



Approches multidisciplinaires pour l'étude des événements extrêmes

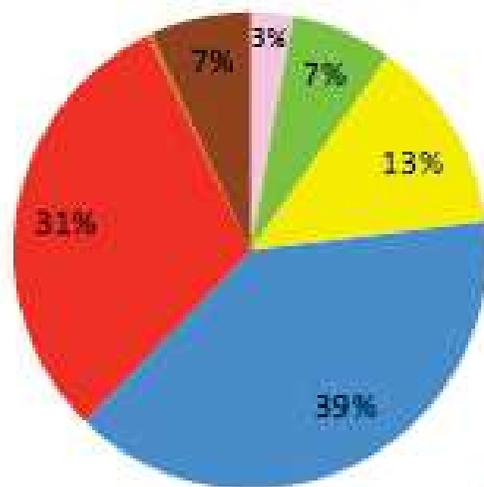
P. Drobinski, P. Yiou,
 P. Naveau, B. Sultan, J.P. Dutay, S. Bastin, J. Quensière, E. Garnier, R. Generoso, S. Jousaume, R. Vautard, J.P. Vanderlinden, P. Leadley



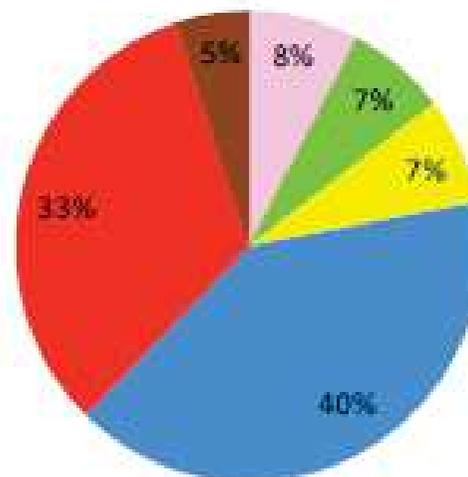
Les questions

Pourquoi en parle-t-on?

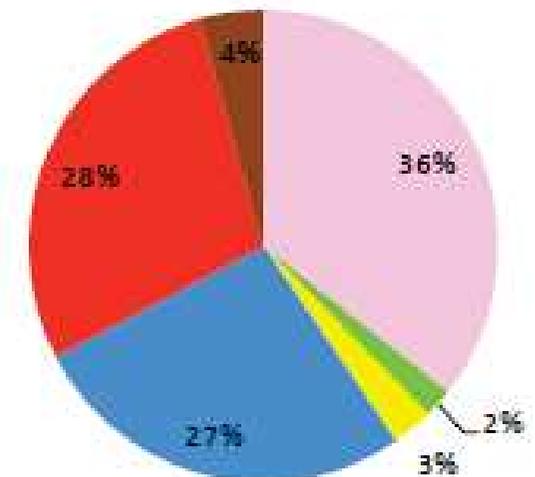
Disaster occurrence



Economic damages



No. affected people



■ Drought

■ Extreme temperature

■ Storm

■ Wildfire

■ Earthquake*

■ Flood**

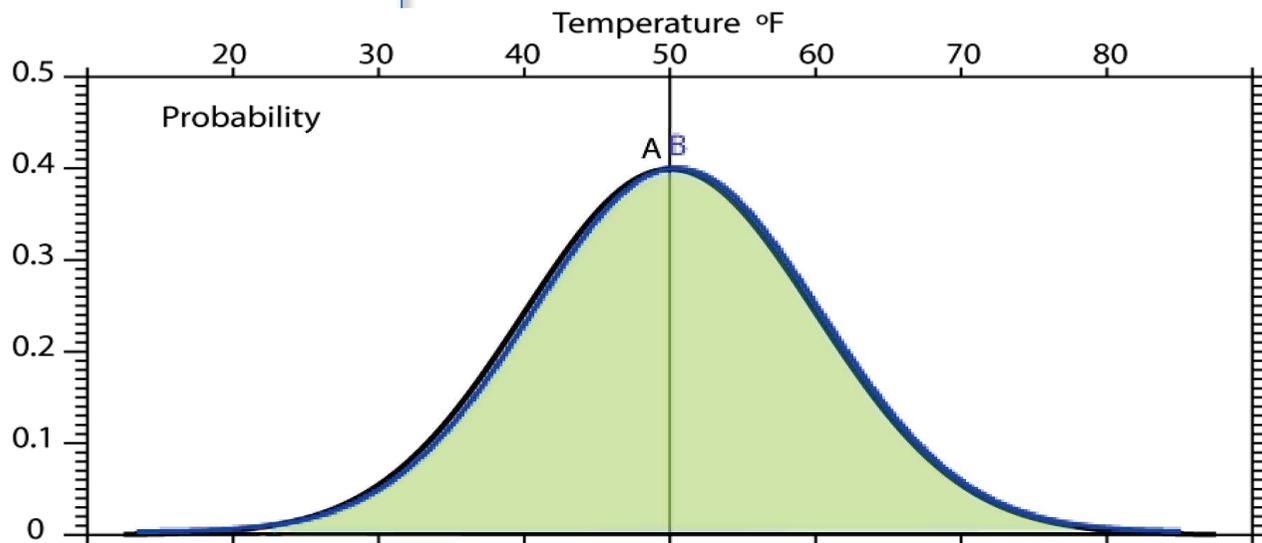
■ Volcano

* Includes dry mass movements

** Includes wet mass movements

- Floods and storms are the major sources of natural perils
- Drought affected the largest number of people

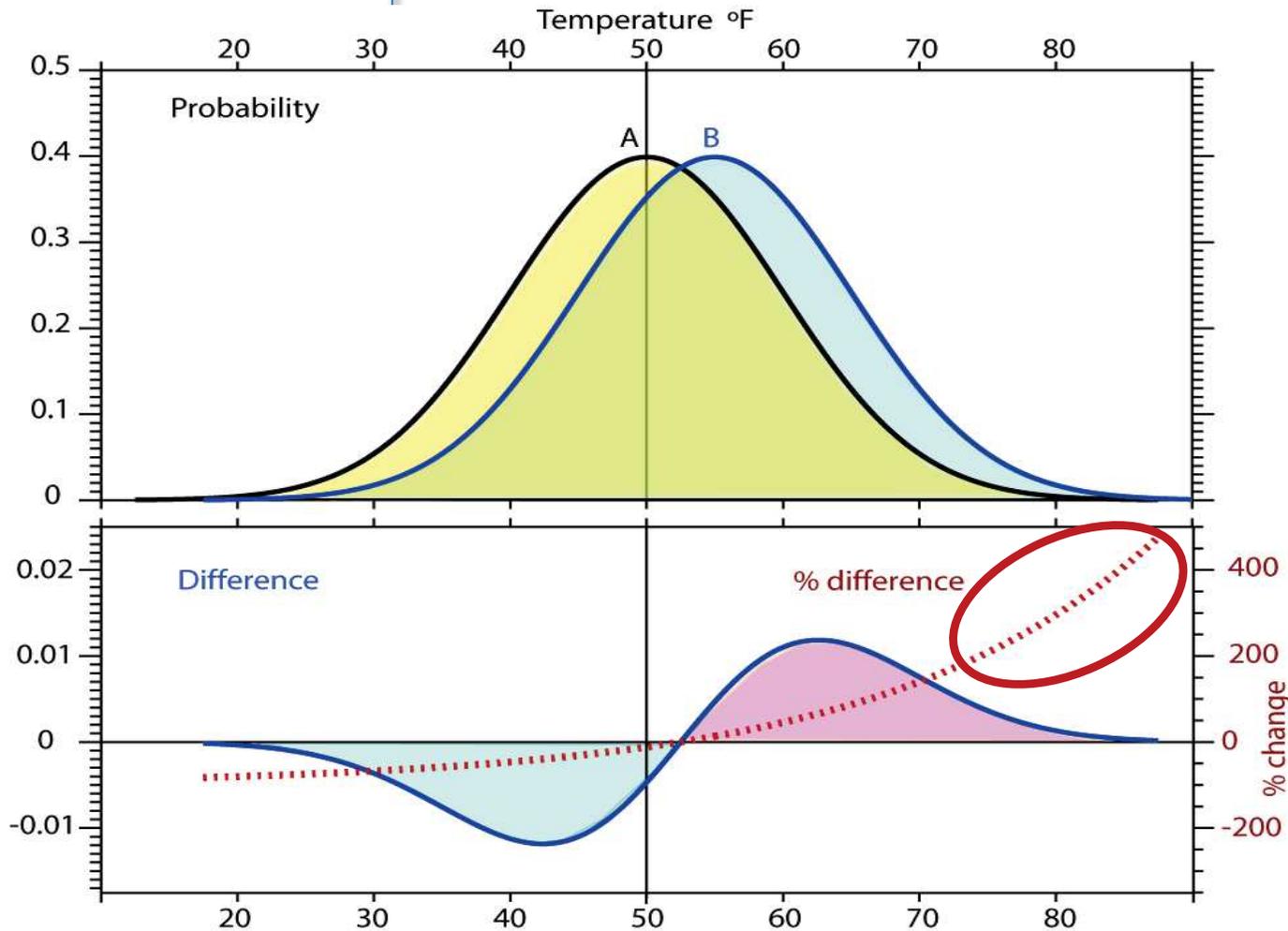
Les questions



**Changement climatique: de
A à B**

Température moyenne A: 50°F, écart-type 10°F
Température moyenne B: 55°F, écart-type 10°F

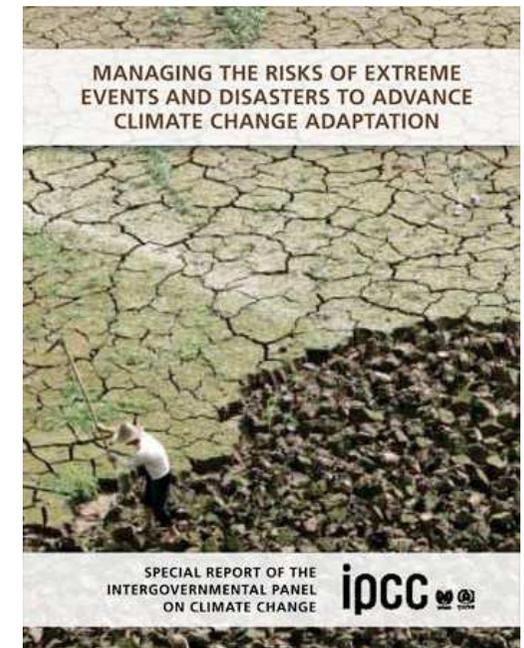
Les questions



Changement climatique: de A à B

La plupart du temps, les valeurs restent identiques (vert).

Les plus grands changements pour les extrêmes: >200%



Les questions

- 1. Comment observer et modéliser des phénomènes rares et potentiellement catastrophiques?**
- 2. Quelles sont les échelles spatiales et temporelles pertinentes pour étudier les événements extrêmes?**
- 3. Quels sont les mécanismes physiques, chimiques et biologiques en jeu dans la formation des événements extrêmes et comment interagissent-ils?**
- 4. Comment détecter et attribuer les événements extrêmes au changement climatique?**

Comment observer et modéliser des phénomènes rares et potentiellement catastrophiques?

