

# Projections régionalisées du climat jusqu'en 2100 par Météo France

Patrick Josse, Direction de la Climatologie et des Services Climatiques

Journée scientifique et technique du CFMS, Champs-sur-Marne,  
9 décembre 2021

# Le renforcement des extrêmes climatiques

**75 % des podium  
« saison chaude »  
depuis 2000**

- 75 % des 10 années (9 sur 10), saisons été (8 sur 10) ou hiver (5 sur 10) les plus chaudes depuis 1900 se sont produites après 2000;

**50 % de records  
absolus de  
chaleur battus  
en 2019 et 2020**

- 50 % des stations de métropole (ouvertes avant 2000) ont battu leur record absolu de chaleur en 2019 ou en 2020;

**+20 % sur les  
pluies extrêmes  
depuis 1960**

- Hausse de 20 % depuis 1960 de l'intensité des pluies extrêmes dans plusieurs régions de France;

**2 fois plus de  
sécheresse des  
sols**

- Des sécheresses du sol deux fois plus fréquentes et d'autres effets mesurables (neige en moyenne montagne ...)



**Autant de phénomènes extrêmes objets de toute l'attention de Météo-France dans ses activités de prévision... mais aussi dans une perspective climatique**

# Météo-France acteur des politiques climatiques

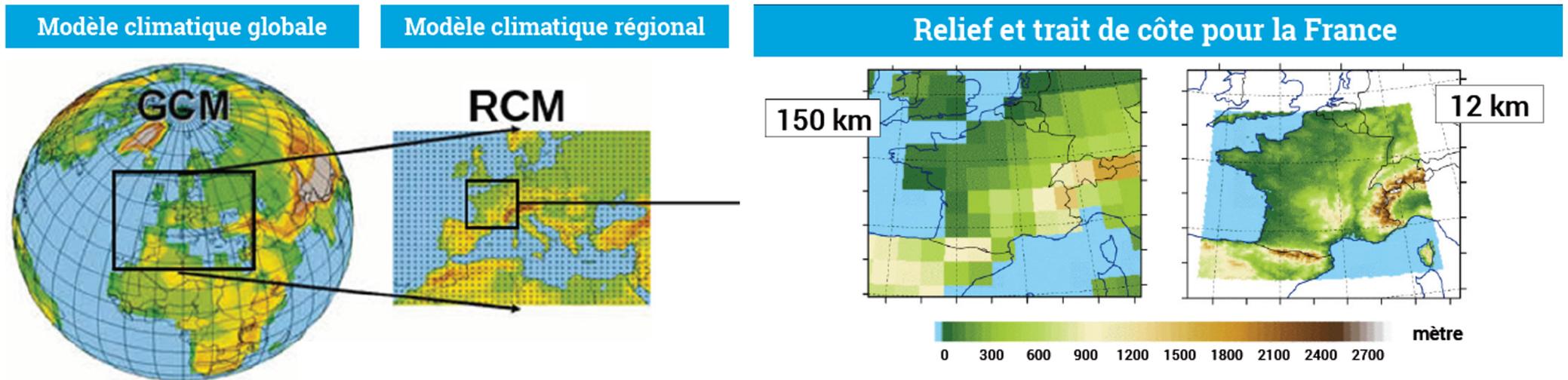
- Missions (Décret n°93-861 modifié) : *Météo-France a pour mission de surveiller **l'atmosphère, l'océan superficiel et le manteau neigeux**, d'en prévoir les évolutions et de diffuser les informations correspondantes. Il est aussi chargé de contribuer, au plan international, à la **mémoire** et à la **prévision du changement climatique**. [...] Il contribue également, par ses informations et son expertise, à l'élaboration des **politiques publiques en matière de changement climatique**.*
- Continuum d'activités : **diagnostic du climat passé** (climatologie, statistiques), **suivi du temps présent** (mesures et observations temps réel), **prévision du temps** (heures, jours, saisons), **projection climatiques** (futurs possibles, services climatiques)
- Savoir-faire du domaine climatique : connaissance des phénomènes, modélisation numérique, détection-attribution, calcul haute performance, publications scientifiques, gestion de bases de données, distribution des projections, statistiques, interprétation, représentation, analyse, service sectoriel, médiation scientifique et technique, enseignement supérieur

## Eclairer les futurs possibles en réalisant des projections climatiques

- Les équipes du CNRM développent et mettent en œuvre les modèles de climat en forte synergie avec les modèles de prévision numérique du temps.
- Météo-France contribue aux travaux du GIEC :
  - Participation aux exercices d'intercomparaison CMIP dans lesquels de nombreux centres de recherche internationaux réalisent des projections climatiques globales à partir d'un jeu cohérent d'hypothèses, parmi lesquelles les scénarios d'émission de gaz à effet de serre. L'ensemble ainsi constitué est une des principales données d'entrée pour les rapports produits par le GIEC.
  - Des experts interviennent directement dans la rédaction des rapports, en tant qu'auteur ou en tant que responsable de chapitre;
- Pour disposer des meilleures informations sur la métropole et les Outre-Mers, Météo-France élabore des projections climatiques régionales

