



ASSOCIATION FRANÇAISE POUR LA PRÉVENTION DES CATASTROPHES NATURELLES (AFPCN)

Conseil scientifique de l'AFPCN

Réunion du 13 octobre 2009
Groupe de travail Adaptation au changement climatique

Participants : Cf. liste en fin de CR.

Introduction par Paul-Henri Bourrelier

Rappel de l'exposé de M. Décamps (11/09/2009) et des questions débattues quant aux notions de catastrophe et d'aléa extrême.

L'économie des extrêmes par Daniel Zajdenweber
(Ouvrage de la collection Champ, Flammarion, octobre 2009)

- Les 3 définitions des valeurs extrêmes : naïve, statistique et probabiliste. C'est cette dernière qui est retenue par le conférencier : les événements extrêmes sont ceux qui comportent une queue de distribution sans espérance (loi de Pareto : cf. diapo 9).

Diapo 3

Economie des extrêmes

Définitions des valeurs extrêmes :

Naïve :

Valeurs numériques importantes et peu fréquentes

Statistique :

Le maximum dans un échantillon d'observations

Probabiliste :

Valeurs contenues dans la queue d'une distribution sans variance ou sans espérance

- L'exemple des CATASTROPHES CLIMATIQUES (donc séismes exclus) aux U.S.A. :
 - La classification dans un tableau annuel (cf. diapo 5) des catastrophes ayant entraîné un *coût des dommages*, de 5 à 40 milliards (MM)\$, au-delà desquels se situe « Katrina » (135 MM\$ et près de 2.000 morts).
 - Le constat de *l'augmentation en 1990 du nombre moyen annuel* des Catastrophes d'origine climatique aux USA en 1990 : fréquence de 1,27/an jusqu'en 1990, puis de 4,06/an depuis 1991. C'est l'indication qu'il s'est passé quelque chose, peut-être liée au changement climatique, mais selon un mécanisme inconnu pour lequel le conférencier n'a trouvé aucune explication (cf. diapo 6).
 - Représentation des distributions sur un diagramme en log/log (diapo 8) du nombre cumulé d'événements (en ordonnée)/coûts (en abscisse) ; rappel mathématique sur la *loi de Pareto* (diapo 9) régissant des distributions dont la pente est -1, qui n'ont pas d'espérance mathématique et qui posent de ce fait des problèmes spécifiques de gestion (impossibilité de fixer une limite, d'assurer...) que ne connaissent pas les distributions ordinaires dont la probabilité décroît abruptement au-delà de quelques écarts types (ce qui autorise à négliger les événements dépassant cette limite).

1980-2008 Billion Dollar U.S. Weather Disasters

(Damage Amounts in Billions of Dollars and Costs Normalized to 2007 Dollars Using GNP Inflation / Wealth Index)



