

Livret

CHANGEMENT CLIMATIQUE



Source : neenawat555



Source : LBP / T.M.

Fiche 1.1 : Qu'est-ce que le changement climatique ?

Catégorie :
**Changement
climatique**



Qu'est-ce que la climatologie ?

Le climat, les conditions moyennes à un endroit donné

La climatologie s'intéresse aux conditions atmosphériques moyennes pouvant caractériser une région donnée, pendant une période de temps donnée. Elle s'appuie sur l'analyse statistique de différents paramètres : la température, l'ensoleillement, les précipitations, l'humidité, les vents. Elle permet ainsi de dégager des tendances climatiques (saisonnnières, annuelles, pluri-annuelles). On s'y réfère pour comprendre les évolutions anormales et imaginer les évolutions futures sur un territoire.



La météo, le « temps qu'il fait »

La météorologie étudie concrètement les phénomènes atmosphériques observables.

Elle suit l'évolution des dépressions et des anticyclones, la formation des nuages, les précipitations liquides ou solides... dans le but de faire des prévisions localisées à court terme (de quelques jours à quelques semaines). Pour cela, elle s'attarde aux interactions entre plusieurs facteurs tels que la pression atmosphérique, la température, l'humidité, le vent, la couverture nuageuse, etc... On fait ainsi référence à la météo au quotidien, pour prévoir nos activités à court terme.



Ainsi, un "changement climatique", ou "dérèglement climatique", correspond à **une modification durable du climat global de la Terre ou de ses divers climats régionaux.**

Qu'est-ce que le « GIEC » ?

Le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat) est un organisme intergouvernemental ouvert à tous les pays membres de l'ONU. Il évalue l'état des connaissances sur l'évolution du climat, ses causes, ses impacts et les possibilités de limiter l'ampleur du réchauffement. Ses rapports synthétisent les publications de milliers de chercheurs qui analysent, modélisent et quantifient le changement climatique et ses impacts.



Qu'est-ce que l'effet de serre ?

L'effet de serre est un processus naturel et essentiel à la vie car il permet de maintenir une température moyenne autour de **15°C** sur la planète. Certains composants gazeux présents majoritairement de manière naturelle dans l'atmosphère captent une part de l'énergie thermique (la chaleur) renvoyée vers l'espace par la Terre. On les appelle les « gaz à effet de serre » (GES). La concentration de GES est de plus en plus importante dans l'atmosphère terrestre : les émissions d'origine anthropique se sont intensifiées depuis la période industrielle. La chaleur est donc davantage maintenue autour de la Terre, ce qui cause un réchauffement planétaire. Dès lors, les activités humaines accentuent l'effet de serre.



Le protocole de Kyoto (signé lors de la COP3 en 1997), un accord international bâti sur la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, vise principalement la réduction de sept gaz à effet de serre (GES) © Ministère de l'Ecologie français



Mécanisme de l'effet de serre © ADEME

Les paramètres les plus marquants des évolutions climatiques sont les températures et les précipitations, qu'il s'agisse tant des évolutions graduelles que des événements extrêmes.



Fiche 1.1 : Qu'est ce que le changement climatique ?

Catégorie :
**Changement
climatique**



Quelle est l'origine du changement climatique actuel ?

La planète a déjà subi plusieurs évolutions de climat...

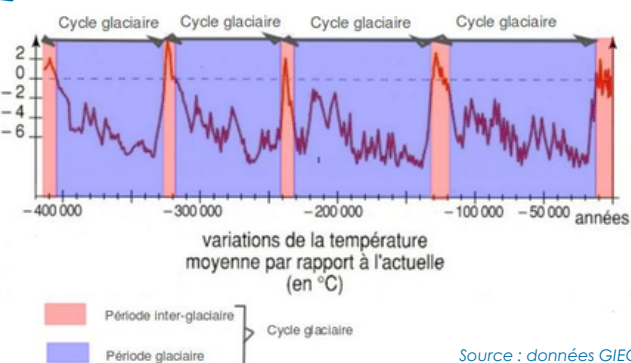
Le climat de la Terre a évolué à de nombreuses reprises depuis sa formation.

Depuis 60 millions d'années, il connaît un **refroidissement progressif**, qui a permis la mise en place des calottes polaires en Antarctique et au Groenland, il y a respectivement 34 et 3 millions d'années.

La variabilité climatique aurait néanmoins augmenté depuis environ 3 millions d'années, avec l'intensification des **cycles glaciaires (périodes froides) / interglaciaires (périodes chaudes)**, associés à des cycles de « construction » puis de disparition d'autres calottes glaciaires sur le nord des continents américain et eurasien.

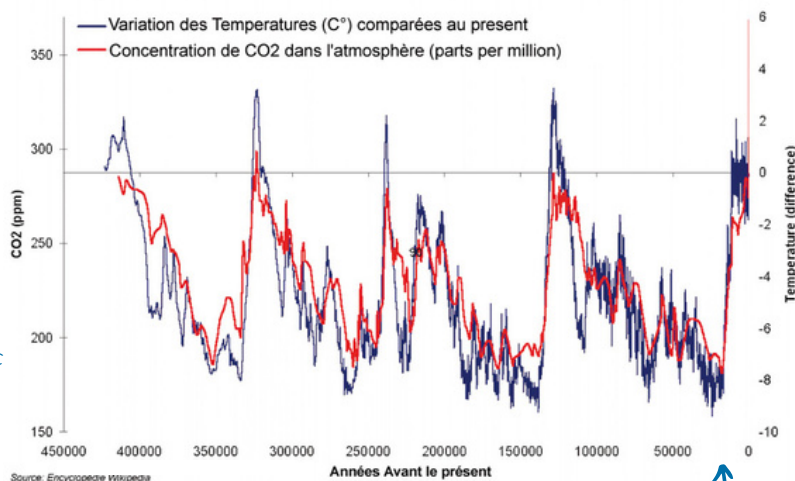
La dernière période glaciaire a connu son point culminant il y a 20 000 ans. La température moyenne du globe aurait pu être de l'ordre de 6 °C inférieure à la température actuelle. L'Europe du Nord et le Canada étaient recouverts par les glaces.

Nous sommes actuellement dans une période interglaciaire (donc chaude), qui pourrait être prolongée plus longtemps que prévu avec l'effet des activités humaines.



Source : agroades sciences.com

Températures et CO2 sur les 400 000 dernières années



... mais ces évolutions n'ont jamais été aussi brutales qu'actuellement

Ce qui est exceptionnel avec le changement climatique actuel, ce n'est pas tant l'amplitude que la rapidité extrême à laquelle les concentrations en dioxyde de carbone (CO2) dans l'atmosphère augmentent : cela relève plus de la crise climatique que d'une lente variation du climat.

Au cours des périodes inter-glaciaires (chaudes) précédentes, les concentrations maximales en CO2 atteignaient 280 ppm (partie par million), **contre 412 ppm mesurées en 2020 ! Il faut remonter des millions d'années en arrière pour trouver de telles concentrations en CO2 dans l'atmosphère**, à une époque où la calotte glaciaire groenlandaise n'existait pas encore.

Or, l'augmentation des températures est corrélée à une augmentation des concentrations en CO2 dans l'atmosphère.



Les conclusions du 6ème rapport du GIEC

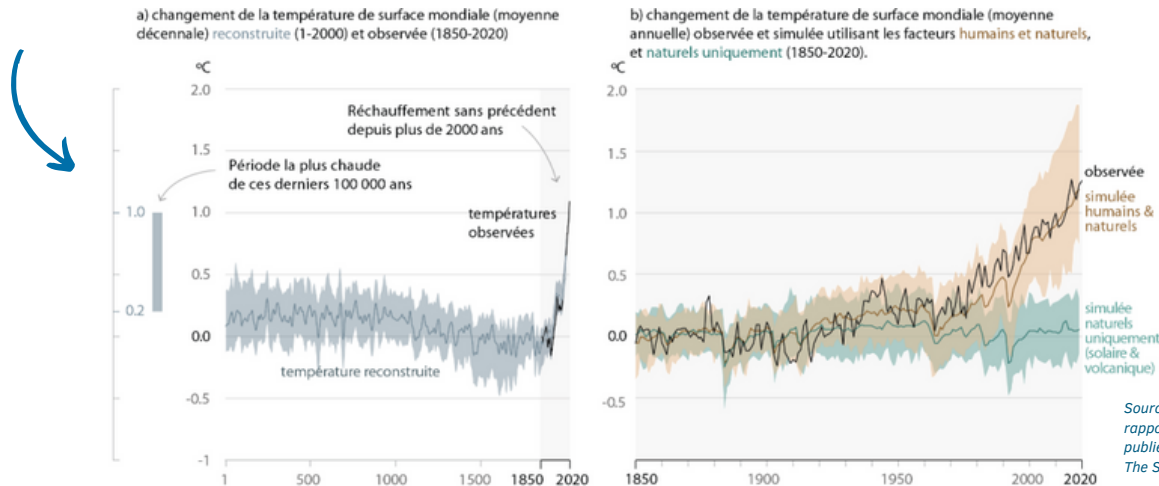
Publié en août 2021, le 1er tome du 6ème rapport du GIEC rappelle que l'ampleur vraisemblable du réchauffement climatique sur la surface mondiale causée par l'activité humaine **entre 1850-1900 et 2010-2019 est de + 1,07°C**. Les océans se réchauffent moins vite que les terres, et l'équateur se réchauffe moins vite que les pôles. Le rapport rappelle qu'en 2019, les concentrations atmosphériques de CO2 étaient plus élevées qu'à n'importe quel moment sur au moins 2 millions d'années.



Fiche 1.1 : Qu'est ce que le changement climatique ?

Catégorie :
**Changement
climatique**

Ci-dessous, le graphique a) issu du 6ème rapport montre que la température actuelle est plus élevée que lors de la dernière période la plus chaude enregistrée depuis 100 000 ans. Avant cela, il faut remonter à l'ère interglaciaire (chaude) précédente (125 000 ans) pour retrouver une température aussi élevée. Le graphique b) compare l'évolution climatique simulée sans impact de l'activité humaine sur le climat (sans émission de gaz à effet de serre) et avec l'impact de l'activité humaine.



Au niveau des projections climatiques, le rapport conclut que la température à la surface du globe continuera d'augmenter au moins jusqu'au milieu du siècle, quel que soit le scénario d'émissions envisagé.

Le réchauffement planétaire dépassera **les 2°C au cours du XXIème siècle**, à moins que des réductions considérables des émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre n'interviennent dans les prochaines décennies, et qu'elles soient enclenchées immédiatement.

Le niveau de la mer devrait s'élever pendant des siècles, voire des millénaires, en raison du réchauffement continu des océans profonds et de la fonte des calottes glaciaires, et restera élevé pendant des milliers d'années. Au cours des deux mille prochaines années, le niveau moyen de la mer augmentera d'environ **2 à 6 m**, si le réchauffement est limité à 2°C ; et de **19 à 22 m** avec un réchauffement de 5°C.



