Pierre Pagney constituent dans les années 1970, par leurs travaux et ceux de leurs élèves, les inspirateurs d'une climatologie qui s'inscrit alors en France comme la référence en terme d'approche géographique. Or, c'est à partir de ce moment-là que surgissent les physiciens de l'atmosphère et les scientifiques de la nature. Très vite, ceux-ci, à la faveur du réchauffement climatique, prennent possession du thème climatique, au point que les géographes-climatologues se trouvent marginalisés sur le plan médiatique et ceci, même s'ils continuent à travailler avec bonheur sur les thèmes qui leur sont chers et selon leurs propres méthodes.

## POUR LES MODELISATEURS, LA CLIMATOLOGIE COMMENCE AVEC EUX

Dans *Les défis du CEA* (février 2010) Aude Ganier écrit : *la modélisation est la clé de la climatologie, jeune discipline apparue dans les années 70 ... la modélisation qui étudie sur le long terme la variabilité du climat en étant un moyen d'investigation majeur*. Ainsi, les physiciens de l'atmosphère apparaissent-ils comme les climatologues ouvrant la voie à une recherche qui n'a pas d'antériorité. Dans *Climat: une planète et des hommes* (ouvrage cité-2011), Jacques Merle confirme cette position lorsqu'il écrit que *jusqu'aux années 1950-1960... le climat était supposé immuable aux échelles temporelles perceptibles par les générations humaines* (donc que) *le climat global de la planète était considéré comme une donnée environnementale fixe et que les expressions très courantes aujourd'hui comme la variabilité, la dynamique, le changement de climat étaient inusitées*. Il est clair que cette image fixiste était attribuée aux géographes-climatologues. C'était oublier les travaux de climatologie dynamique de ces derniers et plus largement la connaissance qu'avaient les géographes de la variabilité climatique à partir de la morphologie et de l'histoire géologique de la Terre. Charles-Pierre Péguy n'évoquait-il pas, en 1970, la paléoclimatologie récente et n'insistait-il donc pas sur la variabilité des climats ?

Autrement dit, c'est, dans les années 1970, à un approfondissement, à partir de nouvelles méthodes, des vues identifiées par les géographes-climatologues et non à la découverte d'une nouvelle discipline, que les physiciens de l'atmosphère et les autres scientifiques de la planète se trouvent affrontés. Le résultat n'en est pas moins que les géographes du climat sont marginalisés.

C'est indiscutablement la sensibilisation au réchauffement climatique qui coïncide avec cette situation nouvelle. On peut considérer que c'est entre 1981 et 1985 que cette marginalisation se manifeste surtout.

Le lancement du *Programme National de l'Etude de la Dynamique du Climat* (le PNEDC: programme français) sous la responsabilité des physiciens de l'atmosphère au nombre desquels il faut compter Ichtiague Rasool, membre de la NASA, alors présent à Paris (Ecole Normale Supérieure de la rue d'Ulm), implique, au départ, les géographes-climatologues. Ceux-ci sont placés sous la direction de Robert Garnier ingénieur de la météorologie, spécialiste de météorologie tropicale acquis aux méthodes géographiques et opposant l'approche observationnelle à celle des modélisateurs. Les géographes-climatologues sont invités à se regrouper sous cette direction et à présenter un sous-programme qui sera inséré dans le PNEDC. Ce sous-programme (GEOCONNEX) réunit six équipes de géographes du climat réparties sur l'ensemble de la France: Paris, Grenoble, Nice, Rennes, Lille, Dijon. Mais il apparaît très vite que, sur l'espace d'investigation fixé, le fuseau atlantico-euro-africain de l'Ouest, de grandes difficultés se dressent devant les géographes. En effet, il n'est pas demandé à ceux-ci d'intervenir selon leur vision de la climatologie basée avant tout sur l'observation et l'interprétation des cartes de types de temps, mais bien plutôt, de donner aux modélisateurs des renseignements ponctuels, parmi lesquels l'importance de l'albédo dans les grands compartiments géographiques. Les géographes-climatologues entendent, quoi qu'il en soit, travailler selon leur mode d'approche dont le point de départ est la mise en place de fichiers de mesures. Il s'ensuit que les physiciens de l'atmosphère ne trouvent pas, dans leur apport, ce qu'ils souhaitaient. C'est en septembre 1985 que se déroule le colloque d'évaluation du PNEDC. C'est là où se manifeste la divergence entre les méthodes. Le résultat est que le sous-programme GEOCONNEX est abandonné et qu'est ainsi abandonnée la collaboration (il vaudrait mieux dire la subordination) entretenue un temps entre les géographes et les physiciens de l'atmosphère. Les médias aidant, les modélisateurs deviennent les prophètes d'une climatologie qui prévoit à échéance relativement brève (la fin du siècle), dans le cadre d'un réchauffement largement anthropique, des changements climatiques majeurs, voire cataclysmiques. Ainsi va se déployer une thématique où les modélisateurs règneront de façon absolue. Ce règne apportera des vues nouvelles qui représenteront, il est vrai, un apport décisif dans la compréhension du climat, mais cet apport interviendra essentiellement à l'échelle globale. Il convient d'en esquisser les principaux points.

*La modélisation* elle-même doit être citée en premier. Elle est effective au début des années 1980, au moment où les ordinateurs deviennent suffisamment performants. Le principe de la modélisation est connu. A partir d'un cloisonnement de l'atmosphère, on utilise les équations impliquant la dynamique des fluides, la thermodynamique, les phénomènes de rayonnement, le cycle de l'eau, les échanges d'eau, d'énergie et de mouvement cinétique. On inclut aussi les mouvements marins. Il faut reconnaître que le réalisme des modèles est assez remarquable aux échelles globale et zonale. Ils comportent cependant une part d'incertitude impliquée dans les dispositions qui suivent.

