



Evolution passée et future des vagues de chaleur en France

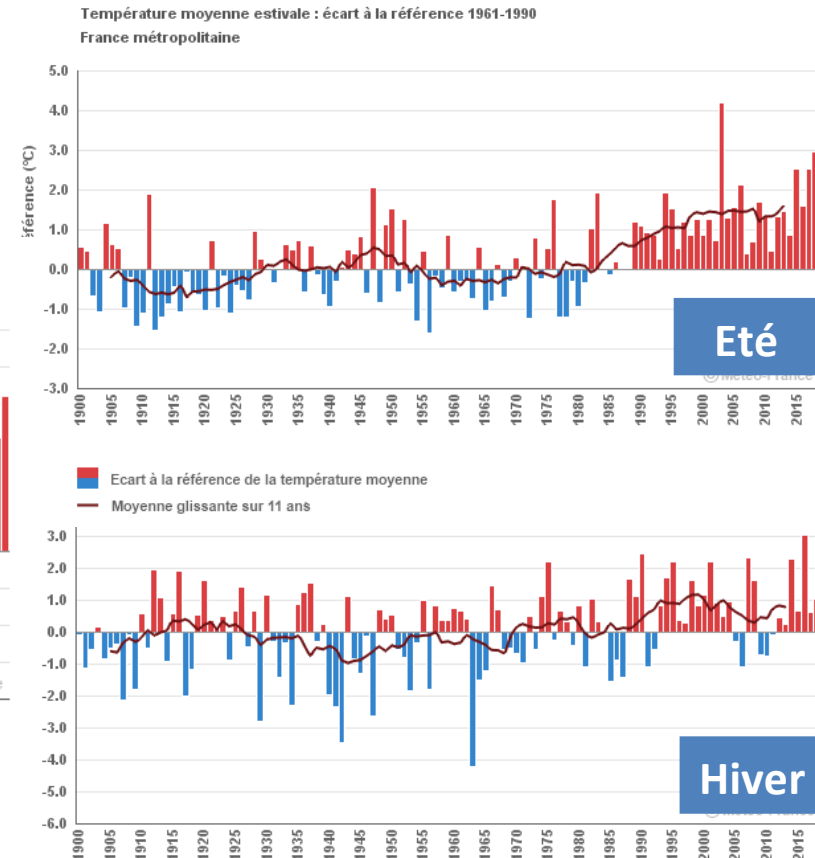
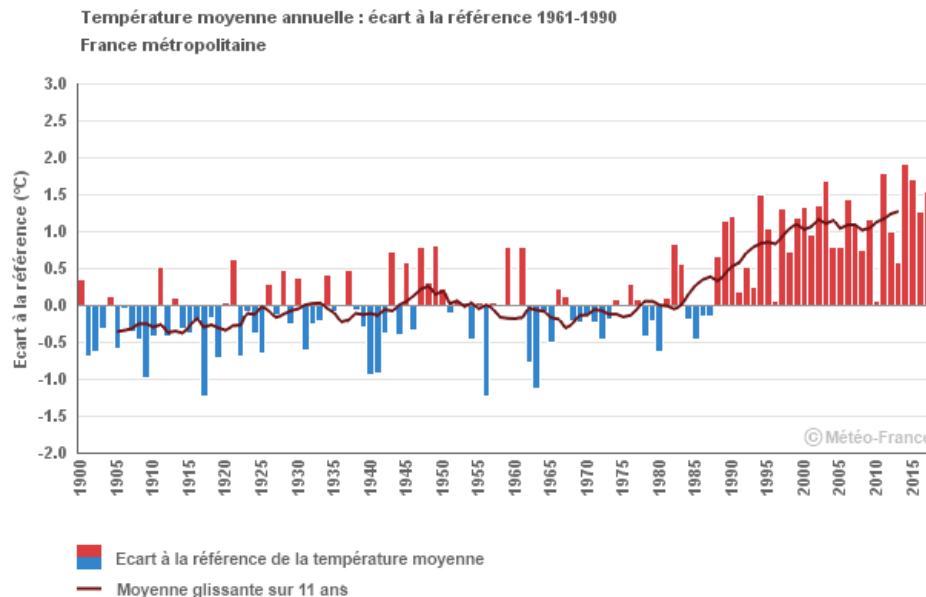
35^{ème} colloque annuel de l'Association Internationale de Climatologie
Toulouse 2022

Michel SCHNEIDER, Lola CORRE

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

Le réchauffement climatique observé en France

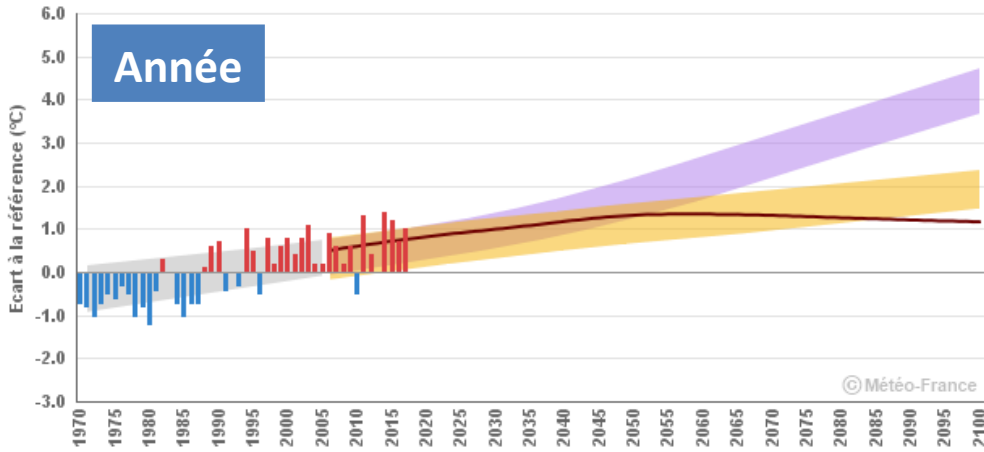
- En France, le réchauffement est clairement visible sur les séries d'observations
 - ▶ Hausse des températures moyennes en France de l'ordre de **1,8 °C** entre 1900 et 2020
 - ▶ Accentuation sensible du réchauffement au cours des trois dernières décennies
 - ➔ la tendance calculée sur la période récente est d'environ **+0.3 °C par décennie**
 - ▶ Tendance **plus marquée en été** (+0.4 °C) qu'en hiver (+0.2 °C à +0.3 °C)



Le climat futur en France

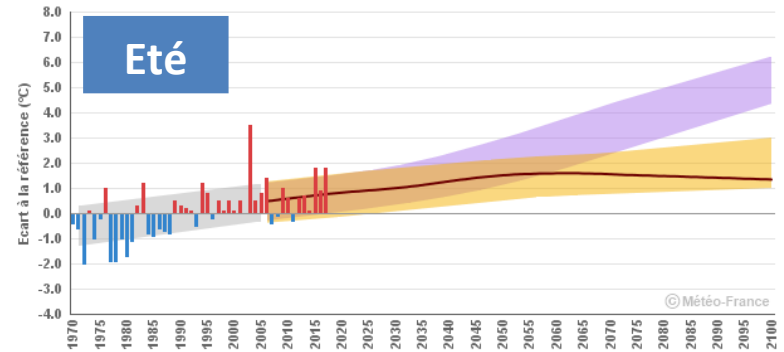
Evolution probable des températures en France

Température moyenne annuelle en France métropolitaine : écart à la référence 1976-2005
Observations et simulations climatiques pour trois scénarios d'évolution RCP 2.6, 4.5 et 8.5

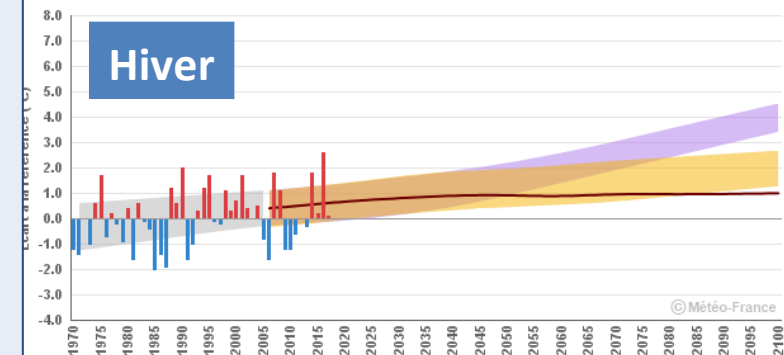


■ Ecart à la référence pour les observations ■ Ecart à la référence pour la simulation Aladin RCP 2.6
■ Ecart à la référence pour les simulations climatiques passées et futures RCP 4.5 et RCP 8.5

Température moyenne estivale en France métropolitaine : écart à la référence 1976-2005
Observations et simulations climatiques pour trois scénarios d'évolution RCP 2.6, 4.5 et 8.5



Température moyenne hivernale en France métropolitaine : écart à la référence 1976-2005
Observations et simulations climatiques pour trois scénarios d'évolution RCP 2.6, 4.5 et 8.5



■ Ecart à la référence pour les observations ■ Ecart à la référence pour la simulation Aladin RCP 2.6
■ Ecart à la référence pour les simulations climatiques passées et futures RCP 4.5 et RCP 8.5

Poursuite du réchauffement jusque vers 2050, pour tous les scénarios.

