

Méthodes d'attribution des événements extrêmes

Possibilités et freins à leur utilisation sur les cyclones

Aurélien Ribes, CNRM, Météo France - CNRS

Paris, 6 Février 2018

Contexte - Problématique

- ▶ **Contexte** : L'influence humaine est bien établie sur :
 - ▶ le réchauffement global moyen,
 - ▶ le réchauffement à échelle régionale (continents, océans),
 - ▶ de nombreuses autres variables (ex. précipitations, banquise, eau du sol...)
 - ▶ certains types d'événements extrêmes (ex. canicules).
- ▶ **Question** : Que peut-on dire de l'influence humaine sur un/les cyclone(s) tropical(-aux) ?
 - ▶ Étude d'événements déjà observés,
 - ▶ Question posée pour de nombreux événements extrêmes : canicules, vagues de froid, sécheresses, fortes précipitations, etc.
 - ▶ En général pas de causalité directe, mais possible impact sur la fréquence / l'intensité des événements.

Cet exposé

▶ Objectifs :

- ▶ Présenter les méthodes d'attribution,
- ▶ Discuter de leur applicabilité,
- ▶ Rapide état de l'art.

▶ Démarche gnle : Comparaisons entre observations et simulations

- ▶ Monde factuel (incl. perturbation anthropique),
- ▶ Monde contrefactuel (pas de perturbation anthropique).

▶ Méthodes et plan :

1. Attribution des (éventuels) changements de long-terme,
2. Attribution d'événements singuliers.

Introduction - Problématique

Attribution des changements de long-terme

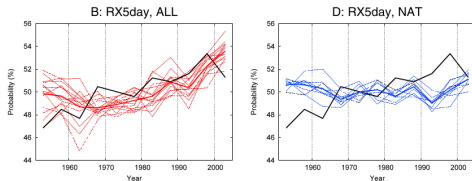
Attribution d'événements singuliers

Attribution des changements de long-terme

Principe

- ▶ Étude de séries observées historiques,
- ▶ Recherche d'un changement statistique (détection),
- ▶ Mise en évidence de la réponse à la perturbation anthropique (attribution).

Exemple : Précipitations extrêmes



Source : Zhang et al. (2013) ; voir aussi Min et al. (2011)

Difficultés d'application

- ▶ Homogénéité des séries observées (exhaustivité, catégories, vitesse vents max, etc) .
- ▶ Faible rapport signal sur bruit,
- ▶ Réponse complexe (cyclones forts vs modérés).

État de l'art sur les cyclones

- ▶ Knutson et al. (2010) :

“ Detection and attribution

It remains uncertain whether past changes in any tropical cyclone activity (frequency, intensity, rainfall, and so on) exceed the variability expected through natural causes, after accounting for changes over time in observing capabilities ”

- ▶ 5ème rapport du GIEC (2013) :

- ▶ *“low confidence in any long-term increases in tropical cyclone activity”*

- ▶ *“low confidence in attributing global changes to any particular cause”*

- ▶ ... En dépit de l'attribution du réchauffement des SST des régions de formations aux perturbations anthropiques.

Introduction - Problématique

Attribution des changements de long-terme

Attribution d'événements singuliers

- ▶ Étude du lien entre un événement particulier et les perturbations anthropiques,

Première mise en oeuvre : Stott et al. (2004)

Human contribution to the European heatwave of 2003

Peter A. Stott¹, D. A. Stone^{2,3} & M. R. Allen²

¹Met Office, Hadley Centre for Climate Prediction and Research (Reading Unit), Meteorology Building, University of Reading, Reading RG6 6BB, UK

²Department of Physics, University of Oxford, Oxford OX1 3PU, UK

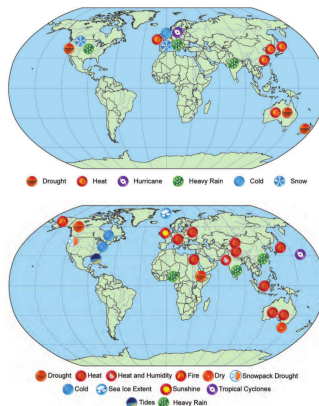
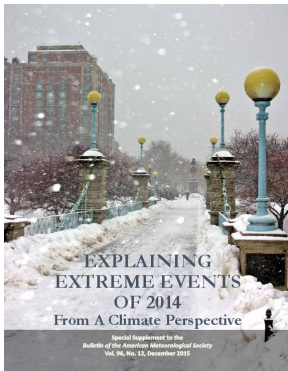
³Department of Zoology, University of Oxford, Oxford OX1 3PS, UK