*Le couple océan-atmosphère.* L'intérêt porté au couple océan-atmosphère est une acquisition récente en climatologie. On connaissait le rôle des mers et océans sur les climats continentaux, on savait l'importance des courants marins chauds et froids de surface, mais c'est depuis peu que l'on a une vision d'ensemble de l'influence des océans sur les climats de la planète, du fait des thermographies de la surface océanique obtenues à partir des satellites, et aussi, du fait d'informations nouvelles sur les courants marins profonds. Des inconnues demeurent cependant, en particulier à propos de ces courants très lents qui peuvent être la clé de modifications climatiques sur le long terme.

*La mémoire des glaces* représente également une approche récente due à des glaciologues spécialistes des régions polaires. On doit citer, en France, Jean Jouzel et Claude Lorius, qui ont exploité, à partir de carottages dans les inlandsis, l'aptitude de la vieille glace, de conserver non seulement des poussières fossiles, mais aussi des bulles de gaz (gaz carbonique-CO<sub>2</sub>, méthane-CH<sub>4</sub>) révélant la chimie atmosphérique des périodes passées et, par-delà, les conditions climatiques. Partant de l'idée selon laquelle le CO<sub>2</sub> et le CH<sub>4</sub> sont des gaz à effet de serre, il est donc possible de dire que les phases chaudes sont en accord avec une forte teneur en CO<sub>2</sub> (en particulier), et les phases froides avec une faible teneur. On conviendra de l'identité de cette disposition avec l'époque actuelle, dans une relation de cause (forte présence du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère) à conséquence (réchauffement climatique). Ceci, en soulignant que si cette relation était purement naturelle dans le passé, elle implique désormais l'homme, qui est le facteur de libération des énergies fossiles aux XIX, XX et XXI siècles. Mais là encore il y a une part d'incertitude (le rôle de l'homme n'est pas admis unanimement d'une part ; d'autre part s'il l'est, la question demeure de son poids par rapport aux processus naturels, qui n'ont pas cessé de jouer).

Les modélisateurs impliquent l'homme dans le réchauffement récent, ce que traduit d'une façon simple et jugée fondamentale, les tendances concordantes (dans leur ascendance sur deux siècles et surtout à partir de la deuxième moitié du XXe), des courbes planétaires d'augmentation démographiques, de charge en gaz à effet de serre et de température. C'est le GIEC qui, par ses rapports successifs, reflète le mieux ce diagnostic, assorti d'une prévision à l'échelle de la fin du XXI e siècle. Le dernier rapport en date (2007) affirme qu'il y a réchauffement, que celui-ci se poursuivra et se placera d'ici 2100 dans une fourchette comprise entre 1,8 et 4°C, l'écart résultant (outre l'imprécision de la modélisation), du choix entre six scénarios conçus en fonction de diverses hypothèses socio-économiques, certaines impliquant plus de pollution atmosphérique que d'autres. D'où par fonte des neiges et des glaces polaires, mais aussi par dilatation thermique de la surface océanique, une montée attendue du niveau marin dont les estimations varient considérablement (quelques dizaines de centimètres à plusieurs mètres selon les chercheurs, ceux qui admettent la fonte intégrale des inlandsis polaires ne pouvant se situer qu'à échéance millénaire du fait que les grands inlandsis constituent par eux-mêmes, une source de froid qui contrebalance le réchauffement global).

Il n'y a cependant rien qui constitue pour l'instant un bouleversement. Il faut donc distinguer *le réchauffement climatique* actuel qui est une certitude statistique et le *changement de climats* qui est une potentialité sur laquelle les médias insistent de manière préférentielle. Ces remarques permettent cependant de comprendre le scepticisme de certains à propos des conclusions données par les modèles et popularisées par le GIEC, cet organisme mis en place en 1988, composé de scientifiques venus du monde entier et de représentants des Etats et qui a alerté les responsables politiques de la planète. D'où les grands sommets ou conférences internationales, jalonnés entre autres par le sommet de Rio (1992), le protocole de Kyoto (1997) et la conférence de Copenhague (2009) en vue de sensibiliser aux risques d'un réchauffement anthropique, puis d'en rechercher les parades.

## LA CLIMATOLOGIE DES MODELES SOULEVE DES OBJECTIONS

Les scientifiques sont loin d'être unanimes sur la capacité de prévoir l'évolution climatique, puisque l'atmosphère, qui en est le support, est un milieu chaotique. Le mathématicien Evar

Ekeland écrit: *il est maintenant reconnu que la météorologie est un système chaotique et que c'est la raison principale qui rend impossible les prévisions à long terme.*

Le comportement chaotique de l'atmosphère est une objection de poids à la capacité, pour les modèles, de prévoir l'avenir à moyenne ou longue échéance. Il est d'autres objections qui ne sont pas non plus sans pertinence. Il en est ainsi de *la récolte et de l'analyse des données*. Il en est aussi de la courbe des températures moyennes de la planète, (de l'An mil à l'année 2000 avec extrapolation ascendante pour les années suivantes). Cette courbe montre un réchauffement global en phase avec l'augmentation des gaz à effet de serre (la fameuse *courbe de Mann* sur laquelle s'est appuyé le GIEC), dont le rôle du CO<sub>2</sub>. Il s'agit en définitive, du *diagnostic du GIEC* qui donne à l'homme une responsabilité récente dans l'augmentation de la température planétaire; ceci, là où certains ne voient rien d'autre que la poursuite d'une variabilité naturelle.

Trois équipes établies en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, étudient l'évolution thermique de la planète à partir de la collecte de données dispersées. Ces trois équipes diagnostiquent le réchauffement. Parmi elles, on citera l'Institut Goddard d'Etudes Spatiales de la NASA. La principale critique à cette approche, et par conséquent aux résultats, est la dénonciation d'un réseau d'informations hautement hétérogène, entre autres avec le déséquilibre entre l'hémisphère boréal, le plus observé et le plus continental, et l'hémisphère austral, essentiellement un désert océanique. Mais il y a aussi l'inégale répartition des océans et des continents sur l'ensemble de la Terre. A cela s'ajoutant des collectes hétérogènes du fait de la totale absence d'unité dans les modes d'observation (en particulier, thermographies océaniques et mesures sous abri sur les continents). La température moyenne de la planète tirée d'un tel processus ne saurait donc, pour les sceptiques, représenter la situation thermique du globe, et à plus forte raison, l'évolution de cette situation. De plus, critique majeure, cette température moyenne ne peut être qu'une abstraction, dans la mesure où elle recouvre des espaces dont les réactions thermiques sont, de fait, fort différentes.