Sur la seconde moitié du XXI^e siècle, l'évolution de la température moyenne diffère significativement selon le scénario considéré.

Selon le scénario optimiste, le réchauffement pourrait se stabiliser entre 1 °C et 2 °C à l'horizon 2071-2100

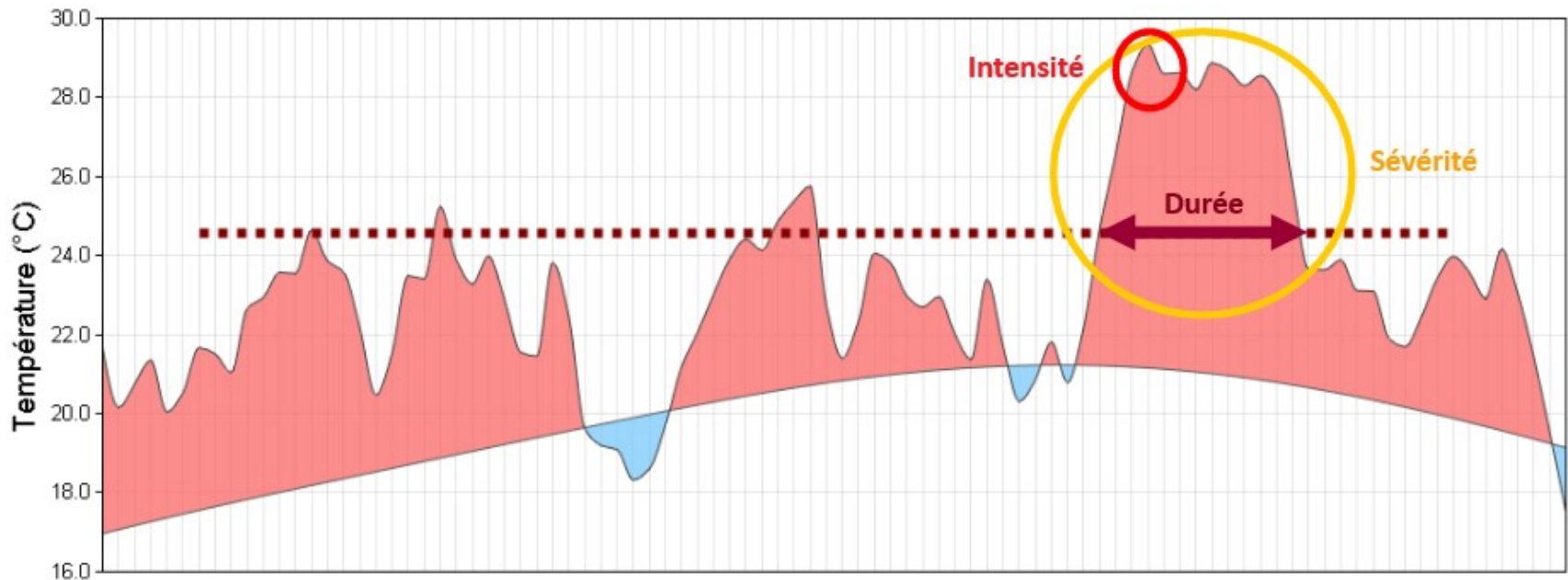
Selon le scénario médian, le réchauffement pourrait atteindre 2 °C à l'horizon 2071-2100.

Selon le scénario pessimiste, le réchauffement pourrait atteindre 4 °C à l'horizon 2071-2100, voire dépasser 5 °C en été.

Températures extrêmes : les vagues de chaleur

■ Qu'est-ce qu'une vague de chaleur ?

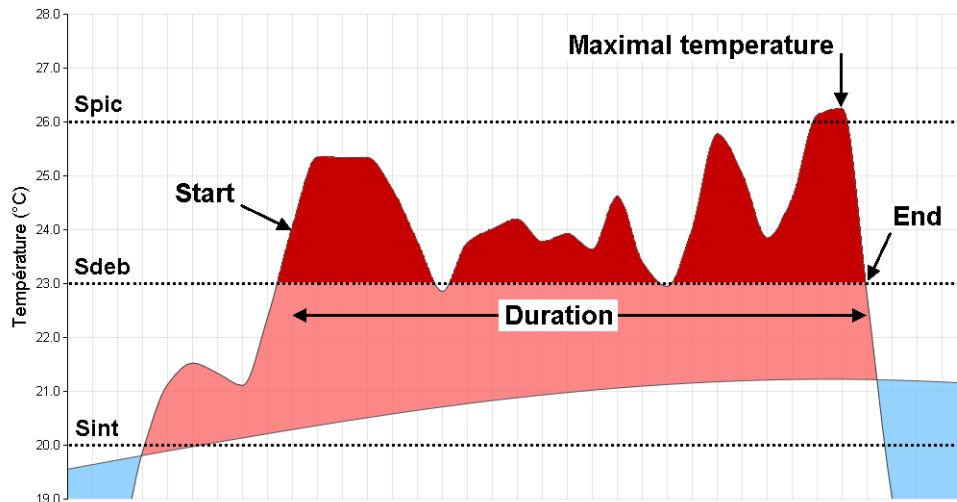
- ▶ Pas de définition universelle, mais diverses approches selon les besoins
- ▶ Températures **remarquablement et « absolument »** chaudes pendant une **période** donnée
- ▶ Les vagues de chaleurs sont ici vues comme des « **objets** » possédant certaines **caractéristiques**, que l'on peut comparer entre elles :
 - Un **début**, une **fin** et donc une **durée** et une **position calendaire**
 - Un degré atteint au plus fort de l'événement dit **intensité** ou **intensité maximale**
 - Une intensité globale intégrée sur la durée de l'épisode, dite **sévérité**



Les vagues de chaleur : une méthode d'identification et de qualification

■ Principe d'identification des épisodes

- ▶ On identifie l'existence d'une vague de chaleur dès lors que la **température moyenne quotidienne** dépasse le centile 99.5 de sa distribution calculée sur une période de référence (ici 1981-2010)
- ▶ La période couverte par l'épisode est celle durant laquelle la température ne redescend pas durablement (pas plus de deux jours) en dessous du centile 97.5 et ne redescend pas ponctuellement en dessous du centile 95.0.



Les indicateurs caractérisant un épisode

→ **Début, fin, durée et position calendaire** résultent des règles définies précédemment

→ **Intensité maximale** = température moyenne la plus élevée atteinte au cours de l'épisode

→ **Sévérité** = cumul sur la durée de l'épisode des °C au dessus du centile 97,5

- ▶ Mise en œuvre sur diverses séries de températures : Indicateurs France, régionaux, départementaux
- ▶ Applicable sur n'importe quelle série de température moyenne $(T_n + T_x)/2$ partout dans le monde