Le changement climatique en France



Depuis 1900, la température moyenne du globe a augmenté d'environ 1°C et celle de la France métropolitaine de plus de 1,5°C : toutes les parties de la planète ne se réchauffent pas au même rythme et en particulier la hausse de la température des terres est plus élevée que celle des océans.

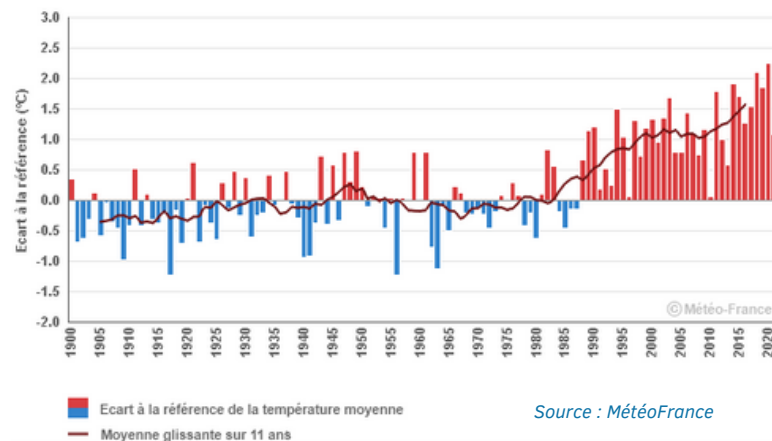
En raison d'une forte variabilité naturelle, la température moyenne peut, certaines années, être plus basse que celle des années précédentes. **Mais cette variabilité interannuelle ne doit pas être confondue avec l'évolution de fond : une tendance générale à la hausse marquée depuis plus d'un siècle.**

Pour la pluviométrie, à l'exception de quelques régions de l'est de la France ou proches de la Méditerranée, **les tendances des précipitations sont souvent peu marquées** et peuvent varier selon la période d'étude couverte par l'analyse.

Les vagues de chaleur sont devenues plus fréquentes et plus intenses. On observe également une intensification des pluies extrêmes dans la région méditerranéenne française. En revanche, aucune tendance marquée ne se dégage sur l'évolution des tempêtes d'après météo France.

Le graphique ci-dessus illustre la hausse des températures moyennes à l'échelle de la France métropolitaine.

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



Fiche 1.2 : Modéliser le changement climatique

Catégorie :
**Changement
climatique**



D'où viennent les projections climatiques ?

Modéliser, c'est construire une représentation d'un phénomène afin d'être en mesure de comprendre, d'étudier ou d'expliquer plus facilement ce dernier.



On peut traduire la modélisation climatique comme la traduction numérique des principaux processus physiques, géophysiques, chimiques et biologiques qui régissent le système climatique dans le but d'obtenir une représentation simplifiée du système terrestre.

Pour modéliser le climat sous effet du changement climatique, il faut inclure dans le modèle ce qu'on appelle des forçages climatiques. Ces forçages climatiques sont des perturbations d'origine extérieure au système climatique qui impactent son bilan radiatif. Les profils RCP (Representative Concentration Pathways) sont des trajectoires d'évolution des émissions et des concentrations des gaz à effet de serre et des aérosols.

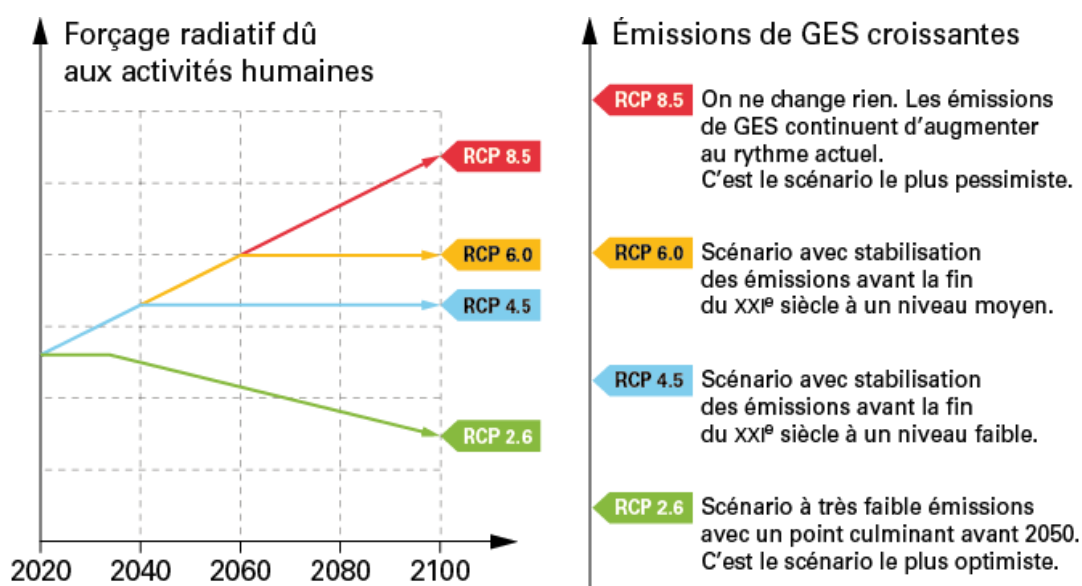


Qu'est-ce que le "bilan radiatif de la Terre" ?

Le bilan radiatif de la Terre quantifie la différence entre l'énergie reçue et perdue par le système climatique terrestre, au niveau de l'atmosphère, du sol et des océans. Lorsque le bilan est nul, la température moyenne de notre planète reste stable.

Les 4 RCP ci-dessous présentent des évolutions possibles à l'horizon 2100 en fonction de l'évolution des émissions. Leur numéro correspond au forçage de bilan radiatif atteint en 2100. Plus la valeur du bilan radiatif est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe.

Dans le cadre de l'étude, nous retiendrons les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Le RCP 2.6 est considéré comme dépassé et le RCP 6 a été peu modélisé ; il n'est d'ailleurs pas disponible sur le portail DRIAS.



DRIAS = Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnement



Fiche 1.2 : Modéliser le changement climatique

Catégorie :
**Changement
climatique**



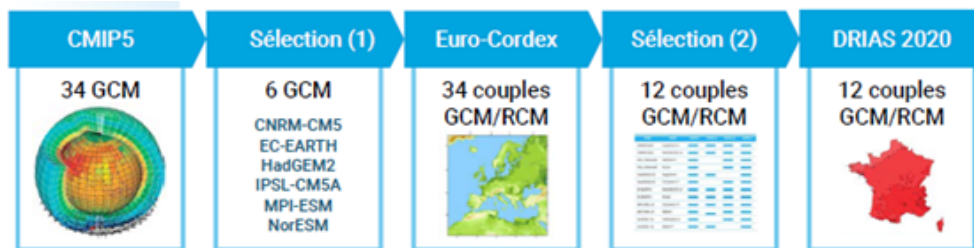
D'un modèle global à un modèle régional

Les scénarios d'émission RCP sont donc utilisés en entrée de modèles climatiques établis à l'échelle de la planète (modèles climatiques globaux ou GCM en anglais). Les résultats peuvent différer d'un modèle à l'autre, car ils ne reprennent pas tous les mêmes hypothèses : certains phénomènes ne sont pas encore parfaitement maîtrisés (par exemple la nébulosité).

La résolution des modèles globaux (200km) est cependant insuffisante pour représenter les phénomènes météorologiques locaux et les événements extrêmes. Il faut donc opérer une descente d'échelle, qui consiste en l'utilisation de modèles climatiques régionaux (MRC ou RCM en anglais), qui sont beaucoup plus fins.



Les projections disponibles sur le portail DRIAS



Pour en savoir plus sur les
[modélisations DRIAS](#)



Le portail DRIAS géré par Météo France met à disposition un jeu de données de 12 couples de modèles globaux et régionaux. Ces simulations ont ensuite été corrigées afin d'éliminer les biais par rapport aux observations locales. En l'occurrence, les jeux de données historiques ont été corrigés avec les données SAFRAN (correction de la distribution des données simulées). Les projections intègrent les scénarios d'émission de gaz à effet de serre.



À partir des modèles climatiques, il est possible de générer des projections climatiques suivant les différents scénarios d'émissions de GES. Elles constituent alors un scénario climatique, qui renvoie à une description possible du climat futur.



Pour rappel, dans le cadre de cette étude prospective, nous avons utilisé les différentes projections du portail DRIAS, en ciblant les scénarios RCP 4.5 et 8.5.

Nous avons traité les données à l'échelle des bassins versant Ouche-Vouge-Tille afin de retranscrire les évolutions climatiques médianes du périmètre d'étude.

[Le rapport grand public du Haut Conseil
pour le Climat \(2021\)
\[hautconseilclimat.fr\]\(http://hautconseilclimat.fr\)](#)



Réponses scientifiques et rigoureuses aux
questions que peut se poser un public non
spécialiste sur le climat - site géré par plusieurs
laboratoires de recherche



Si vous lisez ce document en version numérique, vous avez la possibilité de cliquer sur les liens qui vous redirigeront vers plus de détails.



Fiche 1.2 : Modéliser le changement climatique

Catégorie :
**Changement
climatique**



Les données de projection climatique pour caractériser le climat futur

Nous avons mobilisé depuis le portail DRIAS les données suivantes :

- Les **projections climatiques des 12 couples de modèles globaux / régionaux disponibles sur le portail DRIAS**. Il s'agit de chroniques au pas de temps journalier jusqu'à 2100 pour les paramètres de précipitations, de température, d'ETP « FAO », de pluies efficaces, d'humidité des sols, etc ; et ce pour les deux scénarios RCP 4.5 et 8.5.
- Les **indicateurs climatiques** calculés à partir des 12 couples de modèles et qui sont exprimés en valeur relative (ex : nombre de jours de gels à horizon lointain) et en écart à la période de référence (ex : + 10 jours d'été à horizon moyen par rapport à la période de référence). Les indicateurs sont produits à horizon moyen (2040-2070) et lointain (2070-2100). La période référence est la période 1975-2005.

Ces données sont **spatialisées à l'échelle de mailles de 8 x 8 km** (identiques aux mailles SAFRAN). Pour la production des indicateurs globaux, nous avons donc **moyenné les résultats à l'échelle du périmètre de l'étude**.

Les graphiques rendant compte des projections climatiques sont présentés en identifiant la valeur médiane des 12 couples de modèles et les incertitudes : la gamme de résultats est représentée par des percentiles.



Ces projections climatiques sont de la "génération" du 5ème rapport du GIEC. Les projections du 6ème rapport sont plus précises, mais ne sont pas disponibles publiquement en version corrigée. Avec ces projections, le signal d'évolution de la température et des précipitations est inchangé, mais l'incertitude est réduite et l'ampleur du réchauffement plus important.



