



HAL
open science

A quel climat s'adapter en France selon la TRACC ?

Jean-Michel Soubeyroux, Brigitte Dubuisson, Sebastien Bernus, Raphaëlle Samacoïts, Fabienne Rousset, Michel Schneider, Agathe Drouin, Thumette Madec, Marc Tardy, Lola Corre

► To cite this version:

Jean-Michel Soubeyroux, Brigitte Dubuisson, Sebastien Bernus, Raphaëlle Samacoïts, Fabienne Rousset, et al.. A quel climat s'adapter en France selon la TRACC ?. Meteo-France. 2024. hal-04797481v1

HAL Id: hal-04797481

<https://hal.science/hal-04797481v1>

Submitted on 22 Nov 2024 (v1), last revised 6 Dec 2024 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.





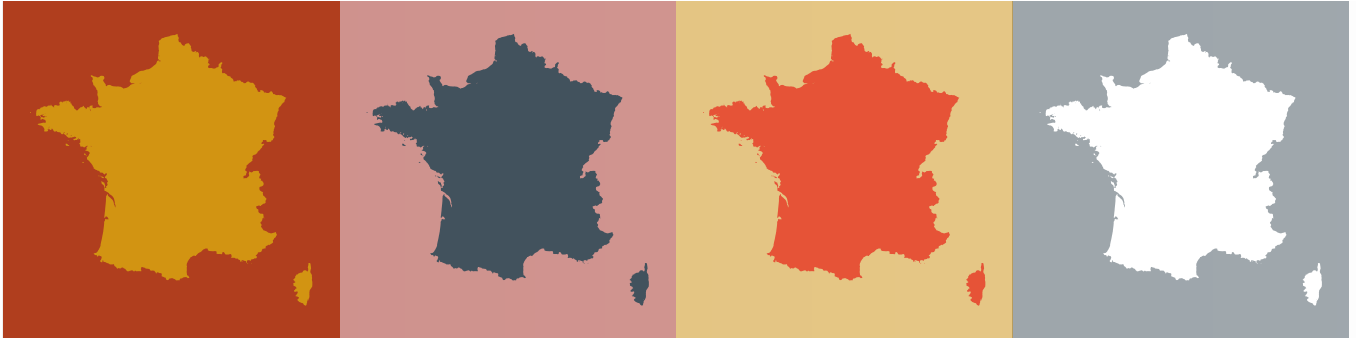
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



**METEO
FRANCE**

À VOS CÔTÉS, DANS UN
CLIMAT QUI CHANGE



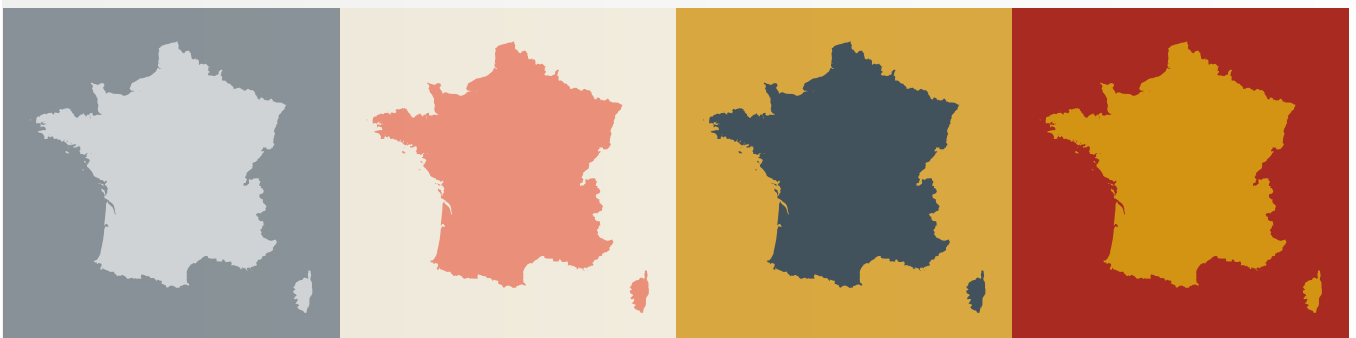
LA FRANCE S'ADAPTE >

Vivre à +4°C

À quel climat s'adapter
en France selon la TRACC ?

Partie 1

Concepts et données de base pour
les températures et précipitations



L'urgence climatique est là.

Pour agir, il est indispensable de connaître aussi précisément que possible les évolutions climatiques futures en vue de s'y adapter.

Les autorités françaises ont défini en 2023 une Trajectoire de Réchauffement de référence pour l'Adaptation au Changement Climatique (la TRACC) fixant une cible commune d'adaptation et visant à préciser à quoi s'adapter en termes de climat durant le 21^e siècle.

Dans ce cadre, Météo-France a été notamment chargée de produire les données et indicateurs climatiques décrivant le climat et ses aléas aux différents jalons de cette trajectoire et de mettre à disposition ces informations sur le portail DRIAS - les futurs du climat. Le territoire hexagonal, disposant à ce jour d'informations plus complètes sur les futurs climatiques que les régions outremer, a été traité en premier.

L'objectif de ce document est de rassembler et synthétiser les informations et données climatiques de la TRACC sur l'hexagone pour en faciliter la prise en main par une large palette d'acteurs.

Ce document est divisé en deux volumes :

- concepts et données de base sur les températures et les précipitations ;
- analyse de la variabilité, des extrêmes et impacts climatiques.

Sommaire

| | | | |
|---|----------|---|-----------|
| Introduction | 2 | Le jeux de données TRACC-2023 | 7 |
| Sommaire | 3 | Comment a été construit le jeu de données TRACC-2023 ? | 7 |
| La TRACC en quelques mots | 4 | Quelles incertitudes sur les évolutions climatiques de la TRACC ? | 8 |
| Que signifie le sigle TRACC ? | 4 | Un complément à l'approche statistique : les narratifs | 9 |
| Qui a défini la TRACC ? | 4 | Décrire le climat selon les niveaux de la TRACC | 10 |
| À quoi sert la TRACC ? | 4 | Quelle représentation du climat futur ? .. | 10 |
| Comment a été définie la TRACC ? | 4 | Quels changements annuels et saisonniers de la température ? | 10 |
| Qu'appelle t-on l'approche par niveau de réchauffement ? | 4 | Quels changements annuels et saisonniers du cumul de précipitations ? | 14 |
| Quelle est la différence entre le réchauffement planétaire et le réchauffement de la France ? | 4 | Bibliographie | 18 |
| Quels sont les différents niveaux de réchauffement de la TRACC ? | 4 | Liste des auteurs | 19 |
| Quelle temporalité pour ces trois niveaux ? | 5 | | |
| Quelles données et informations pour accompagner la TRACC ? | 5 | | |
| Quel est l'origine des données de projections climatiques en appui à la TRACC ? | 5 | | |

La TRACC en quelques mots

Que signifie le sigle TRACC ?

Le sigle « TRACC » signifie Trajectoire de Réchauffement de référence pour l'Adaptation au Changement Climatique.

Qui a défini la TRACC ?

C'est une initiative du Ministère de la Transition écologique et cohésion des territoires (MTECT) qui s'intègre dans la politique climatique nationale (adaptation et atténuation), sous l'égide du Secrétariat général pour la planification écologique (SGPE).

À quoi sert la TRACC ?

L'objectif de la TRACC est de doter le pays d'une référence commune pour l'élaboration des stratégies d'adaptation. Autrement dit de faire en sorte que tous les acteurs prennent les mêmes hypothèses pour répondre à la question :

« À quel climat futur dois-je m'adapter ? »

C'est donc une trajectoire d'adaptation qui se distingue de la trajectoire climatique d'atténuation visée par la France en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cette dernière reste adossée à l'Accord de Paris : maintenir le réchauffement planétaire en dessous de + 2 °C (et si possible de + 1,5 °C) par rapport à la période pré-industrielle (1850-1900).

Cependant les tendances actuelles en matière d'émissions mondiales de gaz à effet de serre induisent un risque de dépassement des limites de l'accord qu'on ne peut pas ignorer et auquel il est nécessaire de se préparer.

Comment a été définie la TRACC ?

Pour définir ce à quoi il faut s'adapter, l'approche retenue repose sur la notion de niveau de réchauffement, assez largement utilisée dans les derniers rapports du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du Climat), plutôt que sur le choix d'un scénario d'émission de gaz à effet de serre et d'un horizon futur.

Qu'appelle-t-on l'approche par niveau de réchauffement ?

