

Changement climatique

De la donnée aux services climatiques

Christophe Deblanc, Météo-France
Directeur régional Auvergne-Rhône-Alpes

Le 9 janvier 2024

Météo-France (établissement public administratif) :

- « Météo-France est chargé de contribuer, au plan international, à la mémoire et à la prévision du changement climatique »
- « Météo-France contribue également, par ses informations et son expertise, à l'élaboration des politiques publiques en matière de changement climatique »



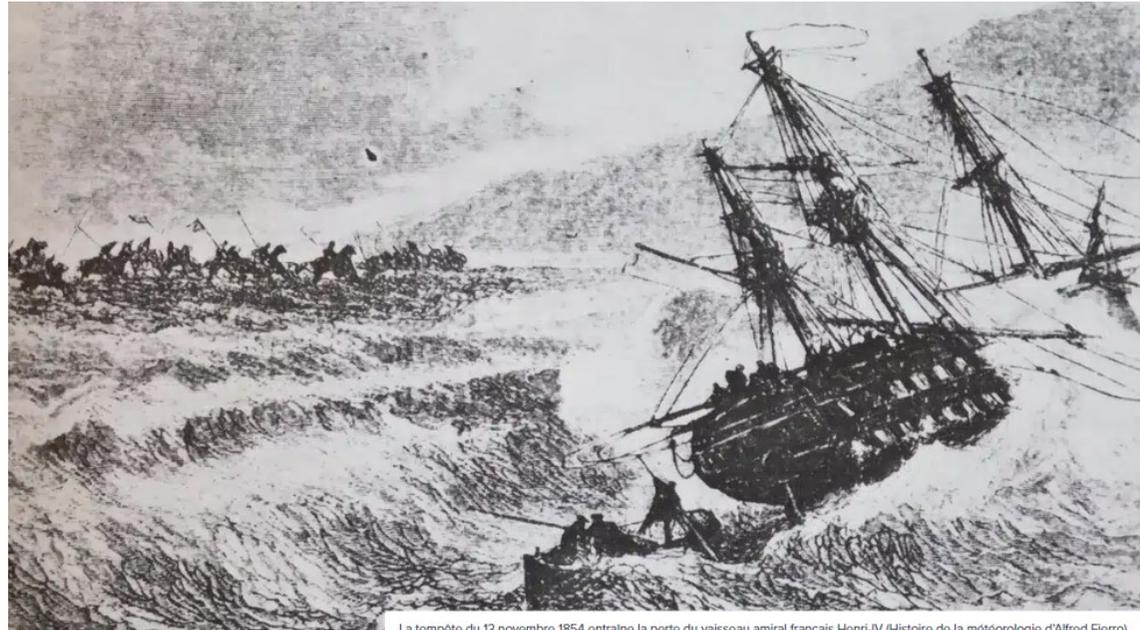
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



METEO
FRANCE

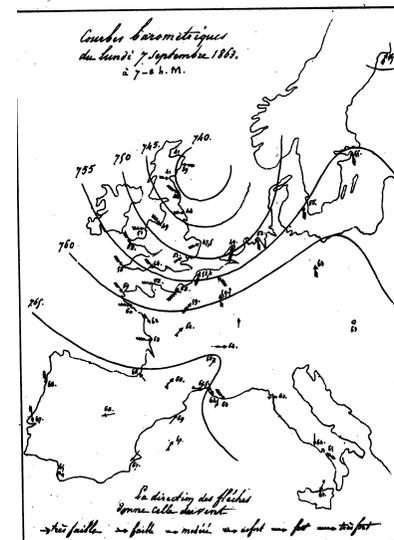
À VOS CÔTÉS, DANS UN
CLIMAT QUI CHANGE



La tempête du 13 novembre 1854 entraîne la perte du vaisseau amiral français Henri-IV (Histoire de la météorologie d'Alfred Fierro).



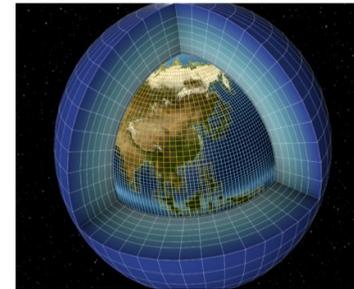
U. Le Verrier, fondateur du service
météorologique international - Huile
sur toile de Giacomotti, vers 1880-
Château de Versailles © RMN (Château
de Versailles)/Gérard Blot



La première carte
isobarique publiée
en 1863 © Météo-
France

L'observation à Météo-France

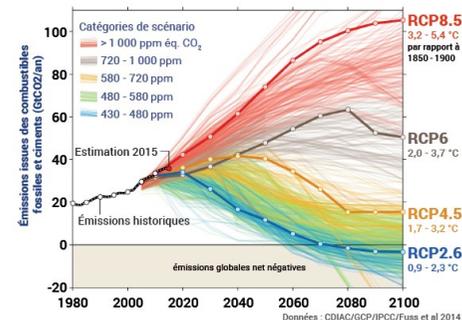
- Quels besoins pour l'observation ?
 - La prévision numérique
 - Conditions initiales et aux limites
 - Paramétrages des modèles
 - Validation et évaluation des modèles



- Le service aux usagers
 - L'Aéronautique
 - Activités météo-sensible



- La climatologie
 - Caractérisation du changement climatique (longues séries de données)
 - Ré-analyses
 - Produits climatiques (durée de retour, normale saisonnière ...)



L'observation à Météo-France

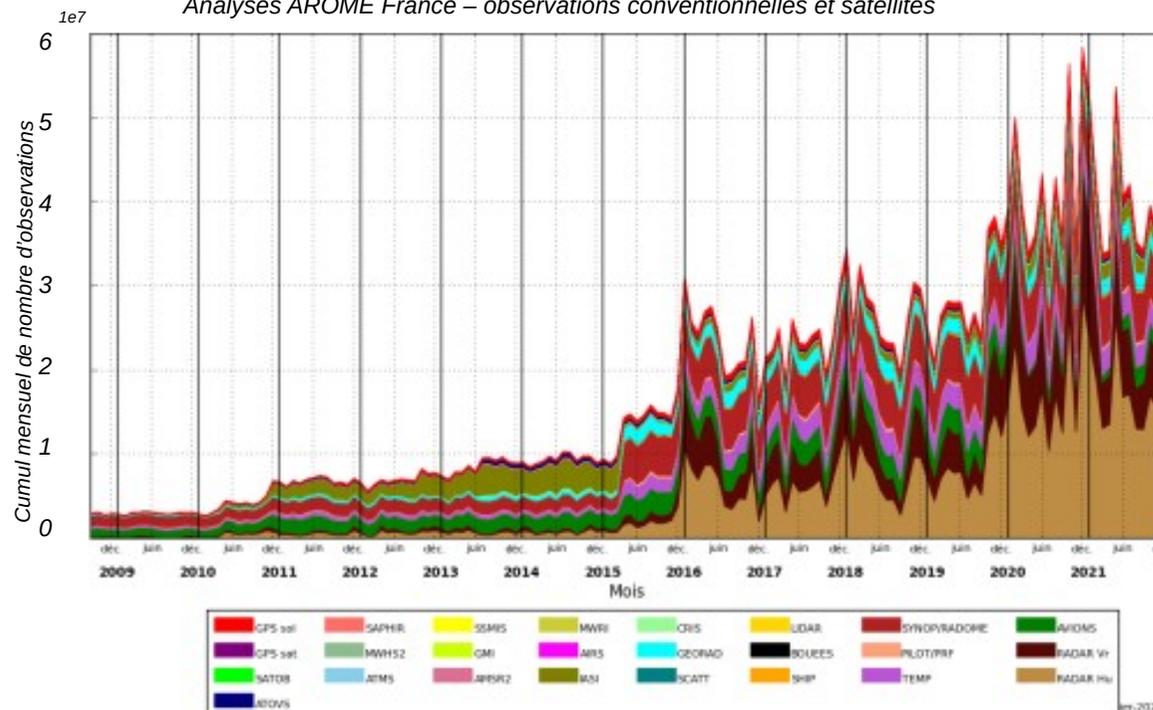
L'observation comprend :

- Une composante d'observation depuis la surface
 - l'observation au sol
 - l'observation en mer
 - l'observation en altitude
 - l'observation à l'aide de radars précipitations et de capteurs foudre

- Une composante d'observation depuis l'espace, réalisée par des satellites météorologiques (géostationnaires et défilants)



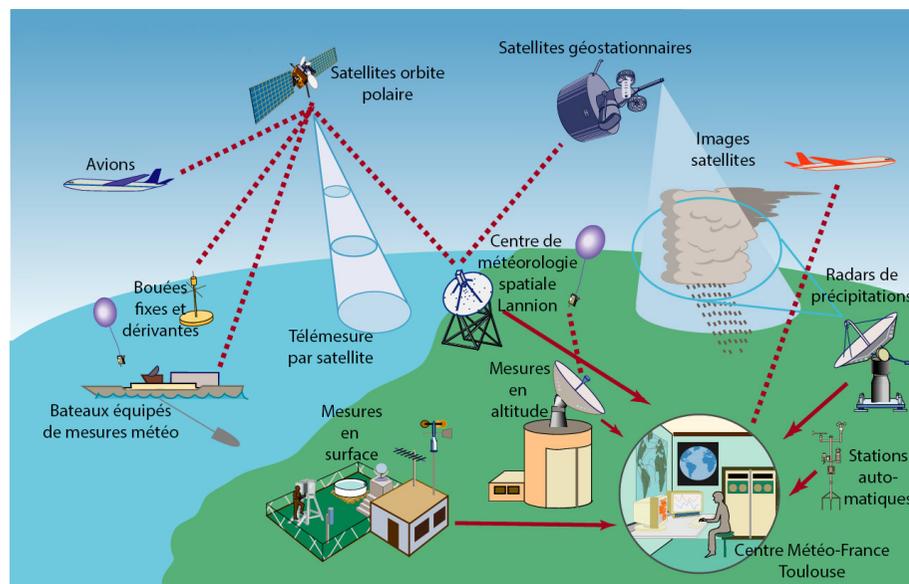
Evolution des cumuls mensuels de nombre d'observations utilisées par type d'observation
Analyses AROME France – observations conventionnelles et satellites



L'observation à Météo-France

Météo-France installe et maintient des réseaux de nature variée :

- Réseau pour les besoins opérationnels internes :
 - Surface (RADOME) : ~700 stations automatiques en France, dont ~100 stations ultra-marines
 - Mer : ~70 stations bateaux, 5 bouées ancrées, houlographes, bouées dérivantes...
 - Altitude : 19 stations de radiosondage, dont 5 en métropole, 10 ultra-marines et 4 stations bateau, 3 profileurs UHF
 - Radar : 33 radars en métropole et 5 ultra-marins
 - Aérosol : 6 Lidars dont un mobile, 4 avec un photomètres associé
- Réseau Climatologique d'état :
 - ~720 stations automatiques en métropole et ~70 outremer concentrées en temps réel et encore
 - ~ 135 stations (métropole et outre-mer) dites manuelles opérées par des observateurs bénévoles en cours de modernisation

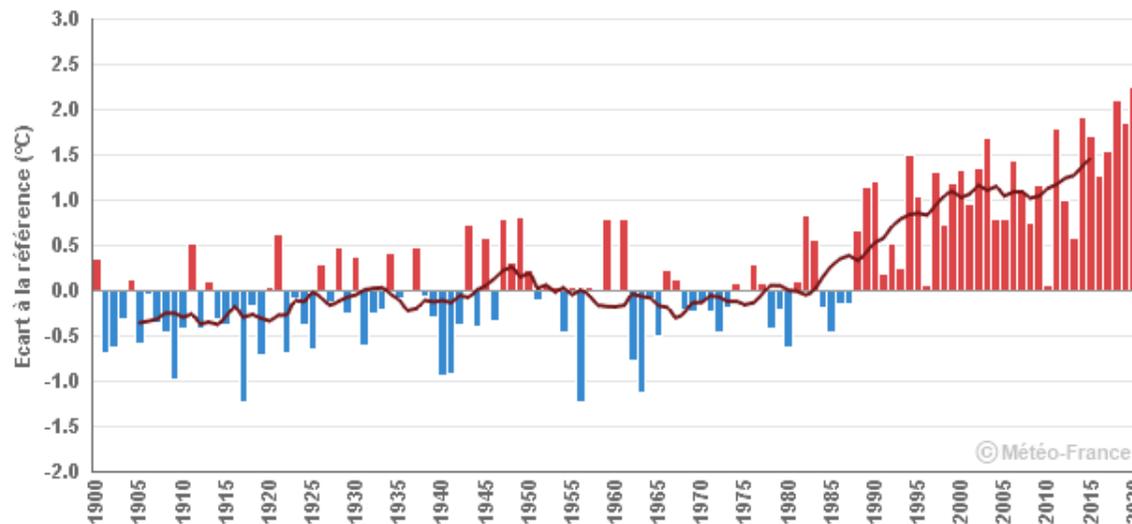


L'évolution récente des températures

Evolution des températures :

