

# Phénomènes extrêmes en métropole

*A quoi s'attendre aujourd'hui et demain ?*

---

**Jean-Michel SOUBEYROUX**

*Météo-France - Direction de la Climatologie et des Services Climatiques*

# Plan de la présentation

---

## 1) La connaissance des extrêmes climatiques en Métropole

- ▶ Concepts
- ▶ Données et outils

## 2) Fréquence et intensité des événements extrêmes d'intérêt pour les installations nucléaires : Quelles évolutions constatées ? Quels effets attendus avec le changement climatique ? Diagnostics et/ou incertitudes ?

- > Les températures extrêmes : vagues de chaleur et grand froid
- > Les pluies intenses
- > Les grands vents
- > Les fortes neige
- > Grêles et tornades

## 3) Le partage des connaissances

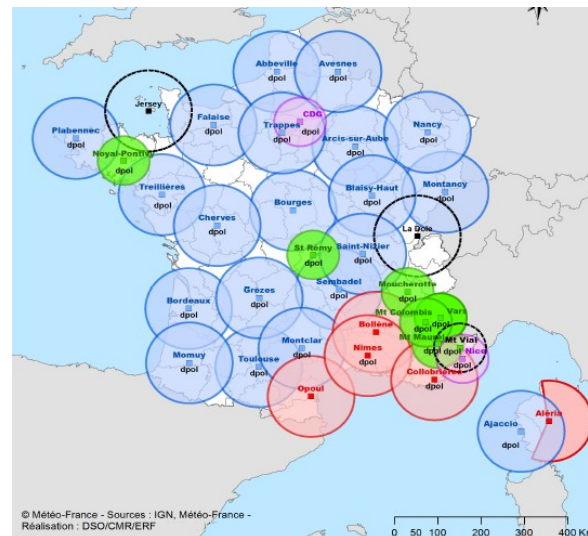
- > les sites dédiés à un risque: pluies extrêmes et tempêtes
- > les portails sur le changement climatique : ClimatHD et DRIAS

# Observer pour caractériser les extrêmes

- Un réseau de stations d'observations au sol répondant à différents usages : sécurité des personnes et des biens, aéronautique, climat et changement climatique ...
- Des observations issues de réseaux partenaires ou participatifs
- Réseau de radar pour les précipitations intenses
- Des images satellites pour certains événements extrêmes



Carte du réseau RADOME de Météo-France (554 stations en métropole)

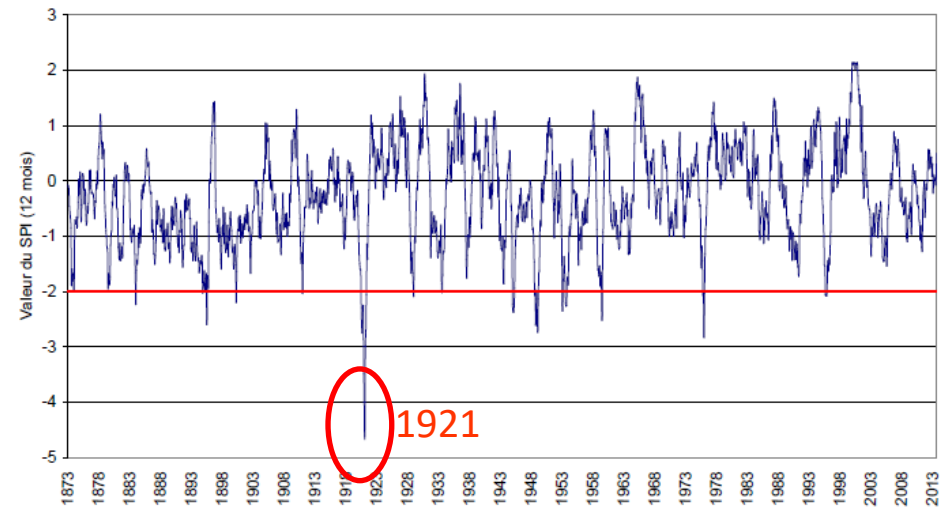


Le réseau de radars de Météo-France en métropole (situation au 8 octobre 2020). Les cercles des radars en bande S (en rouge) et C (en bleu, en noir pour les radars limitrophes) ont un rayon de 100 km. Les cercles des radars en bande X (en vert et violet) ont un rayon de 50 km.

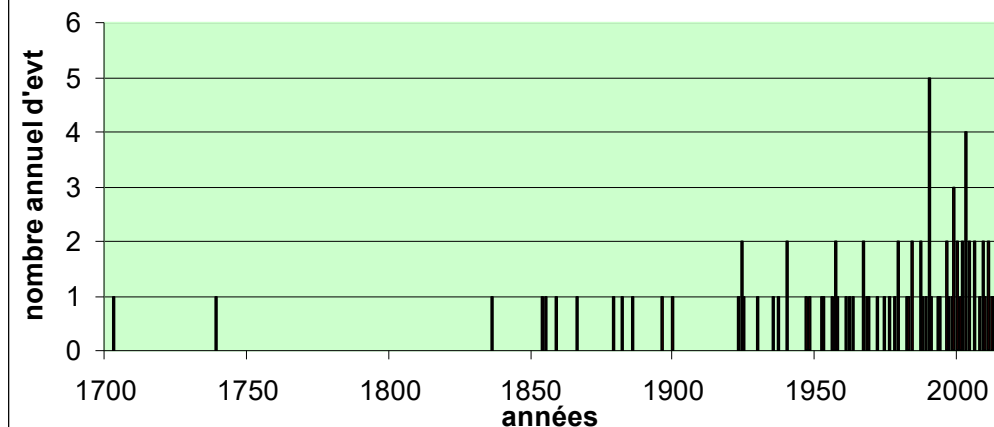
# De longues chroniques pour apprécier les événements rares

- Difficulté d'apprécier des aléas potentiels (non réalisés) et intérêt à rechercher plutôt ceux qui se sont déjà produits
- Certains évènements de référence pour les plans d'aménagement du territoire sont assez anciens : crue de 1910 à Paris, de 1846 sur la Loire
- D'autres ont été quasi oubliées (sécheresse de 1921) et la mémoire reste très sélective (inventaire en cours à Météo-France des tempêtes historiques)
- L'évolution de la vulnérabilité perturbe la comparaison des évènements basés sur la seule intensité de l'aléa (densité urbaine ...)

Paris Montsouris (1873-2014)



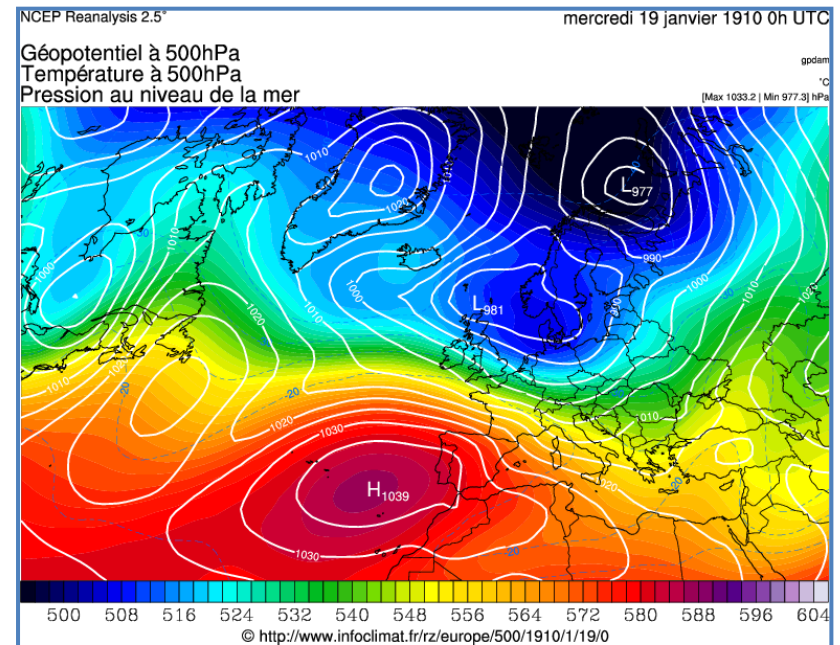
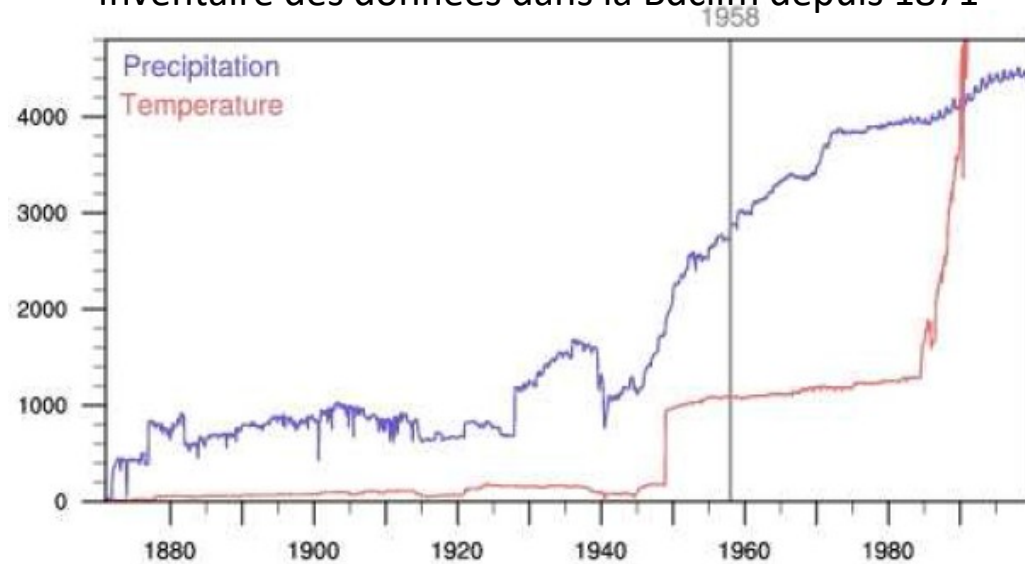
Tempêtes historiques en France depuis 1700  
(base 86 évènements)



