

# INONDATIONS TORRENTIELLES EN ZONES MONTAGNEUSES AFFÉRENTES AU GOLFE DU MEXIQUE<sup>1</sup>

JEAN-NOËL SALOMON\*

**Mots-clés:** réchauffement climatique, cyclones, tempêtes tropicales, inondations Mexique (golfe).

**Severe flooding in mountain areas near the Gulf of Mexico.** Global warming is no longer contested by the scientific community since there are numerous proofs attesting to it (ice-melt, rising sea levels, ecological modifications, instrumental measurements, information processing, simulations, etc). One of its main consequences is increased evaporation of the oceans which stimulates cyclogenesis. In fact, cyclones have been more frequent and devastating mainly over the past few decades (Katrina in August 2005; Nargis in May 2008), unleashing catastrophic floods. Faced with this situation, various countries took on a different stance. Some of them reacted moderately (Cuba), others with indifference, or relied on their technology (US). The study of several major disasters (Mitch, Katrina, Wilma, etc.) teaches us some lessons. However, certain catastrophic floods were not covered by the media, e.g. the ETCE (Extreme Tropical Climatic Events). Two examples are illustrative in this respect: the Panama and Tabasco (Mexico) events (November 2006 and November 2007, respectively). The consequences of these devastating floods were many casualties and material damage over large areas. After a time, erosion processes become more numerous with disastrous soil loss, particularly in mountainous areas (slopes), moreover so, if used for farming or grazing. Eventually, after a longer lapse of time, the environment grew unfriendly (Haiti's example is unfortunately convincing), so that people began migrating, even going abroad (diasporas). The example of mountainous areas in the Mexican Gulf, Caribbean Sea, shows that climate change was by no means minor, the renewed outbreak of natural disasters triggered by global warming having a major detrimental impact on the environment and the economy with severest consequences for the poorest populations, who can hardly cope with such hazards, a situation that may result in grave social problems.

## INTRODUCTION

La question du réchauffement climatique global ne se pose plus beaucoup en terme de réalité (celui-ci est avéré) mais plutôt en terme de conséquences. Parmi ces dernières, la recrudescence des inondations torrentielles en zones montagneuses interroge. Les inondations sont dues avant tout à de fortes précipitations, soit concentrées dans le temps, soit étendues dans l'espace, soit encore les deux en même temps. Les crues torrentielles et les inondations qui s'ensuivent sont génératrices de catastrophes pour l'homme. Or, le réchauffement climatique global favorise théoriquement l'évaporation des océans et donc les formations nuageuses pluvieuses. Ces dernières décennies, le Golfe du Mexique et les Caraïbes ont été particulièrement affectés. Cet article entend montrer pourquoi cela risque d'empirer et indique ce qu'il conviendrait de faire.

## I. LES INONDATIONS LIÉES AUX CYCLONES

On sait depuis longtemps comment la cyclogenèse opère (cela a été étudié par de nombreux auteurs dont HOARAU 1994). Dans les zones tropicales l'évaporation due à la chaleur latente contenue dans la couche superficielle de la mer et qui est libérée lors de sa condensation en altitude. Plusieurs

---

<sup>1</sup> Paper presented at the IAG Regional Conference on Geomorphology *Landslides, Floods and Global Environmental Change in Mountain Regions*, Braşov, September 15-26, 2008.

\* Professeur, Laboratoire de Géographie Physique Appliquée, Institut de Géographie, Université Michel de Montaigne-Bordeaux-3, Campus Universitaire, 33 600 PESSAC (France) [jnsalomon@yahoo.com](mailto:jnsalomon@yahoo.com).

conditions sont nécessaires à la formation d'un cyclone, en particulier: **la température de la mer** doit être supérieure à 26°C, sur une profondeur d'au moins 50 m, à l'endroit de la formation de la dépression qui deviendra cyclone; le phénomène doit être suffisamment éloigné de l'équateur pour que la **force de Coriolis** puisse agir (5 à 10° de latitude); enfin, **les vents** aux différents niveaux de l'atmosphère doivent être de **direction et de force homogènes**. Si les vents de haute altitude (jusqu'à 15 km) soufflent de manière très différente des vents de basse altitude, la formation du cyclone sera contrariée car l'énergie développée va se disperser et le système aura tendance à se « cisailer ». Dès que le vent soutenu maximum excède 33 m/s (environ 119 km/h) on parle de cyclone (Photo 1).