Les données de projection climatique pour caractériser les l'hydrologie future

Les projections du portail DRIAS-EAU ont permis de décrire l'évolution possible du climat futur, mais également de modéliser l'évolution de la ressource en eau :

- Reprise des résultats de modélisation Modcou (chaîne SIM2, modèle physique de MétéoFrance) des débits jusqu'en 2100, forcés avec les 12 couples de modèles climatiques du portail DRIAS et les 2 RCP (4.5 et 8.5)
- Il s'agit de débits "pseudo-naturels", qui ne prennent pas en compte les influences anthropiques
- 14 stations sur le périmètre d'étude, sachant que les dynamiques sont identiques sur les stations d'un même cours d'eau et proches. L'Ouche, la Tille, la Norges et l'Ignon disposent de stations SIM2.

Ces projections, réalisées dans le cadre du projet national Explore 2, **permettent de connaître les évolutions possibles de l'hydrologie naturelle (non influencée)** sur les grands cours d'eau du périmètre.

Les indicateurs présentés sont :

- l'évolution des régimes hydrologiques (débits journaliers interannuels à différents horizons) ;
- l'évolution des QMNA, débits médians et débits crue (débit classé : Q90) jusqu'en 2100.

Les graphiques rendant compte des projections hydrologiques sont présentés en identifiant la valeur médiane des 12 couples de modèles et les incertitudes : la gamme de résultats est représentée par des percentiles.



Fiche 1.3 : Évolution passée des températures

Catégorie :
**Changement
climatique**



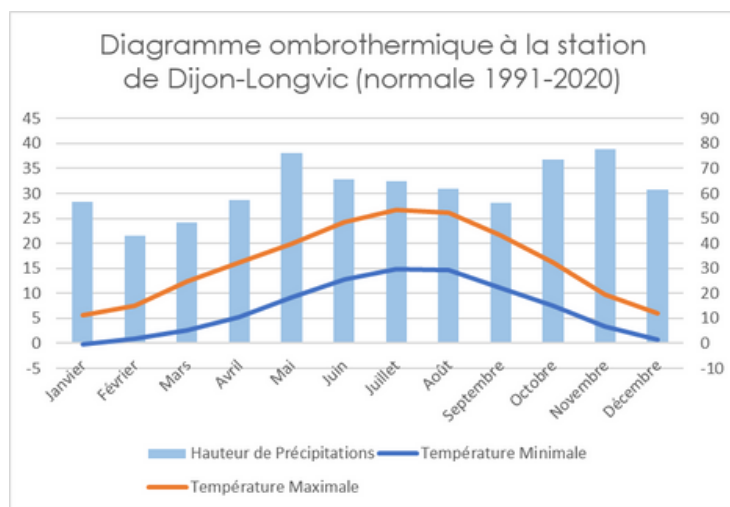
Caractérisation du climat actuel

Le périmètre est caractérisé par deux types de climat :

- **Un climat océanique dégradé** de Dijon à la plaine de la Saône, climat de transition entre différents types de climats et caractérisé par des hivers frais, des étés chauds et des précipitations plutôt faibles.
- **Un climat semi-continental** sur les parties amont des bassins, avec des températures plus fraîches et une pluviométrie plus élevée.

Les températures suivent un gradient amont-aval marqué, en lien avec le relief du territoire ; les températures moyennes annuelles sont plus faibles sur les massifs de la Côte et de l'Arrière-côte ou encore de la montagne dijonnaise que dans les zones de plaine (plaine de Genlis, plaine de Dijon, plaine alluviale de la Saône) où elles sont plus clémentes.

À la station de Dijon-Longvic, les températures moyennes mensuelles sur la période 1991-2020 s'échelonnent de 2,7°C en période hivernale, à 20,8°C sur les mois d'été les plus chauds. Les températures maximales s'établissent généralement autour de 27°C en été et de 5,5°C en hiver et les températures minimales atteignent -1°C l'hiver.

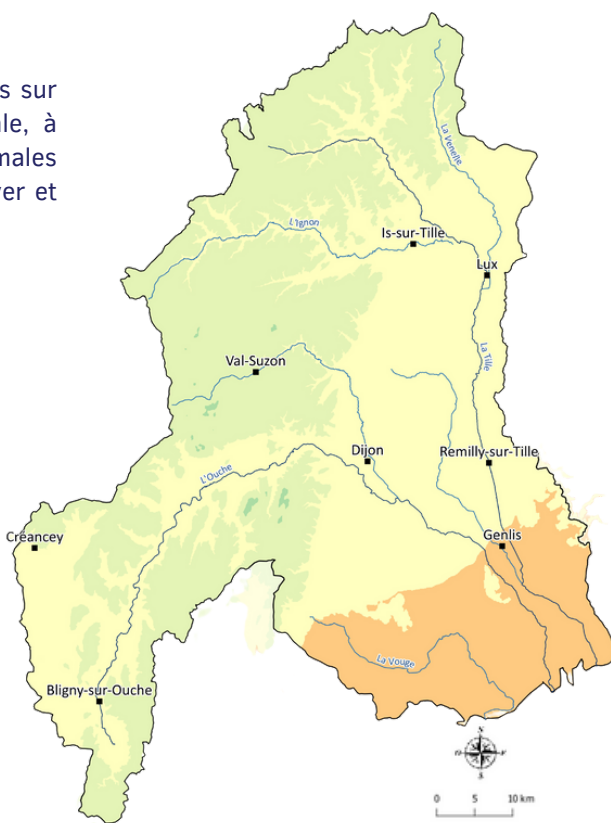


Source : MétéoFrance



Qu'est-ce qu'une "normale climatique" ?

Une normale climatique permet de renseigner sur la valeur moyenne d'un paramètre climatique rencontré sur un territoire. Les normales climatiques sont établies à partir d'une chronique de 30 ans de données. La normale 1990-2020 ne présente pas pour autant le climat « normal » d'aujourd'hui, puisqu'elle intègre des températures moyennes plus élevées causées par le changement climatique.



Légende :

- Villes principales
- Cours d'eau
- Canal de Bourgogne
- Périmètre de l'étude
- Température moyenne annuelle (normale 1961-1990) (°C)
 - 7-8
 - 8-9
 - 9-10
 - 10-11

Pour cartographier le climat actuel, les données DIGITALIS SYLVAE (agroparistech) ont été utilisées. Elles sont disponibles par mailles et représentent la normale climatique de 1961-1990 à l'échelle nationale. En comparaison avec les températures de la normale 1990-2020, les valeurs sont légèrement inférieures - attention à leur interprétation.



Fiche 1.3 : Évolution passée des températures

Catégorie :
Changement
climatique



Évolution passée des températures



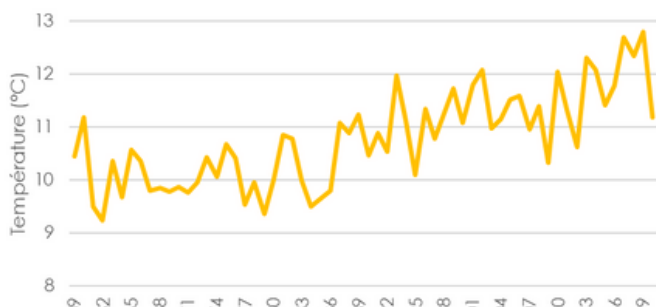
Les données mobilisées pour caractériser le climat sur la période passée sont les données Météo France (longues séries homogénéisées), insérées dans un outil de visualisation de l'Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique (ORACLE) en région Bourgogne Franche-Comté. Nous avons retenu la station météo de Dijon-Longvic, mais il faut noter que les tendances d'évolution sont homogènes à l'échelle régionale.



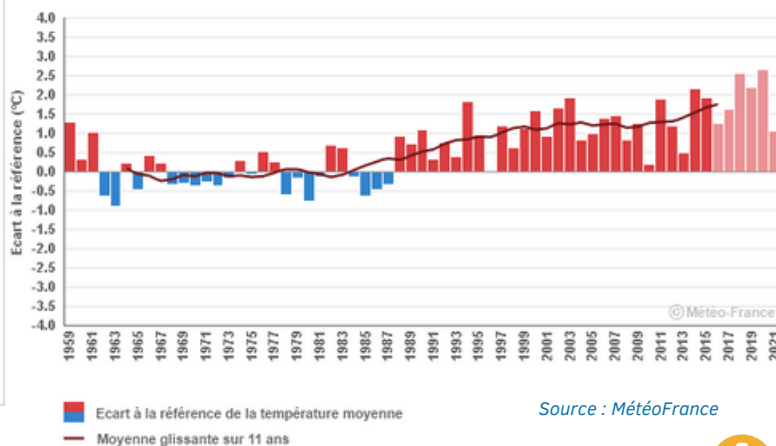
Sur la période historique, les températures sont en hausse à la station de Dijon-Longvic, qu'il s'agisse des températures minimales, moyennes ou maximales.

Température moyenne annuelle : écart à la référence 1961-1990 - Dijon Longvic

Température moyenne annuelle à la station de Dijon Longvic



Source : MétéoFrance



Source : MétéoFrance

Le graphique ci-dessus détaille les écarts annuels à la normale climatique (1961-1990) des températures moyennes à la station de Dijon-Longvic.

L'évolution des températures moyennes annuelles montre donc **un net réchauffement depuis le début de la chronique mobilisée (1959)**. Une hausse de 0,3°C en moyenne par décennie est observée à la station de Dijon-Longvic, avec une accélération sur les trois dernières décennies. Chaque année depuis 1989 enregistre une température moyenne plus élevée que la normale climatique de 1961-1990.

L'augmentation des températures sur les 60 années (1959-2019) est homogène sur le département des Côte-d'Or.



À l'échelle saisonnière

L'augmentation est significative sur l'ensemble des saisons mais le signal d'augmentation des températures est plus marqué en période printanière et estivale, avec + 0,4°C par décennie en période estivale à la station de Dijon-Longvic. Les étés les plus chauds depuis 1959 en Bourgogne ont tous été observés au XXIème siècle (2003, 2015, 2018, 2019, 2022 et 2023).

Tendance (°C / décennie) à la station de Dijon-Longvic

Hiver	Printemps	Été	Automne
+ 0,26	+ 0,33	+ 0,39	+ 0,24

Source tableau : ORACLE



Fiche 1.4 : Projection des températures

Catégorie :
**Changement
climatique**



Projection à horizon moyen et lointain

L'horizon 2030 étant très proche (les projections sont de l'ordre de ce qui est observé aujourd'hui) ; nous nous intéresserons davantage aux projections à horizon moyen (2050) et lointain (2100).



