

Attribution d'événements singuliers : questions et développements méthodologiques.

Aurélien Ribes, Pascal Yiou

Projet Extremoscope - Atelier de restitution

2 Juin 2017

Contexte - Problématique

- ▶ L'influence humaine est bien établie sur :
 - ▶ le réchauffement global moyen,
 - ▶ certains types d'événements extrêmes.

- ▶ Que peut-on dire de la contribution humaine à un événement particulier ? Exemple : la canicule de l'été 2003 en Europe.

Contexte - Problématique

- ▶ L'influence humaine est bien établie sur :
 - ▶ le réchauffement global moyen,
 - ▶ certains types d'événements extrêmes.
- ▶ Que peut-on dire de la contribution humaine à un événement particulier ? Exemple : la canicule de l'été 2003 en Europe.

Human contribution to the European heatwave of 2003

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

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

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

³*Department 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,

Contexte - Problématique

- ▶ L'influence humaine est bien établie sur :
 - ▶ le réchauffement global moyen,
 - ▶ certains types d'événements extrêmes.

- ▶ Que peut-on dire de la contribution humaine à un événement particulier ? Exemple : la canicule de l'été 2003 en Europe.
 - ▶ 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.

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) :

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

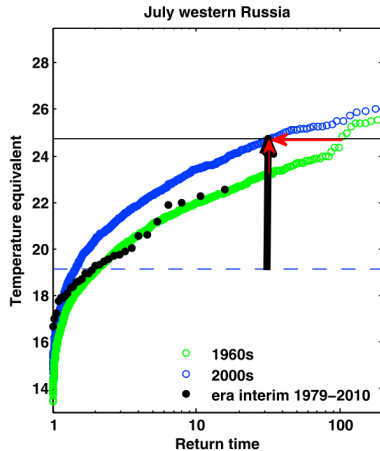
- ▶ La Fraction de Risque Attribuable (FAR) :

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

- ▶ 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 : état de l'art

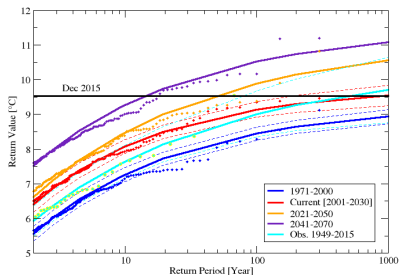
1. *Approche dominante* : grands ensembles de simulations dédiées avec et sans influence humaine (e.g. Otto et al., 2012),



Méthodes : état de l'art

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

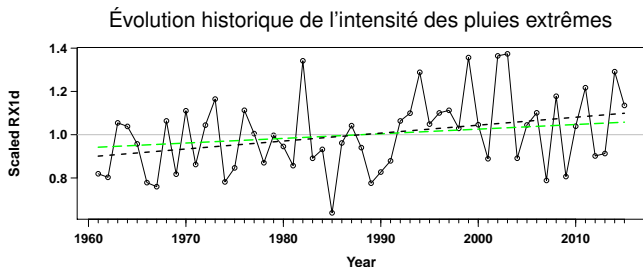
Dans Extremoscope : utilisation de simulations régionales Cordex



Distributions estimées des températures moyennes de Décembre pour différentes périodes (pssé, présent, futur).

Méthodes : état de l'art

1. *Approche dominante* : grands ensembles de simulations dédiées avec et sans influence humaine (e.g. Otto et al., 2012),
2. Extrapoler la tendance observée d'évolution des événements extrêmes (e.g. Vautard et al., 2015),



Méthodes : état de l'art

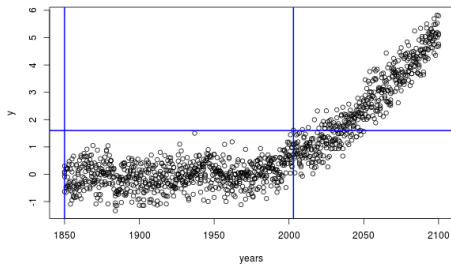
1. *Approche dominante* : grands ensembles de simulations dédiées avec et sans influence humaine (e.g. Otto et al., 2012),
2. Extrapoler la tendance observée d'évolution des événements extrêmes (e.g. Vautard et al., 2015),
3. Étudier l'événement conditionnellement à la circulation atmosphérique observée (e.g. Cattiaux et al., 2010).

Les développements méthodologiques menés dans Extremoscope ont visé :

- ▶ Le développement d'une nouvelle méthode dite *non-stationnaire* (cet exposé),
- ▶ L'amélioration de l'approche *conditionnelle* 3. (P. Yiou).

