

Pour une approche globale du risque climatique

Les sociétés développées des latitudes moyennes s'inquiètent, à juste titre, des désastres que de brusques anomalies climatiques peuvent provoquer sur leur territoire. Les tempêtes Lothar et Martin qui ont ravagé la France à la fin de l'année 1999 montrent que l'inquiétude est légitime, même si le risque encouru est d'ordre séculaire. En fait, cet ordre de grandeur traduit mal la réalité; rien n'empêche en effet que ce type d'événement ne se reproduise dans cinq, dix, vingt ou trente ans.

**par Jean Pierre Doumenge
Directeur de recherches au CNRS,
Professeur à l'Université Paul
Valéry (Montpellier III)**

Dans une optique de protection des «patrimoines», la mesure du risque climatique demande un effort de modélisation allant bien au-delà de la prise en compte du déroulement des phénomènes météorologiques quotidiennement enregistrés, même si les mesures satellitaires actuel-

lement disponibles sont d'une qualité exceptionnelle, du moins si on les compare aux mesures amassées au sol durant les siècles précédents. Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, on est en mesure de décrire dans son ensemble l'hydroclimat mondial. Mais, peut-on en déduire la périodicité de ses caractères paroxysmiques, tant en zone intertropicale où ils sont relativement fréquents qu'aux latitudes moyennes où ils semblent jusqu'à présent exceptionnels ?

Les termes du débat

Pour l'heure, on sait qu'à la surface du globe, les dépressions cycloniques constituent des perturbations normales dans le système de circulation atmosphérique caractérisée par une dominante de vents d'ouest, aux latitudes moyennes, et d'alizés de secteur est, aux latitudes tropicales. Ces alizés soufflent de manière relativement

régulière, des hautes pressions subtropicales vers l'équateur, d'abord en direction méridienne, puis progressivement d'est en ouest, compte tenu de la déviation occasionnée par la force de Coriolis. Ils convergent donc vers la zone équatoriale et entrent en contact le long d'une ligne dite «front intertropical» (FIT). Selon la position de la Terre par rapport au Soleil, l'alizé austral prend le pas sur le boréal (été boréal) ou le contraire. De la sorte, le front se déplace au cours d'une année d'une vingtaine de degrés en latitude.

Au contact des bordures continentales des bassins océaniques, les alizés et les courants marins qui y sont liés diver-

gent à nouveau pour alimenter les grands courants d'ouest des latitudes moyennes. Lorsque l'air chaud dérivant du flux d'alizé entre en contact avec l'air froid descendant du pôle, il s'en suit un choc thermique frontal, puis la réalisation d'un mouvement de convection tourbillonnaire d'ampleur variable. Chaque année voit ainsi passer un nombre important de perturbations atmosphériques de ce type sur l'Atlantique nord, depuis le Labrador et Terre-Neuve jusqu'en Europe occidentale, souvent au droit des îles britanniques et de la péninsule scandinave.

Selon M. Hontarrède (Met Mar 187), les tempêtes de décembre 1999 qui ont balayé la France se seraient formées vers Terre-Neuve, traversant l'Atlantique chaque fois en seulement 24 heures, à la vitesse moyenne de 110 km/h, en liaison en altitude avec un

La moitié des dégâts de décembre 1999 ne sera pas couverte par les sociétés d'assurance

«courant jet» (jet stream) particulièrement actif : un radiosondage effectué à Brest, le 28 décembre à 0h

temps universel (UTC), enregistra ainsi un vent soufflant à 529 km/h à 8138 m d'altitude.

Au cours de leur traversée de l'Atlantique, les dépressions se sont creusées, d'abord lentement puis de façon explosive, à l'approche de la Bretagne et du Golfe de Gascogne (la côte de part et d'autre de l'embouchure de la Loire a de la sorte subi l'effet des deux tempêtes). Dans le premier cas, les vents ont soufflé à 140 km/h à Rouen, à 165 km/h à Alençon, à 172 km/h à Orly, puis à nouveau à 165 km/h à Colmar, « à l'intérieur du continent » ; dans le second cas, on a enregistré des vents de 198 km/h sur

l'île d'Oléron, de 194 km/h à Royan et de 173 km/h au Cap-Ferret et de 160 km/h à Clermont-Ferrand, en plein Massif central. Chaque fois, les dégâts furent considérables, comparables à ce qu'on a coutume d'enregistrer après le passage des grands cyclones tropicaux, dans les trois bassins océaniques et sur leurs bordures continentales.