# La régionalisation climatique

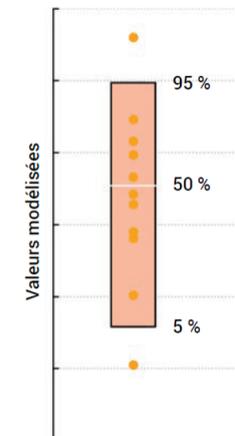
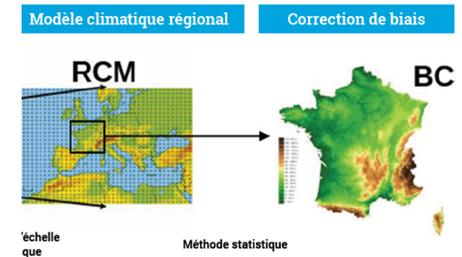
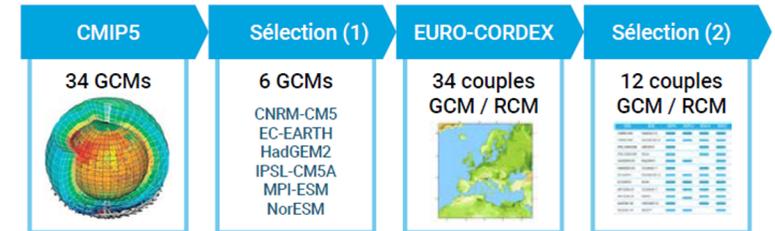
- Des modèles climatiques à aire limitée (RCM) et à plus haute résolution imbriqués dans les modèles globaux (GCM). On passe ainsi d'une résolution de l'ordre de 150 km à une résolution d'environ 12km



- En forçant plusieurs modèles régionaux avec différents modèles globaux, pour plusieurs scénarios d'émission de gaz à effet de serre (scénarios RCP), on construit un ensemble régional.
- L'ensemble Européen EUROCORDEX comprend plus d'une centaines de combinaisons GCM/RCM/Scénario. Une information riche, mais complexe et peu maniable.

# L'ensemble DRIAS 2020

- Une sélection de 12 couples modèle global/modèle régional de l'ensemble européen Eurocordex, choisis pour représenter au mieux la variété de l'ensemble complet. On obtient ainsi un ensemble plus compact et facile à utiliser.
- Une correction statistique qui s'appuie sur les observations de référence du climat passé sur la métropole et qui vise à éliminer les biais des modèles avec au passage une amélioration de la résolution (passage de 12km à 8km)
- Une description améliorée des incertitudes avec les caractéristiques de la distribution des valeurs modélisées (médiane et différents centiles)



# Le rapport DRIAS : une expertise complète sur le jeu de données (98 pages)

## SOMMAIRE

### LE NOUVEAU JEUDRIAS 2020 6

<b>SIMULER LE CLIMAT</b>	<b>8</b>	Impact de la correction ADAMONT sur le changement climatique simulé	<b>16</b>
Les scénarios d'émission de gaz à effet de serre	8	<b>SYNTHÈSE DE LA CONSTITUTION DU JEU DRIAS-2020</b>	<b>17</b>
Les modèles climatiques	9	<b>LES INDICATEURS CLIMATIQUES</b>	<b>20</b>
<b>LA SÉLECTION DES SIMULATIONS POUR LE JEU DRIAS-2020</b>	<b>12</b>	Indicateurs sur les températures	21
Les critères de sélection	12	Indicateurs sur les précipitations	22
Impact de la sélection DRIAS-2020 sur le changement climatique simulé	14	Indicateurs sur le vent	22
<b>LA CORRECTION STATISTIQUE DES SIMULATIONS</b>	<b>15</b>	Des indicateurs « statistiques » en support à l'évaluation de l'incertitude	23
La méthode ADAMONT	15		

### LE DIAGNOSTIC DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN MÉTROPOLE 25

<b>LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS</b>	<b>27</b>	Évolution des cumula de précipitations saisonniers	39
La représentation des incertitudes	27	Synthèse pour les écarts de précipitations	40
La démarche	29	<b>ÉVOLUTION DES ÉVÈNEMENTS EXTRÊMES</b>	<b>42</b>
<b>ÉVOLUTION DES TEMPÉRATURES</b>	<b>30</b>	Évolution des vagues de chaleur et canicules	42
Évolution de la température moyenne annuelle	30	Évolution des vagues de froid et des journées de gel	49
Évolution des températures moyennes saisonnières	33	Évolution des pluies extrêmes	56
Synthèse pour les écarts de température moyenne	34	Évolution des sécheresses météorologiques estivales	60
<b>ÉVOLUTION DES PRÉCIPITATIONS</b>	<b>36</b>	Évolution des vents forts	64
Évolution du cumul annuel de précipitations	36	<b>SYNTHÈSE</b>	<b>68</b>