L'ensemble des projections disponibles sur le portail du DRIAS montrent **une nette augmentation des températures sur le périmètre de l'étude (bassins Ouche, Vouge, Tille) en climat futur.**

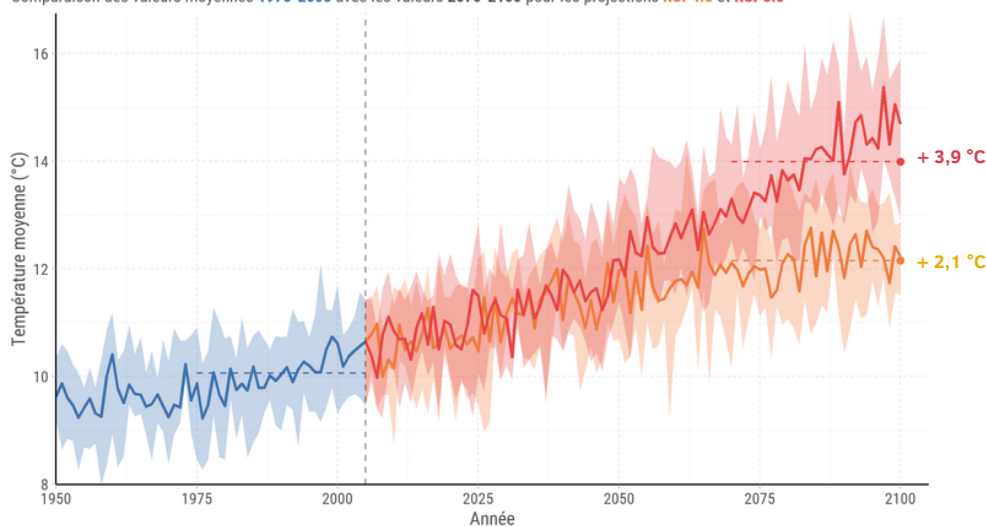
Le signal d'augmentation des températures, déjà enregistré sur l'ensemble des stations météorologiques du territoire, est tout autant marqué au sein des projections climatiques. **Les températures minimales et maximales suivent une tendance à la hausse ; le signal est davantage marqué toutefois pour les températures maximales.**

En fin de siècle, la hausse de température va drastiquement varier en fonction du scénario d'émission de gaz à effet de serre avec un écart de valeurs de 1,8°C entre les deux scénarios (+3,9°C pour le RCP 8.5 et +2,1°C pour le RCP 4.5). Cela signifie que les températures moyennes annuelles pourraient atteindre près de 14°C en fin de siècle (RCP 8.5) contre 10° actuellement.

À noter que la hausse des températures moyennes est homogène sur le territoire d'étude à horizon 2050.

Evolution de l'indicateur : Température moyenne entre 1950 et 2100

Comparaison des valeurs moyennes 1975-2005 avec les valeurs 2070-2100 pour les projections RCP4.5 et RCP8.5

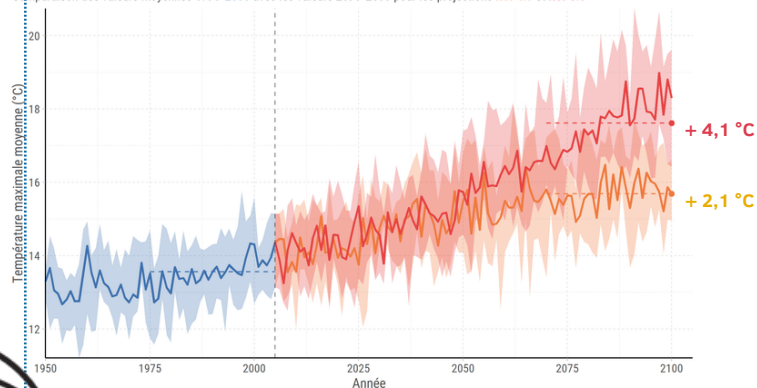


! Pour aider à la lecture des graphiques, un écart de température fin de siècle a été indiqué. Il compare la moyenne des températures 2070-2100 avec la moyenne 1975-2005. Sur le graphique, la courbe correspond à la valeur médiane des modèles. Les halos autour de la courbe représentent la gamme des valeurs possibles.

Source des données : DRIAS (Météo France)
Réalisation des calculs : Antea group

Evolution de l'indicateur : Température maximale moyenne entre 1950 et 2100

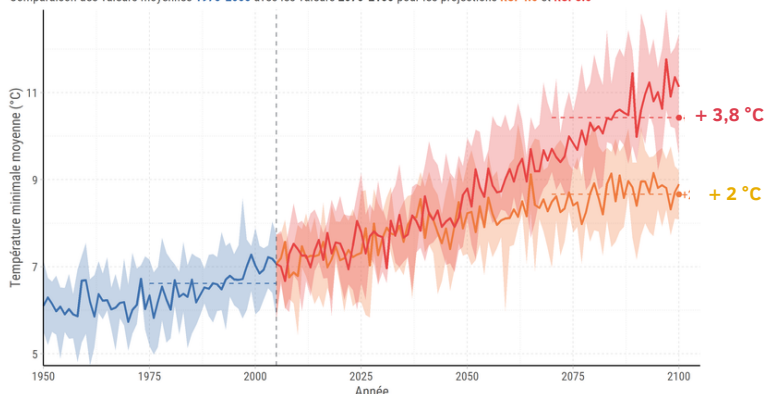
Comparaison des valeurs moyennes 1975-2005 avec les valeurs 2070-2100 pour les projections RCP4.5 et RCP8.5



Source des données : DRIAS (Météo France)
Réalisation des calculs : Antea group

Evolution de l'indicateur : Température minimale moyenne entre 1950 et 2100

Comparaison des valeurs moyennes 1975-2005 avec les valeurs 2070-2100 pour les projections RCP4.5 et RCP8.5



Source des données : DRIAS (Météo France)
Réalisation des calculs : Antea group



Fiche 1.4 : Projection des températures

Catégorie :
Changement
climatique



À l'échelle saisonnière

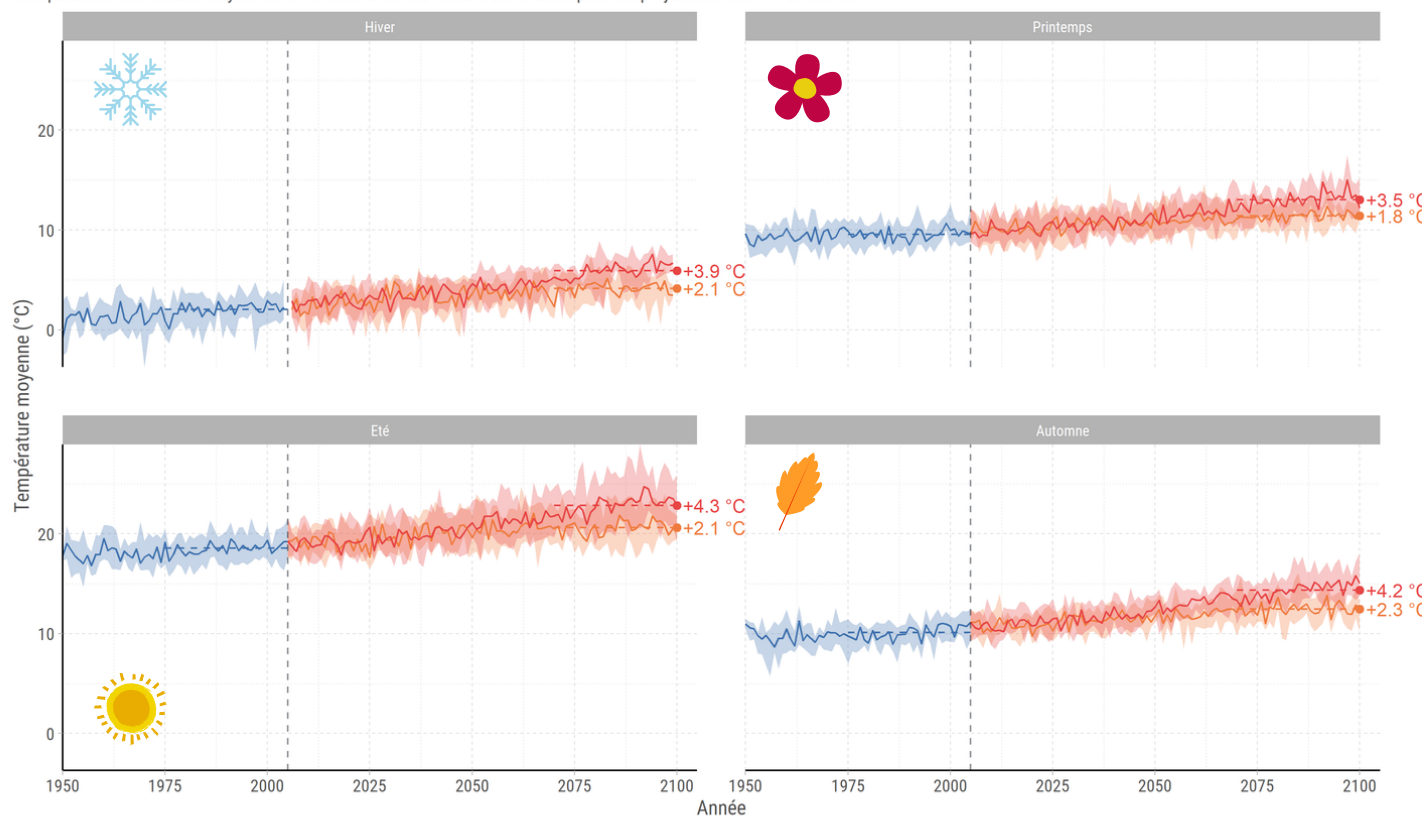


Les graphiques ci-dessous rendent compte des projections de températures à l'échelle saisonnière. Ils mettent en évidence que la hausse attendue en fin de siècle est importante quelle que soit la saison.

Cette hausse est néanmoins plus marquée en été et en automne, avec un glissement de la période estivale vers les mois de septembre et octobre. À horizon lointain, les températures moyennes annuelles pourraient augmenter de $+4,3^{\circ}\text{C}$ et $+4,2^{\circ}\text{C}$ respectivement en période estivale et automnale selon le scénario RCP 8.5.

Evolution de l'indicateur : Température moyenne entre 1950 et 2100

Comparaison des valeurs moyennes 1975-2005 avec les valeurs 2070-2100 pour les projections RCP4.5 et RCP8.5



Source des données : DRIAS (Météo France)
Réalisation des calculs : Antea group

Pour aider à la lecture du graphique, un écart de température fin de siècle a été indiqué. Il compare la moyenne des températures 2070-2100 avec la moyenne 1975-2005. Sur le graphique, la courbe correspond à la valeur médiane des modèles. Les halos autour de la courbe représentent la gamme des valeurs possibles.