Dans la mesure où 1999 a été une année de paroxysme cyclonique dans le bassin de la Caraïbe et dans l'isthme centre-américain, doit-on en conclure que la décharge énergétique dans la partie occidentale du bassin nord-atlantique n'a pas été suffisante et que des remontées d'air chaud (et l'énergie contenue) ont été anormalement fortes? L'importance exceptionnelle du front à l'origine des dépressions génératrices des deux tempêtes du début de l'hiver 1999-2000 ne trouve-t-elle pas tout simplement son explication dans le retard mis par la chaleur estivale à transiter dans la partie superficielle de l'océan (en l'occurrence Atlantique)?

Dans le cadre du réchauffement avéré de l'atmosphère terrestre (de l'ordre de 0,4 à 0,6 degré C au cours du dernier siècle) et de l'augmentation de la fréquence des paroxysmes climatiques, ne doit-on pas s'attendre à des calamités semblables au cours des prochaines décennies? En conséquence, ne doit-on pas prévoir des procédures de mise en réserve de masses financières importantes pour assurer valablement le coût de reconstruction faisant suite aux dévastations qu'on peut attendre au passage de nouvelles tempêtes d'amplitude aussi forte? L. Bengtsson rappelle dans le N° 293 de Science (2001) que les dégâts occasionnés par le passage de l'ouragan Floyd sur la côte est des Etats-Unis, en septembre 1999, ont été estimés, selon les sources et modes de calcul, entre 3 et 6 milliards de dollars.

Les mécanismes de la circulation intertropicale

A partir du moment où on prend conscience, grâce aux moyens modernes d'observation satellitaire, que les mécanismes hydroclimatiques sont solidaires à l'échelle de la planète, la vigilance climatique doit être globa-

le : la connaissance des faits de la zone intertropicale, autant que celle des régions polaires, est indispensable à la compréhension du fonctionnement climatique en zone tempérée. Dans l'hémisphère boréal où les masses continentales sont importantes, ceci n'est malheureusement pas évident pour tous les observateurs spécialistes de météorologie, surtout en France.

Par ailleurs, les perturbations atmosphériques ne doivent plus être considérées comme des anomalies climatiques extraordinaires, même si elles ont parfois des conséquences désastreuses pour les aménagements créés par l'homme. Elles sont le résultat périodique de la circulation atmosphérique et des échanges océan - atmosphère.

On les rencontre sous toutes les latitudes, mais leur présence varie au cours de l'année en fonction de la position astronomique

de la Terre par rapport au Soleil. Sous les latitudes tropicales, les perturbations sont fréquentes durant l'été et l'automne, sous les latitudes tempérées toute l'année, surtout aux intersaisons, mais aussi en hiver lorsque les anticyclones continentaux des hautes latitudes présentent leur maximum de puissance.

Les alizés déterminés par les zones de hautes pressions tropicales sont humides ou secs, selon qu'ils dérivent d'anticyclones maritimes (Açores, Sainte-Hélène dans l'océan Atlantique) ou continentaux (Sahara pour l'Afrique boréale). Ils procurent un beau temps frais et stable sur les bordures occidentales des continents et sont responsables de l'existence de déserts côtiers. Mais, au fur et à mesure de leur progression sur l'océan, les alizés se chargent de vapeur d'eau. Au contact du moindre relief, cette vapeur d'eau se transforme en précipitation, d'où la dissymétrie climatique des îles hautes placées sur leur route («côte au vent» humide, «côte sous le vent» sèche).

L'affrontement des alizés au dessus de l'équateur thermique produit une ascension forcée de l'air qui se traduit par la formation de deux cellules accolées dites de Hadley. Les précipitations produites par l'ascendance de l'air

chaud le long de ces colonnes sont très importantes. Au dessus de l'océan Pacifique, l'observation satellitaire a mis en évidence, au sein de la zone intertropicale de convergence (ZIC), une double cellule équatoriale dite de Walker, d'où un double mur pluvieux surplombant une bande centrale dégagée de 100 km de large expliquant la ride de sécheresse notée au long des îles proches de l'équateur (Micronésie). Le FIT (front intertropical) se déplace sur 2000 km environ en latitude, au cours de l'année (15°N-5°S). Sa charge en humidité varie en fonction de l'état des hautes pressions subtropicales. Il peut être localement rompu par une arrivée d'air polaire. Dans l'hémisphère boréal, lorsque ce front remonte suffi-

samment en latitude, sous l'effet de la migration vers le nord des grands anticyclones et du jet stream, il entraîne à sa suite

l'alizé austral : au passage de l'équateur, le flux d'est, dénommé alizé, s'incurve pour devenir flux d'ouest, dès lors qualifié de mousson humide, par l'aspiration provoquée par les zones de basses pressions continentales.

