



INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences

# Ecosystèmes et Evénements Climatiques Extrêmes *Ecosystems and Extreme Climatic Events*

Colloque de l'Académie des sciences



4-6 juillet 2007

Fondation Simone et Cino del Duca  
10, rue Alfred de Vigny  
75008 Paris

Photo : Ecpa-d

## Comité scientifique

### Membres

*Henri Décamps (Président)*  
*Jean-Claude André*  
*Pierre Auger*  
*Anny Cazenave*  
*Claude Combes*  
*Jean Dercourt*  
*Bernard Derrida*  
*Lucien Laubier*  
*Yvon Le Maho*  
*Ghislain de Marsily*  
*Michel Petit*  
*Philippe Taquet*  
de l'Académie des sciences

*Claudine Schmidt-Lainé*  
Cemagref

### Organisation

Service des Colloques, Académie des sciences  
Email : [fabienne.bonfils@academie-sciences.fr](mailto:fabienne.bonfils@academie-sciences.fr)  
Site Internet : [www.academie-sciences.fr](http://www.academie-sciences.fr)

Conception/réalisation  
Christine Martin



# Mercredi 4 juillet 2007

## Accueil / Welcome Address

- 9h Jean DER COURT, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences  
9h15 Henri DÉCAMPS, de l'Académie des sciences

## Introduction

- 9h30 **Populations humaines et climat. Leçons du passé et perspectives / Human Populations and Climate. Lessons from the Past and Prospects**  
**Henri LERIDON**, de l'Académie des sciences, Institut national d'études démographiques, Inserm U822, Le Kremlin-Bicêtre

## 1. Événements climatiques extrêmes et Société / Extreme Climatic Events and Society

---

- 10h Président / Chair **Ghislain de MARSILY**, de l'Académie  
**Geoffrey BOULTON**, University of Edinburgh
- 10h05 **Etude des sécheresses du passé pour modéliser la vulnérabilité des systèmes d'alimentation dans la perspective des impacts du changement climatique, avec des résultats préliminaires pour le nord-est de la Chine / Studying Past Droughts to Build Models of Food System Vulnerability for Future Climate Change Impacts, with Preliminary Results from North-Eastern China**  
**Evan FRASER**, Sustainability Research Institute, School of Earth and Environment, University of Leeds, United Kingdom
- 10h35 Pause
- 10h55 **Information historique et mémoire des inondations : des outils pour la prévention des risques naturels et l'aménagement du territoire / Historic Information and Flood Memory : Tools for Risk Prevention and Spacial Planning**  
**Denis COEUR** et **Michel LANG**, Acthys-Diffusion, Grenoble et Unité de recherche Hydrologie-Hydraulique, Cemagref, Lyon
- 11h25 **Evaluation des efforts de prévention envers les événements extrêmes / Economic Evaluation of Preventive Efforts Towards Extreme Events**  
**Christian GOLLIER**, Toulouse Sciences Economiques, Université de Toulouse 1
- 11h55 Discussion
- 12h20 Déjeuner

## 2. Les leçons d'un passé lointain / Lessons from the Distant Past

---

- 14h Président / Chair **Philippe TAQUET**, de l'Académie des sciences  
**Nils Ch. STENSETH**, de l'Académie des sciences
- 14h05 **Le rôle des événements extrêmes dans l'évolution / The Role of Extreme Events in Evolution**  
**Claude COMBES**, de l'Académie des sciences, Centre de Biologie, Université de Perpignan
- 14h35 **Changements de biodiversité en temps profond : apports de l'étude de la métacommunauté des Mammifères paléogènes du Quercy et de la Limagne (Massif Central, France) / Unearthing Deep-Time Biodiversity Changes: A Mesoscale Perspective from the Mammalian Palaeogene Metacommunity of The Quercy and Limagne Area (Massif Central, France)**  
**Gilles ESCARGUEL**, **Serge LEGENDRE** et **Bernard SIGE**, Paléoenvironnement et Paléobiosphère, Université de Lyon 1
- 15h05 **Réinitialisation des horloges évolutives chez certains invertébrés marins lors des crises environnementales majeures / Reinitialization of Evolutionary Clocks during Sublethal Environmental Stress in some Invertebrates**  
**Jean GUEx**, Institut de Géologie et Paléontologie, Université de Lausanne, Suisse
- 15h35 Pause

- 15h55 **Changements abrupts et variabilité millénaire du climat. Leçons du monde marin / Abrupt Changes and Millennial Climate Variability. Lessons from the Marine World**  
**Laurent LABEYRIE**, Université Versailles St-Quentin, Institut universitaire de France, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE), CNRS, Gif-sur-Yvette
- 16h25 **Interactions entre végétation et variabilité climatique en Europe: quelles sont les leçons de la modélisation en relation avec les données du passé / Interactions Between Vegetation and Climate Variability In Europe: What Are the Lessons of the Modelling in Relationship with the Data of the Past?**  
**Joël GUIOT**, Centre européen de recherche et enseignement en Géosciences de l'environnement (CEREGE), Aix-en-Provence
- 16h55 **Impact du changement climatique sur la distribution et l'extinction des grands mammifères pendant la dernière transition glaciaire/interglaciaire / The Impact of Climate Change on Large Mammal Distribution and Extinction at the Last Glacial/Interglacial Transition**  
**Adrian LISTER**, Natural History Museum, Department of Palaeontology, United Kingdom
- 17h25 Discussion

## Jeudi 5 juillet 2007

### 3. Réponses de systèmes écologiques aux événements extrêmes / Responses of Ecological Systems to Extreme Events

---

- 9h10 | Président / Chair **Yvon LE MAHO**, de l'Académie  
**Janine GIBERT**, Université Lyon 1
- 9h15 **Les événements climatiques extrêmes dans la recherche en écologie / Extreme Climatic Events in Ecological Research**  
**Anke JENTSCH**, Disturbance Ecology and Vegetation Dynamics, Centre for Environmental Research Leipzig, Allemagne
- 9h45 **Effet des événements ENSO sur la régénération des forêts en zone semi-aride sur le continent Sud-Américain / Forest Regeneration During ENSO Events in Semi Arid South America**  
**Milena HOLMGREN**, Resource Ecology Group, Wageningen University, The Netherlands
- 10h15 **Réponse des arbres forestiers aux événements climatiques extrêmes / Forests Responses to Extreme Climatic Events**  
**Nathalie BREDA**, Ecologie et écophysologie forestière, INRA, Champenoux
- 10h45 Pause
- 11h05 **Événements extrêmes et environnement marin / Extreme Events and the Marine Environment**  
**Lucien LAUBIER**, Université de la Méditerranée, Marseille
- 11h35 **Variabilité des débits et vitalité des systèmes d'eau courante / Flow Variability and the Vitality of River Systems**  
**Robert J. NAIMAN**, School of Aquatic and Fishery Sciences, University of Washington, Seattle, WA, USA
- 12h05 Discussion
- 12h30 Déjeuner

### 4. Événements extrêmes et besoin de connaissance / Extreme Events and Knowledge Needed

---

- 14h | Président / Chair **Claude COMBES**, de l'Académie  
**Katia LAVAL**, Université Paris 6
- 14h05 **Ce que les écologues ont besoin de savoir à propos des effets des événements extrêmes sur les écosystèmes / What Ecologists Need to Know about the Effects of Extreme Events on Ecosystems?**  
**Nils Ch. STENSETH**, de l'Académie des sciences, Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis, University of Oslo, Norway

- 14h35 **Méthodes statistiques pour l'analyse des extrêmes climatiques / *Statistical Methods for the Analysis of Climate Extremes***  
**Philippe NAVEAU**, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE), CNRS, Gif-sur-Yvette
- 15h05 **Quelques modèles simples présentant des évènements extrêmes / *Simple Models Generating Extreme Events***  
**Bernard DERRIDA**, de l'Académie des sciences, Département de physique de l'ENS, Université Pierre et Marie Curie, Paris
- 15h35 Pause
- 15h55 **Composante atmosphérique des changement hydrologiques: modélisation et observations / *Changes in the Atmospheric Component of the Global Hydrological Cycle: Observations and Modelling***  
**Hervé LE TREUT**, de l'Académie des sciences, Laboratoire de météorologie dynamique (LMD), Ecole Polytechnique, Ecole Normale Supérieure, Université Paris 6
- 16h25 **Les cyclones tropicaux et le changement climatique / *About Tropical Cyclones and Climate Change***  
**Jean-Claude ANDRE**, de l'Académie des sciences, Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique (CERFACS), Toulouse
- 16h55 **Événements glaciaires extrêmes / *Extreme Glacial Events***  
**Geoffrey BOULTON**, School of Geosciences, University of Edinburgh, United Kingdom
- 17h25 Discussion

## Vendredi 6 juillet 2007

### 5. Se préparer aux événements extrêmes / *Preparations for Extreme Events*

---

- 9h10 Président / Chair  
**Michel PETIT**, de l'Académie  
**Claudine SCHMIDT-LAINÉ**, Cemagref
- 9h15 **Evaluer les impacts des épisodes de pollution atmosphérique: du local au global / *Assessing the Impacts of Air Pollution Episodes: From Local to Global Scales***  
**Mike ASHMORE**, Environmental Department, University of York, United Kingdom
- 9h45 **Les épidémies : des leçons du passé au dispositif actuel de réponse / *Epidemics : Lessons from the Past and Current Organisation of Response***  
**Paul MARTIN**, Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie
- 10h15 **Impacts du changement climatique sur les évènements climatiques extrêmes / *Expected Impacts of Climate Change on Climatic Extreme Events***  
**Serge PLANTON**, Météo France, Toulouse
- 10h45 Pause
- 11h05 **Etudier des situations environnementales encore non existantes, pour des gestionnaires à venir : les défis spécifiques du futur en recherche environnementale / *Studying Environmental Situations that are not yet There, for Management by Actors Still to Come: The Specific Challenges of Futures in Environmental Research***  
**Laurent MERMET**, Analyse stratégique des situations de gestion environnementale, Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts (Engref), Paris
- 11h35 Discussion
- 12h00 **Conclusion : Henri DECAMPS**, de l'Académie des sciences
- 12h20 **Allocution de clôture** : Ministère en charge de l'environnement
- 12h35 Déjeuner



INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences

## Ecosystèmes et Evénements Climatiques Extrêmes *Ecosystems and Extreme Climatic Events*

Colloque de l'Académie des sciences

### Résumés / Abstracts

**4-6 juillet 2007**

**Fondation Simone et Cino del Duca**  
**10, rue Alfred de Vigny**  
**75008 Paris**

#### Comité scientifique

**Membres** : Henri Décamps (Président)  
Jean-Claude André, Pierre Auger  
Anny Cazenave, Claude Combes  
Jean Dercourt, Bernard Derrida  
Lucien Laubier, Yvon Le Maho  
Ghislain de Marsily, Michel Petit  
Philippe Taquet, *de l'Académie des sciences*  
Claudine Schmidt-Lainé, *Cemagref*

Organisation : Service des Colloques, Académie des sciences de l'Institut de France  
Email : [fabienne.bonfils@academie-sciences.fr](mailto:fabienne.bonfils@academie-sciences.fr), Site Internet : [www.academie-sciences.fr](http://www.academie-sciences.fr)  
Conception/réalisation : Christine Martin





# **PROGRAMME**

## Mercredi 4 juillet 2007

### Accueil / Welcome Address

9h **Jean DERCOURT**, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences

9h15 **Henri DÉCAMPS**, de l'Académie des sciences

### Introduction

9h30 **Populations humaines et climat. Leçons du passé et perspectives / Human Populations and Climate. Lessons from the Past and Prospects**

**Henri LERIDON**, de l'Académie des sciences, Institut national d'études démographiques, Inserm U822, Le Kremlin-Bicêtre

