



# Aléas et Risques Climatique: les orages et la secheresse 2022 un avant-gout du futur?

**Davide Faranda**

CNRS – Institut Pierre Simon Laplace, Laboratoire des  
Sciences du Climat et de l'Environnement, Equipe ESTIMR

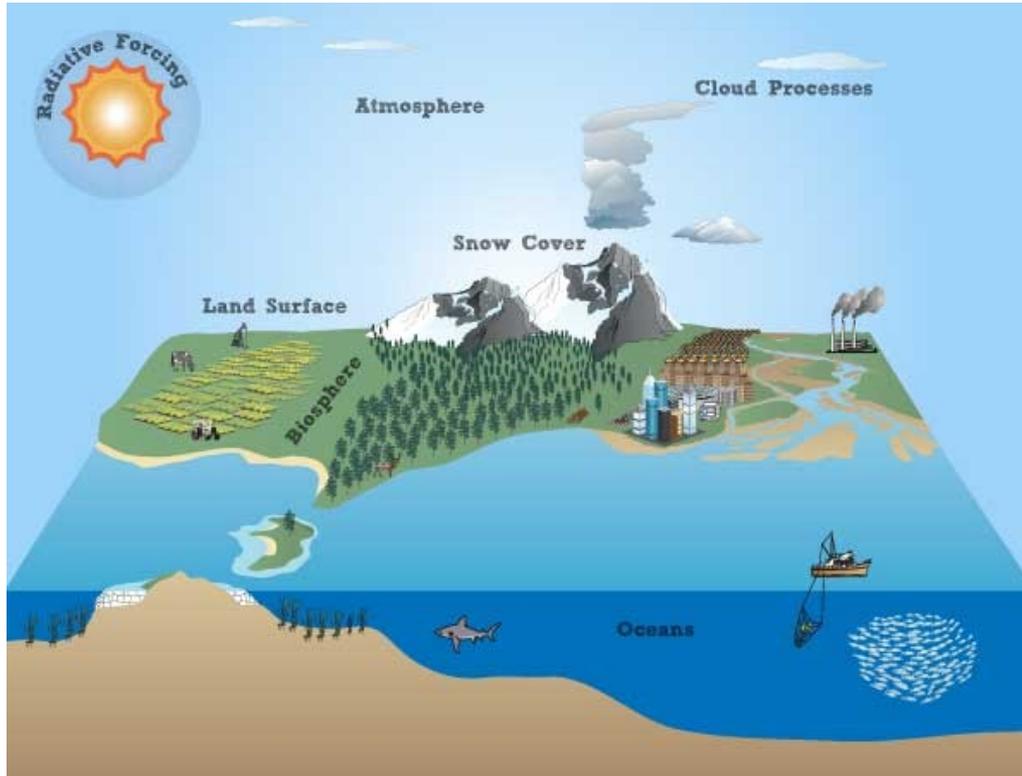
31/03/2023



## DANS CETTE PRESENTATION:

1. **Le climat: un système complexe**
2. **Le changement climatique**
3. **Événements climatiques extrêmes, et risques climatiques**
4. **Sources d'incertitude dans la modélisation climatique**
5. **Que dit le rapport du GIEC sur chaleur et orages extrêmes?**
6. **Focus sur les orages: quels limites dans la modélisation?**
7. **Peut-on s'appuyer sur les observations passées pour attribuer un événement extrême au changement climatique: le cas des orages 2022 en Corse**

## LE CLIMAT: UN SYSTÈME COMPLEXE



Atmosphere

Hydrosphere

Lithosphere

Biosphere

Cryosphere

**Interactions complexes entre les 5 sphères du climat qui ont de temps d'évolution assez différentes**

# L'HOMME ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE



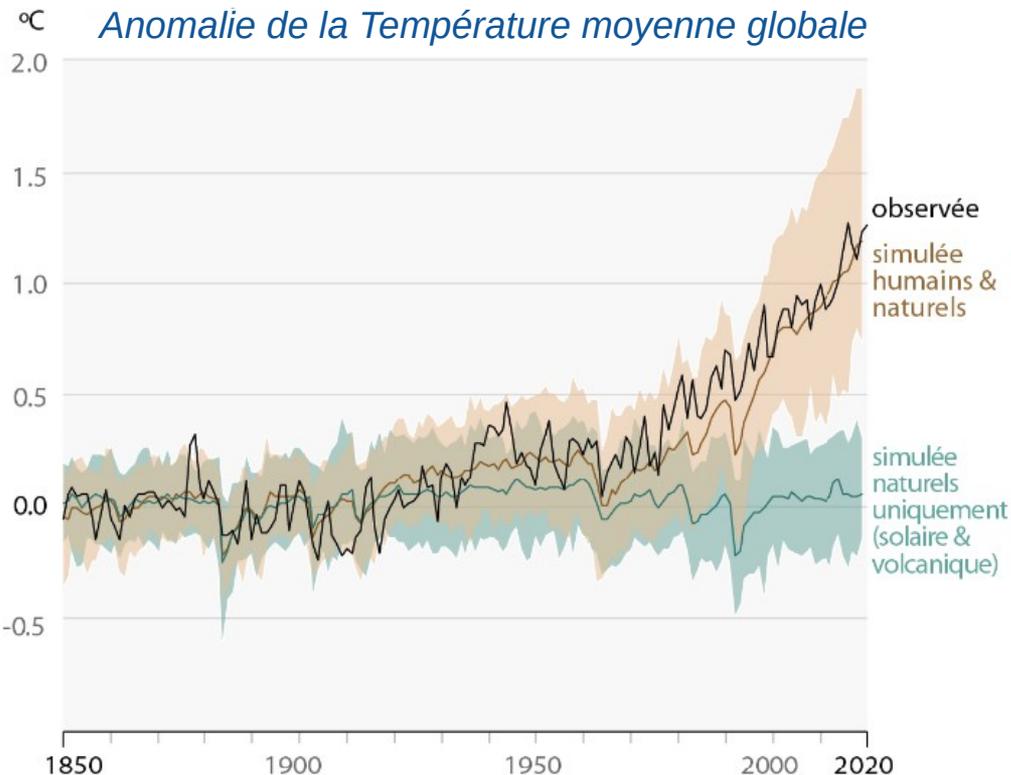
S'il n'y avait pas d'effet de serre



La vie grâce à l'effet de serre



Un risque de déséquilibre



# EVENEMENTS CLIMATIQUES EXTREMES: ALEAS CLIMATIQUES

La raison des événements climatiques extrêmes est un besoin de redistribuer un surplus énergétique local ou global: une raison physique

Le changement climatique augmente l'énergie en jeu et donc les extrêmes!