## LES NOUVELLES PROJECTIONS CLIMATIQUES DE RÉFÉRENCE DRIAS 2020 POUR LA MÉTROPOLE

### EN SAVOIR PLUS SUR LE JEU DRIAS-2020 70

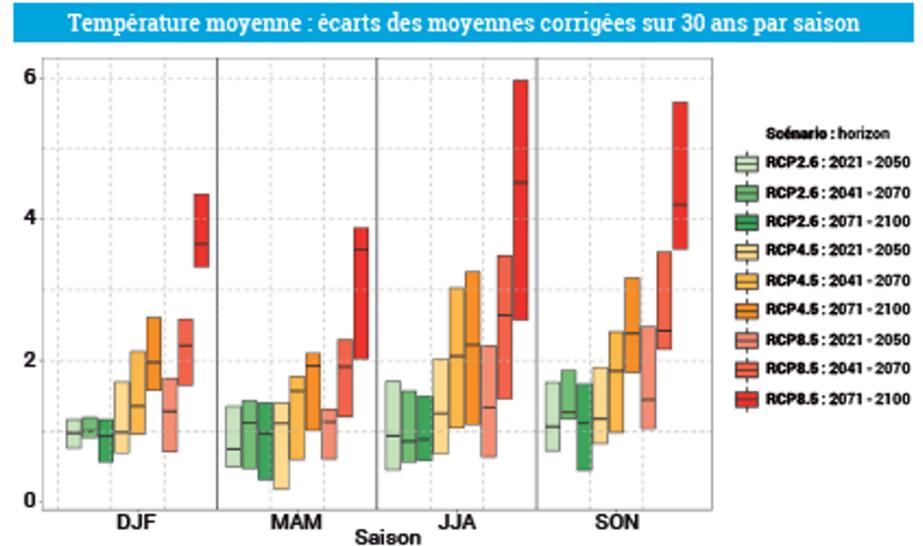
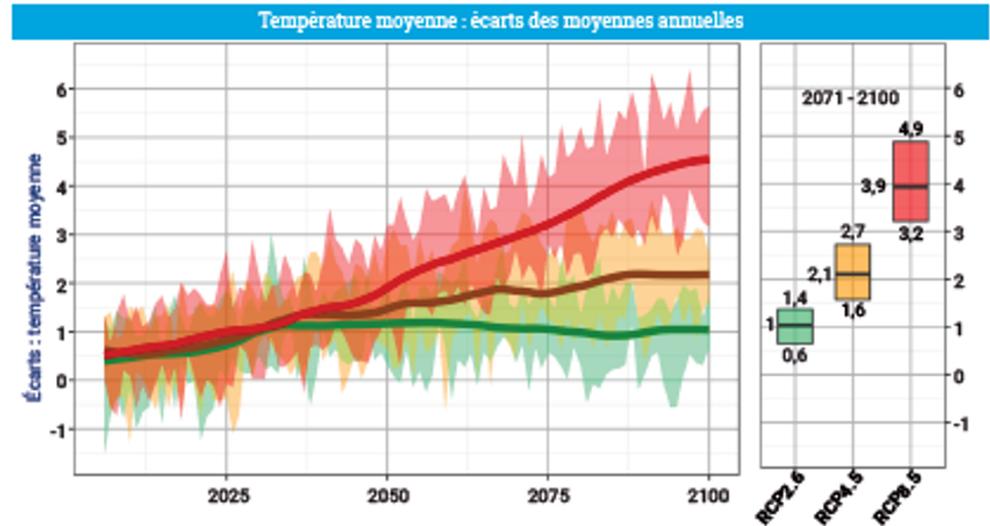
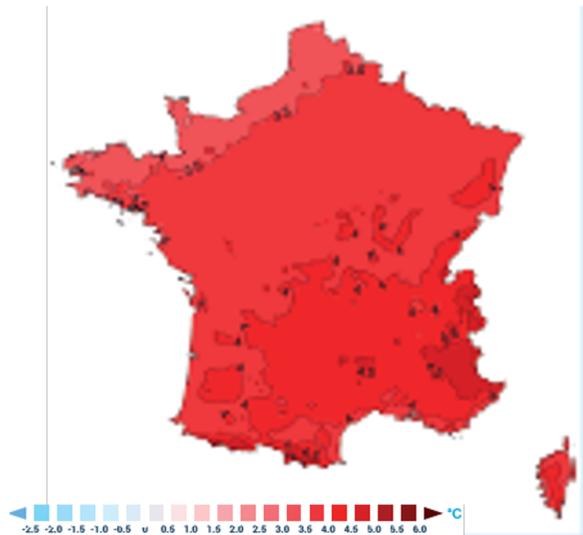
<b>LES PRINCIPES DE LA MODÉLISATION CLIMATIQUE</b>	<b>71</b>	<b>ÉVOLUTION DE LA CIRCULATION GÉNÉRALE DANS LE JEU DRIAS-2020</b>	<b>81</b>
<b>LES SIMULATIONS RÉGIONALISÉES EURO-CORDEX</b>	<b>74</b>	<b>LES INDICATEURS DRIAS</b>	<b>84</b>
<b>LA MÉTHODE ADAMONT</b>	<b>76</b>	<b>LA COMPARAISON DES JEUX DRIAS-2020 ET DRIAS-2014</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>			<b>96</b>

# Evolution des températures

> Hausse continue des températures annuelles atteignant + 2,1°C\* (RCP4.5) à +3,9°C\* (RCP 8.5) en valeur médiane (\* ref 1976-2005)