### 1. Événements climatiques extrêmes et Société / Extreme Climatic Events and Society

---

10h | Président / Chair **Ghislain de MARSILY**, de l'Académie  
**Geoffrey BOULTON**, University of Edinburgh

10h05 **Utiliser la variabilité climatique du passé pour comprendre la résilience des systèmes d'alimentation aux changements climatiques à venir / Using Past Climate Variability to Understand how Food Systems are Resilient to Future Climate Change**

**Evan FRASER**, Sustainability Research Institute, School of Earth and Environment, University of Leeds, United Kingdom

10h35 Pause

10h55 **Information historique et mémoire des inondations : des outils pour la prévention des risques naturels et l'aménagement du territoire / Historic Information and Flood Memory : Tools for Risk Prevention and Spatial Planning**

**Denis COEUR** et **Michel LANG**, Acthys-Diffusion, Grenoble et Unité de recherche Hydrologie-Hydraulique, Cemagref, Lyon

11h25 **Evaluation des efforts de prévention envers les événements extrêmes / Economic Evaluation of Preventive Efforts Towards Extreme Events**

**Christian GOLLIER**, Toulouse Sciences Economiques, Université de Toulouse 1

11h55 Discussion

### 2. Les leçons d'un passé lointain / Lessons from the Distant Past

---

14h | Président / Chair **Philippe TAQUET**, de l'Académie des sciences  
**Nils Ch. STENSETH**, de l'Académie des sciences

14h05 **Le rôle des événements extrêmes dans l'évolution / The Role of Extreme Events in Evolution**  
**Claude COMBES**, de l'Académie des sciences, Centre de Biologie, Université de Perpignan

14h35 **Changements de biodiversité en temps profond : apports de l'étude de la métacommunauté des Mammifères paléogènes du Quercy et de la Limagne (Massif Central, France) / Unearthing Deep-Time Biodiversity Changes: A Mesoscale Perspective from the Mammalian Palaeogene Metacommunity of The Quercy and Limagne Area (Massif Central, France)**

**Gilles ESCARGUEL**, **Serge LEGENDRE** et **Bernard SIGE**, Paléoenvironnement et Paléobiosphère, Université de Lyon 1

15h05 **Réinitialisation des horloges évolutives chez certains invertébrés marins lors des crises environnementales majeures / Reinitialization of Evolutionary Clocks during Sublethal Environmental Stress in some Invertebrates**

**Jean GUÉX**, Institut de Géologie et Paléontologie, Université de Lausanne, Suisse

15h35 Pause

- 15h55 **Changements abrupts et variabilité millénaire du climat. Leçons du monde marin / Abrupt Changes and Millennial Climate Variability. Lessons from the Marine World**  
**Laurent LABEYRIE**, Université Versailles St-Quentin, Institut universitaire de France, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE), CNRS, Gif-sur-Yvette
- 16h25 **Interactions entre végétation et variabilité climatique : quelles sont les leçons de la modélisation en relation avec les données du passé / Interactions Between Vegetation and Climate Variability : What Are the Lessons of the Modelling in Relationship with the Data of the Past?**  
**Joël GUIOT**, Centre européen de recherche et enseignement en Géosciences de l'environnement (CEREGE), Aix-en-Provence
- 16h55 **Impact du changement climatique sur la distribution et l'extinction des grands mammifères pendant la dernière transition glaciaire/interglaciaire / The Impact of Climate Change on Large Mammal Distribution and Extinction at the Last Glacial/Interglacial Transition**  
**Adrian LISTER**, Natural History Museum, Department of Palaeontology, United Kingdom
- 17h25 Discussion

## Jeudi 5 juillet 2007

### 3. Réponses de systèmes écologiques aux événements extrêmes / Responses of Ecological Systems to Extreme Events

---

- 9h10 | Président / Chair **Yvon LE MAHO**, de l'Académie  
**Janine GIBERT**, Université Lyon 1
- 9h15 **Les événements climatiques extrêmes dans la recherche en écologie / Extreme Climatic Events in Ecological Research**  
**Anke JENTSCH**, Disturbance Ecology and Vegetation Dynamics, Centre for Environmental Research Leipzig, Allemagne
- 9h45 **Effet des événements ENSO sur la régénération des forêts en zone semi-aride sur le continent Sud-Américain / Forest Regeneration During ENSO Events in Semi Arid South America**  
**Milena HOLMGREN**, Resource Ecology Group, Wageningen University, The Netherlands
- 10h15 **Réponse des arbres forestiers aux événements climatiques extrêmes / Forest Tree Responses to Extreme Climatic Events**  
**Nathalie BREDA**, Ecologie et écophysiologie forestière, INRA, Champenoux
- 10h45 Pause
- 11h05 **Événements extrêmes et environnement marin / Extreme Events and the Marine Environment**  
**Lucien LAUBIER**, Université de la Méditerranée, Marseille
- 11h35 **Variabilité des débits et vitalité des systèmes d'eau courante / Flow Variability and the Vitality of River Systems**  
**Robert J. NAIMAN**, School of Aquatic and Fishery Sciences, University of Washington, Seattle, WA, USA
- 12h05 Discussion

### 4. Événements extrêmes et besoin de connaissance / Extreme Events and Knowledge Needed

---

- 14h | Président / Chair **Claude COMBES**, de l'Académie  
**Katia LAVAL**, Université Paris 6
- 14h05 **Que doivent savoir les écologues à propos des effets des événements extrêmes sur les écosystèmes ? / What Ecologists Need to Know about the Effects of Extreme Events on Ecosystems?**  
**Nils Ch. STENSETH**, de l'Académie des sciences, Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis, University of Oslo, Norway

- 14h35 **Méthodes statistiques pour l'analyse des extrêmes climatiques** / *Statistical Methods for the Analysis of Climate Extremes*  
**Philippe NAVEAU**, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE), CNRS, Gif-sur-Yvette
- 15h05 **Quelques modèles simples présentant des événements extrêmes** / *Simple Models Generating Extreme Events*  
**Bernard DERRIDA**, de l'Académie des sciences, Département de physique de l'ENS, Université Pierre et Marie Curie, Paris
- 15h35 Pause
- 15h55 **Composante atmosphérique des changements hydrologiques: modélisation et observations** / *Changes in the Atmospheric Component of the Global Hydrological Cycle: Observations and Modelling*  
**Hervé LE TREUT**, de l'Académie des sciences, Laboratoire de météorologie dynamique (LMD), Ecole Polytechnique, Ecole Normale Supérieure, Université Paris 6
- 16h25 **Les cyclones tropicaux et le changement climatique** / *About Tropical Cyclones and Climate Change*  
**Jean-Claude ANDRE**, de l'Académie des sciences, Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique (CERFACS), Toulouse
- 16h55 **Événements glaciaires extrêmes** / *Extreme Glacial Events*  
**Geoffrey BOULTON**, School of Geosciences, University of Edinburgh, United Kingdom
- 17h25 Discussion

## Vendredi 6 juillet 2007

### 5. Se préparer aux événements extrêmes / *Preparations for Extreme Events*

---

- 9h10 | Président / Chair **Michel PETIT**, de l'Académie  
**Claudine SCHMIDT-LAINÉ**, Cemagref
- 9h15 **Evaluer les impacts des épisodes de pollution atmosphérique: du local au global** / *Assessing the Impacts of Air Pollution Episodes: From Local to Global Scales*  
**Mike ASHMORE**, Environmental Department, University of York, United Kingdom
- 9h45 **Les épidémies : des leçons du passé au dispositif actuel de réponse** / *Epidemics : Lessons from the Past and Current Patterns of Response*  
**Paul MARTIN**, Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie
- 10h15 **Impacts du changement climatique sur les événements climatiques extrêmes** / *Expected Impacts of Climate Change on Climatic Extreme Events*  
**Serge PLANTON**, Météo France, Centre national de recherches météorologiques, Toulouse
- 10h45 Pause
- 11h05 **Etudier des situations environnementales encore non existantes, pour des gestionnaires à venir : les défis spécifiques du futur en recherche environnementale** / *Studying Environmental Situations that are not yet There, for Management by Actors Still to Come: The Specific Challenges of Futures in Environmental Research*  
**Laurent MERMET**, Analyse stratégique des situations de gestion environnementale, Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts (Engref), Paris
- 11h35 Discussion
- 12h00 **Conclusion** : **Henri DECAMPS**, de l'Académie des sciences
- 12h20 **Allocution de clôture** : Ministère en charge de l'environnement

# RÉSUMÉS

Le colloque « **Ecosystèmes et Événements Climatiques Extrêmes** » porte sur la manière dont les écosystèmes (et les socio-écosystèmes) réagissent à des perturbations rares mais extrêmes de l'environnement. Le thème central est d'identifier quelles connaissances acquises ou à acquérir sont nécessaires pour préparer les sociétés humaines aux événements climatiques extrêmes. Les orateurs traitent d'événements qui se sont produits dans le passé ou actuellement. Le colloque est introduit par l'influence possible du changement climatique sur l'accroissement prévu de la population mondiale à l'horizon 2050. Il est ensuite organisé autour de cinq sous-thèmes : événements climatiques extrêmes et société, leçons du passé lointain, réponse des systèmes écologiques aux événements extrêmes, besoin de connaissance, se préparer aux événements extrêmes. Les présentations seront publiées dans un numéro spécial de la revue « Comptes Rendus Géoscience » de l'Académie.

*The symposium “**Ecosystems and Extreme Climatic Events**” addresses how ecosystems (and socio-ecosystems) react to infrequent but extreme disturbances in the environment. The intent is to identify the knowledge, already acquired or needing to be acquired, that is necessary to improve understanding of the consequences of extreme climatic events in order for societies to be prepared for future ones. Speakers address extreme climatic events that have occurred in the past or are occurring presently. The Conference is introduced by the way climate change could influence the increase of the world population predicted by the United Nations for the next decades. It is then organized around five sub-themes, namely: extreme climatic events and society, lessons from the distant past, response of ecological systems to extreme events, knowledge needed, and preparations for extreme events. The presentations will be published in a special issue of the journal “Comptes Rendus Geoscience” of the Academy.*

## Introduction

### **Populations humaines et climat : leçons du passé et perspectives / *Human Populations and Climate. Lessons from the Past and Prospects***

**Henri Leridon**, Institut National d'Etudes Démographiques (INED) et Inserm (U822) [leridon@ined.fr](mailto:leridon@ined.fr)

Les populations humaines ont résisté dans le passé, plus ou moins facilement, à bien des phénomènes hostiles, et notamment aux variations du climat. Certes, les évolutions détaillées, région par région, ne sont connues que pour une période récente : un ou deux milliers d'années tout au plus. On connaît aussi, pour quelques milliers d'années supplémentaires, la montée en puissance et le déclin parfois brutal de quelques empires.

Si l'on s'en tient d'abord à l'évolution de la population mondiale, certains historiens identifient trois fortes discontinuités, toutes trois à la hausse : la révolution paléolithique tardive qui, de -40000 à -35000 ans (bc) environ, a vu la population de la planète passer de 600 000 habitants à 4 millions (chiffres évidemment approximatifs) ; la révolution néolithique, avec le développement de l'agriculture et la sédentarisation des populations, vers -8000 à -5000, période pendant laquelle la population a été multipliée par 4 ou 5, et qui a amorcé une croissance continue ; et enfin l'explosion démographique commencée au milieu du dernier millénaire, amplifiée à partir du milieu du XX<sup>ème</sup> siècle, et qui s'achèvera vraisemblablement au cours du XXI<sup>ème</sup>, avec un passage d'un demi milliard d'habitants vers +1500 à près de 10 vers 2100.

A côté de ces fortes accélérations, les périodes de rémission semblent de beaucoup plus faible amplitude. Les variations locales de population ont sûrement été importantes, qu'elles résultent de crises de mortalité (souvent liées à des épidémies incontrôlées) ou, moins brutalement, de mouvements migratoires ; à l'échelle de la planète, ces variations paraissent largement amorties. Au total, les aléas du climat n'ont pas empêché la croissance de la population mondiale.