# Du sauvetage des données anciennes aux réanalyses

- Densité des observations disponibles variables selon les périodes
- Un effort de Data Rescue sur le long terme
- Des réanalyses atmosphériques qui permettent de reconstituer des chroniques continues et plus ou moins homogènes sur de longues périodes ; ERA5 depuis 1951, NOAA 20CR et Era Clim depuis 1870 ou 1900

Inventaire des données dans la Bdclim depuis 1871





# Sélectionner et traiter les données pour l'analyse climatique

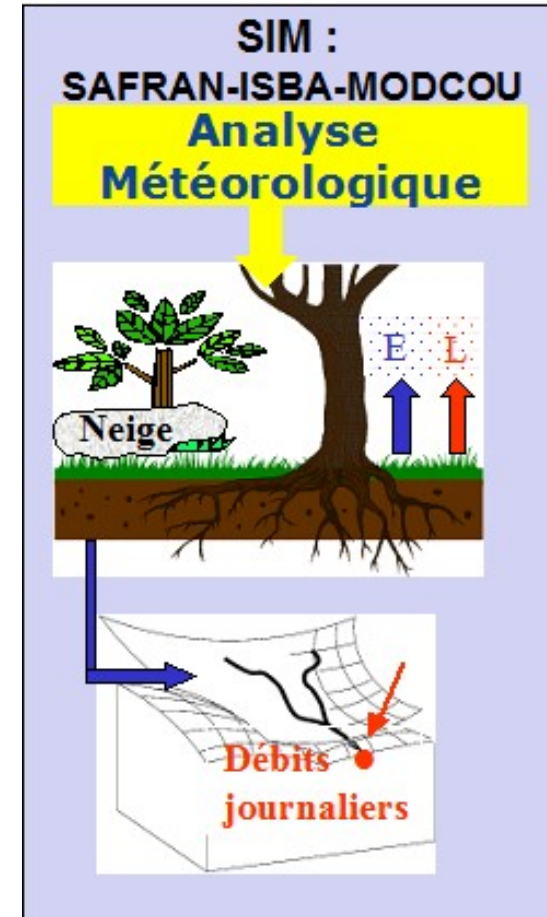
- Nécessité de contrôles et homogénéisation des longues séries climatiques
- Utilisation de modèle d'impact pour l'analyse des événements extrêmes relevant de paramètres difficiles observables sur de longues périodes (humidité du sol, neige, débit ...)



Hier

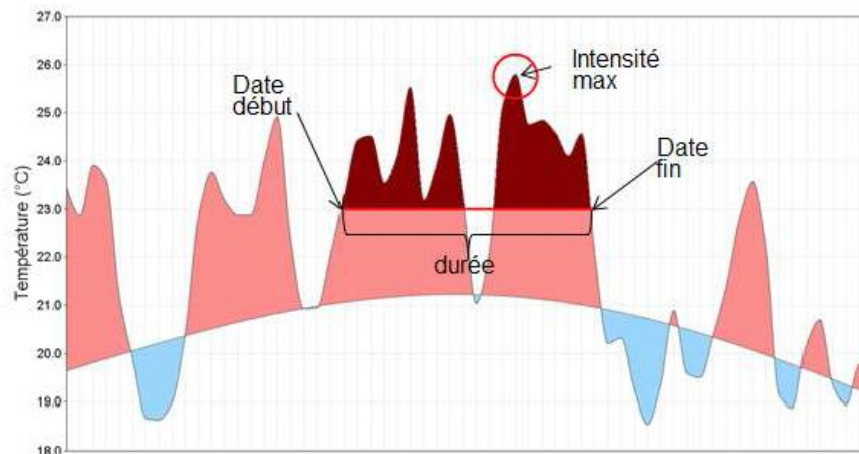


Aujourd'hui



# De la donnée locale à la notion d'événement

- Absence de définition universelle d'un phénomène extrême (sécheresse, vagues de chaleur ...)
- Différence entre valeur extrême et épisode extrême : extension spatiale, durée, magnitude (effet de seuil)
- Combinaison de différents phénomènes ou agressions climatiques (pas forcément extrêmes)



Caractérisation d'une vague de chaleur à partir de l'indicateur thermique quotidien sur la France en durée (date de début et de fin), intensité maximum (rond rouge) et sévérité (aire coloriée en marron) (Soubeyroux et al, 2016, La Météorologie)

	Températures chaudes	Températures froides	Vent	Neige	Grêle	Pluie	Brouillard
Températures chaudes		non	possible	non	possible	possible	non
Températures froides			effet sur température ressentie	oui	fonte grêle ralentie	pluie verglaçante	givrage
Vent				blizzard	grêle horizontale	possible	possible
Neige					non	neige humide	possible
Grêle						probable	possible
Pluie							possible

# Durées de retour locale et qualification des événements

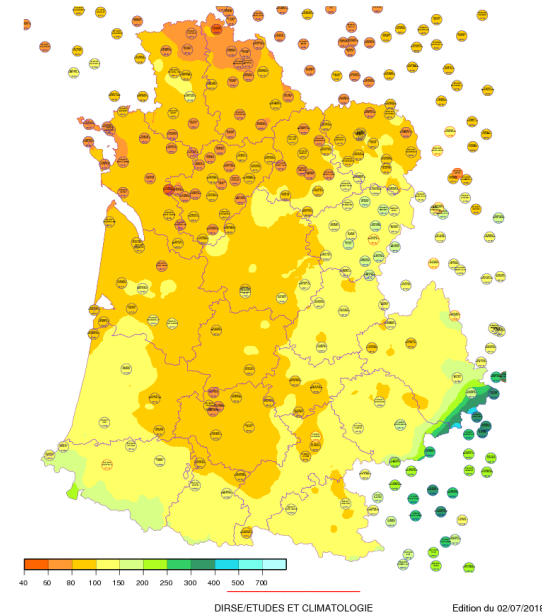
-> Approche de la probabilité d'occurrence des valeurs extrêmes à partir des chroniques observées ou simulées (fréquences empiriques)

-> Utilisation d'ajustements statistiques basés sur la théorie des valeurs extrêmes (GEV, GPD) appliquée à l'échelle locale ou régionale : pluies extrêmes, vents forts, neige ...

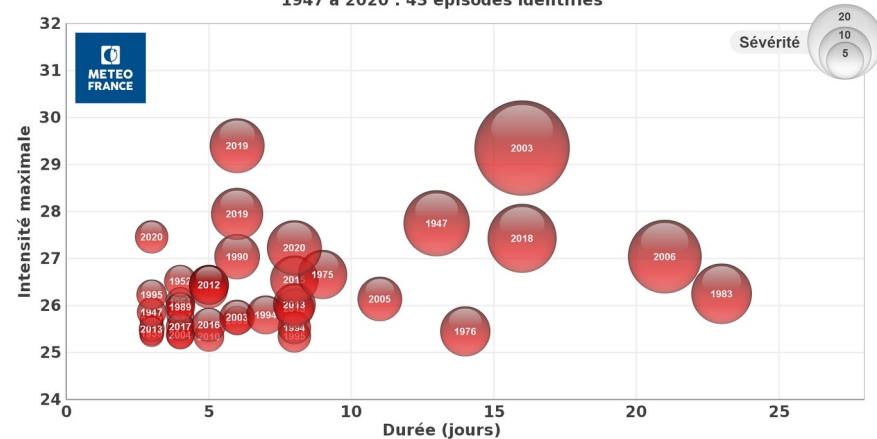
-> Approches alternatives basées sur des générateurs stochastiques (SHYREG)

> Gravité d'un événement est souvent liée à sa dimension spatio-temporelle

- Intensité max : critères absolus (seuil) ou fréquentiels (durée de retour)
- Extension spatiale : seuils physiques ou nombre de communes touchées ...
- Effet cumulé : grandeur physique ou impacts



Vagues de chaleur observées en France  
1947 à 2020 : 43 épisodes identifiés





# Plan de la présentation

---

## 1) La connaissance des extrêmes climatiques en Métropole

- ▶ Concepts
- ▶ Données et outils

## 2) Fréquence et intensité des événements extrêmes

Quelles évolutions constatées ? Quels effets attendus avec le changement climatique ? Diagnostics et/ou incertitudes ?