MORCE-MED

1. Comment identifier et classer des événements rares?

Exemple des canicules

Extrême défini comme un objet caractérisé par sa localisation, son extension spatiale et temporelle → exemple canicule

Source: Stefanon *et al.* (2012a)

Seuil de température

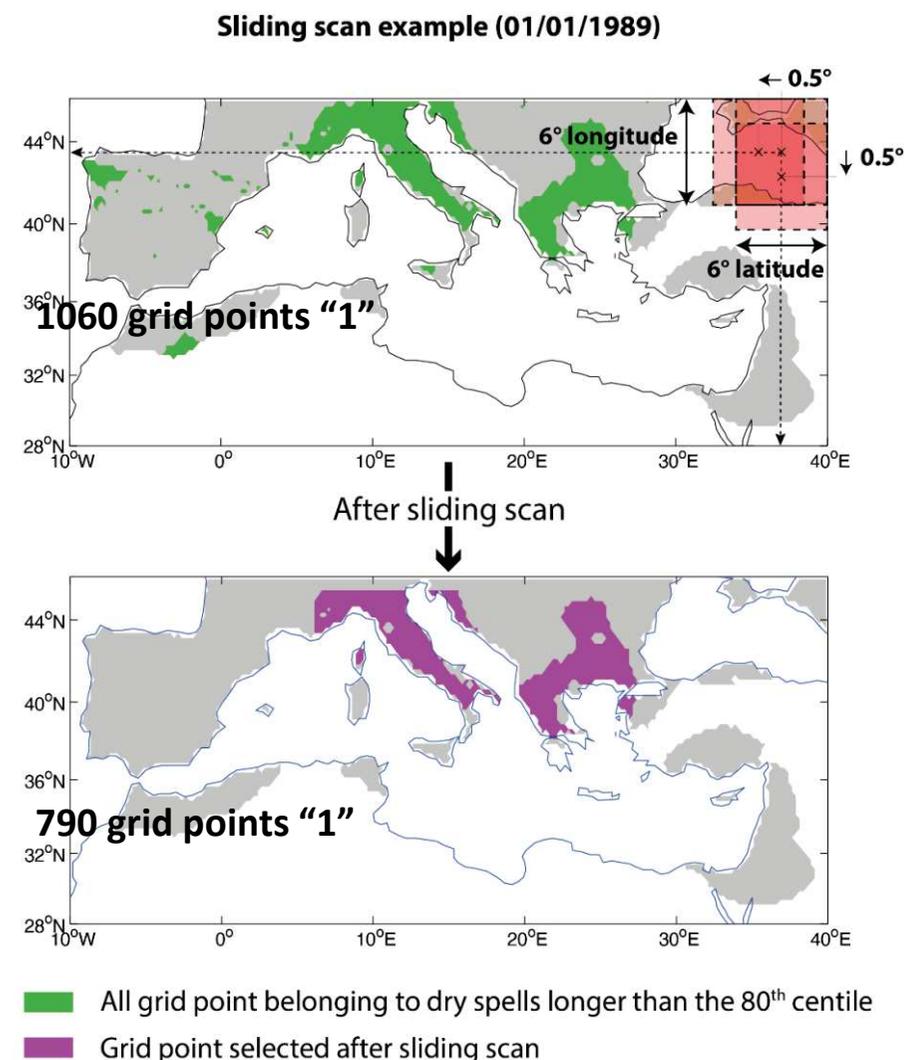
- valeur 0/1: points où la température inférieure/supérieure au 95^{ème} centile

Cohérence spatiale

- Points retenus si un carré glissant de 3.75° de côté contient 60% de points où la température > 95^{ème} centile
- Des structures adjacentes ayant plus de 40% de points en commun sont considérées comme un seul événement de canicule

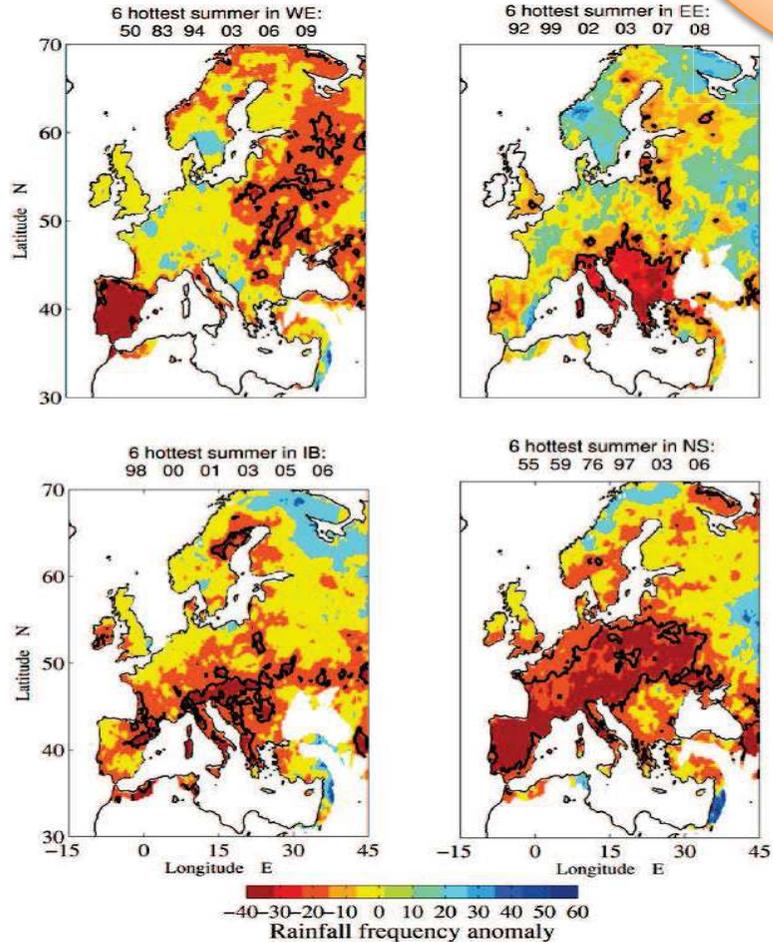
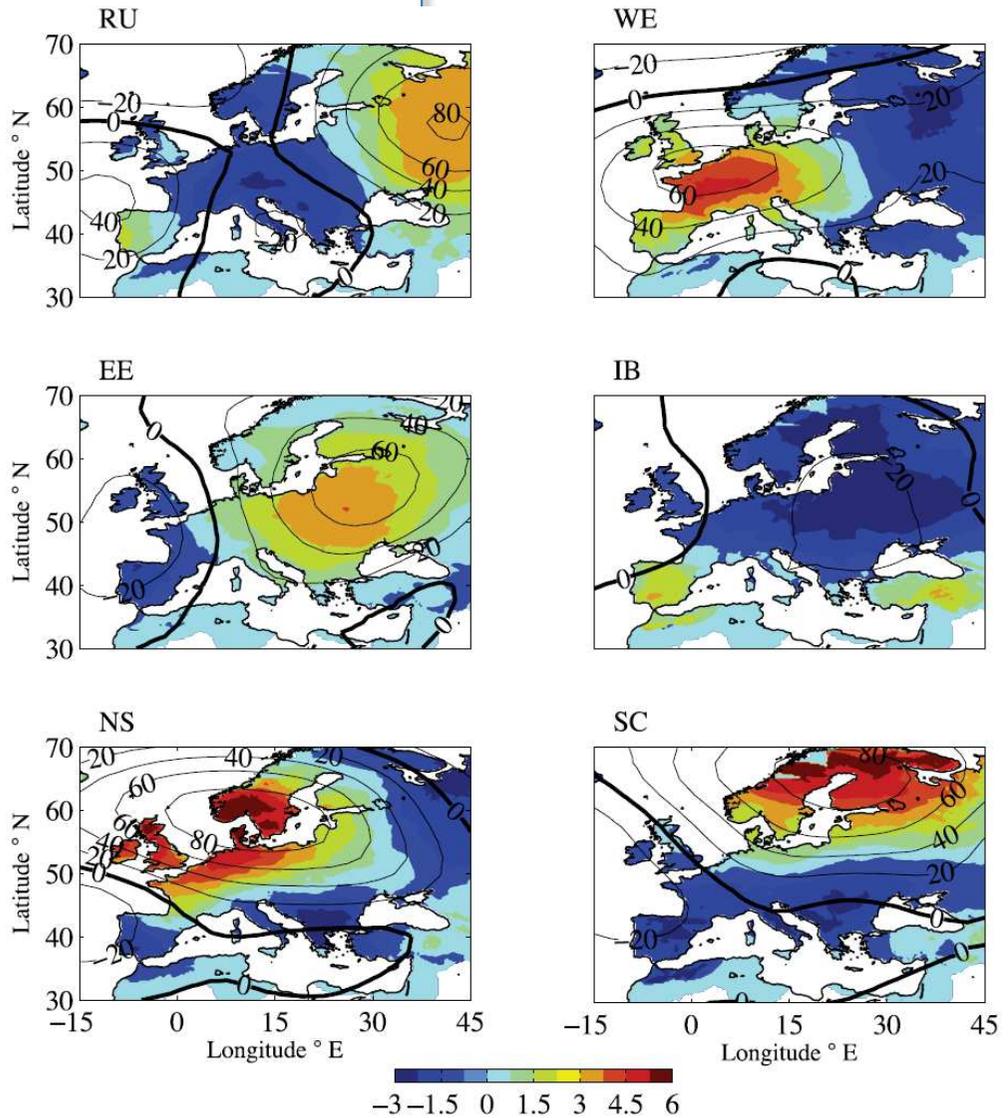
Cohérence temporelle

- Points retenus si la durée de l'événement dure plus de 4 jours consécutifs



Comment observer et modéliser des phénomènes rares et potentiellement catastrophiques?

