

Institut Veolia Environnement

**Le Rapport Stern sur l'économie du  
changement climatique : de la  
controverse scientifique aux enjeux  
pour la décision publique et privée**

Jean-Charles Hourcade  
Stéphane Hallegatte

Cired ( Cnrs - Ehess - Enpc - Engref)  
Equipe associée au Cirad et à Météo France

## Sommaire

<b>I. Préambule : un entrelacs délibéré entre science et géopolitique</b>	<b>3</b>
<b>II. Trois questions autour du Rapport Stern</b>	<b>4</b>
1. Le message « Stern » sur les dommages climatiques est-il crédible ?	4
2. Comment interpréter les clairs-obscurs de Stern sur les politiques de décarbonisation ?	10
3. Quels enjeux pour les acteurs économiques ?	12
<b>III. Trois éléments clefs sur la nature des risques climatiques</b>	<b>15</b>
1. Interactions entre inertie et incertitude dans le secteur des infrastructures	15
2. Problèmes d'évaluation du coût des catastrophes naturelles	17
3. Coûts politiques des catastrophes environnementales	18
<b>IV. Changement climatique, entre risques et opportunités</b>	<b>20</b>
Références bibliographiques	21
Notes sur les auteurs	22

## I. Préambule : un entrelacs délibéré entre science et géopolitique

Le succès médiatique du rapport Stern vient de ce que son message, de fait inquiétant sur les dommages du changement climatique, est lancé non par des écologistes, mais par un ancien économiste en chef de la Banque Mondiale, mandaté par le gouvernement anglais. On ne peut donc totalement séparer l'analyse du contenu du rapport et celle de son contexte, si on veut pouvoir en saisir les implications pour les décideurs :

- le rapport Stern prend son sens dans une *gesticulation géopolitique entre le Royaume-Uni et les USA*. Tony Blair voit dans le changement climatique une menace aussi importante que le terrorisme pour la sécurité globale et avait imposé le phrasé suivant au G8 de Gleenagle (2005) : “ *We will act with resolve and urgency to meet our shared and multiple objectives of reducing GHGs emissions, improving the global environment, enhancing energy security and cutting air pollution in conjunction with our vigorous efforts to reduce poverty*” .

- le *tempo de la publication* du rapport a été calculé pour influencer sur le quatrième rapport du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (Giec), fût-ce au prix de quelques 'prises de risques' scientifiques. Les rares études économiques publiées sur le coût global du changement climatique avançaient en effet des chiffres de 1% à 2 % de pertes (Nordhaus, 2006), Tol (2002a,b) ou Mendelsohn et al., (2004), soit une fourchette de valeurs dont la modestie ne manquait pas de surprendre les non économistes au sein du groupe II du Giec. Le fait que Stern mette son crédit d'économiste de premier plan au service de chiffres très élevés changea en partie la donne lors de la rédaction du résumé pour décideurs du groupe II.

- Ce *mélange entre science et politique* suscita de fortes réactions. Au-delà des habitués du débat climatique intervinrent des économistes de premier plan comme Martin Weitzman ou Partha Dasgupta. Les plus critiques accusent Stern soit d'avoir fait un rapport politisé, soit d'avoir soutenu une thèse juste (il faut agir vite) sur de mauvais arguments (nous savons prévoir assez les dégâts futurs pour les chiffrer). Il est intéressant de noter cependant que la tendance générale est de dire que, quelles que soient les critiques qu'on peut lui adresser, *Stern a le mérite d'explicitier les raisons d'une politique alternative de celle de Bush* et que sa position a obtenu le *soutien de quatre prix Nobel d'économie* et non des moindres (Robert Solow, James Mirrless, Amartya Sen, Joseph Stiglitz).

- Il est enfin symptomatique que les controverses se soient concentrées sur l'évaluation des dommages, alors que ce thème ne représente que 20 % des pages du rapport. Or, *les questions de coût de l'action préventive de décarbonisation et des principes de coordination internationale des politiques climatiques sont tout aussi importantes*.

- Nous redresserons cette asymétrie ci-après en discutant du rapport Stern à la fois sur la question des dommages et sur celle des politiques de décarbonisation, puis nous en viendrons aux conséquences stratégiques à en tirer pour les acteurs économiques.

## II. Trois questions autour du Rapport Stern

### 1. Le message « Stern » sur les dommages climatiques est-il crédible ?

Il faut d'abord distinguer les cinq chapitres du rapport Stern consacrés à un diagnostic détaillé des risques du changement climatique de celui, le sixième (Economic Modelling of Climate Change Impacts) qui en donne une évaluation monétaire. On peut s'interroger sur la signification d'une telle évaluation vu les incertitudes qui caractérisent des horizons si lointains ; mais il importe d'en saisir les termes ; elle est typique d'une tradition anglo-saxonne d'analyse coût-bénéfice qui impose d'exprimer les coûts des dommages et les coûts de prévention dans les mêmes unités et qui contribue à formater les débats internationaux. Mais il importe tout autant de ne pas oublier le contenu des cinq autres chapitres qui font apparaître les défis et opportunités du dossier climat pour les acteurs économiques et sociaux.

#### 1.1. De la portée de débats apparemment abscons sur des choix de coefficients

Stern exprime les dommages dans une métrique, les consommations par tête en équivalent 2005, dont il faut comprendre la logique. Cela implique d'entraîner le lecteur dans des développements qui lui paraîtront une forme moderne de la *querelle du sexe des anges* mais qui expriment en termes savants des types d'arguments et des visions du monde bien réels.

- La force de l'indicateur de Stern (Annexe 1) est de présenter un *coût permanent*, chiffre simple qui résume les profils de perte sur un siècle: soit une séquence de dommages se produisant entre 2050 et 2150 et qui fait baisser les niveaux de bien-être des ménages (par exemple 2% en 2050, 5% en 2080) par rapport à une référence donnée (une croissance de 1,3 % par an). Stern agrège ces pertes sur deux siècles en calculant quelle baisse de la consommation aujourd'hui (suite à un hypothétique choc) donnerait, si elle était suivie d'une reprise de la croissance à 1,3 %, la même perte agrégée de bien-être. C'est comme si on perdait « *now and forever* » n % de consommation (voir encadré ci-dessous).

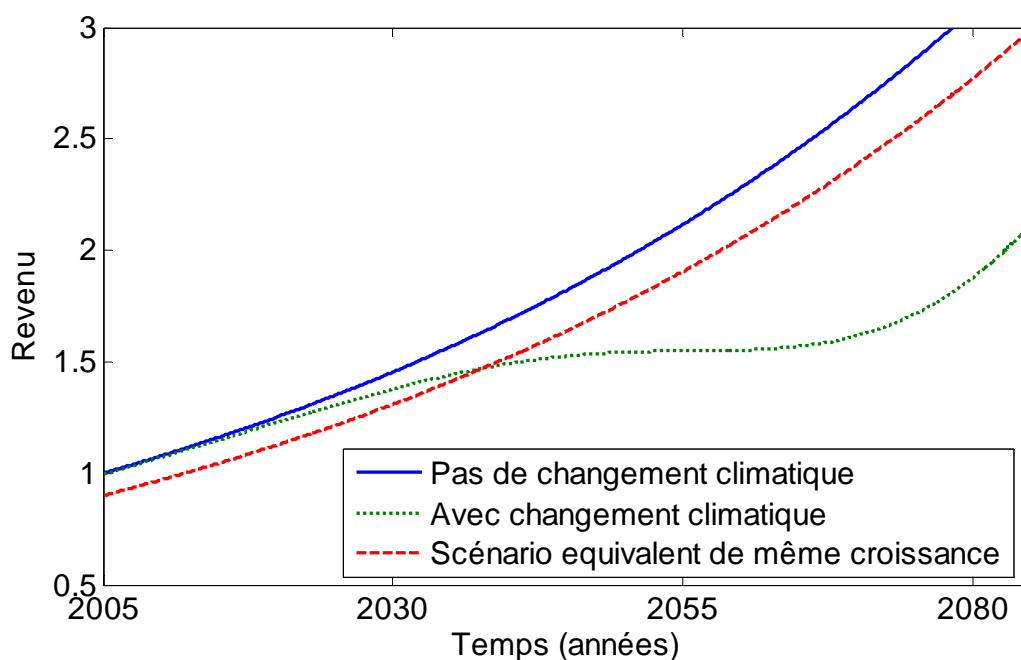
- Ce calcul dépend du taux d'actualisation de long terme « *r* » qui permet de ramener un gain ou une perte future de bien-être à une valeur actuelle équivalente. Celle-ci est la privation ou le surcroît de consommation qu'il faudrait opérer aujourd'hui pour obtenir ce gain ou cette perte, suite à la variation de l'investissement qui en résulterait. Le taux *r* dérive de l'équation  $r = \rho + \eta.g$  qui représente de façon très abstraite les *interactions entre préférences et progrès technique* :  $\rho$  est le taux de préférence pure pour le présent (ppp), et  $\eta.g$  le gain de bien-être que l'on retire de l'investissement. Celui-ci est le produit de  $g$ , le surcroît de consommation et de  $\eta$  qui décrit comment l'utilité marginale décroît avec le revenu (si les générations futures sont plus riches, un euro leur rapportera une moindre utilité). On voit l'importance de  $\rho$  (la valeur que l'on accorde au futur) vu le décalage temporel entre abattement des émissions et dommages évités : si le coût *now and forever* de dommages en 2100 est évalué à 5% de la consommation actuelle avec la valeur  $\rho = 0.1\%$  choisie par Stern, il passe à 0.75% avec un  $\rho$  de 2 % fréquemment retenue par les modèles de croissance.