1980	Drought / Heat Wave e \$55.4 ~ 10,000 Deaths				
1983	Hurricane Alicia e \$6.3 ~ 21 Deaths	Florida Freeze ~ \$4.2 No Deaths	Gulf Storms / Flooding ~ \$2.3 ~ 50 Deaths	W Storms / Flooding ~ \$2.3 ~ 45 Deaths	
1985	Florida Freeze ~ \$2.9 No Deaths	Hurricane Elena \$2.5 ~ 4 Deaths	Hurricane Juan \$2.9 ~ 83 Deaths		
1986	Drought / Heat Wave e \$2.4 ~ 100 Deaths				
1988	Drought / Heat Wave e \$71.2 ~ 7,500 Deaths				
1989	Hurricane Hugo e \$15.3 ~ 86 Deaths	N Plains Drought e \$1.7 No Deaths			
1990	S Plains Flooding e \$1.6 ~ 13 Deaths	California Freeze \$5.5 No Deaths			
1991	Hurricane Bob \$2.3 ~ 18 Deaths	Oakland CA Firestorm ~ \$0.9 ~ 25 Deaths			
1992	Hurricane Andrew e \$40.6 ~ 61 Deaths	Hurricane Iniki ~ \$2.7 ~ 7 Deaths	Northeast \$2.3 ~ 19 Deaths		
1993	E Storm / Blizzard \$7.9 ~ 270 Deaths	SE Drought / Heat Wave ~ \$1.4 ~ 16 Deaths	Midwest Flooding ~ \$30.2 ~ 48 Deaths	CA Wildfires ~ \$1.4 ~ 4 Deaths	
1994	SE Ice Storm ~ \$4.2 ~ 9 Deaths	Tropical Storm Alberto ~ \$1.4 ~ 32 Deaths	Texas Flooding ~ \$1.4 ~ 19 Deaths	W Fire Season ~ \$1.4 No Deaths	
1995	CA Flooding e \$4.1 ~ 27 Deaths	SE / SW Severe Wx \$7.5 ~ 32 Deaths	Hurricane Marilyn e \$2.9 ~ 13 Deaths	Hurricane Opal e \$4.1 ~ 29 Deaths	
1996	Blizzard / Flooding e \$4.0 ~ 187 Deaths	Pacific NW Flooding ~ \$1.3 ~ 9 Deaths	S Plains Drought ~ \$6.8 No Deaths	Hurricane Fran e \$6.6 ~ 37 Deaths	
1997	Midwest Flood / Tornadoes e \$1.3 ~ 67 Deaths	N Plains Flooding ~ \$4.8 ~ 11 Deaths	W Coast Flooding ~ \$3.9 ~ 36 Deaths		
1998	New England Ice Storms e \$1.8 ~ 16 Deaths	SE Severe Wx e \$1.3 ~ 132 Deaths	MN Severe Storms / Hail e \$1.9 ~ 1 Death	S Drought / Heat Wave e \$8.5 ~ 200 Deaths	Hurricane Bonnie e \$1.3 ~ 3 Deaths
1999	Hurricane Georges e \$7.4 ~ 16 Deaths	Texas Flooding ~ \$1.3 ~ 31 Deaths	California Freeze \$3.2 No Deaths		
1999	AR - TN Tornadoes e \$1.6 ~ 17 Deaths	OK - KS Tornadoes e \$2.6 ~ 55 Deaths	IE Drought / Heat Wave e \$1.2 ~ 50.2 Deaths	Hurricane Floyd e \$7.4 ~ 77 Deaths	
2000	Drought / Heat Wave e \$4.8 ~ 140 Deaths				
2000	Western Fires e \$2.4 No Deaths				
2001	Tropical Storm Allison e ~ \$5.6 ~ 43 Deaths	Midwest / OH Valley Hail / Tornadoes e \$2.2 > 3 Deaths			
2002	30-State Drought e > \$11.4 No Deaths				
2002	Western Fires e \$2.3 ~ 21 Deaths				
2002	Severe Wx / Tornadoes e > \$1.9 ~ 7 Deaths				
2003	Severe Wx / Hail e > \$1.8 ~ 3 Deaths	Severe Wx / Tornadoes e > \$3.8 ~ 51 Deaths	Hurricane Isabel e ~ \$5.6 ~ 55 Deaths	S California Wildfires e > \$2.8 ~ 22 Deaths	
2004	Hurricane Charley e ~ \$16.5 ~ 35 Deaths	Hurricane Frances e ~ \$3.3 ~ 48 Deaths	Hurricane Ivan e > \$15.4 ~ 57 Deaths	Hurricane Jeanne e > \$7.7 ~ 28 Deaths	
2005	Hurricane Dennis e > \$2.1 ~ 15 Deaths	Hurricane Katrina e ~ \$93.8 ~ 1833 Deaths	Hurricane Rita e ~ \$97.1 ~ 919 Deaths	Midwest Drought e > \$1.1 No Deaths	Hurricane Wilma e ~ \$17.1 ~ 35 Deaths
2006	Numerous Wildfires e > \$1.0 ~ 28 Deaths	Widespread Drought e > \$8.2 * Deaths	Severe Storms Tornadoes e > \$1.9 ~ 10 Deaths	Northeast Flooding e > \$1.0 ~ 20 Deaths	MW / SE Tornadoes e > \$1.5 ~ 16 Deaths
2007	MW / Ohio Valley Tornadoes e \$1.1 ~ 27 Deaths				
2007	Great Plains / East Drought e \$5.9 ~ 4 Deaths				
2007	West Wildfires e \$1.0 ~ 12 Deaths				
2007	Spring Freeze e \$2.0 No Deaths				
2007	East / South Severe Weather e > \$1.5 ~ 9 Deaths				
2007	California Freeze e > \$1.4 ~ 1 Deaths				
2008	Southeast / Midwest Tornadoes e > \$1.0 ~ 57 Deaths				
2008	MW / Mid-At. Svr Wx / Tornadoes e > \$2.4 ~ 13 Deaths				
2008	Midwest Flood e > \$15.0 ~ 24 Deaths				
2008	U. S. Wild Fires e > \$2.0 ~ 16 Deaths				
2008	Hurricane Dolly e > \$1.2 ~ 3 Deaths				
2008	Hurricane Gustav e > \$5.0 ~ 43 Deaths				
2008	Hurricane Ike e > \$27.0 ~ 100 Deaths				
2008	Widespread Drought e > \$2.0 No Deaths				