MORCE-MED

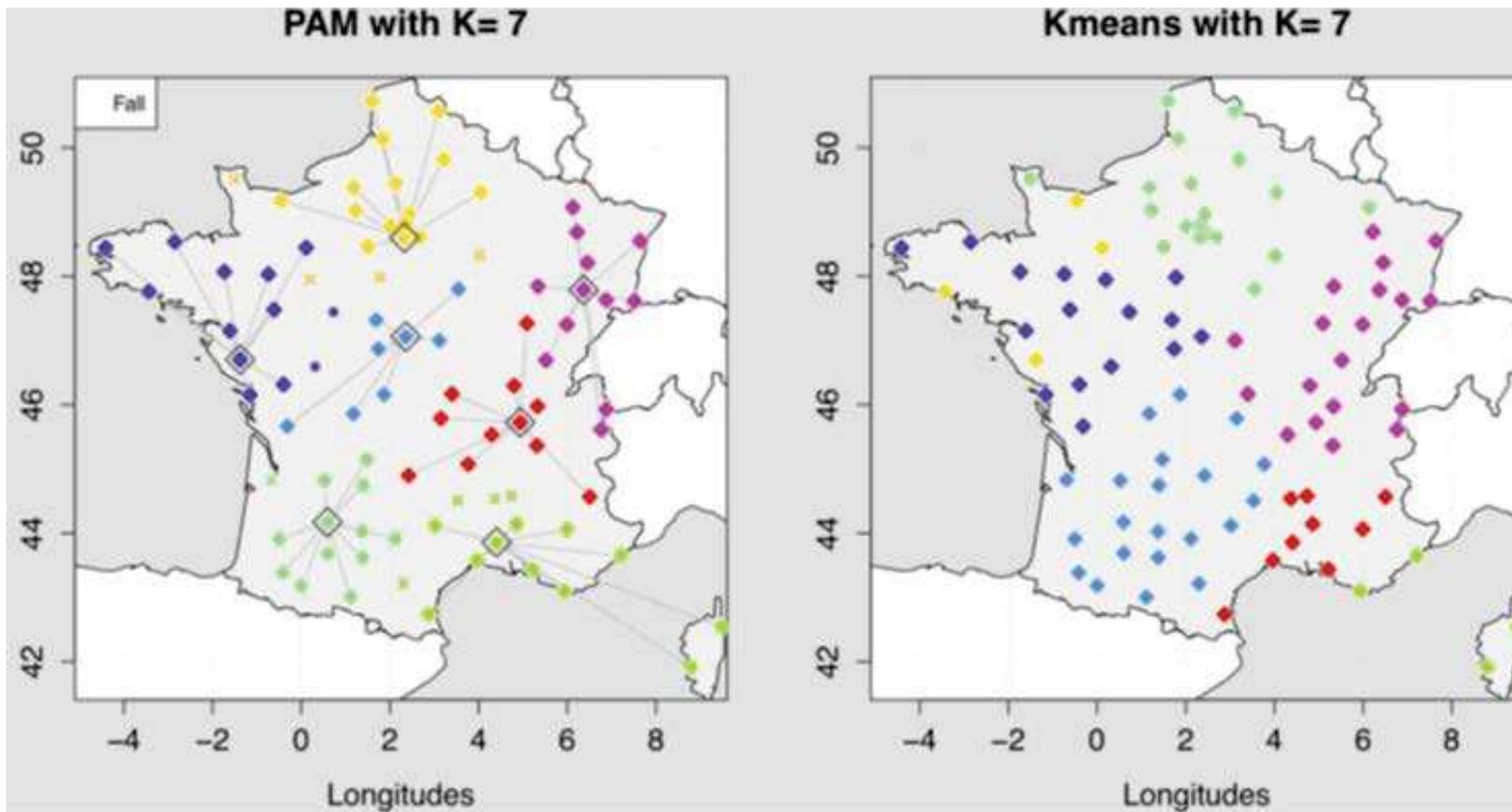


Adapté aux extrêmes ayant une certaine cohérence spatiale et temporelle → appliqué aux sécheresses (Raymond *et al.*, 2015)

Comment observer et modéliser des phénomènes rares et potentiellement catastrophiques?

PEPER

Exemple des précipitations

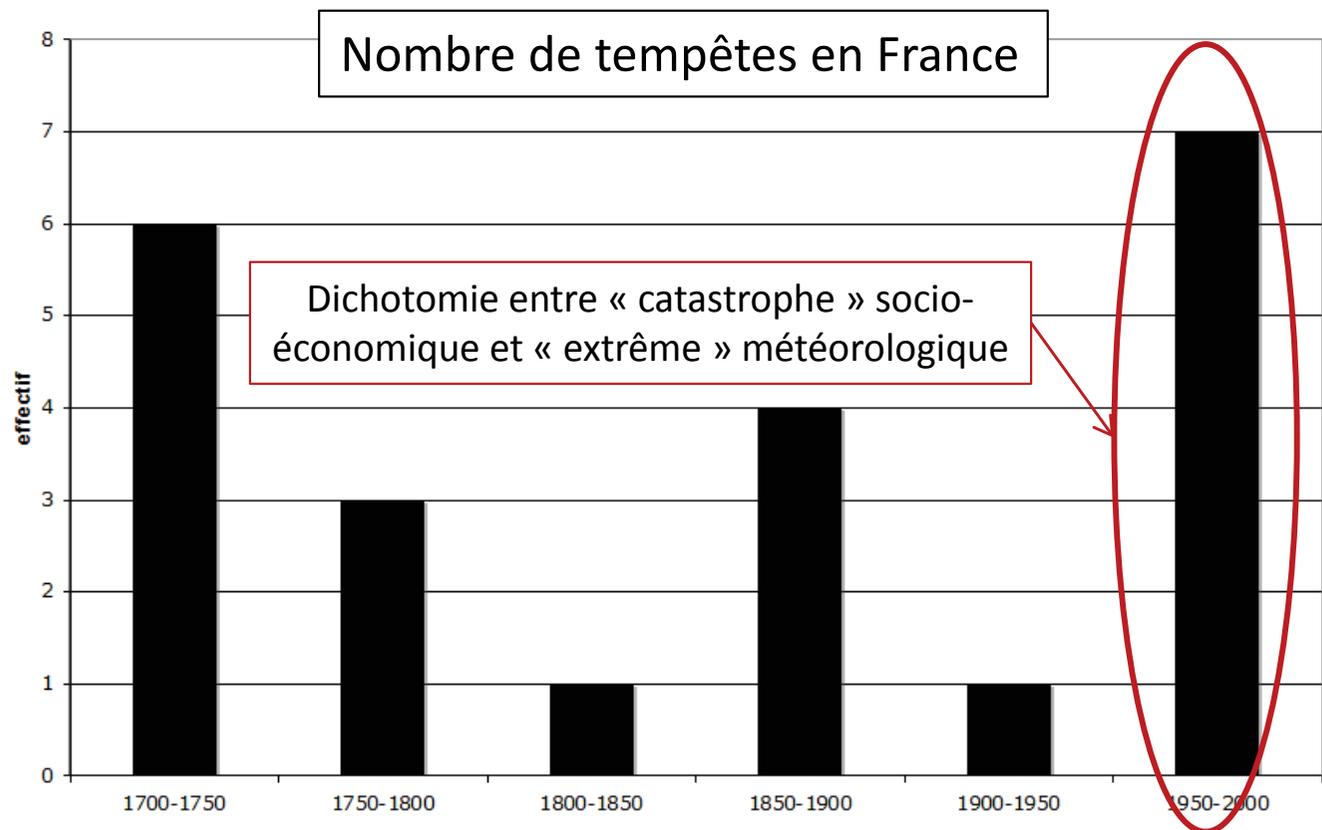


Comment observer et modéliser des phénomènes rares et potentiellement catastrophiques?

RENASEC

2. Quelles observations pour étudier les extrêmes climatiques?

De la vulnérabilité à l'aléa climatique, une perspective historique



Nombre de tempêtes en France

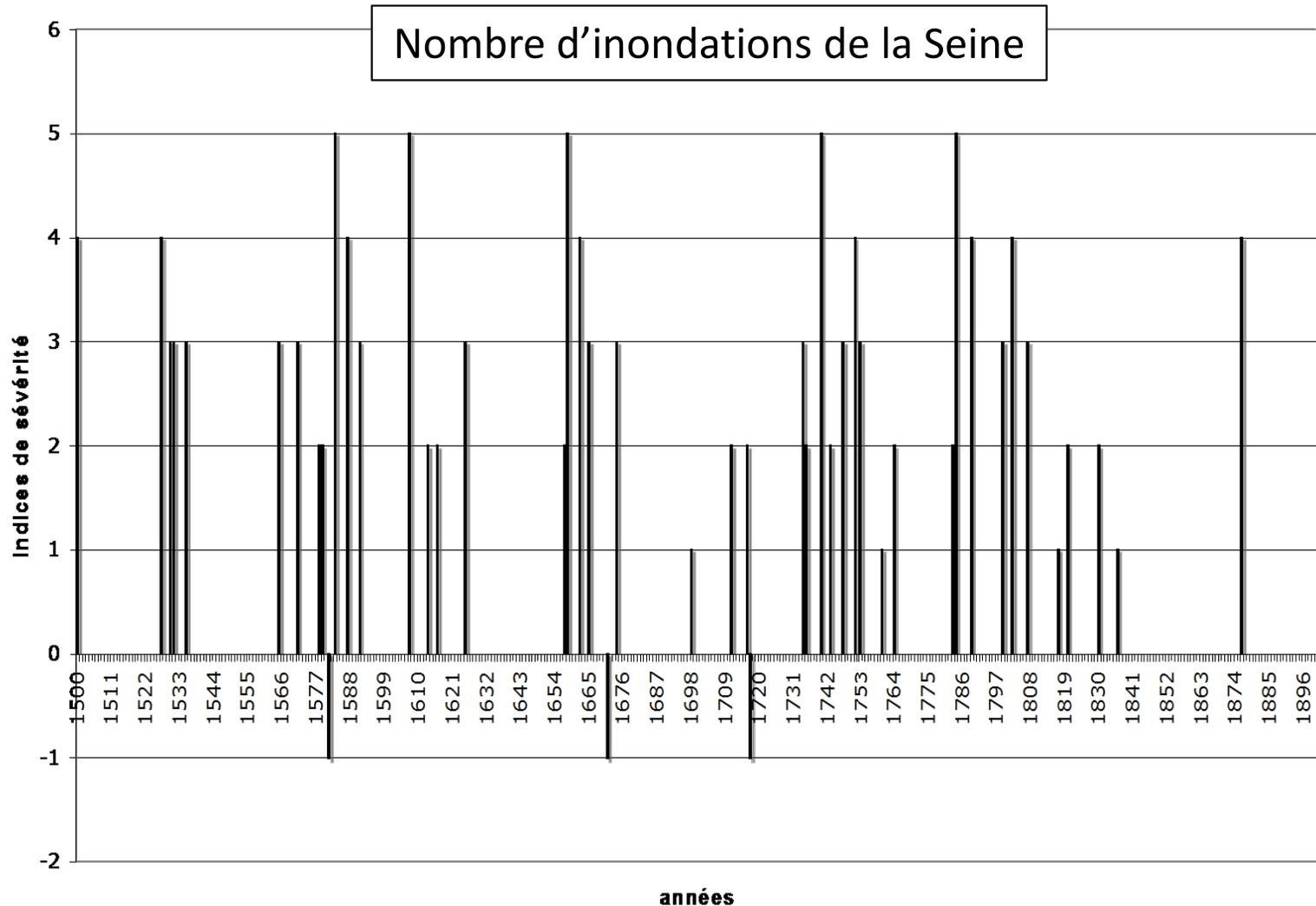
Dichotomie entre « catastrophe » socio-économique et « extrême » météorologique

The Form of a Scheme.
Which at one view represents to the Eye Observations of the Weather, for a whole Month, may be such, as follows.

Days of the Month, and Place	Remarkable hours, Age and Sign of the Moon at Noon.	The Quarters of the Wind, and its strength.	The Faces or visible appearances of the Sky.	The Notablest Effects	General Deductions.
June 4	27	W --- 2	Clear blue, but yellowish in the N.E.	A great Dew	From the last Quarter of the Moon to the change, the weather was very temperate, but for the Season, cold; the Wind pretty constant between N.E. and W. &c.
14	8	----- 3	Clouded toward the South.	Thunder far to the S.	
12.46'	9.46	----- 3	Checked red blue.	A very great Tyde.	
12.46'	Perigeeum	WSW 1			
15	8	NW 3	A clear sky all day, but a little check'd about 4 P.M. At Sun-set red and hazy.	Not by much so big a Tyde as yesterday.	A great Thunder-Showre from the N.
13.40'	24.5	N 2			
16	10	New Moon 7.25 S	Overcast and very lowering, &c.	No dew upon the ground, but very much upon Marble-stones, &c.	
14.57	10.8	&c.			