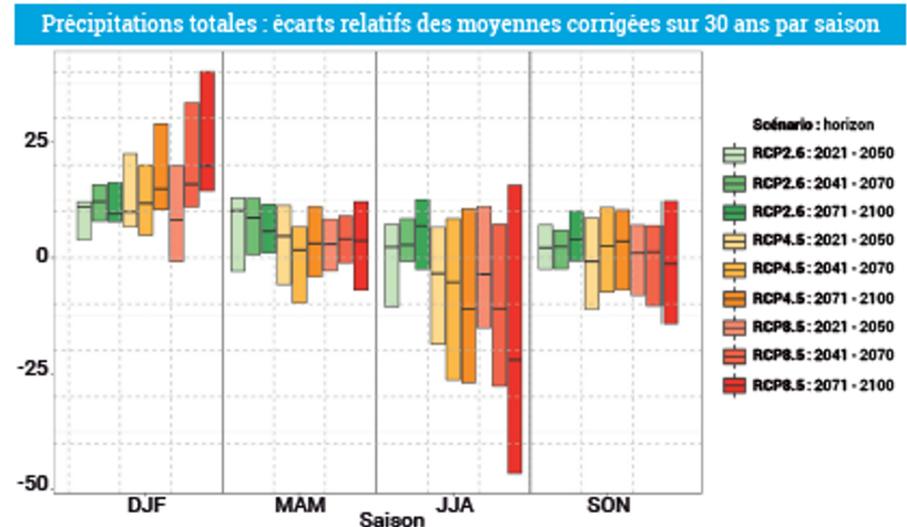
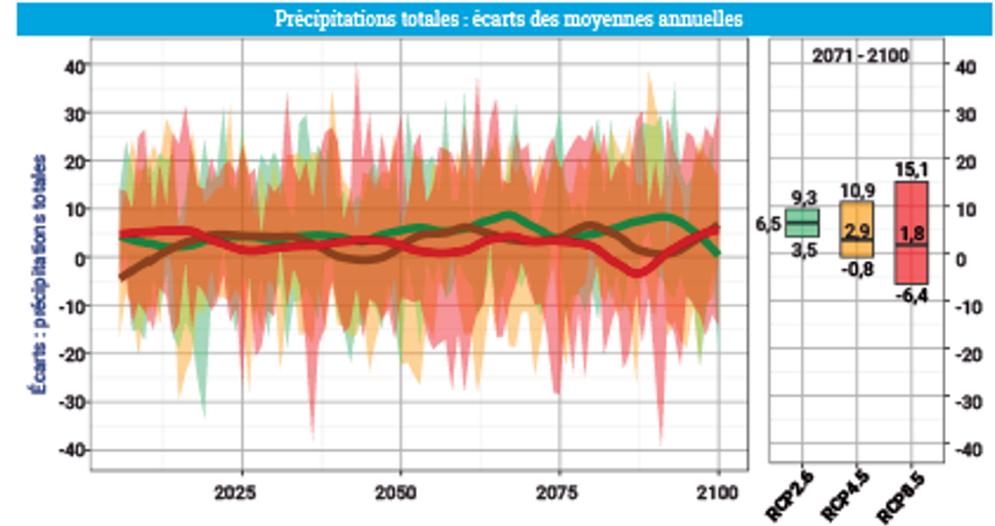
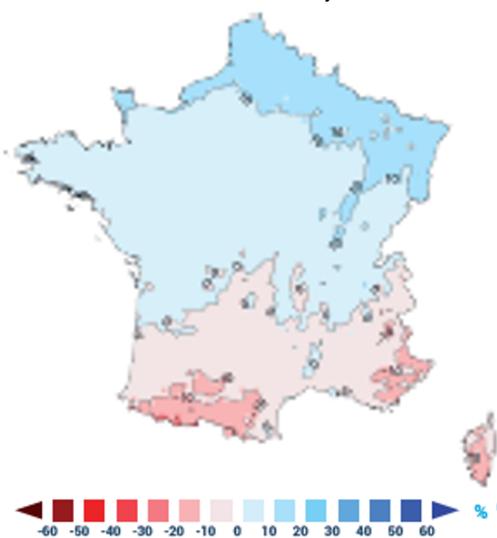
> hausse plus forte l'été que l'hiver

> Gradient nord ouest-sud est sur la France (exemple ci dessous de la médiane du RCP8.5 en fin de siècle )



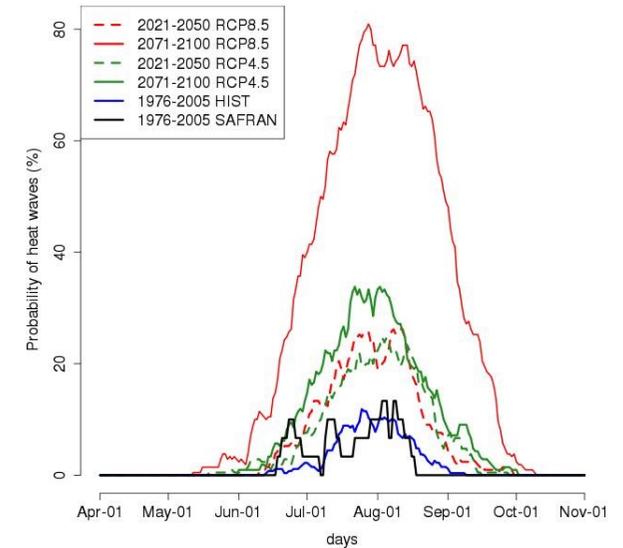
# Evolution des précipitations

- > Peu d'évolution du cumul annuel des précipitations (par rapport à 1976-2005)
- > Contraste saisonnier : hausse en hiver , baisse en été
- > contraste géographique avec gradient sud-ouest / nord est sur la France (exemple ci dessous de la médiane du RCP8.5 en fin de siècle )