### Encadré : le calcul du « coût permanent » du changement climatique

Pour chaque scénario, le calcul effectué procède de la façon suivante :

- sommation des utilités des flux de consommation entre 2005 et 2200 ; on tient donc compte du fait que si Peter est plus riche que Pedro, 1 € de plus sur son compte en banque accroîtra son bien-être moins que ne le fera le même euro dans la poche de Pedro,
- affectation à chacune de ces utilités d'un poids décroissant au fur et à mesure qu'on s'éloigne dans le temps, c'est le taux de préférence pure pour le présent ( $T_{ppp}$ )
- détermination de la consommation équivalente par tête en 2000 qui affectée du même taux de croissance donnerait la même utilité agrégée que le calcul précédent.

On part d'un scénario de base sans dommage (ici, 1,3 % en moyenne sur deux siècles, courbe bleue pleine). Dans les scénarios avec dommages, on a une croissance plus faible du revenu (courbe pointillé verte). On crée un scénario équivalent (courbe rouge), dans lequel le revenu croît à la même vitesse que dans le scénario sans dommage et qui donne une utilité équivalente au scénario avec dommage. La différence entre le revenu en 2005 du scénario sans dommage et du scénario équivalent donne le coût dit « permanent » du changement climatique.



- Stern justifie son choix par des considérations éthiques sur les *droits des générations futures* : en 2100 celles-ci pèsent 0.82 fois la génération 2005 contre 0.13 avec des  $\rho$  de 2%. Le réalisme mais aussi le caractère éthique d'une ppp si faible sont de fait contestables. En effet, dans un modèle de croissance, un tel intérêt porté au futur conduit à prôner un fort taux d'épargne immédiat, en d'autres termes *un sacrifice des générations présentes* au nom des

'lendemain qui déchantent'. On rappellera que c'est pour éviter, dans les années cinquante, que l'on soit tenté d'imposer des sacrifices immédiats trop élevés au nom des « lendemains qui chantent » (la scène était alors dominée par les débats sur les schémas d'accumulation primitive du socialisme réel) que les économistes (Koopmans) furent amenés à adopter des ppp de 1% à 3%.

- *Ce débat est en partie mal posé* car on peut considérer qu'une ppp très faible ne fait que *pallier les biais des outils utilisés* et des limites de l'état de l'art de l'analyse économique en ce domaine :

- *absence de l'environnement dans la fonction d'utilité* : cette fonction ( $U(C)$ ) ne peut éclairer le choix entre aider nos descendants en leur léguant plus de capacité à consommer ou une meilleure qualité de l'environnement. Si nos descendants sont plus riches, l'utilité marginale de leur consommation sera plus faible et ils attacheront une plus grande valeur relative à la qualité de l'environnement. Supposons, pour faire image, que nos descendants ne puissent vivre qu'en zone Nordique, le reste de la planète étant devenu inhabitable. Nous les aurions privé de l'accès à tout un environnement naturel, alors même qu'ils lui auraient accordé une grande valeur. Pour tenir compte de la préférence pour un climat stable (ou de la réticence à se lancer dans un pari Faustien avec la planète) il eût fallu inclure l'environnement dans la fonction d'utilité.

- *prise en compte inadéquate de l'aversion au risque* : Stern procède par tirage Monte-Carlo de multiples scénarios et calcule l'espérance mathématique des pertes. Comme l'utilité marginale des revenus décroît, un scénario qui donne un revenu de 100 (par suite de gros dommages climatiques) pèse davantage, dans ce calcul, qu'un scénario où le revenu est de 110. Mais cela ne permet pas de comparer un scénario peu risqué à 100 et un scénario dont la moyenne est de 120 mais avec une énorme incertitude liée aux risques climatiques. On devrait en principe introduire ici une autre fonction, à savoir celle qui permet de comparer des loteries plus ou moins risquée (fonction dite Von Neumann - Morgenstern) ; sa courbure  $\zeta$  donnerait l'aversion au risque. Elle est généralement supérieure à un (2 pour Gollier 2007) ce qui rehausse la valeur actuelle des risques. Mais il n'y a pas aujourd'hui de façon simple d'introduire une telle fonction dans un modèle calculable sur une base empirique minimale et faire comme s'il était possible de simplement relever la valeur de  $\eta$ . Le faire aurait comme résultat un taux d'actualisation plus élevé qui réduirait la valeur des risques futurs. On ne peut ici que prendre acte des limites de l'analyse économique courante sur un point d'importance : en effet, il est clair que la même perte de valeur économique aura plus de conséquences en bien-être pour un Indien que pour un Européen. Mais en même temps, les Européens, plus riches, sont plus averses au risque climatique et, sans cynisme aucun, on ne peut que constater, au vu de l'expérience, que certains « accidents » touchant une centaine d'entre eux pourront avoir des conséquences médiatiques et politiques (donc économiques) plus importantes que les mêmes accidents touchant vingt fois plus de « pauvres ».

- *sous-estimation de la valeur des risques de 'catastrophes'* : la distribution des tirages Monte-Carlo donne des probabilités ex-ante d'évènements rares mais catastrophiques ; or, comme ces évènements sont très rares, ils comptent peu dans le calcul de l'espérance mathématique des dommages. La critique de Weitzman est ici pertinente qui explique que le

traitement standard (loi normale) est inapproprié en cas de phénomènes à variance infinie. Des tirages Monte-Carlo sous-estiment la probabilité des occurrences catastrophiques et la distribution réelle des risques peut avoir des « queues épaisses » au lieu de la plongée vers zéro des grands risques rares que retiennent la plupart des analyses.

## 1.2. Un diagnostic précis et inquiétant sur la réalité des risques

La polarisation des débats sur la valeur actuelle des dommages a pu faire oublier que N. Stern fournit une synthèse impressionnante sur les liens entre changement climatique et vulnérabilité des économies. Les évaluations quantitatives sont nécessairement fragiles mais les mécanismes sont bien décrits par lesquels il y a peu de chances que nos sociétés s'adaptent sans heurt à des évolutions rapides d'autant plus probables après les récentes révisions à la hausse de la sensibilité du climat (possibilités de réchauffement de 10° C). On peut résumer en quelques points les principaux vecteurs de risque, tels qu'ils apparaissent dans le rapport, *en sus des grandes catastrophes comme le ralentissement de la circulation thermohaline dans l'Atlantique Nord*.