Les vagues de chaleur en France : élaboration d'un inventaire depuis 1947

Vagues de chaleur récentes

Datedeb ;Datefin ;DuT;IntmaxT;SeveriT

20030802;20030817; **16**; **29.352**; **59.374**

20060710;20060730; **21**; 27.043; **35.382**

20150630;20150707; 8; 26.545; 15.502

20150715;20150722; 8; 25.938; 10.308

20160718;20160720; 3; 25.665; 3.466

20160823;20160827; 5; 25.587; 7.527

20170618;20170622; 5; 26.445; 10.317

20170705;20170708; 4; 25.780; 5.125

20170717;20170719; 3; 25.692; 3.794

20170826;20170829; 4; 25.547; 5.373

20180724;20180808; **16**; 27.433; **31.411**

20190625;20190630; 6; **27.947**; 18.042

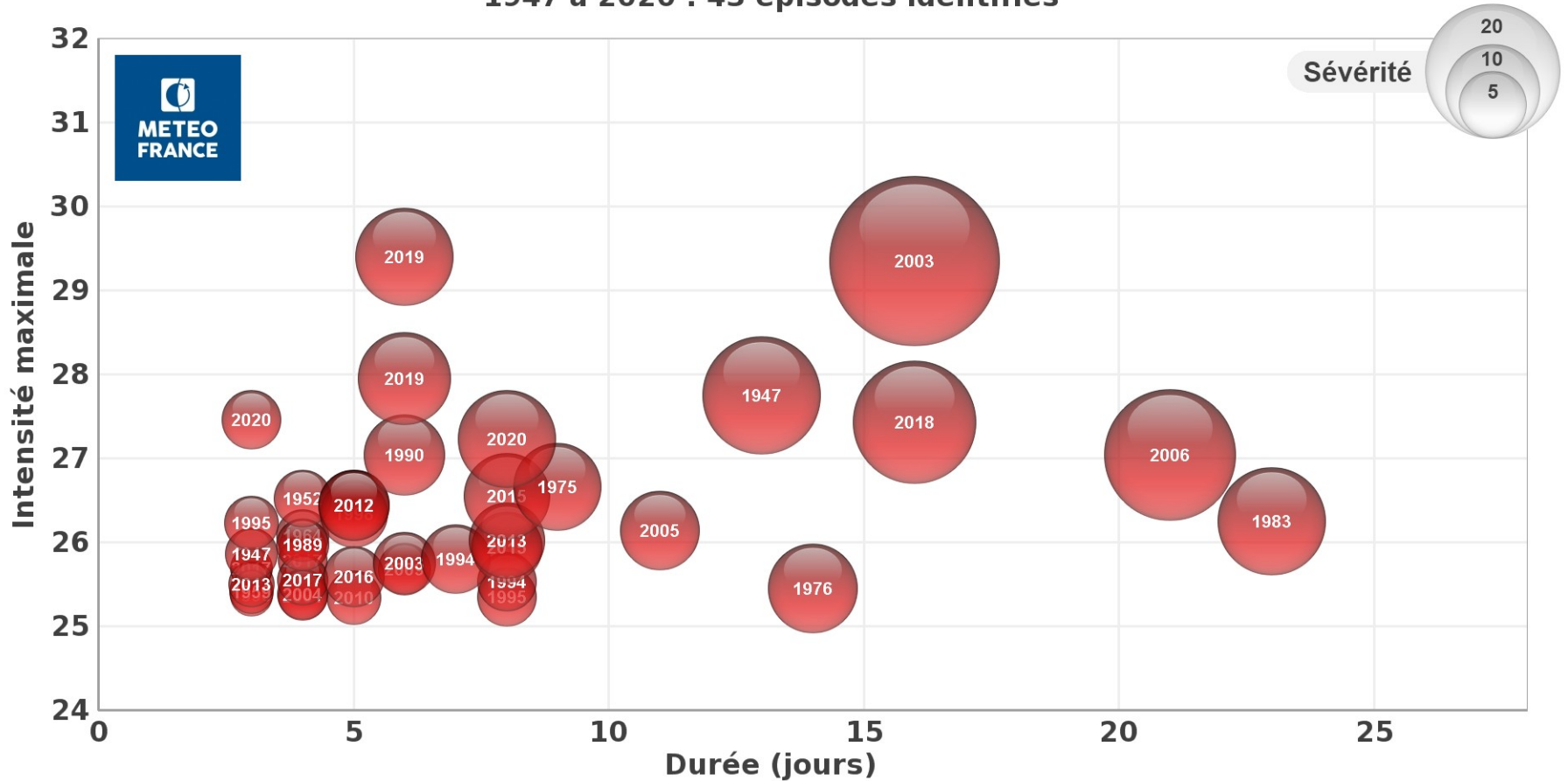
20190721;20190726; 6; **29.402**; 19.554

20200730;20200801; 3; 27.462; 7.368

20200806;20200813; 8; 27.227; 20.002

Les vagues de chaleur observée en France entre 1947 et 2020

1947 à 2020 : 43 épisodes identifiés



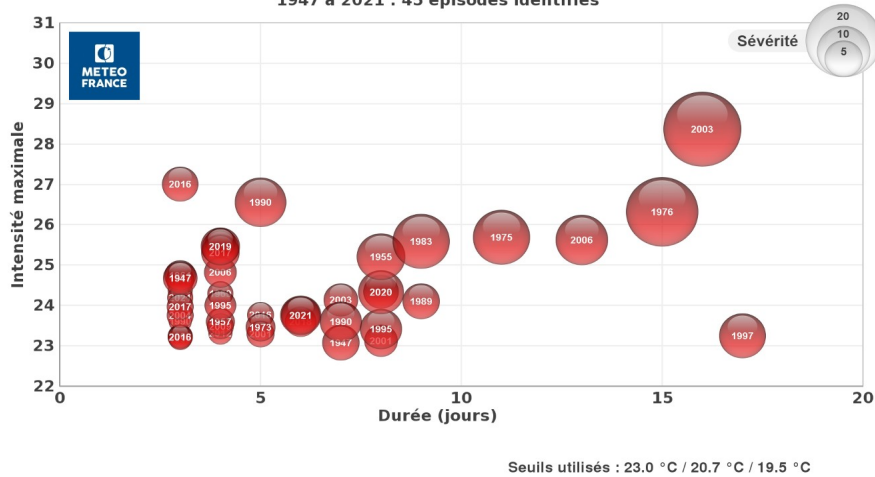
10 épisodes recensés dans la période **1947-1983 (37 années)**

33 épisodes recensés dans la période **1984-2020 (37 années)**

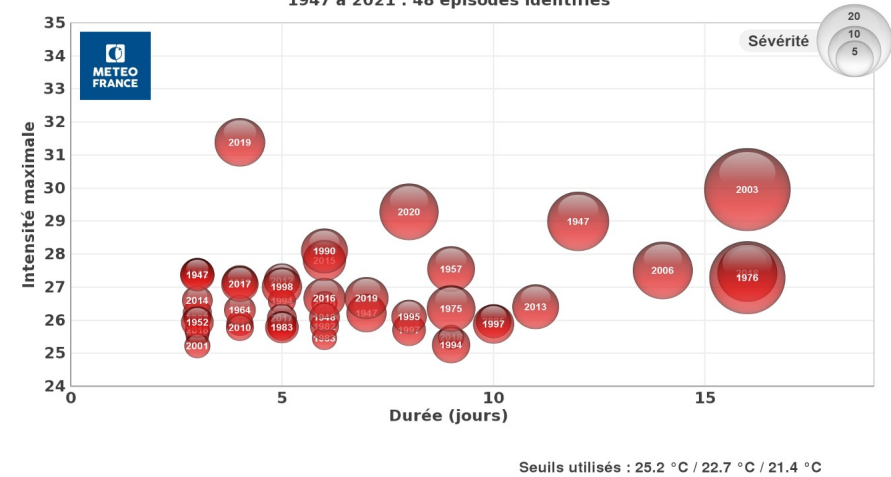
Vagues de chaleur observées dans diverses régions entre 1947 et 2021

- Spécificités régionales pour les durées, intensités et sévérités

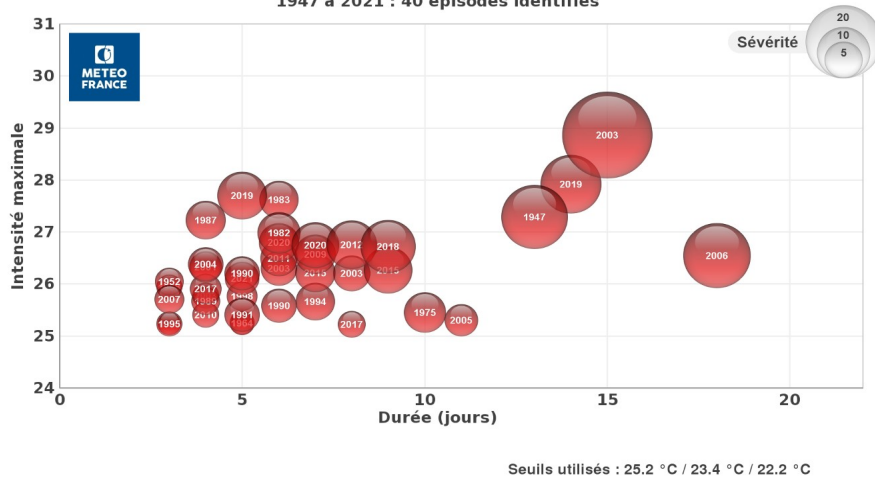
Vagues de chaleur observées sur la région Bretagne
1947 à 2021 : 45 épisodes identifiés