Comment observer et modéliser des phénomènes rares et potentiellement catastrophiques?

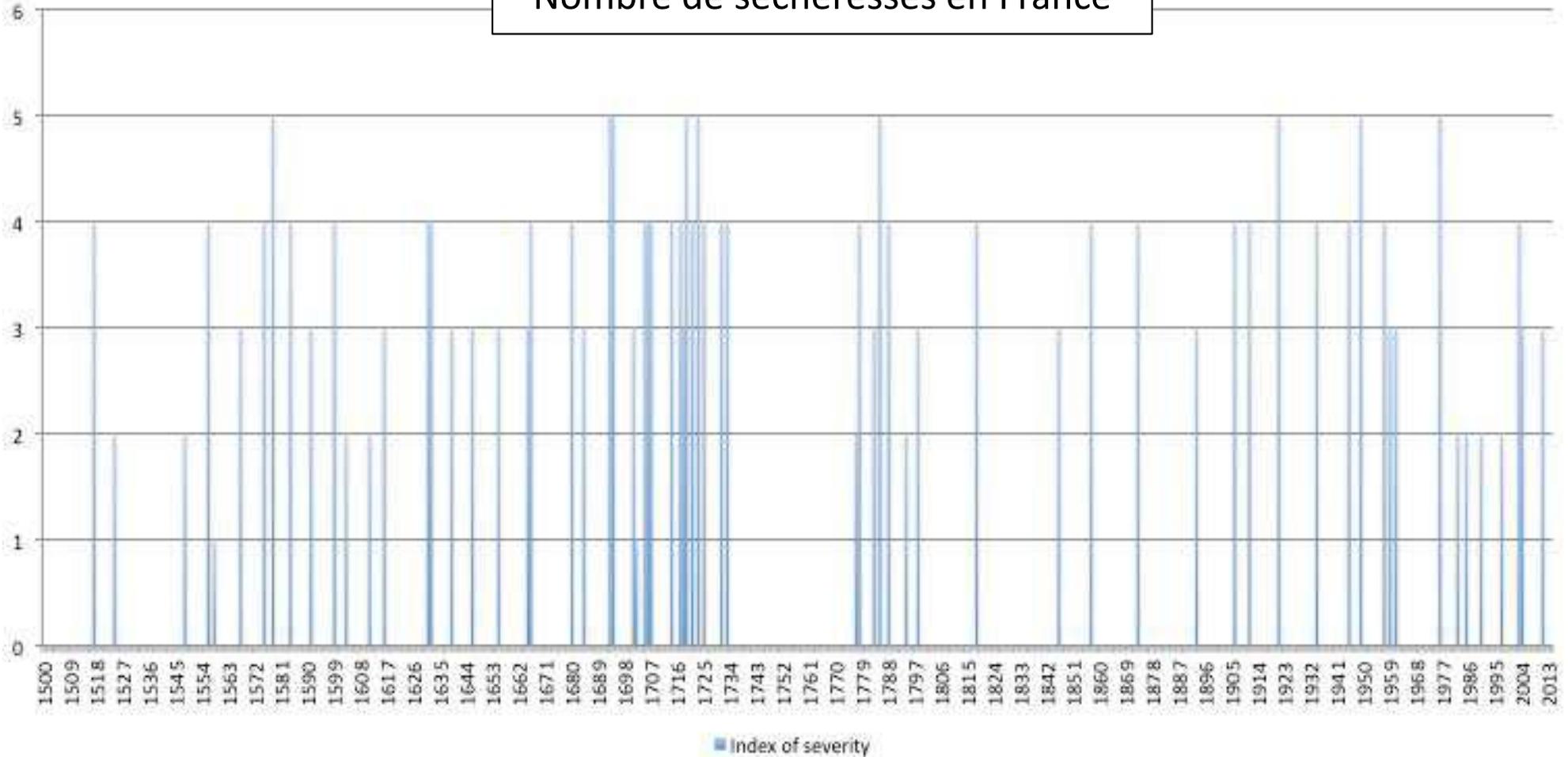
RENASEC



Comment observer et modéliser des phénomènes rares et potentiellement catastrophiques?

RENASEC

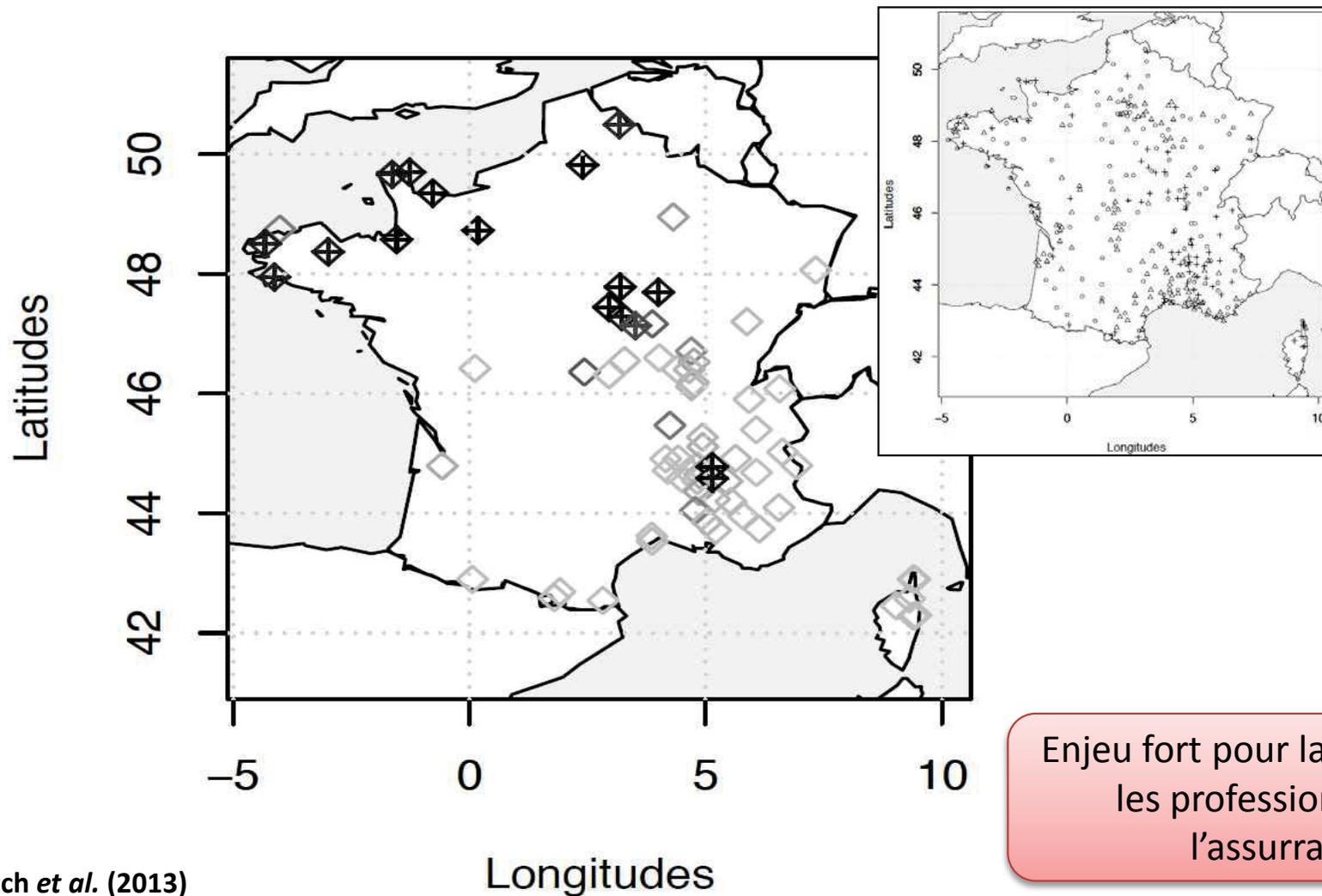
Nombre de sécheresses en France



Comment observer et modéliser des phénomènes rares et potentiellement catastrophiques?

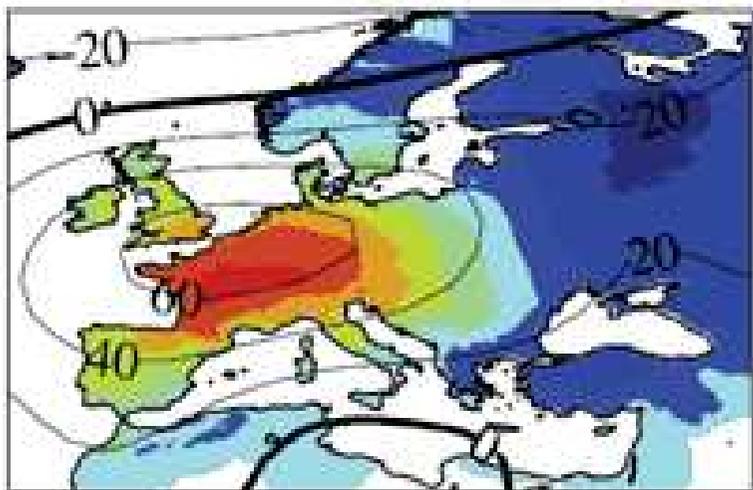
PEPER

Quel réseau de mesures pour détecter des événements extrêmes?



Enjeu fort pour la société, e.g.
les professionnels de
l'assurance

Quelles sont les échelles spatiales et temporelles pertinentes pour étudier les événements extrêmes?