- *L'eau, un vecteur majeur de fragilité* : les différences en disponibilité d'eau se creusent dangereusement : perte de 30% en Afrique Subsaharienne et Amérique du Sud pour un réchauffement de 2°C (40% à 50% pour 4°C) et une hausse de 10 à 20% pour la Russie, l'Asie du Sud et l'Europe du Nord. Environ 1.4 milliard d'individus vont souffrir de stress hydrique (Afrique, Moyen-Orient, Europe du Sud, certaines régions de l'Amérique Latine)<sup>1</sup>. À partir de ce tableau global, on retient sans surprise :

- les conséquences de la fonte des glaciers pour la disponibilité en eau (500 Millions d'habitants touchés dans la vallée du Gange, 250 M en Chine, 10 M dans les Andes) et pour les infrastructures (déversements brusques des lacs de glacier qui ont détruit 14 ponts du Projet Hydraulique du Namche en 1985),

- les évènements extrêmes (longues sécheresses et inondations) ; au-delà des coûts en infrastructure, Stern insiste sur des paramètres moins tangibles comme des structures sociales adaptées à tel ou tel rythme pluviométrique (en Inde par exemple pour les cycles jusqu'ici relativement réguliers de la mousson),

- effets conjoints sur la productivité agricole de la raréfaction de l'eau, de l'affaiblissement de pollinisateurs traditionnels, de prolifération d'insectes, et de la montée des vagues de chaleur.

- *Alimentation, des tensions croissantes* : au XXI<sup>e</sup> siècle l'agriculture continuera à faire vivre la forte fraction de la population mondiale qui vit sous les 2\$/j et le poids social de ce secteur va bien au-delà des 3% à 5% du PIB économique qu'il représente dans les économies développées, ne serait-ce que par l'impact qu'aurait une forte hausse des prix des produits alimentaires sur le pouvoir d'achat des ménages. L'extension de la saison de culture, des aires disponibles et l'effet fertilisant du carbone dont on bénéficie pour un réchauffement de 1°C sont

---

<sup>1</sup> Stern retient un seuil de 1000 m<sup>3</sup>/hab/an pour un stress sévère, et de 500 pour une pénurie absolue avec de 20 à 50% disponible pour les usages humains, 30% « perdu » et 20% à 50% utilisé par les écosystèmes.

plus que compensés par les perturbations dues à la modification du cycle de l'eau. La production céréalière mondiale baisserait de 5% pour + 2°C et de 10% pour + 4°C (sans prise en compte des événements extrêmes et de la hausse des concentrations en O<sub>3</sub> troposphérique, découlant des pluies acides en Asie où le charbon dominera). Le pays le plus fragile est l'Australie (qui vit sa plus longue sécheresse, soit six ans de 2001 à 2007, dans la région sud et sud-est où se concentre 85% des cultures irriguées du pays). L'Afrique, l'Asie Occidentale verraient leur production baisser de 25% à 35% pour 3° à 4° C de hausse de température moyenne, et la famine toucherait 500 M d'individus de plus. A ceci on doit rajouter l'acidification des océans qui menace la formation de coquillages et squelettes ; une baisse de 0.15 unités de pH (pour 560ppm) affecterait gravement la chaîne trophique maritime en particulier par l'arrêt de la formation de corail. Or un sixième de la population mondiale dépend des produits de la mer.

- **Santé humaine** : Comme pour l'alimentation, on se retrouve ici avec des gains dans certaines régions (baisse de la mortalité par le froid dans les régions nordiques) et des dégradations dans les régions déjà chaudes (l'OMS/WHO évalue à 150 000 par an le nombre moyen de morts supplémentaires dus au changement climatique depuis 1970). Le réchauffement climatique modifie l'extension géographique des pandémies et l'eau en est un vecteur important, en particulier pour la croissance des maladies tropicales (après l'ouragan Mitch en 1998, le Honduras a connu une hausse de 30 000 des cas de malaria et de 1000 des cas de fièvre 'dengue') et des morts par accidents (déshydratation et noyades). Un autre facteur de risque est l'extension des zones proches des limites de tolérance pour les humains comme dans la plaine du Gange (45° C de moyenne journalière). Alors qu'on peut toujours arguer qu'il est possible de limiter les coûts des maladies tropicales via des diffusions gratuites de médicaments (ce qui suppose que soient réglées des controverses avec l'industrie du médicament), on a ici un dommage auquel on ne pourra répondre que par déplacement des populations (150 à 200 M en 2050).

- **Coûts d'infrastructures et chocs systémiques** : c'est ici un des messages centraux du rapport qui montre les similitudes et différences entre pays en développement et pays développés et débouche sur la notion de « choc systémique » via les migrations, la fragilisation de l'assurance et des systèmes financiers :

- **Augmentation du niveau des mers** : 200 M d'habitants vivent dans les plaines côtières et on évalue à 1000 milliard d'euros la valeur du capital sous la ligne de un mètre au dessus du niveau actuel de la mer. On y trouve aussi bien 22 des 50 plus grandes villes mondiales (dont Londres et New-York) qu'un quart de la population du Bangladesh. Le rapport évalue entre 7 à 70 M de personnes inondées chaque année pour 3°C de réchauffement et entre 20 à 300 millions pour 4°C, ce qui nécessite bien sûr de coûteuses mesures de protection. Les principales zones de fragilité sont le Bangladesh, le delta du Nil, les îles des Caraïbes et du Pacifique.

- **Événements extrêmes** : l'impact direct des événements extrêmes est celui de la nécessité de reconstruire les infrastructures (ouragans, inondations) ou de les adapter en urgence (sécheresse, vagues de chaleur). Or, plus du quart de l'investissement des pays développés va à la construction, ce à quoi il faut rajouter les infrastructures de transport et de production, transmission et distribution énergétique (électricité principalement). Les statistiques des compagnies d'assurance



et l'expérience d'évènements comme Katrina, les inondations en Allemagne et Europe centrale ou la vague de chaleur en Europe en 2003 montrent qu'une augmentation même légère de l'intensité des ouragans ou des grandes marées engendrerait des coûts importants.

- *Chocs systémiques sur le système économique financier* : la montée des besoins de réparation et de compensation des dommages (y compris les pertes de revenus de l'agriculture et du tourisme) pose un problème assez sérieux aux compagnies d'assurance et de ré-assurance pour que celles-ci se mettent en quête de nouveaux produits (dérivés climatiques, catastrophe bonds). Pour éviter des risques systémiques sur le système bancaire et financier, on peut alors envisager soit une réduction importante de l'assiette ou du taux de couverture, soit un report de la charge des catastrophes sur les « risques banaux », d'où un report du choc sur l'industrie (qui peut alors réduire sérieusement sa prise de risque).

- **accélération des flux migratoires et risques de conflits** : les flux migratoires sont présentés par N. Stern comme une des conséquences majeures et parmi les plus incontrôlables du changement climatique. Dans les pays développés, il note un « mouvement vers le Nord » sans trop s'étendre sur les risques politiques qu'il engendrerait (pouvant mettre en cause les solidarités nationales en Espagne et en Italie par exemple). Il insiste en revanche, avec force exemples historiques, sur les conflits potentiels liés à l'eau, à la chute brutale de la productivité de l'agriculture de subsistance, à la montée des mers ou à la perte des infrastructures suite à des évènements extrêmes. C'est là probablement le cœur du message de N. Stern, qui rejoint en cela une analyse de longue date du gouvernement anglais.

### 1.3. Robustesse des conclusions de Stern quant à la nécessité d'une action immédiate

Le rapport Stern est surtout critiqué pour sa méthodologie économique. On peut de fait regretter que l'évaluation globale dépende de paramètres aussi sensibles et abstraits que la préférence pure pour le présent ou la courbure de la fonction d'utilité. On a vu que le choix d'une ppp faible, à quoi il faut rajouter un montant important de dommages non marchands, est une façon de corriger les limites du modèle utilisé. Cela n'invalide pas cependant des conclusions d'ensemble que l'on peut soutenir par des approches moins sensibles à quelques paramètres incontournables (car ils intègrent des dimensions réelles du problème) mais très fragiles.