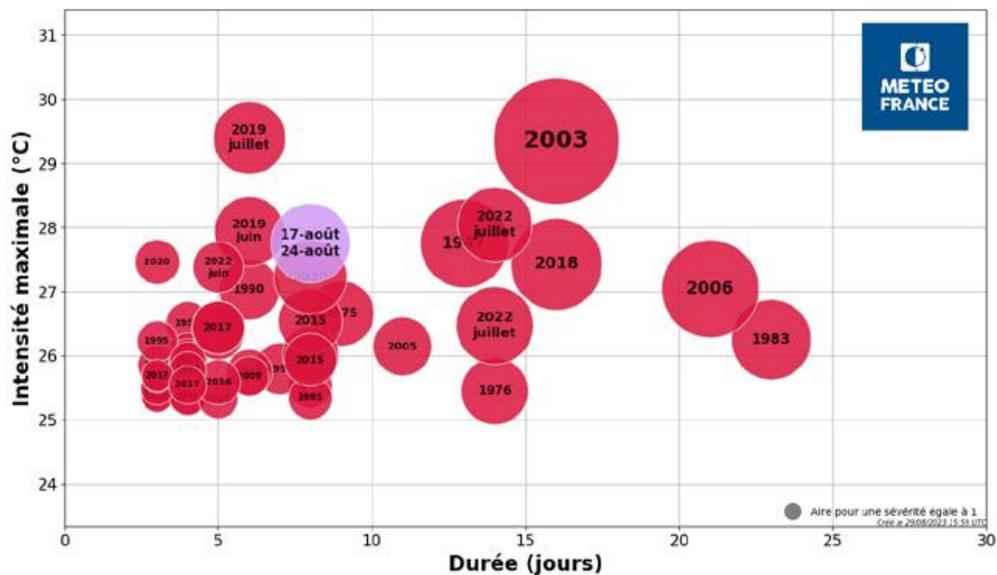
- +1,7° C depuis 1900 en métropole

Température moyenne annuelle : écart à la référence 1961-1990
France métropolitaine

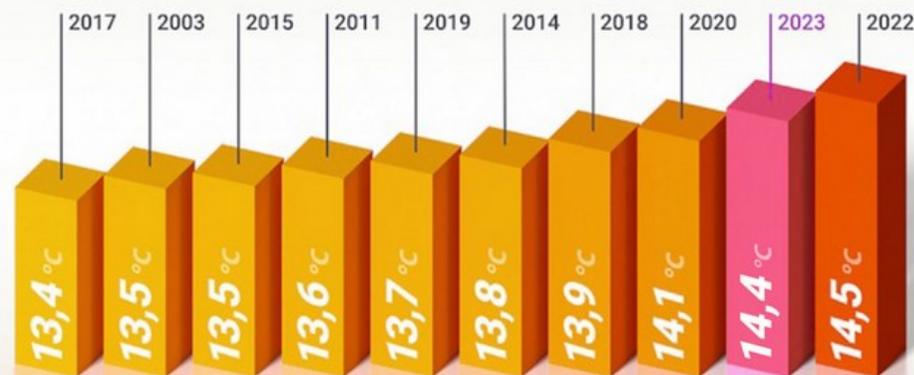


Vagues de chaleur observées

France



LES 10 ANNÉES LES PLUS CHAUDES EN FRANCE DEPUIS 1900

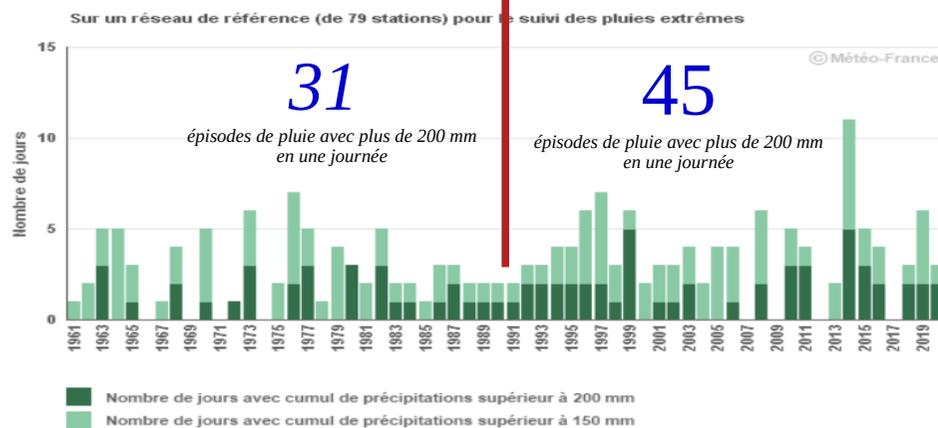
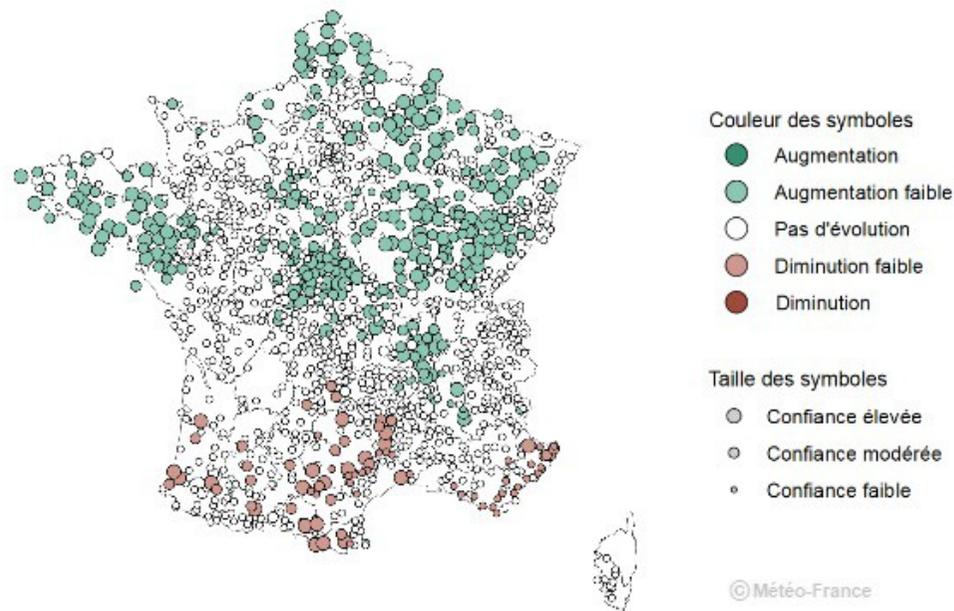


L'évolution des précipitations

Evolution des précipitations

- Fortes variations d'une année à l'autre
- Une légère augmentation au Nord et une légère diminution au Sud
- Des précipitations extrêmes plus intenses et plus fréquentes sur le pourtour méditerranéen

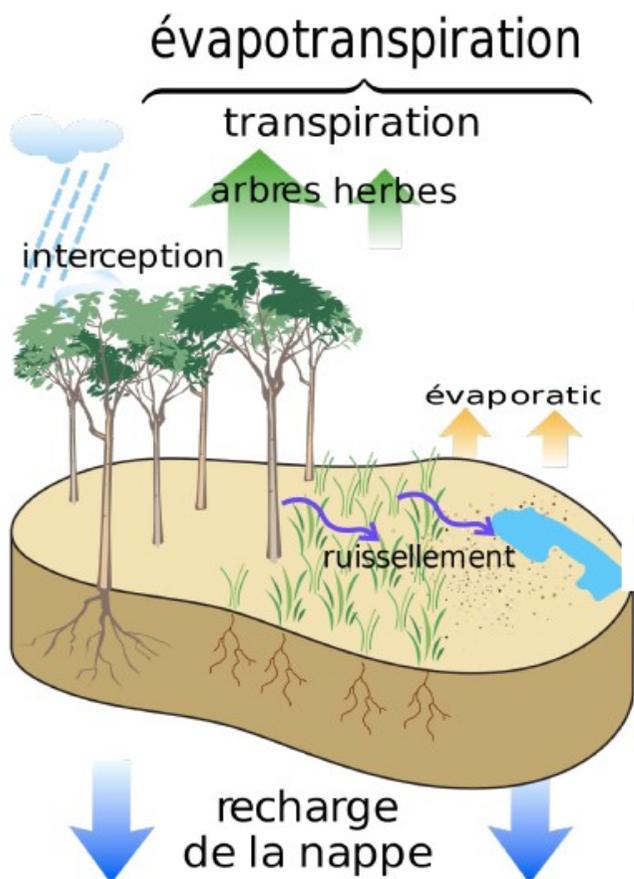
Evolution observée du cumul annuel sur la période 1961-2012



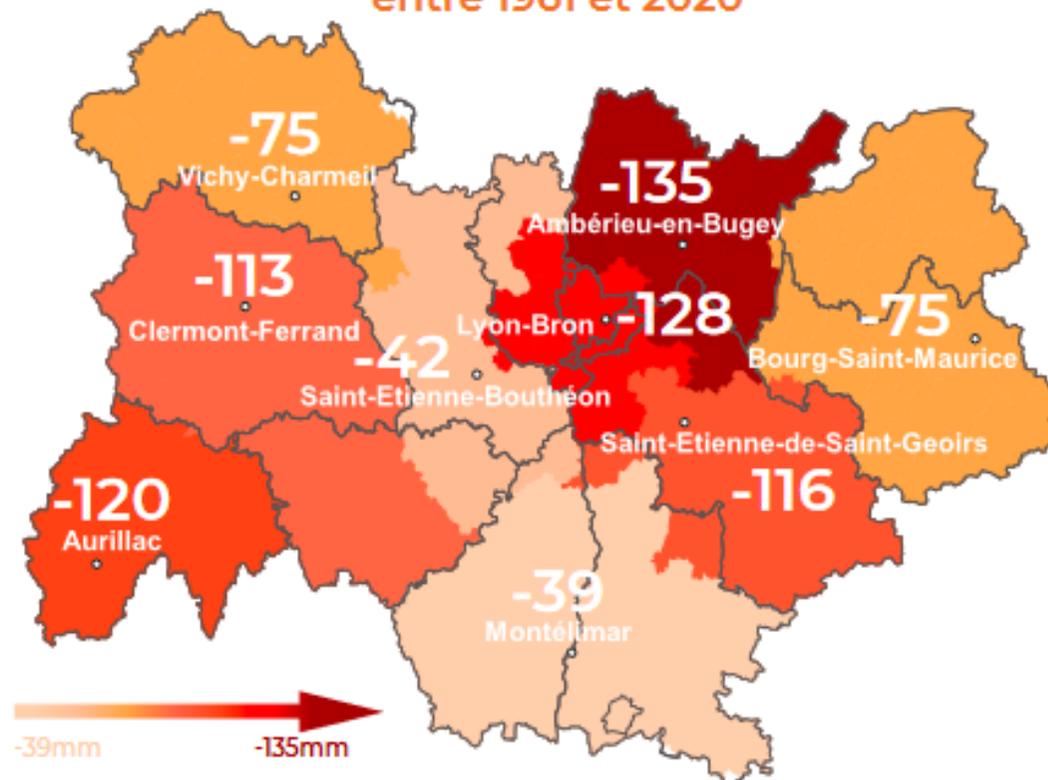
Pluies Extrêmes en région méditerranéenne entre 1961 et 2020
(source : Météo-France – Climat HD)