En Asie, le barrage provoqué par les massifs du Pamir et de l'Himalaya provoque l'entassement, puis le glissement de masses d'air chaud très haut en latitude, ce qui fait que la mousson d'été s'étire le long de la côte chinoise pour atteindre la péninsule coréenne et l'archipel japonais. Les hautes terres d'Amérique centrale semblent provoquer un glissement comparable, bien que moins net, d'air chaud et humide (amassé dans le bassin caraïbe) le long de la côte américaine, parfois jusqu'en Nouvelle Angleterre (au droit du Vermont ou du Massachusetts). Ces flux d'air chaud et humide facilitent la formation de rideaux de fortes précipitations qui se combinent sur les bordures continentales avec les habituelles pluies estivales de convection, liées à la surchauffe du sol et à l'évapo-transpiration du couvert végétal.

A la fin de l'été et en automne, alors que le FIT régresse vers l'équateur, l'humidité procurée par la masse océanique continue à s'accumuler. Les

Pour le seul chapitre sylvicole, on évalue l'étendue des dégâts à 146 M de m³, soit plus de trois années de production nationale

façades orientales des continents et les péninsules sont frappées de plein fouet par une vague de cyclones : sur la côte orientale nord-américaine ; ils arrivent en Floride, en Géorgie ou Caroline du Sud, voire en Caroline du Nord ou en Virginie ; sur la côte orientale de l'Asie, ils atteignent fréquemment la moitié méridionale du Japon. Au droit de Hong Kong, les cyclones, dénommés localement typhons, sont à l'origine de 35 % des précipitations (47 % sont attribués à la mousson proprement dite et 18 % aux mouvements locaux de convection).

La dynamique des cyclones et ses effets sur l'environnement

Les cyclones sont des perturbations intervenant dans les mécanismes généraux qui régissent la circulation des masses d'air dans la zone intertropicale. Ces perturbations sont violentes, à disposition tourbillonnaire, susceptibles de causer des dommages importants, dotés de vents de 118 km/h (force 12 de l'échelle de Beaufort) et plus. Entre 118 et 233 km/h, il est dénommé ouragan (hurricane en anglais) dans la Caraïbe et sur la côte orientale de l'Amérique du Nord, typhon en Asie et dans le Pacifique nord ; on parle de super cyclone, super ouragan ou super typhon lorsque les vents dépassent au sol 234 km/h.

Un cyclone tire son énergie de l'évaporation des couches supérieures de l'océan. Il apparaît à partir du renforcement de perturbations atmosphériques induites par l'évaporation de l'eau d'une surface océanique, intervenant à des températures supérieures à 26°C, aux basses latitudes. Ces perturbations sont particulièrement puissantes lorsqu'elles se forment par l'ascendance rapide de la vapeur d'eau provenant d'une lentille d'eau chaude de plus de 28,5°C, dénommée en anglais *worm pool*, établie au-dessus de la « thermocline » (ligne où la température de l'eau devient stable), dans le lit des alizés, au sein de chacun des trois grands bassins océaniques.

En général, on rencontre les réservoirs d'eau chaude nécessaires à la cycloge-

nèse dans la partie occidentale des océans, compte tenu de la poussée d'est en ouest produite par le flux normal des alizés. Mais, dans le Pacifique, dont le bassin est d'une étendue exceptionnelle, il arrive périodiquement que ce flux fléchisse et qu'on assiste à l'inversion des courants marins. Ce renversement constitue l'ENSO ou phénomène d'El Niño, puisque constaté de longue date au moment de Noël, au large des côtes du Pérou et de l'Equateur.

Parce que l'hydroclimat est plus puissant dans l'hémisphère austral que dans le boréal, El Niño s'exprime principalement dans la partie méridionale du Pacifique. Ce phénomène se produit de manière périodique, sans toutefois avoir de régularité extrême. Les plus récents se situent en 1957-58, 1965-66, 1972-73, 1975-76, 1982-83, 1986-87, 1991-92, 1997-98.