- En contexte d'incertitude extrême *le problème n'est pas de « deviner » la valeur des dommages pour décider dès aujourd'hui de la bonne trajectoire d'émission à retenir sur le siècle*. L'exercice n'a d'ailleurs aucune chance de déboucher sur un consensus avant longtemps, vu le caractère très controversé des paramètres physiques, économiques et éthiques d'un tel calcul. L'objectif est de trouver un compromis sur les vingt ou trente prochaines années entre des positions contrastées (de Greenpeace à Claude Allègre) en attendant d'en savoir plus. Alors, même avec des ppp habituelles, il suffit, pour conclure à la nécessité d'une action immédiate, d'introduire une probabilité significative de seuils au-delà desquels les dommages croissent fortement (quitte à se stabiliser ensuite sur un plateau non catastrophique). Ces seuils se rapprochent dans le temps en cas de forte sensibilité climatique et on se retrouve dans la position du conducteur automobile qui ne sait pas s'il y aura du verglas au prochain virage ; il tapote la pédale de frein pour être en

mesure de décélérer, s'il le faut sans pour autant perdre trop de temps au cas où il s'avèrerait que toute la glace a fondue. Il doit ne pas se laisser emporter par l'inertie de son véhicule et préserver une marge d'adaptation.

- *L'existence de tels seuils ne dépend pas seulement de mécanismes physiques.* Elle dépend principalement des coûts d'adaptation des sociétés à un climat changeant et des trois paramètres cruciaux que sont (1) l'inertie dans le secteur des infrastructures; (2) la propagation des déséquilibres économiques ponctuels sur l'ensemble de l'économie 3) l'effet des déstabilisations internationales. Il y a là de multiples facteurs qui expliquent la possibilité de « queues de distribution épaisses » Weitzmann (2007), c'est-à-dire des risques dont la probabilité tend vers zéro mais pas assez rapidement pour que leur espérance mathématique tende vers zéro.

- Les problèmes de *sécurité interne et internationale* sont dans ce contexte un élément central, déjà mentionné par Homer-Dixon (1991). Le problème n'est pas qu'il y ait des crises internationales causées uniquement par un problème environnemental (ex : Gleditsch, 2006) mais que le changement climatique viendra exacerber des tensions pré-existantes, ne serait-ce que via des vagues de « réfugiés climatiques ». Les causes de ces migrations sont le manque d'eau, la montée du niveau de la mer (Bangladesh, Egypte), voire la conjonction de ces deux problèmes (petites îles qui deviennent plus vulnérables aux marées de tempêtes et dont les ressources en eau douce sont mises en danger par la salinisation). Les coûts psychologiques et sociaux de telles migrations forcées peuvent être très forts, comme le suggèrent le « Dust Bowl » aux USA dans les années 30, le cyclone Katrina, ou le cyclone Mitch au Honduras. Gérer de tels flux sera un défi pour la communauté internationale, et les expériences récentes à plus petite échelle ne portent pas à l'optimisme.

## 2. Comment interpréter les clairs-obscurs de Stern sur les politiques de décarbonisation ?

Le rapport Stern ne contient aucune nouveauté spectaculaire sur les politiques de décarbonisation. Il conseille un objectif de 550 ppm (tous gaz confondus) qui est celui de l'Union Européenne et il reprend le consensus des économistes sur la nécessité d'un prix international du carbone. Cela l'amène à réaffirmer l'intérêt du système de Kyoto pour réaliser une politique à la fois efficace et intégrant des soucis de répartition équitable du fardeau. Mais une lecture plus attentive permet de repérer des phrasés nuancés, non conclusifs, sur des dossiers sensibles et il convient de faire le tri entre prises de position fermes et clairs-obscurs.

- Stern retient le chiffre de -1 % du PIB en 2050 comme coût de réalisation de trajectoires d'émissions stabilisant les concentrations à 550 ppm. C'est un chiffre moyen entre les -5% et les +2% que donnent les modèles existants. Stern insiste sur le fait que de tels chiffres ne pourront être tenus sans la mise en place rapide d'un processus d'apprentissage technologique pour des techniques économes en carbone.

- Cela lui permet d'affirmer que le coût d'un objectif de *550 ppm est largement justifié* par les dommages évités. Mais, il laisse entendre qu'une cible de *450 ppm serait souhaitable* pour plafonner entre 2°C et 3,8°C le réchauffement. En raison de la révision à la hausse de la sensibilité

climatique, 550 ppm conduirait à des hausses de températures comprises entre 1,5°C et 4,7°C par rapport à l'ère pré-industrielle.

- Ces objectifs sont conditionnés à *l'émergence rapide d'un prix du carbone* que ce soit sous forme explicite (taxes ou permis d'émission négociables) ou via des approches normatives. Le Protocole de Kyoto permet une telle émergence tout en laissant chaque gouvernement libre de ses choix internes et en faisant de l'allocation des quotas un outil pour traiter des questions d'équité entre pays. Il fait du système de permis européens (EU ETS), un prototype des marchés du carbone mais on notera qu'il distingue bien un tel système, local et partiel, d'un système interétatique fondé sur des engagements quantitatifs des pays.

- Après avoir insisté sur le fait qu'il y a de fortes raisons pour *construire un régime international à partir de Kyoto au lieu de chercher à le remplacer*, Stern introduit plusieurs *nuances* :

- Il insiste, pour le EU-ETS, sur la nécessité de règles claires d'allocations pour les futures périodes d'engagement de façon à accroître la prédictibilité du système pour les investisseurs, seule garantie de choix technologiques efficaces. Mais, après avoir expliqué qu'il est quasiment impossible de trouver des règles équitables, efficaces et robustes entre pays, il ne prend jamais position pour savoir si une telle approche (dite 'cap and trade') pourrait être utilisée pour accélérer l'entrée des pays en développement

- Il parle en revanche de la *nécessité de faire converger les initiatives diverses* (dans Kyoto et en dehors de Kyoto, à l'échelle des pays ou à l'échelle des industries), en organisant des systèmes d'échanges de permis entre ces initiatives. Le niveau des permis et les flux d'échanges permettraient ex-post de rendre ces initiatives comparables

- Implicitement, cela signifie *garder Kyoto au cœur du système mais renoncer à y faire adhérer les USA ou les pays en développement*. C'est typique de la diplomatie britannique : coller au consensus européen pour faire pression sur les USA, tout en intégrant d'entrée ce qu'ils pensent que les américains ne pourront pas accepter dans une période donnée. Mais un tel Kyoto (partiel) maintenu dépend de la possibilité de s'accorder sur des quotas au sein d'un groupe de pays qui resterait minoritaire dans les émissions mondiales et risquerait d'être pénalisé en termes de concurrence internationale

- *Pour les pays en développement Stern envisage des engagements quantitatifs 'sans risque'*, c'est-à-dire sans pénalités en cas de non-respect. Mais les 20 à 30 G\$/an d'investissement nécessaires à réorienter le contenu des infrastructures en construction dans les 20 prochaines années dans ces pays ne pourront être levés par ce biais. Le dispositif de Kyoto devrait être complété par de *nouveaux mécanismes de finance carbone* (y compris l'assurance pour risques d'investissement) pour que le secteur privé puisse participer au financement de politiques et programmes structurants et non plus seulement des projets comme dans le « Mécanisme de Développement Propre » (MDP) du Protocole de Kyoto.

- Il faut en outre *multiplier entre deux et cinq fois l'investissement dans la recherche-développement de technologies sans carbone* (34 M\$/an aujourd'hui). Un point sensible est ici la question des *droits de propriété intellectuelle*. Stern, pour une raison qui relève encore de la diplomatie insiste sur le fait que ces droits ne sont pas les seules barrières clés au transfert technologique et qu'il faut travailler sur des schémas innovants de coopération technologique et de partenariats public-privé. Mais il indique ici une voie de réflexion sans donner de solution formelle.