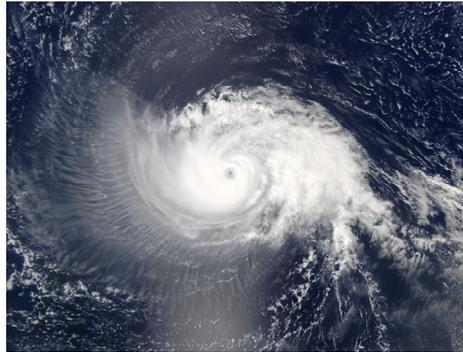


Photo 1 – Katrina en formation au dessus de l'Atlantique le 26 août 2005.

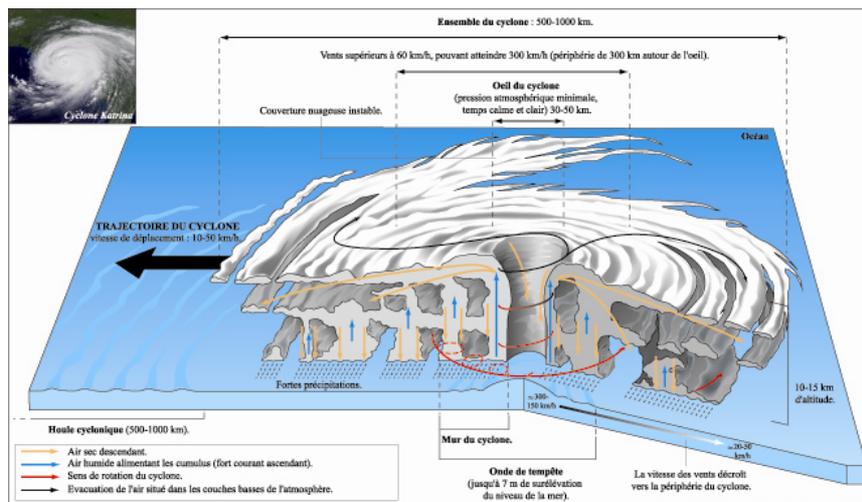


Fig. 1 – Le fonctionnement d'un cyclone tropical de l'hémisphère Nord.

Outre des vents violents (jusqu'à 300 km/h), les cyclones se caractérisent par l'abondance de leurs précipitations (parfois > à 300 mm/jour). Le cumul de précipitations peut être considérable, y compris pour des cyclones d'intensité relativement modeste (en terme de vents), alors que certains « gros » cyclones ne génèrent que peu de pluies. Différents paramètres influencent le cumul des précipitations et le Golfe du Mexique en offre une bonne illustration. Les principaux sont:

– **les reliefs montagneux:** Cordillère centrale de Saint Domingue (3 968 m); Jamaïque (2 257 m); Cuba (2 560 m); Sierras d'Amérique centrale et Sierra Madre orientale du Mexique (à plus de 3 000 m). Ils amplifient les mouvements verticaux, et donc l'instabilité, et les processus de condensation de la vapeur d'eau. Par exemple, le record de précipitations est détenu par l'île de la Réunion avec notamment 1 170 mm en douze heures lors du cyclone *Hyacinthe* le 26 janvier 1980.

- **l’orientation de la trajectoire** du système pluvieux par rapport à celle d’une chaîne montagneuse ou d’un obstacle naturel, ce qui est le cas pour l’Amérique centrale et le Mexique;
- **la vitesse de déplacement** du cyclone, dont la lenteur tend à accentuer les cumuls pluviométriques (le phénomène séjournant plus longtemps au même endroit). Les pluies peuvent être génératrices d’inondations, de glissements de terrains et de coulées boueuses d’ampleur variable.

Les cyclones tropicaux menacent davantage les **îles et les régions côtières** en raison des risques maritimes engendrés: ondes de tempête (phénomène d’intumescence et les vents « poussent » l’eau à la côte), marée de tempête (la mer monte sur la droite du déplacement du cyclone), enfin les vagues de la houle cyclonique (certaines peuvent atteindre jusqu’à 30 m !) qui déferlent sur des rivages souvent plats.

### A) Hispaniola (Saint-Domingue et Haïti)

Cette île très montagneuse (sierras de Baharuco, de Neiba, massif de la Selle et Cordillère centrale culminant à 3 175 m au Pic Duarte) est particulièrement exposée aux risques climatiques ainsi qu’aux coulées de boue et inondations qui les accompagnent. Parmi les derniers événements on peut relever ceux de mai 2004 où les autorités dominicaines annoncèrent 135 morts et 200 disparus pour Jimani. Il est vrai que cette ville de 40 000 habitants, proche de la frontière avec Haïti, était construite sur un cône de déjections ! Ensuite, la « 14<sup>ème</sup> tempête » de la saison 2007 a déversé entre 250 et 500 mm de précipitations sur Hispaniola (Photo 2). Dans certaines zones montagneuses, on estime le total à près de 800 mm de pluies pour quelques jours. Les dégâts ont été importants: 3 000 habitations détruites, 12 000 personnes ont du être évacuées et les communications coupées durablement à la suite de nombreux glissements de terrain, bloquant et isolant des centaines de personnes dans leurs villages.