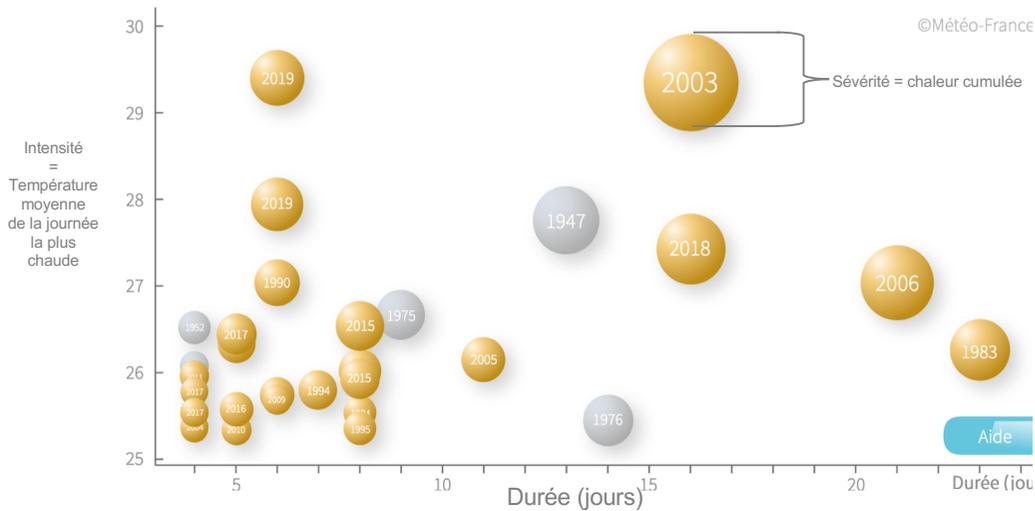
# Vagues de chaleur

- Climat passé : 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



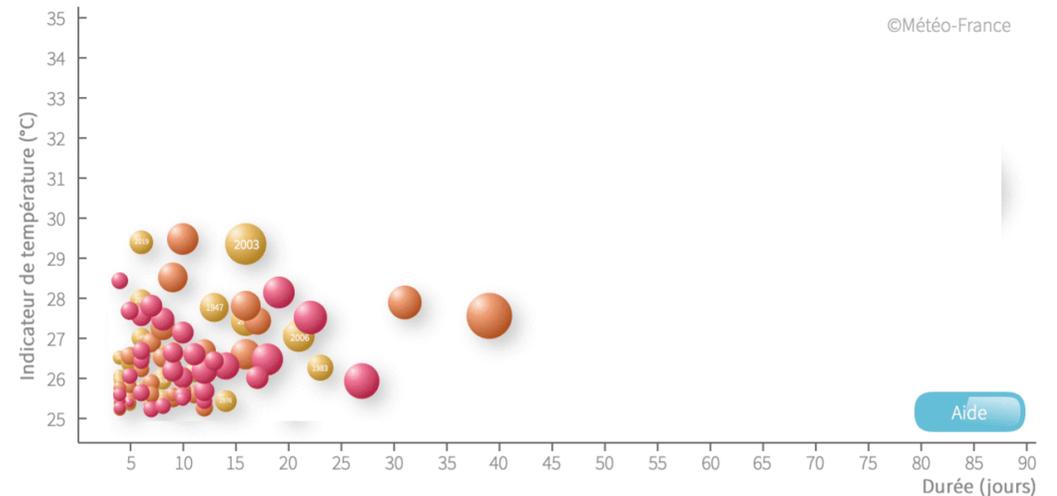
## Episodes de vague de chaleur à l'échelle nationale

● 1947-1983 (46 ans) ● 1984-2019 (45 ans)



## Episodes de vague de chaleur à l'échelle nationale

● Observations (1947-2019) ● RCP2.6 ● RCP8.5



Comparer les scénarios

2021-2050

RCP 2.6

Épisodes observés (1947-2018)

Comparer les horizons

2071-2100

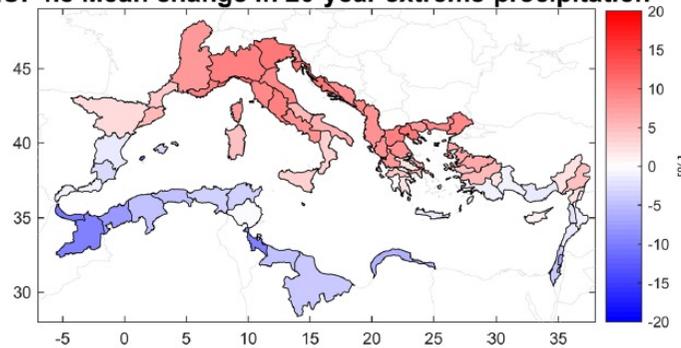
RCP 8.5

# Evolution des extrêmes : pluies extrêmes

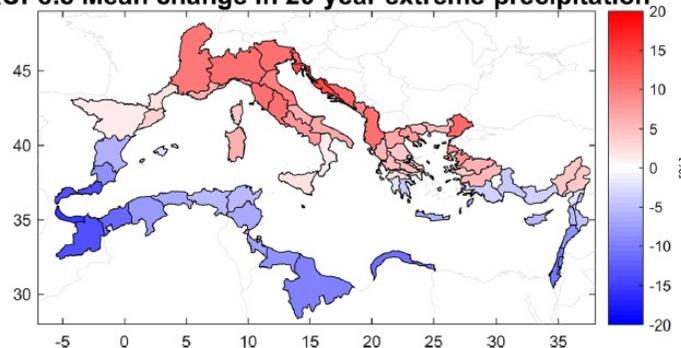
- Difficulté de représenter les phénomènes de pluie intense (convection) avec des modèles de climat de grande échelle
- Nouveau jeu DRIAS-2020 basé sur un ensemble Eurocordex et indicateur P99 montrant une hausse probable (tous RCP) des pluies fortes en toute région
- Nouvelles simulations climatiques 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