On évoquera certains mécanismes de régulation des crises de mortalité proposés par les historiens-démographes, ainsi que la modélisation des capacités de récupération d'une population après une crise.

Les perspectives actuelles d'évolution de la population mondiale sont assez bien cadrées, du moins à l'horizon 2050. Selon les Nations unies, la population devrait passer des 6,5 milliards actuels à 9 milliards environ, et se stabiliser vers 10 milliards à la fin du siècle. Ces projections n'incluent évidemment pas l'hypothèse de catastrophes d'ampleur imprévisible. Quel impact pourrait éventuellement avoir le changement climatique annoncé sur ces prévisions ?

Pour la mortalité, les pays développés ont commencé d'expérimenter les conséquences des canicules : elles semblent maîtrisables. Dans les pays en développement, les risques paraissent plus sérieux : catastrophes naturelles plus brutales, faisant en un court laps de temps des dizaines de milliers de victimes ; désertifications entraînant des famines récurrentes ; surtout, développement d'épidémies, pour des maladies anciennes ou nouvelles.

Par ailleurs, on peut s'attendre à de nouveaux déplacements de population. Il ne s'agira plus, comme dans le passé, d'aller occuper des terres plus ou moins vierges, mais soit de migrer vers les pays riches, soit d'occuper des terres que le nouveau régime climatique aurait rendu plus hospitalières. Finalement, il faut avoir en mémoire que la plupart des excédents de mortalité dans le passé ont été moins sûrement liés aux variations climatiques qu'aux effets des guerres et des épidémies...



## 1. Événements climatiques extrêmes et société *Extreme Climatic Events and Society*

**Utiliser la variabilité climatique du passé pour comprendre la résilience des systèmes d'alimentation aux changements climatiques à venir / *Using Past Climate Variability To Understand How Food Systems Are Resilient To Future Climate Change***

**Evan D. G. Fraser**, Sustainability Research Institute, School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, UK. [Evan@env.leeds.ac.uk](mailto:Evan@env.leeds.ac.uk)

Even in some of the world's most remote regions, we depend on complicated systems of food producers, processors and retailers to bring sustenance from farm to plate. Generally, these systems have proven quite good at reducing hunger over the past 50 years. But are they sustainable? After all, many of these systems require both a stable economy (with very inexpensive energy) and a productive environment. Especially as we look towards a future that may be full of environmental surprises, we need to know if our food systems will be able to adapt to new (and possibly extreme) weather conditions, or will hunger start to grow after being in retreat for most of the last half century? To address the question of whether food systems will be able to cope with climate change, this talk will build on existing theory and historical case studies to propose a framework to identify resilience in food systems. This will be done by examining cases where relatively small environmental problems caused famine and comparing them to cases where even large scale environmental anomalies did not cause any major problem in terms of food security.

"Vulnerable cases" include the Ethiopian famine of 1984 where the rainfall record suggests the drought that triggered the tragedy was minor in meteorological terms. Social, political and agricultural changes in the decade before the famine, however, undermined local economies and led to an agro-ecosystem with little in the way of resilience. These changes created a situation where even a minor problem cascaded into a major calamity. Similarly, the Great Irish Potato Famine (1845-49) was caused when a fungal blight destroyed the potato crop. Interestingly, fungal blights like the one that destroyed the harvest in the 1840s were common in the decades before the famine. This leads to the question, "what was different in 1845 such that a relatively common problem caused 25% of the population to lose lives or homes?" Just like ecosystem that had little resilience to this environmental problem. This created "an accident waiting to happen." In the Ethiopian case, in the decades prior to the Irish famine we observe socio-economic changes that hurt the local economy and helped create a highly specialized agro-ecosystem.

On the other side of the coin, a major drought in southern Africa in 1992 seriously affected harvests and exposed millions to starvation. However, this natural disaster did not turn into a famine due to relatively diverse local economies, careful emergency planning, and weather forecasting.

Using a comparative approach, this paper will draw lessons from these "resilient" and "vulnerable" case studies, and apply them to theoretical work on adaptability and resilience. This will allow us to identify the relevant social, institutional and agro-ecological variables that help characterize food systems able to withstand climate change. The framework will then be applied to Eastern China, one of the world's most vital grain producing regions where agricultural and rainfall data between 1960-2000 suggests that droughts of the same meteorological intensity are having larger impacts on agriculture today than in previous decades. The talk will conclude with some ideas for policy interventions to help promote resilience to climate change within sustainable food and agricultural systems both in China and more generally.

**Information historique et mémoire des inondations : des outils pour la prévention des risques naturels et l'aménagement du territoire / *Documentary Records And Memory Of Past Flood Events : Some Tools For Flood Risk Management And Land Planning***

**Denis Cœur**, Acthys-Diffusion, Grenoble & **Michel Lang**, Cemagref, Unité de recherche Hydrologie-Hydraulique, Lyon, France. [denis.coeur@wanadoo.fr](mailto:denis.coeur@wanadoo.fr)

Tirer les leçons des événements passés pour mieux se préparer à leur retour éventuel n'est-ce pas la première des attitudes préventives ? En matière de crue et d'inondation les données anciennes sont en général nombreuses en Europe Occidentale à l'échelle des cinq derniers siècles. Leur exploitation permet aujourd'hui non seulement aux historiens de commencer à se faire une idée des attitudes et formes de mobilisation des sociétés anciennes face au retour de tels événements, mais également aux hydrologues d'utiliser une partie de ces informations historiques pour la connaissance et la prédétermination des crues extrêmes.

Sur un plan historique, on constate que le développement et l'enracinement territorial des Etats a dû prendre en compte la survenue et le retour de tels événements. C'est d'abord à travers les ouvrages (levées, digues, murs, glacis, etc.) que s'est engagée la mobilisation. Dès le XVe siècle, ingénieurs militaires et ingénieurs civils des principautés italiennes, villes fluviales françaises ou allemandes, ont été les promoteurs d'importants ouvrages défensifs, sans pour autant que la crue inondante soit toujours considérée de manière complètement négative (usages défensifs, bonification des terres). En matière de secours aux populations sinistrées, il faut en France attendre le XVIIIe siècle, avec les linéaments de l'Etat providence, pour voir se développer un système d'aides plus durables. Les progrès des sciences et techniques hydrauliques et les questions de sûreté posées par le retour des crues destructrices aux villes et plaines fluviales, par ailleurs en plein développement économique, vont, dès cette période, engager les autorités à organiser la surveillance des cours d'eau et les premiers systèmes d'alerte.

Sur le plan hydrologique, la législation actuelle sur la protection contre les inondations repose le plus souvent sur une crue de référence qu'il s'agit de déterminer à partir des observations disponibles sur les crues anciennes. En France, les Plans de Prévention du Risque Inondation (PPRI) retiennent un aléa de référence correspondant à la plus forte crue connue et bien documentée, ou à l'aléa centennal si celui-ci correspond à une crue plus forte. Faut-il alors systématiser les recherches historiques et remonter le plus loin possible dans le passé, quitte à sélectionner un événement qui ne serait plus représentatif des conditions actuelles d'écoulement ? L'analyse l'historique des situations naturelles et des aménagements successifs du bassin versant et de la rivière, en apportant des éléments d'information à la fois sur l'évolution des conditions générales d'écoulement et sur l'occupation des espaces, permet de préciser le classement des crues en terme de débit et d'impact pour au final retenir la crue la plus pénalisante dans le contexte actuel. Les interrogations sur les effets attendus du changement climatique posent néanmoins la question de la représentativité d'une telle démarche dans un contexte futur non stationnaire. Des premiers outils probabilistes commencent à être disponibles pour intégrer dans le calcul de la crue de référence une incertitude supplémentaire liée à la non stationnarité climatique, même si le diagnostic sur les valeurs extrêmes reste aujourd'hui difficile à réaliser.

Pour finir, quelques propositions et recommandations concrètes peuvent être avancées en matière de valorisation de l'information historique sur les événements extrêmes : 1/ l'intégration régionale des données historiques et des données actuelles constitue une étape importante tant en terme de qualité de l'information que de sa prise en compte dans la gestion actuelle du risque inondation. Une telle base de données aurait l'intérêt de pouvoir être enrichie après chaque nouvelle crue dans le cadre d'une démarche de retour d'expérience. L'outil pourrait en outre être adapté aux différents profils d'utilisateurs (techniciens : informations pour le calcul de crues de référence ; gestionnaires : aide à la décision à partir d'une histoire de l'aménagement ; grand public : éléments d'appropriation pour une mémoire-culture sur le risque) ; 2/ la constitution de longues séries de référence est encouragée, comme témoin du changement climatique et données de calage/validation des modèles climatiques (critères restrictifs : durée-qualité, pérennité à assurer pour le futur).

## **Evaluation des efforts de prévention envers les événements extrêmes / Economic Evaluation of Preventive Efforts Towards Extreme Events**

**Christian Gollier**, Toulouse Sciences Economiques, Laboratoire d'Economie des Ressources Naturelles (LERNA, INRA-UT1), Université de Toulouse 1, France. [gollier@cict.fr](mailto:gollier@cict.fr)

**Public choices are particularly complex when they affect the citizens' environment either in an uncertain way, or when they are expected to occur in a distant future.** This is the case for most questions related to the notion of sustainable development, as global warming, nuclear waste, GMOs, ITER, space conquest,... This raises the question of how should we take into account of uncertainty and time in the economic evaluation of the current generations' efforts to improve the future. Answering to these questions is central in order to escape the risk to invest in inefficient prevention efforts that will be detrimental to intergenerational welfare. There are so many potential perils facing future generations that it is essential to put a structure on how to evaluate the projects to deal with these perils, since not all of them will be implemented given our limited means.

I will present and justify the use of standard economic tools to help public decision makers. In simple words, these tools allow us to compare costs and benefits (including the value of non financial impacts, as lives saved, preservation of environmental assets,...). I justify the use of a decreasing discount rate to value future costs and benefits when compared to current ones. I also justify the use of risk premia (as in the modern theory of finance) to take into account of risk-reducing actions.

All these tools are based on our willingness to search for actions that optimize a social welfare function, which is a weighted sum of the well being of present and future generations. It takes into account of intergenerational equity, and of risk aversion.

I will illustrate the methodology with the approach contained in the Stern report, and in the so-called "Copenhaguen Consensus" (2005).

---

**Les choix publics sont particulièrement délicats lorsqu'ils affectent les citoyens sur des horizons de temps longs.** Or, l'émergence de nombreuses questions liées au développement durable, comme l'effet de serre, les déchets nucléaires, les OGM ou le développement des infrastructures, pose la question centrale de la prise en compte et la valorisation du temps dans les choix collectifs. En particulier, quels sacrifices peut-on demander aux générations présentes pour préserver ou améliorer le bien des générations futures ? Sans une réponse claire de ce point de vue, on risque à nouveau de faire des efforts importants pour l'avenir dans certains domaines (l'environnement par exemple), au détriment des générations futures qui bénéficieraient d'une réallocation de ces mêmes ressources vers d'autres projets (comme l'éducation ou la recherche par exemple). Imaginez par exemple qu'Isabelle la Catholique aie refusé de financer l'expédition de Christophe Colomb pour subventionner la sauvegarde de l'Ours des Pyrénées, ou que les efforts de Watt pour développer sa machine aient été réorientés vers le développement des arts.