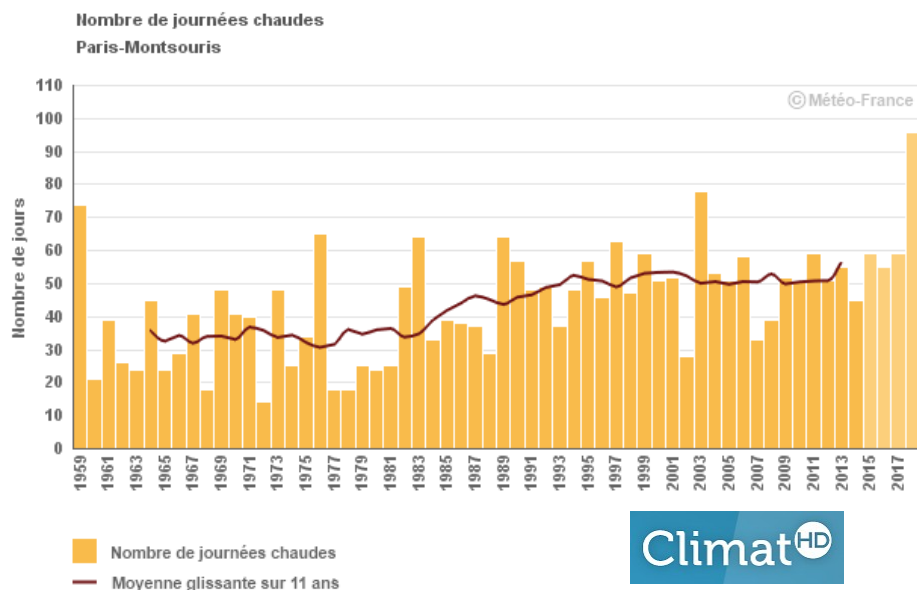
- > Les températures extrêmes : vagues de chaleur et grand froid
- > Les pluies intenses
- > Les grands vents
- > Les fortes neiges
- > Grêles et tornades

## 3) Le partage des connaissances

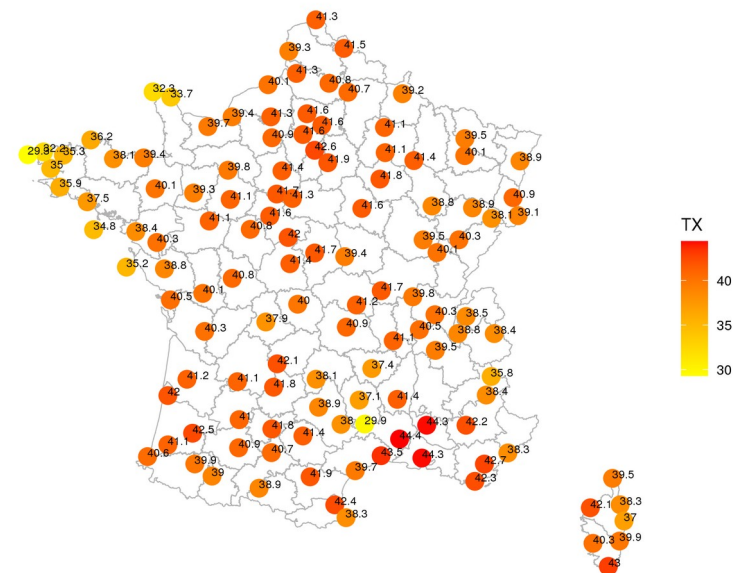
- les sites dédiés à un risque: pluies extrêmes et tempêtes
- les portails sur le changement climatique : ClimatHD et DRIAS

# Evolution des extrêmes : les journées chaudes

- Records absolus de chaleur ont été battus ces 2 dernières années sur la moitié des stations de métropole et dépassent 40°C dans de nombreuses régions
- Evolution observée du nombre de jours de chaleur ou froid (gelées) en lien avec l'évolution des températures estivales (+1,7°C depuis 1900)
- Hausse moyenne du nombre de journées chaudes de 4 à 5 jours par décennie depuis les années 60



Records TXMAX aux Stations au 28/07/2020

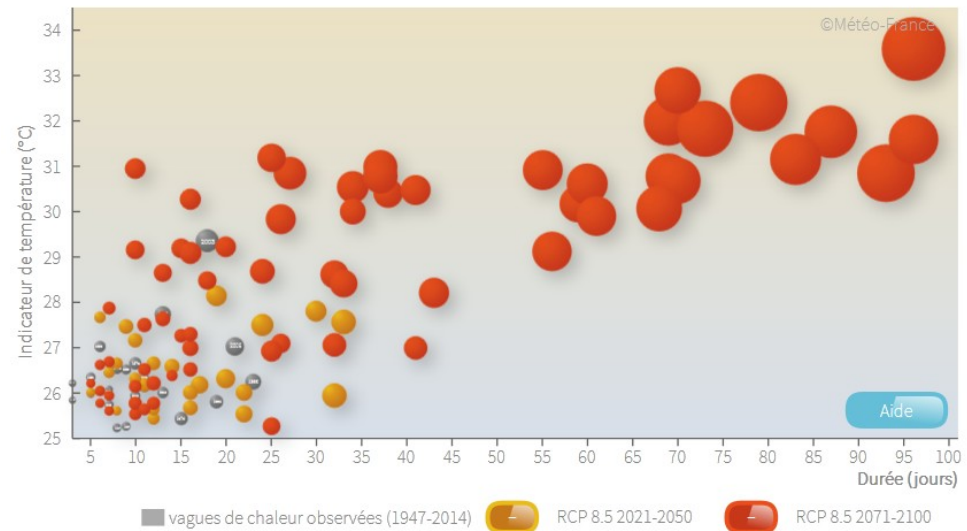
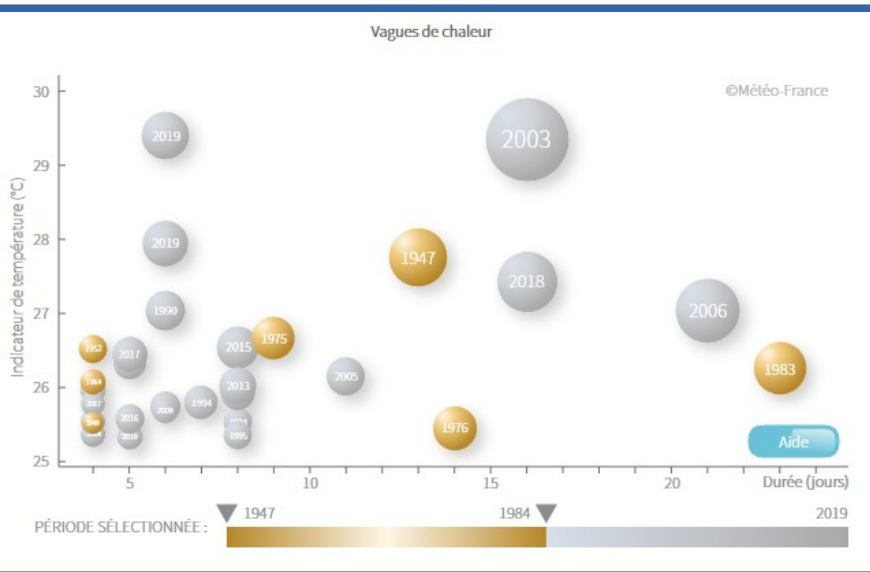


- En RCP8.5, la plupart des projections climatiques annoncent que le seuil des 50°C pourrait être dépassé en fin de XXIème siècle dans plusieurs régions françaises (Bador et al, 2018)

# Evolution des extrêmes : les vagues de chaleur

- Méthode d'identification des vagues de chaleur (froid) à l'échelle nationale en durée, intensité maximum et sévérité depuis 1947
- Trois fois plus de vagues de chaleur observées en métropole sur les trente cinq dernières années que sur les trente cinq précédentes, le nombre de jours de vagues de chaleur a été multiplié par 9

En scénario RCP8.5, l'évolution des vagues de chaleur en France nous amène au-delà de 2050 vers un monde inconnu jusqu'à présent



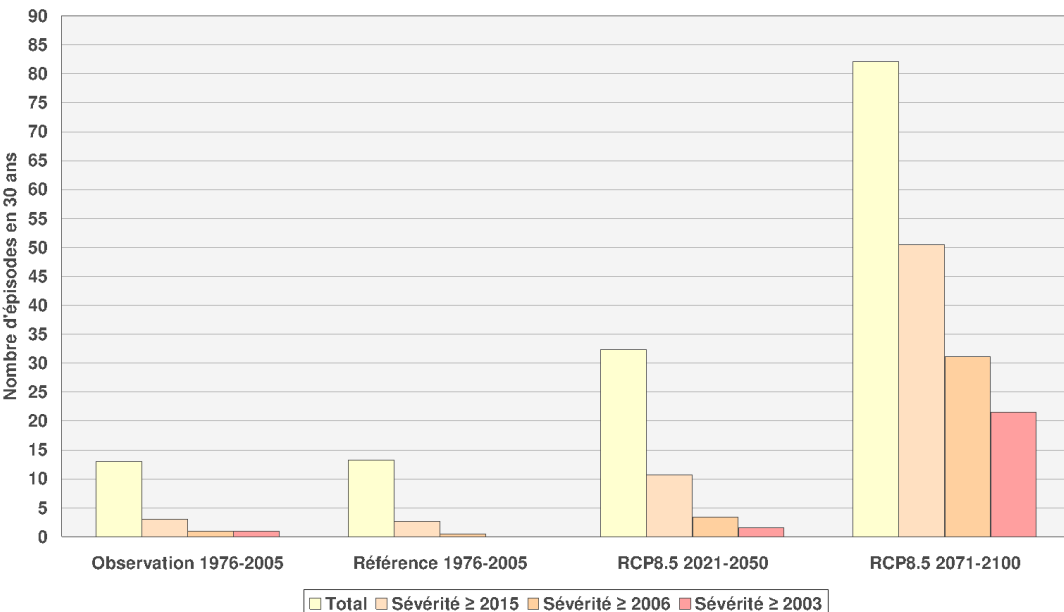
# Les vagues de chaleur en climat futur

## Estimation des occurrences d'épisodes 2003, 2006 et 2015 en climat futur

- Mise en commun de tous les épisodes simulés par tous les modèles et calcul pour chaque horizon des nombres moyens d'épisodes dont la sévérité est supérieure ou égale à celles de 2015, 2006 et 2003  
 → **Mais attention, approche « moyenne » masquant les différences entre modèles**



RCP 8.5 - Nombre de vagues de chaleur par sévérité  
 Observation - Expérience de référence - Horizons proche et lointain