Photo 2 – Inondations à Saint-Domingue (2007).

**La partie ouest de l’île, Haïti**, subit aussi régulièrement des précipitations importantes et des ouragans. Par exemple, le 18 septembre 2004, l’ouragan Jeanne a ravagé Haïti faisant plus de 1 160 morts et 1 250 disparus. Les effets de la tempête ont aggravé les conditions de vie déjà très difficiles de ce pays (Photo 3). Et le pays avait déjà souffert des pluies diluviennes en mai 2004 qui avaient entraîné le décès de 1 220 personnes. Une autre catastrophe s’est produite en août 2007 provoquant 47 morts et 20 000 sinistrés.

Quand l’air humide est poussé vers la montagne, il s’élève et peut provoquer des pluies torrentielles. Si le vent maintient la perturbation de façon stationnaire, l’eau ruisselle sur les pentes de

la montagne et descend jusqu'au fond des vallées. Les gorges sont comme des entonnoirs qui concentrent et accélèrent le débit de l'eau dont la force ramène et emporte tout sur son passage. Les *crues éclair*, très fréquentes, ennoient tout: les habitations précaires et fragiles y sont facilement emportées, tout comme les cultures.



Photo 3 – Inondations à Haïti (septembre 2004).

Dans l'île d'Hispaniola l'occupation humaine et l'urbanisation tiennent peu compte des phénomènes naturels. Il n'existe que peu d'abris, aussi les dégâts des cyclones sont-ils toujours très importants, notamment en terme de victimes. A Haïti en particulier, l'urbanisation anarchique sur les pentes entraîne régulièrement la destruction de misérables bidonvilles (Photo 4).



Photo 4 – Port-au-Prince (Haïti), un quartier régulièrement affecté par les crues torrentielles.

### **B) Cuba, un pays relativement peu affecté**

Le régime autoritaire de Cuba a les moyens d'imposer l'évacuation de plusieurs millions d'habitants d'autant qu'il a convenablement organisé l'information, la prévention, les secours et les stocks alimentaires. L'interventionnisme cubain, la discipline et la mobilisation générale de l'État et de la population ont permis que les 6 ouragans majeurs qui ont frappé l'île entre 1996 et 2002 ne provoquent que 16 morts.

Pour le cyclone Ivan (sept. 2004) grâce à un système d'alarme et à une organisation préventive stricte dans les communautés locales, le gouvernement fut en mesure de déplacer en quelques heures 2,5 millions de personnes, et de sauver les biens matériels. Avec Ivan, La Havane n'enregistra aucune victime, alors qu'aux Caraïbes on en compta 112, dont 35 aux Etats-Unis. Avec le récent Gustav (août 2008) aucune victime n'a été à déplorer contre 96 dans les Caraïbes). Si on remonte plus loin, en 1998, l'ouragan George tua quatre personnes à Cuba et 600 dans le reste des Caraïbes. Pendant l'ouragan

Charley, Cuba enregistra quatre autres victimes et la Floride, 30. On pourra objecter que les chiffres de la population cubaine ne sont pas les mêmes que ceux des E-U, mais il est vrai que la stratégie préventive de Cuba est très efficace.

**Quel est le secret des Cubains ?** Tout d'abord, il existe une conscience très répandue du risque dans la population, une capacité optimale de recours aux ressources humaines sans besoin de grands moyens et enfin une capacité très rapide de mobilisation en temps réel, impliquant écoles, usines et lieux publics. Par exemple, on évite de construire dans les lieux à risques (vallées fluviales encaissées, zones inondables) les nombreux abris où se rendre sont déterminés à l'avance et chacun sait ce qu'il doit faire. De même, on utilise les nombreuses grottes disponibles et aménagées sommairement, y compris pour les troupeaux (Photo 5). Que nous enseigne l'expérience cubaine ? Qu'un pays qui n'a pas de grands moyens technologiques et de puissantes protections civiles peut malgré tout monter un système d'alerte – et de mobilisation – très efficace.



Photo 5 – Entrée de grotte refuge dans l'est de Cuba.

En dépit des apparences, son accès est très facile y compris pour les troupeaux (cliché J.N. Salomon).