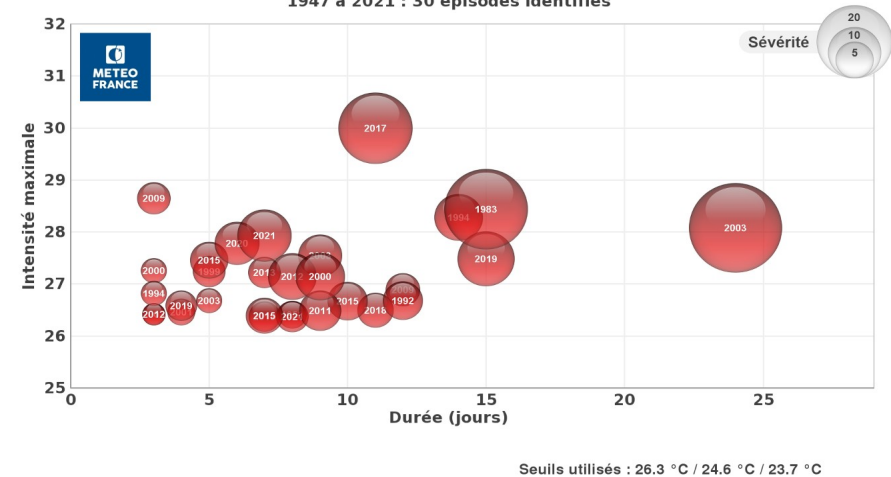
Vagues de chaleur observées sur la région Île-de-France
1947 à 2021 : 48 épisodes identifiés



Vagues de chaleur observées sur la région Occitanie
1947 à 2021 : 40 épisodes identifiés



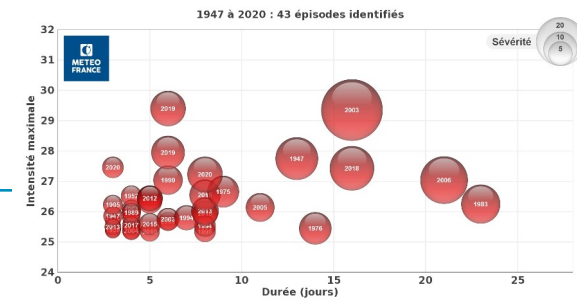
Vagues de chaleur observées sur la région Corse
1947 à 2021 : 30 épisodes identifiés



Vagues de chaleur : observées et prévues

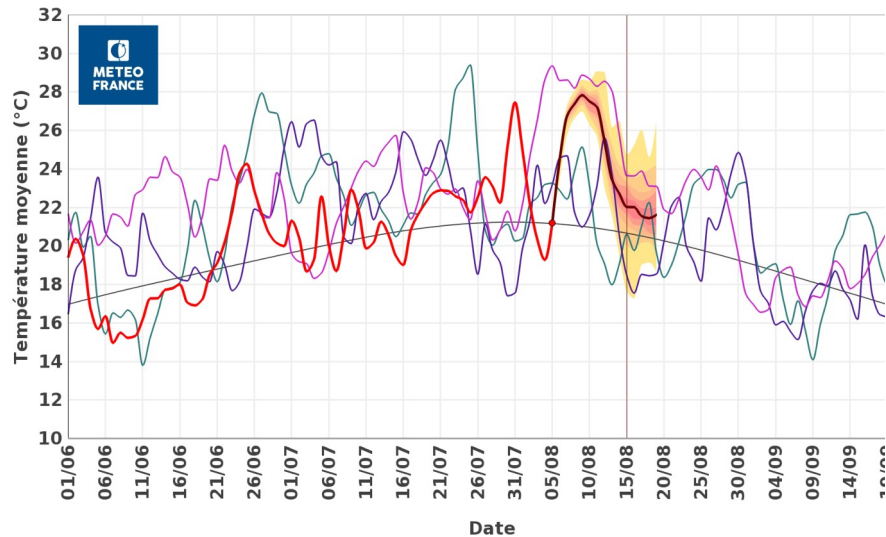
- Caractériser un événement de manière anticipée :
Utilisation des prévisions d'ensemble à dix jours du CEPMMT

Nous sommes le 6 août 2020 !!!



Température moyenne en France : Eté 2020

Observations et prévision d'ensemble du CEPMMT du 06/08/2020 à 00 UTC



Température moyenne quotidienne observée

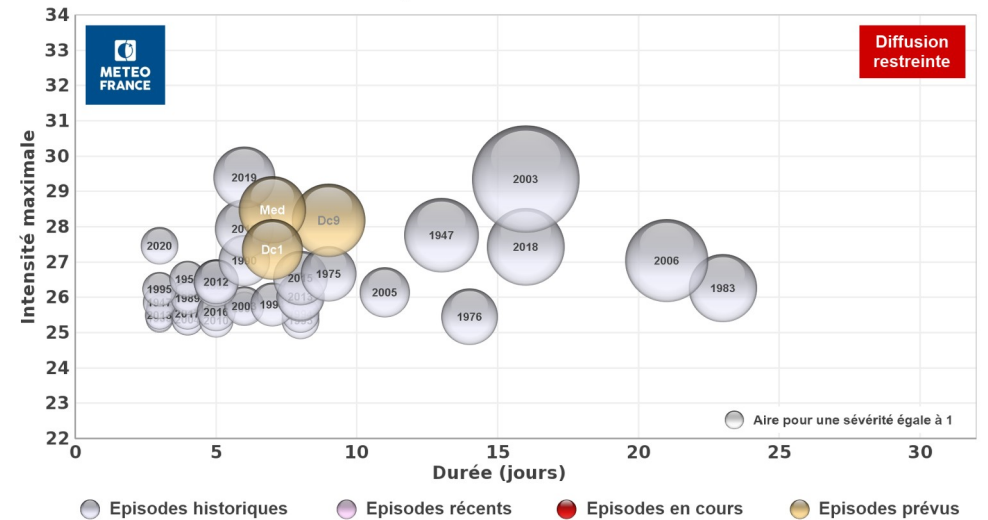
- Eté en cours
- 2003
- 2015
- 2019

Distribution quotidienne des températures moyennes prévues

- Moyenne de référence 1981-2019
- Prévisions à 10 jours

Vagues de chaleur observées et prévues pour les dix prochains jours

Réalisations de référence issues de la prévision d'ensemble du CEPMMT du 06/08/2020 à 00 UTC