En RCP 8.5, on pourrait observer en moyenne à l'horizon proche

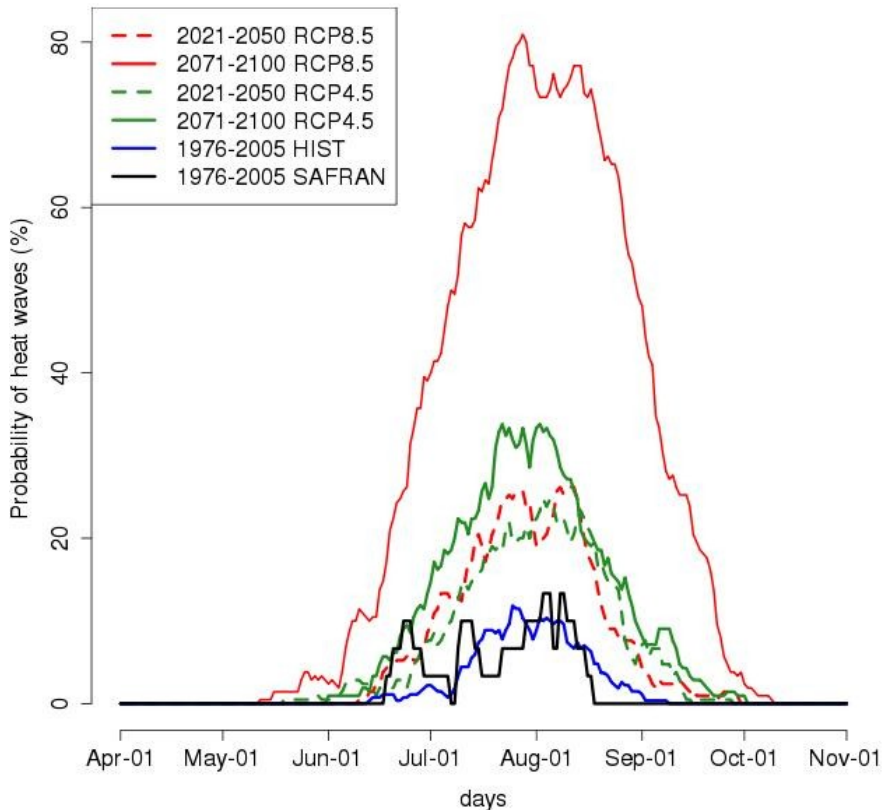
- \* Près d'une vague de chaleur par an
- \* Un épisode au moins aussi sévère que **2015** tous les **trois ans**
- \* Un épisode au moins aussi sévère que **2006** tous les **huit ans**
- \* Un épisode au moins aussi sévère que **2003** tous les **quinze ans**

En RCP 8.5, on pourrait observer en moyenne à l'horizon lointain

- \* Presque trois vagues de chaleur par an
- \* **Presque deux** épisodes au moins aussi sévères que **2015** par an
- \* Un épisode au moins aussi sévère que **2006** tous les **ans**
- \* Un épisode au moins aussi sévère que **2003** plus d'une **année sur deux**

# Les vagues de chaleur en climat futur

- Distribution annuelle des jours de vagues de chaleur
  - ▶ Jour J dans l'année : (30 journées pour un horizon donné) x (8 modèles) = 240 journées
  - ▶ Calcul du pourcentage de journées en vague de chaleur parmi les 240 journées



Assez bonne cohérence entre les runs historiques et les épisodes identifiés à partir de SAFRAN.

**Augmentation** de la fréquence d'occurrence pour les deux scénarios et les deux horizons

**Elargissement** de la période concernée par les vagues de chaleur pour les deux scénarios et les deux horizons

### Horizon proche

Pour les deux scénarios, la fréquence d'occurrence devient **deux à deux fois et demie supérieure au cœur de l'été**.

Pour les deux scénarios, la fréquence d'occurrence **début juillet et fin août** devient analogue à la fréquence « actuelle » **au cœur de l'été**.

### Horizon lointain

En RCP4.5, la fréquence d'occurrence devient **trois fois supérieure au cœur de l'été**.

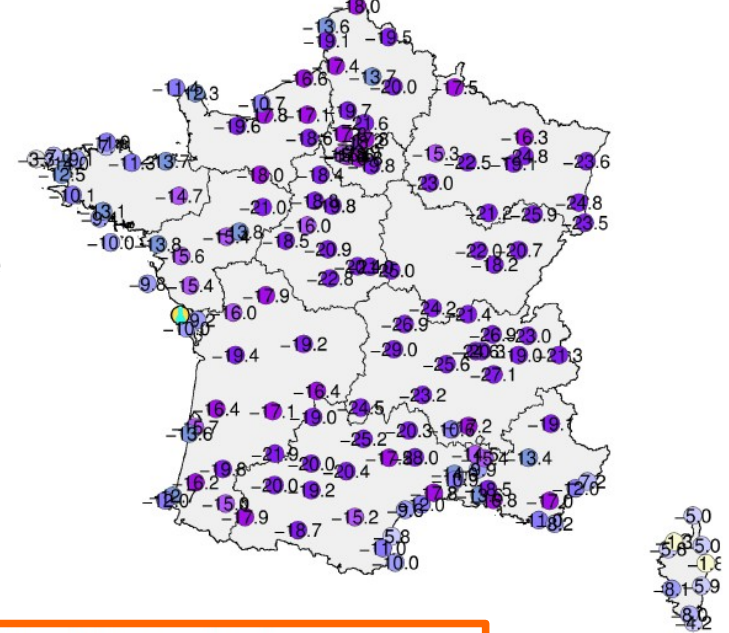
En RCP8.5, la fréquence d'occurrence devient **huit fois supérieure au cœur de l'été** et les vagues de chaleur deviennent **possibles de mai à octobre**.



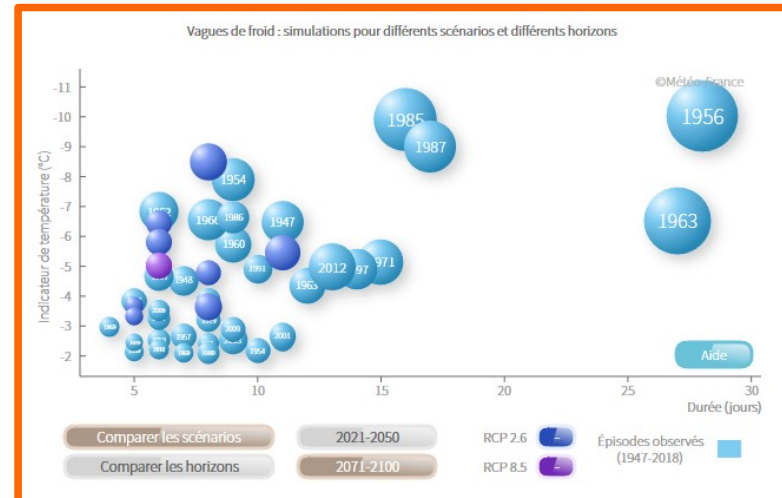
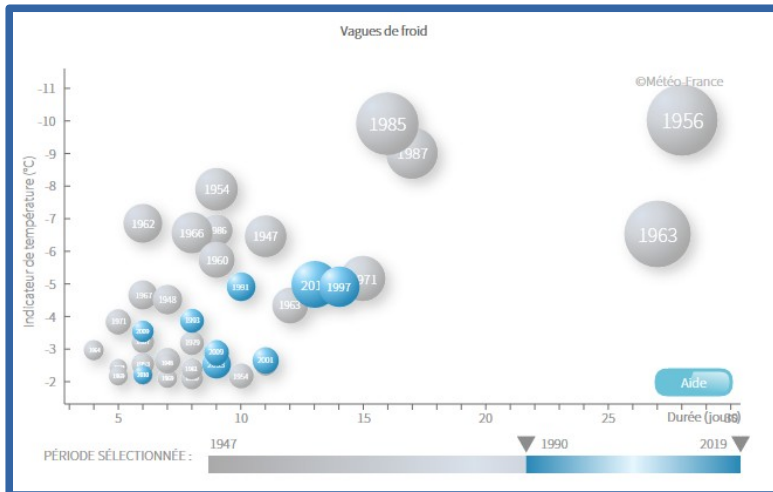
# Evolution des extrêmes : les grands froids

- Records de froid en France :  $-5$  à  $-10^{\circ}\text{C}$  sur le littoral,  $-15$  à  $-20^{\circ}\text{C}$  dans les terres,  $-25^{\circ}\text{C}$  dans le Gd Est
- Sur 173 séries ouvertes avant 1980, seulement 2 records de froid au XXI<sup>e</sup> siècle tandis que 1985, 1963 et 1956 se partagent les régions
- Analyse des vagues de froid selon la même méthode que les vagues de chaleur : fréquence divisée par 2 depuis 1990
- En climat futur, la fréquence des vagues de froid diminue fortement mais elles restent possibles même en RCP8.5

Record de froid en France (maj 2020)