Fiche 1.5 : Conséquences sur le nombre de journées chaudes et les jours de gel



Évolutions passées

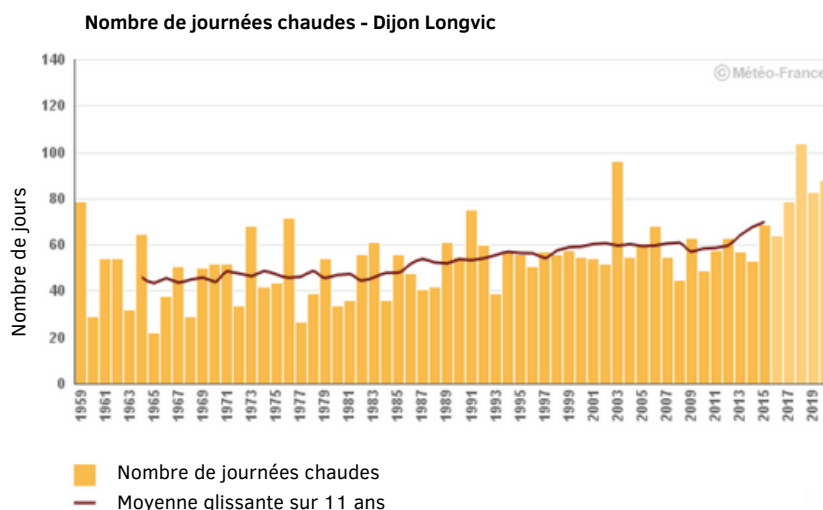


La hausse des températures (moyennes, maximales, minimales) entraîne une augmentation du nombre de journées chaudes (journées avec une température maximale de plus de 25°C) **et une baisse du nombre de jours de gel.**



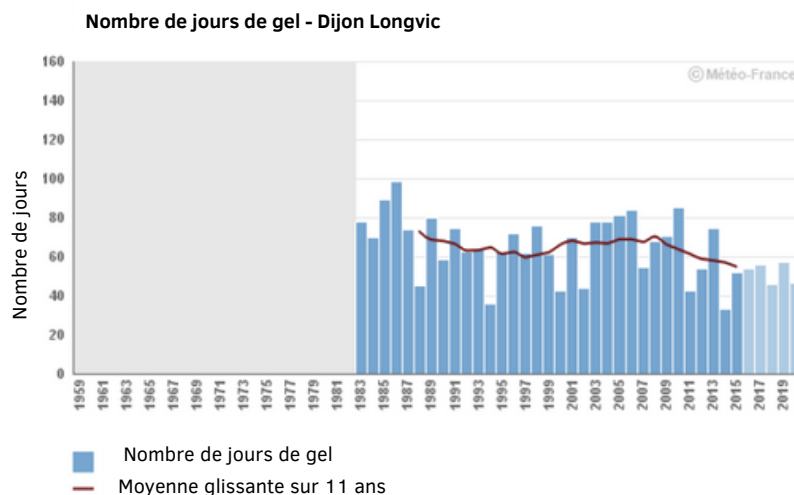
Le nombre de journées chaudes par an a nettement augmenté en Bourgogne-Franche-Comté au cours des 50 dernières années : cela représente + 3 jours par décennie (soit + 15 jours en 50 ans) à Dijon-Longvic.

Cette augmentation a un impact majeur sur l'agriculture : risques de stress thermique et d'échaudage au printemps et en été, impacts non désirés sur la qualité du raisin, ...



En lien avec l'augmentation des températures, le nombre annuel de jours de gel diminue. Sur la période 1983-2015, une baisse de 5,7 jours de gel par décennie à Dijon-Longvic est observée (soit -19 jours en 33 ans).

À l'échelle de la région Bourgogne-Franche-Comté, 8 des 10 années avec le moins de jours de gel ont été enregistrées au cours du XXIème siècle.



Fiche 1.5 : Conséquences sur le nombre de journées chaudes et les jours de gel



Les projections sur les journées chaudes

En climat futur, les événements extrêmes et en particulier ceux concernant des records de chaleurs et canicules seront de plus en plus fréquents et intenses.

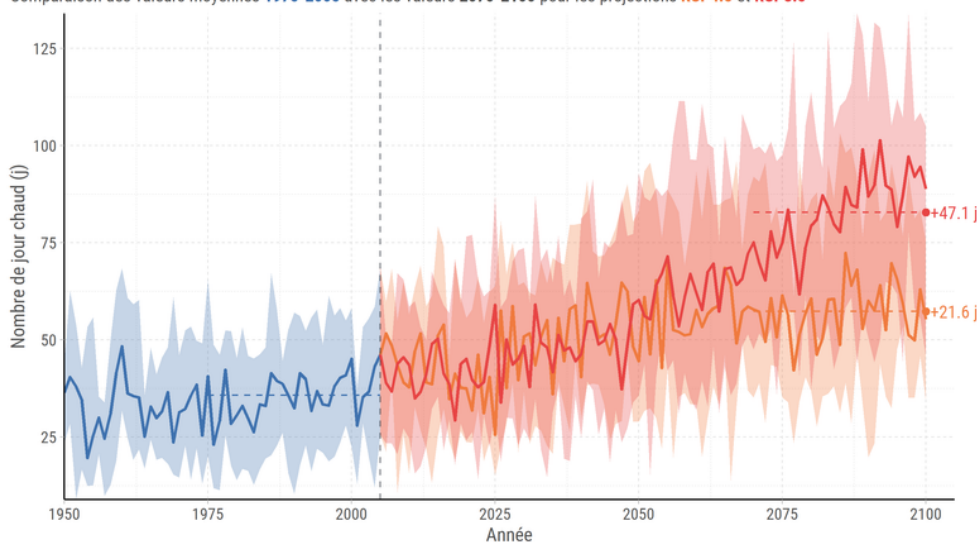
La hausse globale des températures va se traduire par **une multiplication des journées chaudes** (température maximale supérieure à 25°C) et des journées présentant des températures extrêmes (température maximale supérieure à 35°C), **historiquement rares sur le périmètre**.

Les figures ci-dessous montrent l'évolution des indicateurs liés à l'augmentation des températures, aux échelles annuelle et mensuelle.

À horizon 2100, il y aura 21 à 47 journées chaudes supplémentaires, et 1 à 8 journées à température extrême en plus - sachant que les modèles ont du mal à représenter (sous représentent) les événements extrêmes.

Evolution de l'indicateur : Nombre de jour chaud entre 1950 et 2100

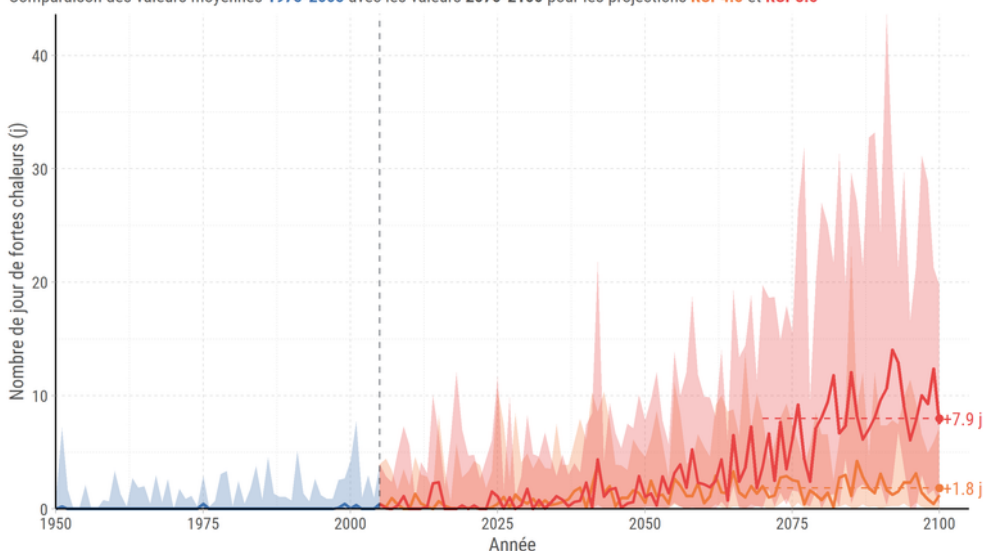
Comparaison des valeurs moyennes 1975-2005 avec les valeurs 2070-2100 pour les projections RCP4.5 et RCP8.5



Source des données : DRIAS (Météo France)
Réalisation des calculs : Antea group

Evolution de l'indicateur : Nombre de jour de fortes chaleurs entre 1950 et 2100

Comparaison des valeurs moyennes 1975-2005 avec les valeurs 2070-2100 pour les projections RCP4.5 et RCP8.5



Source des données : DRIAS (Météo France)
Réalisation des calculs : Antea group

Consécutivement à cette hausse du nombre de jours de fortes chaleurs, **le nombre de nuits tropicales (températures ne descendant pas en dessous de 20°C) suit également une tendance à la hausse**.

Par ailleurs, **le périmètre pourrait subir des vagues de chaleur (périodes de 5 jours ou plus pendant lesquels la température maximale est supérieure de plus de 5 °C à la normale de 1975-2005) de plus en plus fréquentes, longues et sévères**.



Fiche 1.5 : Conséquences sur le nombre de journées chaudes et les jours de gel



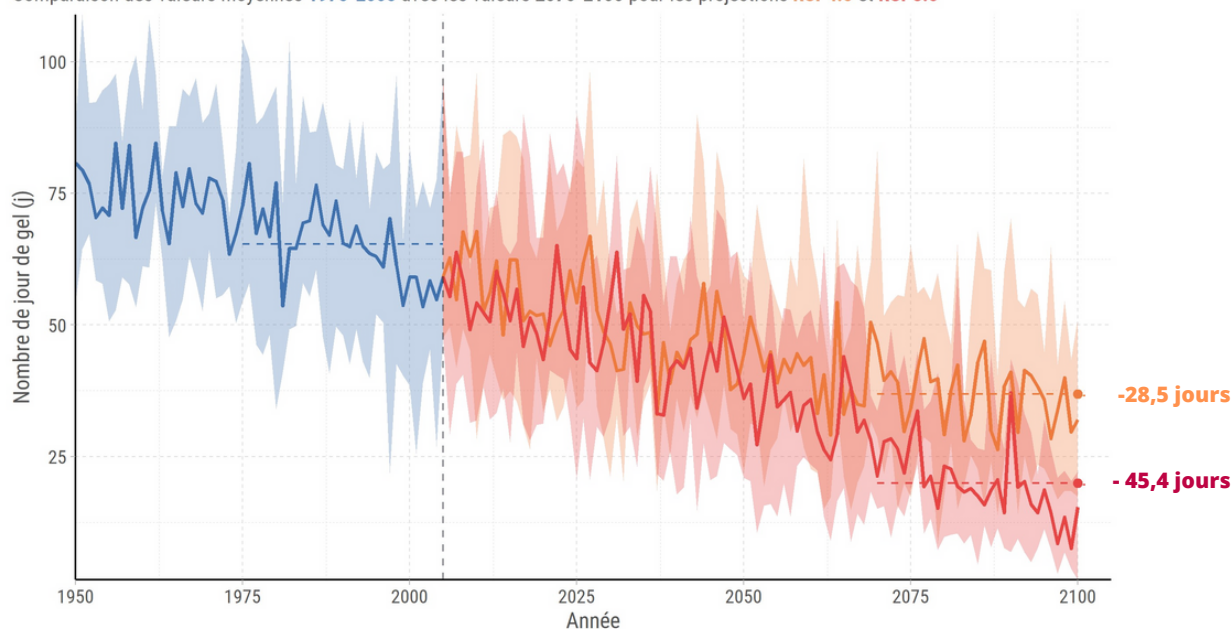
Les projections sur les jours de gel

Une augmentation des températures, notamment en période hivernale, signifie un recul progressif du froid et du gel. Sur le périmètre des bassins Ouche, Vouge et Tille et selon les scénarios, le nombre de jours de gel diminuerait de 28,5 jours (RCP 4.5) à 45,5 jours (RCP 8.5) à horizon lointain.