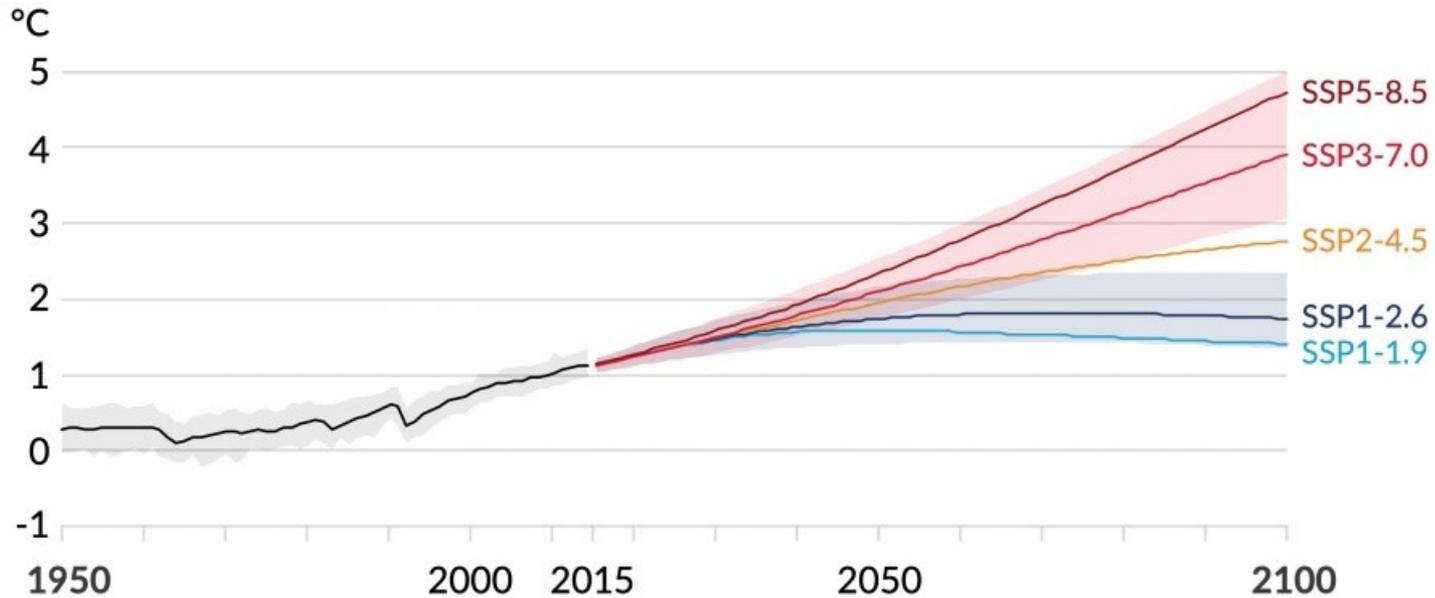
# ALES, ENJEUX ER RISQUES CLIMATIQUES



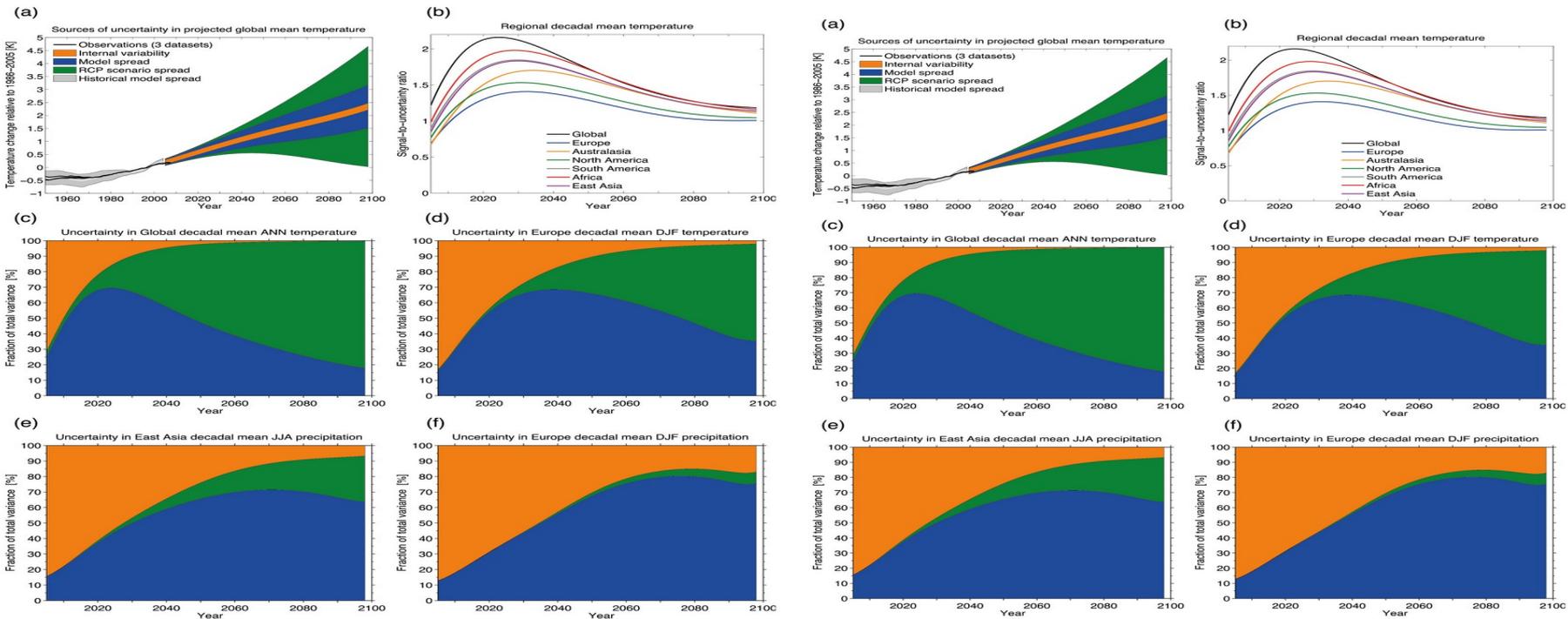
L'extrême diversité des caractéristiques climatiques et géomorphologiques de la France sous-tend l'exposition de ses territoires : régime atlantique sujet aux submersions marines (littoral), sols argileux propices au retrait-gonflement d'argiles (Sud-Ouest, Centre), cyclones tropicaux (Antilles), etc.

# SOURCES D'INCERTITUDE DANS LA MODELISATION CLIMATIQUE

## a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



# SOURCES D'INCERTITUDE DANS LA MODELISATION CLIMATIQUE



# GIEC: EXTREMES DE CHALEUR ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

a) Synthèse de l'évaluation des changements observés dans les **extrêmes de chaleur** et confiance dans la contribution humaine aux changements observés dans les régions du monde

Changements observés dans les **extrêmes de chaleur**

Augmentation (41)

Diminution (0)

Faible consensus sur le type de changement (2)

Données et/ou littérature limitées (2)

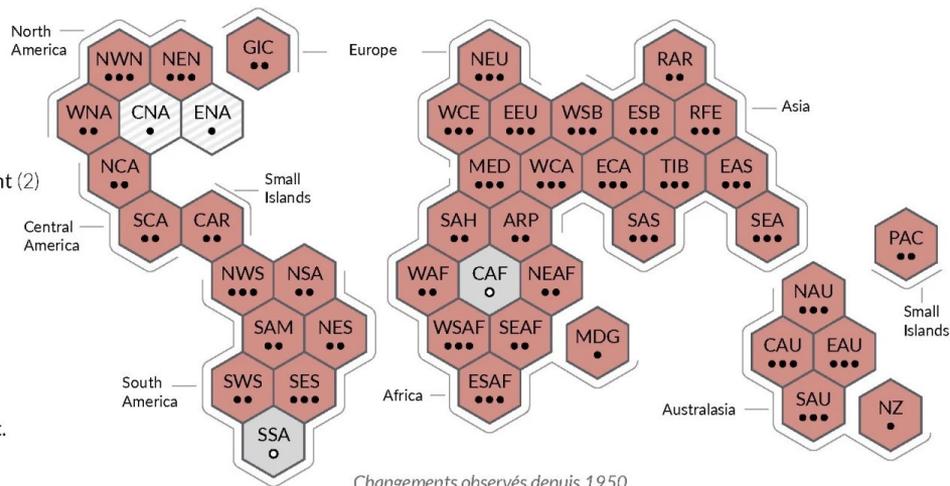
Degré de confiance dans la contribution humaine au changement observé.

●●● Haut

●● Moyen

● Faible en raison d'un consensus insuffisant.