L'idée, développée dans les derniers rapports du GIEC (IPCC 2018, IPCC, 2021), est que les impacts du

changement climatique dans une zone donnée du globe sont pilotés par le niveau de réchauffement moyen de la planète et ne dépendent ni de la façon dont ce niveau de réchauffement planétaire a été atteint (vite/tôt avec un rythme d'émissions fort ou lentement/tard avec un rythme d'émissions réduit)¹, ni de la date à laquelle il est atteint. On peut alors parler par exemple du « climat de la France dans un monde à + 2 °C ».

Quelle est la différence entre le réchauffement planétaire et le réchauffement de la France ?

Toutes les zones du globe ne se réchauffent pas à la même vitesse. Les continents se réchauffent plus vite que les océans, les hautes latitudes plus vite que la zone tropicale.

La France hexagonale et l'Europe de l'ouest se réchauffent significativement plus vite que la moyenne mondiale.

Mais où en est-on exactement en termes de réchauffement dans le monde et en France ?

La réponse n'est pas si simple et différentes valeurs peuvent être mises en avant selon les données et périodes considérées : l'*encart A* vise à faire le point sur la question.

Quels sont les différents niveaux de réchauffement de la TRACC ?

La TRACC considère trois niveaux de réchauffement planétaires, toujours exprimés par rapport à la période pré-industrielle, traduits aussi en niveaux de réchauffement sur la France hexagonale.

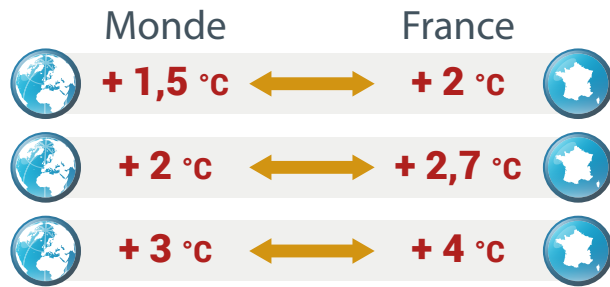
La correspondance entre niveaux de réchauffement planétaire et réchauffement de la France hexagonale s'appuie sur des données combinant modèles et observations à l'aide de méthodes statistiques dites de « contraintes observationnelles » :

- la température moyenne globale (Ribes et al. 2021) est basée sur les simulations de la 6^e phase du projet d'intercomparaison des modèles couplés (CMIP6, Eyring et al. 2016) et les observations de température moyenne planétaire ;
- la température moyenne France (Ribes et al. 2022) prend en plus en compte les observations de température moyenne nationale (indicateur thermique France²).

1. Vrai pour les variables telles que températures, précipitations...etc mais pas adapté pour des phénomènes inertiels (niveau de la mer, glaciers ...).

2. L'indicateur thermique France est la moyenne des températures de 30 stations météorologiques régulièrement réparties sur le territoire avec des données disponibles au pas de temps mensuel depuis 1900

La correspondance est la suivante :



Il est à noter que le ratio se conserve à peu près dans les projections climatiques futures. Un ordre de grandeur à avoir en tête: environ + 30 % de réchauffement sur la France hexagonale par rapport au réchauffement planétaire en moyenne annuelle.

Quelle temporalité pour ces trois niveaux ?

La TRACC associe à chaque niveau de réchauffement un horizon temporel réaliste correspondant aux politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre mises en œuvre au niveau mondial à l'heure actuelle.

Ces échéances et niveaux de réchauffement planétaire ont été arrêtés suite à une consultation publique menée en 2023 sur la TRACC (voir Figure 1) : + 1,5 °C en 2030, + 2 °C en 2050 et + 3 °C en 2100 au niveau mondial par rapport à une référence pré-industrielle, soit pour la France hexagonale : + 2 °C en 2030, + 2,7 °C en 2050 et + 4 °C en 2100.

Quelles données et informations pour accompagner la TRACC ?

La TRACC est accompagnée par un ensemble de données et d'indicateurs climatiques qui décrivent le climat de la France pour chacun des trois niveaux de réchauffement considérés selon les territoires, et constituent le jeu TRACC-2023. Ce jeu a été mis à disposition sur le portail [DRIAS - les futurs du climat](#), en plusieurs étapes en fin d'année 2023 et début d'année 2024 avec des outils et informations pour faciliter son utilisation :

- documentation sur la production des données dans l'espace « accompagnement »,
- cartographie d'indicateurs climatiques dans l'espace « découverte »,

- outil de sélection des données à télécharger au format csv et NetCDF dans l'espace « données et produits ».

L'objectif est aussi d'intégrer la TRACC dans les différents services climatiques pour l'adaptation : c'est d'ores et déjà le cas dans [Climadiag Commune](#) (depuis mars 2024) ainsi que dans [Climadiag Agriculture](#) (depuis juillet 2024).

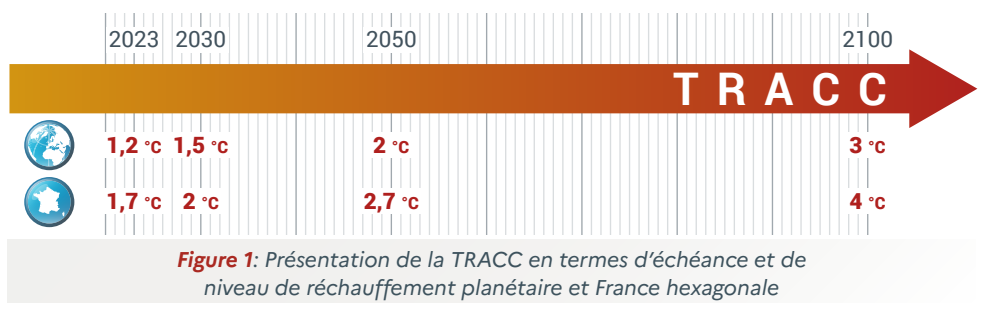
Quel est l'origine des données de projections climatiques en appui à la TRACC ?

Le jeu TRACC-2023 s'appuie sur l'ensemble de projections climatiques régionales produites dans le cadre du projet [Explore2](#). Cet ensemble repose sur une sous-sélection des simulations climatiques les plus récentes produites à l'échelle européenne (ensemble EURO-CORDEX, *Jacob et al., 2014*) qui décline sur l'Europe les simulations globales CMIP5 (*Taylor et al. 2012*) utilisées dans le 5^e rapport du GIEC (*IPCC, 2013*). Les simulations sélectionnées ont été corrigées de leurs biais par la méthode ADAMONT (*Verfaillie et al. 2017*) et projetées à une résolution de 8km sur la France hexagonale. La description complète de ce jeu de données a été mené dans le cadre du projet [Explore2](#) (*Marson et al, 2024*).

Il a été choisi pour répondre aux trois objectifs suivants :

- être à haute résolution spatiale et comprendre de nombreuses variables, permettant de construire une large gamme d'indicateurs pouvant répondre aux enjeux territorialisés et sectoriels de l'adaptation. La cohérence avec le projet national [Explore2](#) permet en outre la cohérence avec les problématiques sur la ressource en eau,
- être à l'état de l'art et notamment cohérent avec les changements attendus sur la France décrits par des ensembles plus larges et plus récents tels que ceux utilisés pour le 6^e rapport du GIEC,
- permettre de couvrir au mieux les incertitudes inhérentes à toute projection.

Pour assurer que l'ensemble soit constitué des mêmes simulations quel que soit le niveau de réchauffement ciblé, seules les projections pour le scénario de fortes émissions (RCP8.5) sont utilisées dans le cadre de la TRACC. Ce scénario est en effet le seul qui permet



de traiter des niveaux de réchauffement planétaire élevés (+ 3 °C notamment). C'est aussi celui pour lequel le plus grand nombre de simulations est disponible (17 simulations).

Notons que le jeu TRACC-2023 pourra être mis à jour dans les prochaines années pour prendre en compte des simulations climatiques plus récentes ou de nouvelles avancées méthodologiques.

| GCM/RCM | ALADIN63 | Had-REM3-GA7-05 | RACMO22E | RCA4 | HIRHAM5 | CCLM4-8-17 | RegCM4-6 | REMO | WRF381P |
|--------------|----------|-----------------|----------|------|---------|------------|----------|------|---------|
| CNRM-CM5 | ✓ | ✓ | | | | | | | |
| EC-EARTH | | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | |
| IPSL-CM5A-MR | | | | ✓ | ✓ | | | | |
| Had-GEM2-ES | ✓ | ✓ | | | | ✓ | ✓ | | |
| MPI-ESM-LR | | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | |
| NorESM1-M | | | | | ✓ | | | | ✓ |

Tableau 1 : Liste des couples de modèles de climat globaux (GCM) et régionaux (RCM) de l'ensemble Explore2 utilisés pour la construction de la TRACC.