- N. Stern prend en revanche *une position ferme contre la mise en place de taxes au frontières* pour éviter que l'industrie des pays les plus ambitieux en matière de politiques de décarbonisation ne soit pénalisée vis-à-vis de celle de pays qui ne prendraient aucun engagement ou des engagements purement symboliques. Son argument est que de telles taxes sont l'instrument le plus efficace en théorie mais que chercher à le mettre en place déclencherait des mesures de rétorsions qui menaceraient le mouvement d'ouverture des marchés mondiaux, aggraverait les difficultés de faire avancer l'OMC voire déclencherait des replis protectionnistes. On retrouve là encore les positions permanentes de la diplomatie britannique.

### 3. Quels enjeux pour les acteurs économiques ?

Le rapport Stern, par son message plus « engagé » que le Giec, nous alerte sur les implications du dossier changement climatique que ce soit à travers les risques que comporte un tel changement ou à travers les politiques mises en place pour en diminuer l'ampleur. Ce dossier va peser sur l'environnement des affaires, ne serait-ce que via les politiques susceptibles d'y parer et dont le contenu dépendra de processus diplomatiques à forte dimension géopolitique. Mais ce qui précède montre à quel point ce sont les industries d'infrastructures et de fourniture des services essentiels qui sont au premier chef concernées. Elles touchent à des activités qui se caractérisent par des échelles de temps très longues qui font que les décisions actuelles déterminent pour l'essentiel nos marges de manoeuvres d'ici la fin du siècle.

- Le défi est de concevoir *des infrastructures intégrant l'impératif de décarbonisation tout en pouvant soutenir des stratégies d'adaptation aux évolutions des climats locaux tout au long de leur durée de vie*. Ainsi, les architectes doivent construire des *bâtiments* à faible intrant net d'énergie tout en prévoyant leur adaptation à un large spectre de variation des températures, de la pluviométrie et des événements extrêmes sur plus de 100 ans ; les producteurs d'*électricité* doivent pivoter vers des énergies alternatives (et/ou le stockage du carbone) tout en tenant compte de l'évolution de la disponibilité en eau et du niveau de la mer sur la durée de vie d'une centrale (60 ans), les *gestionnaires des réseaux de transmission et distribution d'énergie* devront minimiser les pertes en ligne tout en accroissant la résilience des équipements aux aléas climatiques, les *industries de transport* devront faire des offres crédibles en alternative à l'automobile individuelle et au transport aérien. D'autres acteurs, dans le domaine de l'eau par exemple, sont moins concernés par les politiques de mitigation (sauf via le secteur électrique ou l'agriculture) mais seront en première ligne du dossier adaptation.

- Comme l'incertitude sur le changement climatique à l'échelle régionale est beaucoup plus grande que l'incertitude à l'échelle globale et comme les évolutions des climats locaux resteront

longtemps masquées par la variabilité naturelle, la *détection du changement climatique* sera particulièrement difficile à l'échelle locale, qui est la seule pertinente pour l'adaptation. Il va donc falloir, sous contrainte de moindre émission de carbone, créer des infrastructures capables de faire face à une *gamme de climats plus large*, donc des infrastructures plus complexes et plus coûteuses. (voir trois exemples en Annexe 1). Il va falloir adapter en conséquence les modes d'interaction public/privé dans les secteurs d'infrastructures (collectivités territoriales, Etats, entreprises) pour *améliorer leurs capacité d'anticipation* pour que les controverses inévitablement liées à un contexte d'incertitudes ne conduise à un gel de fait de toute action.

- L'enjeu économique est énorme, donc les *risques et opportunités économiques*. Dans les pays développés, les infrastructures représentent environ 300% du PIB et remplacer ne serait-ce que 1% de ces infrastructures chaque année représente un coût annuel de 3% du PIB. Dans les pays en développement, le stock d'infrastructure va doubler dans les deux prochaines décennies. D'un côté le contenu des choix effectués à court et moyen terme va très vite déterminer les objectifs de concentration qu'on pourra atteindre, de l'autre la vulnérabilité des économies à des impacts - même faibles - sur les infrastructures est aujourd'hui largement sous-estimée ; les dommages du cyclone Katrina ne représentent « que » deux semaines d'investissement des Etats-Unis mais leur impact local va bien au-delà si on tient compte des contraintes techniques, économiques et humaines à la reconstruction, des effets de propagation au tissu économique régional et des effets d'irréversibilités d'une telle catastrophe. L'Annexe 2 expose un certain nombre de mécanismes économiques qu'il est ici indispensable de prendre en compte.

- Tout ceci se traduit à la fois par des opportunités en termes de nouveaux marchés *pour les industries d'infrastructures ou de services essentiels* mais aussi par une grande *responsabilité sociale* et ceci sous deux aspects : aspect pro-actif en sachant conseiller et aider à anticiper le changement climatique, mais aussi aspect réactif pour éviter une montée des mises en cause juridiques et politiques. Ces mises en cause peuvent certes viser l'incapacité des entreprises à fournir des équipements adaptés, mais aussi porter sur le fait d'avoir contribué au problème par leurs émissions (débat autour de « l'attribution » de la responsabilité du changement climatique). De même les acteurs impliqués dans la reconstruction vont faire face à des demandes plus pressantes et leur capacité à y répondre sera cruciale. La difficulté est que les entreprises ne peuvent avancer trop loin indépendamment de la mise en place de régulations par les Etats et la collectivité internationale.

- *Du côté des politiques de décarbonisation le vrai risque est celui de l'incertitude sur les politiques mises en place* aux échelles nationales, européennes et mondiales. Les quinze dernières années montrent à quel point le processus de négociation internationale consiste en une série de compromis diplomatiques et de jeux de lobbying dont les conséquences ultimes sont mal maîtrisées (Hourcade). Le rôle des industriels est d'utiliser leur capacité d'influence pour faire valoir la nécessité de compromis stables et lisibles de façon à garantir la sécurité des investissements sur des projets et techniques économes en carbone. Dans ce cadre, outre une attention soutenue aux débats sur l'avenir d'un système 'cap and trade' au-delà de 2012, un des enjeux concerne la création rapide de mécanismes de financement internationaux susceptibles d'intéresser les pays en développement à la mise en place d'infrastructures adaptées à des 'contraintes carbone' fortes. Il y

a en effet de fortes chances que les prix du carbone et leurs revenus ne seront pas suffisamment élevés dans un premier temps pour intéresser les pays en développement à opérer des réorientations lourdes dans des secteurs d'infrastructure où le prix du carbone n'est qu'un paramètre de choix parmi d'autres.

- *Du côté de l'adaptation la question centrale est celle du contexte financier, institutionnel et assurantiel.* D'une part, les processus d'aide internationale à la suite des catastrophes devraient jouer un rôle croissant, en s'élargissant de la phase d'urgence (les semaines suivant la catastrophe) à la phase de reconstruction qui peut s'étaler sur plusieurs années. En particulier, des modes de financement originaux de la reconstruction pourraient être développés, par exemple en s'inspirant de l'accord entre AXA Ré (aujourd'hui Paris Ré) et le Programme Alimentaire Mondial des Nations Unies (PAM) pour réagir rapidement aux catastrophes humanitaires climatiques en Ethiopie. D'autre part, la mise à disposition de compétences techniques et d'équipements aux pays touchés (riches ou pauvres) pourrait accélérer la reconstruction et donc limiter les coûts de court et long termes. Rétablir d'urgence la fourniture d'eau potable est un préalable à la reconstruction, mais, au-delà, les infrastructures de gestion de l'eau font partie intégrante du processus de reconstruction qui permet de relancer le développement économique. Au total, l'hétérogénéité de l'augmentation des risques, qui touchent fortement les pays les plus pauvres, appelle une collaboration internationale renforcée pour y faire face. La mise en place de cette collaboration peut passer par des mécanismes assurantiers ou par des fonds internationaux tels que le « fond pour l'adaptation » prévu par le protocole de Kyoto et dont les modalités de mise en œuvre ont été récemment discutées à Nairobi.