L'approche non-stationnaire

Principe : statistiques non-stationnaires sur des simulations transitoires CMIP



L'approche non-stationnaire

Principe : statistiques non-stationnaires sur des simulations transitoires CMIP

En pratique :

1. Choisir un indicateur du changement climatique x_t ,

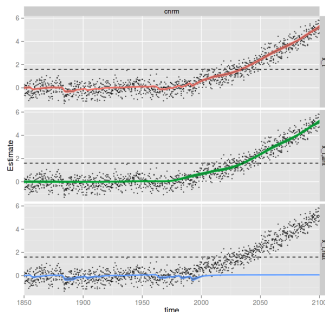
L'approche non-stationnaire

Principe : statistiques non-stationnaires sur des simulations transitoires CMIP

En pratique :

1. Choisir un indicateur du changement climatique x_t ,
2. Estimer les contributions anthropique et naturelle de ses variations,

$$x_t = x_t^{ANT} + x_t^{NAT} + \varepsilon_t$$



L'approche non-stationnaire

Principe : statistiques non-stationnaires sur des simulations transitoires CMIP

En pratique :

1. Choisir un indicateur du changement climatique x_t ,
2. Estimer les contributions anthropique et naturelle de ses variations,
3. Évaluer la distribution statistique des événements extrêmes considérés y_t en utilisant x_t comme co-variable,

$$y_t \sim N(\mu_t, \sigma_t^2), \quad y_t \sim GEV(\mu_t, \sigma_t, \xi), \quad y_t | y_t > \mu_t \sim GPD(\mu_t, \sigma_t, \xi)$$

$$\mu_t = \mu_0 + \mu_1 x_t,$$

$$\sigma_t = \sigma_0 + \sigma_1 x_t.$$

L'approche non-stationnaire

Principe : statistiques non-stationnaires sur des simulations transitoires CMIP

En pratique :

1. Choisir un indicateur du changement climatique x_t ,
2. Estimer les contributions anthropique et naturelle de ses variations,
3. Évaluer la distribution statistique des événements extrêmes considérés y_t en utilisant x_t comme co-variable,
4. Calculer la probabilité d'occurrence de l'événement dans le monde factuel (p_1) et contre-factuel (p_0), puis e.g. le FAR...
5. Évaluer les incertitudes associées.

Illustration (1)

Canicule 2003 en Europe :

- ▶ Définition : $T_{JJA} > 1.6^\circ$ en anomalie sur l'Europe,
- ▶ Simulations : modèle CNRM-CM5, scénario RCP8.5.

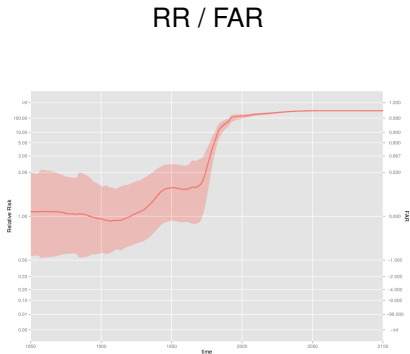
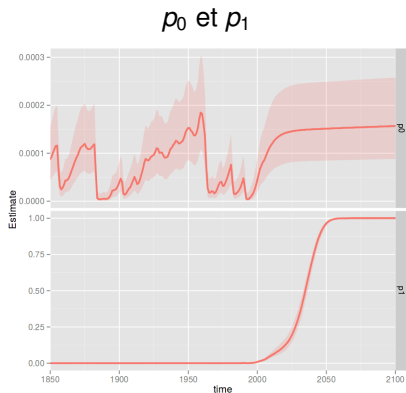
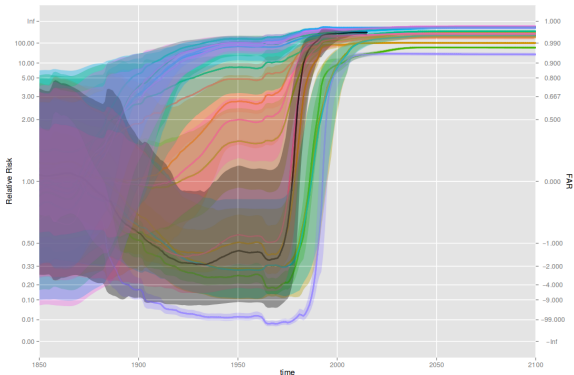


Illustration (2)

Canicule 2003 en Europe :

- ▶ Définition : $T_{JJA} > 1.6^\circ$ en anomalie sur l'Europe,
- ▶ Simulations : ensemble des modèles CMIP5.



Avantages / Inconvénients

- + Coût : on utilise toujours les mêmes simulations,
- + Multi-modèle : peut être appliqué à tous les modèles CMIP et/ou Cordex,
- + Risk-based : p_0 et p_1 sont les probabilités d'occurrence effectives (non-conditionnelles),
- + Projection : on répond (aussi) à la question pour toute date t_1 ,
- Résolution : les modèles CMIP ont une résolution grossière,
- Indicateur : les changements de distributions sont bien décrits par l'indicateur (co-variable) choisi.

Challenges et perspectives

- ▶ Poursuivre / compléter le développement de la méthode
 - ▶ Conditionnement par le réchauffement observé,
 - ▶ Améliorer quelques aspects techniques (décomposition ANT / NAT, traitement des incertitudes),
 - ▶ Agrégation / synthèse des résultats fournis par différents modèles de climat.
- ▶ Application et tests sur d'autres cas / variables,
- ▶ ... Avant possible utilisation systématique.