### C) Les grandes catastrophes : Mitch-Katrina-Wilma

En octobre 1998, l'ouragan Mitch frappe l'Amérique centrale (Guatemala, Nicaragua et Honduras). Ce fut l'un des plus meurtriers et puissants cyclones enregistré dans le Golfe du Mexique, avec des vents atteignant 290 km/h. Mitch était l'ouragan du bassin Atlantique le plus fort jamais observé au mois d'octobre, mais depuis il a été dépassé par Wilma (2005). Mitch s'est formé à l'ouest de la Mer des Caraïbes le 22 octobre, s'est rapidement amplifié pour atteindre la catégorie 5 de l'échelle de Saffir-Simpson. L'ouragan a frappé le Honduras puis dérivé ensuite pour se reformer dans la Baie de Campeche, enfin, il frappa la Floride sous forme de tempête tropicale.

Entre le 29 octobre et le 3 novembre, Mitch a plus ou moins stationné sur le Nicaragua et le Honduras, ce qui explique les énormes quantités d'eau déversées (environ 1 900 mm !). Les inondations firent des dégâts estimés à plus de 6 milliards de \$ US (en 2006) et aux alentours de 24 000 morts et disparus ainsi que 2,4 millions de sinistrés.



Photo 6 – Le cyclone Katrina dans le Golfe du Mexique (2005).  
Crédit: GOES 12 Satellite, NASA, NOAA

Katrina (Photo 6) reste inégalé par le coût astronomique des dégâts qu'il a occasionnés notamment en raison des inondations que le cyclone a provoquées (Photo 7).



Photo 7 – Quartier de la Nouvelle-Orléans submergé par l'inondation consécutive à Katrina.

Les vents ont atteint jusqu'à 280 km/h et les précipitations étaient de l'ordre de 300 mm. Le cyclone a littéralement balayé les digues artificielles car **l'onde de tempête**, facteur le plus dévastateur, a été estimée à une vague de + 6 m. Cette onde de tempête est générée tout d'abord par la faible pression atmosphérique qui s'observe à la base du cyclone ce qui provoque une élévation du niveau de la mer qui peut dépasser localement les deux mètres de hauteur. Cette onde fut également renforcée par les vents qui tournent dans le sens contraire d'une aiguille d'une montre et à l'approche de l'estuaire, elle fit obstacle aux eaux fluviales descendantes qui vinrent littéralement s'empiler sur ce « mur liquide », ce qui fit monter le niveau des eaux en amont et renforça les risques de submersion des digues. On comprend vite pourquoi les digues isolant la Nouvelle-Orléans de la mer, du Mississippi et du Lac Pontchartrain furent rapidement emportées. Il y eut environ 1 500 morts et entre 100 et 200 milliards de dollars de dégâts (Salomon, 2006).

## II. LES INONDATIONS LIEES AUX EVENEMENTS CLIMATIQUES EXTREMES TROPICAUX (ECET)

Si les cyclones sont bien connus des médias, il n'en est pas de même des événements climatiques extrêmes tropicaux ou ECET, qui pourtant sont également très catastrophiques.

### A) Panama

En prenant comme référence les travaux récents de Beniston et Sephenson (2004), BENISTON et GOYETTE (2007), ainsi que les travaux des *Special Issues* de *Global and Planetary Change*, n° 44 et 57, on peut appeler Événements Climatiques à Caractères Extrêmes (*Extreme Climatic Events*) ou ECE, l'ensemble des manifestations climatiques inhabituelles, mais avec une certaine fréquence de retour, qui se déplacent dans une série temporelle de forte intensité, au-dessus ou au-dessous des valeurs médianes ou modales.

Dans le domaine sous influence climatique tropicale atlantique de la région caraïbe, entre 10° et 25° de latitude N et des reliefs dépassant les 2 000 m, les ECE associés à des pluies et des vents extraordinaires par leur intensité sont fréquents et variables (Pagney 1966, Demangeot 1999, Marshall *et al.* 2001). Leur existence engendre dans ces bassins versants de moyennes montagnes, dominant des plaines côtières, de forts risques géomorphologiques et d'inondations (DIAZ del OLMO *et al.*, sous presse).

L'ECET se manifeste par une inflexion du courant pluvieux en altitude qui, sur le flanc montagnard, développe une zone de basse pression forçant le front subtropical à se bloquer. Il peut descendre en latitude vers la fin de l'automne et pendant l'hiver astronomique, en générant des advections d'air froid en domaine tropical, similaires à celles que l'on connaît sous les latitudes subtropicales. Ce phénomène engendre des précipitations localisées tout le long du front. Cependant, la combinaison d'un air froid dans les hautes et moyennes couches et d'un air chaud et humide en provenance de la surface de la mer Caraïbe peut donner des précipitations diluviennes. Quelquefois ce front subtropical se combine avec une *Onda Tropical* qui apporte également un air chaud et humide (Photo 8). À ce moment là les pluies peuvent atteindre de très grandes intensités sur quelques heures (jusqu'à 1 000 mm/24 h!). À titre de comparaison, ces intensités sont équivalentes à celles atteintes par les averses cycloniques et orographiques tropicales lors des cyclones Denise (7/1/1966) ou Hyacinthe (15/1/1980) à l'île de la Réunion (parmi les records mondiaux, mais il est vrai sur 24 h).