○ Faible en raison de preuves limitées



le rapport du GIEC montre que l'influence humaine rend les vagues de chaleur plus fréquentes, plus intenses et plus précoces.

On peut constater sur le graphique que ces extrêmes de chaleur sont en augmentation dans le monde entier.

# GIEC: ORAGES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

(b) Synthèse de l'évaluation des changements observés des **précipitations extrêmes** et degré de confiance associé à la contribution humaine à ces changements, par région du monde

Type de changement observé dans les précipitations extrêmes

Augmentation (19)

Diminution (0)

Faible degré de concordance pour ce type de changement (8)

Données et/ou publications scientifiques limitées (18)

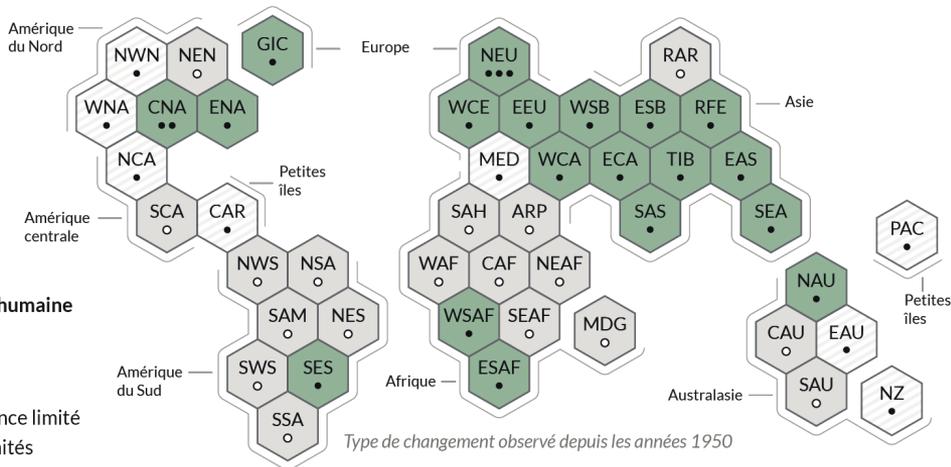
Degré de confiance associé à la contribution humaine au changement observé

Élevé

Moyen

Faible en raison d'un degré de concordance limité

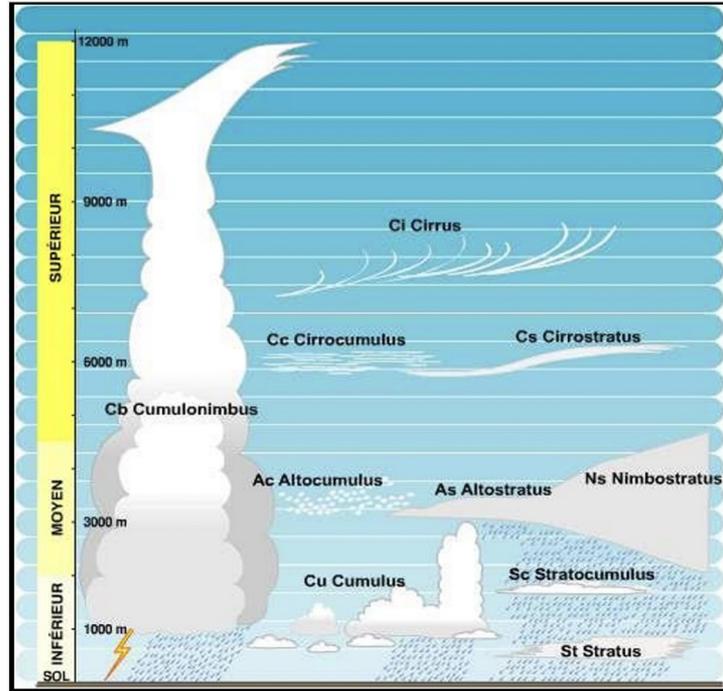
Faible en raison d'éléments probants limités



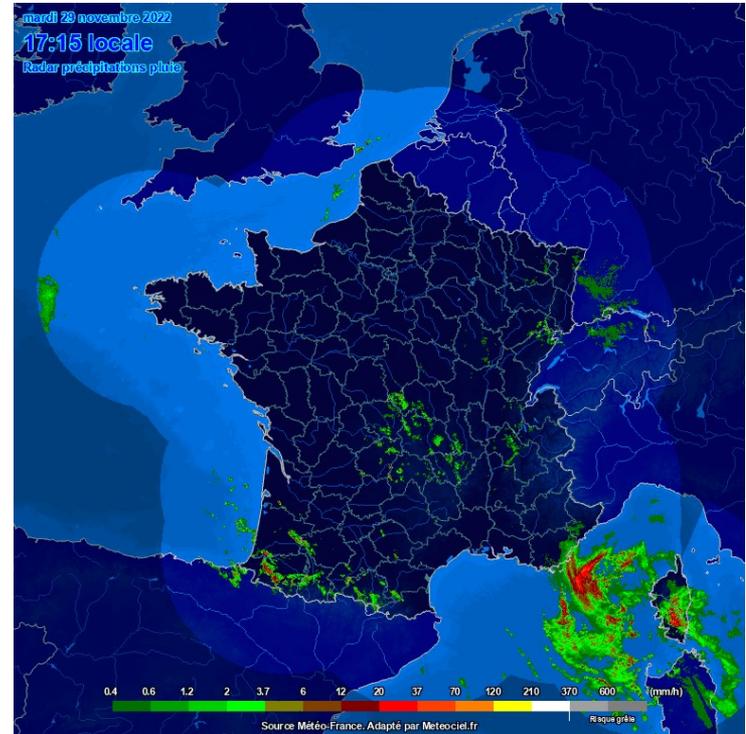
**-Un climat plus chaud intensifiera les événements et les saisons météorologiques très humides et très secs (degré de confiance élevé)**

**-Les fortes précipitations et les inondations devraient s'intensifier et devenir plus fréquentes sur l'Europe dans un climat plus chaud (degré de confiance modéré).**

# L'INCERTITUDE DANS LES PROJECTIONS DE LA PLUIE: LE PHENOMENE DE LA CONVECTION ATMOSPHERIQUE

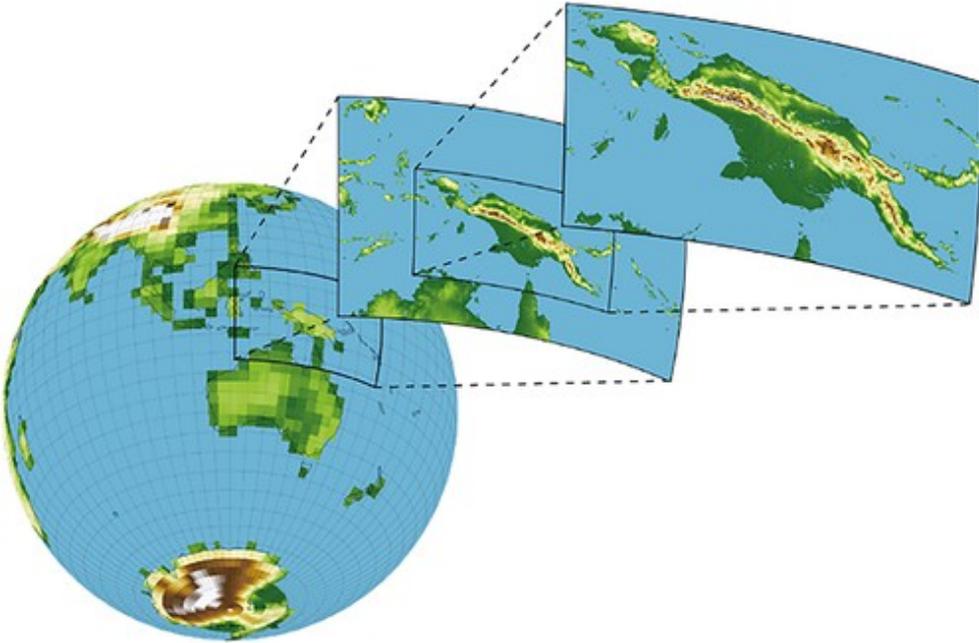


Les différents types de nuages (@ Météo France).