A. Quelle estimation en 2024 du réchauffement sur la France Hexagonale ?

Il existe différents jeux de données et méthodes pour évaluer le réchauffement climatique selon les échelles spatiales considérées et les objectifs visés.

À l'échelle planétaire, l'estimation du réchauffement climatique s'appuie généralement sur des jeux de données d'observation, basés sur des réanalyses atmosphériques commençant souvent en 1850 comme HadCRUT5, NOAA GlobalTemp ou BerkeleyEarth. La valeur du réchauffement est alors estimée à partir d'une moyenne glissante décennale comparée à une référence passée basée sur une longue période pré-industrielle (généralement 1850–1900).

Pour la France hexagonale, l'estimation du réchauffement climatique repose sur l'indicateur thermique calculé à partir de 30 stations régulièrement réparties sur le territoire national. Cet indicateur est disponible à partir de 1900 (voir Figure 2a). La période de référence la plus ancienne utilisée pour la France hexagonale est 1900–1930. Cette période est comparable en termes de ré-

chauffement planétaire à la période 1850–1900 (Ribes et al. 2022). Dans la suite du document, par souci de simplification, on utilisera le terme « période pré-industrielle » pour désigner les périodes 1850–1900 ou 1900–1930, sans distinction entre les deux.

Pour l'indicateur thermique, l'écart entre la décennie 2011–2020 et la période pré-industrielle atteint + 1,8 °C. Il atteint même + 2,1 °C si on considère les 10 dernières années (2014–2023).

Cependant, les observations intègrent l'effet de la variabilité interne et naturelle du climat, d'autant plus sensible que l'on utilise une période de courte durée (ici 10 ans). Des méthodes statistiques qui prennent en compte les mêmes contraintes observationnelles qu'utilisées pour la TRACC (Ribes et al. 2022) permettent d'isoler la part du réchauffement dû aux activités humaines. Le réchauffement d'origine humaine, estimé sur la France en 2020 (figure 2b), est alors de + 1,7 °C par rapport à la période pré-industrielle.

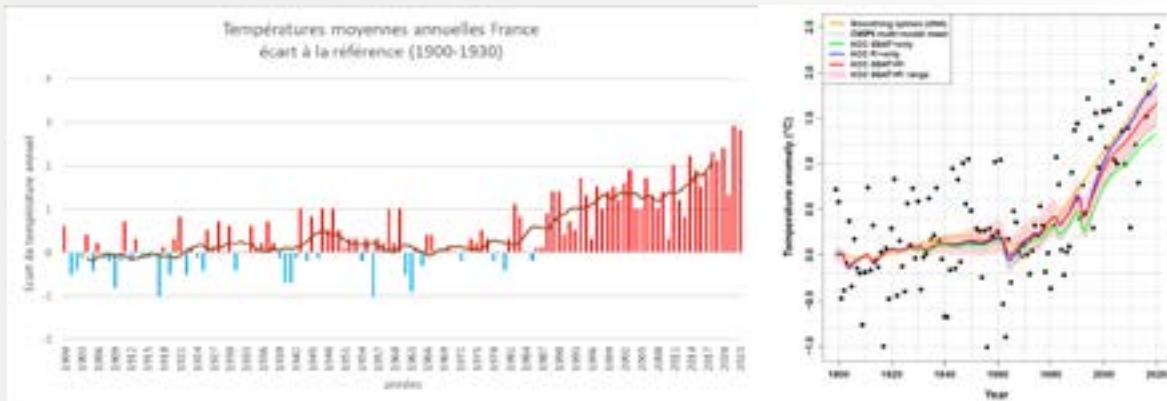


Figure 2 : Estimation du réchauffement climatique sur la France hexagonale : **2a.** à gauche à partir de l'indicateur thermique France depuis 1900 avec une référence 1900–1930. **2b.** à droite, à partir de la méthode des contraintes observationnelles (Ribes et al, 2022)

Le jeu de données TRACC-2023

Comment a été construit le jeu de données TRACC-2023 ?

Les simulations constituant le jeu TRACC-2023 ne disposent pas de données sur la première moitié du 20^e siècle. Les projections climatiques débutent en 2006, ainsi la période historique de 30 ans la plus récente est 1976-2005. C'est ainsi la période de référence qui est utilisée pour le jeu TRACC-2023 notamment sur le portail DRIAS - les futurs du climat. Le réchauffement sur la France hexagonale correspondant à chaque niveau de réchauffement planétaire doit aussi être exprimé par rapport à cette période de référence 1976–2005.

Sur la base des mêmes données contraintes par les observations qu'utilisées précédemment (Ribes et al., 2021; Ribes et al., 2022), il apparaît que les réchauffements planétaires (Monde) de +1,5 °C, 2 °C et 3 °C par rapport à la période pré-industrielle correspondent à des réchauffements France hexagonale (Fr-Hex) de +1,4 °C, 2,1 °C et 3,4 °C par rapport à 1976–2005 (tableau 2). L'écart de réchauffement sur la France hexagonale entre la période pré-industrielle et 1976–2005 s'élève à +0,6 °C.

Pour chaque simulation TRACC-2023, on identifie l'année pivot d'atteinte des différents niveaux de réchauffement visé sur la France hexagonale par rapport à la référence 1976–2005 (figure 3).

| | | | |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Monde (pré-industriel) | + 1,5 °C | + 2,0 °C | + 3,0 °C |
| Fr-Hex (pré-industriel) | + 2,0 °C | + 2,7 °C | + 4,0 °C |
| Fr-Hex (ref 1976-2005) | + 1,4 °C | + 2,1 °C | + 3,4 °C |

Tableau 2. Lignes 1 : niveaux de réchauffement planétaire par rapport à la période pré-industrielle 1850–1900. **Lignes 2 et 3 :** niveaux de réchauffement correspondants sur la France hexagonale par rapport à la période pré-industrielle et 1976–2005.

Afin de prendre en compte la variabilité interannuelle et les aléas climatiques possibles à ce niveau de réchauffement, les différents indicateurs sont calculés sur les 20 années simulées qui entourent chaque date pivot (10 années avant et 9 années suivantes).

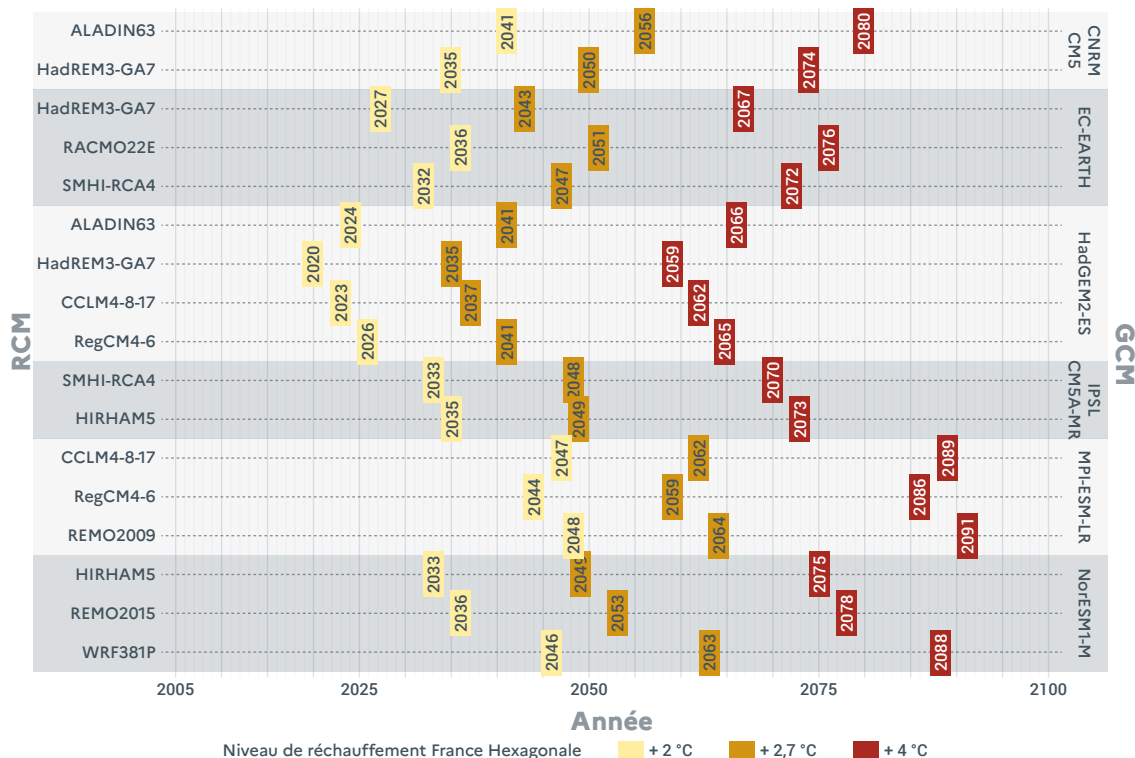


Figure 3 : Année à laquelle les niveaux de réchauffement France Hexagonale + 2 °C, + 2,7 °C et + 4 °C sont atteints dans chacune des projections Explore2 (RCP8.5). Chaque simulation est rattachée à un modèle climatique global (à droite) et un modèle climatique régional (à gauche).