*En général, les bénéfices futurs des actions publiques sont eux-mêmes incertains, ce qui complique sérieusement la comparaison de l'efficacité des projets en concurrence. C'est particulièrement vrai pour les projets aux effets très longs. Pour illustrer, on a investi sous Louis XIV dans la plantation de chênes sur le domaine royal dans l'idée de pouvoir utiliser ce bois deux cents ans plus tard à la fabrication d'une marine royale dominant les océans. Sans doute cette stratégie était-elle rationnelle compte tenu des connaissances de l'époque, comme il en est des projets ITER ou de conquête spatiale, pour ne citer que deux exemples. Il s'agit néanmoins d'intégrer cette incertitude dans le calcul économique, en tenant compte par exemple de l'**aversion collective au risque**. En particulier, il faut favoriser les projets réducteurs de risque collectif de nature catastrophique, comme la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, la non-dissémination des OGM, ou la réversibilité du site de stockage des déchets nucléaire. Néanmoins, ceci ne doit pas être fait à n'importe quel prix, les citoyens acceptant de prendre quelques risques si leurs bénéfices espérés sont suffisamment importants. L'observation des comportements des citoyens face aux risques, une activité de prédilection des économistes et des chercheurs en finance depuis 3 décennies, devrait inspirer l'Etat dans ses choix. Notons que*

Ecosystèmes et Evénements Climatiques Extrêmes / Ecosystems and Extreme Climatic Events

Colloque de l'Académie des sciences – 4-6 juillet 2007

Fondation Simone et Cino del Duca – 10 rue Alfred de Vigny – 75008 Paris

*l'aversion collective au risque est grandement affectée par la capacité de nos économies modernes à disséminer et mutualiser ces risques sur la communauté la plus large possible d'agents économiques. L'assurance joue un rôle majeur dans le dynamisme économique.*

*Le rapport Stern illustre parfaitement cet effort de rationalisation des choix publics. En économiste, Nick Stern utilise les meilleurs outils présentés ici pour argumenter en faveur d'une orientation de nos sacrifices en faveur de la lutte contre l'effet de serre. Il montre que nous devrions être prêt à sacrifier jusqu'à 10% de nos richesses présentes et à venir pour éliminer les risques de changement climatique. J'illustrerai mon propos en expliquant les fondements économiques et la méthodologie suivie dans le rapport Stern.*

## 2. Les Leçons d'un Passé Lointain *Lessons from Distant Past*

### Le rôle des événements extrêmes dans l'évolution / *The Role Of Extreme Events In Evolution*

**Claude Combes**, Centre de Biologie, Université de Perpignan, France. [combes@univ-perp.fr](mailto:combes@univ-perp.fr)

Whereas Charles Darwin considered that natural selection operates essentially at the level of individuals, Stephen Jay Gould (and some other evolutionists, among them Sewall Wright) drew attention to the fact that selection may act at different levels. Gould put a special emphasis on the species selection, with the famous metaphor of two fish species in a pond: one species perfectly adapted to well-aerated waters, the second less specifically adapted but able to survive in various areas of the pond. When the quality of water is modified by the climate or another event, only the « poorly adapted » species survives. In this imaginary example of species selection, Gould considers that is its higher genetic diversity which gives the second species a selective advantage.

The concept of species selection has been criticized with the principal argument that any adaptation characterizing a species arose in the first place by interactions between individuals of that species, « not because of interactions among species as discrete and bounded units » (W. F. Zimmerman, 2002). This is certainly true and valid as long as selection is a slow process, giving individuals different probabilities of transmitting their genes to the next generation.

As V. Courtillot (2000) stresses, evolutionists have often had a marked tendency to think that, in the course of times, planetary events were not very different from those occurring during a human life. Cuvier, in his « *Discours sur les révolutions du globe* » assigned catastrophes a pivotal (but controversial!) role in the history of life. It is possible that the souvenir of « Cuvier's catastrophism » made some people reluctant to accept a « new catastrophism ». However, when the right (not « human ») time scale is used, the history of our planet appears to be profoundly and frequently disturbed by extreme events. These events, even not always instantaneous, impose - because of their amplitude - a severe sorting, not between individuals of a species, but between species, or even between phyla. In the face of an extreme event, intraspecific diversity counts little, it is the interspecific diversity which makes the difference.

As shown by mass extinctions, extreme events open ecological niches and redistribute the cards of life, giving survivors opportunities to radiate: « the greater the scope and intensity of an extinction event, the greater the scope and intensity of evolutionary response » (N. Eldredge, 2002). The capacity to cope with extreme ecological conditions favors certain species in ecosystems, not certain individuals in populations. This is not a macroevolutionary process in terms of acquiring new adaptations, but a macroevolutionary process in terms of sorting entire sections of life. The « *énorme loterie* » evoked by J. Monod (1970) distributes prizes of variable values... The most important is perhaps that the concept of a limited number of mass extinctions dissimulates less important extinctions caused by less extreme and more localized events that were possibly responsible for many changes in the composition and structure of communities throughout the evolution.

The term of pre-adaptation proposed long ago by L. Cuénot has been more or less neglected because it gives an impression of finalism, but it is probably the best one to express that, when an unexpected event occurs, a particular species has or has not the right genes to continue to sustain viable populations. I thus conclude that the role of these events in modifying the course of evolution should not be underestimated. Although some extreme events could provoke the end of our species nowadays, one may speculate that, without many of them, we would simply be absent.

#### References

- Courtillot V., 2000. La dynamique du globe contrôle-t-elle l'évolution des espèces ?. In : "Qu'est-ce que la vie?" Université de tous les savoirs (Dir. Y. Michaud). Odile Jacob, Paris : 149-162.  
Eldredge, N., 2002. Homage to Steve Gould. *Paleobiology* 28 : 301-303.  
Monod J., 1970. Le hasard et la nécessité. Seuil : 251 pp.  
Zimmerman W. F., 2003. Stephen Jay Gould's Final View of Evolution. *The Quarterly Review of Biology* 78 : 454-459.

**Changements de biodiversité en temps profond : apports de l'étude de la métacommunauté des Mammifères paléogènes du Quercy et de la Limagne (Massif Central, France) / *Unearthing Deep-Time Biodiversity Changes: A Mesoscale Perspective from the Mammalian Palaeogene Metacommunity of the Quercy and Limagne Area (Massif Central, France)***

**Gilles Escarguel, Serge Legendre & Bernard Sigé**, UMR-CNRS 5125 « Paléoenvironnements & Paléobiosphère », Université Lyon 1, France.  
[gilles.escarguel@univ-lyon1.fr](mailto:gilles.escarguel@univ-lyon1.fr)

In the current context of growing academic and public debates on extreme events, global changes and conservation policies, studies of metacommunity dynamics recently offered significant advances, indicating this regional scale level as an ecologically meaningful level of functional organization. During the last decade, this scientific interest in metacommunity has resulted in an exponential improvement of the empirical and theoretical knowledge on their functional dynamics. Nevertheless, the understanding of their evolutionary dynamics has not progressed at the same rhythm. Indeed, time scales at which metacommunities evolve, ranging from thousands to millions of years, are definitely not accessible to neontologists, but require a deep-time historical approach based on paleobiological data, searching for the controlling parameters that drive the observed long-term changes through time.

In this conference; we introduce some preliminary results about the long-term evolutionary dynamics of the Paleogene mammalian metacommunity of the Quercy and Limagne area (Massif Central, France). The analyzed dataset includes 331 mammalian lineages recorded within 170 published local faunas over a time span of c. 17 million years (late Middle Eocene [39 M.y.]-Early Miocene [22 M.y.]). We apply various quantitative analytical tools, including the computation of local cenograms, total species richness estimators, taxonomical evolutionary rates, pre-nascence and survivorship poly-cohort curves, and analysis of within-group diversification. Main results are:

- the taxonomic richness and body size structure of the local assemblages (communities) closely responds to the global climatic conditions;
- within-lineage (anagenetical) body size time changes are significantly dominated by increases, involving body size-controlled differential rates of origination and extinction in order to stabilize the body size structure of the local assemblages;
- three eutherian guilds (Ferae, Glires and Ungulata) are characterized by distinct coefficients of temporal scaling and intrinsic rates of phyletic richness evolution;
- the Eocene/Oligocene and Early/Late Oligocene limits (c. 33.7 and 28.5 M.y., respectively) are critical times in the origination/immigration and extinction/emigration dynamics of the metacommunity;
- from the Eocene/Oligocene limit onward, the metacommunity shows a highly structured evolutionary dynamic driven by a regular alternation of extinction/emigration and origination/immigration phases.

These first results indicate that the analyzed data set constitutes a rather unique “deep-time key” into major current macroecological debates, e.g.:

- What are the modalities, rates, and control parameters of the evolution of local and regional diversities through time?
- Within a metacommunity, how does the local diversity heterogeneity level evolve, and what are the controlling parameters?
- Are local communities' species assemblages randomly sorted from a common regional pool? – The “niche vs. dispersal-assembly” and “functional equivalence hypothesis” debates;
- How does the phyletic and phylogenetical evolution shape the structural and functional properties of communities and metacommunities?

**Réinitialisation des horloges évolutives chez certains invertébrés marins lors des crises environnementales majeures / *Reinitialization of Evolutionary Clocks during Sublethal Environmental Stress in Selected Marine Invertebrates***

**Jean Guex**, Institut de Géologie et Paléontologie, Université de Lausanne, Suisse [Jean.Guex@unil.ch](mailto:Jean.Guex@unil.ch)

Plusieurs aspects de l'influence des stress environnementaux majeurs sont discutés dans la présente conférence. Nous présentons notamment l'influence de tels stress sur certaines lignées évolutives d'ammonites (céphalopodes éteints depuis 65 Ma) et de protistes. L'évolution de ces groupes est souvent caractérisée par l'apparition itérative de formes plus ou moins identiques aux groupes ancestraux dans des lignées distinctes et à différentes périodes (homéomorphies hétérochrones).

Au cours des périodes d'extinction majeures, de nombreuses ammonites sont affectées par des simplifications drastiques de la géométrie de leur coquille, de leur ornementation et de leurs lignes de sutures. On observe notamment que des formes à enroulement relativement involute peuvent donner naissance à des formes fortement évolutives ou à des hétéromorphes déroulés à ornementation simple et à suture de type cératitique, un phénomène que nous appelons la protéromorphose. De telles simplifications correspondent souvent à la réapparition de géométries ancestrales, caractérisées en particulier par des ornementations simples et des enroulements ouverts. Ceci suggère que "l'horloge" évolutive de tels organismes peut être réinitialisée lors des épisodes de stress extrêmes responsables des grandes extinctions.

La cause la plus probable de telles perturbations environnementales réside vraisemblablement dans le volcanisme géant, source des grandes provinces magmatiques comme celles du CAMP (Central Atlantic Magmatic Province) à la limite Trias Jurassique ou celle du Deccan à la limite Crétacé Tertiaire. De tels épisodes volcaniques sont en effet la source de pollutions chimiques colossales et de changements climatiques majeurs associés à des régressions et transgressions marines importantes.

## **Changements abrupts et variabilité millénaire du climat. Leçons du monde marin / *Abrupt Changes and Millennial Climate Variability. Lessons from the Marine World***

**Laurent LABEYRIE**, Université Versailles St-Quentin, Institut universitaire de France, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE UMR CEA-CNRS-UVSQ), Campus du CNRS, Gif-sur-Yvette

Avec **Elsa CORTIJO** et **Franck BASSINOT**, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE UMR CEA-CNRS-UVSQ), Campus du CNRS, Gif-sur-Yvette

Laurent.Labeyrie@lsce.ipsl.fr

A rapid succession of abrupt climatic events has punctuated the glacial interglacial cycles of the last million of years. These events have impacted the continents at high latitudes (with the ice sheet waxing, and the climatic consequences of the massive ice surges), but also at intermediate and low latitudes (with the rapid shifts between desertification and monsoons). For the marine realm, and independently of the local upwelling variability, major changes are observed at high latitudes (with the extension of sea-ice and polar waters) and in the intermediate and deep waters that hydrological properties have changed. Surface water flora and fauna (at least its fossilized component) have principally responded to these shifts by changes in habitat and productivity, most often without modifications of the ecotypes. This observation is the foundation of all paleoceanographic reconstructions based on modern analogs. The problem gets more complex for intermediate and deep waters, which have not only changed in their physical properties (temperature, salinity) but also in their chemistry, in particular their dissolved O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> and other associated elements. This domain is still imperfectly studied, as the only benthic fossils found in sediments accumulated within periods of low bottom water oxygen content are skeletons of endobionte benthic foraminifera, which, at least for certain species, are breathing nitrates. However, marine sediments record periods with rapidly changing [CO<sub>3</sub>]<sup>2-</sup> concentration, with associated preservation peaks of the fragile pteropods aragonite, or at the opposite dissolution peaks for coccoliths and foraminifera shells, which are interpreted as periods with large changes in dissolved CO<sub>2</sub> concentration, or reorganization of deep water masses distribution. One may look at these periods for at least partial analogs of the future evolution of the oceans, with the rapidly increasing CO<sub>2</sub> flux to the oceans.