L'évolution de la ressource en eau

Modification du cycle de l'eau sous l'effet des températures

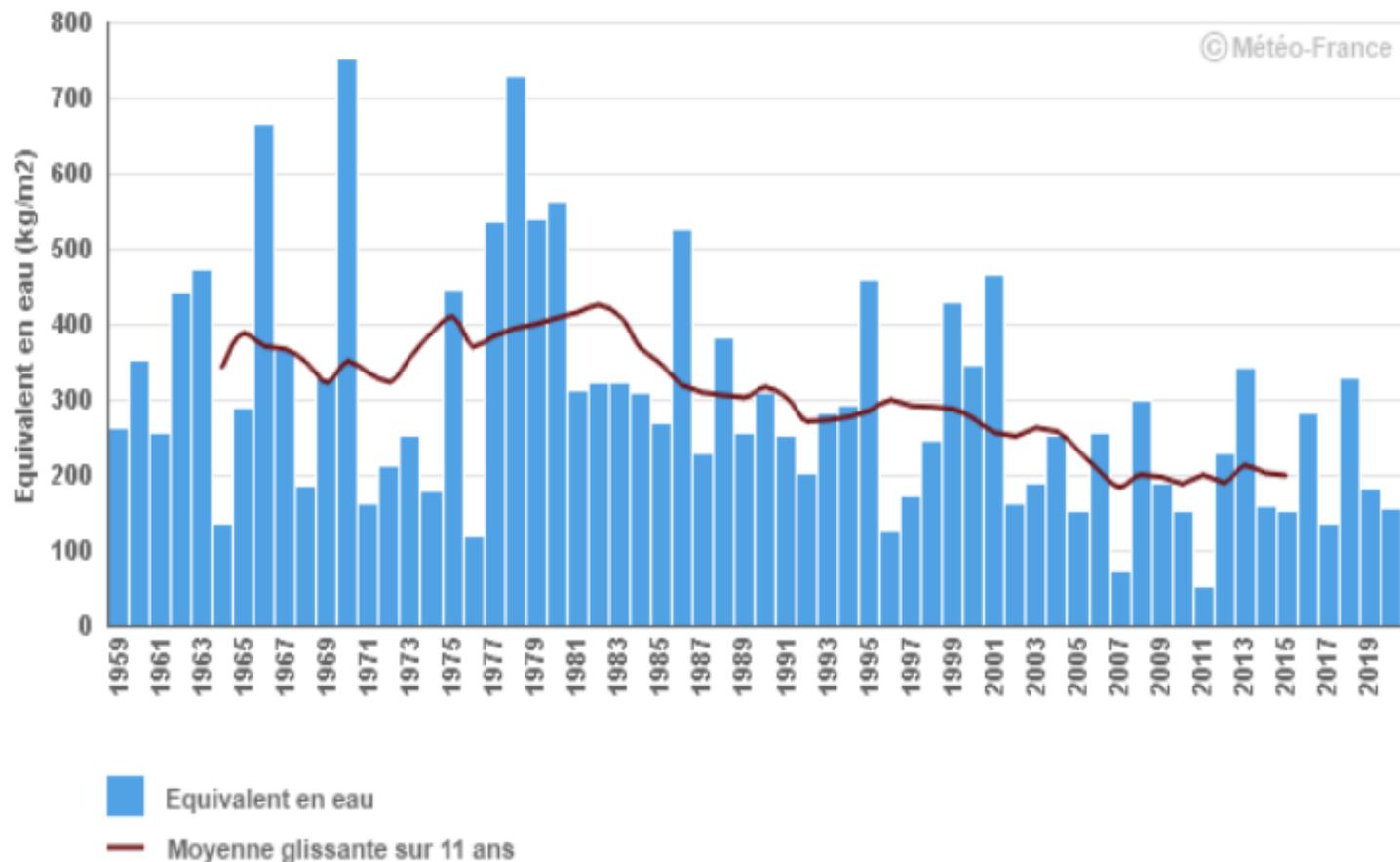


Évolution du bilan hydrique climatique annuel entre 1961 et 2020



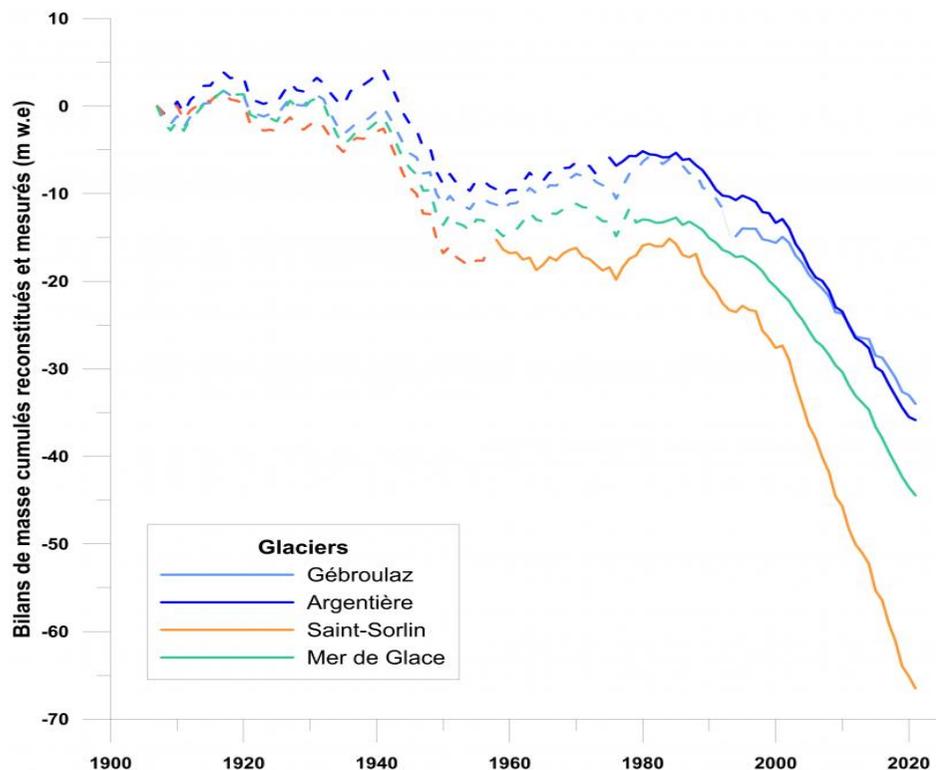
L'évolution de l'enneigement

Diminution du nombre de jours d'enneigement



Équivalent en eau du manteau neigeux au 1^{er} mai dans les Alpes du Nord
(source : Météo-France – Climat HD)

Impacts observés sur les glaciers



Diminution non uniforme avec deux étapes de fortes décroissances :

- 1942-1953 : hivers peu enneigés et d'étés très chauds.

- et 1985-2020 : résultat d'une augmentation très importante de la fusion estivale

1911



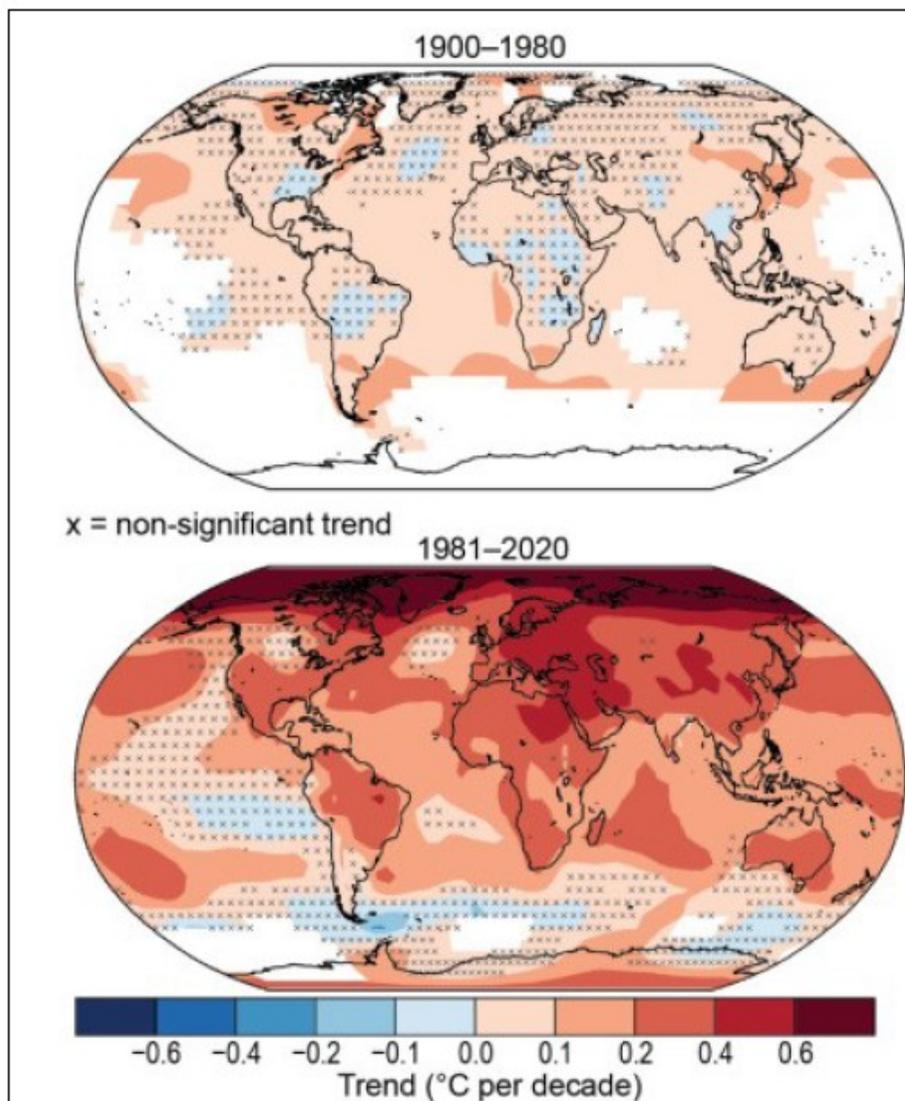
2011



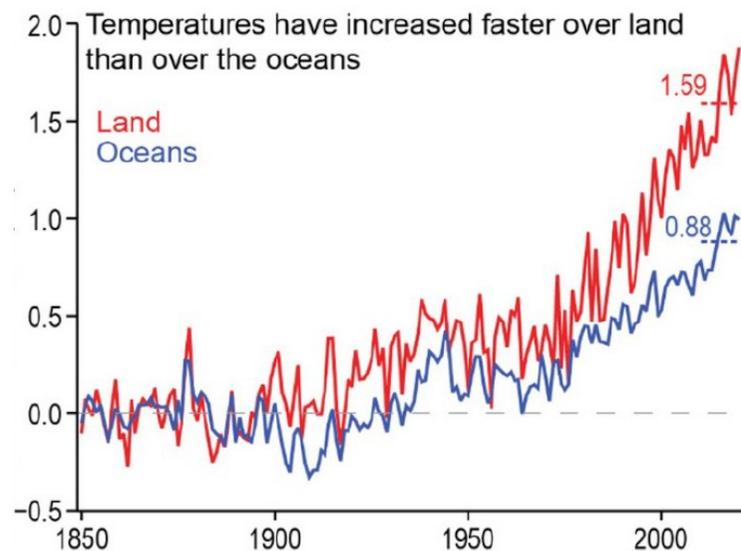
Effet d'un climat à + 2°C (écart de température moyenne entre les climats de début du XX^e et du début de XXI^e) dans les Pyrénées

(glacier d'Ossoue dont la surface s'est réduite de 60 %)

Un réchauffement mondial non uniforme



Anomalie de la température en surface, par rapport à la référence 1850-1900 (°C)

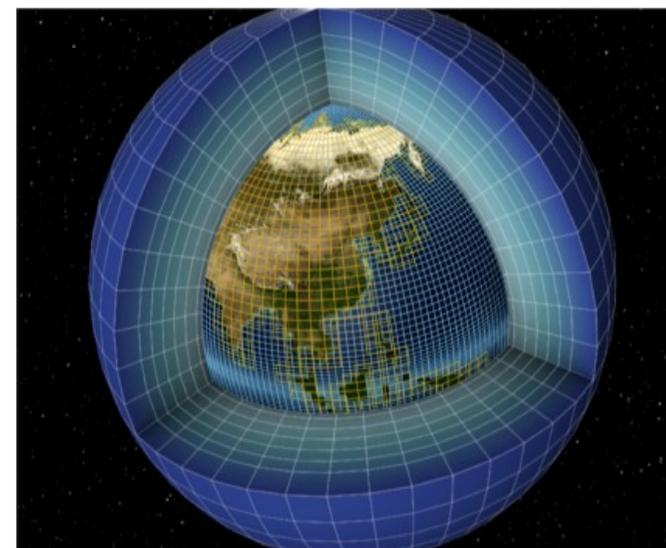
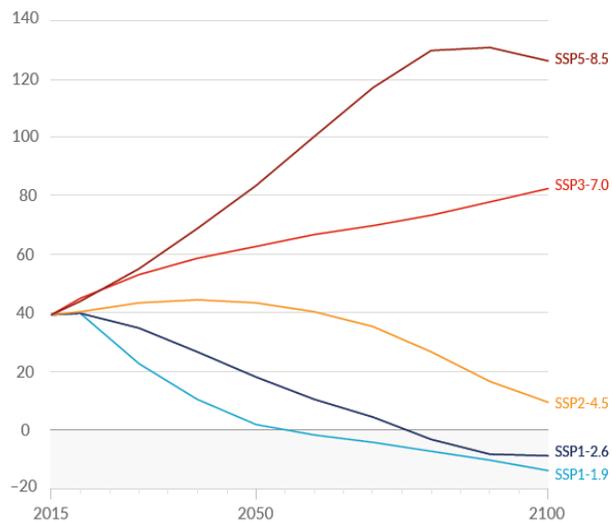


<https://www.carbonbrief.org/in-depth-qa-the-ipcc-sixth-assessment-report-on-climate-science>
Source: IPCC (2021) Figure 2.11c

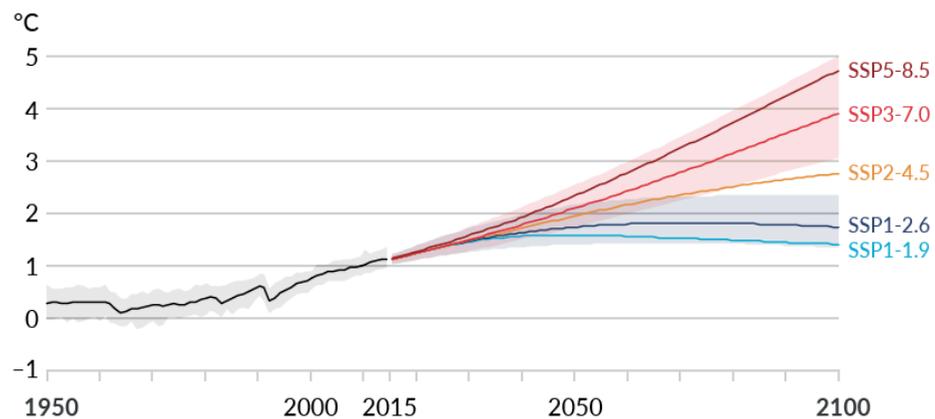
La température en surface a augmenté nettement plus rapidement sur les continents, que sur les océans.