B. Comment comparer la TRACC aux scénarios climatiques ?

La TRACC qui s'est appuyée sur les résultats les plus récents du 6^e rapport du GIEC, est proche, au sens de la chronologie d'atteinte des températures planétaires, d'un scénario d'émission intermédiaire SSP2 4.5 (figure 4 ci-dessous).

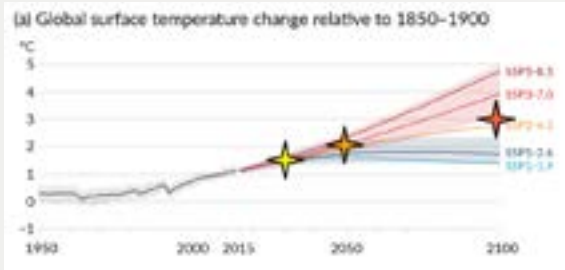


Figure 4 : Changement des températures de surface sur le globe (source GIEC 2021) selon différents scénarios climatiques. Les valeurs de niveau de réchauffement de la TRACC sont repérées par des losanges jaune, orange et rouge.

Cette trajectoire peut aussi être comparée sur la France à l'approche classique en termes de scénario d'émission de gaz à effet de serre, notamment à partir du jeu de simulations climatiques régionales Explore2.

À l'échelle nationale, les niveaux de réchauffement de la TRACC se situent au-dessus du réchauffement France projeté pour le scénario d'émission modéré du jeu Explore2, RCP 4.5 (figure 5).

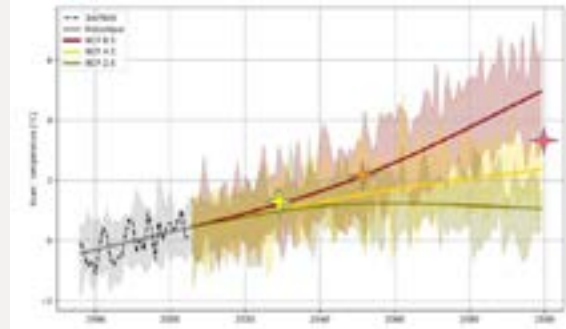


Figure 5 : Écart par rapport à la période 1976-2005 de la température moyenne annuelle agrégée sur la France simulée à partir de l'ensemble Explore2 sur la période 1976-2100 selon les 3 scénarios climatiques (RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5). Les observations SAFRAN sont indiquées en trait noir pointillé. Les valeurs de niveau de réchauffement de la TRACC sont repérées par des losanges jaunes, orange et rouge.

Quelles incertitudes sur les évolutions climatiques de la TRACC ?

Classiquement les incertitudes associées aux projections climatiques sont décrites selon différentes sources (scénario d'émission, modélisation, variabilité interne). Du fait de l'approche retenue par niveau de réchauffement, les incertitudes sont réduites aux incertitudes liées à la modélisation et à la variabilité interne du climat.

- Les incertitudes liées aux modèles de climat résultent des incertitudes scientifiques et techniques. Elles proviennent de nos connaissances incomplètes du fonctionnement du système climatique planétaire et de l'imperfection des modèles de climat pour le simuler dans sa complexité. Les choix opérés conduisent à des modèles de climat différents qui simulent pour un même scénario d'émission de GES des climats futurs différents. Ceci est vrai tant pour les modèles climatiques globaux que les modèles climatiques régionaux utilisés dans l'ensemble Explore2 (Evin et al, 2024). Par construction, en fixant le niveau de réchauffement atteint sur la France, la méthodologie TRACC limite les incertitudes liées aux modèles en termes de température moyenne annuelle mais les incertitudes demeurent aux autres périodes temporelles et pour les autres variables, comme les précipitations.

- Les incertitudes liées à la variabilité interne du climat qui est en fait une caractéristique du climat, dépendent des multiples interactions qui se jouent entre les différentes composantes du système climatique planétaire, en partie chaotique et non prévisible. C'est ainsi que les conditions météorologiques évoluent d'une année à l'autre indépendamment du changement climatique. Ces incertitudes ne sont pas réduites par l'approche en niveau de réchauffement et sont partiellement décrites à travers la fenêtre temporelle de 20 ans associée à chaque simulation et date pivot.

De façon générale, pour les prochaines décennies, la principale source d'incertitudes est la variabilité interne et dépend des variables considérées (plus forte pour les précipitations que pour la température). L'incertitude liée aux modèles augmente avec les échéances temporelles de la TRACC.

Pour estimer ces incertitudes, on utilise un ensemble de projections climatiques régionales avec une sélection variée et équilibrée de modèles climatiques globaux (6 GCMs) et modèles climatiques régionaux (9 RCMs).

Les évolutions climatiques des différents indicateurs selon la TRACC peuvent ainsi être présentées sous forme d'une estimation du changement moyen projeté (médiane des simulations) et des incertitudes associées (limites basses et hautes des projections).

Il est rappelé qu'en dépit des efforts de sélection des simulations climatiques pour leur représentativité des changements attendus sur la France, les estimations fournies restent conditionnelles de l'ensemble des simulations climatiques et des hypothèses choisies en appui à la TRACC. Ainsi, une approche des changements attendus en climat futur qui se limiterait à ne considérer que la médiane de l'ensemble TRACC, serait très insatisfaisante.

Un complément à l'approche statistique : les narratifs

Fournir des informations exploitables sur les futurs possibles du climat implique de synthétiser des projections climatiques qui présentent des changements futurs contrastés, voire contradictoires. L'approche « statistique » présentée ci-dessus, décrit les changements futurs à l'aide de la distribution de l'ensemble des simulations (moyenne ou quantiles des simulations). Dans cette approche fréquemment utilisée, il convient de se rappeler que la médiane ne correspond pas au résultat donné par une simulation particulière et qu'il n'y a pas nécessairement de cohérence spatiale dans les données d'un même quantile de distribution, qui peuvent relever de simulations climatiques différentes.

Une approche complémentaire dite par narratif peut aussi être utilisée dans le cadre d'études d'impact. Un narratif ou trame narrative est défini comme un déroulement physiquement cohérent d'événements passés ou futurs. Cette approche cherche à développer des récits descriptifs de climats futurs possibles (Shepherd et al. 2018). Plusieurs narratifs doivent être

envisagés afin d'explorer plusieurs futurs possibles. Un soin particulier doit être apporté à la sélection des narratifs en précisant systématiquement comment ils se situent au sein de la distribution de l'ensemble des modèles.

La répartition saisonnière des précipitations entre l'hiver et l'été est un élément majeur conditionnant les activités économiques et les écosystèmes en France. La figure 5 ci-dessous présente une approche de sélection de narratifs s'appuyant sur les changements de précipitation en hiver et en été au niveau de réchauffement TRACC 2100. Il apparaît d'abord une grande dispersion de l'ensemble (points colorés) autour de la médiane des changements en hiver (ligne pointillée bleue) et en été (ligne pointillée rouge). Une classification automatique basée sur l'évolution saisonnière des précipitations fait apparaître trois familles (points rouges, bleus, verts) :

- famille bleue correspondant aux simulations présentant une faible augmentation des précipitations en hiver et une forte diminution en été ;
- famille rouge correspondant aux simulations présentant une faible augmentation des précipitations en hiver et une faible diminution en été ;
- famille verte correspondant aux simulations présentant une forte augmentation des précipitations en hiver et une forte diminution en été.