Ceux de 1982-83 et de 1997-98 ont été les plus spectaculaires du XX^e siècle. Il existe des phénomènes comparables tout en étant moins significatifs dans les deux autres bassins océaniques.

Les moyens de télédétection satellitaire ont permis de déceler au cours de la dernière décennie la présence d'une forme de stress affectant l'interface océan - atmosphère. Les ondes marines qui le matérialisent se propagent d'est en ouest (ondes de Rossby) ou d'ouest en est (ondes de Kelvin) à des vitesses trois fois supérieures pour les secondes par rapport aux premières. En ayant un développement plus rapide que le flux d'est, directement lié à l'exercice de la force de Coriolis, le phénomène d'El Niño a toujours une durée limitée ; il apparaît désormais comme le caractère récessif du fonctionnement général de l'hydroclimat du Pacifique (dont le flux d'Est constitue le caractère dominant).

On détecte la présence d'El Niño chaque fois que la lentille d'eau chaude océanique migre vers la partie centre-orientale du Pacifique. On note alors que l'eau de surface augmente de 4° à 5° par rapport à la température établie en valeur moyenne sur une période trentenaire. Ces quelques degrés représentent en fait un volume considérable d'énergie à l'échelle de l'océan.

D'une façon générale, les dépressions tropicales ou cyclones se déplacent donc le long d'ondulations affectant la surface des océans. Durant la traversée de l'océan, ces ondulations se creusent ce qui favorise l'établissement d'un mouvement tourbillonnaire. Les cyclones sont des tourbillons de 100 à 1 000 km de diamètre et de 10 à 12 km d'épaisseur. Au passage du corps principal, formé de strato-cumulus très pluvieux à la base et de stratus en altitude, la température fraîchit, la pression atmosphérique baisse, les vents dépassent très souvent 100 nœuds, particulièrement autour de « l'œil », l'épicentre du cyclone.

Au passage de l'œil, le vent tombe, puis brusquement remonte, occasionnant beaucoup de dégâts, surtout lorsque les pluies déversées ont été préalablement abondantes : c'est le moment des glissements de terrain « en écaille » intervenant sur les

pentades des édifices basaltiques (avalas selon la terminologie créole). L'impact sur les ressources halieutiques et les aménagements humains est, lui aussi, considérable, en particulier lors des marées hautes astronomiques : on peut alors assister à la formation de vagues de plusieurs mètres de haut déferlant sur les côtes et les atolls et y détruisant tout sur leur passage. C'est cette « surcote » qui occasionne souvent les plus graves destructions sur les littoraux.

La course d'un cyclone est capricieuse, car influencée par la moindre rugosité topographique : on dit parfois, de manière évidemment schématique, que « le cyclone tourne autour des îles ». Dans la durée, on constate tout de même de grands alignements dont il faut intégrer la connaissance dans le cadre d'une gestion prévisionnelle des risques. Lorsqu'ils s'introduisent dans les masses continentales, les cyclones se désagrègent rapidement, ce qui n'a pas été le cas des tempêtes de fin 1999 ayant affecté la France, d'où les dommages particulièrement graves sur les forêts du Bassin parisien, du Massif central et des Vosges, aussi importants que ceux notés sur les peuplements de pins de la côte atlantique et de la forêt landaise.

Les tempêtes ont mis en évidence la grande fragilité des forêts monospécifiques de résineux

Du cafouillage médiatique à l'ampleur des dégâts

Le vent est le paramètre pris en compte prioritairement par les météorologues dans l'évaluation d'une tempête et *a fortiori* d'un ouragan. Dans le cas des fortes perturbations qui ont traversé la France entre le 25 et le 28 décembre 1999, on a pu constater que les vents d'altitude étaient trois fois plus forts que d'habitude, le courant jet ondulant anormalement dans la partie orientale de l'Atlantique, renforçant de ce fait la vitesse acquise par les deux dépressions cycloniques (formées à basse altitude au large de Terre-Neuve) lorsqu'elles se trouvèrent au large des côtes françaises ; les rugosités des reliefs continentaux n'ont pas réussi pour cela à freiner la vitesse de déplacement des dépressions comme cela se produit d'habitude, au niveau des basses couches de l'atmosphère. Il semblerait donc qu'il y ait eu emballement des tourbillons dépressionnaires, comme il arrive parfois de le constater dans le développement des cyclones tropicaux, à la suite de modifications des flux d'altitude ou par l'effet d'écran produit par une île haute.