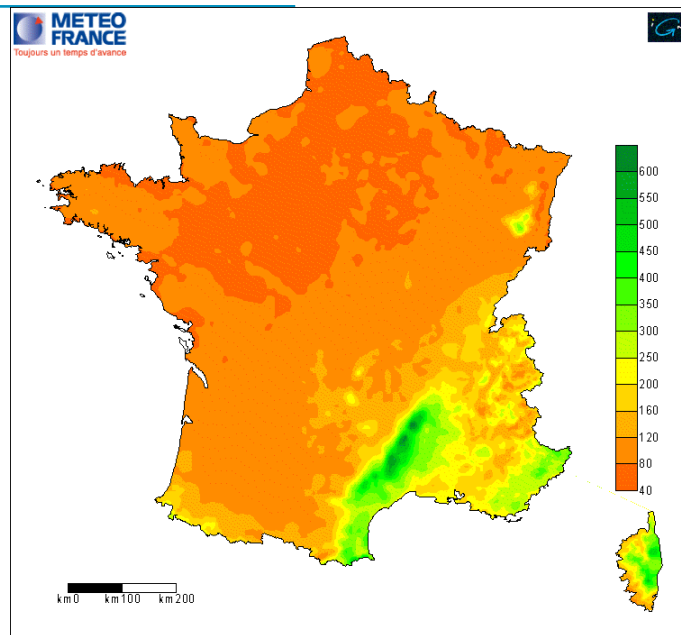


Climat HD



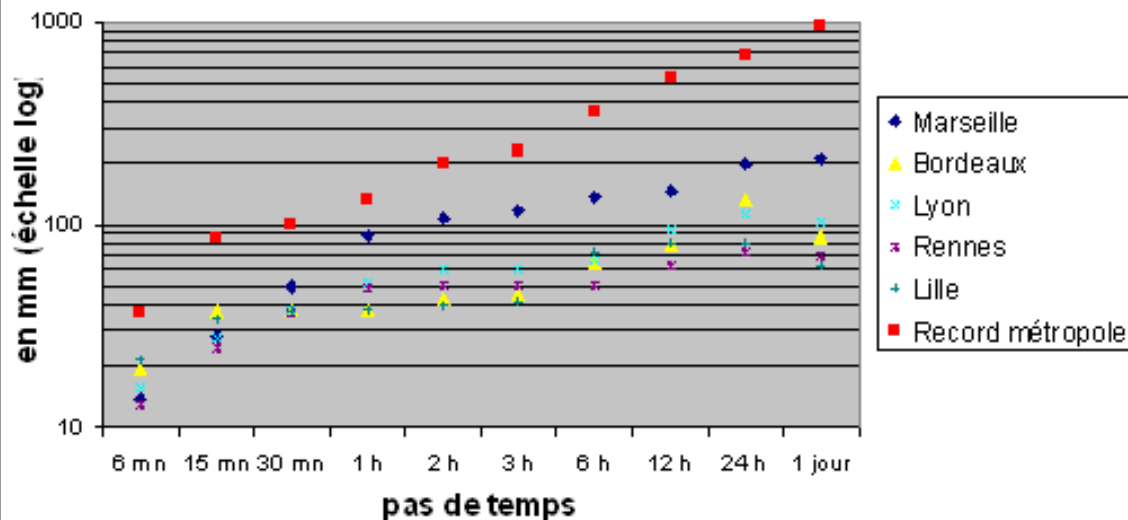
# Les pluies extrêmes en France

- Records de pluie en 24h : de l'ordre de 60 à 80 mm dans la moitié nord de la France, jusqu'à 300mm sur le littoral Médit et plus de 500mm sur le relief
- Une typologie des pluies extrêmes très différente d'une région à l'autre : entre 60 et 600mm pour la DR100 de pluie quotidienne
- Des intensités de pluie horaire à infra horaire également à prendre en compte :



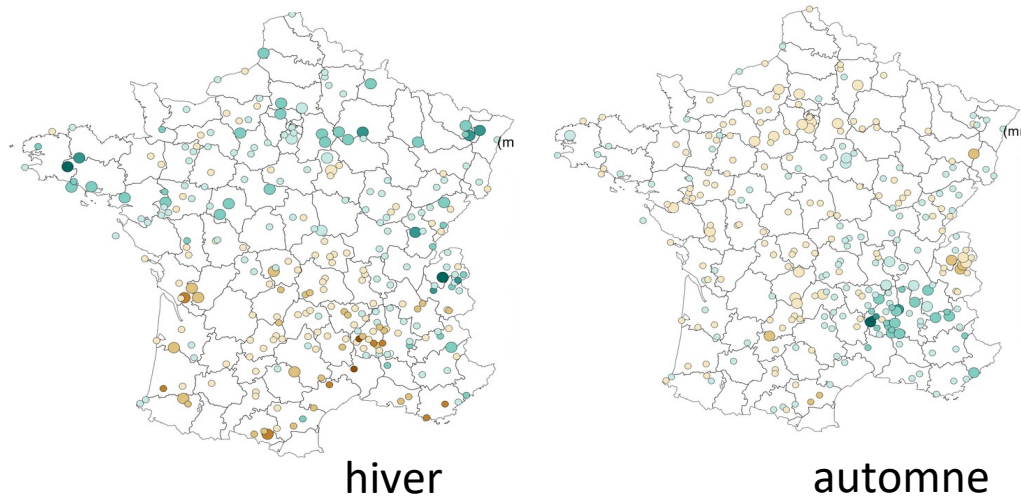
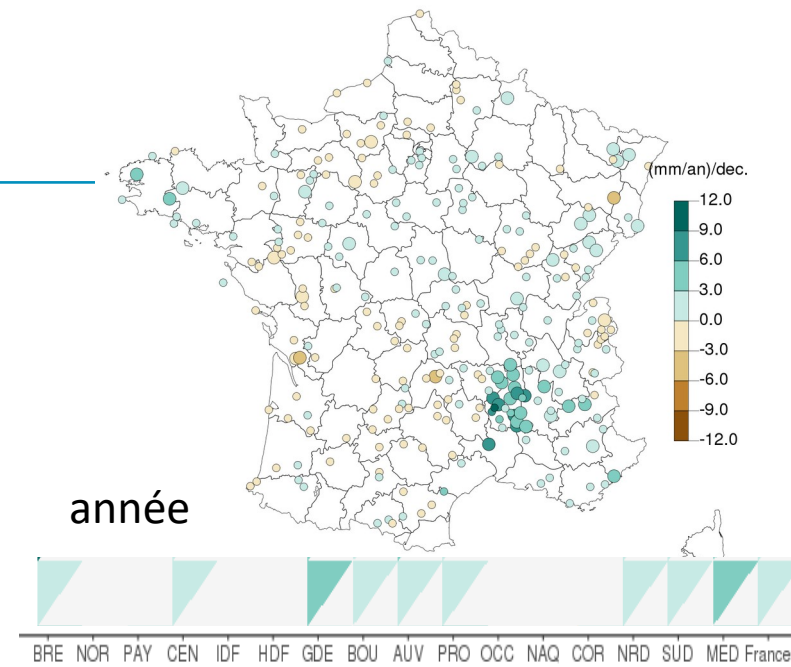
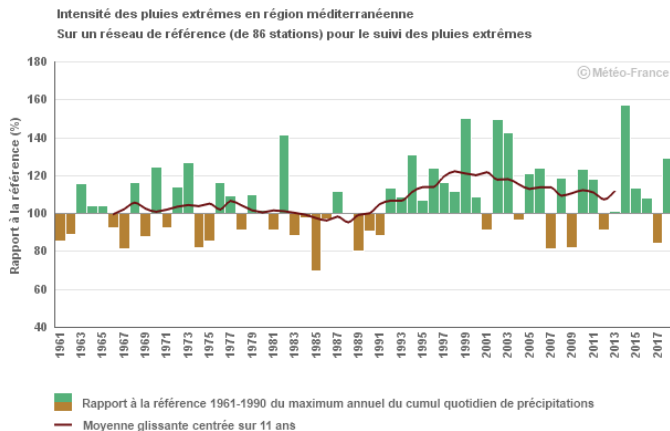
Pluie quot extrême (DR 100 ans)

Records de précipitation en France métropolitaine



# Evolution des pluies extrêmes

- L'analyse de l'évolution des précipitations extrêmes nécessite des observations de qualité et des méthodes statistiques adaptées
- Signal significatif à la hausse dans différentes régions en France : Bretagne, Centre, Nord et Centre Est et Médit
- Saisonnalité différente entre moitié nord et arc méditerranéen ; sur Médit, hausse de l'ordre de 20 % en 60 ans

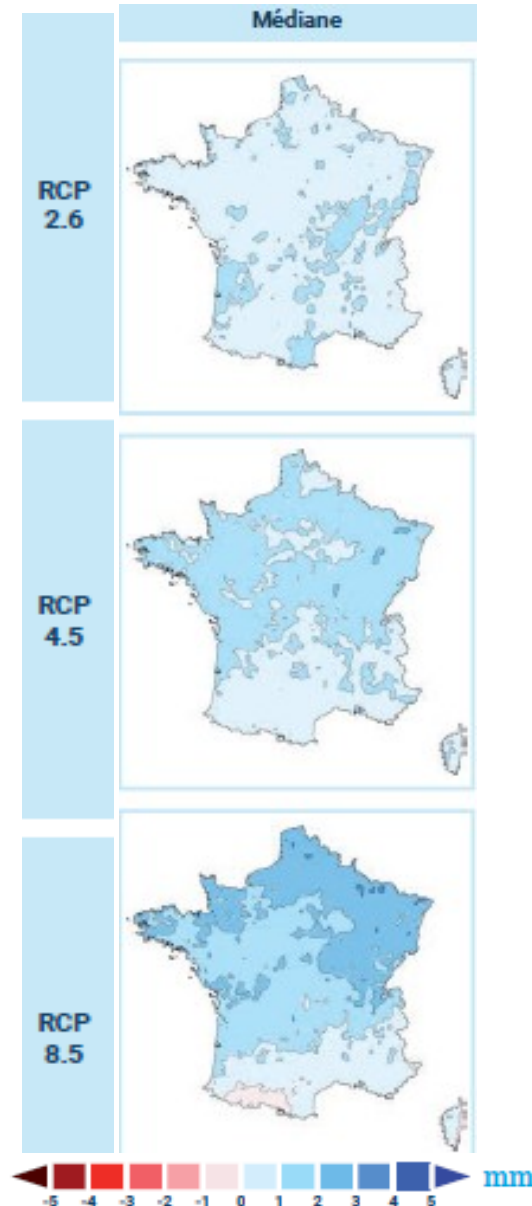
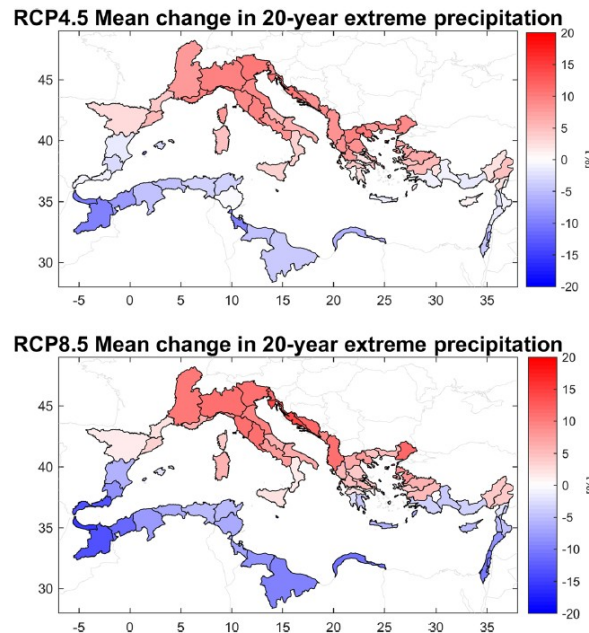