Pour illustrer la dispersion des changements futurs possibles, l'approche par trames narratives consiste alors à illustrer 3 trames possibles, basées chacune sur une simulation sélectionnée au sein des différentes familles ci-dessus.

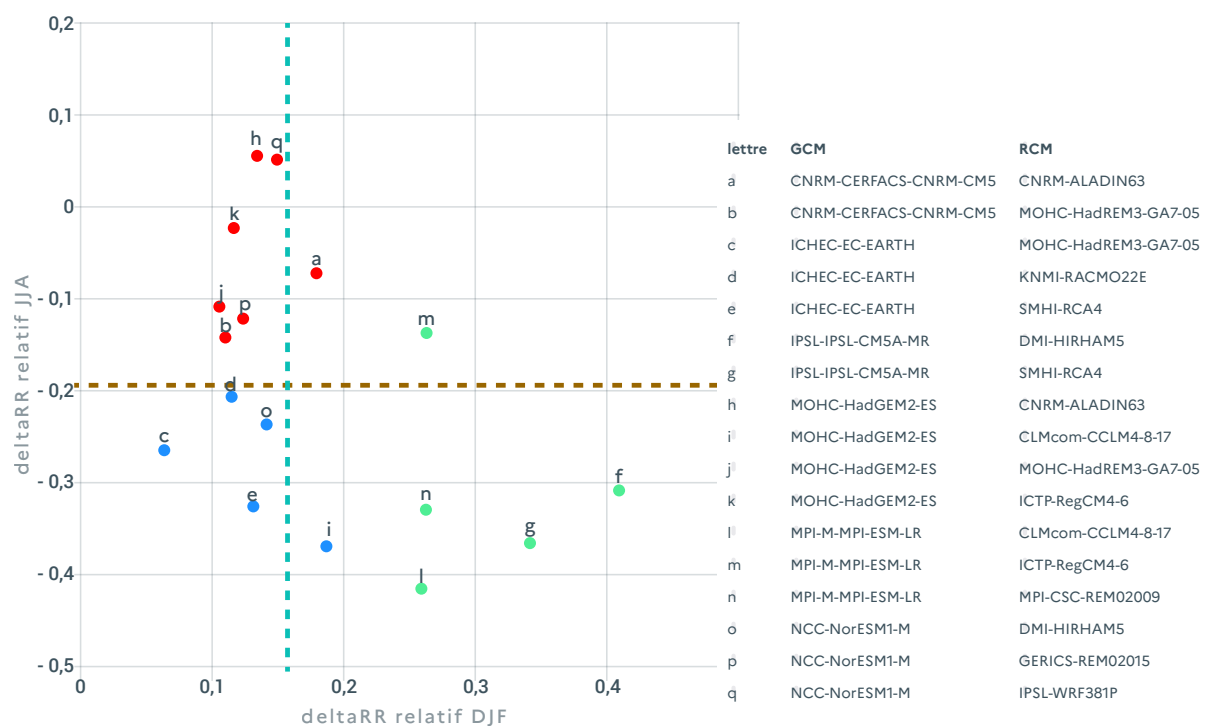


Figure 6 : Changement de cumul de précipitation en hiver et en été selon le niveau du réchauffement TRACC 2100 à partir d'une classification en trois familles des simulations TRACC-2023. En pointillé turquoise (respectivement marron) les valeurs médianes de l'ensemble TRACC-2023 pour l'évolution relative du cumul de précipitations en hiver (respectivement en été)

Décrire le climat selon les niveaux de la TRACC

Quelle représentation du climat futur ?

Les évolutions annuelles et saisonnières (hiver et été) des variables de température moyenne et de cumul de précipitation sont présentées ci-dessous selon les trois niveaux de la TRACC et pour trois quantiles de la distribution statistique (minimum, médiane et maximum). La période de référence utilisée est 1976–2005.

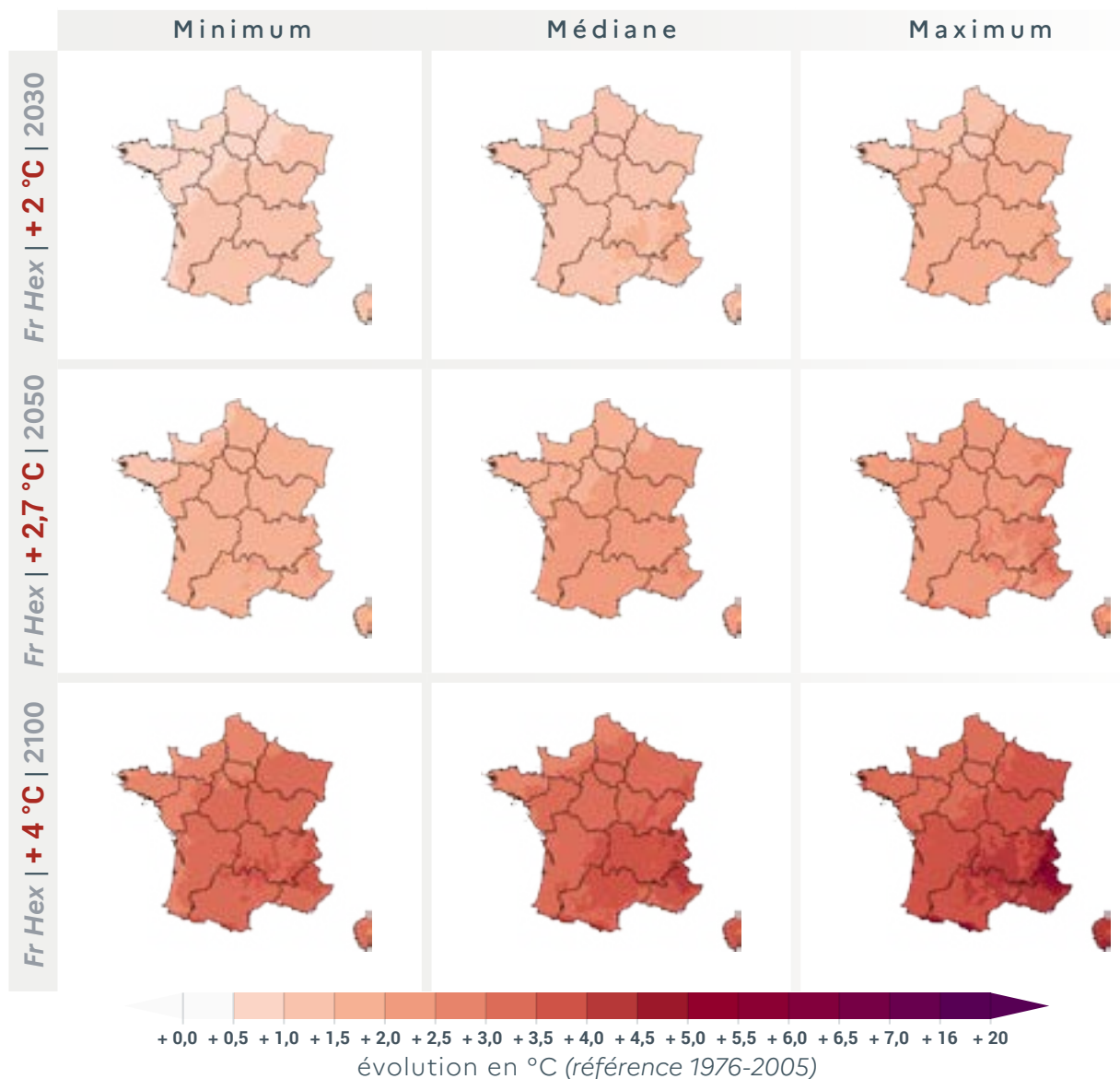
Sur la carte de minimum (respectivement médiane ou maximum), la valeur représentée en chaque maille est la valeur minimale de l'indicateur pour les

17 simulations de l'ensemble Explore2. Ces cartes issues de la composition de plusieurs simulations ne présentent pas de cohérence physique.

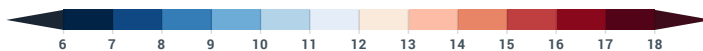
L'incertitude sur le signe du changement est traduite sous forme de hachures sur la carte médiane, où les hachures correspondent aux zones où l'incertitude est grande. Au contraire, dans les zones sans hachures, au moins 80 % des 17 simulations projettent un changement futur de même signe (à la hausse ou à la baisse).

Quels changements annuels et saisonniers de la température ?