Caractère « régionale » des canicules et sécheresses
→ analysable avec des modèles de climats globaux à résolution de plusieurs centaines de kilomètres

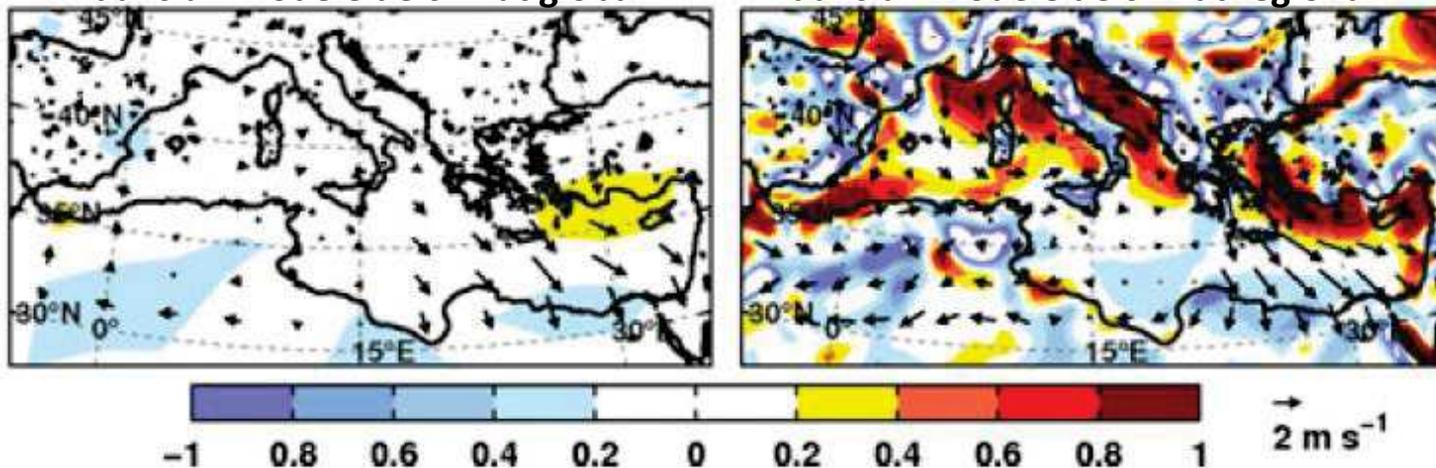
Stéfanon *et al.* (2012a)

Caractère « locale » des précipitations intenses
→ Nécessité de désagréger l'information climatique à des résolution de l'ordre de la dizaine de kilomètres

Cyclones méditerranéens

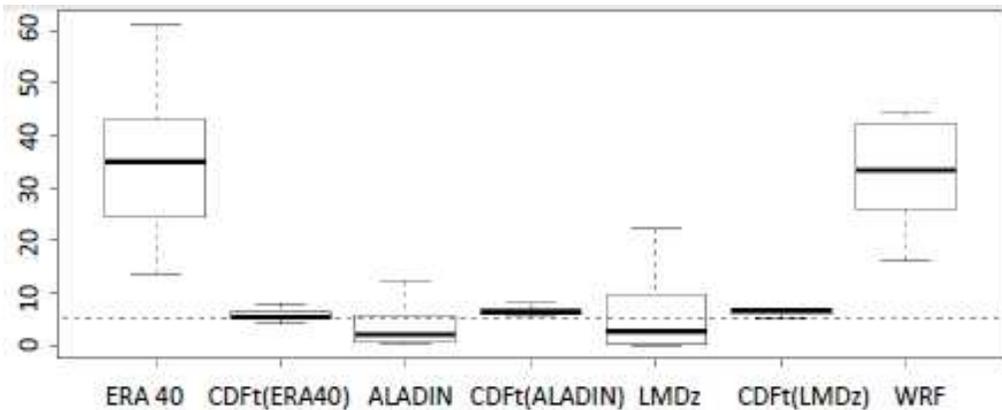
dans un modèle de climat global

dans un modèle de climat régional

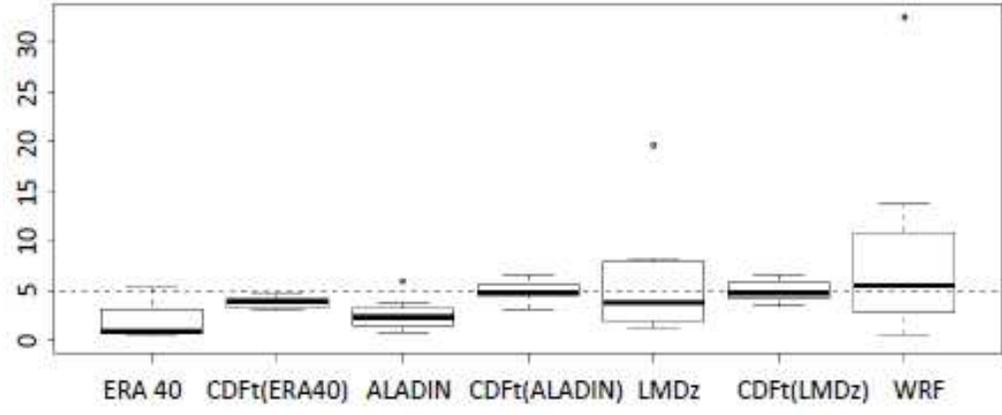
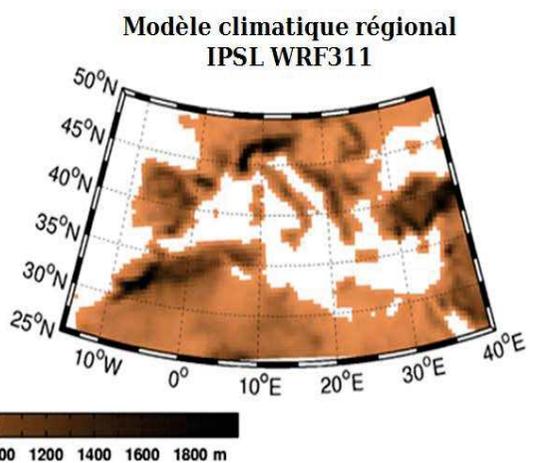
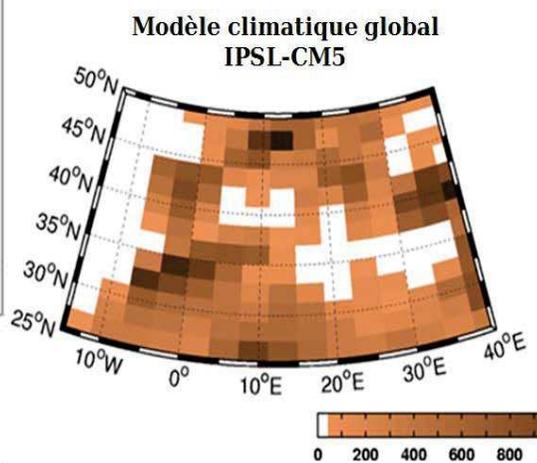


Quelles sont les échelles spatiales et temporelles pertinentes pour étudier les événements extrêmes?

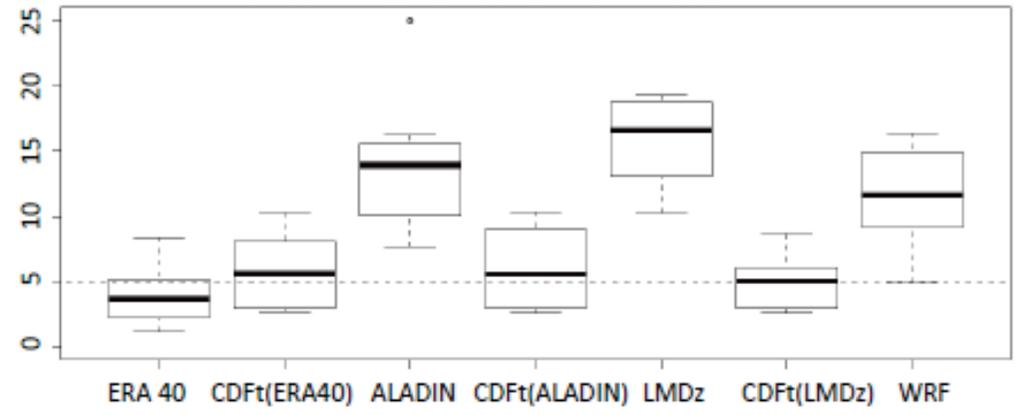
REGYNA & MORCE-MED



(a) Wind speed (winter)



(c) Temperature (winter)



(e) Rainfall (winter)

Quels sont les mécanismes en jeu dans la formation des événements extrêmes et comment interagissent-ils?

MORCE-MED
& MEDICCBIO

1. Quelles méthodologies pour étudier les extrêmes climatiques?

Couplage de processus

Modélisation couplée régionale

WRF/LDMZ/DYNAMICO-NH

NEMO-MED

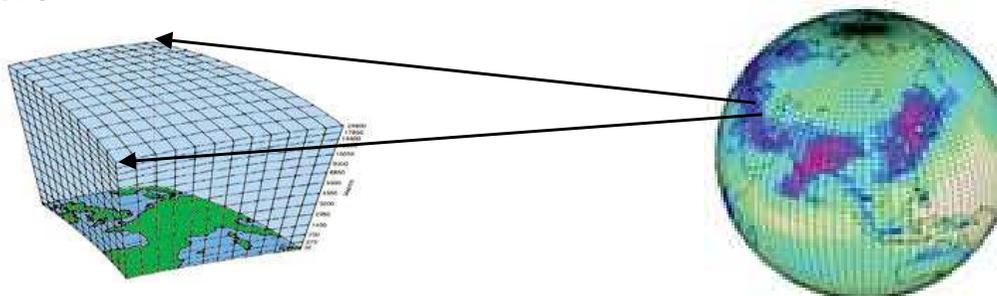
PISCES/Eco3M

ORCHIDEE

CHIMERE (en cours)



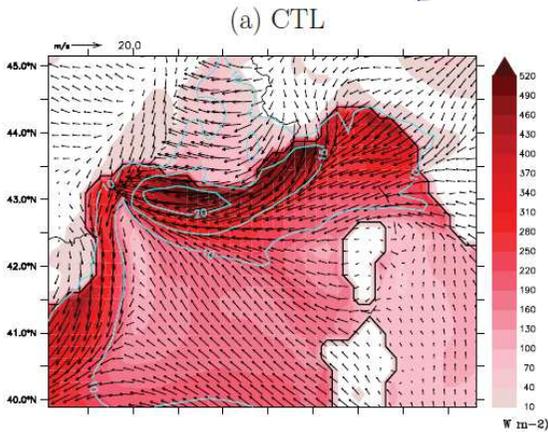
Haute résolution



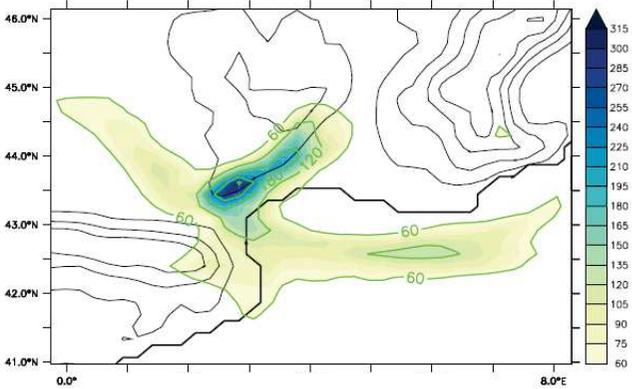
Quels sont les mécanismes en jeu dans la formation des événements extrêmes et comment interagissent-ils?

MORCE-MED

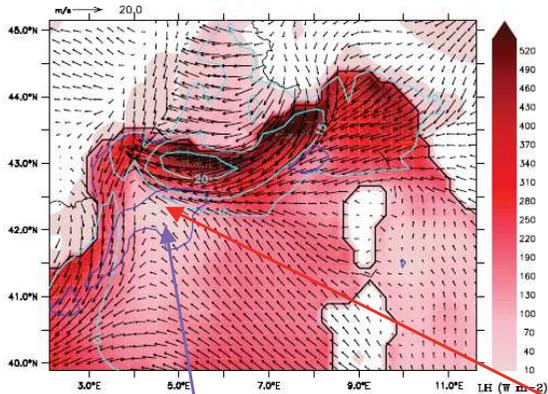
2. Quels effets sur les précipitations extrêmes?