Source: NOAA's National Climatic Data Center, Asheville, NC 28801-6201
www.ncep.noaa.gov/nrpo/tables.html

Amounts in Billions of Dollars

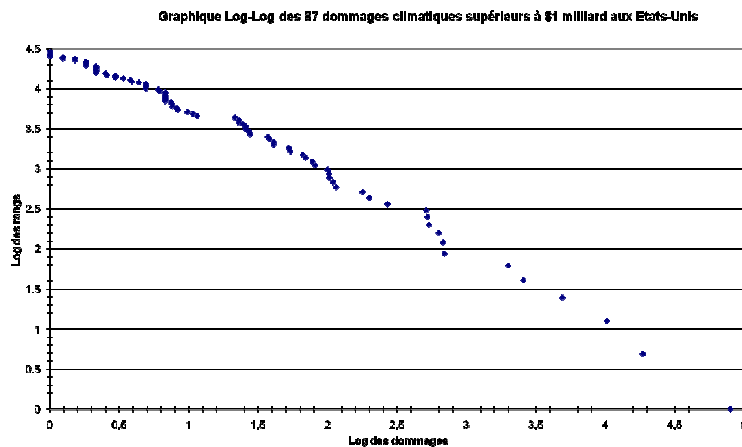
Source: NOAA's National Climatic Data Center, Asheville, NC 28801-6201
www.ncep.noaa.gov/nrpo/tables.html

Années	Nombre	Années	Nombre	Années	Nombre	Années	Nombre
1980	1	1988	1	1996	4	2004	4
1981	0	1989	2	1997	3	2005	5
1982	0	1990	2	1998	8	2006	6
1983	4	1991	2	1999	4	2007	5
1984	0	1992	3	2000	2	2008	9
1985	3	1993	4	2001	2	Total	87
1986	1	1994	4	2002	3		
1987	0	1995	4	2003	4		

D'après Billionz

Nombre annuel de catastrophes climatiques ayant coûté plus de un milliard \$
Données corrigées de l'inflation, de la croissance et de la population.

Diapo 8



Diapo 9

Rappels mathématiques sur la loi de Pareto

Droite de Pareto : $F(x)=x^{-\alpha}$

Pente $-\alpha = -1$

$F(x)=4/x$

Bornes sur le graphique :

Exp (4,9) = 134 milliards \$

Exp (1,4) = 4 milliards \$

La distribution n'a pas d'espérance mathématique!

L'intégrale de $x.f(x).dx = 4.x.x^{-2}.dx =$

l'intégrale de $4.x^{-1}.dx = 4.\text{Log}x \rightarrow \infty$ lorsque $x \rightarrow \infty$

- Les catastrophes climatiques aux Etats-Unis présentent une distribution extrême typique de Pareto (pente -1). Le conférencier attribue cette situation au fait que les villes américaines sont distribuées selon cette loi et n'ont pas d'échelle intrinsèque. Plus elles grandissent, plus elles attirent la population. Ce sont en somme les enjeux qui imposent leur loi de distribution extrême.
- Beaucoup de risques comme ceux sur les longueurs des bouchons des files de véhicules, les valeurs boursières, ont cette queue de distribution caractéristique. Ils comportent par définition des risques extrêmes, et c'est une grave erreur (qui explique la crise financière) que de les traiter comme si leur distribution était normale (suivant la loi de Gauss qui ne vaut que lorsque les écarts sont de petits écarts indépendants).
- Un système de mutualisation de type CAT.NAT (Cf. diapo 11 et 12). pourrait-elle être appliquée aux 300 millions d'habitants des USA ? Oui à condition de fixer un plafond de l'indemnisation par les assureurs au-delà duquel ce serait l'Etat qui prendrait en charge la couverture. Deux simulations ont été réalisées par le conférencier avec un même plafond qu'il a fixé à 150 milliards \$:
 - Pour un seuil de franchise par événement catastrophique de 4 MM \$ et une fréquence annuelle de 1,66 (3 événements tous les 2 ans), la prime annuelle par habitant serait de 83 \$, pour un montant de primes collectées (depuis 1981) de 450 MM\$ qui laisserait un solde 100 MM\$ pour faire face à un nouveau « Katrina » ...
 - Pour un seuil de franchise par événement catastrophique de 10 MM \$ et une fréquence annuelle de 0,66, la prime annuelle par habitant serait de 64 \$. Le système serait encore équilibré.