**=> Phenomenes localisés de grande intensité**

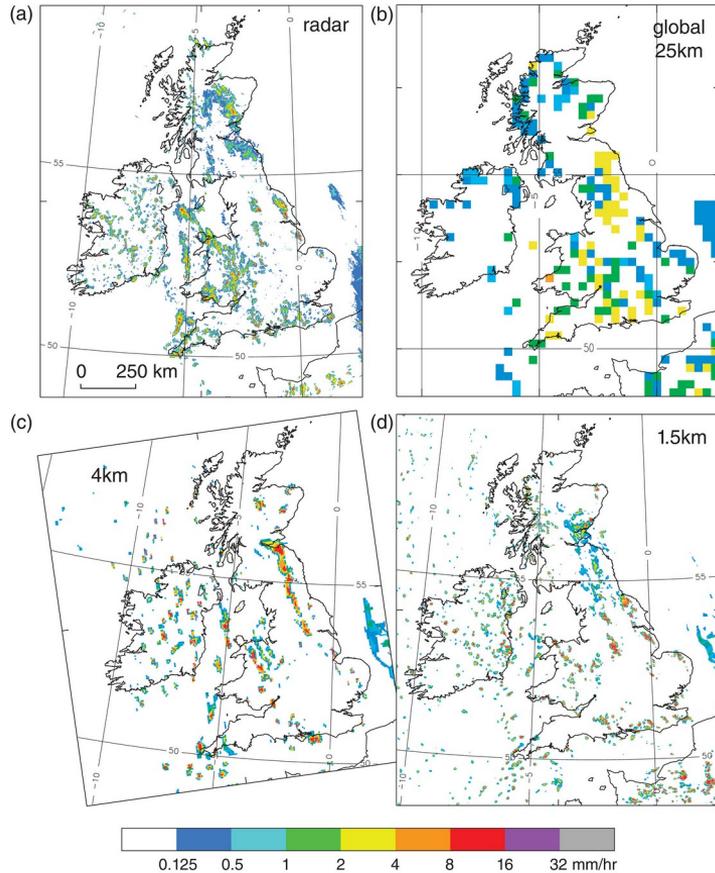
## L'INCERTITUDE DANS LES PROJECTIONS DE LA PLUIE: QUEL MODELE UTILISER?



Visualisation de domaines limités multi-imbriqués (également connu sous le nom d'imbrication télescopique) permettant de zoomer sur une région jusqu'à un espacement de grille de  $\sim 2$  km.

Pour respecter la limite du pas de résolution d'un domaine à l'autre, une simulation intermédiaire de MCR (espacement de grille de 10-25 km) est dans la plupart des cas nécessaire, en supposant que les modèles globaux ont des espacements de grille proches ou supérieurs à 100 km.

# LES MODELES CLIMATIQUES PERMETTANT LA CONVECTION



Cas d'averses convectives sur le Royaume-Uni le 8 juillet 2014 à 1200 UTC.  
(a) Pluviosité dérivée du radar (mm h<sup>-1</sup>) à une résolution de 1 km, montrée avec les pluviosités instantanées de  
(b) la prévision du modèle MetUM Global  
(c) la prévision du modèle Euro 4 (réduction d'échelle de 4 km.  
(d) la prévision du modèle permettant la convection à 1,5 km.

Source: Clark et al 2016

**=> Aucun modèle n'est parfait!**

# PEUT-ON UTILISER LES OBSERVATIONS PASSEES POUR ATTRIBUER UN PHENOMENE EXTREME AU CHANGEMENT CLIMATIQUE?



## Etude de cas du « Derecho » du 18/08 en Corse

# DERECHO

**Derecho: classification d'orage très violent qui prend en compte les rafales de vents (plus de 120km/h) et la taille du territoire touché (plus de 300 kilomètres)**

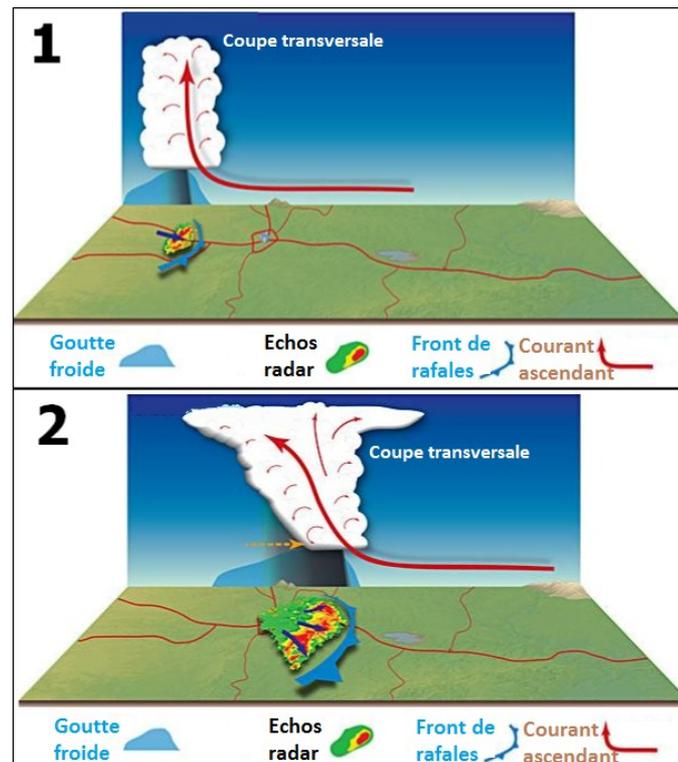
**En France, depuis 1979** seulement les orages du:

-26 juillet 1983

-12 juillet 2010

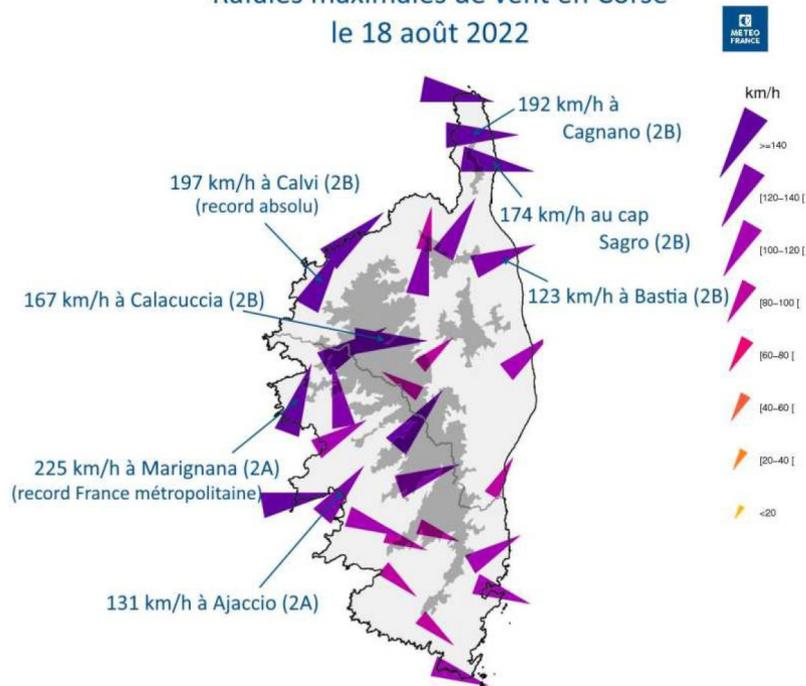
-08 août 2014

ont des caractéristiques compatibles avec la définition de *derecho*.