Température moyenne de l'année



En valeur absolue, dans un climat réchauffé de + 4 °C, la température moyenne annuelle sur la France pourrait atteindre + 14,2 °C contre 10,9 °C sur la période de référence (1976–2005).

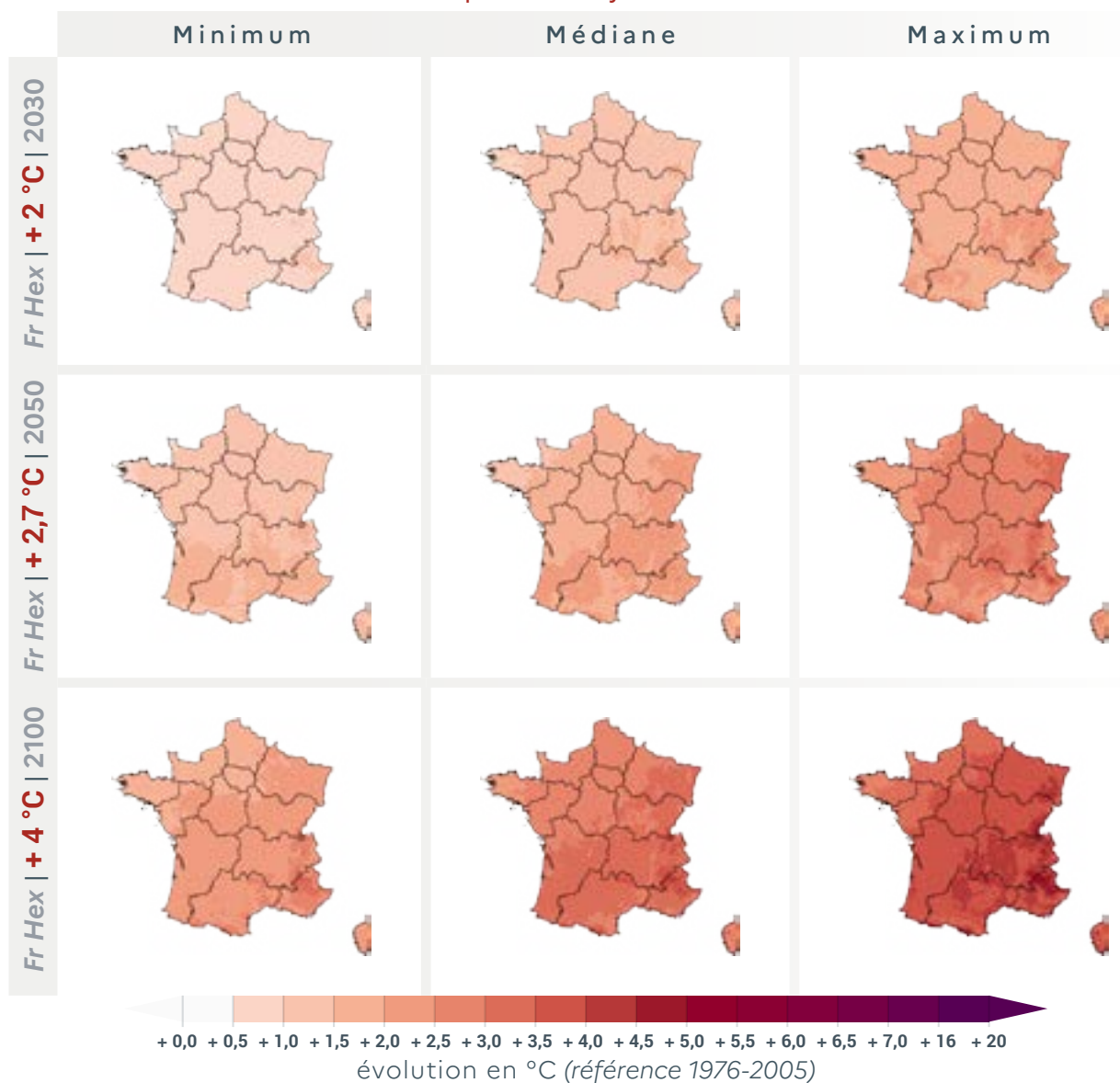


température en °C

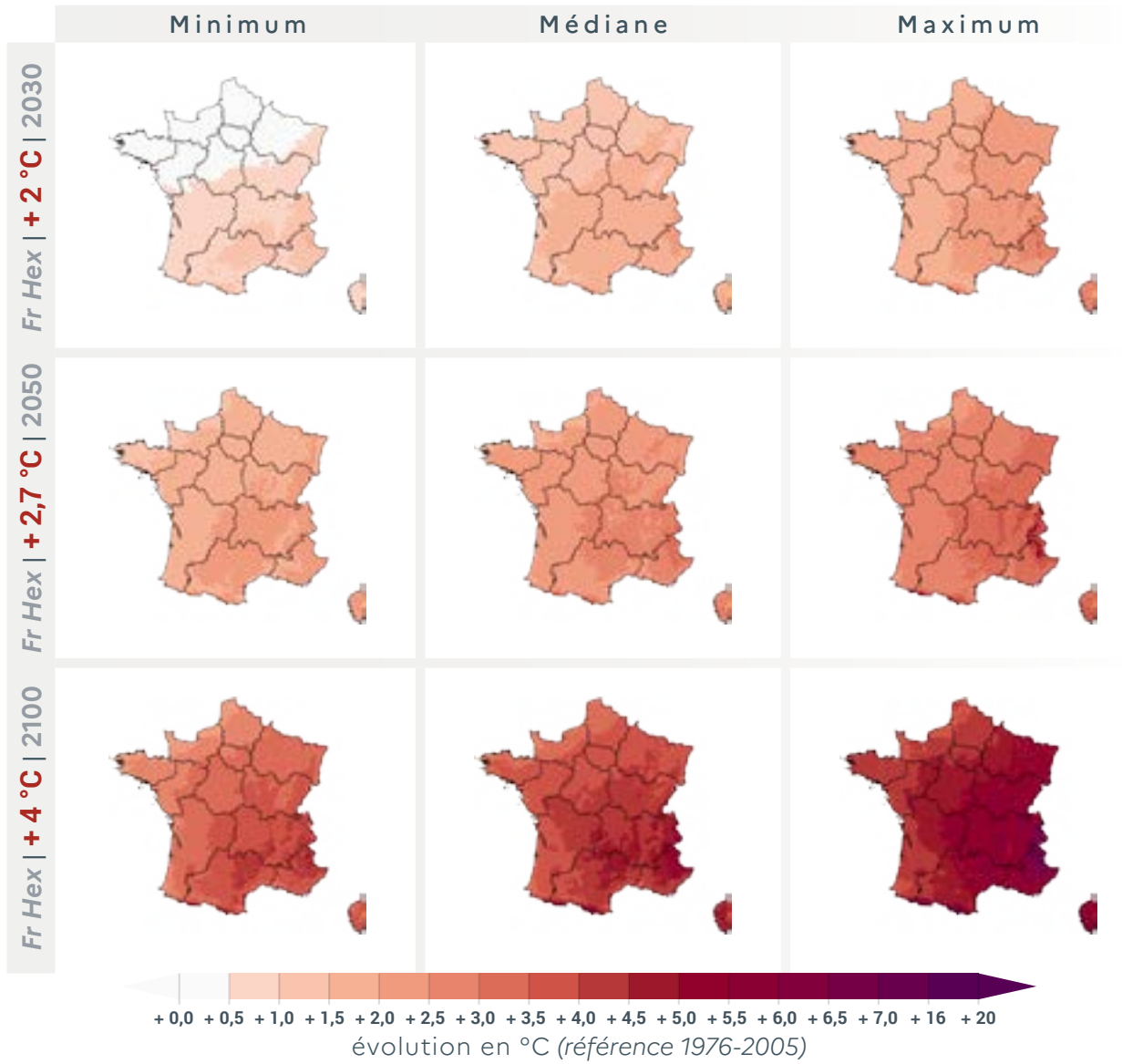
Température moyenne annuelle de la France (période 1976–2005)

Température moyenne annuelle de la France à + 4 °C (TRACC 2100)