### III. Trois éléments clés sur la nature des risques climatiques

#### 1. Interactions entre inertie et incertitude dans le secteur des infrastructures

Parmi les cas où l'incertitude sur le climat futur et/ou l'inertie des infrastructures joue en rôle clé, on peut citer le cas du parc immobilier. Ainsi, le temps de rotation du parc construit tourne en France autour de 150 ans. Ainsi, les bâtiments construits dans les années 2000 devraient être conçus en fonction du climat jusqu'à 2150. Mais ce climat est encore inconnu aujourd'hui : selon le modèle de Météo-France, le climat de Paris en 2080 sera le climat actuel de Bordeaux, mais selon le modèle du Hadley Center, il sera plutôt proche du climat actuel de Cordoue, au sud de l'Espagne. Ces deux modèles suggèrent donc la mise en oeuvre de normes optimales de construction totalement différentes. Si nous connaissons dès aujourd'hui les caractéristiques du climat futur, l'inadaptation du parc immobilier serait facile à limiter, parce qu'un processus lent et peu coûteux d'adaptation pourrait commencer dès maintenant. Mais même si une stratégie anticipatrice semble rationnelle, par exemple une amélioration des normes d'isolation du bâtiment, le risque de coûts significatifs de court terme pour obtenir des gains incertains et lointains, rend sa mise en oeuvre politiquement difficile.

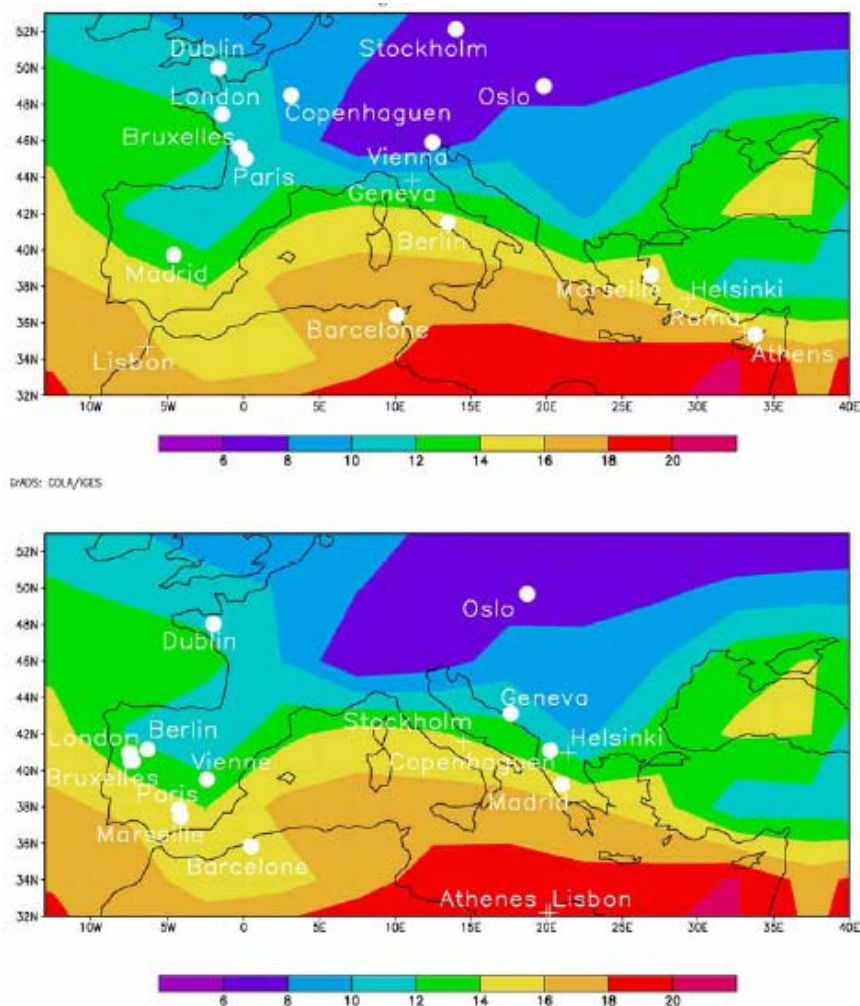


Figure 1 : Analogues climatiques pour quelques villes européennes. Chaque ville est placée à l'endroit qui a aujourd'hui un climat comparable à celui qu'aura la ville à la fin du siècle, d'après le modèle de Météo-France en haut, et d'après le modèle du Hadley Center en bas. Deux climats sont supposés comparables s'ils ont les mêmes cycles saisonniers en terme de température et de précipitation. Extrait de Hallegatte et al, 2007, *Climatic Change*

Le couple incertitude-inertie rend donc très improbable une adaptation parfaitement anticipée. Même si une stratégie anticipatrice semble rationnelle, par exemple l'amélioration des normes d'isolation du bâtiment, le risque de coûts de court terme pour obtenir des bénéfices incertains et lointains, rend leur mise en œuvre politiquement difficile. Ainsi, confronté à la pénurie structurelle de logements en France, aucun gouvernement ne se permet de mettre en œuvre des mesures qui renchérissent le coût de construction, surtout s'il ne s'agit que de réduire les dommages climatiques dans 50 ans. Par conséquent, une partie du stock du patrimoine bâti a toutes les chances d'être inadaptable bien avant la fin du siècle. Il en découlerait une perte d'attractivité des villes en France<sup>2</sup>, qui pourrait avoir de fortes conséquences négatives dans un monde où les grandes métropoles sont en compétition pour attirer les entreprises et les cadres professionnels.

Un autre exemple est celui du système de protection de La Nouvelle Orléans, dont la reconstruction est actuellement envisagée et qui va donner forme à la ville pour plus d'un siècle. Quelle sera la probabilité qu'un cyclone de catégorie 5 frappe la ville vers 2080 ? Personne ne peut répondre à cette question, ce qui rend très difficile le dimensionnement de ce système de protection (voir Hallegatte, 2006 et Fig. 2). En outre, la faible résilience de la ville au cyclone Katrina montre qu'il ne suffit pas que tous les paramètres soient bien connus pour que les décisions rationnelles soient prises. Avec des paramètres rendus bien plus incertains par le changement climatique, une mauvaise adaptation est encore plus probable.

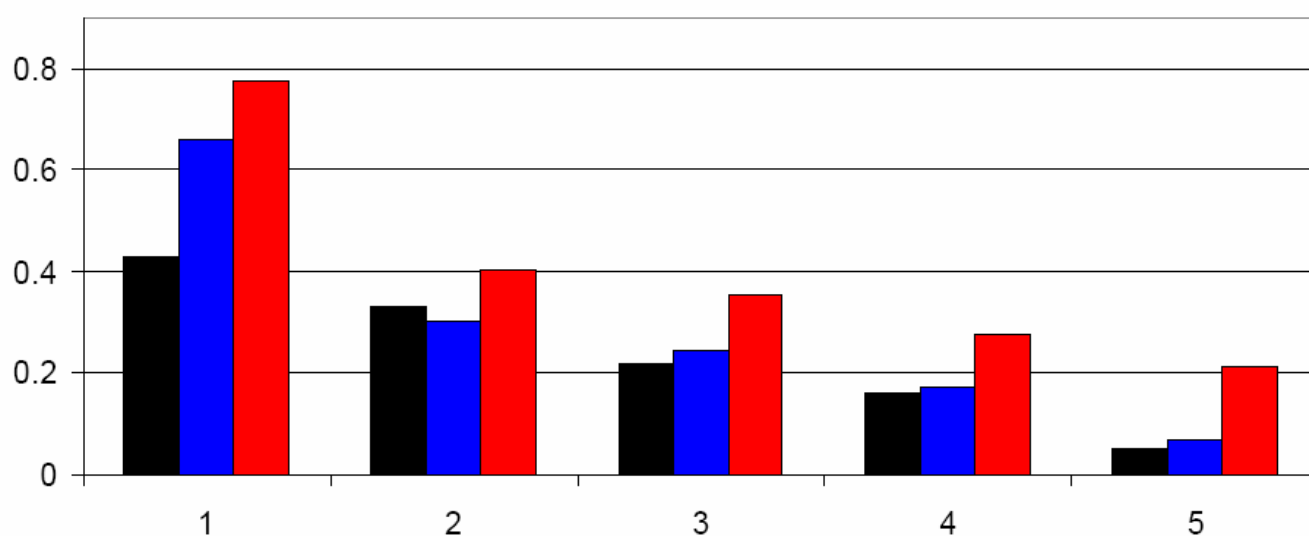


Figure 2 : Probabilités annuelles qu'un cyclone de catégorie 1 à 5 frappe les côtes américaines, pour les données sur 1900-2005 (en noir), d'après le modèle de K. Emanuel pour le climat actuel (en bleu), et d'après ce même modèle pour un climat plus chaud de 2°C (en rouge). La probabilité pour les cyclones de catégorie 5 est multipliée par plus de 3. Il reste de grandes incertitudes sur ces résultats, et d'autres modèles trouvent une probabilité inchangée, ce qui démontre l'importante incertitude qui rend difficile le dimensionnement des protections de la Nouvelle-Orléans. Extrait de Hallegatte, 2007, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*.