Le modèle de prévision Arpège a permis de simuler le déplacement des deux dépressions tout en minorant son creusement, donc la vitesse des vents, du fait de l'anomalie précitée. L'information a été communiquée en temps utile ; les professionnels de la mer et de l'agriculture ont su l'utiliser, mais les media de masse, par suite d'un manque de culture générale de leurs intervenants, n'ont pas su la répercuter au grand public ; seules quelques

radios locales du littoral atlantique ont transmis les alertes qui s'imposaient. Dans les îles françaises tropicales qui ont l'habitude de voir passer des cyclones, un tel cafouillage médiatique n'aurait certainement pas eu lieu et le nombre des victimes aurait certainement été moindre, en particulier les cas mortels (au total, 87 pour les deux tempêtes), ce qui montre l'extrême fragilité des sociétés techniciennes, lorsque

leurs membres ne sont plus dépositaires d'une connaissance élémentaire de la complexité des environnements biophysiques et socioculturels dans lesquels ils évoluent.

Comme dans le cas d'une dépression tropicale, les tempêtes de décembre 1999 ont occasionné beaucoup de dégâts, en particulier des inondations à la suite de mini raz-de-marée. La « surcote » au Verdon, à l'embouchure de la Gironde, était de 1,50 m et, plus en amont, de 2 m (à Pauillac), voire 2,35 m (à Bordeaux) ; les eaux fluviales avaient en effet grossi par suite des fortes précipitations ayant accompagné le passage de la dépression passée le 27 décembre 1999. Des digues cèdent ; des routes et des voies ferrées furent submergées. Les toitures des habitations souffrirent en grand nombre, le plus spectaculaire étant la chute par milliers d'arbres parfois pluricentennaires.

Le coût des destructions provoquées par les deux tempêtes a pu être estimé à 45 milliards de francs par S. Planton (Aménagement et Nature n° 137, juin 2000), à 60 milliards par J.-N. Salomon (TLGPA, Institut de géographie, Bordeaux III, 2001), voire à 100 milliards par P. Simon d'Axa-réassurance (Aménagement et Nature n° 137). Le décompte « moyen » établi par J.-N. Salomon fait apparaître dans le détail les postes suivants : électricité 20 Md, téléphone 1 Md, équipement 2 Md, transport ferroviaire 0,5 Md, patrimoine historique 0,5 Md, bâti et mobilier des particuliers 26 Md (1,5 million de foyers et des dizaines de milliers d'entreprises), forêt 10 Md ; le total obtenu

représenterait une fois et demie environ ce que la Fédération française des sociétés d'assurances doit assumer en paiements, voire beaucoup plus, si on estime les sinistres de la forêt non à 10 mais à 20 milliards de francs. En fait, sur la base de l'hypothèse moyenne mentionnée, on doit considérer que la moitié des dégâts de décembre 1999 ne sera pas couverte par les sociétés d'assurance, pour trois raisons :

- le capital forestier des particuliers n'est généralement pas assuré ;

- certains sinistres immobiliers jugés mineurs ne sont pas déclarés par les victimes ;

- l'Etat enfin est son propre assureur.

Quoiqu'il en soit, la perte en capital pour la collectivité nationale est indéniabile. Pour le seul chapitre sylvicole, M.-L. Moinet (Science et Vie n° 992, mai 2000) a évalué l'étendue des dégâts forestiers à 146 millions de mètres cubes, dont 95 millions en forêts privées, soit 8 % du volume du bois « sur pied », c'est-à-dire plus de trois années de production nationale (le massif forestier français couvrait, en 1999, 15 millions d'hectares).

Mieux gérer le risque climatique

L'ampleur inégalée des dégâts des tempêtes de décembre 1999 et l'émotion qu'elles ont suscitée en France ont fait prendre conscience de la nécessité d'une meilleure évaluation du risque climatique dans ce pays. Les tempêtes ont mis en évidence la grande fragilité des forêts monospécifiques de résineux : les pins de par leur feuillage pérenne offrent en période hivernale une plus grande prise au vent que les espèces caducifoliées ; or leur système racinaire est superficiel et, donc, un fort vent accompagné ou précédé de pluies abondantes provoque immanquablement la chute d'un très grand nombre de spécimens.