---

*La Terre a connu une succession rapide d'évènements climatiques abrupts de grande amplitude au cours des cycles glaciaires-interglaciaires du dernier million d'années. Ces évènements ont affecté les continents aussi bien aux hautes latitudes (avec l'extension des glaciers continentaux, et les conséquences climatiques des épisodes de débâcle massive), qu'aux latitudes intermédiaires ou tropicales (avec des alternances rapides sécheresse/mousson). Dans le domaine marin, ce sont surtout aux hautes latitudes (avec l'extension de la glace de mer et des eaux polaires) et dans les océans intermédiaires et profonds que les propriétés hydrologiques ont été affectées. La flore et la faune de surface (du moins celles qui possèdent des squelettes fossilisables) ont essentiellement marqué ces modifications par des changements d'habitats et de productivité, mais le plus souvent sans altérations significatives des écotypes, au moins pour les dernières centaines de milliers d'années. C'est sur ces observations que reposent de nombreuses reconstructions paléocéanographiques, établies en référence aux analogues actuels. Le problème est plus complexe pour les eaux intermédiaires et profondes, qui ont non seulement changé dans leurs propriétés physiques (température, salinité), mais aussi dans leur chimie, et en particulier leur teneur en O<sub>2</sub> dissous, CO<sub>2</sub>, et autres éléments associés. Ce domaine est encore très imparfaitement étudié, car les seuls fossiles benthiques retrouvés dans les sédiments accumulés dans des zones et périodes de faible oxygénation des eaux de fond sont les squelettes de foraminifères endobiontes, qui (au moins pour certaines espèces) respirent les nitrates dissous en absence d'oxygène. Par contre, on retrouve dans les sédiments des évidences de périodes où la saturation en [CO<sub>3</sub>]<sup>2-</sup> a fortement et très rapidement changé, conduisant à des pics de préservation de ptéropodes (à squelette d'aragonite), ou au contraire des pics de dissolution de coccolithes, foraminifères et autres microfossiles à squelette carbonaté, traduisant des changements de teneurs en CO<sub>2</sub> ou de large réorganisations des masses d'eau profondes. On peut rechercher dans ces périodes des analogues au moins partiel de l'évolution future des océans, avec l'augmentation rapide du flux de CO<sub>2</sub> vers l'océan.*

## **Interactions entre végétation et variabilité climatique: quelles sont les leçons de la modélisation en relation avec les données du passé / *Interactions Between Vegetation and Climate Variability: What are the Lessons from Modelling in Relationship to the Data of the Past?***

**Joël Guiot**, Centre Européen de Recherche et Enseignement en Géosciences de l'Environnement (CEREGE), Université Paul Cézanne, Aix-en-Provence, France. [guiot@cerege.fr](mailto:guiot@cerege.fr)

La diversité des écosystèmes (continentaux) actuels est fortement imprégnée des oscillations climatiques du Quaternaire (alternances glaciaire-interglaciaire). Ainsi, au Pliocène (5.32 à 1.77 Ma BP.), nos latitudes tempérées connaissaient une végétation riche en espèces tempérées et subtropicales. Ce mélange n'a aucun analogue actuellement. L'arrivée périodique des glaciations depuis le début du Quaternaire a relégué la composante sub-tropicale au sud de l'axe Méditerranée-Caspienne. Depuis la fin de la dernière glaciation (~11.5 ka BP), en surimposition au climat, l'homme a marqué cette diversité de manière de plus en plus forte durant les derniers millénaires. A l'échelle du Quaternaire, les oscillations climatiques, qui ont été déterminantes pour les écosystèmes en les plongeant dans des états extrêmes, ont des temps caractéristiques de plusieurs milliers d'années (cycles de Milankovitch). Les variations plus rapides qu'a connu l'Holocène (dix mille dernières années), même si elles étaient plus faibles en amplitude, n'en ont pas moins marqué les écosystèmes. Le Petit Age Glaciaire (entre 1500 et 1900 AD) en est un exemple frappant. Actuellement, la question se pose de savoir si, pour un état moyen constant du climat, un changement dans la fréquence des extrêmes (canicules ou inondations par exemple) peut avoir un effet à moyen ou long terme sur les écosystèmes. Autrement dit, dans les états climatiques extrêmes du passé, la végétation répond-elle plus à un changement de moyenne ou à un changement de variabilité ? Les implications pour le réchauffement futur sont importantes.

La connaissance du passé s'impose pour comprendre les interactions végétation-climat à différentes échelles de temps. Les principales sources d'information sur les communautés végétales et animales sont le pollen accumulé dans les sédiments, les macro-restes végétaux, et les restes d'animaux accumulés dans les sites paléontologiques et archéologiques. Pour le dernier millénaire, qui permet de retracer à l'échelle fine les effets de la variabilité interannuelle du climat sur les écosystèmes terrestres, les indicateurs privilégiés sont les séries de croissance annuelle des arbres (dendrochronologie). La modélisation du fonctionnement des écosystèmes, appliquée en interaction avec les données permet de comprendre ce que nous montrent ces dernières, tout en permettant une validation de modèles tournant pour des conditions environnementales différentes de l'actuelle. Ces modèles dûment validés permettent d'appréhender la vulnérabilité des écosystèmes aux changements futurs.

Les variations de la composition de la végétation des écosystèmes terrestres sont enregistrées par les données polliniques qui donnent accès, grâce à l'usage de fonctions de transfert, au type de végétation, au bioclimat et/ou à la productivité primaire qui les caractérisent. Cependant le décodage de ces informations suppose des hypothèses fortes qui ne sont pas toujours remplies. Une alternative est le recours à la modélisation mécaniste. Nous présenterons des résultats de reconstruction de la variabilité climatique en Europe pour deux périodes extrêmes : le dernier maximum glaciaire et l'optimum climatique de l'Holocène moyen. Pour cette dernière, nous montrons comment la variabilité du climat a pu changer, fournissant un test de la qualité des modèles climatiques. Nous présenterons également des illustrations de l'effet respectif du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique et du climat sur la limite des forêts dans les montagnes tropicales. Enfin, nous montrons comment il est possible de tester l'effet de la variabilité du climat (changement de la fréquence et de l'amplitude des extrêmes, changement de saisonnalité) par rapport aux changements de moyenne, et cela aussi bien en climat froid que chaud.

En ce qui concerne les derniers siècles, les données dendrochronologiques ont permis la reconstitution des températures estivales et d'un indice de sécheresse en région méditerranéenne, permettant d'étudier les changements de fréquence des événements extrêmes. En parallèle, un modèle de croissance a été calibré et validé sur de grandes échelles temporelles grâce à ce type de données. Il a permis finalement d'étudier la sensibilité des forêts méditerranéennes aux changements globaux, grâce à l'utilisation de scénarios climatiques IPCC pour le 21<sup>e</sup> siècle.

**Impact du changement climatique sur la distribution et l'extinction des grands mammifères lors de la dernière transition glaciaire/interglaciaire / *The Impact of Climate Change on Large Mammal Distribution and Extinction at the Last Glacial/Interglacial Transition***

**Adrian Lister**, Natural History Museum, Department of Palaeontology, Cromwell Road  
SW7 5BD London, UK. [a.lister@nhm.ac.uk](mailto:a.lister@nhm.ac.uk)

The last major global revolution of climate and ecosystems was the transition from the last glacial stage to the present interglacial. From the time of the Last Glacial Maximum (around 25k cal BP) to the early Holocene, vegetational belts underwent major reorganisation and with them, mammalian communities shifted their ranges and compositions.

These patterns have been explored in recent years by extensive programmes of direct radiocarbon dating of megafaunal remains, principally using the AMS method. The most detailed information is available for large mammals of northern Eurasia, including extinct species such as the woolly mammoth (*Mammuthus*), woolly rhinoceros (*Coelodonta*), giant deer (*Megaloceros*) and cave bear (*Ursus spelaeus*), as well as survivors of this revolution such as horse (*Equus*), bison (*Bison*) and reindeer (*Rangifer*).

New data are showing that the series of environmental changes comprising the Last Glacial Maximum, Late-glacial interstadial and stadial (Younger Dryas), and transition to the Holocene, affected the ranges of these species dramatically, but in differing ways for each taxon; and these differences can in many cases plausibly be linked to the particular ecologies of the species concerned. The revealed patterns of distributional change also show that for species that ultimately went extinct, the reduction in their range down to zero (extinction) was a prolonged and geographically complex process, sometimes taking tens of thousands of years. Recent genetical studies using DNA from fossils such as bison and mammoth also contribute evidence on this, showing population movements and, especially, progressive loss of genetic diversity in the trajectory to extinction.

The concept of 'refugia' is also shifting. Recent work (for example on arctic fox) suggests that species do not 'retreat' to refugia but simply die out in other areas. So-called 'refugia' are therefore really core areas which need to be populated if the species is to survive adverse conditions. The expansion and contraction of taxa are inverse for differently-adapted species; thus, species such as red deer (*Cervus elaphus*) or moose (*Alces*), that were refugial during glacial stages, expanded their ranges at the last glacial/interglacial transition, while formerly widespread glacial-adapted species are now, if they have survived at all, surviving in refugia. Moreover, species cannot necessarily be expected to 'find' remaining or shifted patches of their required habitat under future globally-altered conditions, even if those habitats escape human-mediated destruction.

### 3. Réponses des systèmes écologiques aux événements extrêmes *Responses of Ecological Systems to Extreme Events*

#### 3.1. Les événements climatiques extrêmes dans la recherche en écologie / *Extreme Climatic Events in Ecological Research*

**Anke Jentsch**, Disturbance Ecology and Vegetation Dynamics, Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig, and University of Bayreuth, Bayreuth, Germany. [anke.jentsch@ufz.de](mailto:anke.jentsch@ufz.de)

Intensification of weather extremes is currently emerging as one of the most important facets of climate change. Research on extreme events (“event-focused” in contrast to “trend-focused”) has increased in recent years and in 2004 amounted to a fifth of the experimental climate change studies published. Numerous examples ranging from microbiology and soil science to biogeography demonstrate how extreme weather events can accelerate shifts of species compositions and distributions, thereby facilitating changes in ecosystem functioning. However, assessing the significance of extreme events for ecological processes poses major challenges because of their very nature: the effects of these events are out of proportion to their short duration. I propose that extreme events can be characterized by statistical extremity, timing, and abruptness relative to the life cycles of the organisms affected. To test system response to changing magnitude and frequency of weather events, controlled experiments are useful tools. These experiments provide essential insights for science and for societies that must develop coping strategies for such events. Here, I discuss future research challenges for climate change experiments in ecology. For illustration, I describe an experimental plan showing how to meet the challenge posed by changes in the frequency or magnitude of extreme events. I also present first results (on e.g. biodiversity, productivity, phenology) of an experiment, in which planted grassland and heath communities in central Europe were exposed to a single drought event, or a heavy rainfall event. The magnitude of manipulations imitated the local 100-year weather extreme according to extreme value statistics.