Les scénarios du GIEC

Scénarios d'émission de CO2



Evolution de la température globale



La régionalisation des scénarios globaux

300 km

50 km

20-12 km

8 km

8 km

Résolution Spatiale

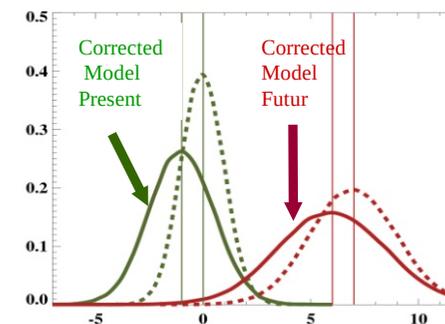
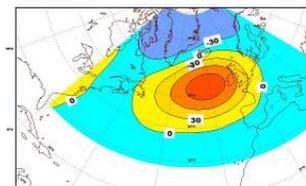
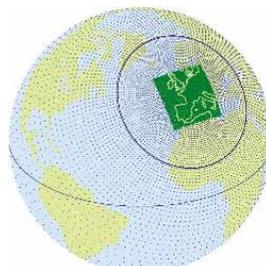
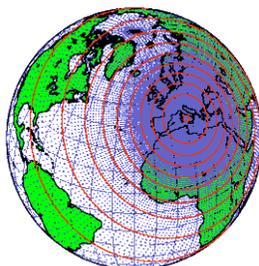
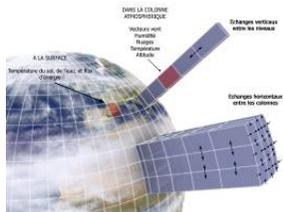
Global Models IPCC

GCM with zoom ability (ARPEGE)

Limited Area Models (ALADIN, MM5, LMDz)

Statistical Downscaling

Quantile-Quantile CDF-t, Adamont Correction



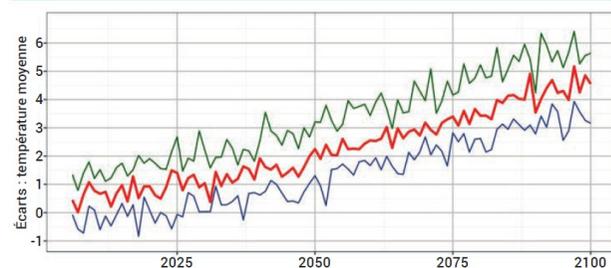
Projections sur la France
Résolution = 8 km

Les services climatiques proposés par Météo-France

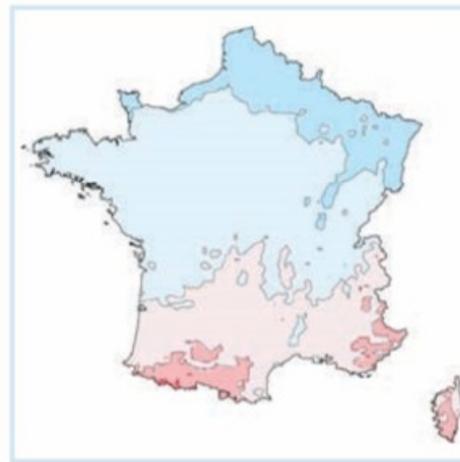
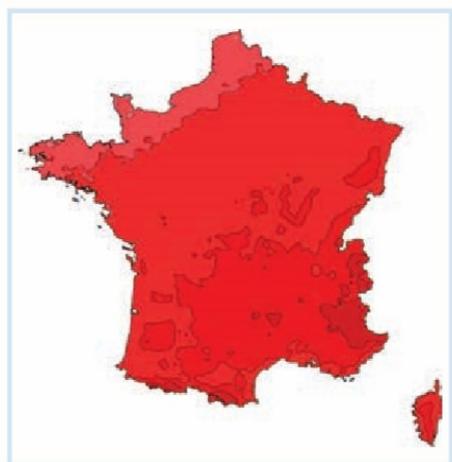
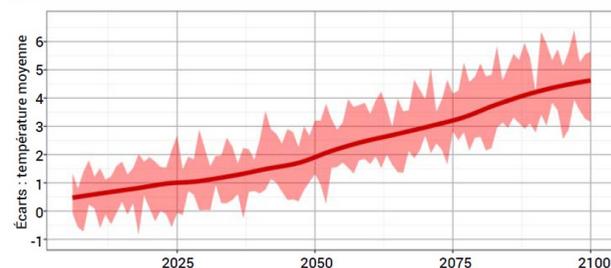
DRIAS, les futurs du climat

- Approche par scénario climatique (RCP8.5, RCP4.5 et RCP2.6) horizon temporel (2030,2050 et 2100), centiles (C5,C50,C95)
- Sélection de un ou plusieurs indicateurs pour représenter les phénomènes extrêmes (chaleur, froid, pluies extrêmes, sécheresse estivale, vents forts)
- Des synthèses par variable et paramètres

Température moyenne : écarts des moyennes annuelles du RCP8.5



Température moyenne : écarts des moyennes annuelles du RCP8.5



- **Climat^{HD}, climat d’hier et de demain, offre une visualisation simple, accessible à tous et actualisée de l’état des connaissances sur le changement climatique**
- **Une vision intégrée du climat passé et futur, à l’échelle nationale et régionale**
 - températures (minimales, maximales, moyennes)
 - précipitations
 - divers phénomènes : journées chaudes, jours de gel, vagues de chaleur, vagues de froid, pluies intenses
 - impacts : humidité des sols, sécheresse, enneigement

FRANCE METROPOLITAINE | L'évolution constatée du climat

Observations des températures depuis 1900 :

- Hausse des températures moyennes en France de 1,7°C depuis 1900
- Accentuation sensible du réchauffement au cours des 3 dernières décennies

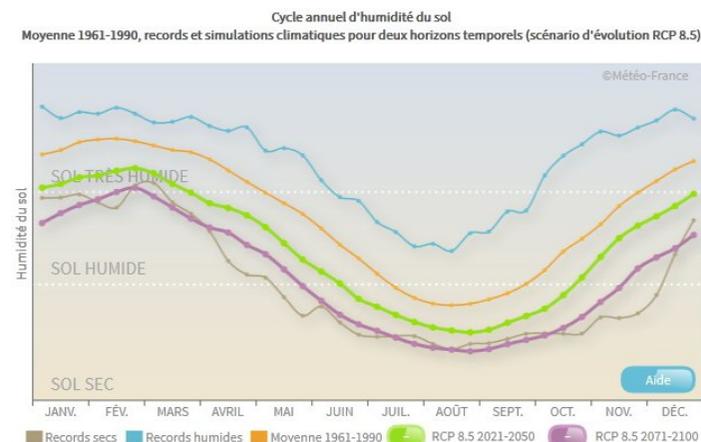
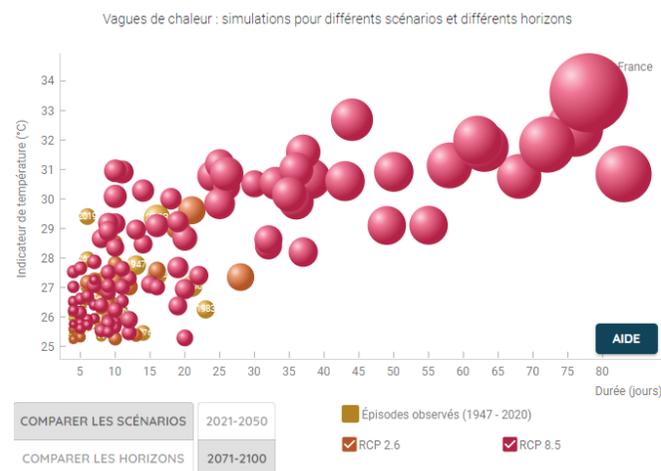
Autres observations depuis le milieu du XXe siècle :

- Evolution 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
- Des pluies extrêmes plus intenses et plus fréquentes sur le sud-est
- 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 >



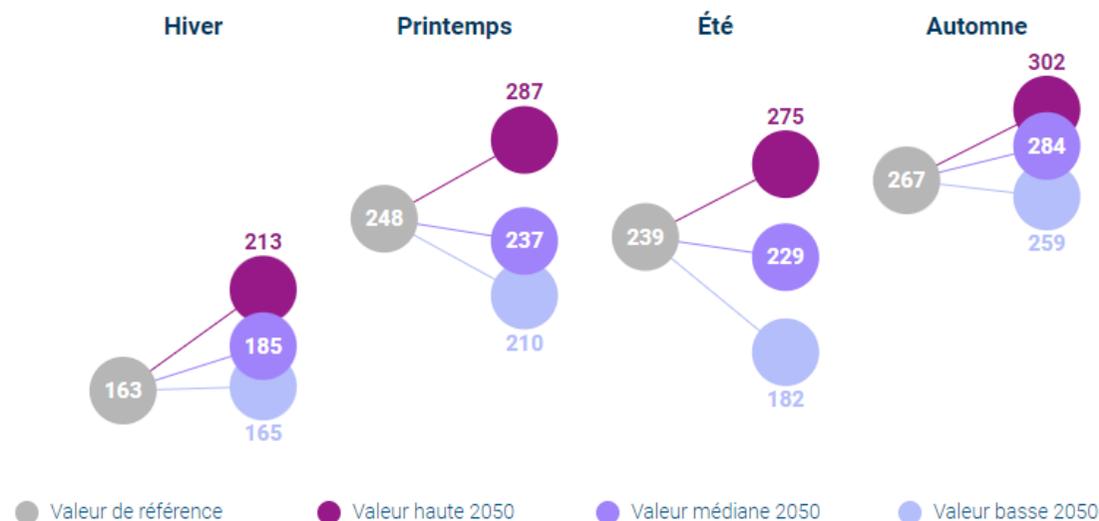
Climadiag Commune

Climadiag commune :

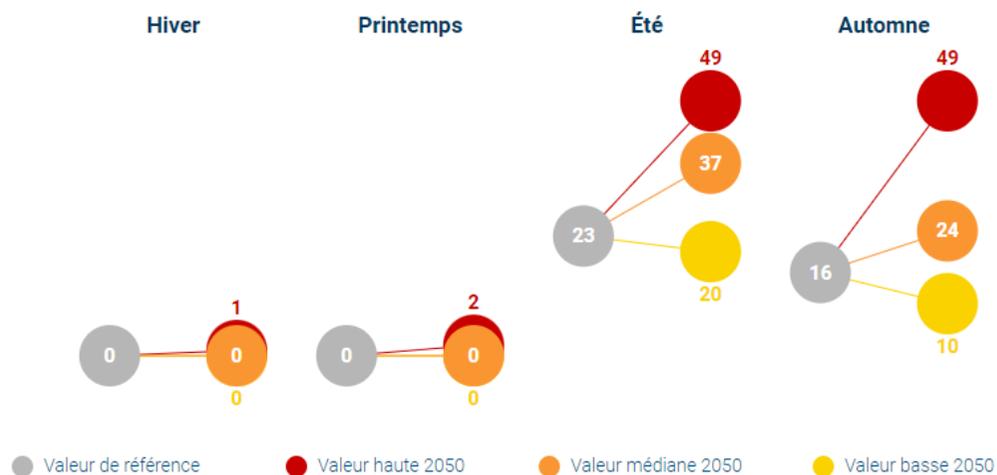
- Une liste d'indicateurs climatiques à l'échelle communale

- Des infographies pour la période de référence (1976-2005) et à l'horizon 2050

Cumul de précipitations par saison (en mm)