The summer of 2003 was probably the hottest in Europe since at latest AD 1500¹⁻⁴, and unusually large numbers of heat-related deaths were reported in France, Germany and Italy⁵. It is an ill-posed question whether the 2003 heatwave was caused, in a simple deterministic sense, by a modification of the external influences on climate—for example, increasing concentrations of greenhouse gases in the atmosphere—because almost any such weather event might have occurred by chance in an unmodified climate. However, it is possible to estimate by how much human activities may have increased the risk of the occurrence of such a heatwave⁶⁻⁸. Here we use this conceptual framework to estimate the contribution of human-induced increases in atmospheric concentrations of green-

Principe

- ▶ Étude du lien entre un événement particulier et les perturbations anthropiques,

BAMS : Explaining extreme events of [2017] from a climate perspective



Principe

- ▶ Étude du lien entre un événement particulier et les perturbations anthropiques,

Démarche mise en oeuvre dans le projet Extremoscope



Fiches EXTREMOSCOPE

Le record de chaleur de décembre 2015

L'essentiel

Le mois de décembre 2015, le plus chaud jamais observé en France, a été étudié à partir de plusieurs méthodes afin de déterminer le rôle éventuel du changement climatique dans son apparition. Les températures élevées sont largement dues aux vents de sud soufflant au cours du mois, mais l'intensité de cet événement est $0,25^{\circ}\text{C}$ à $0,6^{\circ}\text{C}$ plus élevée que ce qu'elle aurait été avec les mêmes vents dans un climat avec moins de gaz à effet de serre. Les simulations climatiques utilisées ne contiennent aucun cas de températures aussi élevées à la fin du $\text{XX}^{\text{ème}}$ siècle alors que quelques cas apparaissent dans la période actuelle. Ce type d'événement est donc extrêmement peu probable dans un climat sans influence humaine, mais deviendra de plus en plus probable au cours du $\text{XXI}^{\text{ème}}$ siècle sans réduction d'émission de gaz à effet de serre.

L'événement

Le mois de décembre 2015 a été le mois de décembre le plus chaud depuis le début des données dont nous disposons, avec une anomalie de $3,9^{\circ}\text{C}$ par rapport à la moyenne de référence sur la période 1949-2015. Cette

Il a été accompagné par une anomalie anticyclonique persistante.

La pluviométrie a également présenté un caractère exceptionnel : les cumuls ont été extrêmement faibles pour cette période de l'année sur l'ensemble du pays comme le nombre de jours de pluie significative (cumul quotidien supérieur ou égal à 1 mm). Seuls le sud de la

Principe

- ▶ Étude du lien entre un événement particulier et les perturbations anthropiques,
- ▶ En général, pas de causalité directe,
- ▶ La probabilité d'occurrence peut-être modifiée par l'influence humaine (à la hausse ou à la baisse),
- ▶ Symétriquement, l'intensité de l'événement à probabilité d'occurrence donnée peut varier,

Quel événement ?

- ▶ Nécessité de *bien* définir l'événement.
- ▶ Approche la plus simple :
Vent max. > seuil, en un lieu donné.
- ▶ Résultat peut dépendre
 - ▶ du niveau d'intensité choisi,
 - ▶ du bassin,
 - ▶ ou même du lieu précis considéré.
- ▶ Possibilité d'utiliser d'autres variables, ex. ACE, précipitations, surcôte, etc.
- ▶ Possibilité de définir des événements plus complexes (dimension spatiale, durée, répétition d'événements, etc).

Quels indicateurs ?