À noter qu'en période de référence (1975-2005), le nombre de jours de gel sur le périmètre était d'environ 65 jours.

Evolution de l'indicateur : Nombre de jour de gel entre 1950 et 2100

Comparaison des valeurs moyennes 1975-2005 avec les valeurs 2070-2100 pour les projections RCP4.5 et RCP8.5



Source des données : DRIAS (Météo France)
Réalisation des calculs : Antea group

Fiche 1.6 : Mise en perspective avec les résultats à l'échelle nationale

Catégorie :
Changement
climatique



Reprise du rapport DRIAS 2020

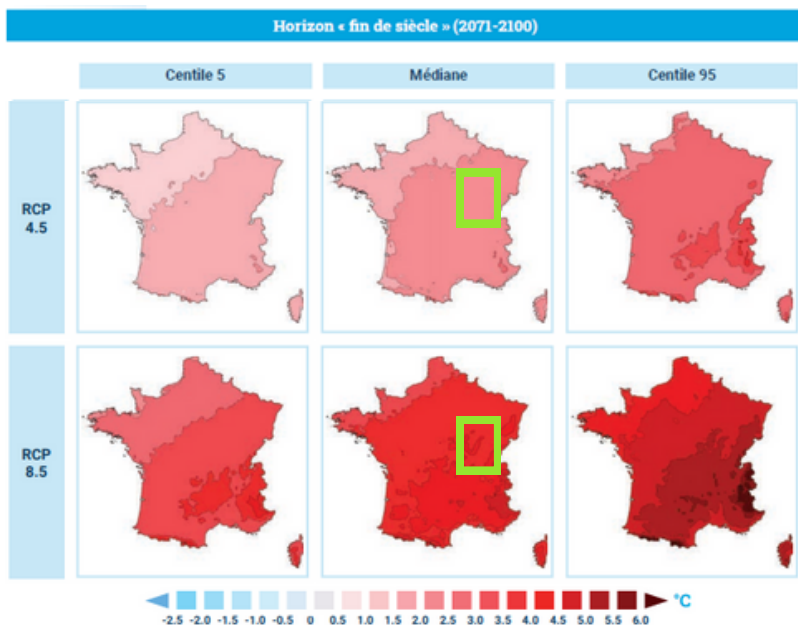


La température moyenne est en hausse : le réchauffement est continu jusqu'en fin de siècle pour les RCP 4.5 et RCP 8.5, avec des valeurs médianes atteignant respectivement + 2,1°C et + 3,9°C, et jusqu'à + 2,7°C et + 4,9°C dans l'enveloppe haute de la distribution par rapport à la période 1970-2005.

La hausse de température est plus forte l'été dans les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 avec respectivement + 2,2°C et + 4,5°C en valeur médiane et jusqu'à + 3,3°C et + 6°C dans l'enveloppe haute de la distribution.

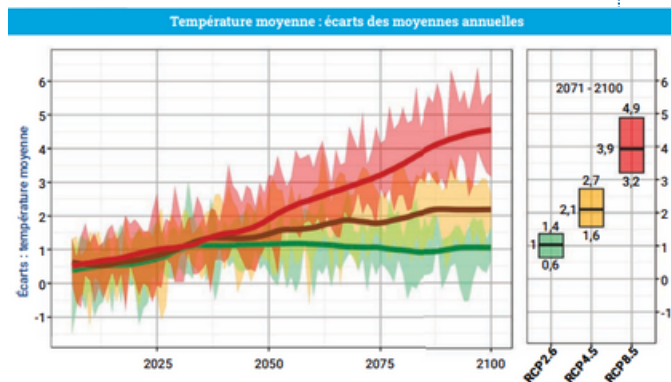
Le réchauffement présente un gradient sud-est/ nord-ouest sur la métropole avec une différence de 1°C entre ces deux zones.
Le réchauffement est également plus marqué en montagne : Alpes et Pyrénées notamment.

Le nombre de jours de vagues de chaleur ou de canicules est annoncé en hausse dans tous les scénarios avec une intensité dépendant fortement du scénario et de l'horizon temporel. En fin de siècle, le nombre de jours de vagues de chaleur pourra être multiplié par un facteur 3 à 4 en RCP 4.5 et 5 à 10 en RCP 8.5. En revanche, les vagues de froid reculent.



Le périmètre d'étude se situe dans les secteurs concernés par des gammes de valeurs plus élevées que la moyenne nationale.

Évolution de l'écart de température moyenne annuelle à l'échelle nationale au cours du XXIème siècle selon les scénarios RCP 2.6 (vert - scénario obsolète non étudié), RCP 4.5 (jaune) et RCP 8.5 (rouge)



Cartes des écarts de température à l'horizon fin de siècle pour les 2 RCP et selon les paramètres de la distribution.

Source : rapport DRIAS (2020)

Qu'est ce que le portail "DRIAS, les futurs du climat" ?

"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 (*Institut Pierre-Simon Laplace, Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique, Centre National de Recherches Météorologiques*). Le portail donne 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.

Drias
les futurs du climat

Pour en savoir plus



Fiche 1.7 : Évolution passée de la pluviométrie

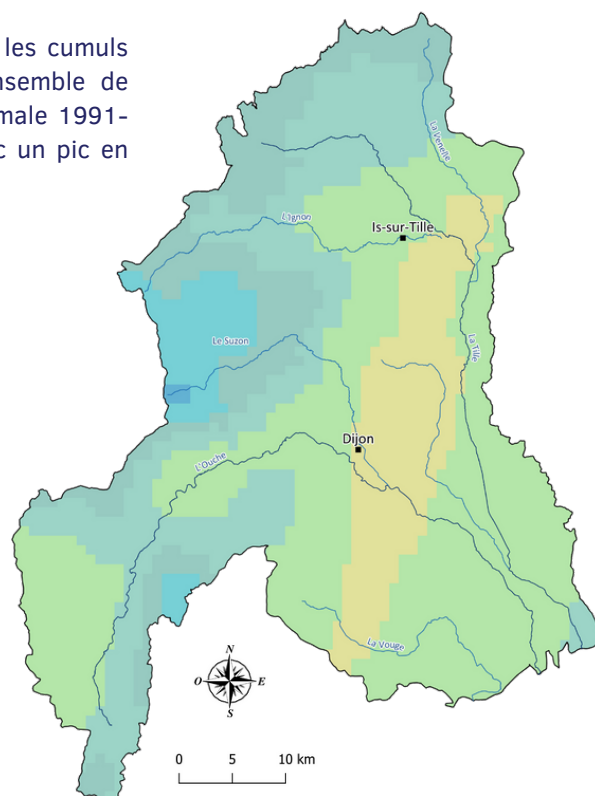
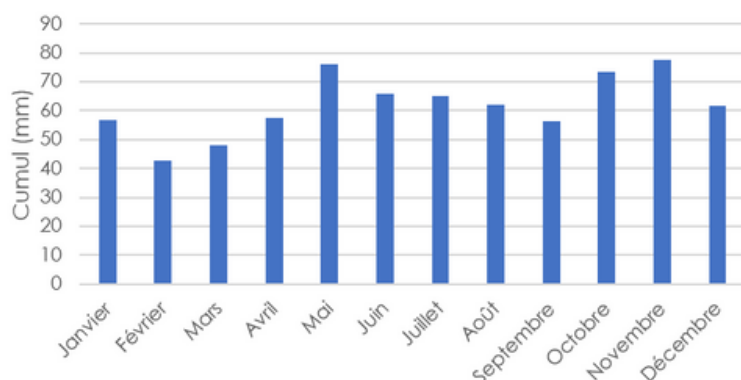


Caractérisation du climat actuel - les précipitations

Les cumuls de précipitations sont hétérogènes sur le territoire : ils sont **plus élevés sur les zones de reliefs** (massif de l'Arrière-côte Dijonnaise, plateau du Châtillonnais...), avec des valeurs de cumuls annuels supérieures à la moyenne nationale (900mm), et **plus faibles en zone de plaine** avec jusqu'à 600-750 mm dans la plaine de Dijon. En effet, les reliefs influencent la répartition des précipitations (effet d'abri).

À la station de Dijon-Longvic - il s'agit du secteur du périmètre où les cumuls sont les moins élevés - les précipitations sont réparties sur l'ensemble de l'année, avec des cumuls mensuels allant de 42 mm à 77 mm (normale 1991-2020). La pluviométrie est plus importante en automne-hiver, avec un pic en mai.

Cumuls de précipitation (mm) à la station de Dijon-Longvic (normale 1991-2020) (Météo France)



Légende :

- Villes principales
- Cours d'eau
- Périmètre de l'étude
- Précipitations annuelles (normale 1961-1990) (mm)
- 500 - 600
- 600 - 700
- 700 - 800
- 800 - 900
- 900 - 1000
- 1000 - 1100
- 1100 - 1200

Pour caractériser le climat actuel, les données DIGITALIS SYLVAE (agroparistech) ont été utilisées. Elles sont disponibles par maille et rendent compte de la normale climatique de 1961-1990 à l'échelle nationale. La normale de précipitations 1991-2020 a pu évoluer, attention à l'interprétation des valeurs.

Fiche 1.7 : Évolution passée de la pluviométrie



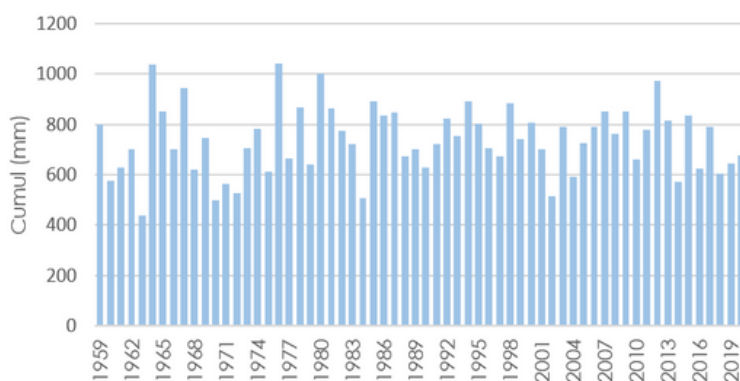
Évolutions passées

En ce qui concerne les précipitations, l'examen des longues chroniques homogénéisées de Météo France (séries corrigées afin qu'elles soient comparables dans le temps) ne montre **aucune tendance significative d'évolution en période passée** à la station de Longvic. **C'est le cas sur une très large partie du territoire français.**

Il faut noter que **les variations interannuelles importantes des cumuls pluviométriques rendent difficile la détection d'une tendance**. Une alternance entre des décennies plutôt sèches et des décennies plus humides est observée. Les données ne montrent pas non plus de tendance à l'échelle saisonnière.