La courbe de Mann dans sa première manière, celle qui a été adoptée par le GIEC dans son rapport de 2001, est également contestée. Cette courbe thermique en crosse de hockey restait pratiquement plate jusqu'au XX<sup>e</sup> siècle et se redressait fortement à partir du milieu de ce siècle, faisant apparaître de manière saisissante, un événement nouveau auquel l'homme, par le déploiement de son nombre et de ses technologies, ne pouvait pas être étranger. Or, une telle courbe ignorait toutes les vicissitudes thermiques naturelles antérieures au XX<sup>e</sup> siècle, surestimant, par conséquent le réchauffement reconnu surtout dans la seconde moitié de ce siècle, et lui attribuant une origine anthropique que l'on pouvait donc contester. En fait, la courbe de Mann a été reprise en 2009. S'il y apparaît une variabilité de la température planétaire là où la courbe antérieure était plate, il apparaît aussi que le réchauffement du XX<sup>e</sup> siècle reste inédit. Ceci n'empêche toutefois pas les négationnistes de ne pas voir là, obligatoirement l'effet nouveau de l'homme.

Pour certains, le réchauffement climatique est effectivement une variation qui s'ajoute à la longue série des variations climatiques naturelles. Ainsi en est-il pour le physicien Vincent Courtillot pour qui le réchauffement contemporain résulte des variations solaires. Ceci a pour conséquence de nier le rôle de la charge accrue de l'atmosphère actuelle en CO<sub>2</sub>, contrairement à la position prise, entre autres par le GIEC. A cet argument négationniste par rapport à l'effet du CO<sub>2</sub>, s'en ajoute un autre: l'insuffisante prise en compte de la vapeur d'eau (Richard Lindzen du MIT), assortie du constat que le CO<sub>2</sub> a une part infime dans la composition de l'atmosphère.

Les critiques faites à propos de la nature chaotique de l'atmosphère, de la faiblesse de signification d'une température planétaire globale, de l'argument tiré d'une courbe de progression

thermique dont le redressement très récent date seulement de quelques décennies, du rôle réel des gaz à effet de serre (les GES) dont le CO<sub>2</sub>, et par conséquent du rôle nouveau de l'homme sur le conditionnement climatique, constituent autant de critiques faites aux modélisateurs du GIEC. Ceci puisque c'est dans les rapports de cet organisme scientifique et intergouvernemental que l'on trouve les points critiqués, comme autant d'arguments favorables non seulement au réchauffement, mais aussi à son aggravation d'ici la fin du siècle, avec perspectives éventuellement préoccupantes.

Il convient donc de prendre position dans ce débat. Doit-on se ranger finalement aux côtés des négationnistes, c'est-à-dire de ces climato-sceptiques (dont Claude Allègre) pour qui le réchauffement actuel n'a pas la signification qu'on lui donne, en particulier la responsabilité humaine, du fait que les arguments qui militent en faveur de cette responsabilité sont jugés particulièrement faibles?. Doit-on, au contraire, reconnaître la pertinence des résultats des modèles, synthétisés dans les conclusions du GIEC, en répondant aux critiques? C'est cette seconde attitude qui sera défendue ici. C'est dire que l'on admettra que les modèles sont une authentique avancée dans l'approche climatique contemporaine et que le message qu'ils livrent est crédible. Cette crédibilité passe nécessairement par les réponses données aux objections.

Cependant, ces réponses une fois formulées, il restera un espace scientifique qui révélera une certaine incomplétude de la modélisation. C'est cet espace scientifique, qui sera considéré ici comme incontournable, d'autant plus qu'il redonnera la parole aux géographes. Avant d'en arriver là, il est impératif de démonter les arguments négationnistes majeurs.

Le caractère chaotique de l'atmosphère est un argument fort allant à l'encontre de la crédibilité d'une prévision climatique. Est-ce à dire que cette prévision est interdite ? certainement pas car beaucoup de prévisions, essentielles pour l'homme du XXI<sup>e</sup> siècle, le seraient également, à commencer par celles qui l'impliquent dans le cadre des évolutions sociétales. On ne peut pas dire, en effet, que les sociétés contemporaines, marquées du sceau d'une complexité croissante, ne sont pas, quelque part, elles aussi, chaotiques. Et pourtant, les modèles économiques, affrontés à cette complexité, sont bel et bien une nécessité. Simplement peut-on s'interroger sur les précisions chiffrées à l'arrivée (voir l'écart entre les prévisions climatiques hautes et basses à cent ans) tout en relevant la pertinence des tendances fortes que peuvent donner la convergence de plusieurs modèles (tous les modèles climatiques indiquent une perspective de réchauffement).

On ne saurait nier la force de la critique des données. Cependant, par nécessité, toute la climatologie implique que l'on dépasse cette critique et que l'on accepte un traitement global et moyenné à partir de données non homogènes par leur nature et leur répartition. Combien d'Atlas climatiques de certaines régions du globe seraient impossibles si l'on n'acceptait pas cette règle.