RCP4.5 Mean change in 20-year extreme precipitation



RCP8.5 Mean change in 20-year extreme precipitation



## Horizon "fin de siècle" (2071-2100)

### Médiane

RCP  
2.6



RCP  
4.5



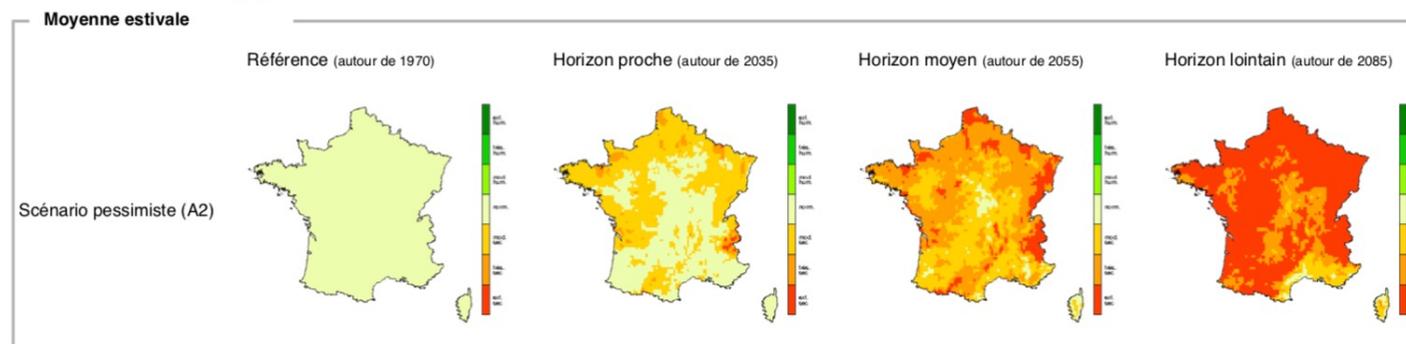
RCP  
8.5



## Autres simulations d'impact à partir de DRIAS-2020

- Réalisation de simulations hydrologiques avec le modèle SIM2 à partir du jeu DRIAS-2020 dans le cadre du projet Explore2
  - actualisation et enrichissement des indicateurs sur l'humidité des sols superficiels
  - Nouveaux indicateurs sur les débits extrêmes (étiages, crues) et niveau des nappes.

Indice sécheresse d'humidité des sols (SSWI) du modèle ISBA ,  
CLIMSEC-2010 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France