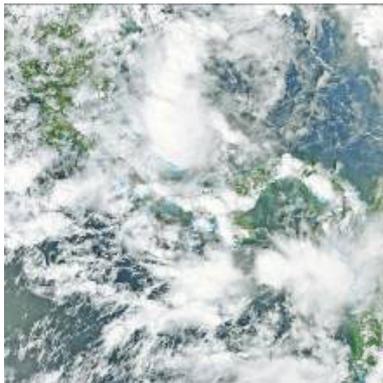


Image MODIS du 20/11/06.  
Noter l'avancée du front (masse nuageuse) sur le littoral caraïbe costaricien avec des extensions (masses nuageuses moins denses).



Image MODIS du 21/11/06.  
Le front se situe sur la partie centrale de Panama, avec d'importantes masses nuageuses sur la terre ferme et en particulier sur la côte au sud de Colon.

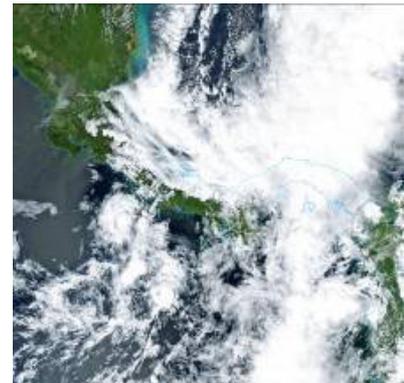


Image MODIS du 22/11/06.  
Le front avance vers l'Est en conservant une importante nébulosité sur le domaine caraïben de Panama.

Photo 8 – Images de l'avancée du front de perturbation sur la côte orientale centre-américaine.



Fig. 2 – Le bassin-versant du río Miguel de la Borda. Noter le sous-bassin qui draine la localité de Guásimo (en hachures verticales grises), d'une superficie de 430 km<sup>2</sup>.

L'ECET du 21 novembre 2006 a affecté le versant caraïbe de Panama (Fig. 2). Ce jour là, le débit du río Miguel de la Borda a atteint plus de 3 400 m<sup>3</sup>/s, s'écoulant sur la plaine d'inondation du village de Guásimo (province de Colón), c'est à dire **plus de 100 fois son module annuel**. Le niveau de l'eau monta de **11 m** au-dessus de celui du module ordinaire du mois correspondant, dépassant de 1 m les toits des habitations se trouvant dans la plaine alluviale et provoquant la destruction de la localité (Photos 9, 10 et 11).



Photo 9 – Guásimo le 22 novembre 2006.

Au centre, les maisons qui ont résisté à l'inondation (environ 8). En haut à droite, on devine le lit ordinaire du rio (souligné par le rideau discontinu d'arbres), l'eau s'écoulant vers la droite. En bas à gauche, se trouve le cimetière qui a été épargné. Vue aérienne fournie gracieusement par le Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).



Photo 10 – Guásimo avant l'inondation (septembre, 2006).

Une évaluation hydrologique suivie permettrait tout d'abord une confrontation (et une réévaluation au besoin) avec les scénarios globaux du changement climatique du GIEC (et de voir les répercussions pour la Mésio-Amérique) élaborés avec de grandes approximations spatiales. Ensuite, le rôle de **l'importance du maintien de la couverture végétale** en tant que « facteur régulateur » de crue est confirmé.



Photo 11 – Guásimo après l'inondation (décembre, 2006).

La modélisation et les scénarios du cas de Guásimo expriment de façon frappante l'importance de la couverture végétale comme facteur régulateur (POMEL et SALOMON, 1998). Dans les années 1980 plus de 80% du bassin-versant était recouvert d'une forêt pratiquement intacte. Mais en 1986, l'écosystème forestier ne protégeait plus que la moitié du bassin hydrographique du rio Miguel de la Borda.

## B) Tabasco

Au début du mois de novembre 2007, de graves inondations ont frappé l'Etat de Tabasco, dans le sud du Mexique. Un million de personnes ont été touchées dans cet Etat du sud mexicain, à 80% sous les eaux. La capitale, Villahermosa (750 000 habitants), s'est trouvée en partie paralysée. La totalité des récoltes ont été perdues selon les autorités. Le rio Grijalva a vu son niveau monter de 2 m au-dessus de son seuil critique. Le président Calderon a déclaré qu'il s'agissait là des pires inondations que le Mexique ait connues.