Un tel dispositif est théoriquement réalisable mais il se heurte à deux obstacles : 1° la couverture des risques extrêmes par l'Etat au-delà de la limite fixée qui correspond à un risque réel du fait de la distribution de Pareto, 2° surtout l'opposition à la mutualisation (les assurés qui sont dans des Etats non exposés à des risques forts payant pour ceux qui sont dans des Etats exposés comme la Floride), qui est contraire à la culture politique d'un pays aussi étendu que les Etats-Unis

Diapo 11

Prime d'assurance Cat'Nat'

Type réassurance « excess of loss »

Seuil de franchise par événement catastrophique : 4 milliards \$

Fréquence annuelle : 1,66

Plafond assuré : 150 milliards \$

Prime annuelle par habitant : 83 \$

Prime annuelle par ménage : 167 \$

Depuis 1991, le total des primes se serait élevé à 450 milliards \$, alors que le total des sinistres en excédent de 4 milliards \$ s'élevait à 332 milliards \$.

Diapo 12

Prime d'assurance Cat'Nat'(suite)

Type réassurance « excess of loss »

Seuil de franchise par événement catastrophique : 10 milliards \$

Fréquence annuelle : 0,66

Plafond assuré : 150 milliards \$

Prime annuelle par habitant : 64 \$

Prime annuelle par ménage : 128 \$

Depuis 1991, le total des primes se serait élevé à 348 milliards \$, alors que le total des sinistres en excédent de 10 milliards \$ s'élevait à 324 milliards \$.

Questions et débats : Cet exposé a entraîné un grand nombre d'interrogations portant sur les questions suivantes :

- Etablissement de diagrammes en Europe afin de déterminer les risques extrêmes correspondant à une queue de distribution suivant la loi de Pareto (ou à l'apparition d'une telle distribution suite à l'extension des enjeux et de la vulnérabilité).
- Légitimité du rattachement global de phénomènes naturels différents (ou traitement risque par risque).
- Risque de confusion résultant de la définition donnée par D. Zajdenweber alors que le qualificatif d'extrême est souvent appliqué aux queues de distributions de probabilités ordinaires (par exemple les températures des canicules). Ne pourrait-on parler d'extrêmes de première et de seconde catégorie ?
- Partie de la courbe du diagramme correspondant aux fréquences moins exceptionnelles : problème posé par les événements dits « moyens » (domaine normal de l'assurance) par comparaison aux extrêmes (« grandes » catastrophes). Il est probable que ces deux domaines doivent être suivis et traités séparément en prévention et en réparation (ce que suggère l'écèlement proposé par le conférencier aux Etats-Unis), avec peut-être même un troisième domaine, celui des « petits risques » qui font normalement l'objet d'une auto-assurance individuelle.
- Un effort pédagogique s'impose afin d'expliquer cette notion d'extrême aux non initiés.

Les échanges sur l'analyse de D. Zajdenweber à divers types d'aléas et de risques se poursuivront en vue de leur approfondissement et de leur application en France au cours de séances ultérieures.

Des évènements extrêmes aux figures de la catastrophe article de Paul -Henri Bourrelrier et Jean
Dunglas (Responsabilité et Environnement, octobre 2009)

Paul-Henri Bourrelrier fait une présentation rapide de l'article qui propose une typologie des aléas climatiques au regard des extrêmes (aléas des paramètres courants, aléas correspondant à ce qu'on désigne comme les risques naturels qui se caractérisent par une dissipation rapide d'énergie, aléas tels que les sécheresses, « surprises » que peut réserver le changement climatique) qui sont généralement bornés en intensité mais qui, même dans ce cas peuvent générer des risques extrêmes au sens donné par D. Zajdenweber (queue de distribution selon la loi de Pareto) à cause de la distribution des enjeux (comme celui-ci l'a expliqué pour les villes américaines).

Présentation du numéro d'octobre 2009 de la revue « Responsabilité & Environnement », série des Annales des Mines

Pierre Couveinhes, rédacteur en chef présente la revue et ses trois séries, et Paul-Henri Bourrelrier le numéro d'octobre 2009 consacré à l'adaptation au changement climatique qu'il a coordonné.

1^{ère} partie: LA NOTION D'ADAPTATION comprenant entre autres, les considérations d'E. Leroy Ladurie, deux exposés de paléontologues, un article sur les territoires, l'article qui vient d'être présenté sur la relation entre aléas et catastrophes sous l'effet du changement climatique et enfin une réflexion philosophique qui va être présentée.