# LE DERECHO DU 18/08/2022 EN CORSE

Rafales maximales de vent en Corse  
le 18 août 2022



## CHIFFRES CLÉS

**225 Km/h**

RAFALE MAXIMALE DE VENT  
ENREGISTRÉE

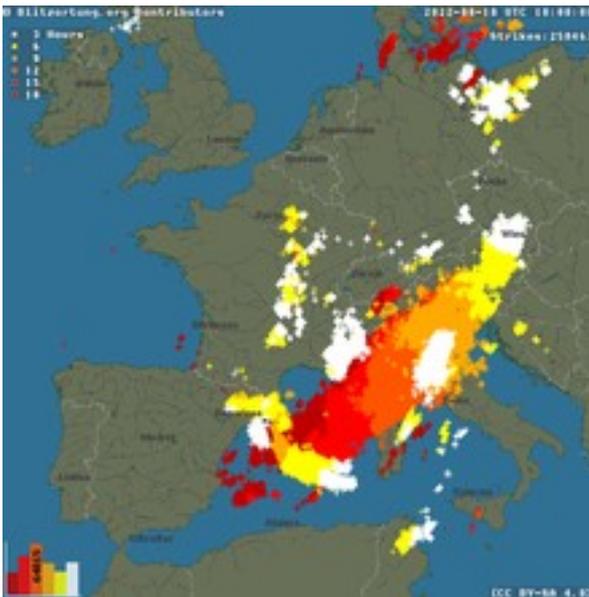
**100.000 éclairs**

TOMBES SUR LE PARCOURS DU DERECHO

**11cm**

TAILLE MAXIMALE DES GRELONS

## LE DERECHO DU 18/08/2022 EN EUROPE



Trace de foudre de 00 à 18 UTC montrant la trajectoire du derecho (rouge foncé à blanc). [blitzortung.org/en/contact.php](https://blitzortung.org/en/contact.php)

## CHIFFRES CLÉS

**12**

MORTS POUR LE DERECHO DONT 5 EN FRANCE, 5 EN AUTRICHE ET 2 EN ITALIE

**116**

BLESSES SUR LE PARCOURS DU DERECHO

**65,000**

PERSONNES SANS ELECTRICITE EN AUTRICHE A CAUSE DU DERECHO

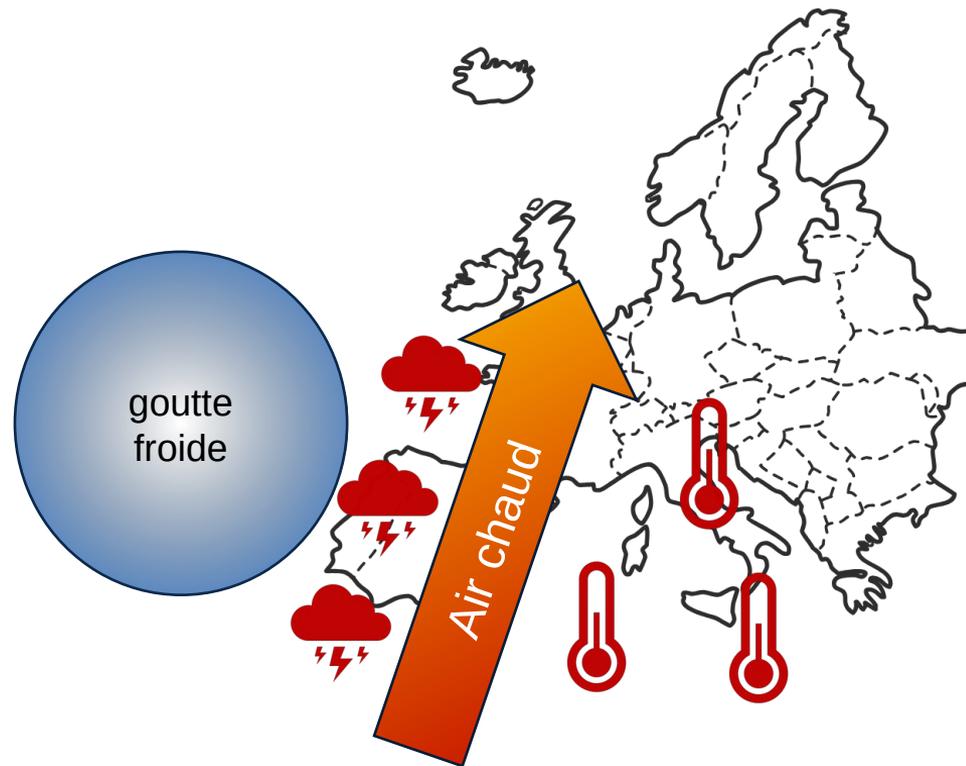
# L'ÉTÉ METEO 2022: QUEL RAPPORT ENTRE CANICULES ET ORAGES?

l'été 2022 a été régi par la présence d'une goutte froide (zone de basse pression) persistante située entre le Portugal et la France.

Le changement de sa position a déterminé l'alternance entré:

**-Conditions caniculaires**

-Conditions orageuses

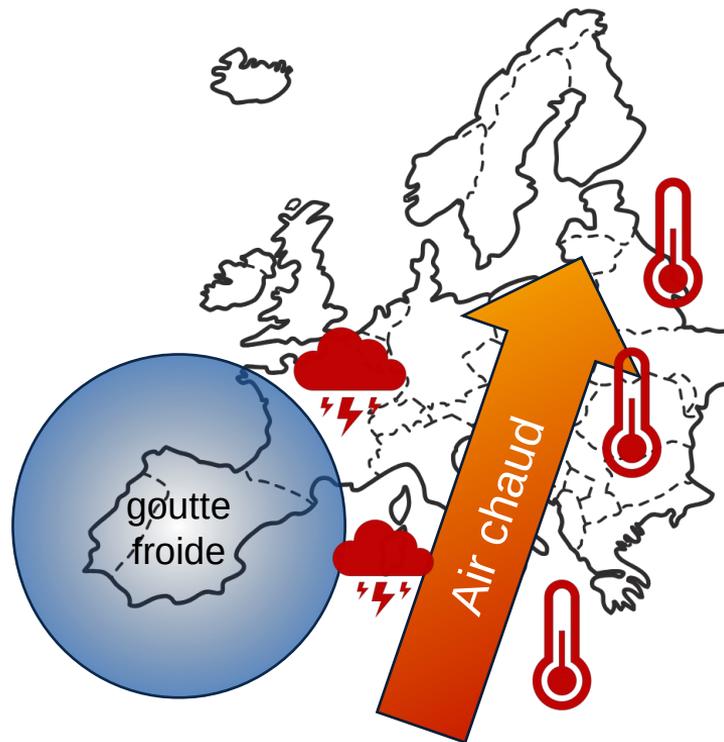


## L'ÉTÉ METEO 2022: QUEL RAPPORT ENTRE CANICULES ET ORAGES?

l'été 2022 a été régi par la présence d'une goutte froide (zone de basse pression) persistante située entre le Portugal et la France.