# DRIAS2020-SIM2 : précipitation et ETP

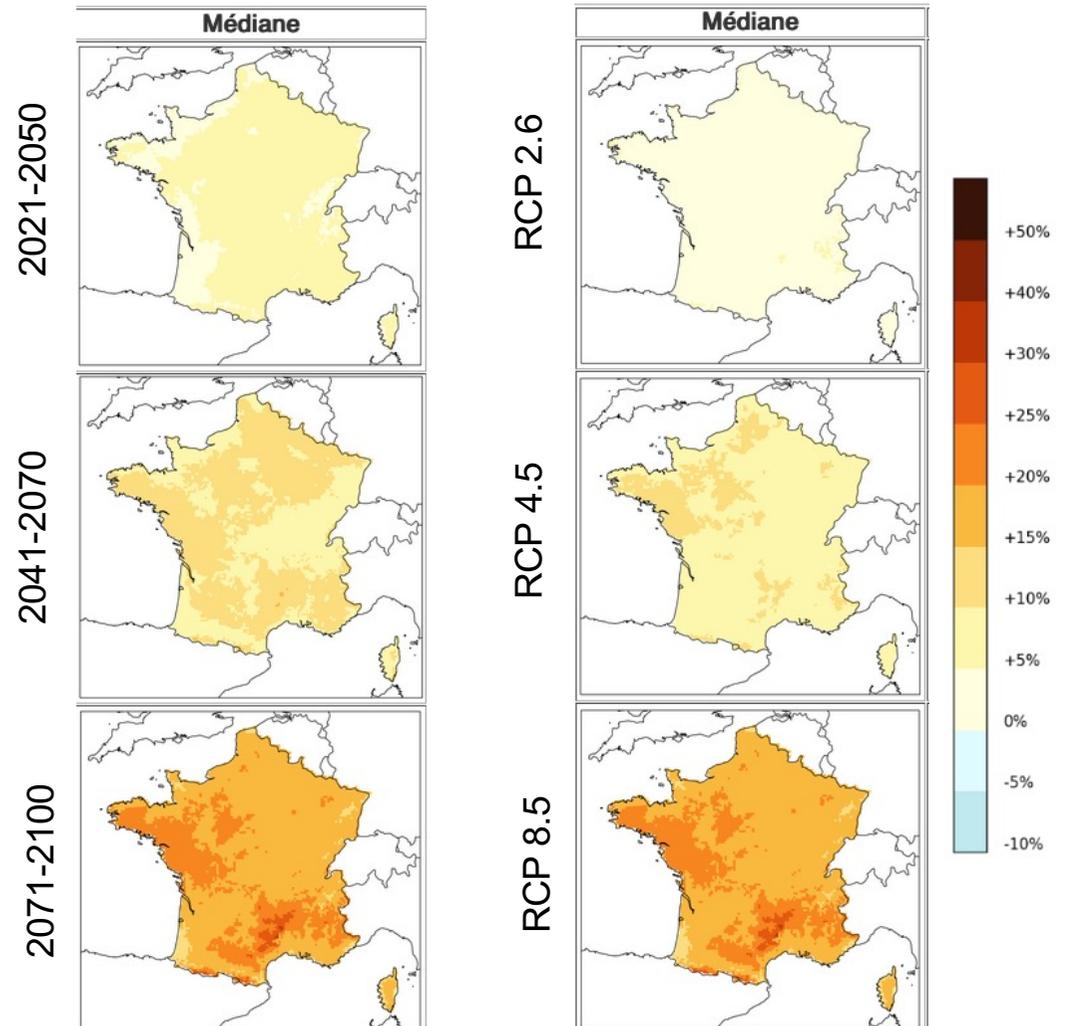
## Précipitations

Année	RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
	Médiane	[C5 ; C95]	Médiane	[C5 ; C95]	Médiane	[C5 ; C95]
H1	+4,8 %	[-1,6 ; +7,9]	+2,8 %	[-1,4 ; +6,4]	+2,2 %	[-2,2 ; +7,7]
H2	+6,2 %	[+1,1 ; +8,5]	+1,6 %	[-3,3 ; +7,8]	+3,4 %	[-2,0 ; +10,2]
H3	+6,5 %	[+3,5 ; +9,3]	+2,9 %	[-0,8 ; +10,9]	+1,8 %	[-6,4 ; +15,1]
Hiver	RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
	Médiane	[C5 ; C95]	Médiane	[C5 ; C95]	Médiane	[C5 ; C95]
H1	+9,9 %	[+2,6 ; +12,0]	+9,9 %	[+6,6 ; +22,4]	+8,1 %	[-0,8 ; +19,8]
H2	+11,3 %	[+6,8 ; +15,7]	+11,7 %	[+4,8 ; +20,0]	+15,8 %	[+10,9 ; +33,4]
H3	+8,9 %	[+7,8 ; +15,9]	+14,8 %	[+10,4 ; +28,8]	+19,8 %	[+14,4 ; +40,1]
Été	RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
	Médiane	[C5 ; C95]	Médiane	[C5 ; C95]	Médiane	[C5 ; C95]
H1	+1,8 %	[-10,1 ; +7,1]	-3,4 %	[-18,7 ; +6,5]	-3,6 %	[-15,1 ; +11,0]
H2	+2,5 %	[-0,7 ; +8,4]	-5,3 %	[-26,3 ; +8,4]	-11,0 %	[-27,7 ; +7,2]
H3	+4,3 %	[-2,3 ; +12,5]	-11,1 %	[-27,0 ; +10,5]	-22,0 %	[-46,5 ; +15,6]