<sup>2</sup> De la même manière, quelle attractivité aura une Californie du Sud où la température pourra monter à 120 degrés Fahrenheit chaque été avec une eau chère et rationnée ? Et en élargissant la problématique, comment l'ensemble de la Californie et les états voisins peuvent-ils adapter leurs économies à une perte d'attractivité du cœur sud-californien ? Ici encore, les gestionnaires d'infrastructure auront un rôle clé à jouer pour limiter les impacts.



Un dernier exemple est celui des variations des précipitations observées dans le sud de l'Argentine. A ce jour, il n'y a pas d'explication tranchée de cette anomalie : on ne sait pas si elle provient du changement climatique, et sera donc permanente, ou bien si elle vient de la variabilité naturelle du climat, et est donc temporaire. Les agriculteurs se demandent donc s'ils doivent s'adapter en changeant d'activité (passer de la culture à l'élevage) ou en investissant massivement dans des équipements d'irrigation, ou bien attendre que cette anomalie disparaisse. L'incertitude sur l'avenir des climats locaux est l'obstacle principal à une adaptation optimale de cette activité, et elle crée donc des coûts importants pour ce secteur clé de l'économie argentine.

Une conséquence de ce mécanisme vient du fait que les fortes incertitudes rendent très volatiles les anticipations, qui sont souvent révisées à l'occasion des crises. Dans un autre domaine où les incertitudes sont grandes, on a vu comment un couple d'oiseaux malades a mis à mal le secteur aviaire, parce qu'ils ont créé la crainte d'une large extension de la grippe aviaire. De la même manière, une ou deux vagues de chaleur pourraient facilement créer l'impression qu'une large fraction du parc bâti va devenir inhabitable à cause du changement climatique. Que cela soit vrai ou faux, cette révision des anticipations pourrait faire chuter les prix de ces logements.

En conclusion, dans une évaluation complète des impacts et des mécanismes d'adaptation, des anticipations imparfaites peuvent induire de longues phases d'inadaptation dans des secteurs à haute inertie, avec d'importantes conséquences économiques. Ces mécanismes rendent inadéquates pour l'analyse des politiques sur le climat toute évaluation des dommages dus au changement climatique, qui ne représenterait pas explicitement les mécanismes d'adaptation, avec les *contraintes techniques, culturelles et institutionnelles* dans lesquelles évoluent nos sociétés et nos économies.

## 2. Problèmes d'évaluation du coût des catastrophes naturelles.

Travailler sur les conséquences des catastrophes conduit à plusieurs difficultés spécifiques. En particulier, dans les modèles économiques d'équilibre, qui par construction ne peuvent pas représenter des échelles de temps courtes, les événements extrêmes ne peuvent être pris en compte qu'à travers une réduction de la productivité moyenne. Mais les catastrophes affectent principalement la vie et le bien-être des gens et détruisent du capital productif et du patrimoine bâti. Modéliser les catastrophes par une réduction de la productivité ou par des destructions de capital ne reviendrait au même que si on pouvait « moyenniser » les impacts des catastrophes sur de longues périodes de temps. Et ce n'est possible que si les impacts des catastrophes étaient linéaires par rapport à l'intensité de l'évènement, ce qui n'est clairement pas le cas (cf. la Nouvelle-Orléans à la suite de Katrina, RMS, 2005).

Pour corriger cette sous-estimation et représenter les catastrophes naturelles de manière cohérente avec les observations, il est nécessaire de considérer les contraintes de court terme dans les conséquences directes et dans le rythme de reconstruction. Sans ces contraintes, les dégâts de toutes les catastrophes, même les plus grandes, seraient reconstruits en quelques mois, ce qui est contredit par l'observation de cas réels (ex : les tempêtes de l'hiver 1999 en Europe; les inondations de 2002 en Europe centrale; la saison des cyclones de 2004 en Floride). Il existe en effet de fortes contraintes financières à la reconstruction, spécialement mais pas seulement dans

les pays pauvres, et des contraintes techniques, comme le manque de travailleurs qualifiés et d'équipements de construction. Nous avons beaucoup d'exemples empiriques de l'existence de ces contraintes, qui sont aussi responsables de ce qu'on appelle la « demand surge », c'est-à-dire l'inflation du prix des biens et services requis pour la reconstruction à la suite des désastres. Ces contraintes peuvent hausser considérablement le coût total d'un événement. Ainsi, au coût de remplacement d'une usine détruite, il faut ajouter la perte d'exploitation pendant le délai réel de reconstruction. De même, dans l'habitat, la destruction d'une maison avec un délai de un an avant sa reconstruction a un coût total égal au coût de remplacement de la maison plus la valeur perdue associée à un an de « service logement ». La valeur de cette perte de production au sens large, peut être très élevée dans plusieurs secteurs, surtout quand des besoins fondamentaux sont en jeu (logement, santé, emploi, etc.). Appliquée à l'ensemble du système économique, cette différence peut être forte pour des catastrophes de grande échelle.

Ces contraintes peuvent contribuer à expliquer l'existence de « trappes à pauvreté » dans lesquels certains pays pauvres semblent enfermés : parce qu'ils sont pauvres, ces pays n'ont qu'une faible capacité à mener à bien la reconstruction après chaque catastrophe. A cause de cette faible capacité et d'une large exposition à des événements dangereux (cyclones tropicaux, inondations, sècheresses), des catastrophes en série peuvent les empêcher d'accumuler des infrastructures et du capital, et donc de développer leur économie, et par là d'améliorer leur capacité à reconstruire après un désastre. Les agences de développement ont récemment reconnu ce problème quand elles ont demandé à ce que la gestion de risques soit une composante systématique des projets de développement.

Ces contraintes peuvent également rendre l'économie très vulnérable à des augmentations de l'intensité et/ou de la fréquence des désastres. L'impact du changement climatique pourrait en effet se faire sentir via un élargissement de ces trappes à pauvreté. Cet élargissement n'est toutefois pas inévitable, puisque des adaptations spécifiques de l'économie peuvent hausser la capacité à reconstruire et desserrer ces contraintes. Nous pouvons penser à des changements dans la régulation de l'industrie de l'assurance (ex : Solvabilité 2 dans l'UE), à la création de schémas d'assurance financés par les gouvernements (e.g., le *Florida Hurricane Catastrophe Fund* ou le système "Cat-Nat" en France), et à la croissance spontanée de la capacité de production dans les secteurs de la reconstruction, en réponse à la montée de la demande, et à l'augmentation de l'aide interrégionale et internationale, qui devrait s'élargir de la période d'urgence à l'ensemble de la période de reconstruction. La façon dont certains acteurs économiques privés et publics vont gérer l'augmentation des risques va décider dans une large mesure du coût macroéconomique de cette augmentation.