Les inondations sont généralement dues à des pluies torrentielles (SALOMON 1997) soit localisées, soit généralisées. Pour le Tabasco, les précipitations ont été de 535 mm en septembre et de 676 mm en octobre soit respectivement 157% et 188% au-dessus de la normale (moyenne historique). Les fortes pluies s'expliquent par la conjonction de toute une série d'événements météorologiques. Du 1<sup>er</sup> au 18 septembre, le passage de trois dépressions tropicales (numérotées 32, 33 et 34), ajouté à une arrivée d'air humide en provenance du Pacifique et de l'Atlantique, a engendré des intensités de plus de 100 mm/jour sur l'ensemble du Chiapas et des plaines du Tabasco, et ce sur près d'une semaine, si bien que dès le 14 septembre, Villahermosa fut inondée (Photo 12). Par ailleurs, pendant les dix premiers jours d'octobre, une forte arrivée d'air tropical humide (des deux océans) s'est combinée avec la « dépression n° 35 », ce qui engendra des pluies locales très fortes. À tout ceci s'est ajoutée la « dépression tropicale n°11 » sur le Golfe du Mexique qui a fourni également, sur l'ensemble de la région, des pluies abondantes. Et entre les 18 et 25 du même mois, le « front froid n°7 » s'est confronté avec la masse d'air tropical humide maritime.

Il est donc évident que la conjonction de plusieurs causes pluviogènes est favorable à la formation d'inondations, mais il faut aussi tenir compte de la déforestation incontrôlée de cette région. Le Mexique a perdu la moitié de ses forêts en seulement 50 ans. Dans ce cadre, le Tabasco a connu, du fait de l'élevage et de l'agriculture, une réduction de plus de 60% de sa couverture végétale naturelle entre 1980 et 2005. Les écosystèmes ont alors perdu une grande partie de leur capacité d'absorption de l'eau de pluie, ce qui facilite les crues fluviales.



Photo 12 – Les inondations dans l’Etat de Tabasco au Mexique (novembre 2007).

Mais la tragédie qu’a vécue le Tabasco est aussi en partie d’origine humaine en raison de l’absence de toute action politique dans le domaine de l’environnement et de la faiblesse d’infrastructures de prévention (digues et barrages le long des rios Grijalva et Usumacinta pour réguler les débits). Suite aux ouragans et tempêtes comme Michelle, Emily, Stan et Katrina, la Pemex (compagnie pétrolière du Mexique) a donné environ 133 millions d’euros au Programme intégral contre les inondations (PICI). Cet argent a été confié aux différents gouverneurs avec pour finalité de faire des travaux d’infrastructure et des habitations pour que les gens qui vivent dans les zones inondables puissent s’y installer. Cependant, ces travaux n’ont jamais été faits.

### III. LES CONSEQUENCES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIO-ECONOMIQUES

Les inondations torrentielles en région montagneuse ont toujours existé, notamment en régions tropicales maritimes, car elles y sont favorisées par la conjonction de la présence de grandes masses d’air humide et chaud et la possibilité d’ascendances orographiques. De plus la présence de fortes pentes induit un risque supplémentaire. Mais jamais elles n’avaient fait de tels dégâts. C’est bien l’homme qui a accru considérablement et directement leur dangerosité de par ses aménagements, plus ou moins pertinents ; et indirectement par son intervention accrue dans le réchauffement climatique actuel : les cyclones et les ECET sont à la fois plus fréquents et plus violents (Fig. 3).

#### A) La dégradation de la forêt et les fuites de terres (Haïti)

L’une des premières causes concernant l’accroissement des risques est sans aucun doute **la déforestation**. Sans pour autant revenir sur les causes multiples et complexes de cette dernière, force est de constater qu’elle conduit à des conséquences catastrophiques sur le plan de l’érosion, de la conservation des sols, de l’agriculture, des risques et en définitive de l’économie en général.