### **3.2. Effet des évènements ENSO sur la régénération des forêts en zone semi-aride sur le continent Sud-Américain / *Forest Regeneration during ENSO Events in Semi-Arid South America***

**Milena Holmgren**, Resource Ecology Group, Wageningen University, The Netherlands.  
Milena.Holmgren@wur.nl

Theoretical models predict expansion of semiarid woodlands during large rainy pulses. We tested the hypothesis that rainy ENSO events can enhance tree recruitment in the semiarid ecosystems of north-central Chile and north-west Peru. Tree-ring studies in natural populations revealed that rainy El Niño episodes can indeed trigger forest regeneration in Peru. Field experiments indicate that failure in tree seedling recruitment in Chile is due mostly to a much larger mortality caused by herbivores. The huge impact of herbivores in Chile seems the combined result of slower plant growth and more powerful exotic herbivores (European rabbits and hares). These results suggest that ENSO events may be used as 'windows of opportunity' to stimulate forest recovery if herbivores are controlled at the right moment.

## Réponses des arbres forestiers aux événements climatiques extrêmes / *Forest Tree Responses to Extreme Climatic Events*

**Nathalie Breda & Vincent Badeau**, INRA UMR 1137 Ecologie et Ecophysiologie Forestières, Equipe Phytoécologie, Champenoux, France. [breda@nancy.inra.fr](mailto:breda@nancy.inra.fr)

Un des facteurs majeurs affectant la croissance des arbres est la disponibilité en eau, même dans les milieux tempérés. Les accroissements annuels, marqués dans le bois par les cernes, peuvent être mesurés rétrospectivement pour reconstruire l'histoire de la vie des arbres. Cette approche (appelée dendrochronologie) permet de mettre en évidence des variations de basse fréquence (tendances liées à l'âge de l'arbre ou aux changements environnementaux) et de signaux haute fréquence (variations inter-annuelles de croissance). Ces variations inter-annuelles sont toujours très marquées, avec des alternances d'années de bonne et de mauvaise croissance. Certaines années, tous les arbres d'un peuplement, voire d'une région ou d'un pays, répondent de manière identique : ces années sont dites années caractéristiques pour la croissance. Elles servent à la fois de repère pour la datation des cernes, et traduisent très souvent la réponse des arbres à un événement climatique extrême, thermique ou hydrique : gel intense, canicule, excès d'eau printanier, sécheresse ... Les espèces forestières présentent des réponses contrastées à ces aléas climatiques, en fonction de leur comportement écophysologique face aux contraintes. Ces différences, illustrées à partir de notre base de données dendrochronologique, s'interprètent à l'aide des connaissances sur l'écophysologie des espèces.

L'analyse de la réponse des arbres aux aléas de type sécheresse extrême nécessite également une quantification et une caractérisation de la progression saisonnière des déficits hydriques (précocité, durée, intensité). Ces critères, issus d'un calcul de bilan hydrique local, permettent d'établir une typologie des sécheresses, un classement relatif entre années et entre type de couverts forestiers (décidus vs. sempervirents). Le même calcul permet aussi d'établir des caractéristiques d'épisodes d'excès d'eau dans le sol au printemps, dont les impacts sont parfois tout aussi drastiques sur la croissance. Pour le forestier, une sécheresse est considérée comme extrême si elle induit des dysfonctionnements visibles et durables, incluant des changements anormaux de coloration du feuillage, des mortalités d'organes (rameaux, branches), un dépérissement voire des mortalités anormales. Nous illustrerons de tels impacts, souvent différés de quelques années après l'aléa climatique, à partir d'études de dépérissements forestiers avérés depuis 2003 ou attribués à des sécheresses plus anciennes. Nous montrerons que l'effet cumulatif des sécheresses est particulièrement défavorable pour les espèces qui gardent longtemps la mémoire de tels accidents. Enfin, ces résultats de recherches aboutissent à des recommandations de gestion forestière et de choix d'essences en fonction des potentialités hydriques actuelles et futures des stations.

### *Abstract:*

*Water availability is one of the most constraining factors of tree growth, even under temperate conditions. Annual increments, as recorded in tree-rings, can be measured retrospectively to reconstruct tree live. This approach, so called dendrochronology, allows the detection of low frequency signals (trends dues to tree ageing or to global change) and high frequency signals (inter-annual growth change). Such year-to-year variability is always clearly recorded, with either large or narrow tree-rings. Some years, most of the trees from a stand, a region or some time a country, react in a similar way. This is a pointer year useful for both tree-ring dating and analysing trees responses to extreme climatic events like frost, heat wave, spring water logging, and drought ... Forest tree species exhibited contrasted responses to climatic hazards, depending on their sensitivity to water shortage or temperature hardening. These differences, illustrated from our dendrochronological data base, could be interpreted as a result of ecophysiological responses.*

*Tree response analysis to climatic hazards like extreme drought needs first a quantification and description of seasonal progression of water shortage (starting time, duration, intensity ...). These criteria, computed from a retrospective calculation of daily and local forest water balance, allow building drought typology and between years or canopy types (broad leaves vs. sempervirens) comparisons. Water balance calculation also helps identifying water logging periods during spring, which impact on tree growth should be as severe as drought. For the forester, a drought is an extreme*

*event if visible and durable symptoms are induced, including leaf discolouration, perennial organs mortality (twig, branches), tree dieback and mortality. This kind of symptoms, lagging one or several years after the climatic event, will be illustrated from forest decline occurred since the 2003 drought or attributed to previous drought events in France. The cumulated impact of recurrent droughts on tree growth response will be illustrated and the physiological interpretation of the long lasting memory of tree will be discussed. Finally, some conclusions of such a coupled approach linking dendrochronology and ecophysiology will be translated to management advices to foresters and arguments helping to select adapted species according to actual and future site water balance.*

## Événements extrêmes et environnement marin / *Extreme Events and the Marine Environment*

**Lucien Laubier**, Université de la Méditerranée. Centre d'océanologie de Marseille, Station marine d'Endoume, Marseille, France. [lucien.laubier@univmed.fr](mailto:lucien.laubier@univmed.fr)

L'environnement marin est défini par certaines caractéristiques climatiques, comme l'environnement continental. Il s'agit de la température (moyennes, valeurs extrêmes, gradients temporels à diverses échelles d'espace), de la formation de glaces marines, de la turbulence, des variations des gradients de densité et de leur permanence, du *pH*, des équilibres carbonates-bicarbonates et de l'éclairement. L'hydroclimat est loin d'être homogène le long de la verticale : plus la profondeur est réduite et le volume d'eau faible, moins l'effet tampon résultant de la chaleur spécifique élevée de l'eau est marqué. Les impacts dans le domaine marin des tempêtes, des cyclones tropicaux et des crues interviennent également. Du point de vue climatique, l'océan profond, préservé des accidents climatiques majeurs, semble être moins défavorable à la vie que les cuvettes creusées dans les roches supralittorales durant un cycle de marée ! L'échelle de temps significative va de quelques heures à quelques mois et l'échelle spatiale est d'ordre régional ou local.

D'autres événements extrêmes agissent sur les écosystèmes marins, tels que les phénomènes éruptifs sous-marins, au-dessus des volcans et sur les dorsales océaniques actives ou les tremblements de terre sous-marins à l'origine des tsunamis (cf. éruption de la Fournaise début 2007 et le tsunami du golfe du Bengale de décembre 2004), sans oublier les glissements de sédiments sur les marges à l'origine de courants de turbidité et les tempêtes benthiques en bas de marge. L'échelle de temps significative est ici de quelques heures à quelques jours, voire quelques semaines, et l'échelle spatiale est le plus souvent de portée locale.

Dans les deux cas, on dispose rarement d'une couverture suffisante d'observations, contrairement à ce qui se produit à terre où l'on peut reconstituer une couverture synoptique des dommages subis par les écosystèmes. Lorsqu'un événement intéresse milieu continental et milieu marin, seul le premier retient l'attention des autorités et des publics touchés, ce qui peut sembler justifié d'un point de vue sociétal, mais ne l'est évidemment pas au plan écologique.

Les exemples réunis ici sont destinés à illustrer différents types d'événements :

- Les apports massifs d'eau douce de surface susceptible de faire obstacle aux échanges d'oxygène entre l'eau de mer sous-jacente et l'atmosphère (rejets du barrage d'Arzal sur la Vilaine en juillet 1982).
- Les anomalies thermiques estivales avec plongée de la thermocline saisonnière dans le golfe de Gênes, au cours de l'été 1999, provoquant des mortalités très importantes d'espèces animales sessiles au niveau des fonds coralligènes fréquentés par les plongeurs amateurs.
- Les anomalies thermiques des eaux de surface associés au phénomène El Niño de 1997-98 (l'anomalie thermique a atteint 4°C), avec de nombreux cas de blanchissement de récifs coralliens jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur.
- Les glissements de terrain consécutifs à des tremblements de terre (cas du tremblement de terre de Terre Neuve entraînant la rupture des câbles télégraphiques) ou spontanés (glissement de terrain de l'aéroport de Nice) déplacent des millions de mètres cubes sur des centaines de mètres de profondeur.
- Les grands tsunamis tels que celui de décembre 2004 provoquent des mortalités importantes des platiers et des récifs coralliens par élévation du niveau du sol marin ; ils ont aussi des effets mal compris sur la faune ichthyologique de profondeur intermédiaire.
- Les déversements en mer de quantités importantes de lave fluide, entraînant également des mortalités significatives de poissons de profondeurs bathyales.
- Les coulées de lave se produisant en profondeur, telle que celle observée en temps réel en 1991 sur l'axe de la dorsale du Pacifique oriental. Les communautés associées aux sources hydrothermales ont été détruites sur une surface significative.
- Les effets des tempêtes sur les récifs coralliens tropicaux sont bien connus, et on montré que le développement d'œufs pélagiques de poissons peut être contrarié par une forte turbulence près de la surface.

Les pollutions chimiques et physiques chroniques d'origine anthropique ou les évolutions à long terme de l'hydroclimat n'entrent pas dans la catégorie des événements extrêmes, compte tenu de leur échelle temporelle. En revanche, les pollutions accidentelles comme les marées noires ont permis de véritables expérimentations sur les oscillations qui précèdent le retour à l'équilibre après un certain nombre d'années.

**Variabilité des débits et vitalité à long terme des systèmes d'eau courante / *Flow Variability and the Long-term Vitality of River Systems***

**Robert J. Naiman**, School of Aquatic & Fishery Sciences, University of Washington – 355020 Seattle, WA 98195 USA. [naiman@u.washington.edu](mailto:naiman@u.washington.edu)

The aim of my presentation is to illustrate the fundamental importance of fluctuations in natural water flows and associated temperatures to the long-term sustainability and productivity of riverine ecosystems. Flow variability in rivers is characterized by temporal and spatial fluctuations in the volume, timing, magnitude, rate of change and intensity of discharge. These characteristics, for a specific river or a collection of rivers with a definable Ecoregion, act to shape the life history dynamics of species over evolutionary time scales and to shape the structure and productivity of aquatic and riparian communities. Extreme events – uncommon floods or droughts – are especially important in that they either reset or fundamentally alter physical and chemical conditions underpinning the long-term development of biotic communities. I will present the theoretical basis for maintaining flow variability with respect to ecological communities and processes, illustrate the importance of flow variability in two case studies – one from a semi-arid savanna river in South Africa and the other from a temperate rainforest river in North America – and discuss the scientific challenges of determining environmental flows for Nature in a world where rivers, increasingly harnessed for human uses, is resulting in flow characteristics that are substantially altered from natural patterns.