# Les pluies intenses en climat futur : un sujet qui progresse

Horizon "fin de siècle" (2071-2100)

- Difficulté de représenter les phénomènes de pluie intense (convection) avec des modèles de climat de grande échelle
- Nouveau jeu DRIAS-2020 basé sur un ensemble Eurocordex et indicateur P99 montrant une hausse probable (tous RCP) des pluies fortes en toute région
- Nouvelles simulations climatiques à partir de modèles à haute résolution capables de représenter les phénomènes convectifs (Arome climat) : 1ers résultats confirment l'augmentation du nombre d'épisodes potentiellement plus violents à la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle.

Changement relatif moyen en 2100 pour la valeur des précipitations quotidiennes d'une durée de retour 20 ans pour 102 bassins versants méditerranéens pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5

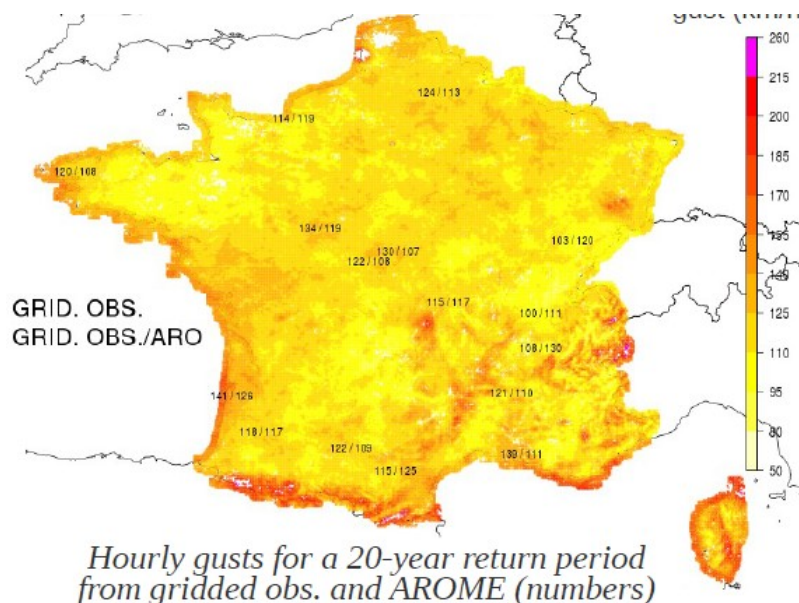
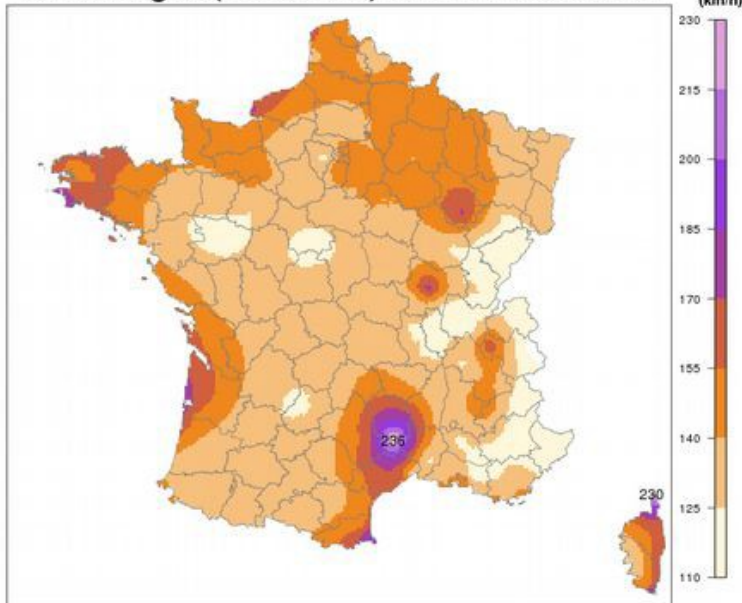




# Les grands vents

- Rafales mesurées sur 0,5s en France
- Records observés sur le littoral en Corse et Bretagne ainsi qu'en montagne : 220 km/h
- Records en plaine généralement entre 130 et 160 km/h mais 169 km/h à Paris et 184 km/h à Perpignan
- Calcul de DR à partir de 130 longues séries depuis 1981 ou le rejeu AROME
- Origine variable des vents forts : tempêtes océaniques, vents orographiques, orages

Série longue (1981/2019)- DR Rafales 50ans

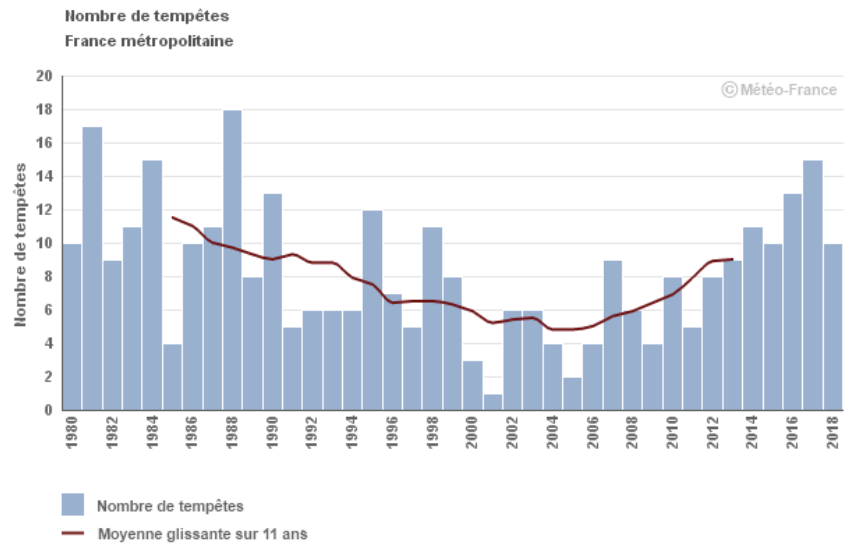
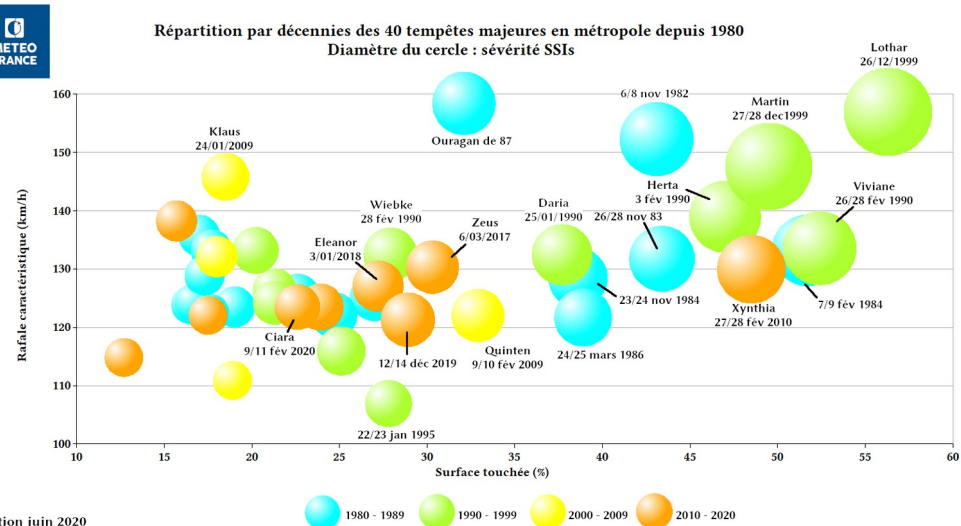


*Hourly gusts for a 20-year return period from gridded obs. and AROME (numbers)*



# Evolution observée des tempêtes

- Analyse de l'évolution des tempêtes en Métropole depuis 1980 à partir du jeu VANESSA, fusion obs et AROME, mise au point d'un indicateur de sévérité SSI
- Analyse événementielle en vent max, surface, sévérité
- Pas de tendance du nombre de tempêtes au niveau national mais baisse significative sur la moitié nord



# Vents forts et changement climatique

- GIEC : Probable décalage vers le nord du rail des dépressions océaniques
- De fortes incertitudes persistantes sur l'évolution des tempêtes en climat futur avec Euro-Cordex (cf jeu DRIAS-2020 à droite)
- Mais l'évolution des vents forts est aussi liée à l'intensification des évènements convectifs