- Episodes historiques
- Episodes récents
- Episodes en cours
- Episodes prévus

Seuils utilisés : 25.275 °C / 23.418 °C / 22.383 °C

Observation depuis 1947 : 42 épisodes identifiés

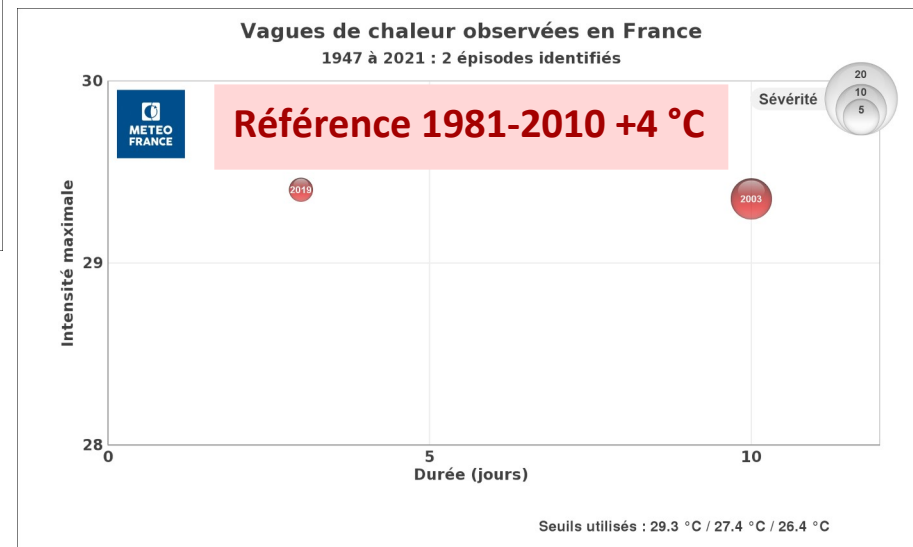
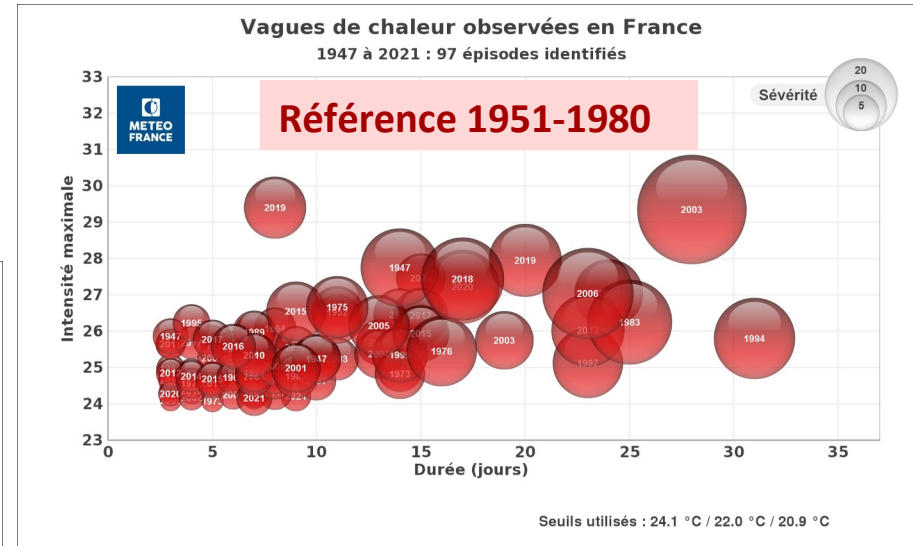
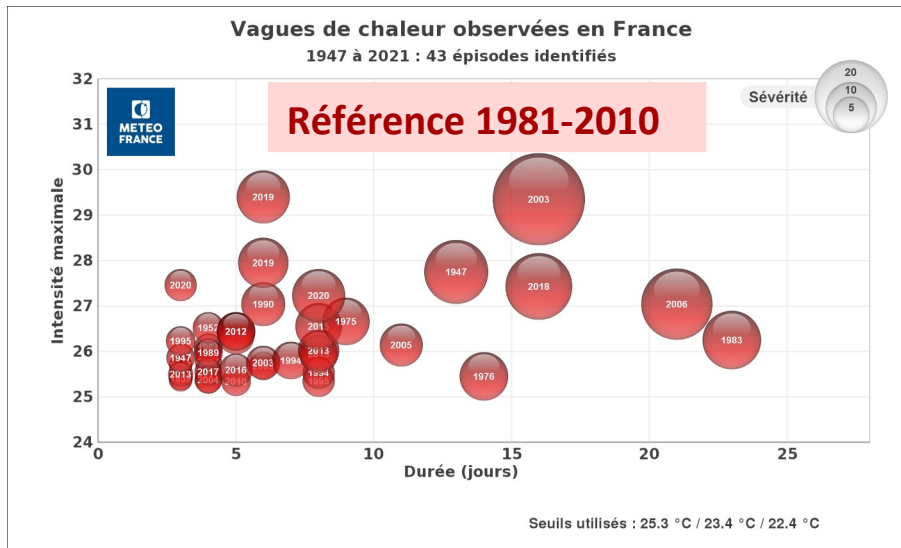
Decile 1 : 20200806 au 20200812 (7 jours) - Intensité max : 27.4 - Sévérité : 10.4

Mediane : 20200806 au 20200812 (7 jours) - Intensité max : 28.5 - Sévérité : 12.6

Decile 9 : 20200806 au 20200814 (9 jours) - Intensité max : 28.2 - Sévérité : 15.1

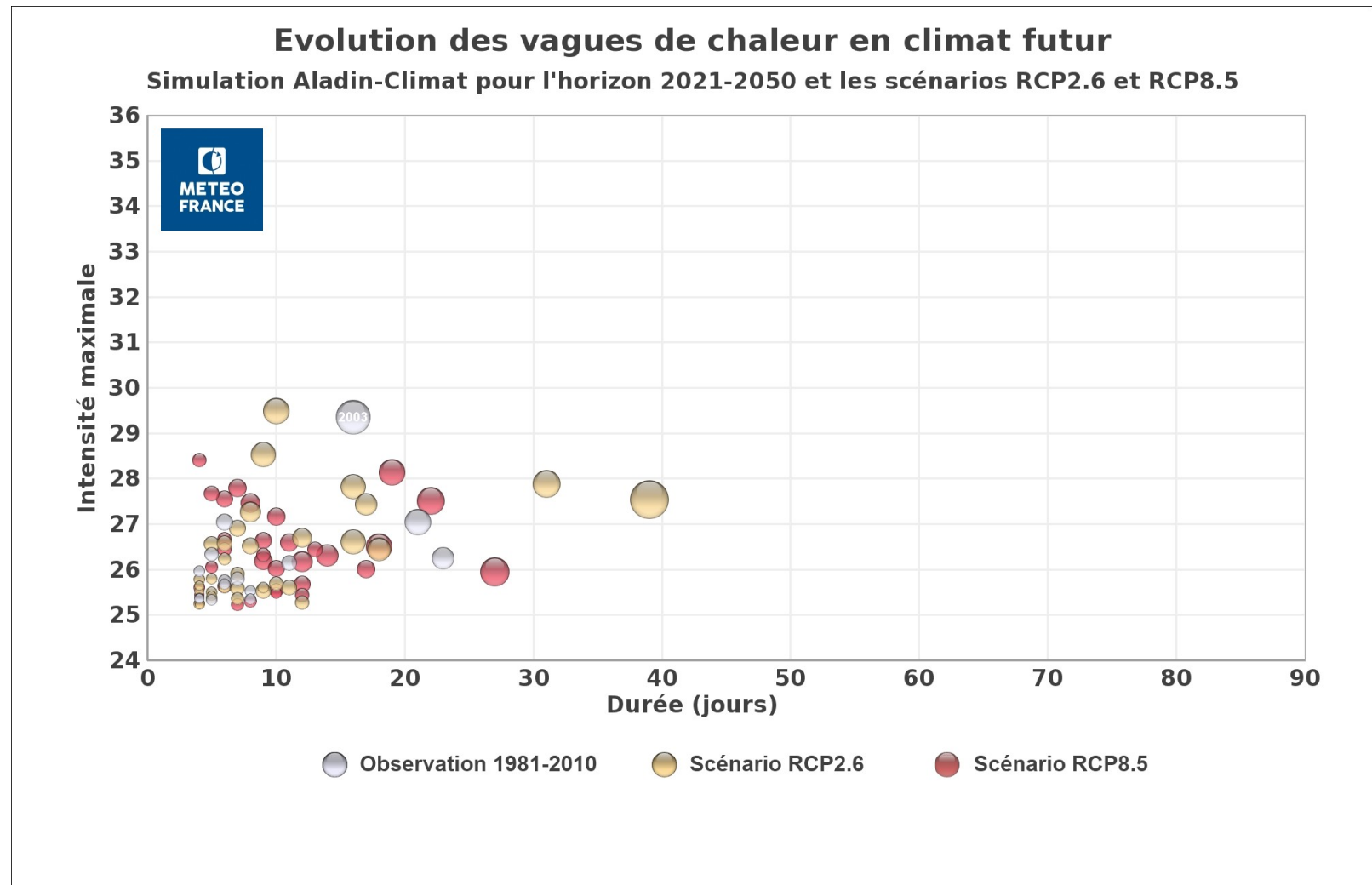
Les vagues de chaleur en France et changement climatique