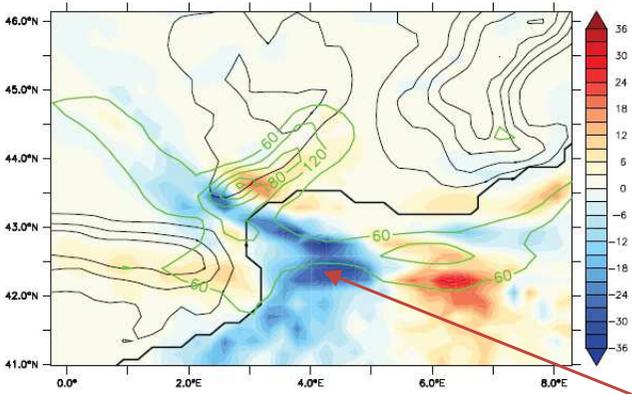
Evaporation + vent (CTL)



Précipitations (CTL)



**Evaporation + vent (CPL)
+ ΔSST (CPL-CTL)**



Δprécipitations (CPL-CTL)

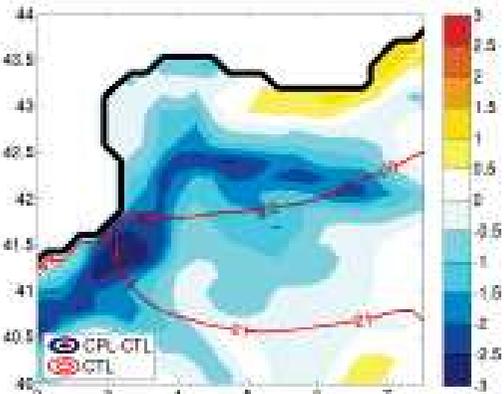
Anomalie froide de SST se forme dans le run couplé (CPL), induite par le Mistral soufflant 10 jours avant l'épisode précipitant intense

Diminution de l'évaporation au dessus de l'anomalie froide + modification du flux d'humidité de basse couche « contournant » l'anomalie

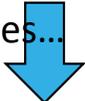
Lebeaupin Brossier *et al.* (2011, 2012a,b, 2013)

Déplacement des précipitations de plusieurs dizaines de kilomètres

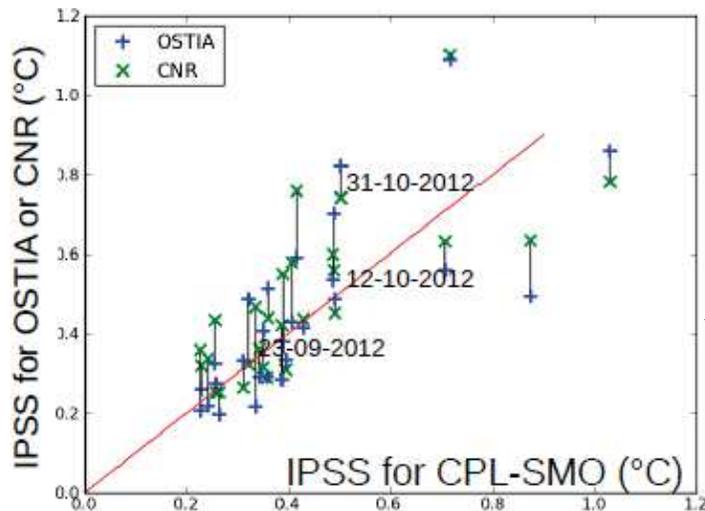
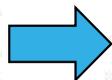
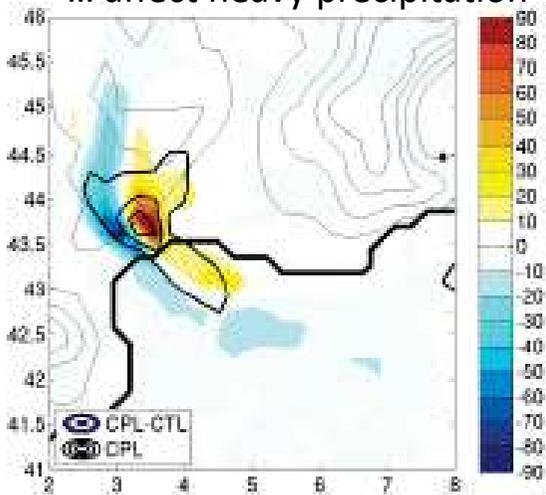
Quels sont les mécanismes en jeu dans la formation des événements extrêmes et comment interagissent-ils?



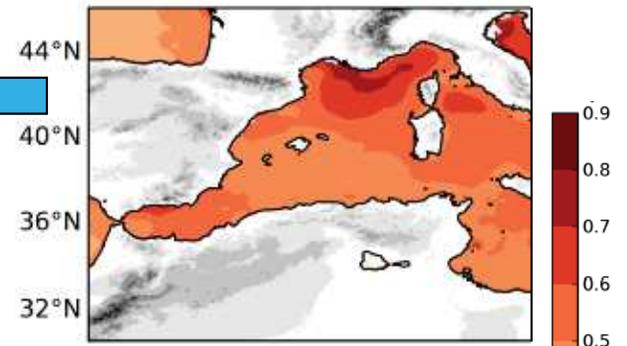
In model word, submonthly SST anomalies...



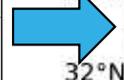
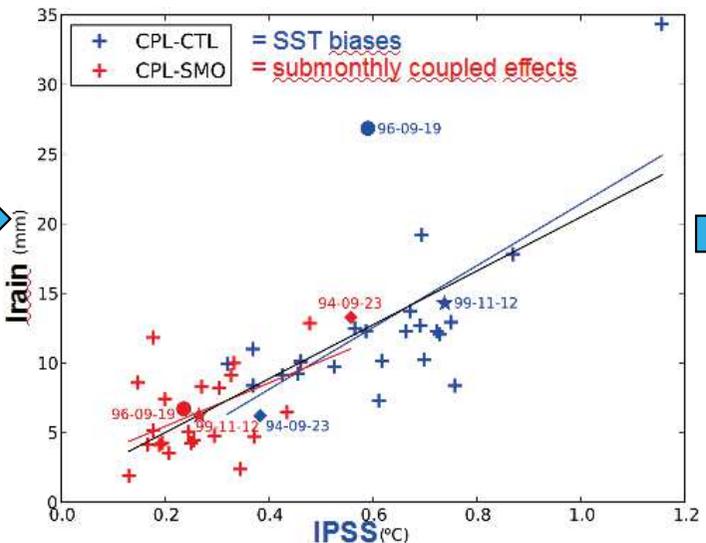
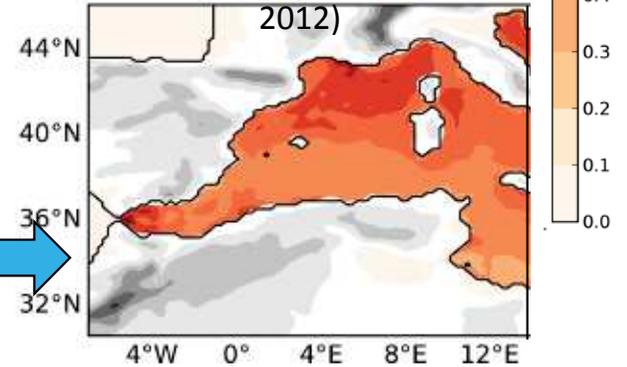
... affect heavy precipitation



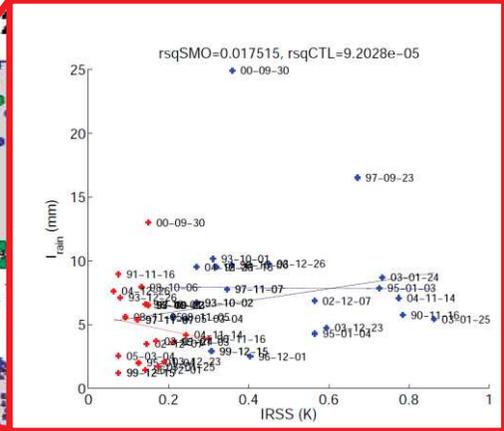
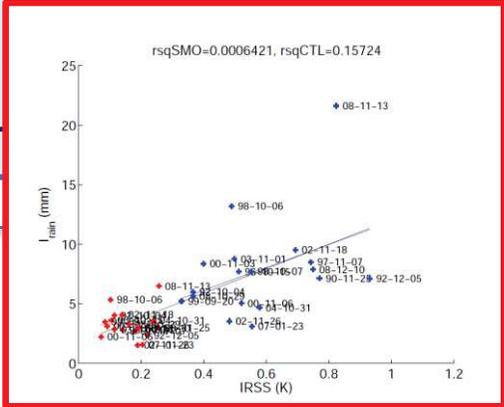
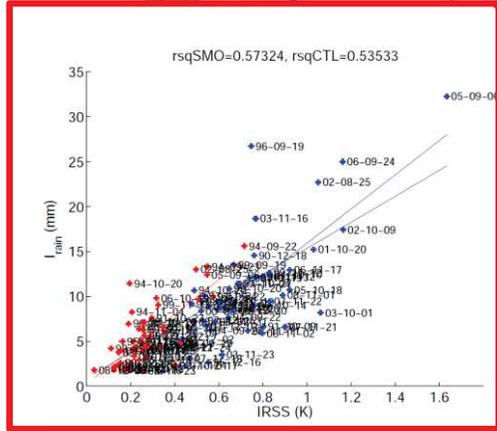
AVHRR SST (CNR) (1989-2012)



WRF/NEMO-MED12 (1989-2012)