La mise en place de rideaux de feuillus autour des parcelles, comme on le faisait antan, devient souhaitable, de même qu'un accroissement sensible du mélange des essences : la part belle a été faite, depuis un siècle, aux arbres à croissance rapide comme l'épicéa, le pin maritime, le pin Douglas ou le pin sylvestre. Faut-il rappeler, par ailleurs, que l'usage d'écrans de feuillus dans des massifs de conifères, en particulier autour des clairières habitées (les airals), permet de limiter efficacement la propagation d'éventuels incendies, sur de grandes étendues ?

Du fait des grandes tempêtes, on doit se rappeler aussi que les normes en matière d'endiguement des zones basses doivent être revues. D'une façon plus générale, le dispositif de ravitaillement

en électricité, en favorisant l'enfouissement des lignes de moyenne ou de basse tension doit être étendu. Enfin, la probabilité du risque lui-même doit être repensée, afin que les assurances, en cas de récurrence, ne soient pas prises au dépourvu, voire insolubles. Certes, l'Etat, en décrétant ces tempêtes « catastrophes naturelles », peut renflouer la Caisse centrale de réassurance, mais cette dernière doit prévoir des réserves certainement accrues par rapport à ce dont elle dispose jusqu'à présent.

Les aménageurs français officiant à la fin du XX^e siècle ou

au début du XXI^e ne tiennent plus suffisamment compte des avis d'observateurs

locaux qui ont amassé une connaissance empirique étalée sur plusieurs siècles. Le « message des Anciens » en matière de compréhension de la fragilité de certains environnements se perd de façon dramatique. Cette non communication des générations est la conséquence directe de l'éclatement des tissus familiaux provoqué par l'exode rural qui s'est développé sur une vaste échelle au cours des trente années qui suivirent la fin de la Seconde guerre mondiale. L'abandon de la transmission orale, en ce qui concerne la connaissance des milieux naturels, faiblement modifiés par l'action de l'homme bâtisseur, est à l'origine d'une perte irréversible de mémoire collective.

Au-delà des effets déstructurants dus à l'exode rural contemporain, on doit mentionner aussi l'affairisme qui se développe, depuis les années 1970, en matière de transformation rapide de zones agricoles (en voie d'abandon) en espaces résidentiels ou de loisir, grâce à des dérogations ou à des changements inconsidérés dans le zonage des « plans d'occupation des sols ». Telles sont les clefs des disfonctionnements constatés à la surface de la Terre, au fur et à mesure de son anthropisation.

En France métropolitaine comme en France d'outre-mer, on peut aussi noter, à la suite d'une crue particulièrement forte, qu'un établissement scolaire ou un hypermarché est établi, en partie ou en totalité, sur la plaine d'inondation

d'un cours d'eau intermittent ou que des villas se trouvent situées dans une zone pouvant enregistrer des glissements de terrains, conséquence de précipitations exceptionnelles.

Au déficit de prise en compte, par les politiques et certains professionnels de l'aménagement, des facteurs de fragilité de l'environnement, s'ajoute un énorme déficit de diffusion d'informations simples et utiles, compréhensibles pour le plus grand nombre, dans les media de masse. Sur ce dernier point, il faut convenir que, dans une grande mesure, l'efficacité des messages médiatiques est liée à la fréquence des catastrophes.

Dans un pays comme le Japon, la connaissance des risques sismique et climatique est intégrée aux programmes scolaires ; de ce fait, les Japonais, dès leur plus jeune âge, savent les précautions à prendre lors d'un tremblement de terre ou d'un cyclone.

Dans les départements français d'outre-mer, comme au Japon, les risques majeurs inscrits dans la nature sont intégrés aux cycles d'études : dès l'école primaire, et plus encore au collège, puis au lycée, l'enseignement de la géographie insiste, de manière adaptée pour être comprise des jeunes enfants et des adolescents, sur ces risques et leurs pouvoirs de destructions des aménagements anthropiques. Un groupe d'enseignants bénéficiant de décharges horaires fonctionne à l'échelle académique ou rectorale pour produire et diffuser des matériaux didactiques sur support papier, photographique ou électronique.

Dans le cadre des plans « Orsec », les préfets des trois régions insulaires ultramarines (la Guyane n'est pas exposée aux risques tellurique ou cyclonique, car positionnée sur un vieux socle et située en zone équatoriale), en relation avec les grands services de l'Etat et les collectivités territoriales, mènent eux aussi une action de prévention vis-à-vis de la population de leur ressort administratif. Les télévisions et les radios locales participent à ce type d'action dès qu'un « risque majeur » se précise.