- ▶ Probabilité de l'événement sans influence humaine : p_0 ,
- ▶ Probabilité de l'événement avec influence humaine : p_1 ,
- ▶ Le Rapport des Risques – *Risk Ratio* (RR) :

$$RR = \frac{p_1}{p_0}.$$

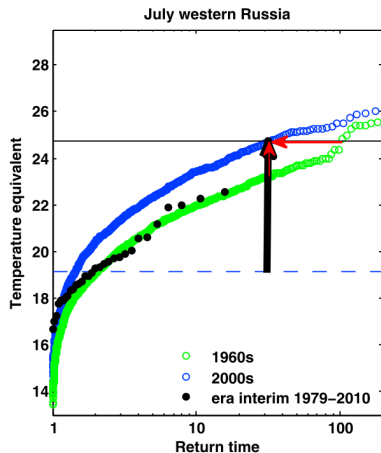
- ▶ La Fraction de Risque Attribuable (FAR) :

$$FAR = \frac{p_1 - p_0}{p_1} = 1 - \frac{p_0}{p_1}.$$

- ▶ Exemple de résultat :
 - ▶ FAR estimé à 75%, i.e. $RR = \frac{p_1}{p_0} = 4$;
“*L'homme est responsable de 75% du risque actuel.*”
 - ▶ Intervalle de confiance sur RR, e.g. [2-10];
“*La probabilité de l'événement a au moins doublé.*”

Méthodes

1. *Approche dominante* : grands ensembles de simulations (dédiées, CMIP, etc) avec et sans influence humaine (e.g. Otto et al., 2012),



Méthodes

1. *Approche dominante* : grands ensembles de simulations (dédiées, CMIP, etc) avec et sans influence humaine (e.g. Otto et al., 2012),
2. Extrapoler la tendance observée d'évolution des événements extrêmes

Méthodes

1. *Approche dominante* : grands ensembles de simulations (dédiées, CMIP, etc) avec et sans influence humaine (e.g. Otto et al., 2012),
2. Extrapoler la tendance observée d'évolution des événements extrêmes
3. Approche "storyline" : évaluer les contributions de différents facteurs, naturels et anthropiques, à partir de simulations contraintes (e.g. conditions initiales prescrites ; Shepherd, 2016).

Applicabilité

- **Possibilités**

- ▶ Les concepts s'étendent facilement à l'étude des cyclones, mais...

- **Difficultés**

- ▶ Manque de simulations
 - ▶ En qualité : cyclones / vitesse de vents réalistes,
 - ▶ En quantité : rapport signal / bruit faible, multi-modèle (pattern de SST),
 - ▶ ... Pourrait être comblé dans les années à venir.
- ▶ Définition importante, mais difficulté surmontable.

Études existantes (non-exhaustif)

- ▶ Hurricane Sandy inundation probabilities today and tomorrow (BAMS, 2012),
- ▶ Hurricane Gonzalo and its extratropical transition to a strong European storm (BAMS, 2014),
- ▶ Investigating the Influence of Anthropogenic Forcing and Natural Variability on the 2014 Hawaiian Hurricane Season (BAMS, 2014),
- ▶ Anomalous Tropical Cyclone Activity in the Western North Pacific in August 2014 (BAMS, 2014),
- ▶ Influences of natural variability and anthropogenic forcing on the extreme 2015 accumulated cyclone energy in the Western North Pacific (BAMS, 2015)
- ▶ Evaluation of medium-range forecasts for Hurricane Sandy (MWR, 2014)
- ▶ Hurricane Sandy before 1900 and after 2100 (BAMS, 2015).

Principales caractéristiques :

- ▶ études sur cyclone individuel ou cyclones sur une saison / un bassin,
- ▶ souvent mono-modèle,
- ▶ un certain nombre non-conclusives.

Conclusions

- ▶ Assez peu de résultats d'attribution disponibles aujourd'hui sur les cyclones,
- ▶ Les techniques et concepts habituels d'attribution s'appliquent,
- ▶ Étude des changements de long-terme pénalisée par le manque de séries homogènes et le faible rapport signal / bruit,
- ▶ Étude d'événements singuliers (et analyse des simulations numériques en général) limitée par la capacité des modèles à générer des cyclones réalistes.