- Historique des vagues de chaleur : différents angles de vue



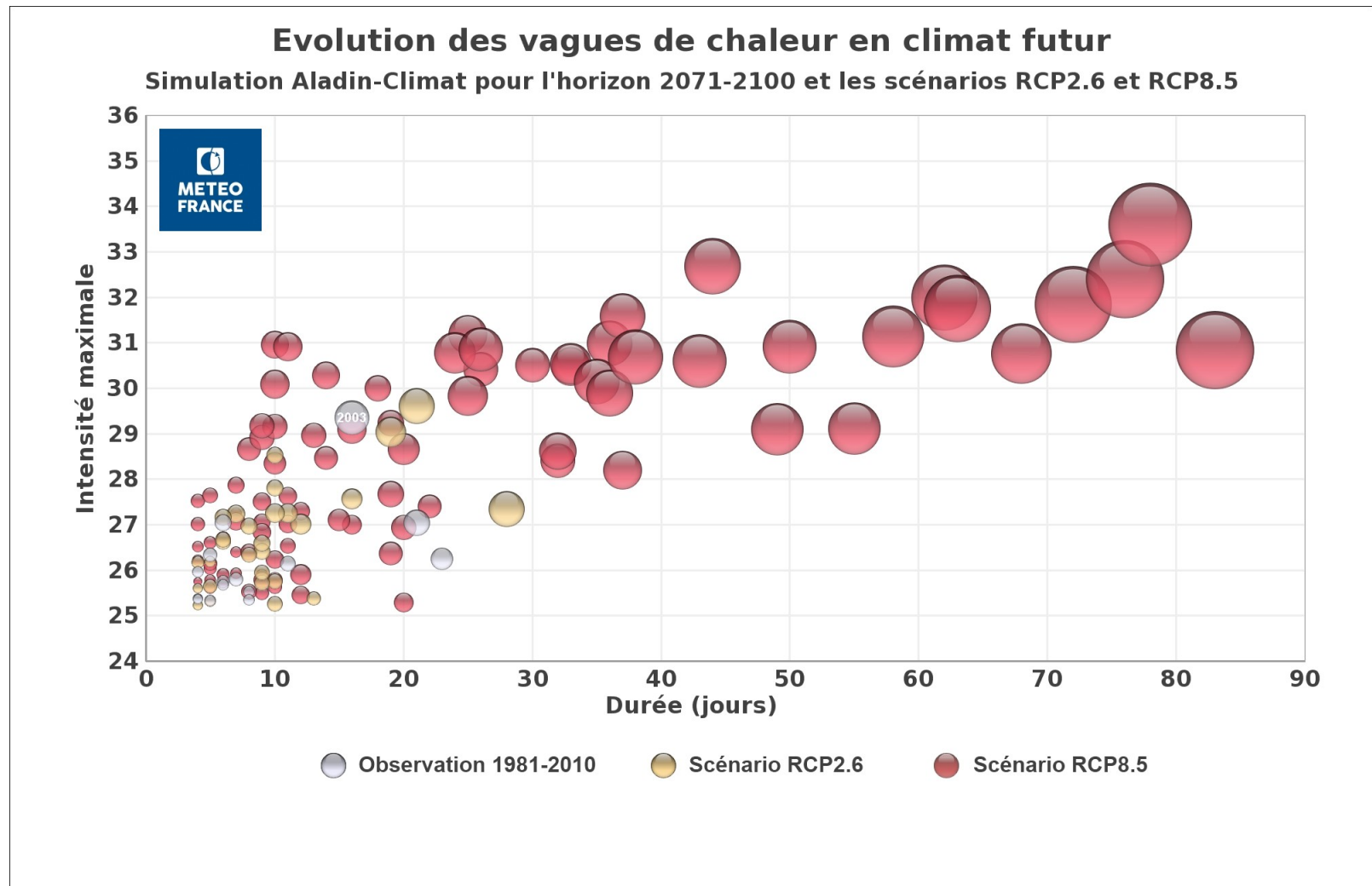
Les vagues de chaleur en France en climat futur

- Simulation des vagues de chaleur : mise en œuvre pour le modèle Aladin Météo-France
Observations 1981-2010 et horizon 2021-2050



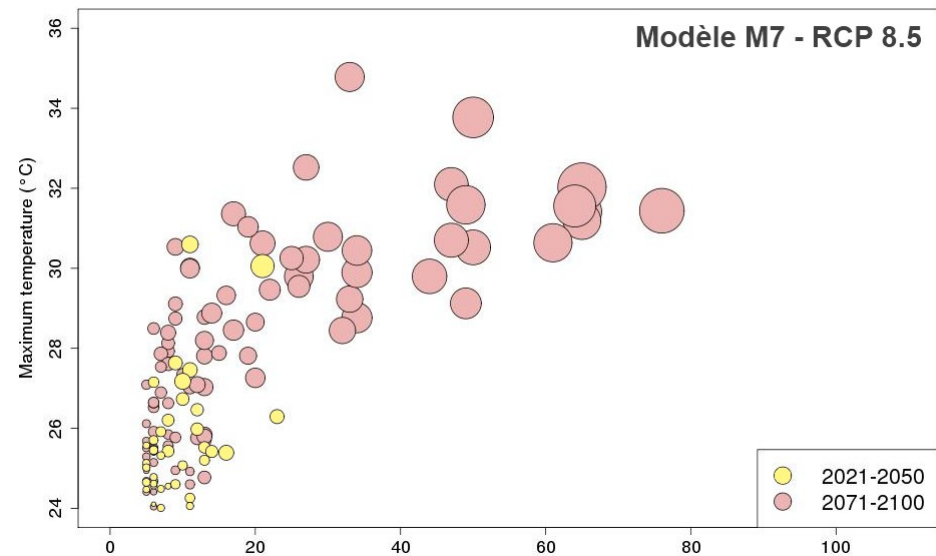
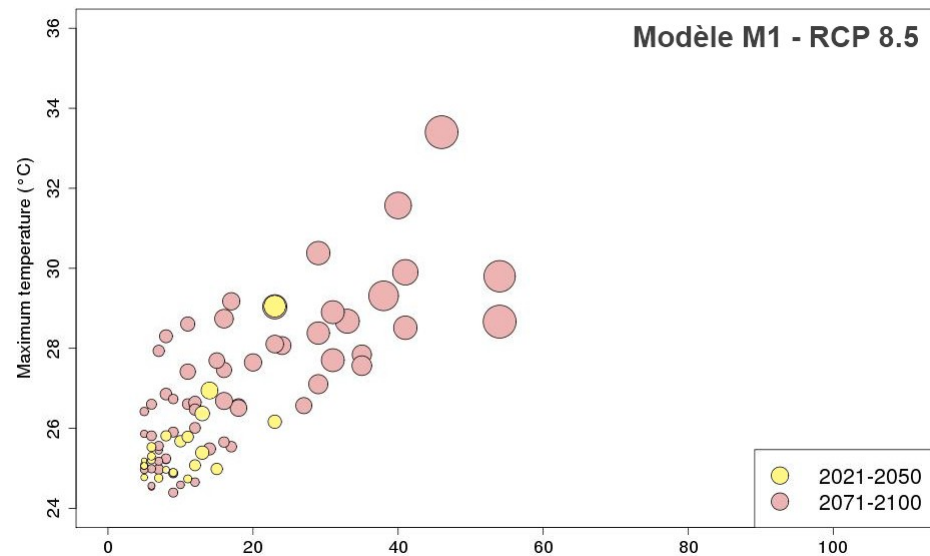
Les vagues de chaleur en France en climat futur

- Simulation des vagues de chaleur : mise en œuvre pour le modèle Aladin Météo-France
Observations 1981-2010 et horizon 2071-2100



Les vagues de chaleur en France en climat futur

- **Mais attention, toutes les simulations climatiques ne disent pas toujours la même chose !**
 - ▶ Illustration pour le scénario pessimiste (RCP 8.5)



Bulle jaunes : vagues de chaleur simulées pour la période 2021-2050

Bulle rouges : vagues de chaleur simulées pour la période 2071-2100

- ▶ Privilégier les approches **multi-modèles** pour mieux appréhender les **incertitudes**
- ▶ Analyse plus complexe qu'il n'y paraît
- ▶ Nécessité d'en retirer des **messages robustes**

Caractéristiques des vagues de chaleur en France en climat futur

- **Horizon proche (2021-2050) : évolution assez semblable pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5**
 - ▶ Le nombre de vagues de chaleur pourrait doubler par rapport à la période 1981-2010.
 - ▶ Ponctuellement, des vagues de chaleur se prolongeant presque un mois durant pourraient devenir possibles
 - ▶ Certains épisodes devraient occasionner des pics de chaleur un peu plus élevés que ceux observés dans le climat récent
- **Horizon lointain (2071-2100) : évolution différente selon le scénario considéré**

En RCP4.5

- ▶ Le nombre de vagues de chaleur pourrait quadrupler par rapport au climat récent
- ▶ Des vagues de chaleur quasiment ininterrompues durant six semaines deviendraient possibles
- ▶ Pour les événements les plus intenses, les pics de chaleur pourraient être 2 °C à 3 °C supérieurs aux pics les plus chauds observés ces dernières années (**température moyenne à l'échelle de la France**)

En RCP8.5

- ▶ Le nombre d'épisodes pourrait être multiplié par cinq à sept par rapport au climat récent
- ▶ Des vagues de chaleur quasiment ininterrompues durant dix semaines deviendraient possibles
- ▶ Pour les événements les plus intenses, les pics de chaleur pourraient être plus de 4 °C supérieurs aux pics les plus chauds observés ces dernières années (**température moyenne à l'échelle de la France**)

Calendrier des vagues de chaleur à Paris en climat futur

■ Utilisation de dix projections climatiques du jeu DRIAS-2020

- ▶ 30 simulations climatiques de référence
- ▶ 3 scénarios : RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5
- ▶ Basée sur des simulations régionales à haute résolution EURO-CORDEX (CMIP5)
- ▶ Sélectionnées de manière experte pour couvrir au mieux la gamme des changements futurs
- ▶ Projetées sur une grille 8 km de résolution
- ▶ Corrigées de leurs biais par une méthode statistique

- ▶ Pour chacune des dix projections, recensement des vagues de chaleur et analyse du calendrier de survenue...