De longue date, des observatoires scientifiques assurent une surveillance permanente des zones d'activité volcanique. Les moyens actuels de télédétection satellitaire permettent de juger, très tôt dans la saison estivale, de la possibilité d'être confronté à des cyclones. Mais, si la visualisation des axes de propagation des dépressions à l'échelle d'un bassin océanique est, à présent, précise en termes de mouvement au jour le jour, le passage d'un cyclone garde une probabilité aléatoire : ainsi, seul le cumul d'une observation empirique et d'une connaissance scientifique suffisamment vulgarisée peut inculquer des réactions de prudence et de protection chez les populations.

D'une façon générale, si dans un pays exposé au risque climatique la force destructrice occasionnée par le passage des dépressions reste modérée pendant deux ou trois ans, la vigilance des hommes fléchit inmanquablement. Par contre, une dépression exceptionnelle sera intégrée durablement dans la mémoire collective, voire mythifiée, tel le cyclone Hugo dont a souffert la Guadeloupe, le 16 septembre 1989. Un cyclone arrivé de manière précoce dans la saison accroîtra la vigilance des gens pendant le reste de la période estivale, car souvent un cyclone en appelle d'autres, la « pompe à chaleur » établie sur la *warm pool* fonctionnant toujours sur une longue période. Après plusieurs mois de calme relatif, on craint tout particulièrement la décharge d'énergie d'un cyclone qui a toute chance d'être exceptionnellement puissant : « mieux vaut, dit-on, trois ou quatre bonnes tempêtes qu'un grand ouragan (cyclone) ». Dans tous les cas, des réflexions populaires permettent de mémoriser des réflexes de précaution. Encore faut-il les transmettre.

Partout dans le monde, on observe des aspects climatiques exacerbés et des corrélations entre zones d'extrême sécheresse ou de fortes précipitations, liées à des dépressions cycloniques. On a même donné récemment le nom de La Nina au caractère paroxysmique du régime dit « normal » ou « conforme » de la circulation atmosphérique et hydrologique prévalant au sein de la zone intertropicale, par opposition au phénomène d'El Niño.

Il appartient à présent aux professionnels de la climatologie d'affiner les corrélations existant entre zone intertropicale, régions polaires et zones tempérées afin de mieux maîtriser le calcul de probabilité des phénomènes climatiques catastrophiques pour l'homme. Dans la mesure où les moyens de mesure satellitaires permettent d'avoir une vision complète et unifiée, certes à petite échelle, du système hydroclimatique

de la Terre, on se doit d'avoir une prévision du risque climatique y correspondant, quitte ensuite à l'affiner par grande région continentale.

C'est par des nécessités de sauvegarde des infrastructures humaines qu'on peut le mieux justifier cette réflexion scientifique et ses aspects théoriques, car les nécessités de vulgarisation et

d'application sont devenues évidentes au lendemain des catastrophes précédemment citées.

Pour une application générale du principe de précaution

Les méthodologies accumulées sur la zone intertropicale devrait inciter à

Les méthodologies accumulées sur la zone intertropicale devrait inciter à des révisions sur les zones tempérées

des révisions sur les zones tempérées : on ne doit plus considérer les tempêtes de 1999 comme des faits extravagants, totalement anormaux, «contre lesquels toute prévision est inutile». Au contraire, la possibilité de les voir réapparaître avec une fréquence accrue par rapport aux siècles précédents doit nous conduire à un effort encore plus grand de compré-

hension globale de l'hydroclimat mondial.

Le Plan national (français) de lutte contre le changement climatique constate que, depuis 1750, la concentration en CO₂ dans l'air a augmenté de 30 % et l'ensemble des gaz à effet de serre de 50 % (extraits parus dans Aménagement et Nature, n°137, juin 2000), ce qui pourrait se traduire, si cette tendance se maintient, par un réchauffement de l'atmosphère terrestre de 1 à 3,5°C et, corrélativement, d'une remontée du niveau des mers de 15 à 95 cm, la hausse des températures provoquant des cycles hydrologiques plus vigoureux que ceux actuellement constatés, c'est-à-dire des sécheresses et des inondations de plus en plus sévères. Sur un tel constat, le « principe de précaution » doit naturellement s'appliquer à toute prospective d'aménagement de l'espace, quelle qu'en soit l'ampleur. ●