## 4. Événements Extrêmes et Besoin de Connaissance *Extreme Events and Knowledge Needed*

**Que doivent savoir les écologues à propos des effets des événements extrêmes sur les écosystèmes? / *What Ecologists Need to Know about the Effects of Extreme Events on Ecosystems?***

**Nils Chr. Stenseth**, Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis (CEES), University of Oslo, Norway. [n.c.stenseth@bio.uio.no](mailto:n.c.stenseth@bio.uio.no)

Climate variation affects ecological systems in various ways, including the dynamics of ecological systems, including the dynamics of populations. Extreme climatic events may change the dynamics of the ecological systems qualitatively. Insight into such qualitative changes is utmost important, not the least in connection with climate change. This presentation describes two such examples, one terrestrial and one marine example. As part of the exposition of these two examples, the concept of regime shift is introduced and discussed.

## **Méthodes Statistiques pour l'Analyse des Extrêmes Climatiques / *Statistical Methods for the Analysis of Climate Extremes***

**Philippe Naveau**, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), Orme des Merisiers / Bat. 701 C.E. Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France [philippe.naveau@lsce.cnrs-gif.fr](mailto:philippe.naveau@lsce.cnrs-gif.fr)

Ces dernières années, il y a eu un intérêt croissant pour les événements extrêmes climatiques tels que les sécheresses, les vagues de chaleur, etc. Par définition, les événements extrêmes sont rares mais ils se produisent et les records sont faits pour être battus. On doit donc se poser la question de savoir si les nouveaux records climatiques comme la vague de chaleur sur l'Europe en 2003 ou les tempêtes de l'hiver 1999 en France se sont produits par "hasard" (c'est-à-dire d'une manière aléatoire) ou si ces records sont dus au réchauffement climatique ou à d'autres phénomènes non stationnaires. A ce jour, la communauté statistique n'a pas réussi à développer une théorie spatio-temporelle multivariée qui puisse complètement modéliser la distribution des valeurs extrêmes provenant d'un système complexe comme notre climat, et par conséquent de répondre de manière précise à ce type de question. Cependant, pour les cas simples (données stationnaires univariées), une base théorique existe pour traiter statistiquement les valeurs extrêmes. Il existe actuellement un fort intérêt scientifique pour le domaine de l'analyse des extrêmes climatiques parce qu'ils témoignent de certaines non linéarités importantes et leurs conséquences économiques et sociales sur l'activité humaine sont énormes. Dans ce contexte, notre motivation est double. Premièrement, nous rappelons les principes de base de la théorie des valeurs extrêmes qui est employée quotidiennement en finances et hydrologie, mais qui n'a pas encore réussi à avoir le même succès en climatologie. Plus précisément, nous rappelons les distributions théoriques des extrêmes. Les paramètres de telles distributions sont estimés à l'aide du procédé d'optimisation du maximum de vraisemblance qui offre la flexibilité nécessaire à l'intégration de variables explicatives. Deuxièmement, nous détaillons plusieurs études de cas pour montrer que cette théorie peut fournir une base statistique solide, particulièrement pour évaluer les incertitudes qui sont associées à toute analyse d'événements extrêmes dans le cadre de recherche climatique.

### Références

- [1] J. Beirlant *Statistics of Extremes: Theory and Applications*. John Wiley and Sons, 2004.
- [2] D. Cooley, D. Nychka and Naveau P., *Bayesian Spatial Modelling of Extreme Precipitation Return Levels*, *Journal of The American Statistical Association*, In press.
- [3] P. Embrechts, C. Klüppelberg, and T. Mikosch. *Modelling Extremal Events for Insurance and Finance*, volume 33 of *Applications of Mathematics*. Springer-Verlag, Berlin, 1997. For insurance and finance.
- [4] R. Katz, M. Parlange, and P. Naveau. *Extremes in hydrology*. *Advances in Water Resources*, 25:1287–1304, 2002.

## **Quelques modèles simples présentant des événements extrêmes / Simple Models Generating Extreme Events**

**Bernard Derrida**, Laboratoire de Physique Statistique, Département de Physique - Ecole Normale Supérieure, Paris, France. [derrida@lps.ens.fr](mailto:derrida@lps.ens.fr)

Over the last 20 years physicists have developed simple models to describe the distributions of avalanches, earthquakes or extinction events in evolution. These models based on very simple dynamical rules, exhibit power law distributions of events.

The goal of this lecture will be to explain the role of these power law distributions in the appearance of extreme events and to discuss two simple examples: the sand pile model of Bak-Tang-Wiesenfeld and the Bak-Sneppen model which is a toy model of the ecology of evolving species. In all these models extreme events are generated without need of any exogenous change.

### *Résumé:*

*Au cours des 20 dernières années les physiciens ont développé des modèles simples pour décrire les distributions d'avalanches, de tremblements de terre ou d'extinction dans les problèmes d'évolution. Ces modèles, définis par des règles dynamiques extrêmement simples, engendrent des événements dont la distribution décroît en loi de puissance.*

*Le but de cette conférence sera d'expliquer le rôle de ces lois de puissance dans l'apparition d'événements extrêmes et de discuter deux exemples: le modèle de tas de sable de Bak-Tang-Wiesenfeld et le modèle de Bak-Sneppen qui décrit une écologie d'espèces en évolution. Dans tous ces modèles, les événements extrêmes apparaissent sans cause exogène.*

## **Composante atmosphérique des changements hydrologiques: modélisation et observations / Changes in the Atmospheric Component of the Global Hydrological Cycle: Observations and Modelling**

**Hervé Le Treut**, Laboratoire de météorologie dynamique (LMD), Ecole Polytechnique, Ecole Normale Supérieure, Université Paris 6, Paris, France. [letreut@lmd.ens.fr](mailto:letreut@lmd.ens.fr)

The atmospheric hydrological cycle is organized at a global scale, and constitutes one of the most sensitive components of the climate models which are used to investigate future climate changes. Water vapor feedbacks multiply the climate response to increasing greenhouse gases factor by a factor 2. The effect of cloud feedbacks is still largely unknown, in spite of recent progress. These hydrological features also affect the regional and continental distribution of precipitation and precipitation changes, with large remaining uncertainties, which are likely to persist in the coming years. But a number of improvements in the resolution of the models, in their parameterizations, the larger availability of data describing a larger number of parameters, all offer new perspectives for a better understanding of some of the key processes.

### *Résumé :*

*La composante atmosphérique du cycle de l'eau constitue l'un des éléments les plus sensibles du système climatique. Les rétroactions associées aux variations de la teneur en vapeur d'eau doublent la réponse climatique à l'augmentation des gaz à effet de serre. Les rétroactions liées aux nuages sont un facteur d'incertitude considérable. L'incertitude liée à ces facteurs se traduit en termes de sensibilité climatique global, mais se traduit aussi de manière critique aux échelles régionales, sur les distributions de précipitations et leurs modifications associées au changement climatique global. Ces modifications sont aussi associées à des modifications dynamiques complexes et ont un caractère intrinsèque qui les rend susceptibles de persister dans le futur. Des progrès sont néanmoins attendus, car les modèles progressent, en résolution, en contenu physique et paramétrisations associées, et les méthodologies de comparaison modèles/données permettent de faire usage de mesures de plus en plus nombreuses en particulier au niveau satellitaire.*

## **Les cyclones tropicaux et le changement climatique / *Tropical Cyclones and Climate Change***

**Jean-Claude André**, Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique (CERFACS), Toulouse, France. [Jean-Claude.Andre@cerfacs.fr](mailto:Jean-Claude.Andre@cerfacs.fr)

On présentera des résultats d'observation et de modélisation en appui des conclusions du 4<sup>ème</sup> rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat):

- pour ce qui concerne la période passée et actuelle, l'activité cyclonique intense a augmenté dans l'Atlantique nord depuis 1970 environ, en bonne corrélation avec l'augmentation de la température de surface de l'océan. Dans d'autres régions, où les données d'observation sont de moindre qualité, la tendance à l'augmentation est moins marquée. De fait, la détection de tendances à long terme est rendue difficile par l'existence d'une variabilité naturelle multi-décennale et par la moindre fiabilité des observations disponibles avant l'arrivée des satellites météorologiques. Il n'y a par ailleurs pas de tendance claire à l'augmentation du nombre annuel des cyclones tropicaux au cours de la période récente.

- pour ce qui concerne le futur, les cyclones tropicaux (typhons et ouragans) seront vraisemblablement plus intenses, avec de plus grandes vitesses pour le maximum du vent et des précipitations plus importantes, toujours en relation avec la poursuite de l'augmentation de la température de surface de l'océan tropical. La confiance dans les résultats des modèles climatiques est moindre pour ce qui concerne la tendance à la diminution du nombre total de cyclones. De plus l'augmentation de la proportion de cyclones très intenses observée depuis les années 1970 dans quelques régions est supérieure à ce que les modèles climatiques sont capables de simuler pour ces mêmes périodes.

On conclura en indiquant quelques pistes pour l'amélioration des simulations climatiques dans la perspective de réduire les incertitudes affectant la prévision de l'activité cyclonique au cours des prochaines décennies.

## **Événements glaciaires extrêmes / *Extreme Glacial Events***

**Geoffrey Boulton**, School of Geosciences, University of Edinburgh, UK.  
[g.boulton@ed.ac.uk](mailto:g.boulton@ed.ac.uk)

The range of extreme events to which glacial systems are subject are partly known from recent observations and partly known from the geological record. The former tend to be relatively high frequency, relatively small-scale events with local impacts. Low frequency, large-scale events with a potentially global impact necessarily need contributory evidence from the geological record if they are to be evaluated and understood.

Examples of small-scale events result from the current very rapid glacier retreat in areas such as the Himalayas, where rapidly accumulating moraine dammed lakes, the transient weakness of rapidly unloaded rock masses, and the high frequency of seismic shocks together can create devastating flooding and landslide/earthflow events. Moreover the extreme rapidity of current and probable future glacier retreat has the potential to cause rapid changes in regional hydrology with severe impacts on agriculture.

On the scale of large ice sheets such as those of Greenland and Antarctica, we know from the geological record that, from time to time, very large scale collapse events have produced large fluxes of icebergs into the oceans, with major impacts on ocean temperature, salinity, circulation, hemispheric climate and sea level. These collapse events have been located in major ice streams that are vital dynamic flow features of ice sheets. Modern studies suggest that the drainage regime at the base of the ice stream plays a key role in their stability. Such studies also suggest that current rapid climate changes are having an important impact on the drainage regime. The interplay of modern observation and geological inference is crucial in determining the processes of drainage, the sources of instability, and the probability of extreme events.

The presentation will also review the theoretical, experimental and monitoring results that are required for both small scale and large scale settings to evaluate risks and probabilities.

## 5. Se préparer aux événements extrêmes / Preparations for Extreme Events

### Les épidémies : des leçons du passé au dispositif actuel de réponse / Epidemics : lessons from the past and current patterns of response

Paul Martin, Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie. [pmartin@pasteur.nc](mailto:pmartin@pasteur.nc)

Le terme épidémie (du Grec : *epi* – sur – et *dêmos* – peuple -), utilisé depuis Homère, a trouvé son sens médical chez Hippocrate qui en fit le titre de l'un de ses traités. A cette époque le mot désignait des syndromes (« les toux » ou « les diarrhées ») se propageant pendant une période donnée dans un lieu donné. La succession des épidémies de peste au Moyen-Age a contribué à définir une épidémie comme la propagation d'une même maladie bien identifiée. Au XIX<sup>ème</sup> siècle, la microbiologie a fait encore évoluer le mot. L'exploration des génomes, à la fin du XX<sup>ème</sup>, a permis une nouvelle évolution sémantique. Aujourd'hui, on peut dire qu'une épidémie est une augmentation limitée dans le temps et dans l'espace du nombre de cas d'une maladie infectieuse déterminée, due à un agent pathogène le plus souvent unique et le plus souvent clonal, dont l'expansion dans une population d'hôtes susceptibles est fonction de facteurs environnementaux propres à chacune de ces populations. C'est un processus dynamique impliquant trois « acteurs » : la population d'hôtes, la population d'agents pathogènes et leur environnement. Ce sont les trois points cardinaux du « triangle épidémique. »

Au fil des siècles, les hommes ont compris ces différents aspects des épidémies et ont essayé de les combattre. Ils ont compris le rôle que les voyages, échanges commerciaux et humains, jouaient dans la propagation des maladies infectieuses épidémiques. Les premiers lazarets et quarantaines furent créés dans les ports de la Méditerranée. La première conférence internationale sur les épidémies se réunit à Paris en 1851 et continua à se rassembler régulièrement jusqu'à la création de l'Office International d'Hygiène Publique (OIHP), créé en 1907, dont le rôle était de proposer des directives de lutte contre les épidémies. En 1918, le Comité d'Hygiène de la SND vient renforcer le dispositif. L'OIHP et ce dernier seront réunis en 1948, après la deuxième guerre mondiale, pour former l'OMS qui, en 1951, promulgue le premier Règlement Sanitaire International.