Le changement de sa position a déterminé l'alternance entré:

- Conditions caniculaires
- Conditions orageuses**



# NOTRE ATTRIBUTION DU DERECHO AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

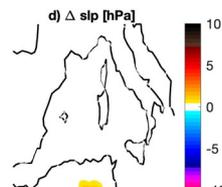
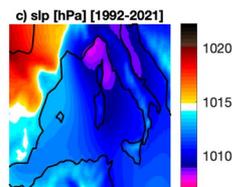
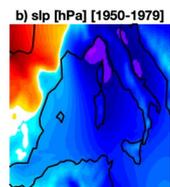
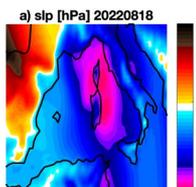
18/08/22

1950-1979

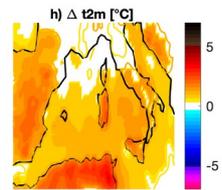
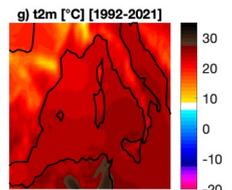
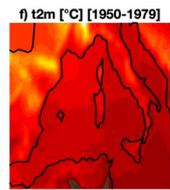
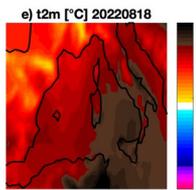
1992-2022

Difference

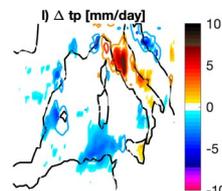
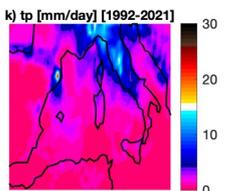
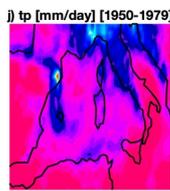
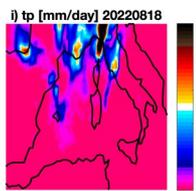
Pression



Temperature



Precipitations



## METHODE

- 1) Fixer une base de données météorologique: ici ERA5 du centre européen ECMWF
- 2) Comparer les situations météorologiques qui ressemblent à celle qui a déclenché le derecho dans un passé lointain (1950-1979) et récent (1992-2022)
- 3) Chercher les différences statistiquement significatives sur les champs de pression, température, précipitations pour les deux périodes

Protocole methodologique:

Faranda et al. Weather and climate Dynamics,

<https://wcd.copernicus.org/articles/3/1311/2022/>

# NOTRE ATTRIBUTION DU DERECHO AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

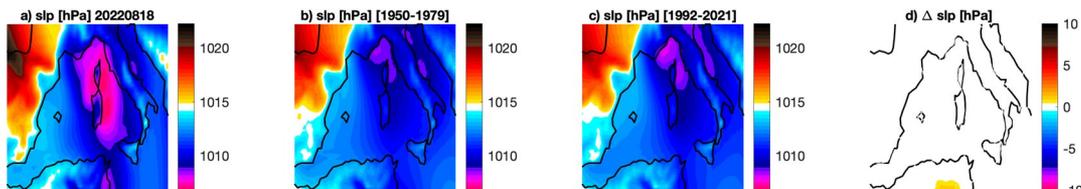
18/08/22

1950-1979

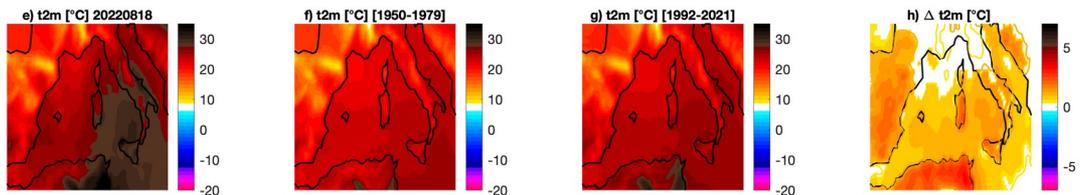
1992-2022

Difference

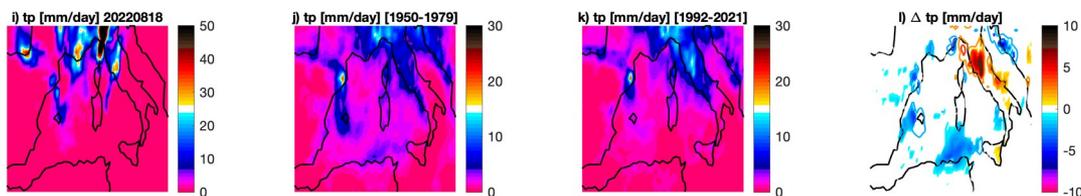
Pression



Temperature



Precipitations



## RESULTATS

- 1) Les champs de pressions ne montrent pas de changement significatif entre passé et présent. Néanmoins, les températures sont plus élevées dans la période récente.
- 2) Nous trouvons un signal significatif d'augmentation des précipitations en climat actuel qui, sans changement de circulation s'explique par la température très élevée de la mer Méditerranéenne.
- 3) Nous pouvons exclure le rôle de la variabilité climatique de El Niño et de l'Oscillation atlantique multidécennale

Protocole methodologique:  
Faranda et al. Weather and climate Dynamics,  
<https://wcd.copernicus.org/articles/3/1311/2022/>

# NOTRE ATTRIBUTION DU DERECHO AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

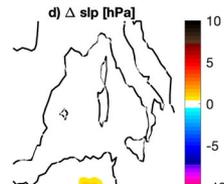
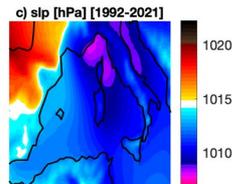
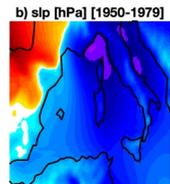
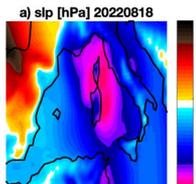
18/08/22

1950-1979

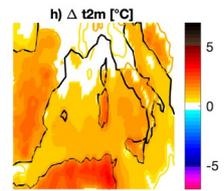
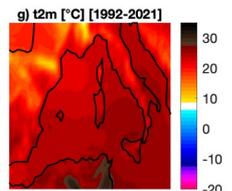
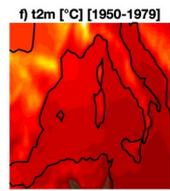
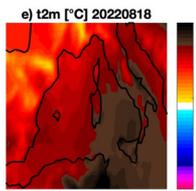
1992-2022

Difference

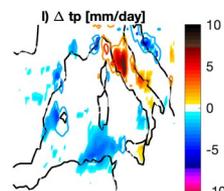
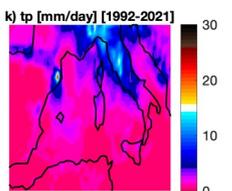
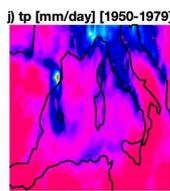
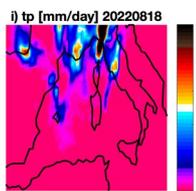
Pression