GCM	RCM	HISTO	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
CNRM-CM5	Aladin63 V2	■	■	■	■
CNRM-CM5	Racmo22E v2	■	■	■	■
IPSL-CM5A-MR	WRF381P	■		■	■
IPSL-CM5A-MR	RCA4	■		■	■
HadGEM2-ES	RegCM4-6	■	■		■
HadGEM2-ES	CCLM4-8-17	■		■	■
EC-EARTH	Racmo22E v2	■	■	■	■
EC-EARTH	RCA4	■	■	■	■
MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17	■	■	■	■
MPI-ESM-LR	REMO*	■	■	■	■
NorESM1-M	HIRHAM5 v3	■		■	■
NorESM1-M	REMO**	■	■		■

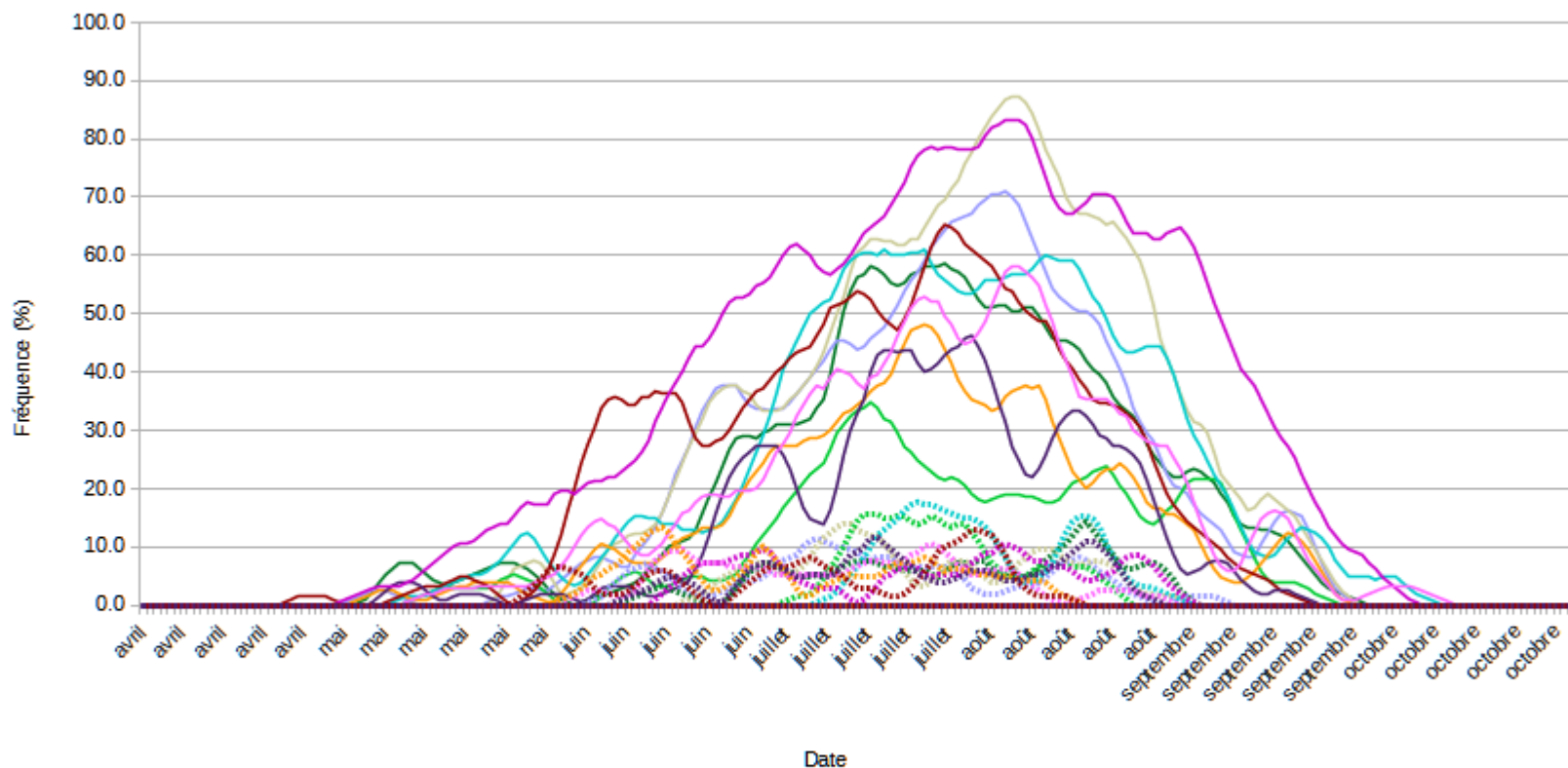
* REMO 2009 ; ** REMO 2015

Les vagues de chaleur à Paris en climat futur

- Répartition calendaire des épisodes en climat futur pour le scénario RCP8.5 (dix simulations)
 - ▶ Fréquence « moyenne » d'occurrence d'une vague de chaleur pour un jour donné à Paris
 - ▶ Période de référence 1976-2005 (en pointillé) et horizon lointain 2071-2100 (en continu)

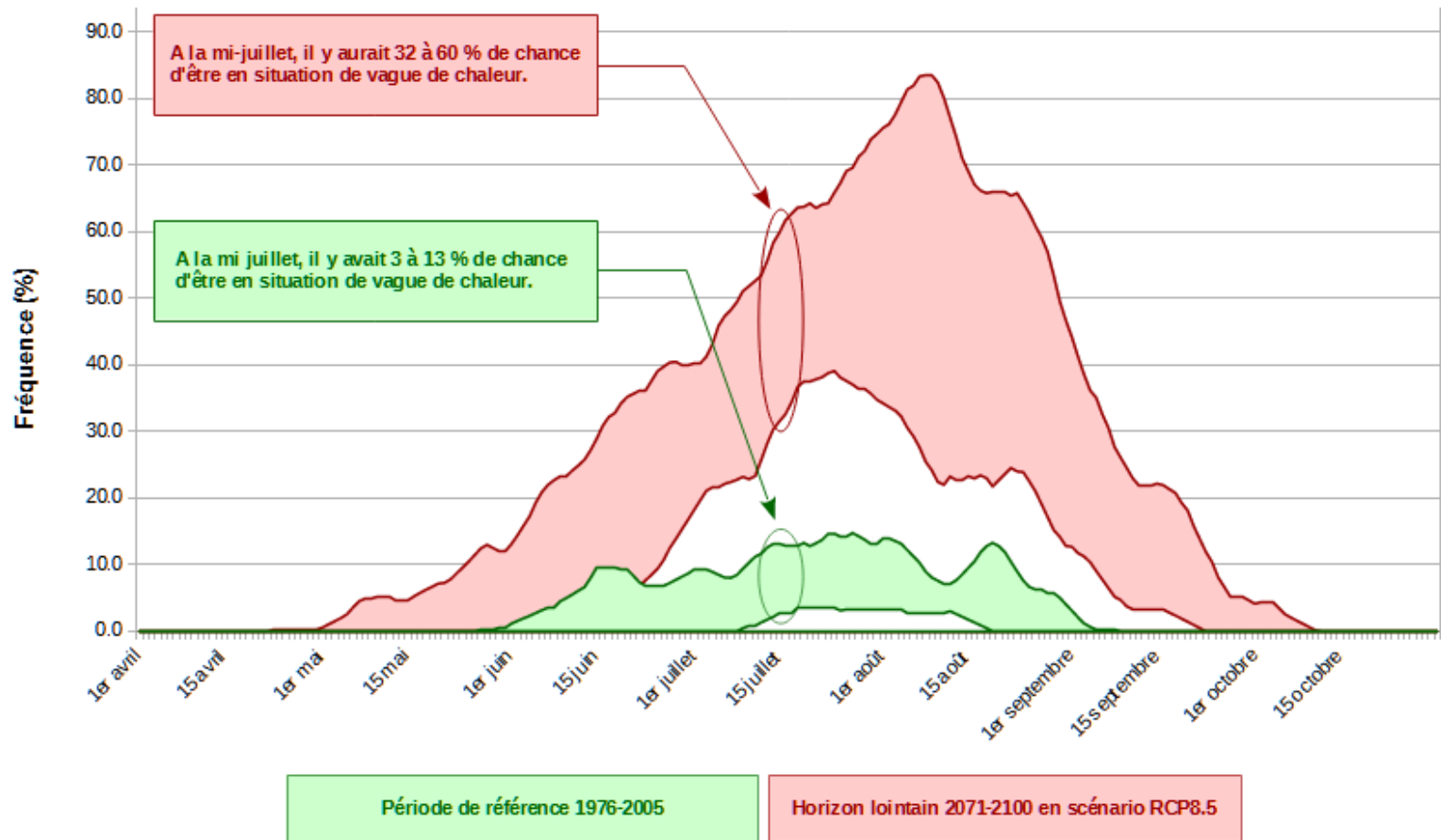
Fréquence de survenue d'une vague de chaleur un jour donné à Paris