En ce qui concerne la restitution de la courbe thermique globale (courbe de Mann corrigée) et l'interprétation que l'on peut donner de son redressement fort au cours des dernières décennies, on acceptera la relation admise par les modélisateurs. On remarquera tout d'abord qu'il n'est pas possible de nier que les GES (dont le CO<sub>2</sub>) en accroissement récent, sont liés à la libération des gaz enfouis dans les énergies fossiles mises brutalement à contribution depuis plus d'un siècle par l'industrialisation, industrialisation due à l'homme. On ne peut donc pas nier que l'homme injecte dans l'atmosphère des gaz à effet de serre modifiant la chimie atmosphérique. On ne peut donc pas exclure le pouvoir de cette modification dans le réchauffement actuel. On ne voit donc aucune objection sérieuse à l'idée selon laquelle l'homme peut être un facteur nouveau d'intervention dans le conditionnement climatique actuel et à venir de la planète. Simplement doit-on s'interroger sur la part, majeure ou mineure prise par l'homme, dans un système qui ne

voit pas la nature s'effacer pour autant, et doit-on s'interroger aussi sur le degré de crédibilité des prévisions catastrophistes. C'est dire qu'avec certaines réserves, on reconnaît la valeur de l'approche des modèles dans la compréhension des événements climatiques des XX et XXI e siècles, et donc, que l'on ne saurait rejeter le message d'ensemble fourni par le GIEC. Cela étant dit, il convient de relever les points sur lesquels l'approche actuelle de la climatologie, dominée par les physiciens de l'atmosphère reste incomplète; incomplétude que seule la climatologie géographique peut corriger.

## LA NECESSITE D'UNE REEVALUATION DE L'APPROCHE DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE: L'IMPORTANCE DE LA GEOGRAPHIE

Comme il a déjà été souligné, les modèles invitent à une analyse climatique globale. Ils permettent également d'accéder aux conséquences du réchauffement à l'échelle des grands compartiments de la planète, en particulier aux tendances zonales. En l'état actuel des choses, ils sont beaucoup moins pertinents aux échelles plus fines (régionales, locales, microclimatiques) qui sont pourtant celles où l'homme est le plus concerné par son environnement (l'espace territorial). Il y a donc un problème d'échelle spatiale (mais aussi temporelle) puisque la modélisation ne balaye pas intégralement la compartimentation de la Terre. C'est donc à partir de là que l'on doit réévaluer l'approche du réchauffement climatique. Or, le jeu des échelles et la territorialisation correspondent très clairement à l'approche géographique.

Il convient donc de voir en quoi les géographes-climatologues doivent être investis à part entière dans la problématique liée aux événements climatiques récents. Mais il s'agit aussi de souligner certains paradoxes climatiques sur lesquels la modélisation reste muette. Ce qui ne sera possible qu'en redonnant aux méthodes de climatologie géographique toute la place qui leur revient et dont elles ont été éloignées à partir des années 1970, du moins au niveau d'un débat dont la médiatisation les excluait. Il ne faut pas oublier, en effet, que les géographes ont, après l'émergence de la climatologie des modèles, continué à travailler selon leur point de vue, à s'engager entre autres dans une climatologie appliquée de haut niveau et à se concerter au sein d'organisations telles que *l'Association Internationale de climatologie* (francophone), où d'ailleurs ils ont eu des contacts avec les météorologues et les physiciens. Simplement, ces derniers n'ont-ils pas pris en compte tout ce que la climatologie géographique pouvait apporter au débat.

### \* LA QUESTION DES ECHELLES

**L'échelle des modélisateurs:** On vient de voir que les modèles prévoient d'ici la fin du siècle, un réchauffement compris entre 1,8°C et 4°. Cette imprécision, qui fut d'ailleurs plus grande dans les premières estimations, est une objection faite à la modélisation. On remarquera toutefois que toutes les prévisions établies à partir des modèles vont dans le même sens. Leurs conclusions sont donc cohérentes. Les modèles permettent également de faire des prévisions pertinentes à l'échelle zonale et macro-régionale.

Il n'est pas attendu aux *basses latitudes* de grands bouleversements. On ajoutera un argument important allant dans ce sens. Les forêts équatoriales, qui sont l'expression continentale la plus achevée de ces latitudes, sont préservées dans leur stabilité par la puissance des couverts forestiers car la forêt ombrophile préserve, par elle-même, un bilan hydrique qui lui est favorable; ceci, même si l'Amazonie est soumise à des crises de sécheresse en phase de Nino pacifique. Si cette



forêt devait disparaître du fait de l'homme, ou du moins être gravement affectée par lui, c'est donc le facteur humain, sous une forme qui ne relève pas de la chimie atmosphérique, qui serait la cause de la déstabilisation climatique.

Aux *latitudes tropicales sèches*, par exemple, dans les steppes et savanes ouest-africaines, la tendance attendue est à une aridité accrue, même si le Sahel peut être amené à reverdir après une période de grande récession pluviométrique. Ce qui implique, accompagnant la tendance à la péjoration, une variabilité également préjudiciable à l'équilibre des sociétés rurales de ces régions. Aux *latitudes tropicales humides*, le contexte climatique peut être paradoxal, dans la perspective du changement. Ainsi en est-il dans l'Asie des moussons. Sur le sous-continent indien, le nombre de jours de pluie par an diminue alors que les totaux journaliers augmentent, ce qui a pour effet d'augmenter les totaux annuels. La situation en Corée confirme ces dispositions. Avant 1950, les totaux moyens de précipitations annuelles y étaient au plus, de l'ordre de 1100 mm. L'augmentation, accompagnée d'une diminution du nombre de jours de pluie, est intervenue après cette date. Les tendances reconnues en Inde et en Corée, permettent d'admettre leur pertinence pour tous les pays asiatiques de mousson (donc non seulement la partie tropicale, mais aussi subtropicale et équatoriale-Indonésie). C'est dire que l'Asie des moussons, dont son extension tropicale, risque d'évoluer vers une variabilité hydrique accrue, à la fois spatiale et temporelle, ce qui ne peut être que fort préjudiciable aux habitants de l'une des régions du globe les plus peuplées, et particulièrement soumise aux productions agricoles.

Aux *latitudes subtropicales* où la dominante est celle des grands déserts chauds, on retrouve la tendance à la stabilité reconnue dans les régions équatoriales. Ce sont les marges de ces espaces climatiques arides qui sont les plus susceptibles de changements. On a vu la situation sur les marges tropicales. Du côté des marges tempérées, climats méditerranéens ou de type méditerranéen, la tendance à la péjoration hydrique se retrouve, assortie également de la variabilité. Ainsi dans le type méditerranéen du Sud-Ouest de l'Australie, la multiplication des sécheresses affecte les ressources en eau et les productions agricoles. Or, ces dispositions sont clairement en accord avec un constant réchauffement.