Temperature



Precipitations

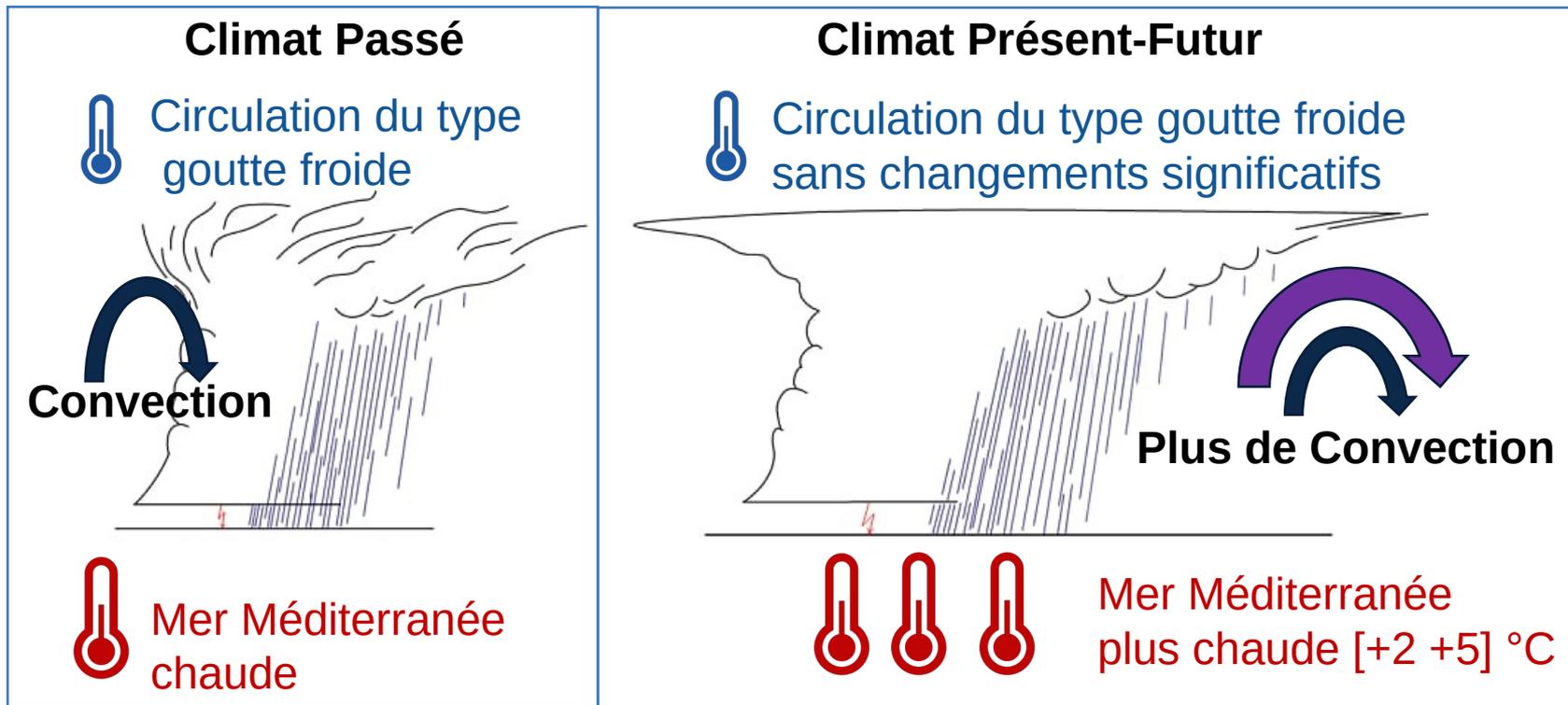


## RESULTATS

- 1) Les champs de pressions ne montrent pas de changement significatif entre passé et présent. Néanmoins, les températures sont plus élevées dans la période récente.
- 2) Nous trouvons un signal significatif d'augmentation des précipitations en climat actuel qui, sans changement de circulation s'explique par la température très élevée de la mer Méditerranéenne.
- 3) Nous pouvons exclure le rôle de la variabilité climatique de El Niño et de l'Oscillation atlantique multidécennale

Protocole methodologique:  
Faranda et al. Weather and climate Dynamics,  
<https://wcd.copernicus.org/articles/3/1311/2022/>

## QUEL MECHANISME DYNAMIQUE?



## PERSPECTIVES: CONVECTION : LA CENDRILLON DE L'ATTRIBUTION

Malgré une forte demande de la société pour attribuer ces phénomènes

- **Compréhension physique limitée des phénomènes impliqués dans les événements convectifs (ex: grêle, foudre, tornades)** et de leur réponse aux forçages anthropiques.
- **Absence d'observations de qualité avant l'ère des satellites (~1980)** pour les aléas des phénomènes convectifs.
- **Modèles climatiques inadaptés pour reproduire la variabilité forcée et interne** à l'origine des événements extrêmes convectifs.



# PESPECTIVES: LE ROLE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

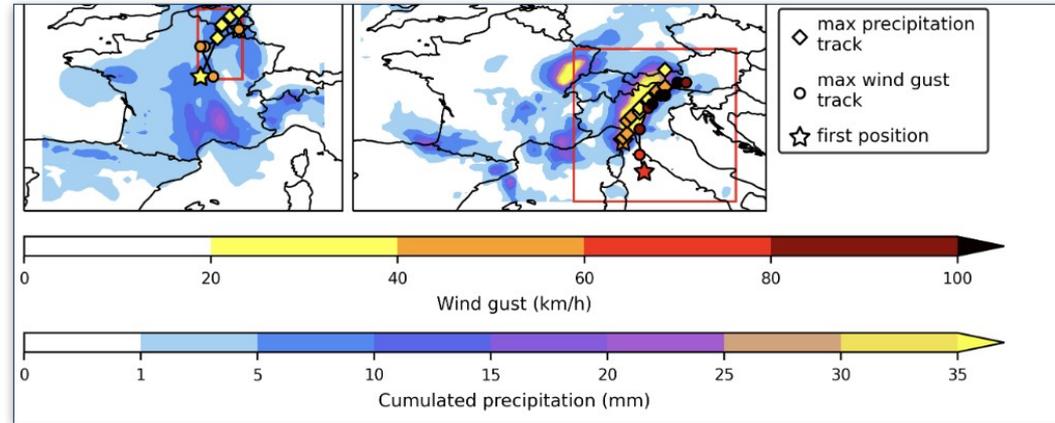
## Concevoir des algorithmes de détection et d'émulation pour la convection

### 1. Utiliser des techniques d'IA non supervisé pour cataloguer les différentes tempêtes

convectives et leurs

### 2. Développer des modèles **Physics Informed IA** pour émuler les phénomènes convectifs plus extrêmes et augmenter les statistiques pour l'attribution.

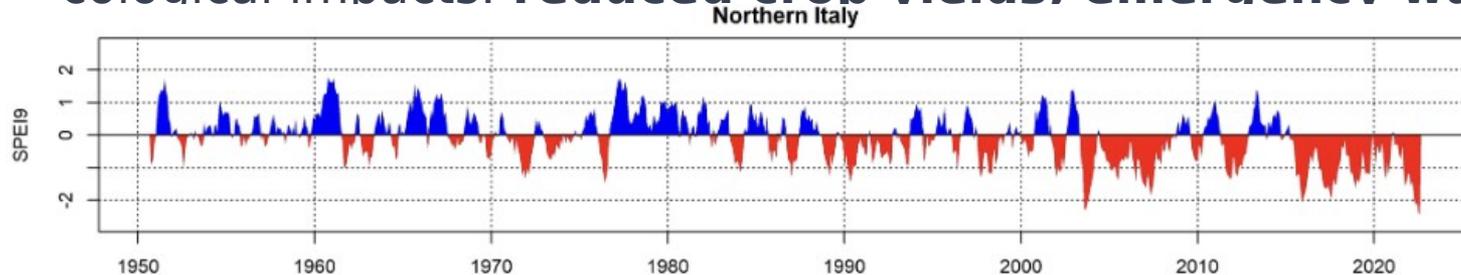
### 3. Développement de modèles prédictifs pour expliquer la « rapid intensification » dans différents scénarios de changement climatique