## ETP

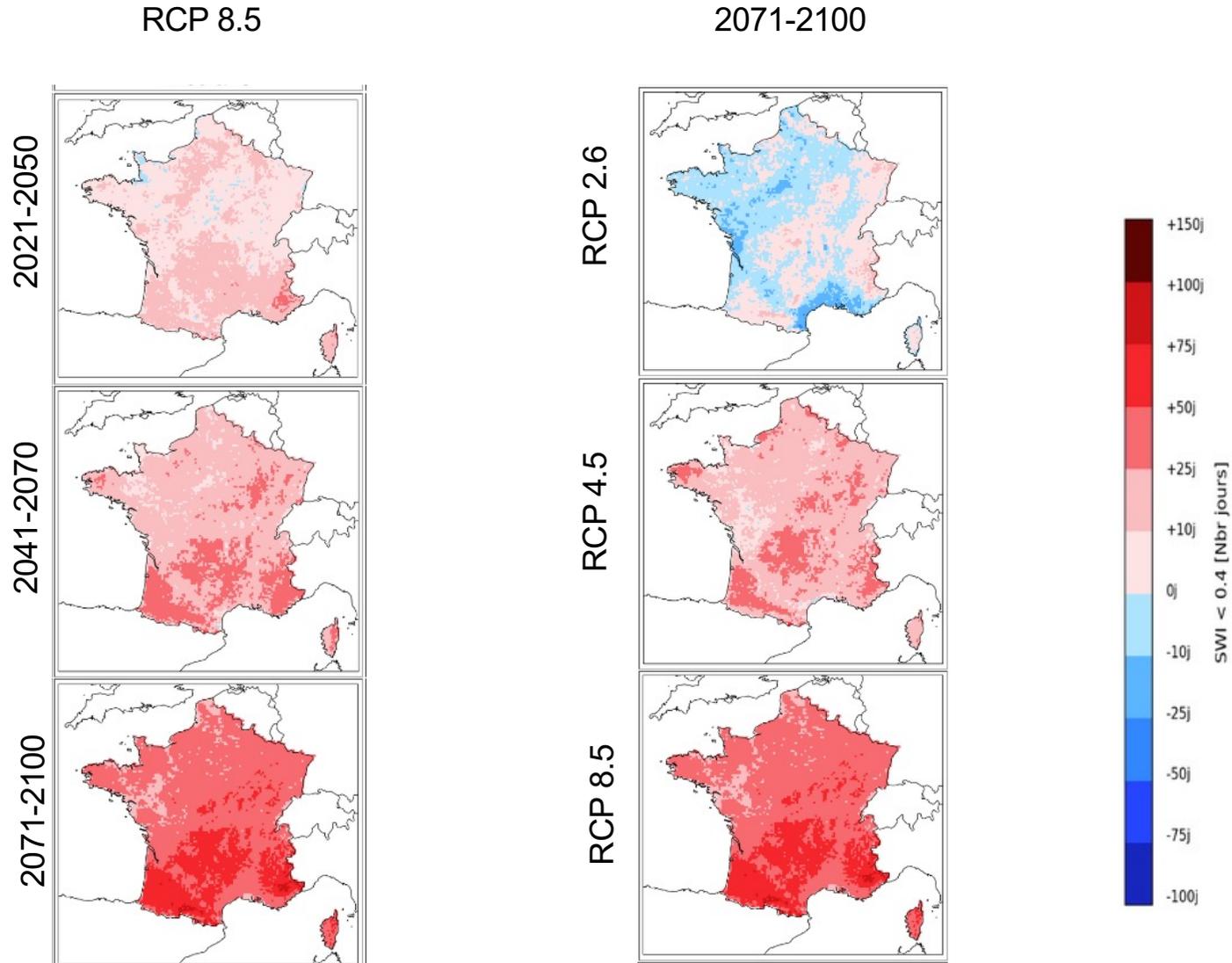
RCP 8.5

2071-2100



# DRIAS2020-SIM2 : Soil Wetness Index (SWI)

Nombre de jours de sol sec (SWI<0,4)



## DRIAS2020-SIM2 : premiers résultats 2/2

- Augmentation de la variabilité saisonnière et géographique du cumul de précipitation et la hausse globale de l'évapotranspiration potentielle (ETP) pouvant dépasser 20% dans un scénario de forte émission
- La hausse de l'ETP ne se traduira pas par une hausse équivalente de l'évapotranspiration réelle, voire se traduira par une légère baisse par rapport à la situation actuelle du fait de la limitation de l'évaporation des plantes en fonction de l'eau réellement disponible dans le sol. Ce résultat est à mettre en regard de l'augmentation du stress hydrique de la végétation, particulièrement en été.
- Diminution globale du contenu en eau du sol en dehors de l'hiver et augmentation conséquente du nombre de jours de sol sec au printemps et en été dans la plupart des régions françaises.
- Baisse de l'équivalent en eau du manteau neigeux disponible au printemps dans les Alpes du Nord, les Alpes du Sud et les Pyrénées pouvant représenter jusqu'à la moitié du stock en milieu de siècle.
- L'augmentation attendue des précipitations hivernales permettra la hausse du drainage pendant la période de recharge des nappes sur la moitié nord de la France mais pas forcément sur les régions du sud de la France.

# Une information climatique largement accessible

## DRIAS



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE  
**DRIAS les futurs du climat**

Bienvenue sur le nouveau portail DRIAS  
 Venez découvrir les nouvelles projections climatiques de référence et les nouveaux indicateurs à travers une exploration et un design innovants.

**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 géolocaliser 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.

Partenaires du projet DRIAS : METEO FRANCE, Institut Pierre Simon Laplace, CERFACS

## Climat<sup>HD</sup>



Climat passé | Climat futur

FRANCE MÉTROPOLITAINE | L'évolution constatée du climat

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?

Températures | Précipitations | Phénomènes | Impacts

Contact | Actualités climatiques | Offre de services climatiques | Liens utiles | Mentions légales | Climat futur

## Centre de ressources pour l'adaptation au changement climatique



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE  
**Centre de ressources pour l'adaptation au changement climatique**

Enjeux | En région | Ressources | Actualités | Vous êtes ?

Un centre de ressources au service des territoires

Le climat change : quels en sont les effets concrets ? Est-il possible d'anticiper, et comment s'adapter au changement climatique ? Quelles sont les bonnes expériences à connaître, et les acteurs de l'adaptation au changement climatique ?

Pour apporter des réponses concrètes, cette plateforme portée par le Cerema en partenariat avec l'ONERC, l'ADEME et Météo-France propose les ressources essentielles sélectionnées pour s'engager dans l'adaptation au changement climatique.

Votre parcours personnalisé | Notre sélection de ressources

CC Adaptation Changement Climatique



**MERCİ DE VOTRE ATTENTION**

Référence sur le jeu de données DRIAS-2020

XXXIII<sup>ème</sup> Colloque de l'Association Internationale de Climatologie

**LE NOUVEAU JEU DE SIMULATIONS CLIMATIQUES  
REGIONALISEES SUR LA FRANCE POUR LE SERVICE DRIAS**

**SOUBEYROUX J.-M.<sup>1</sup>, BERNUS S.<sup>1</sup>, CORRE L.<sup>1</sup>, GOUGET V.<sup>1</sup>, KERDONCUFF M.<sup>1</sup>,  
SOMOT S.<sup>2</sup>, TOCQUER F.<sup>1</sup>**