Nombre de jours par saison avec sol sec



CANARI-France : Calcul en ligne d'indicateurs agro-climatiques



1. Zone d'intérêt
Aux alentours de Blagnac

2. Période et RCP
Passé Récent, Futur Proche, Futur Lointain
RCP 8.5

3. Indicateur agro-climatique
Choisir l'indicateur agro-climatique à visualiser

4. VISUALISATION

Liste des indicateurs

Choisir un indicateur prédéfini

Indicateurs généraux

Température

Pluviométrie, ETP, Deficit hydrique

Autres variables

Indicateurs agricoles

Céréales d'hiver

Maïs, tournesol, betterave

Colza

Pois protéagineux

Fourrages

Animaux

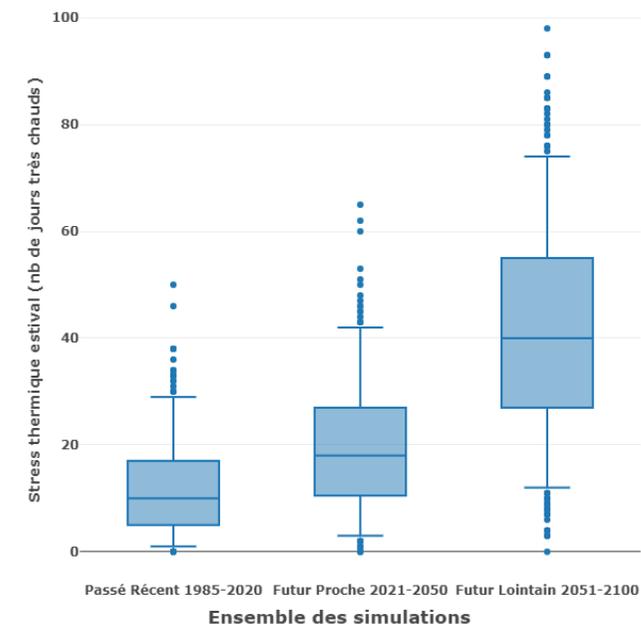
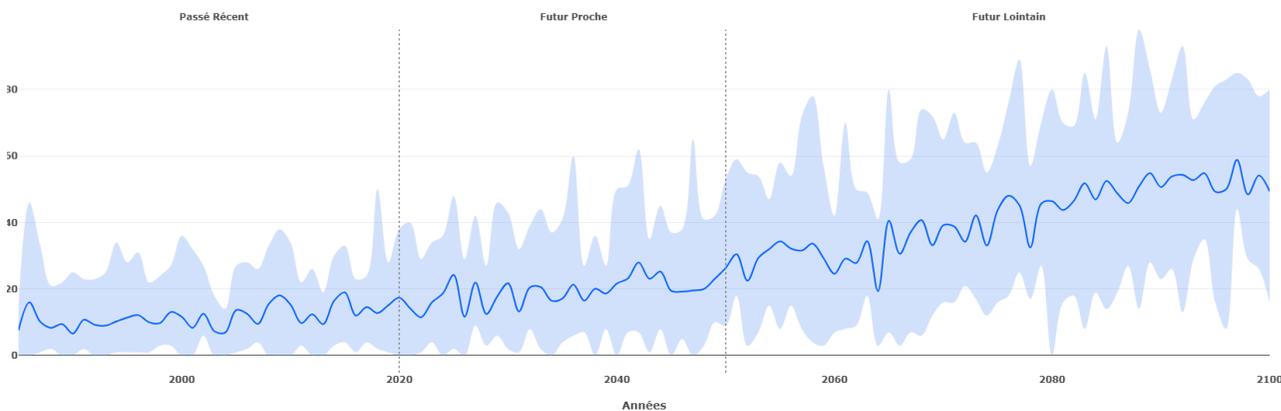
Vigne

Verger

Légumes

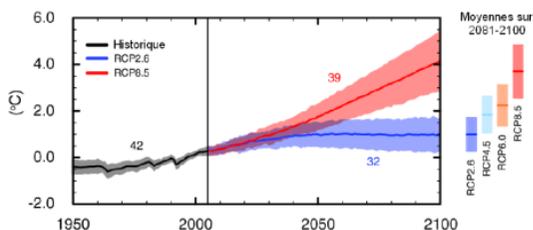
Sol

Divers

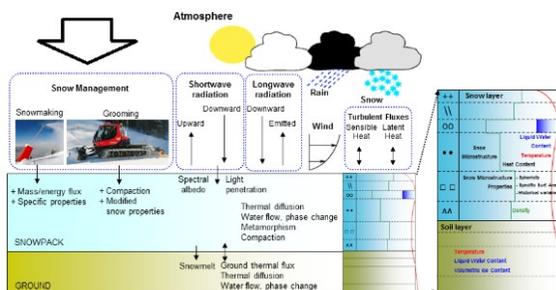


L'outil Climsnow

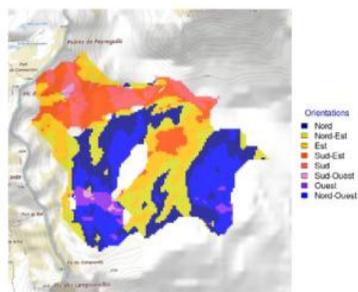
Scénarios climatiques



Modélisation de la neige



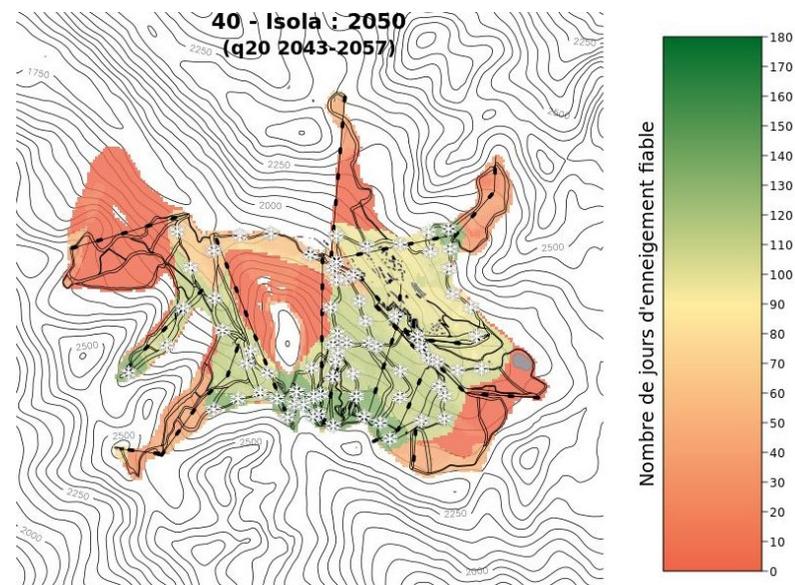
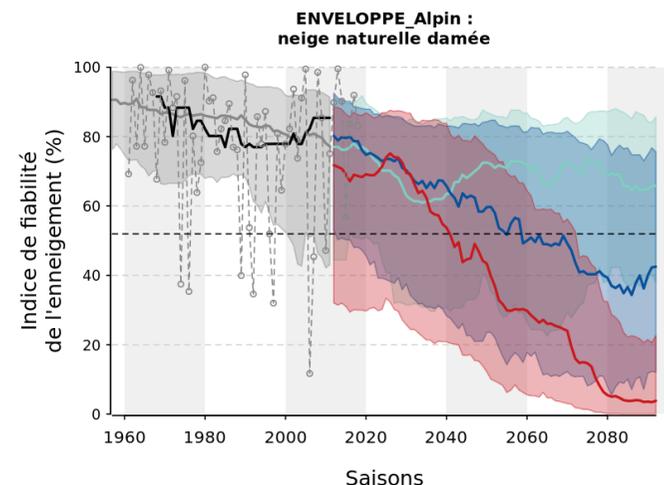
Représentation de la topographie



Prise en compte des caractéristiques locales (pistes, enneigeurs, ...)

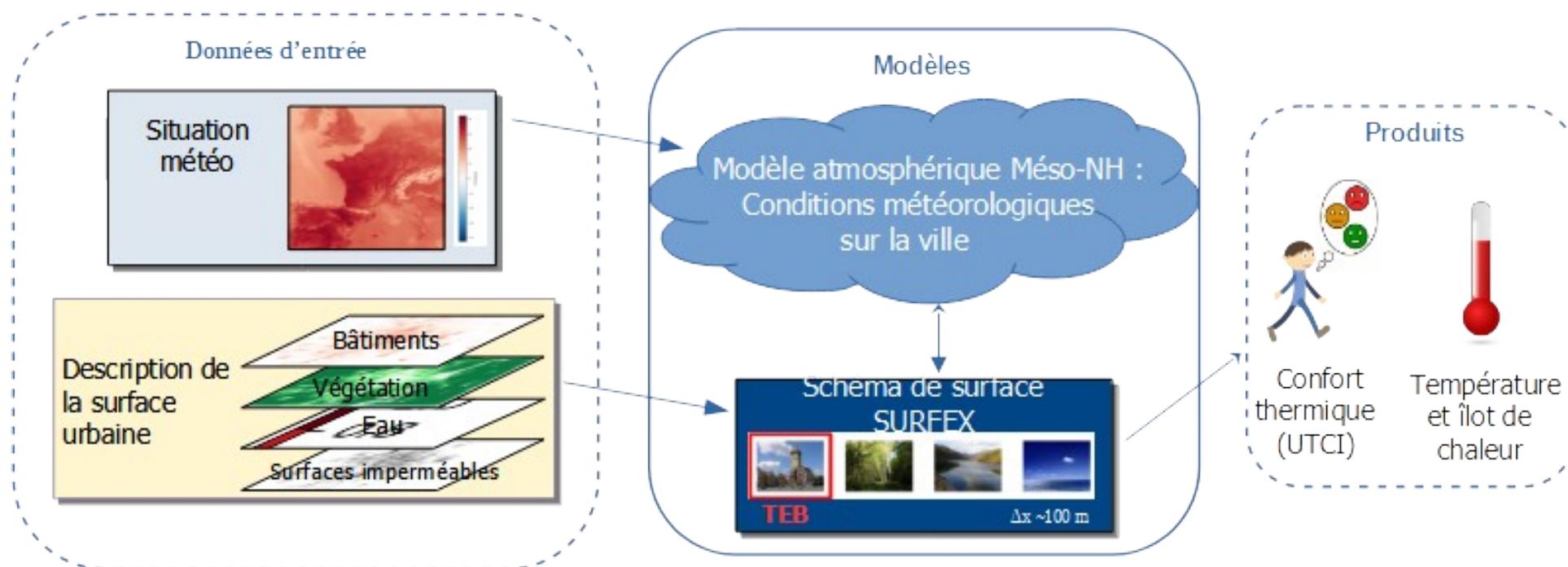


Traitement statistique de l'indice de fiabilité de l'enneigement
fréquence retour des années délicates »(Q20)



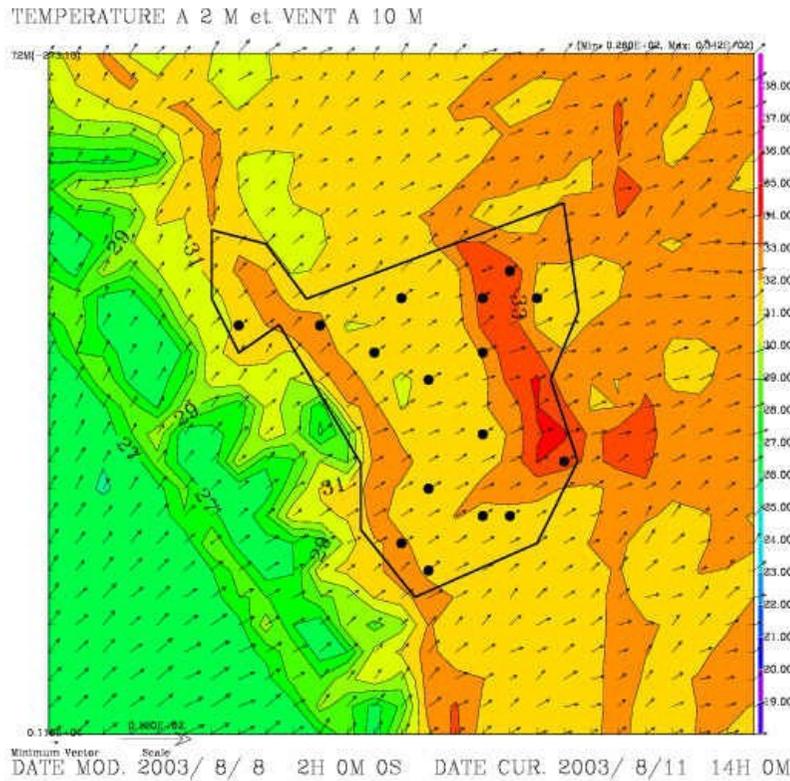
La modélisation des îlots de chaleur urbains

CLUE : la plateforme de modélisation numérique à l'échelle de la ville

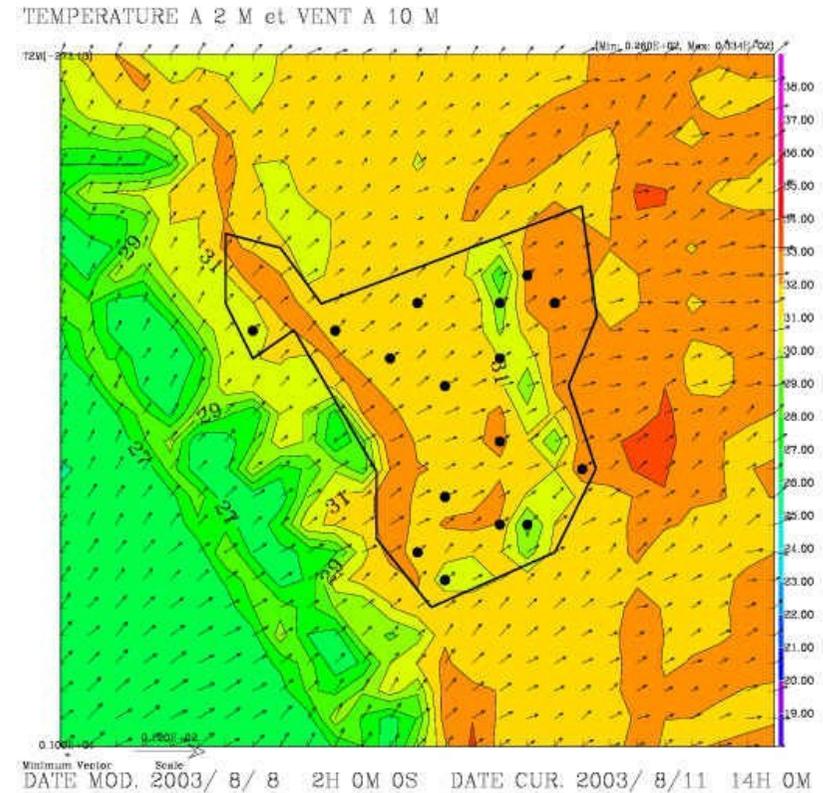


- Résolution CLUE : 100m à 250m
- Différents diagnostics possibles pour différentes périodes, à différents moments de la journée :
 - Intensité de l'ICU
 - Structure spatiale de l'ICU et repérage des zones à enjeux
 - Indices de confort thermique ...