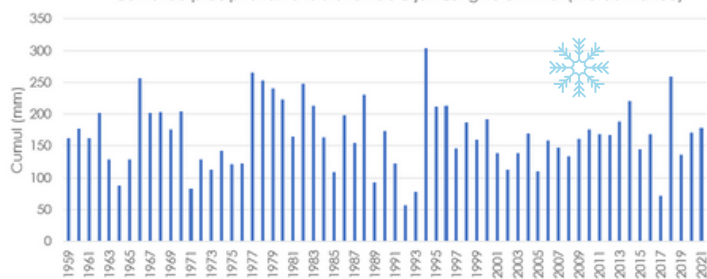
L'ORACLE souligne qu'en région Bourgogne-Franche-Comté, "le cumul annuel des précipitations montre toutefois une légère tendance à l'augmentation des pluies. Ce signal est cependant faiblement établi. En outre, le fait de considérer des moyennes annuelles peut masquer des tendances différentes pour chacune des saisons, d'où l'importance d'étudier également l'évolution des précipitations saisonnières".

Cumuls annuels des précipitations à la station de Dijon-Longvic (Météo-France)

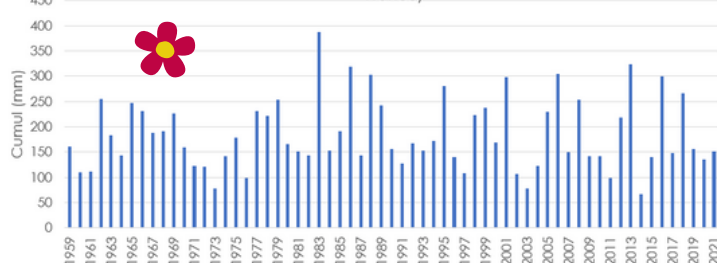


Source des graphiques : ORACLE

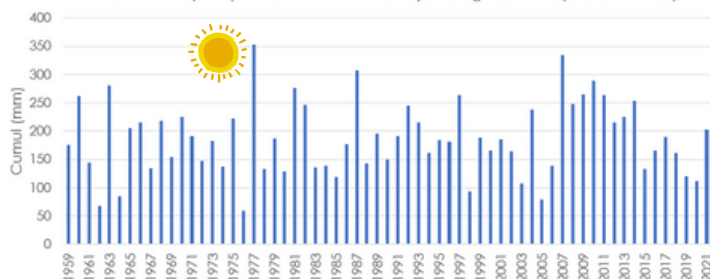
Cumul de précipitation à la station de Dijon-Longvic en hiver (Météo France)



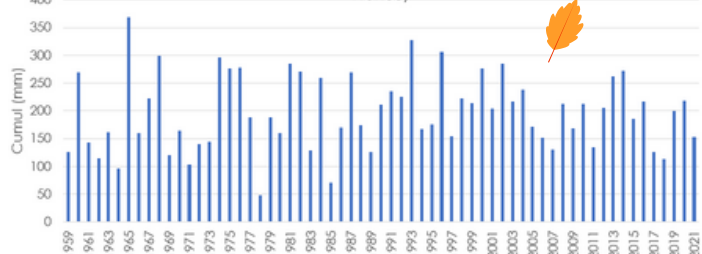
Cumul de précipitation à la station de Dijon-Longvic au printemps (Météo France)



Cumul de précipitation à la station de Dijon-Longvic en été (Météo France)



Cumul de précipitation à la station de Dijon-Longvic en automne (Météo France)



Entre 1959 et 2021, il n'existe pas de tendance significative à la hausse ou à la baisse au pas de temps saisonnier. Ces observations confortent les observations réalisées au pas de temps annuel. Il n'y a pas de mise en évidence d'évolution marquée de cet indicateur.

N.S = non significative.
Source : ORCAE

	Décembre – janvier – février (Hiver)		Mars-Avril-Mai (Printemps)		Juin – Juillet – Août (Été)		Sept-octobre – nov (Automne)	
	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance
Dijon-Longvic	- 1,08	NS	2,07	NS	0,86	0,1	6,39	NS



Fiche 1.8 : Projection sur les précipitations



Projection des précipitations

Pour rappel, en climat passé, la **variabilité naturelle des cumuls pluviométriques est importante et domine toute tendance**.

En climat futur, la majorité des modèles montrent néanmoins un signal à la hausse des précipitations liquides annuelles aux horizons 2050 et 2100. En fin de siècle, les cumuls supplémentaires pourraient osciller entre +100 et +120 mm selon les RCP et donc atteindre en moyenne près de 910 mm (RCP 4.5 et RCP 8.5), soit une augmentation d'environ 13% par rapport à la période de référence (1975-2005).

Attention néanmoins, si les projections climatiques montrent une évolution à la hausse des cumuls annuels sur le territoire d'étude, les variations inter-annuelles sont importantes et les incertitudes également.

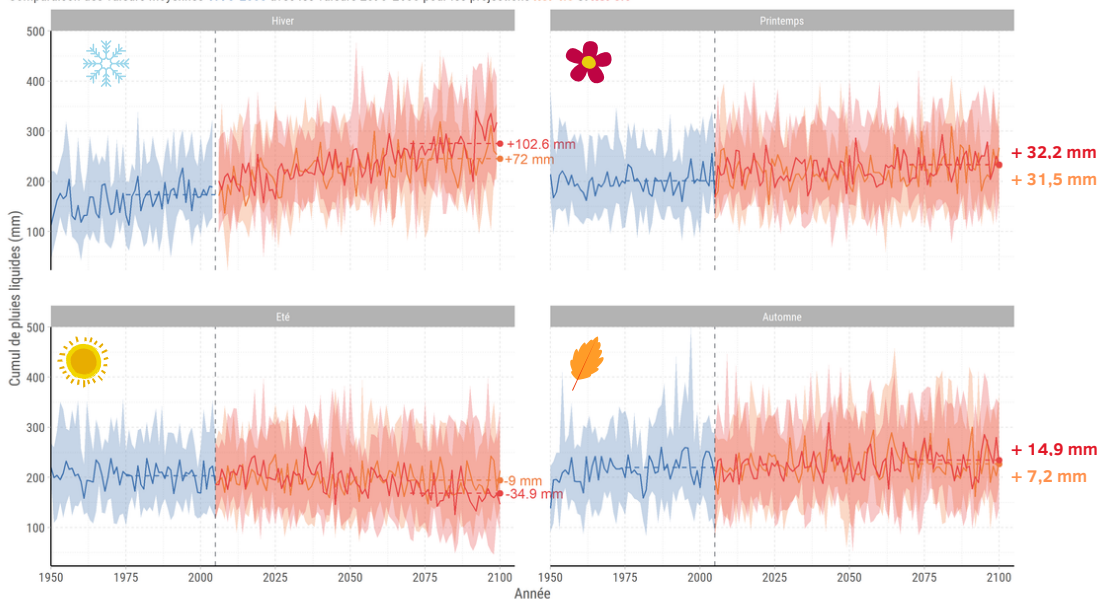
Aussi la France, et en particulier le centre de la France est à la frontière entre deux tendances climatiques distinctes pour les précipitations : **hausse des cumuls annuels en partie nord de l'Europe, et baisse en partie Sud. Elle se situe ainsi dans une zone identifiée comme étant incertaine concernant l'évolution de ce paramètre.**

Une évolution de la répartition saisonnière des pluies est également projetée en climat futur.

Une baisse de la pluviométrie estivale (-35 mm avec le scénario RCP 8.5) est attendue, alors que les précipitations hivernales seraient en hausse : jusqu'à + 100 mm en fin de siècle. Les cumuls sont stables au printemps et en automne.

Evolution de l'indicateur : Cumul de pluies liquides entre 1950 et 2100

Comparaison des valeurs moyennes 1975-2005 avec les valeurs 2070-2100 pour les projections RCP4.5 et RCP8.5



Source des données : DRIAS (Météo France)
Réalisation des calculs : Antea group



Les projections d'évolution de la pluviométrie sont caractérisées par une forte incertitude et les différents modèles ne présentent pas les mêmes tendances. On retiendra néanmoins que le signal est plutôt à la hausse en période hivernale et à la baisse en période estivale, ce qui pourra impacter le cycle hydrologique.



Vers une intensification des pluies ?

L'évolution des événements extrêmes en matière de précipitations est difficile à qualifier. Les modèles climatiques ont tendance à sous-estimer les intensités des précipitations extrêmes.

Un signal à l'intensification des pluies - et donc des événements pluviométriques extrêmes - est néanmoins produit par les modèles sur le périmètre en climat futur, notamment en période hivernale.

Un climat plus chaud induit une plus forte capacité de l'atmosphère à contenir de la vapeur d'eau, ce qui va favoriser la multiplication d'événements orageux intenses.



Fiche 1.9 : Mise en perspective avec les résultats à l'échelle nationale



Reprise du rapport DRIAS 2020

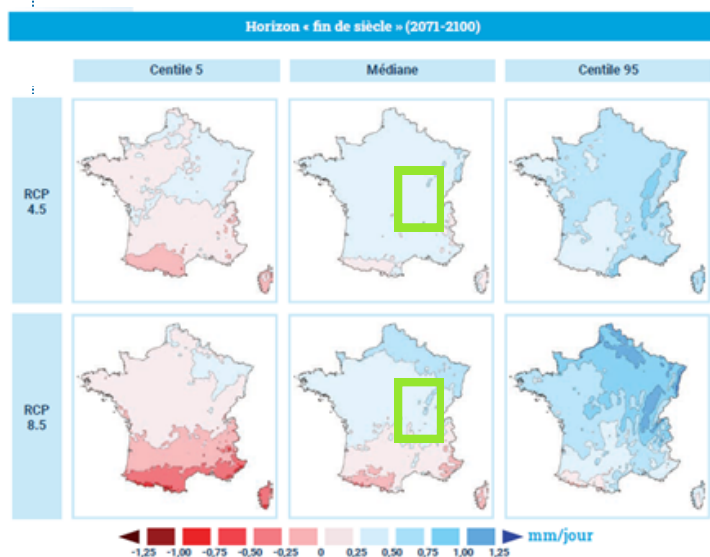


Le cumul de précipitations, moyenné à l'échelle de la France, est annoncé **en légère hausse**, variant entre + 2% et + 6% selon les horizons et scénarios (RCP 4.5 ou RCP 8.5). Cette faible hausse est cependant assortie d'une **grande incertitude selon les modèles**, pouvant inverser le signe de la tendance quel que soit le scénario. Cette incertitude est à mettre en relation avec **la position particulière de notre pays dans une zone de transition climatique à l'échelle continentale, entre hausse des précipitations au nord et baisse au sud**. Cette évolution connaît une forte modulation saisonnière avec une hausse systématique en hiver, souvent supérieure à +10 % (atteignant même 40 % dans l'enveloppe supérieure du RCP 8.5) et à l'inverse, une baisse quasi-systématique en été, se renforçant au cours des horizons pour atteindre -10 à -20 % en fin de siècle avec les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5.

Cette évolution des précipitations présente aussi **une variabilité géographique sensible avec un gradient nord/sud ou nord-est/sud-ouest** se traduisant par une hausse plus marquée sur la moitié nord et une baisse sur certaines régions de la moitié sud.