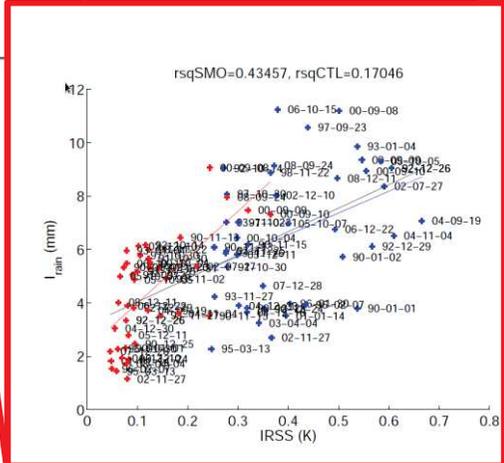
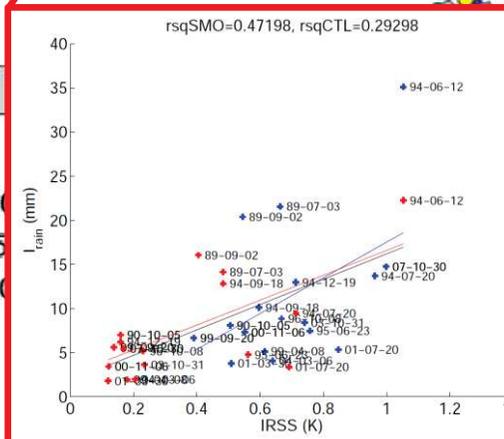
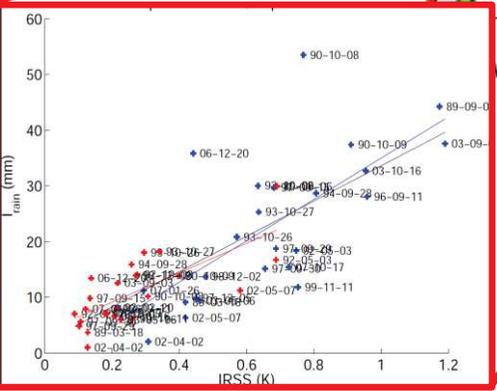
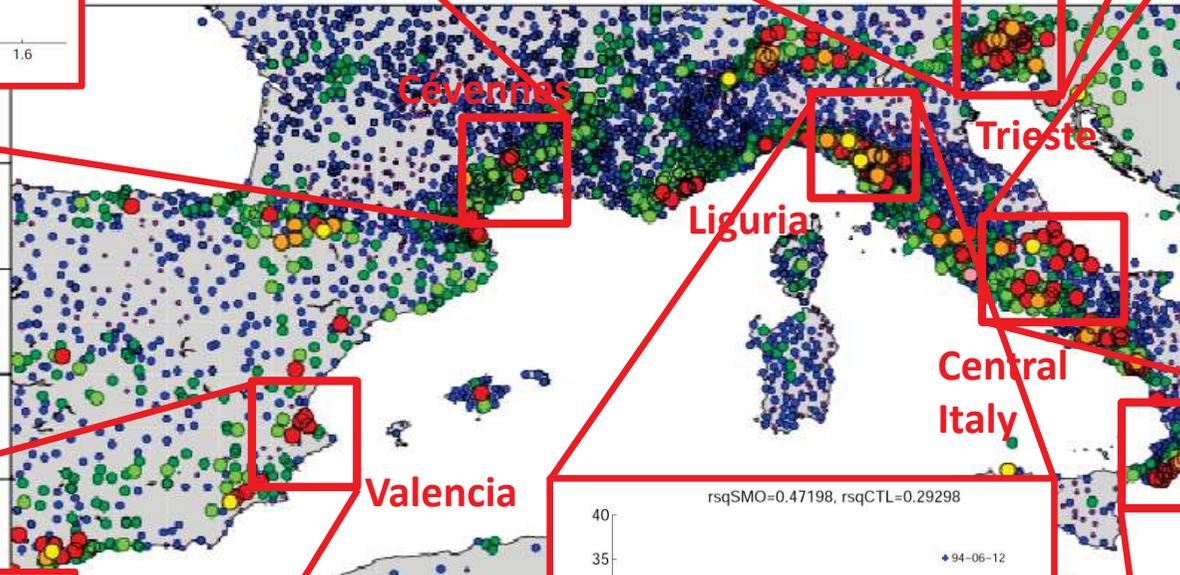
Quels sont les mécanismes en jeu dans la formation d'événements extrêmes et comment les prévoir ?



Intense rainfall events during HyMeX SOP1

Ducrocq *et al.* (2013)

RAINFALL TOTALS (mm) - Maximum at each station over 5 Sep.-6 Nov.



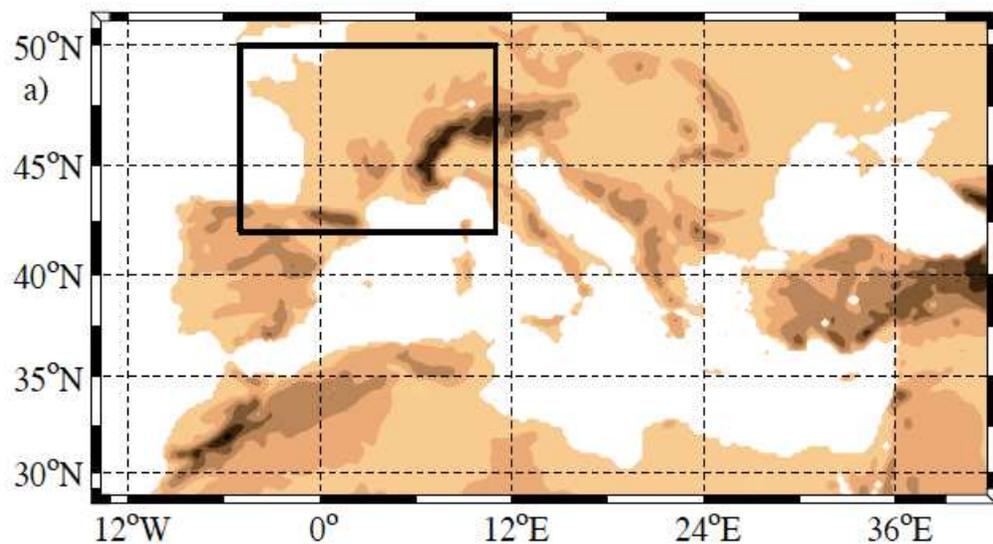
● 0.1 - 20 mm
● 20 - 50 mm
● 50 - 75 mm
● 75 - 100 mm

Quels sont les mécanismes en jeu dans la formation des événements extrêmes et comment interagissent-ils?

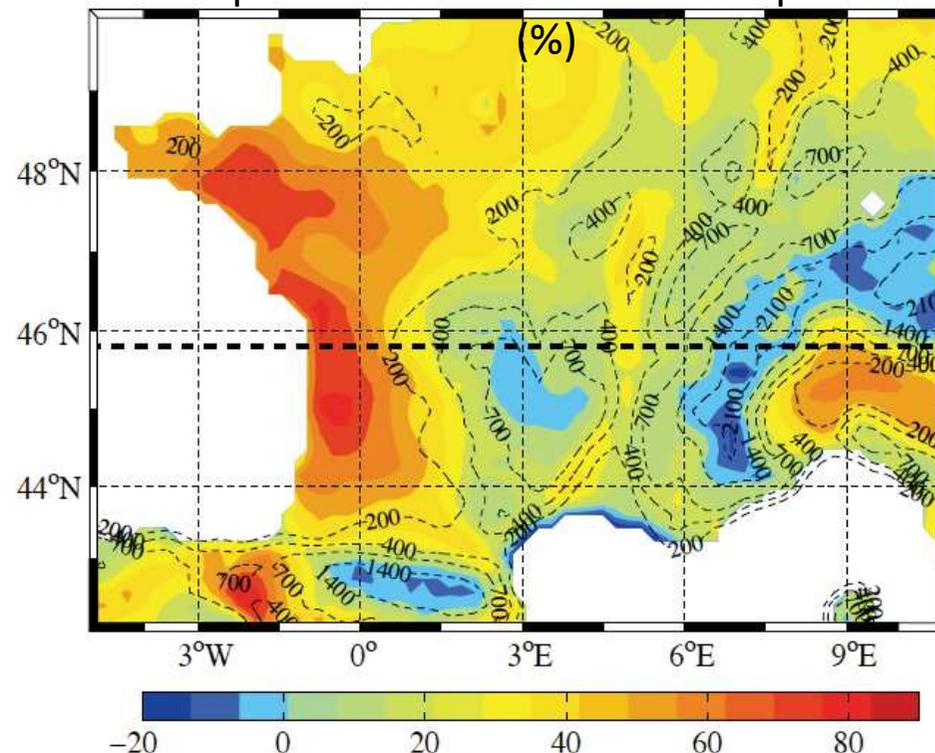
MORCE-MED

3. Quels effets sur les canicules et sécheresses?

Humidité des sols

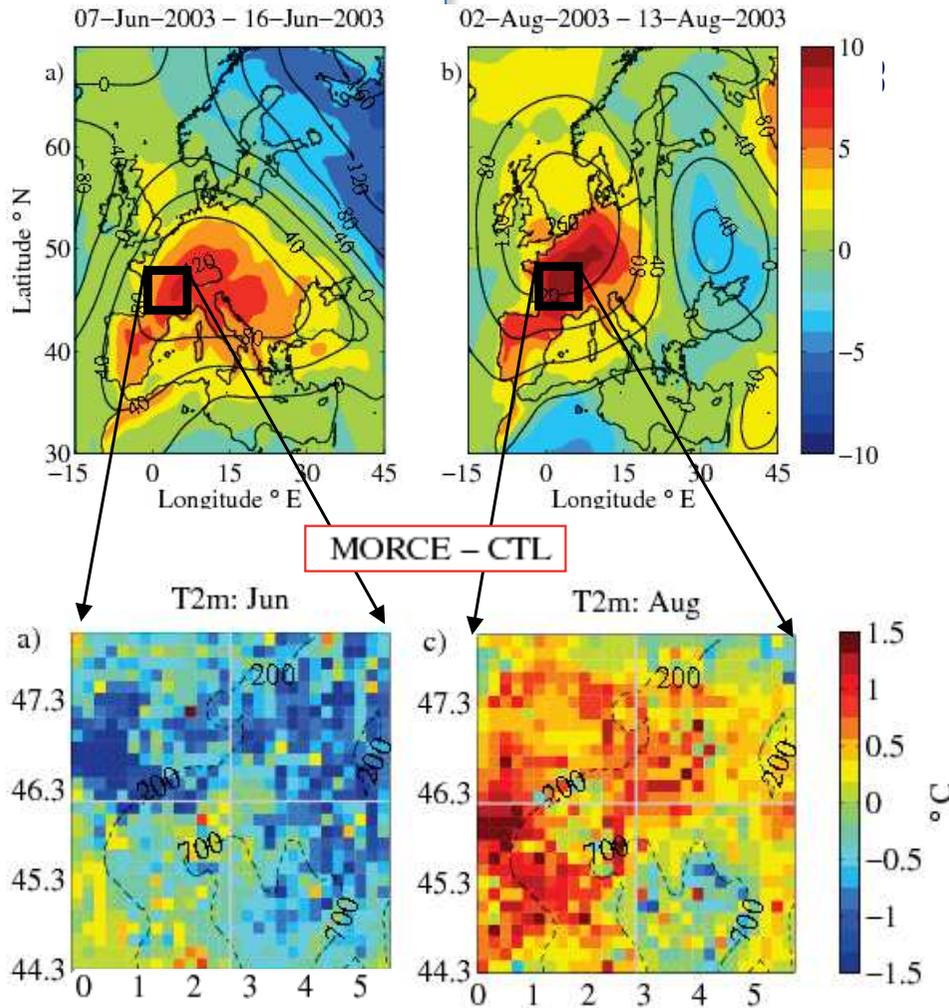


Contribution de l'humidité des sols à l'amplitude de l'anomalie de température



$$I_{\text{SMTF}} (\%) = 100 \times \frac{\Delta T_{\text{INT}} - \Delta T_{\text{SAT}}}{\Delta T_{\text{SAT}}}$$

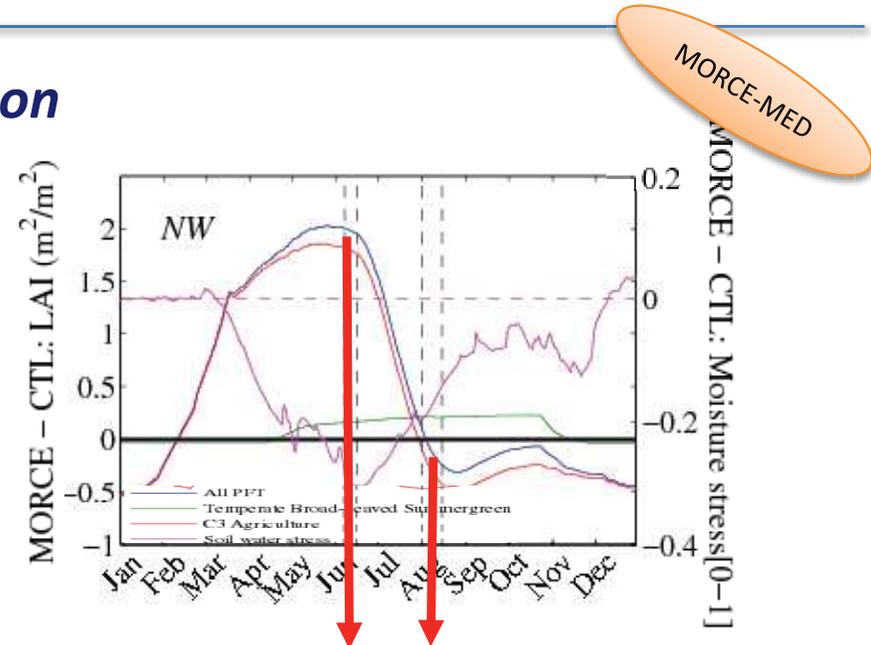
Quels sont les mécanismes en jeu dans la formation des événements extrêmes et comment interagissent-ils?