*Les latitudes tempérées*, situées entre les régions polaires et subpolaires d'une part, la ceinture méditerranéenne de l'autre, sont, dans l'hémisphère boréal, celles où se déploient les grands continents et les grandes puissances. Le réchauffement y est attendu, mais aussi l'augmentation des précipitations en saison froide. En Amérique du Nord, ce sont les grandes plaines agricoles du nord des Etats-Unis et les plaines du Canada méridional qui devraient profiter des pluies et des températures accrues. Sur l'Europe, ce devrait être l'Europe « moyenne ». Les pays des marges Nord devraient profiter des mêmes avantages (pourtours de la Mer du Nord et de l'Ouest de la Baltique). Par contre, les bords méridionaux de cette Europe devraient être pris dans la péjoration pluviométrique des climats méditerranéens. L'ensemble des latitudes tempérées devrait toutefois retrouver une certaine unité par augmentation des turbulences (frontales ou de convection).

*Les latitudes polaires et subpolaires, arctiques et antarctiques*, situées entre les 60<sup>es</sup> parallèles Nord/Sud et les pôles sont marquées du sceau de la variabilité, à l'échelle des alternances glaciaires et interglaciaires du quaternaire. C'est dans ce contexte que les régions polaires connaissent actuellement un réchauffement climatique très supérieur au réchauffement global, ceci étant tout particulièrement valable pour l'Arctique. Le réchauffement de l'Arctique serait à attendre, de la fin du XX<sup>e</sup> siècle à la fin du XXI<sup>e</sup>, comme devant être de l'ordre de 7,5 à 8°C, alors que le réchauffement global serait de l'ordre de 3°C, dans un scénario de réchauffement médian. On sait que la banquise arctique ainsi que le permafrost des hautes latitudes américaines

et asiatiques sont d'ores et déjà particulièrement affectés. Les inlandsis seraient en capacité de résister davantage à cette tendance, tout particulièrement l'inlandsis antarctique.

Se superposant aux modifications du schéma zonal, on signalera sans y insister, la régression observée des neiges et des glaces d'altitude. On signalera de même la tendance (attendue, plus que d'ores et déjà bien affirmée), à l'augmentation du niveau marin, du fait de la fusion glaciaire et du phénomène de dilatation thermique (dans les mers chaudes). Il faut dire aussi que la tendance à l'augmentation du niveau marin n'est pas la même partout, ce qui a été mis en évidence entre autres, depuis l'entrée en jeu des satellites (Topex-Poséidon en 1993).

Telle est la vision des conséquences du réchauffement climatique obtenue à partir de la modélisation. Il s'agit d'une information importante et d'une grande pertinence, en particulier dans la mesure où elle montre que le réchauffement climatique n'aura pas un impact uniforme. C'est sans doute là, la conclusion la plus intéressante, car elle rompt avec le schéma simpliste d'un réchauffement généralisé et aux effets convergents. Cette vision insiste également sur l'accroissement attendu des turbulences. Il faut bien voir, cependant, que les résultats des modèles gardent un caractère général et en tous cas plus général que ce que requière le vécu des hommes. Ainsi, même si la modélisation s'exerce actuellement à pénétrer aux échelles plus fines que les échelles zonale et macro-régionale, il n'empêche qu'il y a, à l'échelle des régions, des territoires, des espaces locaux, des ambiances micro-climatiques, un besoin qui implique une approche la prolongeant. Et c'est ici que l'on retrouve la géographie, même si celle-ci n'est pas absente de l'analyse zonale et macro-régionale.

**L'échelle des géographes:** Lors du colloque d'Evian qui s'est déroulé en mai 2010 sur le changement climatique aux hautes latitudes septentrionales, un débat instructif est intervenu entre Jean Jouzel, modélisateur, vice-président du GIEC, et Martine Tabeaud (géographe-climatologue, Paris). Pour Jean Jouzel, l'hypothèse privilégiée est que l'action anthropique semble bien l'emporter sur les processus naturels à partir du milieu du XXe siècle. C'est de cette vision globale que Martine Tabeaud entend discuter en rappelant que c'est toute la gamme des échelles spatiales et temporelles qui a une importance dans l'analyse. *Le temps météorologique*, (le temps court du *type de temps*), est une disposition éphémère qui est tout autre que *le temps climatique* (le temps long). C'est au temps climatique que s'adressent les travaux du GIEC, marqués du sceau de la globalité. Or, le temps climatique ne peut pas être maîtrisé avec autant de vérité que ne l'impliquent les modèles. En particulier, il est illusoire de croire pouvoir maîtriser la temporalité (l'évolution) des sociétés humaines en direction du futur telle qu'introduite dans la modélisation. Au demeurant, les temporalités des sociétés à cinquante ou cent ans, sont très diverses d'une société à l'autre et ne peuvent coïncider avec l'unicité et la globalité des modèles. Autrement dit, les hypothèses d'évolution plus ou moins polluante des sociétés, intégrées dans les modèles, ne rendent pas obligatoirement compte des réalités à venir (cinquante ou cent ans). Parallèlement à cet écueil, il convient de souligner, à l'échelle spatiale, non seulement les disparités sociétales, mais aussi territoriales, en particulier avec les spécificités naturelles et organisationnelles: aménagement des territoires. Cette vision géographique, sur laquelle insiste également le géographe-climatologue Denis Lamarre (Dijon), brise le cadre global de la modélisation en y introduisant la diversité territoriale.