La modélisation des îlots de chaleur urbains



Euromed : situation initiale



Euromed : simulation d'un parc

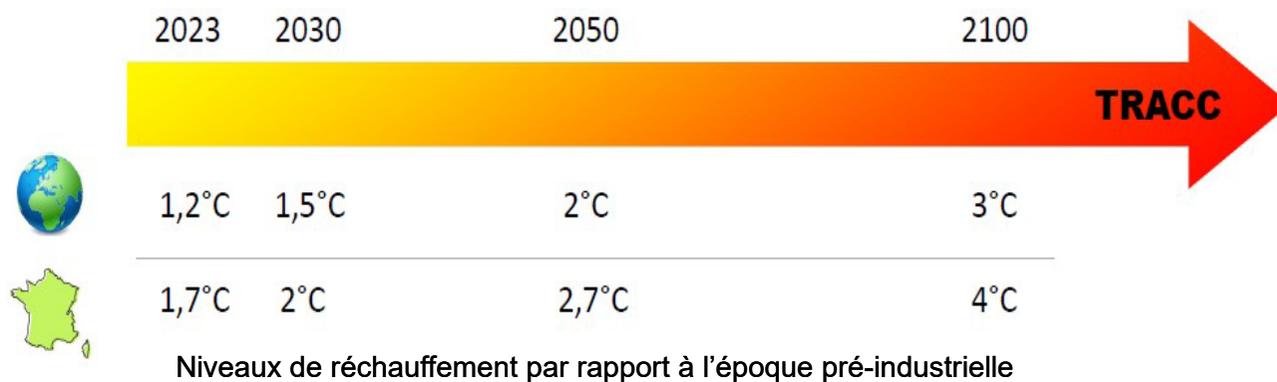
La TRACC – Trajectoire de référence pour l’adaptation au changement climatique

Le climat de la France dans la TRACC

- **Etape 1** : correspondance entre les niveaux de réchauffement planétaires et France* définie à partir des simulations et travaux les plus récents

(*) Toutes les régions du monde ne se réchauffent pas à la même vitesse.

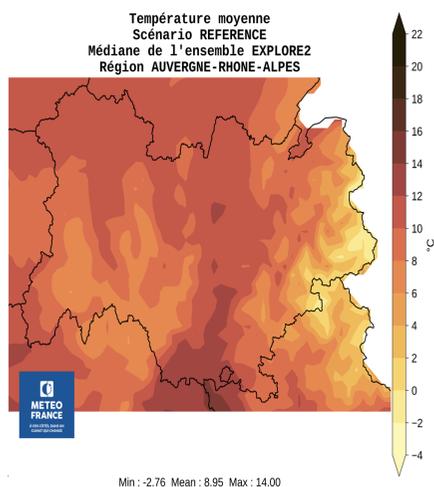
Pour un niveau de réchauffement planétaire donné, le réchauffement en métropole sera plus élevé.



- **Etape 2** : Analyse des impacts pour chaque niveau de réchauffement à partir d'un ensemble de projections climatiques régionalisées sur la France (17 simulations)
- **Etape 3** : Elaboration et mise à disposition sur le portail DRIAS de nombreuses données et indicateurs à une résolution de 8km x 8km

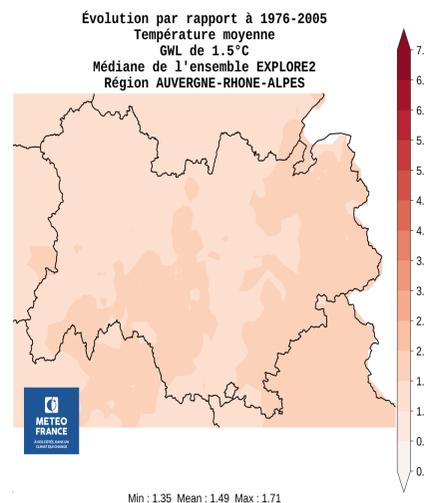
Le climat de la région dans la TRACC

Référence (1976-2005)



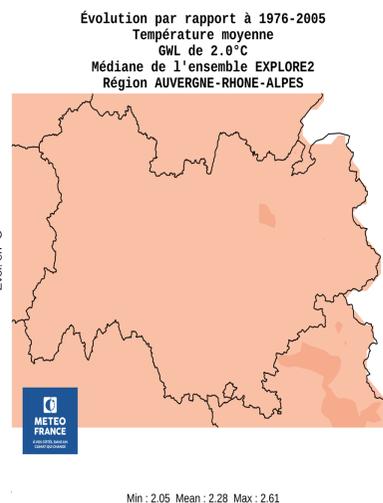
Médiane ~9,7 °C

Écart
TRACC en 2030



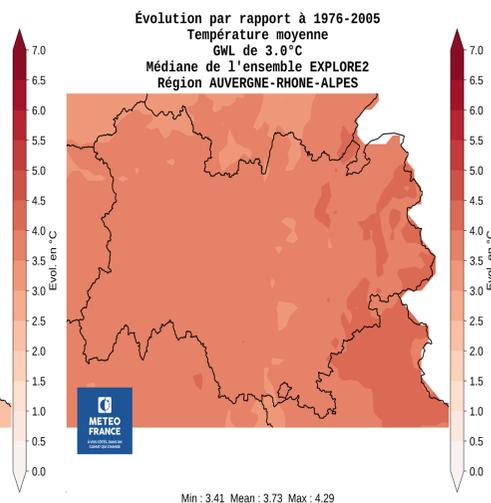
+1,5 °C [+1,3 / +1,7]

Écart
TRACC en 2050



+2,3 °C [+1,9 / +2,4]

Écart
TRACC fin de siècle



+3,7 °C [+3,5 / +4]

Remarques :

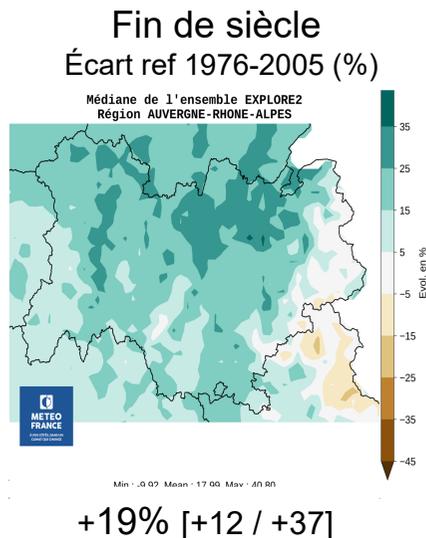
- Les écarts sont indiqués par rapport à une période de référence 1976-2005, référence choisie pour les modèles climatiques régionaux. Cette période présentait déjà un réchauffement de l'ordre de +0,8°C par rapport à l'époque pré-industrielle.
- Les valeurs entre crochets indiquent les fourchettes basse (5^{ème} centile) et haute (95^{ème} centile) au sein de l'ensemble de projections

Par rapport au réchauffement en moyenne annuelle, le réchauffement est plus marqué en été et moins marqué en hiver.

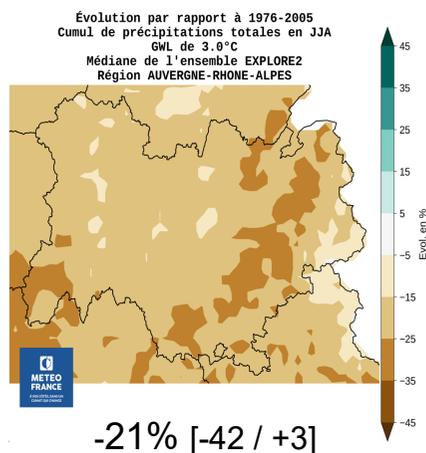
L'année 2022, année la plus chaude enregistrée depuis 1947 serait une année normale en 2050 selon la TRACC.

Le climat de la région dans la TRACC

Hiver



Été



Le signal d'augmentation des précipitations en hiver est marqué, jusqu'à +19% en fin de siècle (niveau de réchauffement France +4°C).

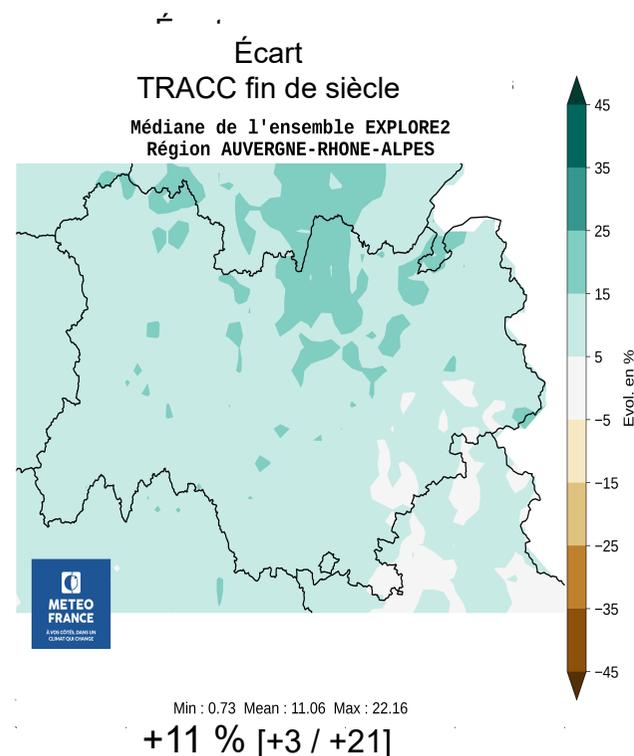
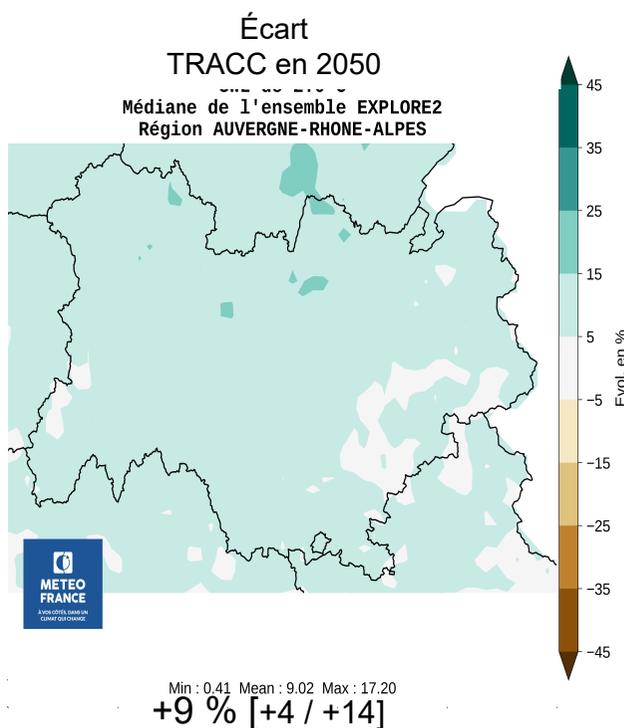
A l'inverse, les projections indiquent dans l'ensemble une diminution du cumul de précipitation en été, pouvant atteindre -21% en fin de siècle (médiane de l'ensemble).

Ces deux tendances opposées conduisent à une variation faible en cumul annuel (+2%).

On notera cependant que les différentes projections donnent des résultats contrastés (en particulier pour les précipitations estivales), avec des sens de variation qui peuvent même différer d'un modèle à l'autre.

En termes de précipitations estivales, l'été 2022, 2^{ème} été le plus sec depuis 2000 à l'échelle de la France serait un été normal en fin de siècle selon la TRACC

Le climat de la région dans la TRACC



On considère ici le cumul quotidien de précipitation atteint 1 jour sur 100 (Q99). C'est le cumul quotidien des 3 ou 4 journées les plus pluvieuses de l'année. Plus généralement, l'évolution de ce cumul donne une indication sur l'évolution des précipitations les plus intenses.