Effet atténuateur de la végétation dynamique en juin 2003

Effet amplificateur de la végétation dynamique en août 2003

Végétation



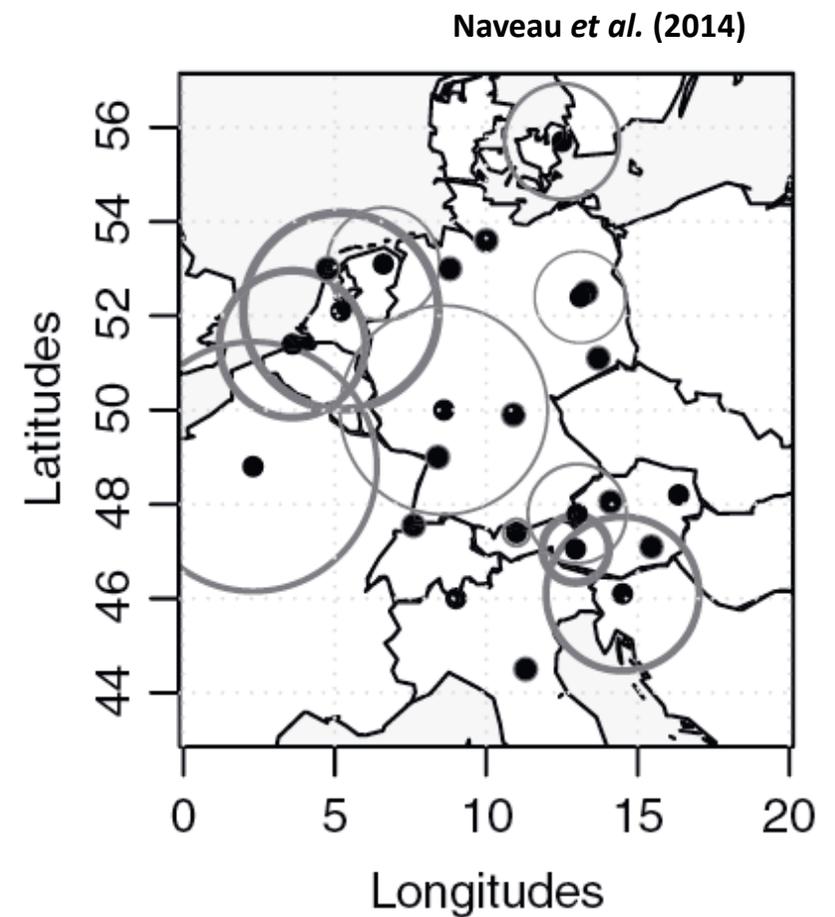
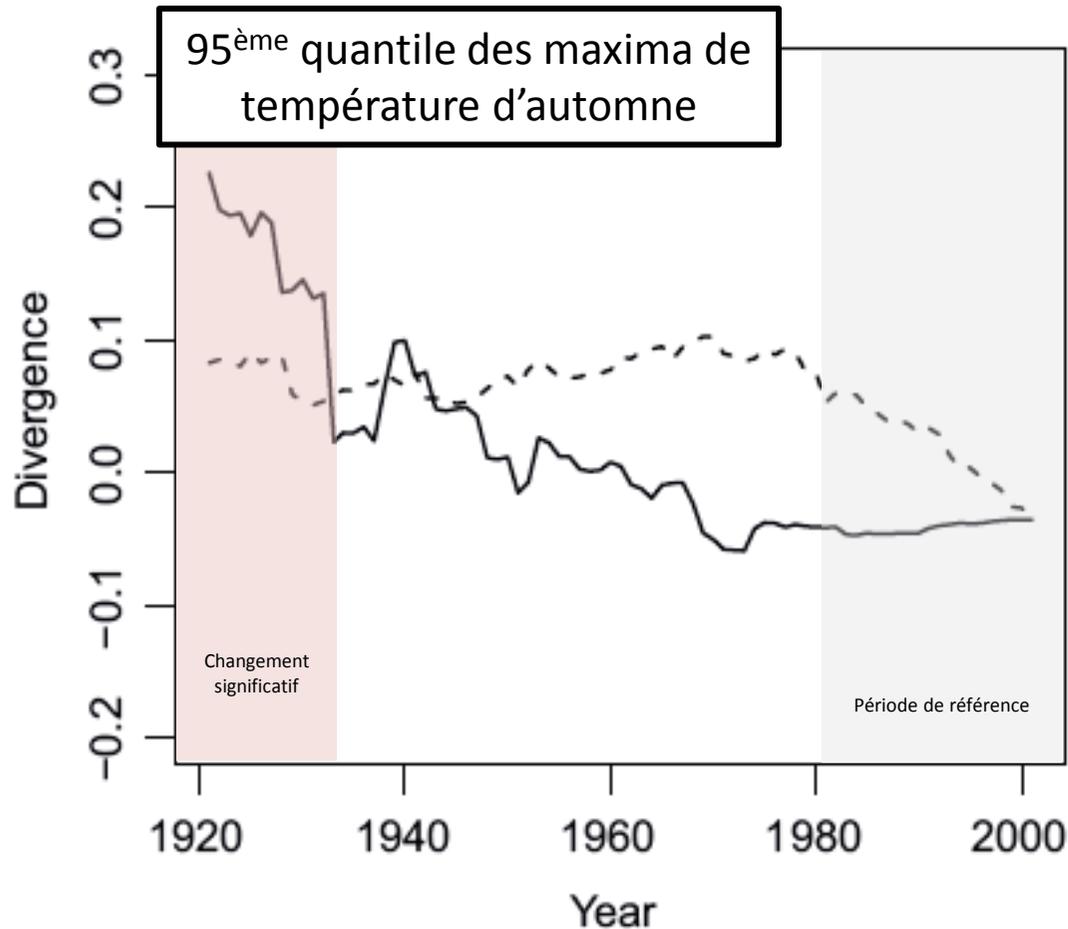
Développement précoce de la végétation car sécheresse météorologique printanière → + d'évaporation et anomalie de température + faible

Mortalité de la végétation car sécheresse hydrologique → - d'évaporation et anomalie de température + forte

Comment détecter et attribuer les événements extrêmes au changement climatique?

PEPER

Approche basée sur l'entropie pour la détection de changement dans les extrêmes climatiques (divergence de Kullback–Leibler)

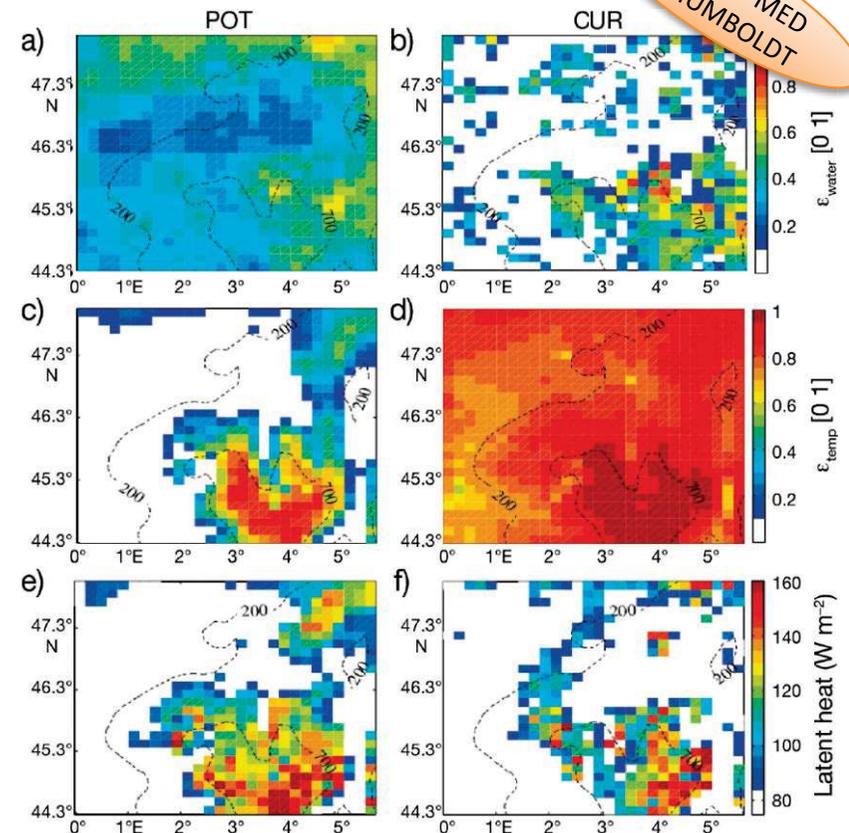


1. Analyse SWOT (de l'axe 2) pour aller plus loin...

STRENGTHS (FORCES)	WEAKNESSES (FAIBLESSES)
<ul style="list-style-type: none"> - Communauté large travaillant sur les extrêmes au sein du GIS - Outils adaptés et à la pointe de l'état de l'art (en particulier grâce au GIS) - Essaimage des projets GIS dans de nombreux autres projets (ANR REMEMBER, ANR STARMIP, FP7 IMPACT2C, EUCLEIA, EXTREMOSCOPE, ...) - Approches bottom-up et top-down 	<ul style="list-style-type: none"> - Trop multi-disciplinaire, pas assez inter-disciplinaire - Expertises manquantes (vulnérabilité urbaine aux extrêmes) - Pas assez d'interaction avec les hydrologues (METIS)
OPPORTUNITIES (OPPORTUNITES)	THREATS (MENACES)
<ul style="list-style-type: none"> - Association des projets du GIS à d'autres projets: au sein du GIS (MORCE-MED, HUMBOLDT, MEDICCBIO), avec des programmes extérieurs au GIS (REGYNA-AMMA) 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficulté d'accéder à des données sensibles qui auraient permis d'aller plus loin dans l'interdisciplinarité (irrigation, barrages, usage de l'eau en général, coûts de dégâts naturels)

2. Perspectives

1. Poursuivre les travaux sur la détection de l'évolution des événements extrêmes dans un contexte de changement climatique.
2. diagnostiquer et quantifier les contributions respectives du changement climatique et de changements d'usages des terres passés sur les modifications du climat régional.



Au-delà du GIS

3. combiner approches "top-down", qui étudient les impacts locaux des événements extrêmes et "bottom-up" qui étudient la sensibilité de la vulnérabilité socio-économique aux événements extrêmes pour pouvoir définir de façon plus éclairée des stratégies de gestion de risque aux événements extrêmes dans un contexte de changement climatique.