Il y a bien une différence d'approche entre le modélisateur et le géographe, ce qui implique une différence de méthode. Le géographe introduit, en effet, aux échelles de la diversité climatique, une approche avant tout observationnelle; il s'appuie sur les faits. Il ne faut pourtant pas voir là, opposition, mais bien plutôt, complémentarité. Les débats concernant le réchauffement climatique doivent donc s'articuler autour de la modélisation et de l'observation, celle-ci assortie

de ses modes propres (climatologie analytique, climatologie dynamique ou synoptique). On aboutit alors à un ensemble d'informations d'autant plus précieuses que l'on entre dans le détail de la complexité.

L'analyse des hautes latitudes de l'espace russe en donne une bonne illustration. Les faits montrent que les milieux arctiques se transforment, selon le diagnostic livré par les modèles: outre la diminution de la banquise (et la navigation dans l'Océan polaire que cela implique), on relève la fonte du permafrost. Il s'ensuit un impact certain sur la dynamique des fleuves russes des hautes latitudes, dont la Léna. Cependant, on ne se trouve pas pour autant, devant un phénomène unitaire. L'observation montre que le désenglacement polaire terrestre présente un net différentiel. La modélisation perd donc, en partie, sa pertinence dans la fonte du permafrost. C'est que le réchauffement des terres froides de la Russie est très hétérogène. Les événements extrêmes (précipitations, température) sont, de même extrêmement variables dans le temps et dans l'espace. Un tel constat justifie que soit abordée l'étude régionale du réchauffement dans une optique géographique: la Kolyma (nord-est de la Sibérie, région Ienisseï-Angara, ceci s'ajoutant à l'étude du bassin arctique de la Léna).

Ainsi, si, globalement, l'Arctique continental évolue, tout comme l'Arctique maritime, selon la tendance planétaire au réchauffement et en accord avec les résultats des modèles, il n'en est pas moins vrai que, à échelle plus fine, on se trouve en présence d'une grande inégalité spatiale et temporelle dans un phénomène que l'analyse géographique a la capacité de mettre particulièrement en valeur.

La question se pose alors de savoir si les modèles sont susceptibles d'entrer dans toute la complexité que postulent les échelles fines, en particulier du fait de la multiplicité de facteurs géographiques singuliers, souvent propres à une région, et que les géographes de terrain sont les plus à même d'appréhender. Il s'agit donc de descendre encore dans le découpage spatial par rapport au découpage de l'Arctique russe, où l'on a déjà observé la limite de la modélisation. Mais il s'agit aussi de passer du temps climatique (temps long) au temps météorologique court. Certes, on sort de l'échelle qui est au centre de notre réflexion. Il n'empêche qu'il est intéressant de prendre ce niveau d'échelle en considération afin de mieux affiner les limites de l'approche modélisante par rapport à l'approche géographique. L'expérience menée par le géographe-climatologue Gérard Staron (Lyon) est fort démonstrative de ce point de vue. Dans le but d'obtenir une prévision météorologique pertinente dans une zone montagneuse contrastée, à l'ouest de la région lyonnaise (départements de la Loire, de la Haute-Loire et du Puy de Dôme), ce climatologue est amené à conjuguer les modèles et l'observation. Les modèles lui fournissent le cadre général: la circulation atmosphérique et les indications relatives aux perturbations, aux températures et aux vents. Cependant, seule la connaissance des relations fines entre reliefs et types de temps, permet de prévoir le temps dans une vallée, sur un versant, sur un sommet. Cette approche géographique fine est d'autant plus pertinente que le relief est plus contrasté. On est donc au cœur du rôle incontournable de la géographie, dès lors que l'on se place aux échelles les plus propices à cerner la vie et l'activité humaines. Ce qui n'empêche pas les géographes-climatologues d'avoir une authentique qualification à maîtriser la dynamique climatique à l'échelle de la planète.

\* Les géographes face aux certitudes, aux incertitudes et aux paradoxes

**Les Certitudes:** Le réchauffement climatique global, l'accroissement de la charge de l'atmosphère en gaz à effet de serre, la régression des glaces polaires (inlandsis, banquise, permafrost), la régression des enneigements et des englacements d'altitude, la tendance à montée

(même légère) du niveau marin, la modification des écosystèmes océaniques et continentaux, en constituent une bonne illustration. Ce qui est également certain, c'est que le réchauffement n'est pas le même et ne sera pas le même, d'un coin à l'autre de la planète; il y aura même, sur certaines parties des océans, une tendance au refroidissement alors que d'autres parties seront en voie de réchauffement. D'une façon plus générale, l'impact du réchauffement climatique global sera marqué du sceau de l'hétérogénéité. Il y aura des régions du globe beaucoup plus concernées que d'autres, en particulier en fonction de la latitude (modifications sensibles voire spectaculaires aux hautes latitudes, relative stabilité aux latitudes tropicales et équatoriales).

On doit également placer au rang des certitudes le fait que de nombreuses sociétés à la surface du globe seront affectées, comme le sont, d'ores et déjà, certaines d'entre elles. Les bouleversements notés au sein des populations Inuit, en sont une spectaculaire illustration. Béatrice Collignon (colloque d'Evian) note que les Inuit (appelés Eskimo jusqu'au début des années 1980) vont des rivages du détroit de Bering à la côte orientale du Groenland. Malgré leur éloignement et leur dispersion, les divers groupes Inuit relèvent d'une grande homogénéité historique, résultant d'une langue commune, d'une même organisation sociale et d'une même culture, par les pratiques de la vie et les croyances. Or, le réchauffement climatique tend à modifier cette situation. L'environnement se modifie, en particulier, au fil des saisons. L'entrée dans l'hiver arctique, avec l'évolution concomitante en épaisseur de la banquise, est retardée par rapport au passé. Moins épaisse qu'avant, la banquise est plus facilement disloquée par le vent. Moins solide de ce fait, et aussi du fait des chaleurs arrivées plus tôt au printemps, elle tend à devenir un milieu de plus en plus dangereux pour les déplacements (se rendre visite d'un village à l'autre, ce qui implique de se déplacer sur 200 à 300 kilomètres). Ceci affecte aussi les territoires de chasse. Ainsi, la société Inuit tend-t-elle à s'altérer, à travers l'altération de son environnement physique. Mais le facteur de transformation n'est pas que là. Les difficultés viennent aussi du fait que le réchauffement arctique attise les convoitises des grandes puissances économiques (navigation polaire améliorée, avec une perspective d'amélioration toujours plus affirmée du fait de l'accélération de la fusion de la banquise; recherche par les grandes compagnies pétrolières et minières d'une implantation en vue d'exploiter des richesses qui deviennent rares à la surface du globe et qui étaient jusqu'ici inaccessibles aux très hautes latitudes, du fait des englacements). La société Inuit, modifiée par la transformation de son environnement physique, et aussi modifiée à partir de facteurs extérieurs, ne peut répondre que par la migration ou la transformation sociétale. Celle-ci devient une évidence à partir du moment où les Inuit ont accès à l'argent et à des technologies qui les font glisser vers des désirs et des attitudes de plus en plus calquées sur les conditions de vie des sociétés « évoluées ». Hélas, les emprunts aux autres « civilisations » ne sont pas que bénéfiques, dont l'usage de l'alcool et le relâchement des liens communautaires qui faisaient la richesse morale de la société Inuit.