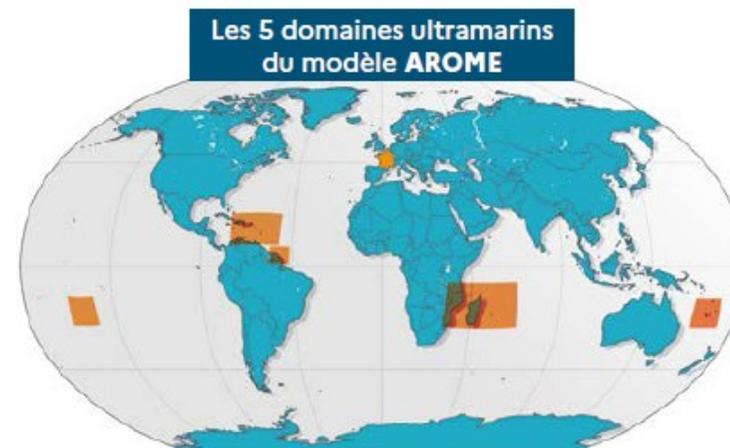
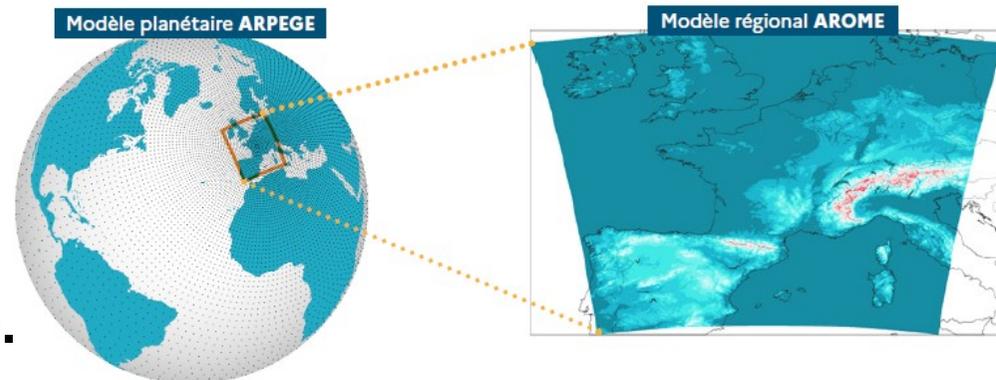
Même si la dispersion entre les différentes projections reste importante, la tendance est à l'augmentation, avec +11 % en fin de siècle selon la TRACC

Les données publiques de Météo-France

Ce qui était déjà en ligne gratuitement

➤ Les modèles de prévision numérique du temps :

- Modèles global ARPEGE & régional AROME Métropole & Outre-Mer.
- Accès en temps réel aux dernières prévisions à pleine résolution spatiale.
- Par API ciblée (choix de la zone géographique / paramètre / niveau / échéance) :
<https://portail-api.meteofrance.fr>
- Par packages : <https://donneespubliques.meteofrance.fr/>
- Depuis 2015.
- 1 To de données mises en ligne chaque jour
- Format GRIB2 & GEOTIFF



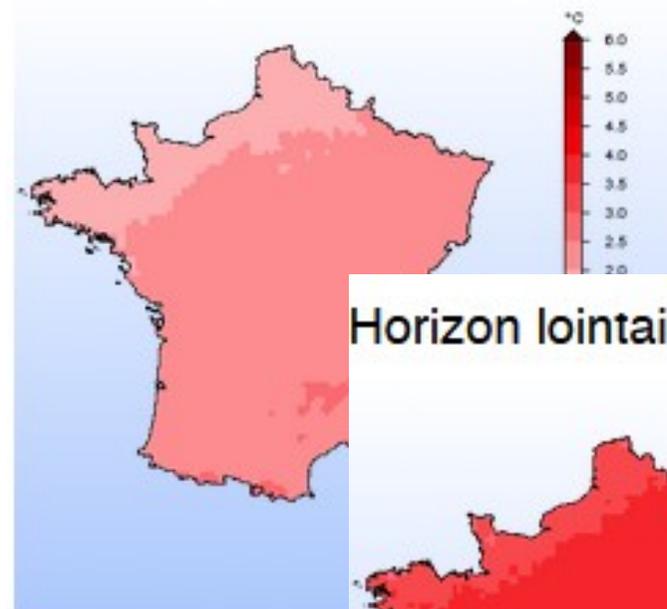
ARPEGE : 5 km sur l'Europe jusqu'à J+4
AROME : 1,3 km jusqu'à J+2

Ce qui était déjà en ligne gratuitement

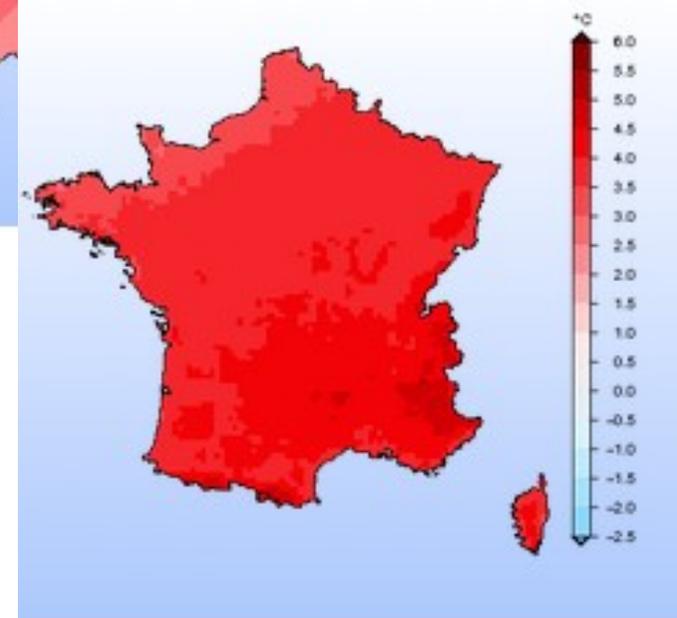
➤ Les projections climatiques en métropole et en outre-mer jusqu'en 2100

- Sur le portail dédié DRIAS
<http://www.drias-climat.fr/>
- Ouvert en 2012.
- 3 000 Go de données en ligne
- Début 2021, un nouveau jeu de simulations climatiques de référence sur la métropole, dénommé DRIAS 2020, basé sur les différents scénarios du GIEC (CMIP5) et une trentaine de simulations régionalisées, a été produit.
- Nombreux paramètres.
- Pas de temps journalier.
- Fichiers csv.

Horizon moyen (2041-2070)



Horizon lointain (2071-2100)

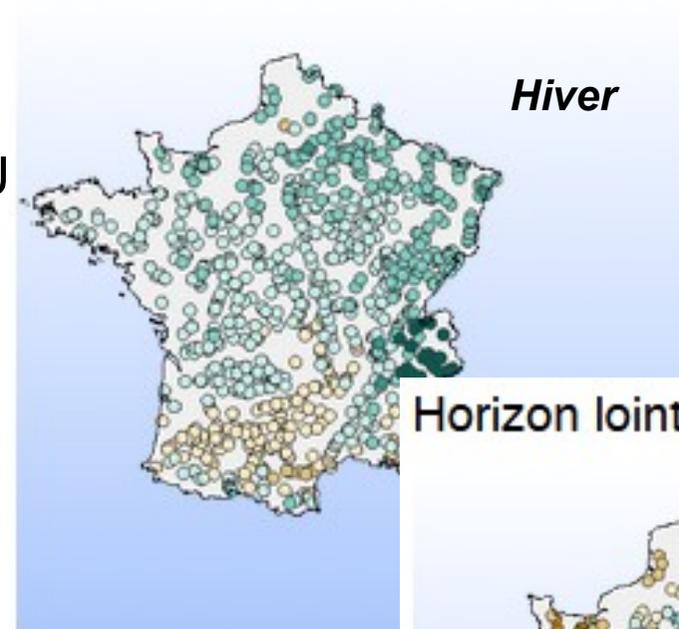


Ce qui était déjà en ligne gratuitement

➤ Les projections hydrologiques en métropole jusqu'en 2100

- Sur un portail dédié appelé DRIAS-EAU <https://www.drias-eau.fr/>
- Mis en ligne en mai dernier.
- Permet notamment d'accéder aux résultats des simulations hydroclimatiques de l'établissement décrivant en particulier l'évolution attendue de l'état d'humidité des sols et des débits des principaux cours d'eau en France métropolitaine jusqu'en 2100.
- Nombreux paramètres.
- Pas de temps journalier.
- Fichiers csv, netcdf.

Horizon lointain (2071-2100)



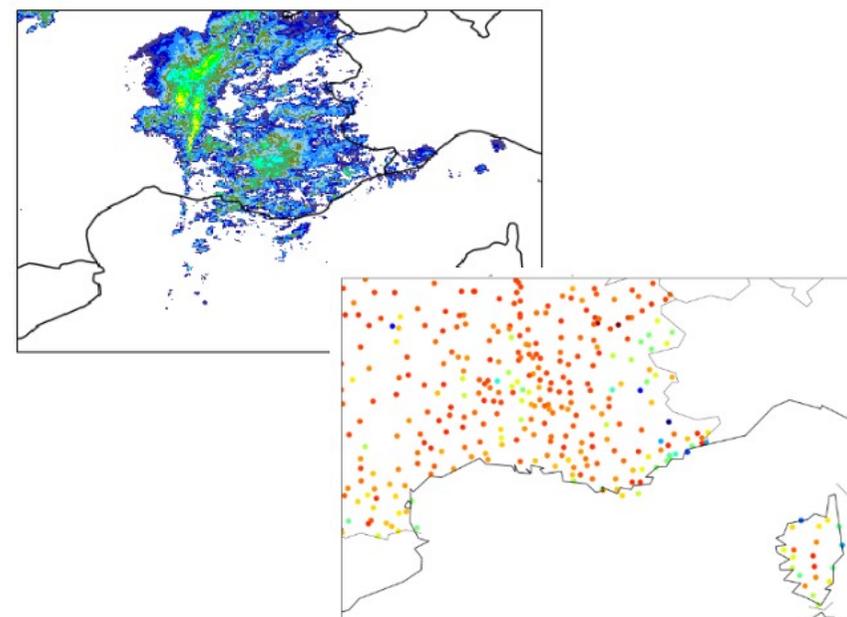
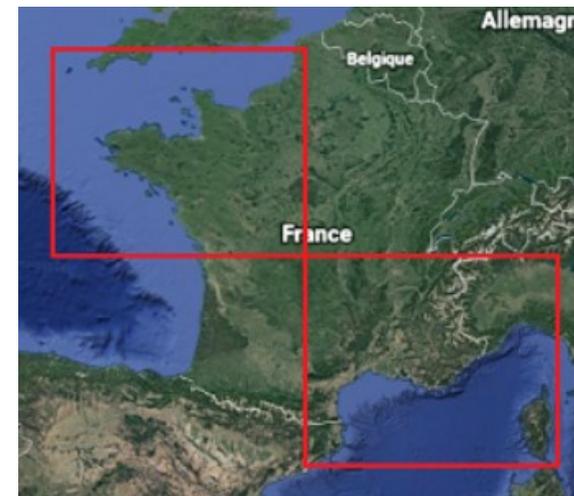
Horizon lointain (2071-2100)



Ce qui était déjà en ligne gratuitement

➤ Le jeu de données Météonet :

- Sur un portail dédié : <https://meteonet.umr-cnrm.fr/>
- Ouvert en 2019.
- **Pensé pour les data scientists et pour des usages IA (dataset & toolbox)**
- Quarts N/O et S/E
- 3 ans de données (2016-2018) :
 - mosaïques radar,
 - 500 stations sol 6 minutes,
 - données satellites (IR, VIS, WV, CT)
 - modèles de prévision ARPEGE & AROME.
- Plus de 7000 téléchargements
- 9 publications scientifiques

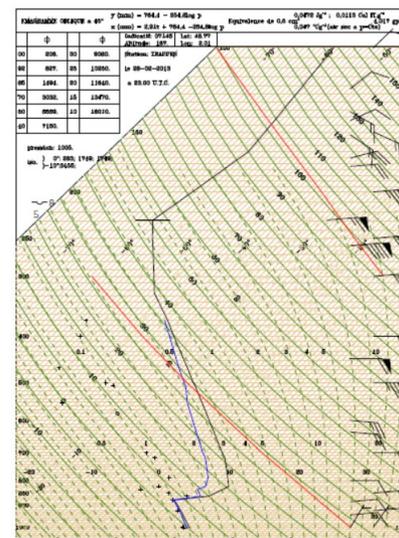
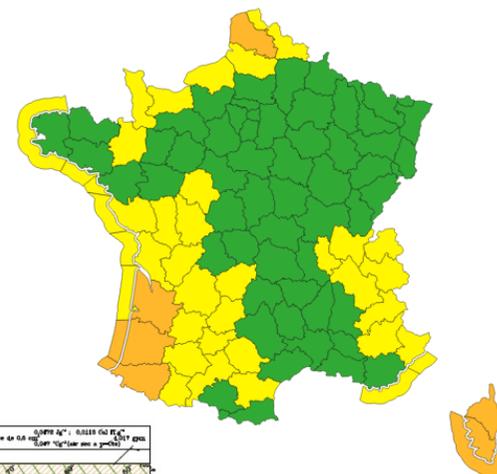