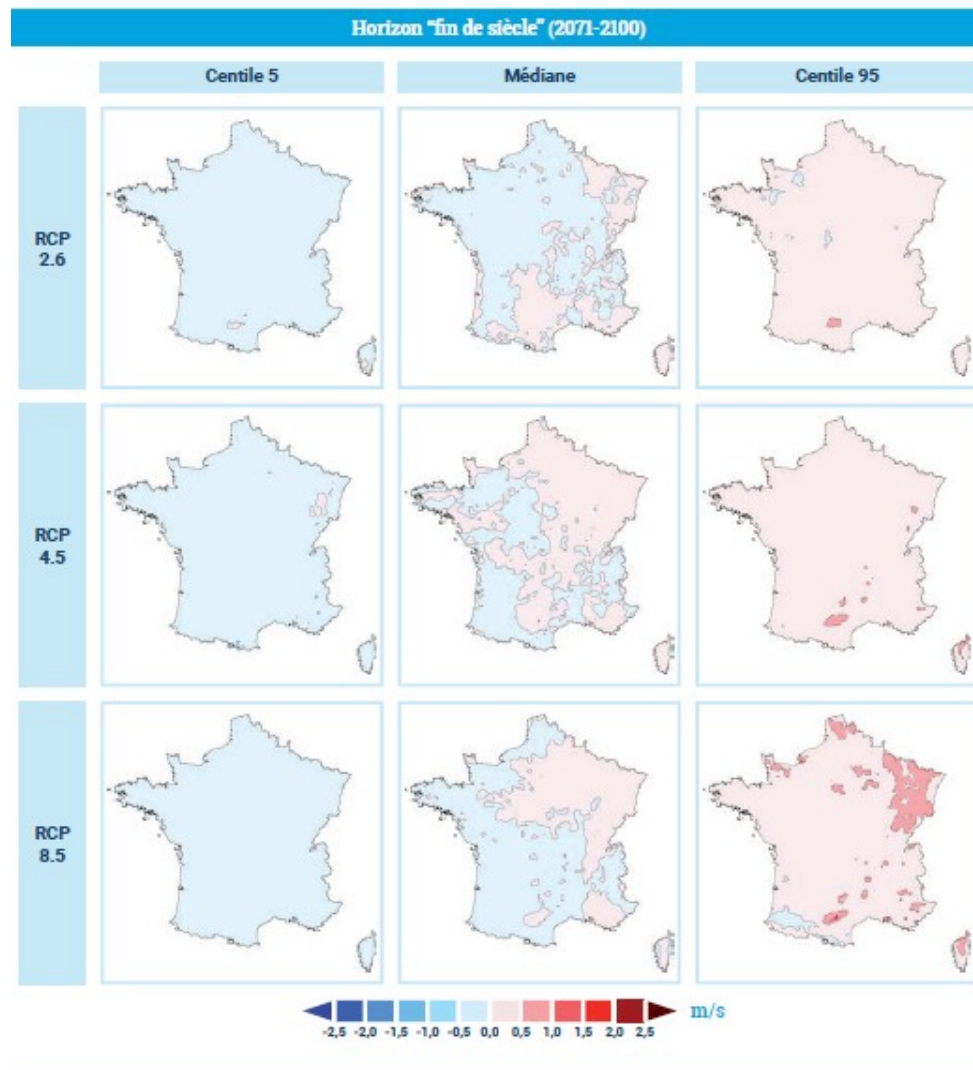
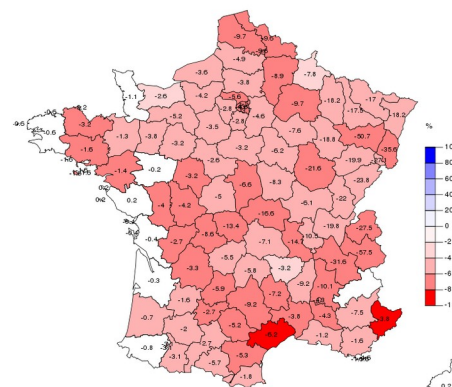
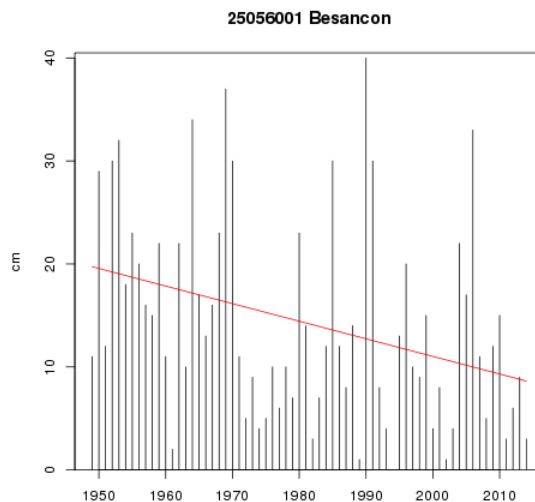


Figure 33 : Cartes des écarts de l'intensité des vents forts pour les trois RCP et l'horizon fin de siècle, selon les paramètres de la distribution C5, C50 et C95.

# Les fortes chutes de neige

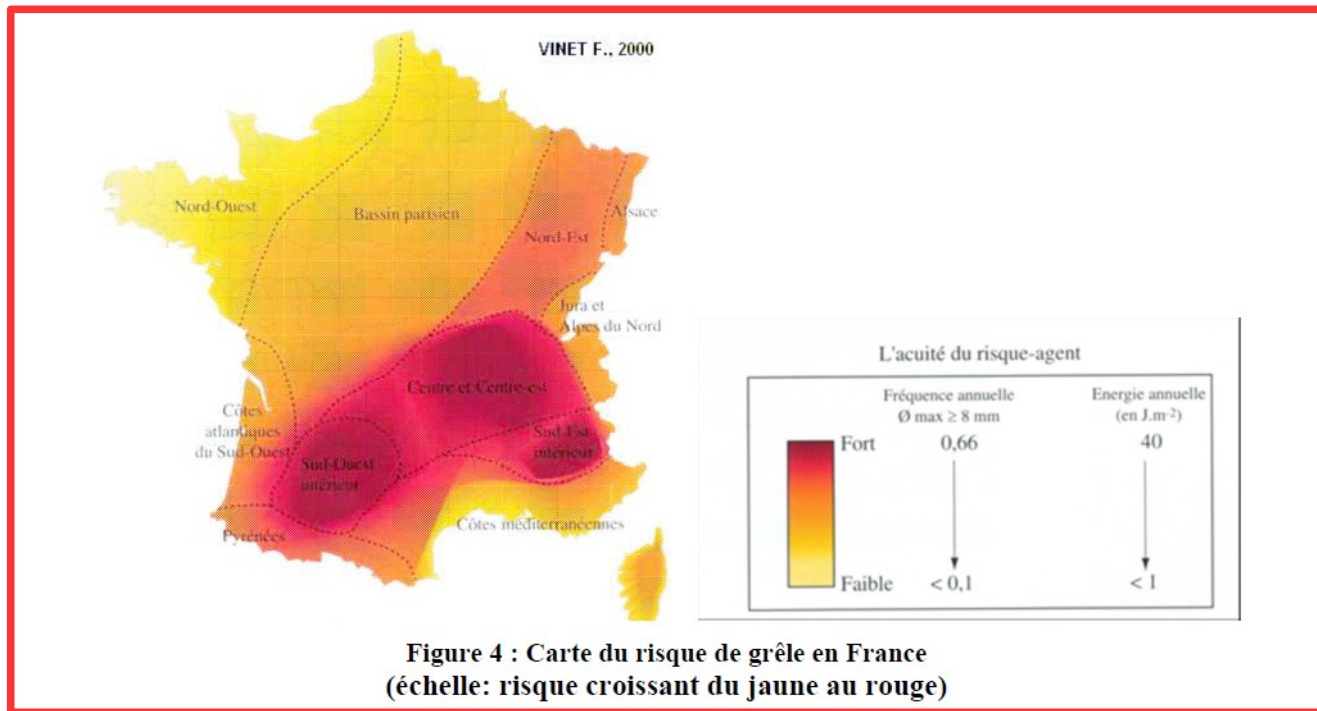
- Quelques valeurs remarquables des épisodes de neige en plaine : 74cm à Grenoble (1991), 55 cm à Carcassonne (1981), 29 cm à Marseille (2009) avec des facteurs aggravants dus aux effets du vent : tempête de mars 2013 en Normandie, nov 2019 sur la Drome
- Une observation essentielle manuelle récemment automatisée (mais avec difficultés), approche complémentaire par modélisation (Surfex-Crocus, réanalyse SIM2)
- Climatologie et analyse en durée de retour délicate : DR100 ans généralement entre 20 et 40 cm en plaine, parfois un peu plus sur les régions méditerranéennes
- Mais tendances à la diminution de la neige en plaine à la fois en occurrence et en épaisseur



Evolution du nb jours avec moyenne  
des hauteur maximale de neige au  
sol > 1 cm (1959-2018, source SIM2)