Température moyenne en hiver



Température moyenne en été

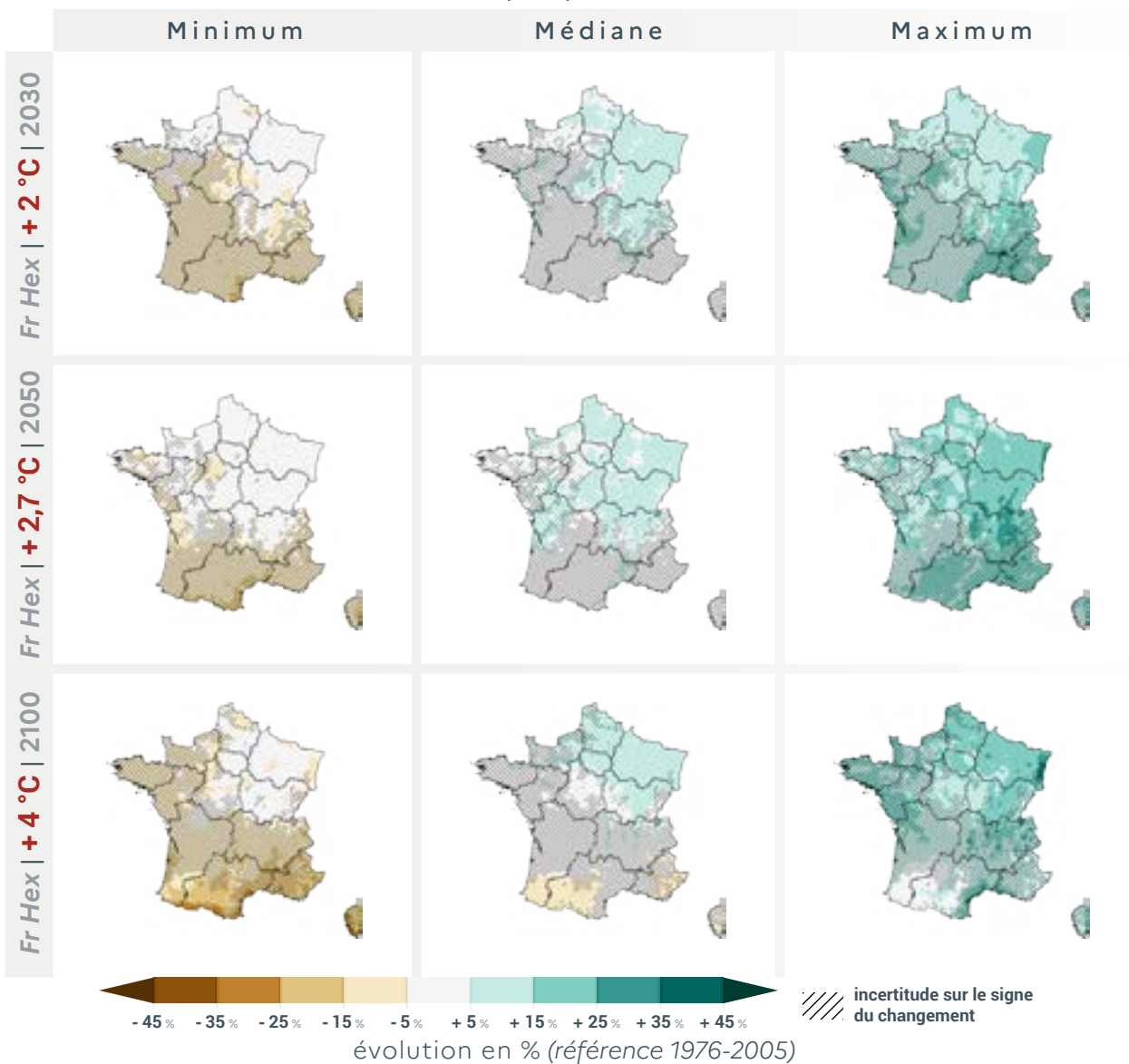


Résumé pour l'évolution des températures

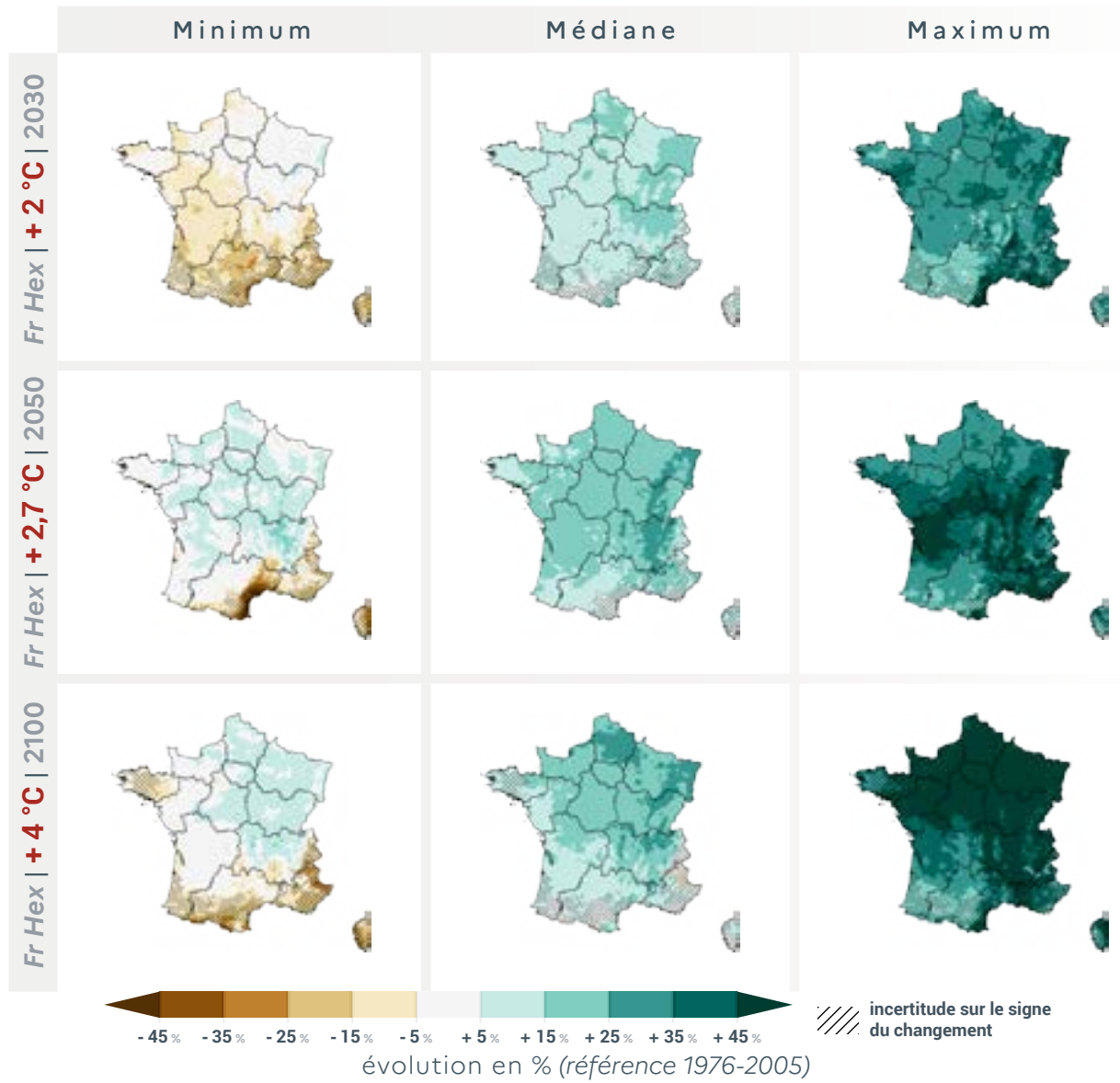
- L'évolution des températures annuelles présente des incertitudes faibles mais il apparaît cependant une variabilité spatiale de l'ordre de 1 °C en fin de siècle entre le sud-est du pays et les Alpes qui se réchauffent plus et le nord-ouest du pays un peu moins.
- On note également que le réchauffement est plus marqué en été qu'en hiver, de l'ordre de 1 °C.
- Selon le niveau de réchauffement France + 4 °C, la température moyenne annuelle sur la France pourrait atteindre + 14,2 °C avec des pointes à + 15 °C sur l'agglomération Parisienne (climat actuel de la région de Montpellier) et au delà de + 18 °C sur la moitié sud (climat actuel de l'Andalousie).

Quels changements annuels et saisonniers du cumul de précipitations ?