Ce qui était déjà en ligne gratuitement

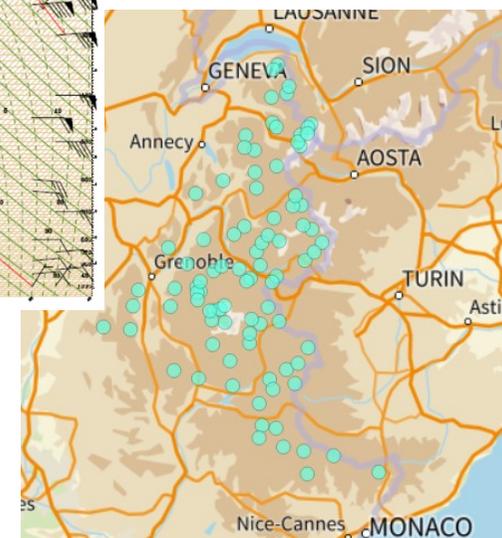
➤ Et aussi :

- Les données de la carte de Vigilance (métropole & outre-mer)
- Les Bulletins d'estimation du Risque d'Avalanches.
- Les données des radiosondages
- Les données d'observation du réseau nivométéorologiques (vent, T, hauteur de neige..)
- Les données des modèles de vagues et de surcôtes
- ...
- Point d'entrée :

<https://donneespubliques.meteofrance.fr/>



Soyez vigilant Soyez attentif Pas de vigilance particulière



➤ Evolutions du contexte

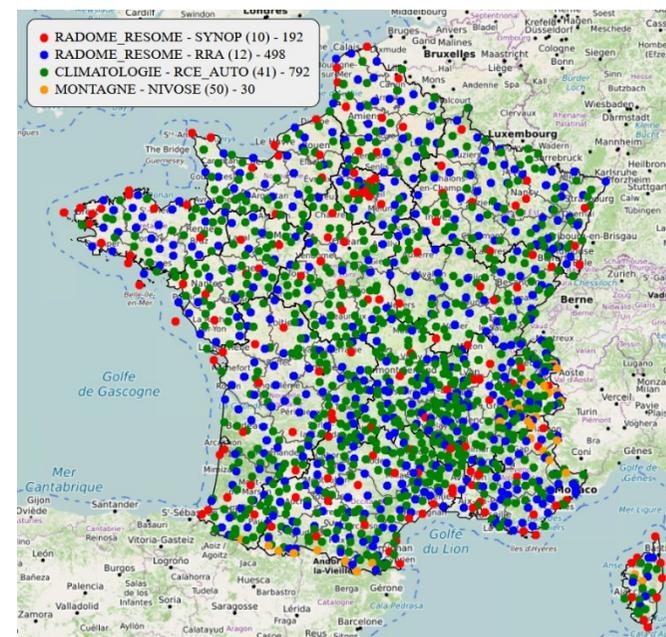
- Circulaire PM N°6264/SG du 27 avril 2021.
- Directive Européenne (UE) 2019/1024, dites HVD (High Value Datasets – Ensembles de données de forte valeur) et son règlement d'exécution du 21/12/2022.

➤ Evolutions prévues

- Au 1er janvier 2024, **toutes les données publiques** de Météo-France disposent d'une possibilité d'**accès sans aucun frais** et sont **gratuitement réutilisables**.
- La mise en ligne d'un **pack de données climatologiques de référence** pour faciliter la réalisation d'études climatiques et de diagnostics du changement climatique en rassemblant les données climatologiques de référence.

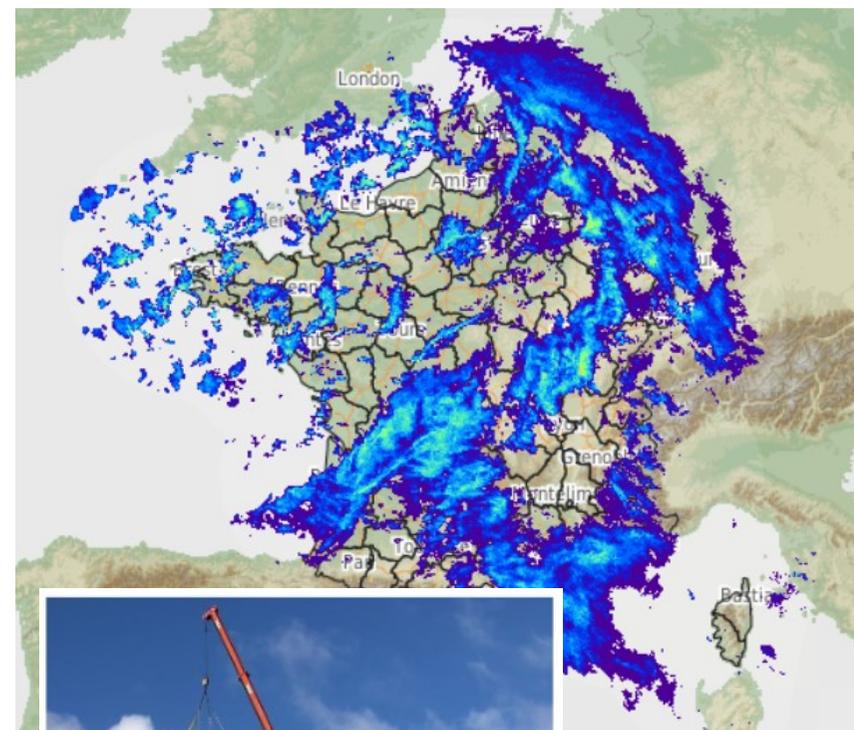
Evolution depuis le 1^{er} janvier 2024

- Les observations de toutes les stations sol :
 - Plus de 2 000 stations en Métropole & Outre-Mer.
 - Accès en temps réel aux dernières observations à pleine fréquence (toutes les 6 minutes) & aux données horaires.
 - Par API (choix de la station / date) & packages : <https://portail-api.meteofrance.fr>
 - Fichiers au format CSV ou JSON permettant d'accéder à l'ensemble des paramètres observés à la station :
 - Température,
 - Hauteur de précipitations,
 - Direction et force du vent,
 - Humidité,
 - Autres paramètres (rayonnement, T_{sol}...)



Evolution depuis le 1^{er} janvier 2024

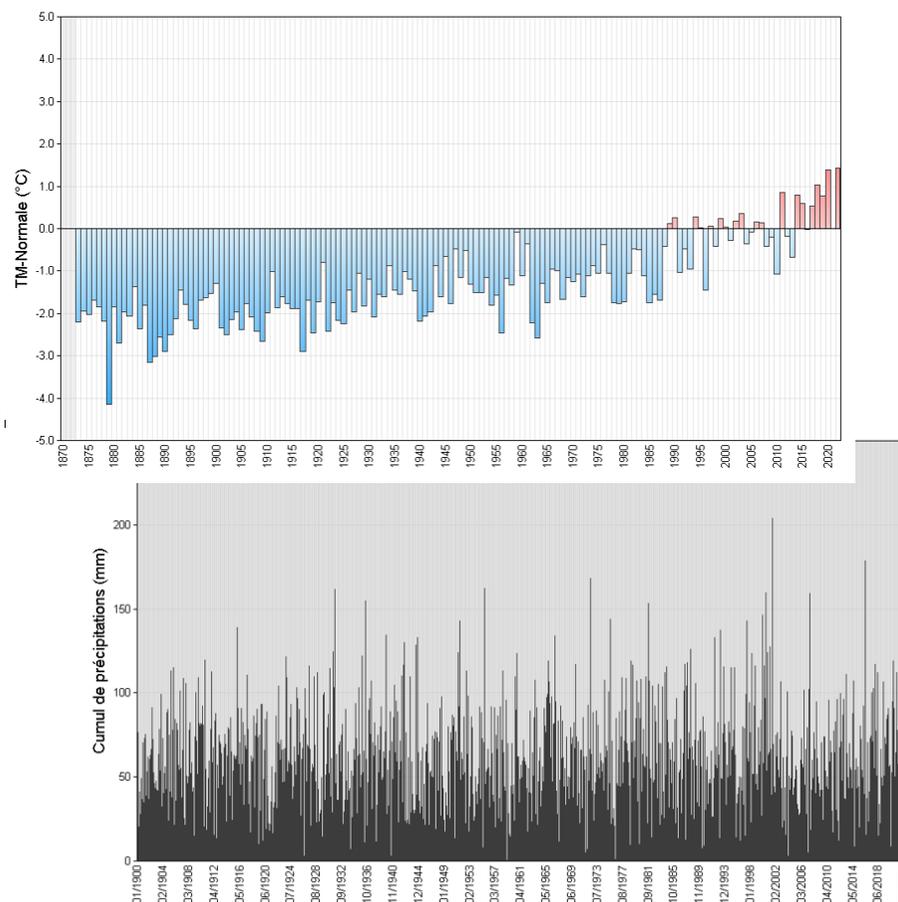
- **Les données de tous les radars :**
 - **Radars individuels (33 radars métropole + 7 radars outre-mer) et mosaïques (Métropole, Antilles, Réunion)**
 - **Accès en temps réel aux dernières données mesurées à pleine fréquence (toutes les 5 minutes).**
 - Par API (choix du radar-de la mosaïque / date) & packages : <https://portail-api.meteofrance.fr>
 - Fichiers au format BUFR ou HDF5 permettant d'accéder à l'ensemble des paramètres :
 - Réflectivité,
 - Lane d'eau (mosaïques),
 - Autres paramètres (vitesses radiales...)



Evolution depuis le 1^{er} janvier 2024

➤ Les données climatologiques :

- Tous les paramètres de la base de données climatologiques de Météo-France en Métropole et en Outre-Mer.
- A toutes les fréquences disponibles (6 min., horaire, quotidienne, mensuelle)
- Sur tout l'historique disponible.
- Par API ciblée (choix de la station / période temporelle voulue / paramètres d'intérêt) :
<https://portail-api.meteofrance.fr>
- Par packages (portail en cours de dev.) :
<https://meteo.data.gouv.fr>
- 1 To de données au total.
- Format CSV.

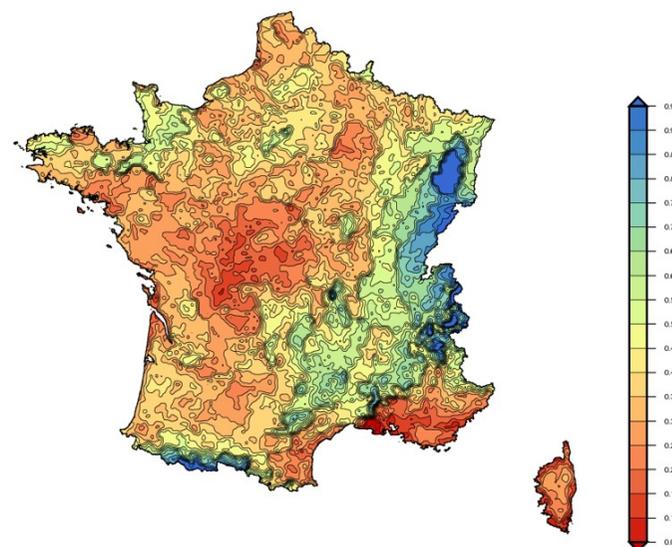
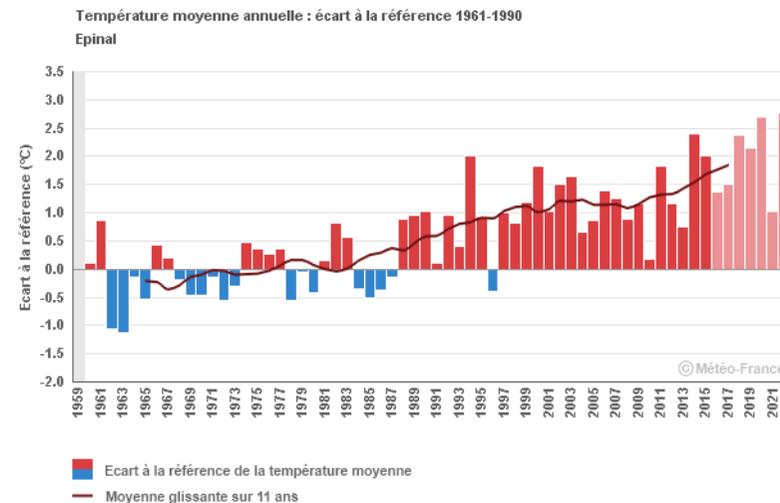


Station de Paris-Montsouris

Evolution depuis le 1^{er} janvier 2024

➤ Le pack de données climatologiques de référence :

- Toutes les données mensuelles (Tmin/Tmax, précipitations,..) des Longues Séries Homogénéisées (~ 300 LSH T, >900 LSH précip).
- Toutes les données quotidiennes des Séries Quotidiennes de Référence (>200 séries).
- Toutes les données quotidiennes spatialisées d'analyse du modèle SAFRAN-SIM2 (paramètres de surface et d'humidité des sols). A pleine résolution (8 km) & sur toute la profondeur temporelle disponible (depuis 1958)
- Par packages : <https://donneespubliques.meteofrance.fr/>
- Format CSV & GRIB2 (SAFRAN)



Indice d'humidité des sols
1^{er} août 1982

Merci de votre
attention !



**METEO
FRANCE**

À VOS CÔTÉS, DANS UN
CLIMAT QUI CHANGE