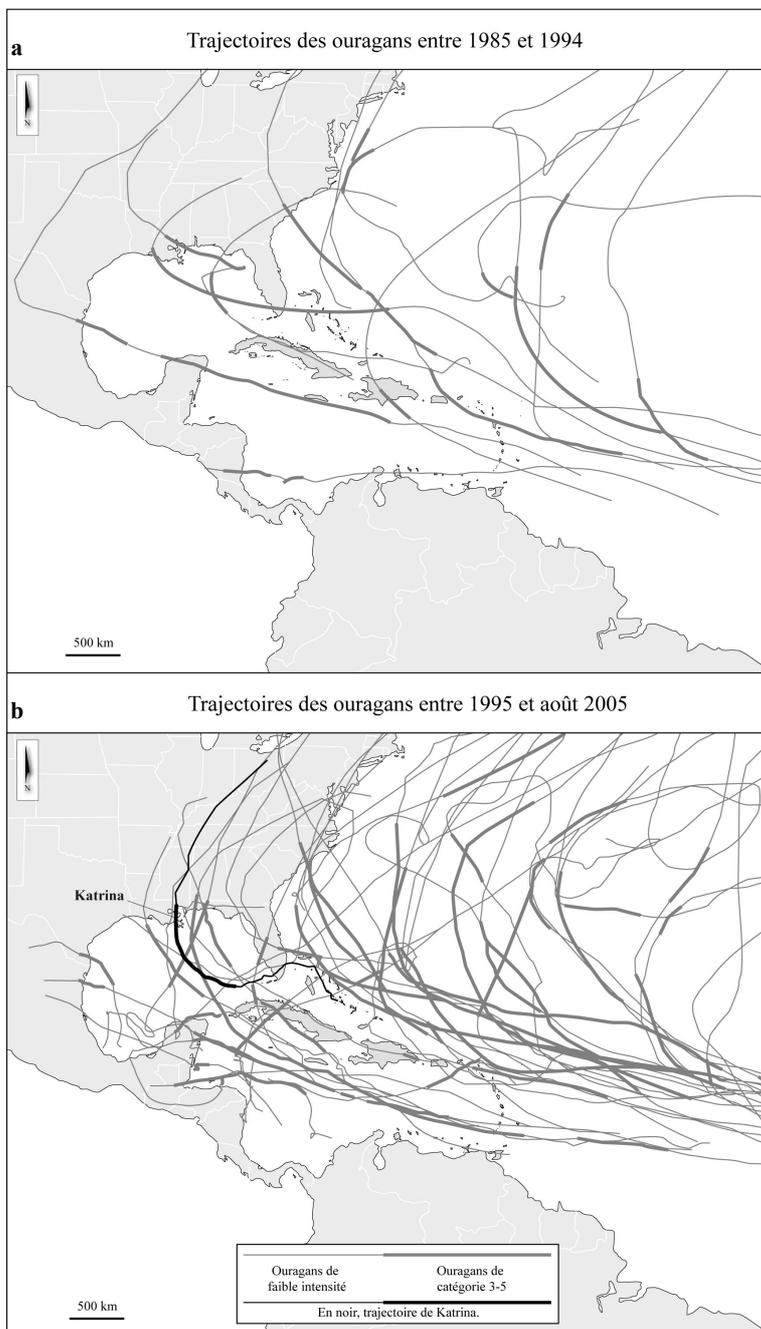


Fig. 3 – L'augmentation du nombre d'ouragans entre la période 1985/1994 (a) et celle de 1995/2005 (b).

L'exemple de Haïti peut servir de modèle (à ne pas suivre). Dans ce pays, l'extrême pauvreté de la population a entraîné une intense déforestation. En effet, le charbon de bois, principale source d'énergie utilisée par les Haïtiens, est souvent aussi le seul moyen de gagner quelques gourdes (monnaie locale). La pression démographique du pays (densité de 307 habitants/km<sup>2</sup> en 2008) a entraîné une déforestation dramatique. En 1950, un quart du territoire était recouvert de forêts; aujourd'hui, les espaces forestiers en occupent moins de 2%.

Soumis régulièrement au passage de cyclones dont les effets sont accrus par l'effet orographique et par la disparition de la couverture végétale protectrice, Haïti est soumise à une violente érosion des sols.

### **B) Agriculture, récifs, pêche et tourisme (comparaison avec le Costa Rica et son écotourisme)**

Dans l'ensemble des pays concernés, les sols ont été rapidement érodés et emportés, laissant parfois apparaître le sous-sol rocheux (Photo 13) et rendant de nombreux secteurs incultivables (cf. *infra*) de façon définitive (point de non retour). Les matériaux et sédiments se retrouvent naturellement dans les cours d'eau qui sont obstrués par la boue ou les embâcles, ce qui modifie leur cours naturel et accroît les inondations. De plus les sédiments les moins grossiers ont été emportés jusqu'à la mer où leurs panaches, vannés par la mer, ont envahi les récifs coralliens, amenant leur sclérose ainsi que la disparition de la pêche artisanale. Du coup, l'industrie touristique peut être frappée à son tour par la mauvaise image qui se dégage de ce délabrement environnemental et paysager.



Photo 13 – A Haïti, les cultures sur sols exposés à l'érosion sont très menacées par le passage des cyclones.