# Risque de grêle difficile à évaluer

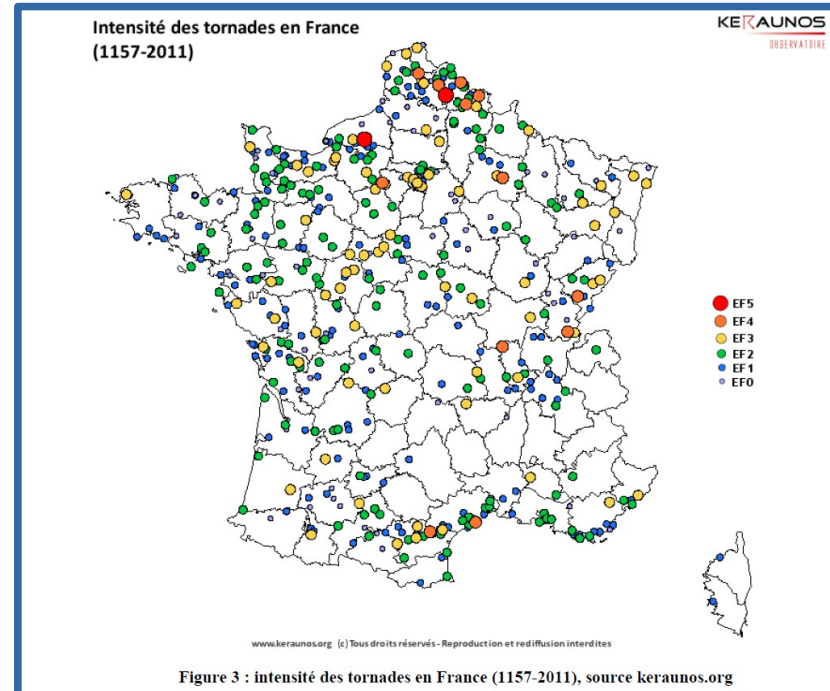
- Des phénomènes de petite échelle difficiles à observer et traduire en climatologie
- Mais détection aujourd'hui possible avec les radars Doppler
- Pas d'analyse possible en termes de tendance climatique



# Risque de tornade difficile à évaluer

- Des phénomènes de petite échelle difficiles à observer, qualifier (échelle de Fujita) et traduire en climatologie
- Mais détection aujourd'hui parfois possible avec les radars Doppler
- Pas d'analyse possible en termes de tendance climatique

Catégorie	Vents (km/h)	Dommages	Description (résumé)
EF0	105-137	Légers	Quelques morceaux de recouvrement de toit enlevés (tuiles, bardeaux d'asphalte, etc.) ; dommages aux gouttières, cheminées et revêtements de façade ; branches cassées ; arbres à racines de surface renversés.
EF1	138-178	Modérés	Recouvrement de toit complètement enlevé ; maisons mobiles renversées ou endommagées sévèrement ; portes extérieures envolées ; fenêtres et autres articles en verre cassés.
EF2	179-218	Considérables	Toits soufflés sur des maisons bien construites ; maisons à charpente légère déplacées de leurs fondations ; maisons mobiles complètement détruites ; gros arbres cassés ou déracinés ; objets légers devenus des missiles ; automobiles soulevées.
EF3	219-266	Sévères	Étages complets de maisons solides détruits ; dommages importants aux édifices publics comme les centres commerciaux et les centres d'affaires ; trains renversés ; arbres écorcés ; camions soulevés et déplacés ; bâtiments légers complètement soufflés à distance.
EF4	267-322	Dévastateurs	Maisons bien construites et maisons à charpente légère détruites ; autos soufflées à distance et nombreux objets devenus des missiles.
EF5	+ 322	Incroyables	Maisons solides rasées et leurs débris projetés, objets de la grosseur d'une automobile projetés à plus de 100 mètres ; gratte-ciel avec des dommages structuraux, etc.





# Plan de la présentation

---

## 1) La connaissance des extrêmes climatiques en Métropole

- ▶ Concepts
- ▶ Données et outils

## 2) Fréquence et intensité des événements extrêmes

Quelles évolutions constatées ? Quels effets attendus avec le changement climatique ? Diagnostics et/ou incertitudes ?

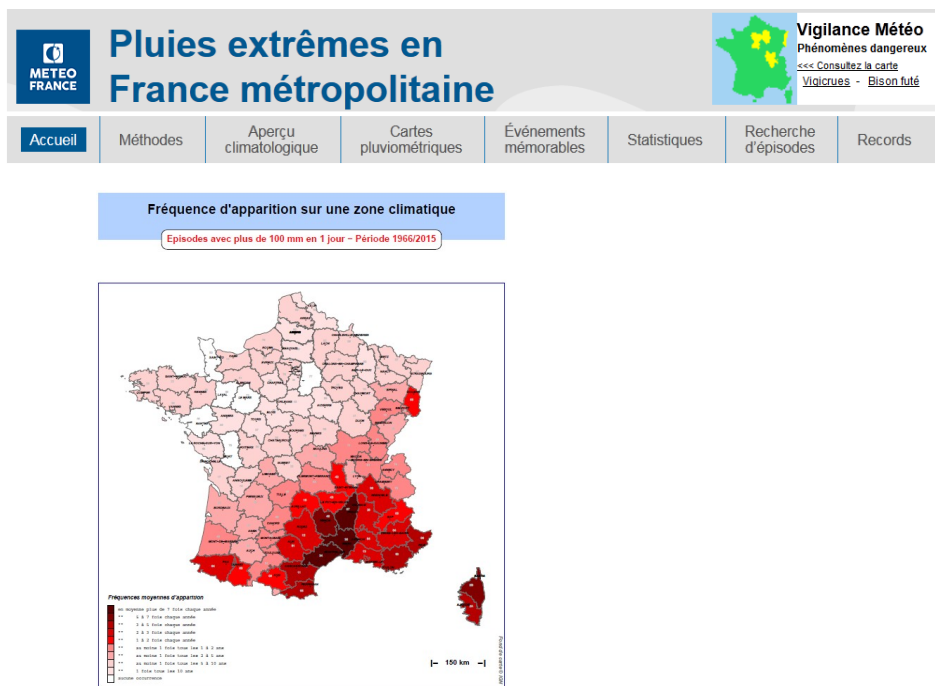
- > Les températures extrêmes : vagues de chaleur et grand froid
- > Les pluies intenses
- > Les grands vents
- > Les fortes neiges
- > Grêles et tornades

## 3) Le partage des connaissances

- les sites dédiés à un risque: pluies extrêmes et tempêtes
- les portails sur le changement climatique : ClimatHD et DRIAS

# Des portails climatiques dédiés aux événements extrêmes

- Le site pluies extrêmes de Météo-France pour la Métropole et l'Outre Mer
- Le site sur les tempêtes en métropole
- Des bases de données dédiées gérées par différents organismes selon leurs missions :
  - Ministère de l'Ecologie : Base de Données Historiques sur les Inondations <http://bdhi.fr/appli/web/welcome>



<http://www.pluiesextremes.meteo.fr/>



<http://tempetes.meteofrance.fr/>



# Accès aux scénarios climatiques : DRIAS les futurs du climat

- Evolution du portail DRIAS en octobre 2020 avec un nouveau jeu DRIAS-2020, nouveaux contenus et ergonomie simplifiée.
- Rapport de valorisation sur le jeu DRIAS 2020 publié cette semaine



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

DRIAS les **futurs** du climat

ACCUEIL ACCOMPAGNEMENT DÉCOUVERTE DONNÉES ET PRODUITS

Bienvenue sur le nouveau portail DRIAS

DRIAS les futurs du climat, projections climatiques pour l'adaptation de nos sociétés.



DRIAS les futurs du climat a pour vocation de mettre à disposition des projections climatiques régionalisées réalisées dans les laboratoires français de modélisation du climat (IPSL, CERFACS, CNRM). Les informations climatiques sont délivrées sous différentes formes graphiques ou numériques.

DRIAS les futurs du climat propose une démarche d'appropriation en trois étapes : l'Espace **Accompagnement** présente un guide d'utilisation et de bonnes pratiques pour les projections climatiques. L'Espace **Découverte** permet de visualiser et **geolocaliser** les projections climatiques au plus près de chez vous, en **métropole** comme **outre-mer** : vous avez accès à toutes les informations fournies par les modèles de climat, pour les **scénarios les plus récents (RCP)** présentés dans le **dernier rapport du GIEC**. Enfin, l'Espace **Données et Produits** vous permet de télécharger ces paramètres et indicateurs climatiques sous forme de données numériques.

Actualités ...

Résultats disponibles sur l'étude d'attribution de la vague de chaleur ...

Télécharger les dernières actualités

Archive des newsletter Drias

Recevez toute l'actualité par mail :

S'abonner Se désabonner

Partenaires du projet DRIAS



<http://www.drias-climat.fr/>



# Appréhender le changement climatique et ses impacts: l'application climat <sup>HD</sup>

The screenshot shows the 'L'évolution constatée du climat' page for France Métropolitaine. At the top, there are navigation tabs for 'Climat passé' and 'Climat futur'. The main content area is divided into several sections:

- Observations des températures depuis 1900 :**
  - Hausse des températures moyennes en France de 1,4°C depuis 1900
  - Accentuation sensible du réchauffement au cours des 3 dernières décennies
- Autres observations depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle :**
  - Évolution des précipitations différente selon les régions et les saisons
  - Augmentation de la fréquence des vagues de chaleur
  - Pas de tendance marquée pour la fréquence des tempêtes et des pluies extrêmes
  - Diminution de la durée de l'enneigement en moyenne montagne
  - Assèchement du sol et accentuation de l'intensité des sécheresses
- Et dans ma région?** (Accompanied by a map of France and a video player titled 'Animation d'anomalie de température')

Below these sections are four main categories, each with an icon and a representative chart:

- Températures:** Represented by a bar chart with red and blue bars.
- Précipitations:** Represented by a bar chart with green bars.
- Phénomènes:** Represented by a scatter plot with red circles.
- Impacts:** Represented by a bar chart with blue bars and a green line graph.

At the bottom, there is a navigation bar with links for 'Contact', 'Actualités climatiques', 'Offre de services climatiques', 'Liens utiles', and 'Mentions légales'. A prominent 'Climat futur' button with a right-pointing arrow is also visible.

---

# Merci de votre attention

Jean-michel.soubeyroux@meteo.fr