Détection et tracking de derechos en France; Fery & DF, 2023

## OUR CASE STUDY: THE 2022 DROUGHT

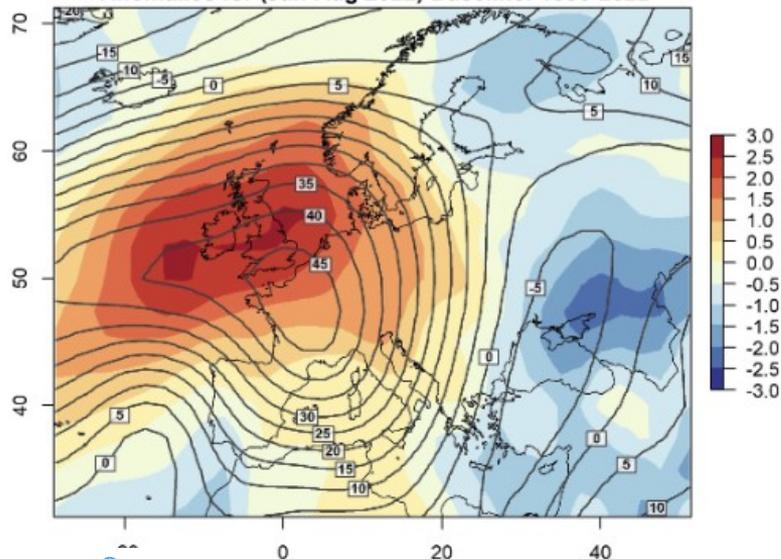
- Intense and prolonged drought conditions affected France, Italy, and Spain in 2022
- Record-breaking negative values of the 9 month Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI9) in August 2022, with area-average below -2
- Sociological impacts: **reduced crop yields, emergency water**



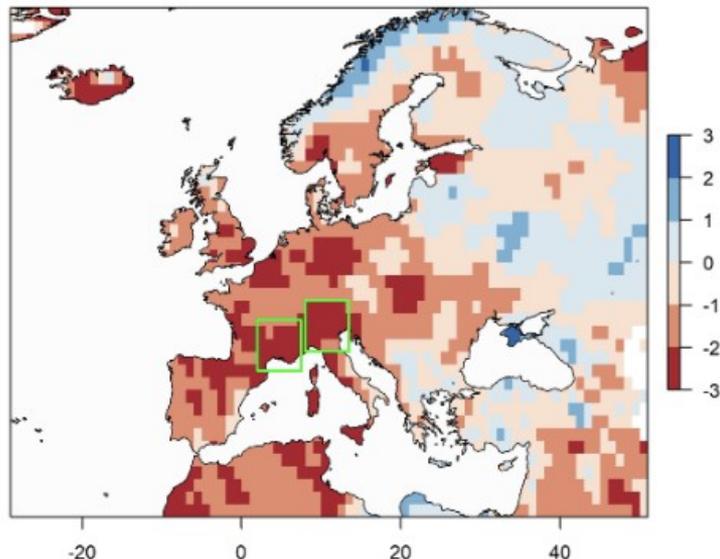
## OUR CASE STUDY: THE 2022 DROUGHT

The large scale atmospheric circulation over the North Atlantic-European sector is investigated through the 500 hPa geopotential height (Z500)

(a) SLP[hPa] (shaded) & Z500[m] (contours)  
Anomalies for (Jan-Aug 2022) Baseline: 1836-2022



(b) SPEI9 Map for August 2022



- This study **modifies the method in Faranda et al (2022, WCD) to apply to slow-evolving events** like droughts, which can last several months
- The **Z500 anomalies are smoothed using a 9-month backward moving average** to isolate the slow-evolving component
- **Analogues of the anomalies observed in August 2022 are searched in the factual period 1941-2021 and counterfactual period 1836-1915**
- The **best 29 analogues** (smallest 3% Euclidean distances) **are selected from each period**
- **The event itself is suppressed** in the factual period, and analogues from 2022 are prohibited
- **The extraction of analogues was tested between 15 to 30, significant differences in results.**

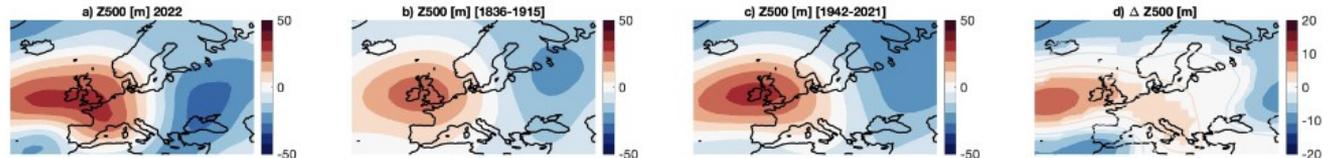
Event

Counterfactual

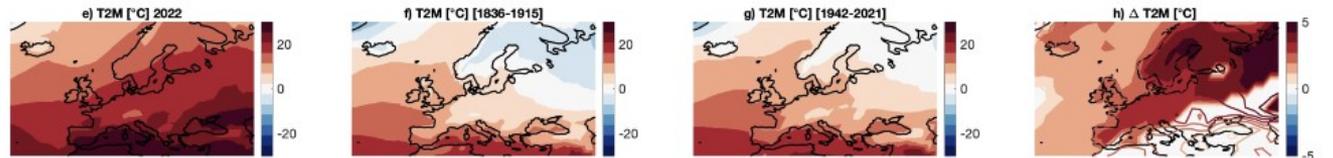
Factual

Change

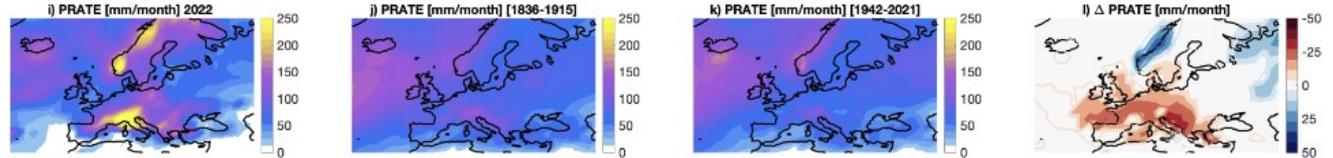
Z500



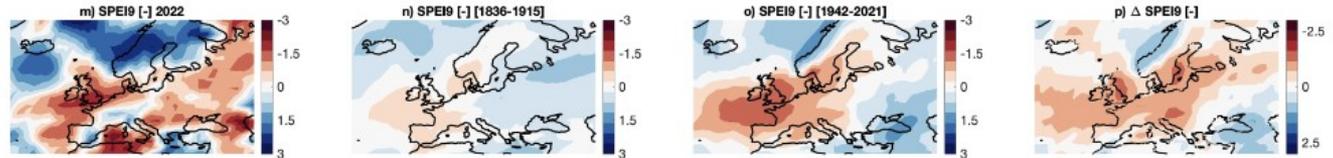
2m Temperatures



Precipitations



SPEI9



*Summary: Event more intense in the factual world*

- Strong correspondence between 2022 drought and atmospheric circulation (Z500) higher and larger positive anomaly area in factual vs counterfactual periods.
- **Expansion effect (inflating balloon) of Z500 increases severity of drought.**
- **Higher near-surface temperature leads to more negative SPEI.**
- Change in shape of anticyclonic structure from Atlantic to Mediterranean.
- **No trends in frequency of patterns.**
- **Modest influence of ENSO and AMO on drought cannot be ruled out.**



Les analyses décrites ici s'inscrivent dans le cadre de deux projets européens EDIPI et XAIDA ont reçu un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne, subventions n° 956396 et n° 101003469.

Twitter: @DaviFaranda

Email: [davide.faranda@cea.fr](mailto:davide.faranda@cea.fr)

[www.davide-faranda.com](http://www.davide-faranda.com)

[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)





JOUEZ À

# CLIMA RISQ



★  
COMPRENDRE  
LA COMPLEXITÉ  
DU SYSTÈME  
CLIMATIQUE  
ET L'URGENCE  
D'UNE ACTION  
COLLECTIVE  
★