Dans un contexte géographique entièrement différent, une autre société se trouve face à des difficultés qui iront en s'accroissant: la société des éleveurs sahéliens, avec la répétition des sécheresses. Certes, les sécheresses sahéliennes sont endémiques. Celle des années 1970-1980, dans laquelle on a cru voir une poussée de l'aridité saharienne vers le Sud, a été suivie du reverdissement du Sahel. Mais la tendance générale au réchauffement climatique ne peut que rendre la région toujours plus précaire pour l'homme; la mise en place d'une barrière verte au sud du Sahara ne pouvant être la solution. Bien d'autres sociétés humaines se trouvent face à la certitude d'une péjoration de leur cadre de vie, les sociétés insulaires attachées aux îles basses par exemple.

La modification de la géographie planétaire à laquelle nous assistons est donc une certitude globale. Dans la mesure où cette indiscutable modification est associée, du fait de la modélisation, à une évolution aggravante, il faut placer au rang des certitudes, l'application du principe de précaution. On ne saurait rester dans l'expectative, donc dans l'indécision. Le principe de précaution est une nécessité. Cela dit ce principe déborde le champ des certitudes puisqu'il répond, par définition, au champ des incertitudes (ce sont les incertitudes qui dictent son application).

**Les incertitudes:** Le rôle de l'homme dans le réchauffement planétaire relève des incertitudes si l'on constate que le consensus n'est pas établi à ce propos. Cependant les développements qui précèdent accordant à l'homme une part de responsabilité dans ce réchauffement, on conviendra que la grande incertitude vient de son degré d'intervention par rapport aux événements naturels. La plus grande incertitude vient pourtant de ce que sera la réalité à cent ans par rapport aux prévisions des modèles. Si tous les modèles convergent par la tendance, ils diffèrent dans les résultats qu'ils donnent à l'échéance du siècle, ce que traduit l'écart final entre les prévisions basses de réchauffement (moins de 2°C) et les prévisions hautes (au moins 4°C). Ces écarts relèvent de la pertinence des modèles choisis, des hypothèses d'évolution socio-économique quant au degré de pollution atmosphérique attendu; ils résultent aussi de certaines inconnues concernant le milieu physique; on en retiendra deux: le rôle des nuages, le rôle des océans; ils résultent enfin du milieu chaotique dans lequel se déploient les transformations.

Il n'empêche qu'entre les estimations basses et les estimations hautes, il y a un abîme, car on se trouve placé entre la perspective d'événements maniables (disons en dessous de 2°C à cent ans) et celle d'événements bouleversant profondément les équilibres (à 4°C). Ce qui ouvre la voie à deux notions que l'on a tendance à confondre et qui sont pourtant, comme on l'a déjà dit, à distinguer: *le réchauffement climatique*, *le changement climatique*. Il y a changement quand la planète passe de la glaciation à l'interglaciaire. Il y a donc bouleversement. Or, il faut distinguer ce bouleversement, de l'oscillation climatique. Le réchauffement médiéval et le Petit Age Glaciaire (le PAG) n'ont pas signé des changements climatiques mais des modifications plus ou moins profondes selon les endroits, qui maintenaient des conditions non bouleversées d'un siècle à l'autre. On convient que le PAG (XVe-XIXe siècles) culmine en France au XVIIIe et XIXe siècles dont on retrouve les dispositions par fort englacement, non seulement dans les Alpes mais aussi en Islande, en Norvège, en Alaska, au Japon et en Chine. C'est dans ce contexte qu'ont été étudiées les conditions climatiques entre 1714 et 1760, dans le vignoble bourguignon. Or, des hivers rudes n'ont pas empêché la Bourgogne de connaître des étés chauds et orageux. Il n'est donc pas apparu, au moment où les glaciers connaissaient une indiscutable avancée, de modifications radicales dans les mécanismes du «carrefour climatique bourguignon» par rapport à l'actuel. A l'époque concernée, les vigneron de Beaune pouvaient connaître de belles récoltes et de grands vins...ceux que l'on retrouve aujourd'hui. *On n'a pas changé de climat* depuis les règnes de Louis XIV et de Louis XV.

Les considérations qui précèdent permettent de mieux cerner la situation actuelle. Elle se caractérise, à l'échelle globale, par un réchauffement et par la modification de nombreux écosystèmes. *Le réchauffement climatique* est une réalité. Peut-on pour autant parler d'ores et déjà de *changement climatique*? C'est ici qu'il faut être prudent sur l'emploi de l'expression. Pour le moins doit-on la manier avec précaution en fonction des divers compartiments de la planète. Par ailleurs, rappelons que la remontée générale du niveau marin n'est pas d'ores et déjà, la réalité spectaculaire annoncée. Ce qui domine finalement, c'est la complexité des événements dans leurs mécanismes et leur évolution. Ce que renforcent les paradoxes qui accompagnent le réchauffement.