Aujourd'hui l'OMS et la plupart des pays développés ont mis en place un système d'alerte et de lutte contre les épidémies. Le Réseau Global d'Alerte et de Réponse aux Epidémies, ou GOARN, mis en place par l'OMS en avril 2000, établit une collaboration technique entre les institutions et les réseaux existants, qui ont mis en commun leurs ressources humaines et techniques pour rapidement identifier, confirmer et répondre aux épidémies d'importance internationale. Le GOARN fournit un cadre opérationnel permettant à la communauté internationale de rester constamment en alerte vis-à-vis des menaces épidémiques. Pour ses interventions, l'OMS s'appuie sur les autorités nationales chaque fois qu'elle le peut, mais aussi sur des Organisations Non Gouvernementales comme Médecins Sans Frontières ou Epicentre. L'Institut Pasteur à Paris, comme le CDC à Atlanta, participent depuis 2000 au GOARN dans leurs domaines de compétences. L'Institut Pasteur de Paris a créé en 2002 la CARE (Cellule d'Alerte et de Réponse aux Epidémies), laquelle a donné naissance à une structure plus opérationnelle, la CIBU, Cellule Intervention Biologique d'Urgence.

La menace actuelle la plus extrême en matière d'épidémie est celle de la grippe aviaire, dont on craint qu'elle ne devienne rapidement pandémique et ne menace la vie de plusieurs millions de personnes. La plupart des pays du monde, grâce à l'appui de l'OMS, se sont mobilisés et ont mis en place un « Plan de Lutte contre le risque de Pandémie Grippale », qui associe un système d'alerte précoce, une identification rapide du virus en cause, une collaboration étroite entre les services, institutions et organisations chargés de la surveillance de l'avifaune sauvage ou d'élevage, et de la santé humaine, ainsi que les services hospitaliers publics et privés. Ainsi, les nombreuses introductions du virus grippal aviaire H5N1 dans des pays aussi différents que l'Egypte, la Grande Bretagne, le Nigeria, la Chine ou la Roumanie ont pu être jusqu'à maintenant rapidement contrôlées. C'est un exercice très utile pour le jour où, malheureusement, c'est un virus non plus aviaire, mais un virus recombinant très contagieux pour l'homme, qui sera introduit.

Le cas des introductions du virus de la Dengue dans des pays où tout est en place pour sa diffusion sur le mode épidémique fournit un autre exemple intéressant pour la prévention des épidémies dues à un agent pathogène à vecteur.

#### *Abstract*

*The term “epidemic” (from the Greek: epi – on – and dêmos – people -), first used by Homer, took its medical meaning when Hippocrates made it the title for one of his treatises. At that time, epidemic was the name given to a collection of syndromes (« coughs » or « diarrhoeas »), occurring and propagating in a given period at a given location. Successive epidemics of plague in the Middle Ages contributed to the definition of an epidemic as the propagation of a single, well-defined disease. The meaning of the term continued to evolve during the 19<sup>th</sup> century with the advance of microbiology. Towards the end of the 20<sup>th</sup> century, research into genomes brought about a further semantic evolution. Today, an epidemic may be defined as a temporally and spatially limited increase in the number of cases of a specific infectious disease, caused by a pathogen that is usually unique and usually clonal, whose spread in a susceptible host population is governed by environmental factors specific to each such population. Another definition is an increase in observed cases versus expected cases. It is a dynamic process involving three “players”: the host population, the pathogen population and their environment. These are the three cardinal points of the “epidemic triangle”.*

*Over the centuries, researchers have reached an understanding of these varying aspects of epidemics and have tried to combat them. The role played by travel, trade and human exchanges in the propagation of epidemic infectious diseases has been understood. The first lazarettos and quarantine hospitals were founded in the Mediterranean ports. The first international conference on epidemics was held in Paris in 1851 and meetings were convened regularly until 1907, when the Office International d’Hygiène Publique (OIHP) was created and given the task of advancing ways of combating epidemics. In 1918, the SND Health Committee brought additional support, joining ranks with the OIHP in 1948, in the aftermath of the Second World War, to form the World Health Organization. The first International Sanitary Regulations were adopted by the WHO in 1951.*

*An early warning system to combat epidemics has now been implemented by the WHO and most of the developed countries. The Global Outbreak Alert and Response Network (GOARN), set up by the WHO in April 2000, is a technical collaboration between existing institutions and networks which pool their human and technical resources for the rapid identification, confirmation and response to outbreaks of international importance. The Network provides an operational framework to link this expertise and skill to keep the international community constantly on the alert and ready to respond to threatened outbreaks. In taking action, the WHO relies on support from national governments whenever it can but also counts on Non Governmental Organizations such as Médecins Sans Frontières or Epicentre. Since 2000, the Institut Pasteur in Paris and the CDC in Atlanta have actively contributed to GOARN in their specialized fields. In 2002, the Paris Institut Pasteur created the Epidemic Alert and Response Unit (CARE – Cellule d’Alerte et de Réponse aux Epidémies), which in turn gave birth to a more operational structure, the Emergency Biological Intervention Unit (CIBU - Cellule Intervention Biologique d’Urgence).*

*Avian influenza currently constitutes the most deadly epidemic threat, with fears that it could rapidly reach pandemic proportions and put several thousands of lives in jeopardy. Thanks to WHO support, most of the world’s countries have mobilised and implemented an “Action Plan for Pandemic Influenza” which combines an early warning system, rapid identification of the guilty virus, close collaboration between departments, institutions and organizations responsible for monitoring wild or domestic birds and public health, together with the public and private hospital sector. As a result, most outbreaks of the H5N1 avian flu virus in such widely differing countries as Egypt, Great Britain, Nigeria, China or Rumania have so far been speedily contained. It is excellent practice for the day when a virus emerges which is not avian but, unfortunately, a recombinant virus highly contagious to humans.*

*Cases of dengue virus introduction in countries possessing every circumstance required for its epidemic spread provide another example pertinent to the prevention of epidemics caused by vector-borne pathogens.*

## **Impacts du changement climatique sur les événements climatiques extrêmes / *Expected Impacts of Climate Change on Extreme Climate Events***

**Serge Planton**, Météo-France, Centre National de Recherches Météorologiques, 42 avenue G. Coriolis, 31 057 Toulouse, France. [serge.planton@meteo.fr](mailto:serge.planton@meteo.fr)

La question des effets du changement climatique d'origine anthropique sur les événements climatiques extrêmes n'a pu être abordée que relativement récemment, en raison de la nécessité de développer des outils méthodologiques appropriés. Après avoir évoqué les toutes premières études conduites sur le sujet, nous présenterons certains des résultats les plus marquants dernièrement publiés par le GIEC, concernant les impacts attendus sur l'ensemble de la planète pour des événements tels que les vagues de chaleur, les sécheresses, les pluies intenses ou les tempêtes.

A l'échelle de la France, la question des événements climatiques extrêmes a été très récemment abordée dans le cadre d'un projet du programme national de recherche « Gestion et Impacts du Changement climatique ». Nous détaillerons les principaux résultats de cette étude qui conclut notamment qu'il est très probable, qu'à la fin de ce siècle, les vagues de chaleur estivales seront très probablement plus fréquentes, plus longues et plus intenses qu'elles le sont aujourd'hui. Elle permet aussi de conclure qu'il est très probable que les périodes de sécheresse estivale seront plus longues, mais que les changements concernant la fréquence des vents forts demeurent incertains. Nous évoquerons pour terminer, les premiers résultats d'une étude actuellement en cours sur l'impact du changement climatique sur les événements de pluies diluviennes dans le sud-est de la France, comme un exemple d'étude se situant à la limite des capacités des projections climatiques actuelles.

### *Abstract:*

*The question of the impact of anthropogenic climate change on extreme climate events was addressed only recently, due to the need for the development of appropriate methodological tools. After a short evocation of the very first studies on this subject, we shall present some key results just published by IPCC, about expected impacts over the globe for such events as heat waves, droughts, intense precipitation or storms.*

*At the scale of France, the question of extreme climate events was very recently addressed within the framework of the French research program on the management and impacts of climate change (GICC). We shall detail the main findings of this study concluding in particular that it is very likely that, at the end of this century, heat waves will be more frequent, longer and more intense than to-day. It also allows to conclude that it is very likely that summer droughts will be longer, but that changes of strong winds frequency remain uncertain. Finally, we shall evoke the first results of an on-going study on the impact of climate change on heavy rain events over South-eastern France, as an example of study at the limit of the skill of current climate projections.*

**Etudier des situations environnementales encore non existantes, pour des gestionnaires à venir : les défis spécifiques du futur en recherche environnementale / *Studying Environmental Situations that are not yet there, for Management by Actors still to Come: the Specific Challenges of Futures in Environmental Research***

**Laurent Mermet**, Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts (ENGREF), Paris. France.  
[mermet@engref.fr](mailto:mermet@engref.fr)

Preparation for extreme events has to be based on studying future events. It thus raises all the difficulties involved in studying systems – ecological, social – that are not yet there, that are not available for study in the same sense that past, or present systems are. Studying such future, latent situations, challenges some of the most pervasive operative rules and basic methods of modern science. As a result, most scientific research chooses past or present systems as its objects.

Nevertheless, over the last three decades some scientists have gradually embarked on the study of future social-ecological systems. The IPCC scenarios, the Millennium Ecosystem Assessment, models and maps of future dwindling fisheries, or modified vegetation distribution, are some of the best known examples of such ventures. They remain quite limited – in number, in scope, in depth of study and in the amount of actual research effort devoted to them -, if compared with research on the past and present, and with the needs of preparing for events to come.

This is largely due to the challenges that studying future states of affairs – be them social or “natural” – continues to raise. Identifying these challenges, analysing them, gradually devising ways of overcoming some of them by theoretical and methodological innovations, should be high on the research agenda of the study of social-ecological systems.

In this effort, Futures Studies, a field of research and training which has developed over the last 50 years can provide useful resources. The most obvious are methodologies (scenarios, participatory methods) and reference scenarios. But Futures Studies authors have also generated numerous works on the difficulties of studying future states of affairs. In our view, these conceptual clarifications, resulting from vivid debate and experience of working on Futures, may be the most important resource Futures Studies has to offer here.

It is not possible, however, just to transfer directly Futures Studies methods to research on environmental futures. The challenge is to develop new approaches, drawing on resources both from environmental research disciplines and from Futures Studies. Some of these approaches should be interdisciplinary, but others will have to be made in the core disciplines themselves (for instance: in ecology, in political science, etc.).

Indeed, our main argument is that it is not sufficient to make good science (based on past and present) and then discuss futures in loosely knit scenarios for the benefit of decision-makers. The in-depth study and scholarly discussion of possible future states and dynamics of systems ought to become part of the core scientific endeavours in the various fields of environmental research.

In the presentation, we will describe, based on our research on this issue, some of the stumbling blocks that have to be overcome, and propose some orientations for efforts in that direction.

Reference: Mermet (dir.), « Etudier des écologies futures : un chantier ouvert pour les recherches prospectives environnementales » (2005, PIE - Peter Lang).