2^{ème} partie : POLITIQUES PUBLIQUES ET ACTIONS DE TOUS regroupant deux articles (ONERC ET DGE) présentant la politique publique, et des textes sur l'application à des domaines particuliers : l'agriculture, les agglomérations urbaines, le littoral, pour terminer sur le rapport Kerjan sur la couverture financière des évènements extrêmes (présenté à l'Académie) et un échange final sur l'éthique.

Il est prévu de remettre le numéro de la revue, qui sortira prochainement, aux participants du groupe de travail lors des prochaines séances.

Deux articles sont présentés au cours de cette séance. Les participants aux travaux du groupe sont invités à s'y reporter.

Adapter qui ? Et à quoi ? Quelle place pour l'Homme dans la Nature ? par Michel Juffé

On a instauré un face à face qui est erroné (« la Nature à préserver » & « 'l'exception humaine' qui va au combat contre la Nature »), l'Homme allant re-crée une Nature à sa façon et cette Nature étant subordonnée aux désirs de l'espèce humaine. Or, la Nature est infinie ; il n'y a pas d'esprit qui a façonné cette Nature et les capacités créatrices de l'Homme sont perverties. Référence a été faite à la Théorie de l'évolution de Darwin. Malgré la tendance fâcheuse des humains à rechercher la Toute-Puissance, et cette croyance d'avoir la capacité de maîtriser tout [il faut vaincre la Nature - que l'on personnalise alors que c'est quelque chose d'impersonnel - car elle nous « inflige » des catastrophes], il faut admettre que l'on a des moyens fort limités. De plus, en fait, la Nature, c'est nous ! *L'adaptation*, c'est de la modestie ; elle ne doit pas être opposée à *l'atténuation*.

L'éthique, fil conducteur de l'adaptation par Yves Le Bars

(entretien entre Alain Grimfeld, président du comité national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé, Claudine Schmidt-Lainé, directrice scientifique du Cemagref, Yves le Bars, président du GRET, association professionnelle de solidarité et Paul-Henri Bourrelrier, président du Conseil Scientifique de l'AFPCN)

L'AFPCN a voulu introduire les risques naturels majeurs dans le « Grenelle de l'Environnement », mais il n'en est rien resté dans les conclusions. Car on venait avec une Nature « agressive » ; or la Nature est « bonne » (l'Homme est en rapport juste avec la Nature). L'approche de la société et des

écosystèmes exige d'envisager un *système global* (et non local) dans lequel on peut définir les enjeux par rapport à la Nature. S'agissant des rapports de la société avec les catastrophes, on devrait considérer les changements climatiques comme des stimulants (rappel à l'ordre). Et dans le cadre de changement climatique, il faut aborder la question de *l'équité* dans un monde fait de pays développés, de pays émergents en voie de structuration et de pays pauvres. Mais l'adaptation au changement climatique est vue avec beaucoup de méfiance, car elle est « démobilisatrice ». En outre, sa mise en œuvre implique :

- de prendre en compte la situation des pays pauvres.
- d'analyser les aspects financiers afférents : comment financer l'adaptation dans les pays pauvres et y mettre en place des Plans d'Actions exigeant éthique et diplomatie ? Comment adapter les projets de développement ?
- de prendre en compte l'application du Principe de Précaution.

Il faut donc, d'une part construire des actions collectives (à l'échelle mondiale), ce qui pousse à une réflexion sur le politique à cette échelle, et d'autre part admettre que le changement climatique et l'adaptation nous obligent à modifier notre climat « intérieur » ... Peut-être est-ce le glas d'un modèle de consommation promu aux USA, dont ce serait la fin du leadership. Quels seraient alors les leaderships qui s'annoncent ?

L'horaire n'a pas permis d'échanger questions et réponses sur les trois articles du numéro de Responsabilité et Environnement présentés. Les participants sont invités à prendre connaissance de ces articles et à envoyer leurs observations. Des échanges pourront avoir lieu lors de séances ultérieures et lors de discussions de synthèse.

Informations sur les séances suivantes

La diffusion de plusieurs rapports (notamment celui du groupe interministériel d'évaluation des impacts du changement climatique en France et des coûts de l'adaptation), le prochain lancement des travaux d'élaboration du plan national d'adaptation et la perspective de la Conférence de Copenhague incitent à programmer plusieurs séances.

Trois dates :

- 3 novembre après-midi (approche territoriale avec Brigitte Mazière),
- 16 novembre après-midi (avec Vincent Courtillot),
- 11 décembre matin (économie avec Bertrand Munier).

Version du 20.10.2009