### 3. Coûts politiques des catastrophes environnementales<sup>3</sup>

Certaines catastrophes ont eu des conséquences déstabilisatrices dans le passé. L'ouragan Bohla a ravagé plus de la moitié du territoire du Pakistan oriental en 1970 (plus de 200.000 morts) et l'indigence des secours fournis par le gouvernement central, situé au Pakistan occidental, a provoqué les instabilités qui mènent à la création du Bangladesh en 1971. Bien sûr, le cyclone Bohla

<sup>3</sup> A noter, le numéro spécial (n°63) des « Cahiers de la Sécurité » sur ce thème, édité par S. Hallegatte et P. Ambrosi.

n'est pas seul responsable de ces événements, mais il a clairement servi de déclencheur. Des événements climatiques ont aussi souvent engendré des phases d'urbanisation rapide, comme pendant le « *Dust Bowl* » dans les années trente aux Etats-Unis. Or, une urbanisation incontrôlée est connue pour être une cause majeure de déstructuration des organisations sociales, ce qui favorise la montée de la criminalité et la déstabilisation politique. Au Darfour, même si la situation politique est éminemment complexe, le conflit actuel oppose des agriculteurs sédentarisés et des éleveurs nomades qui sont en compétition pour les ressources en eau et en pâturages dans un contexte de rareté environnementale accrue. Ces conflits, qui sont aujourd'hui provoqués par l'interaction de la croissance de la population et de l'épuisement des ressources, risquent de devenir plus fréquents dans un climat changeant qui rendra la plupart des modes de vie traditionnels et des organisations sociales inadaptés aux nouvelles conditions climatiques.

Au niveau international, la situation doit être relativisée. Concernant les ressources en eau par exemple, la gestion internationale débouche plus souvent sur des coopérations que sur des conflits (Wolf et al., 2003). Pourtant la croissance de la population et le changement climatique risquent fort de détériorer des tensions déjà présentes. Des exemples de telles tensions sont donnés par Lonergan et Kavanagh, (1991) ou la *Transboundary Freshwater Dispute Database*<sup>4</sup>, telles que les tensions entre l'Egypte et l'Ethiopie, cette dernière contrôlant 82% de l'eau allant en Egypte, ou celles entre Irak, Syrie et Turquie concernant les eaux de l'Euphrate. Tant que les *besoins fondamentaux* des populations ne sont pas menacés, ces tensions peuvent être gérées, mais il est probable que l'eau et le changement climatique - joueront un rôle important dans le futur des régions semi-arides. Mais même si les conflits liés aux ressources ont rarement conduit à des crises internationales, ils engendrent bien souvent des tensions internes aux pays. Les coûts de ces conflits internes peuvent toutefois rapidement devenir importants.

L'autre problème majeur est celui des « réfugiés environnementaux ». D'après Myers (2001), qui est toutefois plutôt considéré comme pessimiste, il pourrait y avoir quelques 210 millions de réfugiés à cause du réchauffement global d'ici 2050, dont 160 millions à cause de la montée du niveau de la mer (73 en Chine, 26 au Bangladesh, 20 en Inde) et 50 millions à cause de la sécheresse et de la pénurie en eau. Par exemple, 6 millions de personnes vivent actuellement dans des zones qui seraient inondées par une hausse d'un mètre du niveau de la mer dans le Delta du Nil, et 4500 km<sup>2</sup> d'excellente terre arable disparaîtraient aussi. Les chiffres sont estimés à 17 millions de personnes et 22,000 km<sup>2</sup> au Bangladesh, soit 15% de la population et 16% de la superficie du pays. Pour les petites îles, la situation est encore plus dramatique, puisque des pays entiers peuvent disparaître, faute de pouvoir affronter des tempêtes tropicales si le niveau des mers monte d'un mètre ou faute de ressources en eau douce suffisantes si les tendances à la salinisation se prolongent.

---

<sup>4</sup> <http://www.transboundarywaters.orst.edu>

## IV. Changement climatique, entre risques et opportunités

Malgré les réserves dont il a fait l'objet, le rapport Stern est symptomatique d'un contexte où le dossier changement climatique ne peut plus être nié comme dossier majeur de l'agenda international (même l'administration Bush a cédé sur ce point) ne serait-ce que par ses implications en termes de sécurité globale et, symétriquement, par l'impact des politiques climatiques sur les marchés de l'énergie (baisse de la rente pétrolière et gazière entraînée par l'émergence d'un prix du carbone).

Ce contexte crée également un ensemble d'opportunités, que ce soit dans les pays développés ou dans les pays en développement, l'enjeu étant de transformer les économies pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre tout en les rendant moins vulnérables à des contraintes environnementales changeantes, et parfois extrêmes. Certaines de ces opportunités ne se déploieront toutefois que dans le cadre de dispositifs internationaux dédiés à l'adaptation au changement climatique, tels que le fond pour l'adaptation mis en place à Bali en Décembre 2007, et de la mise en oeuvre de régimes post-Kyoto crédibles et prédictibles.

## Références bibliographiques

Gleditsch, N.P., 2006, Environmental Change, Security, and Conflict, in C. Crocker, F.O. Hampson & P. Aall [Eds.], *Turbulent Peace II*. Washington, DC: United States Institute of Peace Press. Also published in French in *Environnement, Changement Climatique et Sécurité*, Numéro Spécial des *Cahiers de la Sécurité* n°63.

Hallegatte, S., 2006, A cost-benefit analysis of the New Orleans Flood Protection System, Regulatory Analysis 06-02. AEI-Brookings Joint Center. Mar 2006

S. Hallegatte et P. Ambrosi (Eds.), 2006, Numéro Spécial des Cahiers de la Sécurité, n°63, « Environnement, Changement Climatique et Sécurité », Institut National des Hautes Etudes sur la Sécurité

S. Hallegatte, 2007, The use of synthetic hurricane tracks in risk analysis and climate change damage assessment, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, in press

S. Hallegatte ; J.-C. Hourcade ; P. Ambrosi, 2007, Using Climate Analogues for Assessing Climate Change Economic Impacts in Urban Areas, *Climatic Change* 82 (1-2), May, 2007, pp. 47-60, doi:10.1007/s10584-006-9161-z

S. Hallegatte ; J.-C. Hourcade ; P. Dumas, 2007, Why economic dynamics matter in assessing climate change damages : illustration on extreme events, *Ecological Economics*, volume 62, issue 2, 20 April 2007, pp. 330-340, doi:10.1016/j.ecolecon.2006.06.006

Homer-Dixon, T.F., 1991, On the threshold: environmental changes as causes of acute conflict, *International Security*, 16 (2), 76-116.

Lobell, D.B. et al, 2007, Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming, *Environ. Res. Lett.*, 2, doi:10.1088/1748-9326/2/1/014002

Mendelsohn, R. and L. Williams, 2004, Comparing Forecasts of the Global Impacts of Climate Change, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 9 (4), 315-333

Myers, N., 2001, Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century, *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 357 (1420), 609 - 613.

Nordhaus, W.D., 2006, Geography and macroeconomics: New data and new findings, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, May 2006

Stern, N., et al., 2006, The Stern Review on the Economics of Climate Change, available on <http://www.hm-treasury.gov.uk>

Tol, R., 2002a, New estimates of the damage costs of climate change, Part I : Benchmark estimates, *Environmental and Resource Economics*, 21 (1), 47-73.

Tol, R., 2002b, New estimates of the damage costs of climate change, Part II : Dynamic estimates, *Environmental and Resource Economics*, 21 (2), 135-160.

## Notes sur les auteurs

**Jean-Charles Hourcade**, HEC (71), docteur d'Etat en Sciences Economiques, est directeur de recherches au Cnrs, directeur d'Etudes à l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales et Professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Il a été "convening lead author" pour les deuxième et troisième rapports du Giec et "lead author" pour le quatrième.

Contact : [hourcade@centre-cired.fr](mailto:hourcade@centre-cired.fr)

**Stéphane Hallegatte**, X (97), Ingénieur Météo France, docteur en Sciences Economiques, coordonne le réseau Sécante qui réunit les laboratoires actifs dans le domaine de l'évaluation des interactions entre le climat et l'économie (CIRED, Météo-France, LMD, LSCE, CERES). Il a été « contributing author » pour le quatrième rapport du Giec.

Contact : [hallegatte@centre-cired.fr](mailto:hallegatte@centre-cired.fr)