La faiblesse des États, leur inefficacité devant une situation exceptionnelle et leur niveau de corruption élevé, expliquent l'ampleur des catastrophes. L'urbanisation n'est pratiquement pas contrôlée: les quartiers les plus affectés sont des bidonvilles édifiés sur des marécages en bord de mer comme celui de Raboteau, aux Gonaïves (Haïti). Les infrastructures sont souvent à l'abandon : la voirie n'est pas entretenue; les réseaux d'égouts, insuffisants et en mauvais état avant les tempêtes, sont régulièrement détruits; le lit des rivières et les canaux ne sont pratiquement pas nettoyés. Quelques jours de deuil national ne remplacent pas des mesures de prévention, des plans d'évacuation et des outils techniques et législatifs permettant de limiter l'impact des catastrophes! Enfin, les ressources nécessaires pour se prémunir contre les désastres (constitution de stocks, protection de l'habitation) sont absentes.

Sans doute les très forts cyclones, de même que les ECET ont donné des pluies impressionnantes, mais **seule la pauvreté** peut expliquer un tel bilan. La population victime, tant au Tabasco, en Amérique centrale ou dans les îles Caraïbes, est celle qui s'entasse sur les terrains dangereux: versants instables et zones inondables. L'eau d'inondation recouvre les habitats de fortune des pauvres qui s'y sont installés illégalement, au bord des rivières. Les **aménagements préventifs** sont quasiment inexistants et la plupart de ces pays pauvres ne disposent pas de technologie pour diffuser les mises en garde, ni les ressources pour organiser les secours à grande échelle. Les pays pauvres ont beaucoup de mal à se relever de ces catastrophes d'autant plus que les gens ne sont pas assurés. Au Honduras, Mitch a détruit 12 000 hectares de bananeraies mettant au chômage 16 000 travailleurs.

Une des conséquences souvent constatée est alors l'exode: chaque catastrophe se traduit par des départs massifs vers les villes. Or ces dernières sont déjà surpeuplées et la venue brutale de migrants accroît à nouveau le risque. Alors, souvent, l'émigration vers l'étranger apparaît comme le seul espoir. Elle vient alimenter les diasporas fixées dans les pays riches, générant des problèmes d'intégration.

### CONCLUSION

Les trois-quarts des dégâts économiques concernent les pays développés alors que 85% des victimes des calamités naturelles sont recensés dans les pays pauvres. Il existe donc une inégalité structurelle devant le risque climatique. Après la tempête tropicale de 2004, Haïti a vu se succéder six mois de violents troubles politiques, amenant la fuite du dernier président élu. Les inondations catastrophiques ont laissé le pays dans la désolation et les incidents récurrents montrent que la stabilité politique, préalable à tout espoir de développement, est loin d'être assurée.

En fonction de cela il est possible de développer **trois types d'actions intégrées**:

1. élaborer des systèmes **d'alerte** et surtout **de prévention**, pour réduire la vulnérabilité des populations;
2. proposer de nouvelles orientations de conservation de la nature, fondées sur la **protection de la forêt** en tant qu'aires de régulation hydrique;
3. mettre en place une gestion adaptée aux principes d'incertitude par rapport aux systèmes naturels fluctuants.

Loin d'être un fardeau coûteux, **la gestion préventive des événements naturels** constitue, pour les pays qui la pratiquent, un avantage économique indéniable.

### BIBLIOGRAPHIE

- Diaz del Olmo, F., Salomon, J.N., Martinez, Batle, J. R. et Camara, R. (sous presse), *L'événement climatique extrême tropical (ECET) du 21 novembre 2006: analyse hydro-géomorphologique et gestion intégrée des bassins-versants hydrographiques tropicaux*, in Cahiers d'Outre-Mer, Inst. de Géog. Univ. Bordeaux 3.
- Hoarau, K. (1994), *L'intensité des cyclones tropicaux du SO de l'Océan Indien. Les risques et les dégâts à la Réunion*, Thèse de doctorat, Univ. Paris IV-Sorbonne, 499 p.
- Pomel, S. et Salomon, J.N. (1998), *La déforestation des pays tropicaux*, Collection Scieteren; P.U.B., 160 p. 8 fig., 3 tab., 12 photos.
- Salomon, J.N. (1997), *L'homme face aux crues et inondations*, Collection Scieteren; Presses Universitaires de Bordeaux. 136 p. 18. Fig., 6. photos couleur.
- Salomon, J.N. (2006), *Autopsie d'une catastrophe annoncée: Katrina et la Nouvelle-Orléans*. Bull. Trav. L.G.P.A., Inst. Géogr. Univ. Bordeaux 3, pp. 59-69. 3. fig.

Reçu le 11 Mai 2009