**Les paradoxes:** Le plus grand, sur lequel la recherche n'insiste pas suffisamment, est le maintien de profondes manifestations du froid, dans un contexte de tendance inverse. Le maintien d'hivers significatifs aux latitudes tempérées boréales et des manifestations de coups de froids sévères telles qu'elles peuvent être constatées jusque sur les Antilles, interpellent. Les hivers 2010-2011 et 2011-2012 sont symptomatiques de ce point de vue. En janvier-février 2011, le froid est vif aux Etats-Unis, au Canada et en Europe, alors que le temps est doux à Reykjavik. (le 22 janvier 2011:  $-15^{\circ}\text{C}$  à Montréal,  $+7^{\circ}\text{C}$  à Reykjavik). Même schéma durant l'hiver suivant. C'est fin janvier, début février 2012 qu'un renversement de situation impose le froid sur l'Europe, corrélatif d'un puissant anticyclone continental. La profondeur de cette vague de froid fait que Moscou reste plusieurs semaines entre  $-22$  et  $-15^{\circ}\text{C}$ , Kiev entre  $-26$  et  $-10^{\circ}\text{C}$ . Paris connaît alors des minima de l'ordre de  $-7$  à  $-8^{\circ}\text{C}$ ; de nombreux cours d'eau français gèlent. Madrid voit aussi ses températures descendre le plus souvent sous  $0^{\circ}$ . Les bords méditerranéens sont affectés par le froid et la neige. Il neige sur la Provence et en Corse. La référence à 1956 est présente dans les esprits. Or, c'est au moment (février 2012) de l'une des plus sévères vagues de froid européennes des dernières décennies que l'Islande baigne dans une relative douceur (les températures de Reykjavik sont le plus souvent dans la fourchette  $+3,+6^{\circ}\text{C}$ ). On parlera, pour expliquer cela, d'une forte oscillation arctique négative, qui n'est autre que la traduction d'une remarquable circulation méridienne, avec branche atlantique remontant vers l'Arctique via l'Islande. La notion d'oscillation arctique étant, somme toute une abstraction, c'est l'observation d'une circulation méridienne qui est finalement la plus intéressante. Or, cette observation relève de la climatologie dynamique chère aux géographes-climatologues. On assiste donc au maintien de laboratoires de froid que la climatologie géographique décrit et que ses méthodes peuvent contribuer à comprendre. Ainsi, le laboratoire de froid eurasiatique s'inscrit-il, en antagonisme par rapport aux remontées chaudes atlantiques et plus largement à la décrue de la banquise arctique, dans une dynamique conservatoire de phénomènes analysés couramment (processus radiatifs continentaux générateurs de masses d'air froides, advections polaires en direction des latitudes moyennes, voire des basses latitudes). Ce sont, en effet, ces phénomènes qui ont toujours été et restent étudiés, indépendamment du forçage thermique récent. Autrement dit, la pratique des modèles ne saurait se priver de l'accompagnement de la climatologie analytique, de la climatologie synoptique (et de la climatologie diagnostique qui étudie, les téléconnexions). Ce sont ces moyens réunis qui sont seuls capables de saisir les tendances globales, les articulations spatio-temporelles, territoriales, régionales et locales, en même temps que les paradoxes d'un événement contemporain particulièrement complexe, le réchauffement climatique.

**En conclusion,** la nécessaire collaboration entre modélisateurs et géographes-climatologues s'inscrit dans une problématique que ce qui précède fait clairement apparaître. Le réchauffement climatique global doit être considéré comme un fait acquis. L'influence de l'homme dans la phase la plus nette de ce réchauffement (deuxième moitié du XXe siècle, début du XXIe) ne doit pas être exclue *a priori*. Toutefois, et quel qu'en soient les causes, ce réchauffement ne saurait être vu comme un événement monolithique. C'est ici qu'interviennent les facteurs géographiques, qu'ils appartiennent au découpage zonal de la planète, à l'inégale répartition des terres, des mers et de la cryosphère, des inégalités de la géographie des continents (reliefs, végétations, masses d'eau), de l'emboîtement des espaces territoriaux, régionaux, locaux. De sorte que c'est à une vision du réchauffement climatique éminemment géographique que l'on aboutit, dans la mesure où c'est la mosaïque climatique du globe décrite par les géographes, qui constitue le cadre à l'intérieur duquel les modifications s'opèrent dans des sens et selon des intensités diverses, voire contradictoires. La modélisation ne saurait donc se passer de l'approche observationnelle,

particulièrement capable de saisir, à toutes les échelles de l'investigation, les transformations qui accompagnent le réchauffement. La question étant celle de prévoir correctement les transformations à venir et de savoir si celles que l'on observe actuellement signifient d'ores et déjà, un changement climatique.

#### BIBLIOGRAPHIE (SONT RETENUS QUELQUES TITRES RÉCENTS)

2010:

Allègre (C) et Dominique Montron: *L'imposture climatique ou la fausse écologie*, Plon, Paris.

Brunel (S) et Jean- Robert Pitte (sous la direction de): *Le ciel ne va pas nous tomber sur la tête*, Lattès, Paris.

Garnier (E): *Les dérangements du temps, 500 ans de chaud et de froid en Europe*, Plon, Paris.

Le Treut (H): *Nouveau climat sur la Terre*, Flammarion, Paris.

2011:

Jeandel (C) et Rémy Mosseri (sous la direction de): *Le climat à découvert*. Editions CNRS, Paris.

Orsenna (E) et Michel Petit (sous la direction de): *Climat, une planète et des hommes*, Cherche-Midi, Paris.

Tabeaud (M) et Alexandre Kislov (*Les dialogues d'Evian*), regroupement des communications publiées par Eurcasia: *Le changement climatique: Europe, Asie septentrionale, Amérique du Nord*, dont Pagny Pierre: *Le réchauffement climatique, l'évolution des milieux physiques et leurs conséquences humaines; Eléments pour un bilan du changement climatique dans les Nord*s, Evian.