Période de référence et horizon lointain en RCP8.5



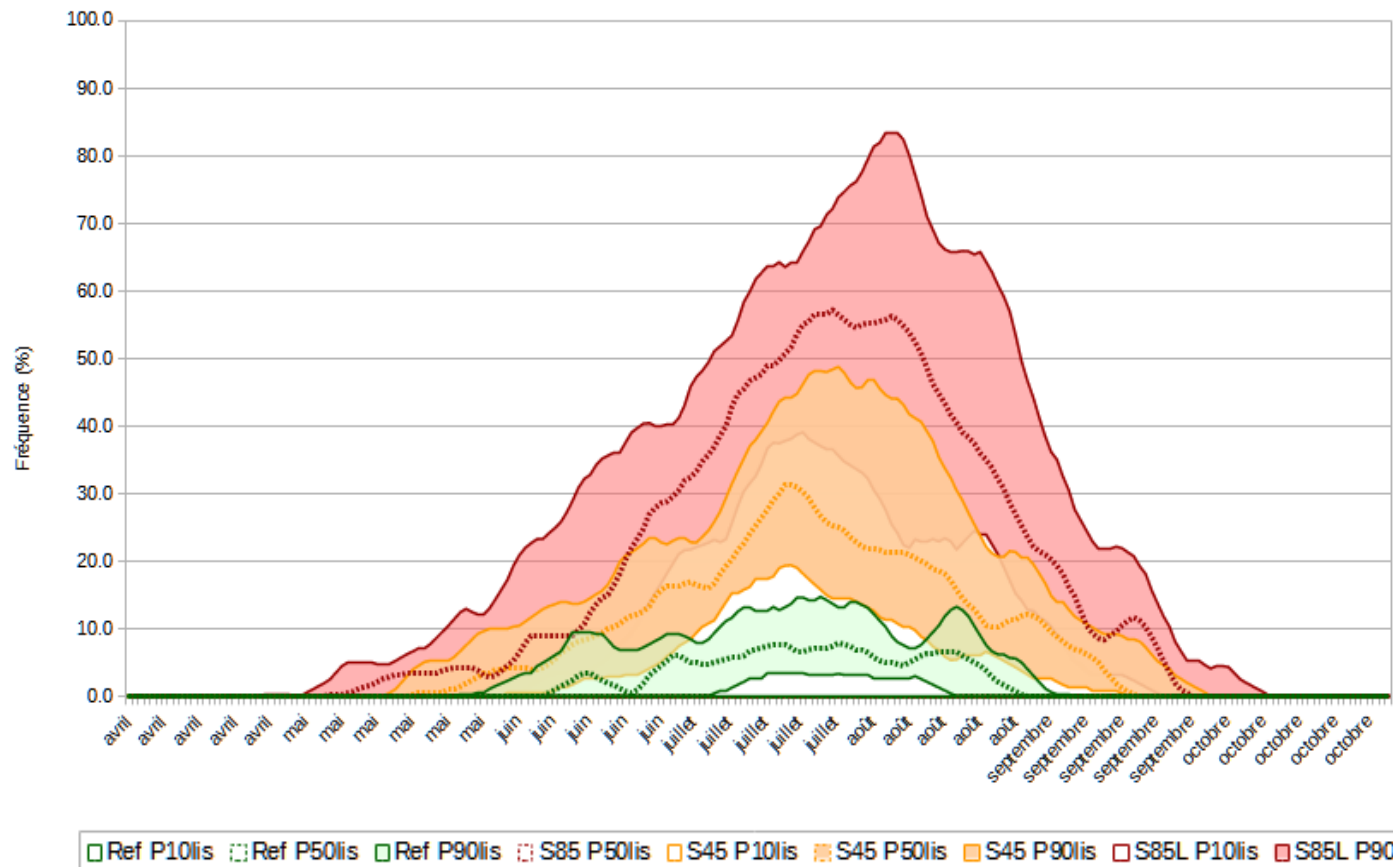
Les vagues de chaleur à Paris en climat futur

- Répartition calendaire des épisodes en climat futur pour le scénario RCP8.5 (dix simulations)
 - ▶ Fréquence « moyenne » d'occurrence d'une vague de chaleur pour un jour donné à Paris
 - ▶ Représentation des centiles 10 et 90 calculés à partir de 10 simulations
 - ▶ Période de référence (1976-2005) et horizon lointain (2071-2100)



Les vagues de chaleur à Paris en climat futur

- Répartition calendaire en climat futur pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 (dix simulations)
 - ▶ Fréquence « moyenne » d'occurrence d'une vague de chaleur pour un jour donné à Paris
 - ▶ Représentation des centiles 10, 50 et 90 calculés à partir de 10 simulations
 - ▶ Période de référence (1976-2005) et horizon lointain (2071-2100)



Les vagues de chaleur à Paris en climat futur

- Répartition calendaire en climat futur pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5

Quelques messages robustes

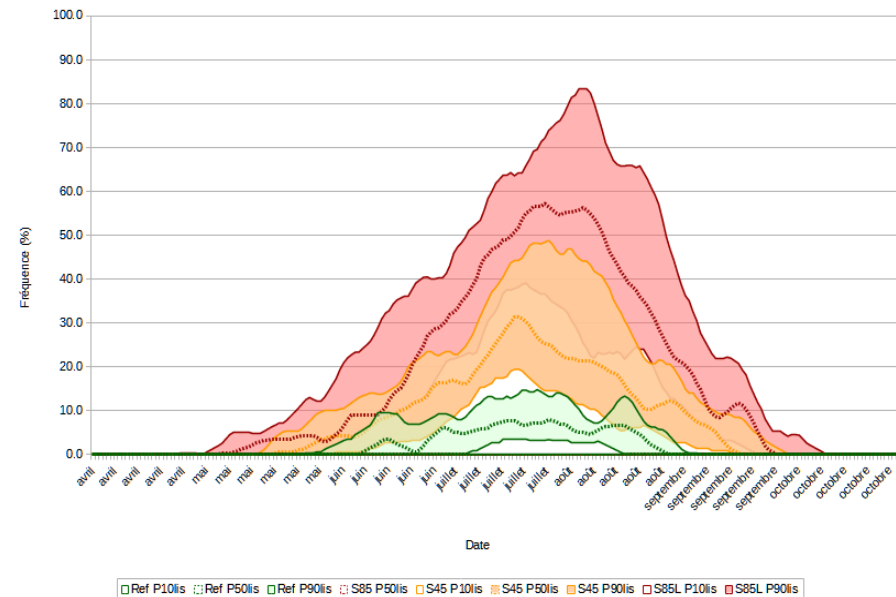
Horizon lointain

Augmentation de la fréquence d'occurrence pour les deux scénarios

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

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

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



Les vagues de chaleur à Paris en climat futur

- Evolution en climat futur en RCP8.5 : médianes multi-modèles

Horizon proche (2021-2050) par rapport à la référence 1976-2005

- En moyenne, deux fois et demie plus de jours par an en situation de vague de chaleur
- Pour les pires vagues de chaleur : durée plus d'une fois et demie supérieure
- Pour les pires vagues de chaleur, élévation de plus de 1 °C de l'intensité
- Pour les pires vagues de chaleur, doublement de la sévérité

Horizon lointain (2071-2100) par rapport à la référence 1976-2005

- En moyenne, cinq fois plus de jours par an en situation de vague de chaleur
- Pour les pires vagues de chaleur : durée près de trois fois et demie supérieure
- Pour les pires vagues de chaleur, élévation de plus de 6 °C de l'intensité
- Pour les pires vagues de chaleur, multiplication par six de la sévérité

Merci de votre attention