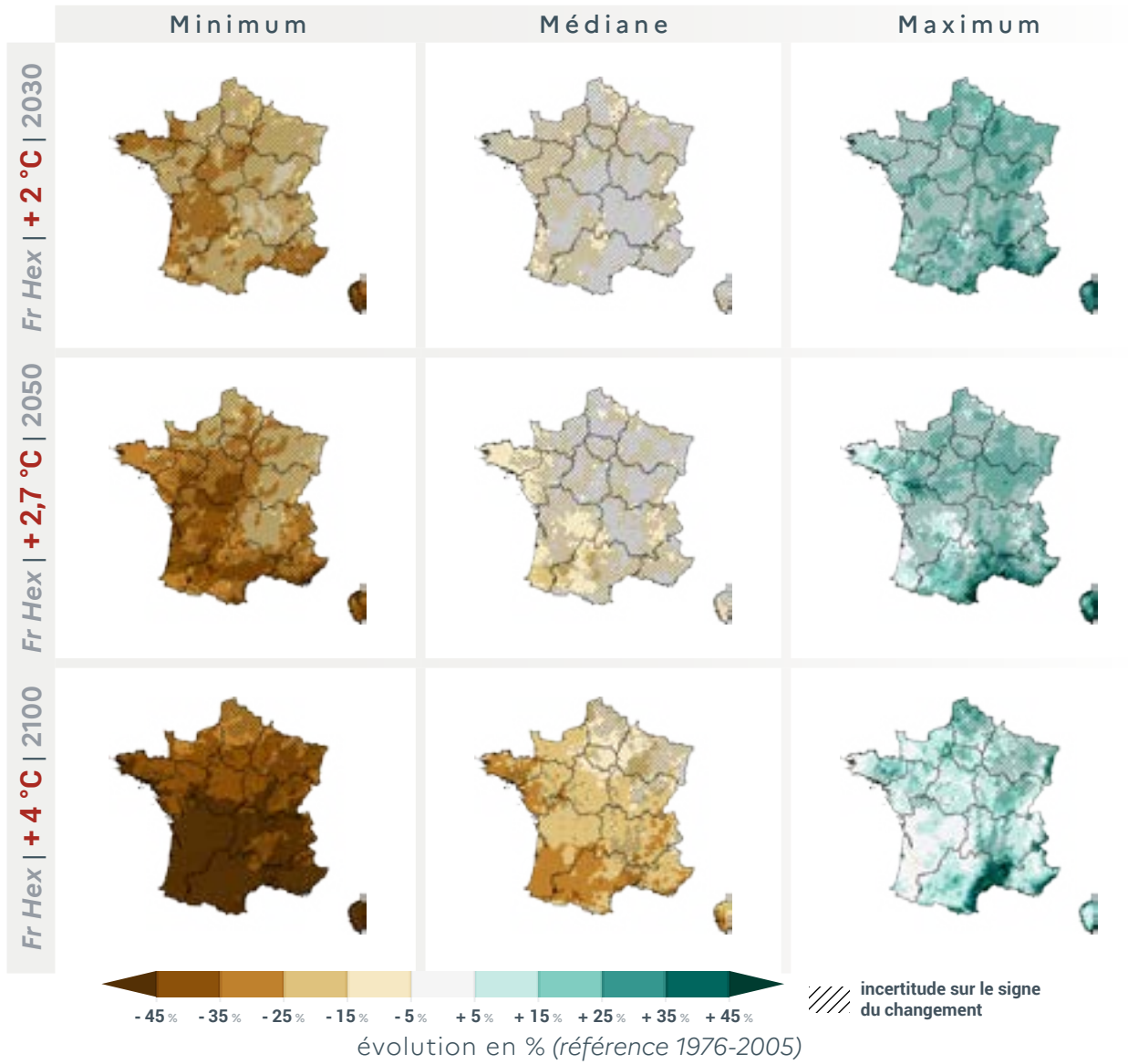
Cumul des précipitations de l'année



Cumul des précipitations en hiver



Cumul des précipitations en été



Résumé pour l'évolution du cumul de précipitation

- Contrairement aux températures, l'évolution des précipitations présente des incertitudes importantes.
- Au pas de temps annuel, les simulations projettent une légère augmentation sur le quart nord est du pays. Sur le reste de l'hexagone il est difficile de conclure sur le signe de l'évolution, sauf une légère baisse sur le sud-ouest au niveau de réchauffement le plus élevé.
La valeur moyenne du changement est de + 2 % en agrégation France.
- Les évolutions présentent des contrastes saisonniers avec une dominante de hausse en hiver et de baisse en été.
- En hiver, la hausse domine quasiment sur l'ensemble du pays (hors Alpes et Pyrénées) avec une bonne confiance sur le signe du changement à l'exception des régions les plus méridionales mais aussi une partie de la Bretagne au niveau de réchauffement le plus élevé.
La valeur moyenne du changement en hiver est de l'ordre de + 15 % en agrégation France.
- En été, la baisse domine sur tout le pays mais la confiance sur le signe du changement reste limitée pour les niveaux de réchauffement + 2 °C et + 2,7 °C voire même pour le niveau de réchauffement + 4 °C dans le quart nord-est.
La valeur moyenne du changement en été est de l'ordre de - 20 % en agrégation France.

Bibliographie

- Ribes, A., Boé, J., Qasmi, S., Dubuisson, B., Douville, H., and Terray, L. (2022)**
« *An updated assessment of past and future warming over France based on a regional observational constraint* »
Earth Syst. Dynam., 13, 1397–1415. ► doi.org/10.5194/esd-13-1397-2022
- Ribes, A., Qasmi, S., and Gillett, N. P. (2021)**
« *Making climate projections conditional on historical observations* »
Sci. Adv., 7, eabc0671. ► doi.org/10.1126/sciadv.abc0671
- Évin, Guillaume ; Hingray, Benoît ; Reverdy, Alix ; Ducharne, Agnès ; Sauquet, Éric (2024)**
« *Ensemble de projections Explore2 : Changements moyens et incertitudes associées* »
Recherche Data Gouv, V2. ► doi.org/10.57745/KWH320
- Alessio Ciullo, Olivia Martius, Eric Strobl, David N. Bresc (2021)**
« *A framework for building climate storylines based on downward counterfactuals: The case of the European Union Solidarity fund* »
Climate Risk Management, Volume 33, 100349, ISSN 2212-0963. ► doi.org/10.1016/j.crm.2021.100349
- Shepherd, T.G., Boyd, E., Calel, R.A. et al. (2018)**
« *Storylines : an alternative approach to representing uncertainty in physical aspects of climate change* »
Climatic Change 151, 555–571. ► doi.org/10.1007/s10584-018-2317-9
- Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., and Taylor, K. E. (2016)**
« *Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization* »
Geosci. Model Dev., 9, 1937–1958. ► doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B. et al. (2014)**
« *EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research* »
Reg Environ Change 14, 563–578. ► doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2
- Taylor, K. E., R. J. Stouffer, and G. A. Meehl, (2012)**
« *An Overview of CMIP5 and the Experiment Design* »
Bull. Amer. Meteor. Soc., 93, 485–498. ► doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1
- IPCC, 2013: Climate Change (2013)**
Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)
« *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* »
Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Verfaillie, D., Déqué, M., Morin, S., and Lafaysse, M. , (2017)**
« *The method ADAMONT v1.0 for statistical adjustment of climate projections applicable to energy balance land surface models* »
Geosci. Model Dev., 10, 4257–4283. ► doi.org/10.5194/gmd-10-4257-2017
- Paola Marson, Lola Corre, Jean-Michel Soubeyroux, Eric Sauquet, Yoann Robin, et al, (2024)**
« *Explore2 – Rapport de synthèse sur les projections climatiques régionalisées* »
METEOFRACTANCE, INRAE, Institut Pierre-Simon Laplace. ► hal.inrae.fr/hal-04443633

Liste des auteurs

Jean-Michel Soubeyrou, Brigitte Dubuisson, Sebastien Bernus, Raphaëlle Samacoïts, Fabienne Rousset, Michel Schneider, Agathe Drouin, Thumette Madec , Marc Tardy

Direction de la Climatologie et des Services Climatiques

Lola Corre

Centre National de Recherche Météorologique

Citer le rapport :

Jean-Michel Soubeyrou, Brigitte Dubuisson, Sebastien Bernus, Raphaëlle Samacoïts, Fabienne Rousset, Michel Schneider, Agathe Drouin, Thumette Madec, Marc Tardy, Lola Corre, (2024)

« À quel Climat s'adapter en France selon la TRACC ? »

► www.drias-climat.fr/

Météo-France
73, avenue de Paris
94165 Saint-Mandé Cedex
www.meteofrance.fr

 @VigiMeteoFrance

Direction de la Climatologie et des
Services Climatiques - octobre 2024

© Météo-France 2024