L'intensité des pluies extrêmes augmente légèrement tout au long du siècle sur pratiquement tout le territoire et avec les deux scénarios RCP considérés. Les régions les plus exposées sont celles de la moitié nord, notamment les frontières du Nord et Nord-Est et le littoral de la Manche.

Les sécheresses estivales dues au déficit de précipitations évoluent peu, sauf en fin de siècle dans la moitié sud-ouest du pays, dans le pourtour méditerranéen mais aussi en Aquitaine.

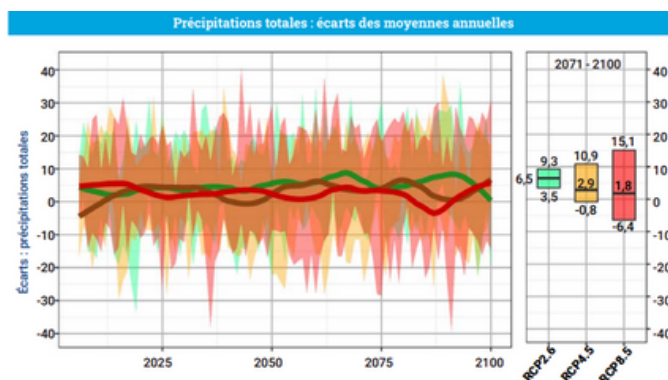


Cartes des écarts de cumul annuel de précipitation à l'horizon fin de siècle pour les trois RCP et selon les paramètres de la distribution. Source : Rapport DRIAS (2020)



Le périmètre se situe dans les secteurs concernés par des gammes de valeurs moyennes.

Évolution de l'écart relatif du cumul annuel de précipitations au cours du XXIème siècle selon les scénarios RCP 2.6 (vert), RCP 4.5 (jaune) et RCP 8.5 (rouge).



Qu'est-ce que le portail "DRIAS, les futurs du climat" ?

"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). Le portail donne 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.



Pour en savoir plus



Fiche 1.10 : Mise en perspective avec les résultats de l'étude HYCCARE Bourgogne



L'étude HYCCARE Bourgogne

Pour en savoir plus



HYCCARE Bourgogne (HYdrologie, Changement Climatique, Adaptation, Ressource en Eau) est un projet de recherche-action partenarial et pluridisciplinaire qui vise à mettre à disposition des décideurs locaux des outils leur permettant de mieux prendre en compte le changement climatique dans la gestion de l'eau. Le bassin de la Tille a en particulier fait l'objet d'une étude hydro-climatique fine, dans le cadre de travaux de thèse.

Que retient le projet HYCCARE sur le volet précipitations ?

En raison de l'incertitude importante de l'évolution du paramètre des précipitations, et de leur difficile régionalisation (biais produits par la méthode de régionalisation des modèles globaux, surtout en période estivale), le projet HYCCARE a écarté les conclusions sur l'évolution de la pluviométrie et son impact sur l'hydrologie des cours d'eau. Le rapport final retient que (citations du rapport) :



En s'appuyant sur les trajectoires de réchauffement et d'ETP observées et projetées, ainsi que sur l'absence d'évolution des précipitations observées, nous avons pu bâtir une connaissance plausible sur l'évolution de la ressource en eau en Bourgogne. Cette connaissance s'appuie sur :

- la difficulté, pour ne pas dire l'incapacité des modèles de climat, à produire des évolutions pluviométriques de confiance ;
- les certitudes sur les modalités d'évolution des températures et de l'ETP (le rythme des évolutions restant une incertitude associée aux trajectoires radiatives et politiques d'atténuation) ;
- le fait qu'à volumes de précipitations inchangés, les débits des cours d'eau ont, forcés par des températures plus élevées, déjà diminué (Brulebois et al., 2015).



En se focalisant sur les observations des 30 dernières années, on peut considérer que le changement climatique est déjà là, comme en témoigne l'augmentation nette des températures. Celle-ci conduit, par l'intermédiaire très probable de l'accroissement de l'évapotranspiration, à la diminution des débits quelle que soit la saison, alors qu'en parallèle les précipitations ne diminuent pas.

C'est ce scénario, déjà amorcé au cours des dernières décennies, qui semble le plus probable pour celles à venir : un climat plus chaud, mais pas nécessairement plus sec en terme de précipitations, qui conduit à la diminution des débits moyens et à des étiages plus sévères. L'une des clefs pour anticiper l'avenir réside peut-être plus dans la compréhension fine des mécanismes de transformation des pluies en débits et de leur modification dans le cadre de l'évolution actuelle du climat, que dans notre capacité à simuler les débits futurs.

Qu'en déduire pour la présente prospective ?

Les projections globales issues du 6ème rapport du GIEC vont dans le même sens que les projections du 5ème rapport sur le paramètre des précipitations : **la France et en particulier le centre de la France est à la frontière entre deux dynamiques différentes**, avec une augmentation des précipitations dans le nord de l'Europe et une baisse dans le sud / la zone méditerranéenne. **L'incertitude demeure très importante dans cette zone.**

Nous pouvons donc retenir, comme cela a été présenté dans l'ensemble des fiches, **qu'à horizon 2050 l'évolution des précipitations est incertaine**, très influencée par la variabilité naturelle des régimes pluviométriques annuels, et que l'impact sur la recharge des aquifères est à évaluer avec précaution : à horizon 2050 l'évolution de la pluviométrie ne sera pas le paramètre d'influence majeur à l'inverse de la hausse de l'ETP et du déficit hydrique. **On n'observe pas sur la période historique d'augmentation de la recharge.**

En climat futur néanmoins, nous pouvons considérer qu'il y aurait un signal à la hausse des précipitations hivernales et un phénomène d'intensification des pluies.



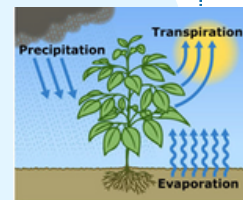
Fiche 1.11 : Évolution passée et projetée de l'évapotranspiration



Évolutions passées - ETP et déficits hydriques

Qu'est-ce que l'évapotranspiration ?

- L'évapotranspiration correspond à l'eau transpirée par le couvert végétal et évaporée des sols. Ce paramètre climatique impacte directement le développement de la végétation et les transferts d'eau vers les rivières et les nappes puisqu'il permet de calculer les pluies efficaces (cf. Fiche 1.6).
- L'**évapotranspiration potentielle** correspond à la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée sous un climat donné, avec un couvert végétal « standard ». Elle traduit la demande en eau de l'atmosphère. Cette demande n'est pas satisfaite lorsque les précipitations sont trop faibles (inférieures à cette ETP) et on parle alors de déficit hydrique.
- L'**évapotranspiration réelle** correspond au volume d'eau effectivement évaporé des sols et transpiré par les plantes, en fonction de l'eau disponible dans la réserve utile des sols.



Comment est-elle estimée ?

L'évapotranspiration potentielle d'un couvert végétal est estimée par équation à partir de paramètres climatiques (insolation, rayonnement, température, vent, humidité) et des besoins en eau des végétaux. Une hausse des températures induit de facto une hausse de l'évapotranspiration potentielle.

Selon l'ORACLE, l'évolution du cumul annuel de l'ETP en région Bourgogne-Franche-Comté depuis 1959 montre des signaux à la hausse. En Côte-d'Or, depuis 1959, l'augmentation est estimée à **+ 34 mm par décennie, soit + 207 mm en 61 ans**. À noter qu'il existe des variations interannuelles importantes.

L'augmentation de l'ETP annuelle est marquée à partir de la fin des années 1980, ce qui est concomitant avec l'augmentation de la température. Cet accroissement devrait donc par conséquent se poursuivre au cours des prochaines décennies.

À précipitations constantes, cet accroissement de l'évapotranspiration potentielle doit être compris comme **un durcissement des conditions hydriques pour la végétation** (naturelle ou cultivée) par l'augmentation de la « demande » atmosphérique en eau.

Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP) sur le département de la Côte d'Or (donnée MétéoFrance)

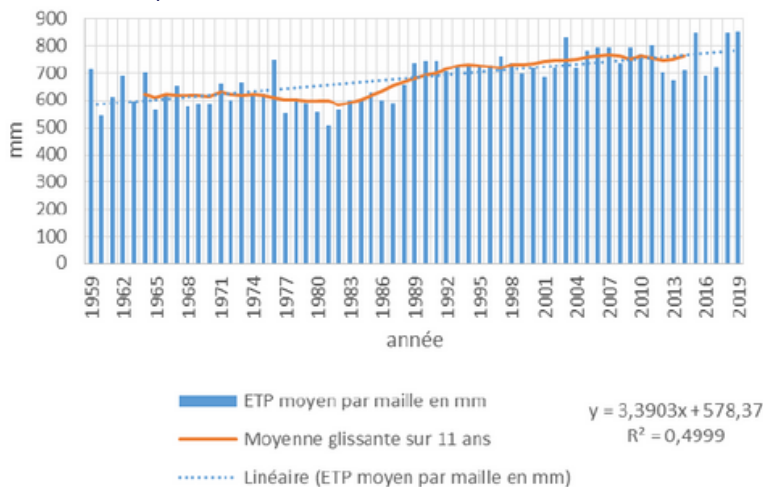
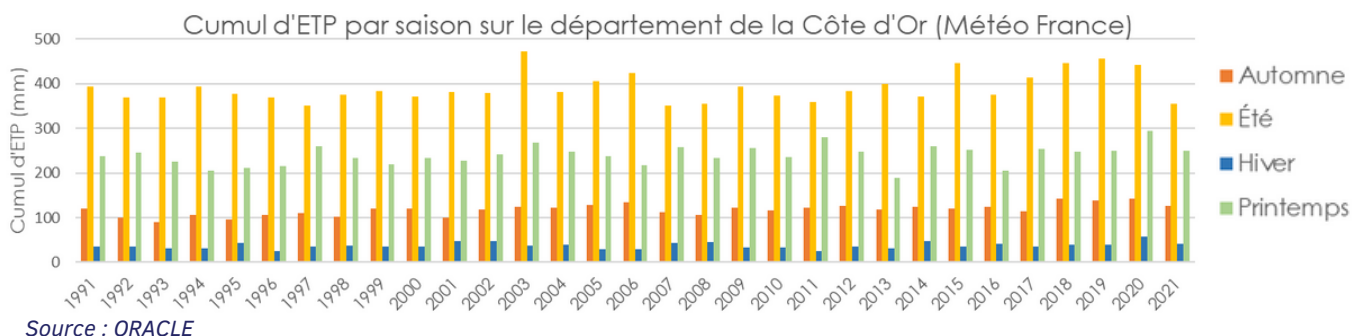


Figure issue de l'étude de modélisation de la nappe de Dijon Sud en cours - ANTEA

Les cumuls d'évapotranspiration potentielle (ETP) sont plus importants au printemps et en été, lorsque les températures sont les plus élevées (plus d'évaporation) et qu'il s'agit de la période de végétation des plantes (période durant laquelle une plante croît et se développe activement, il y a donc plus de transpiration).



Source : ORACLE



Fiche 1.11 : Évolution passée et projetée de l'évapotranspiration



Projections aux horizons moyen et lointain - ETP

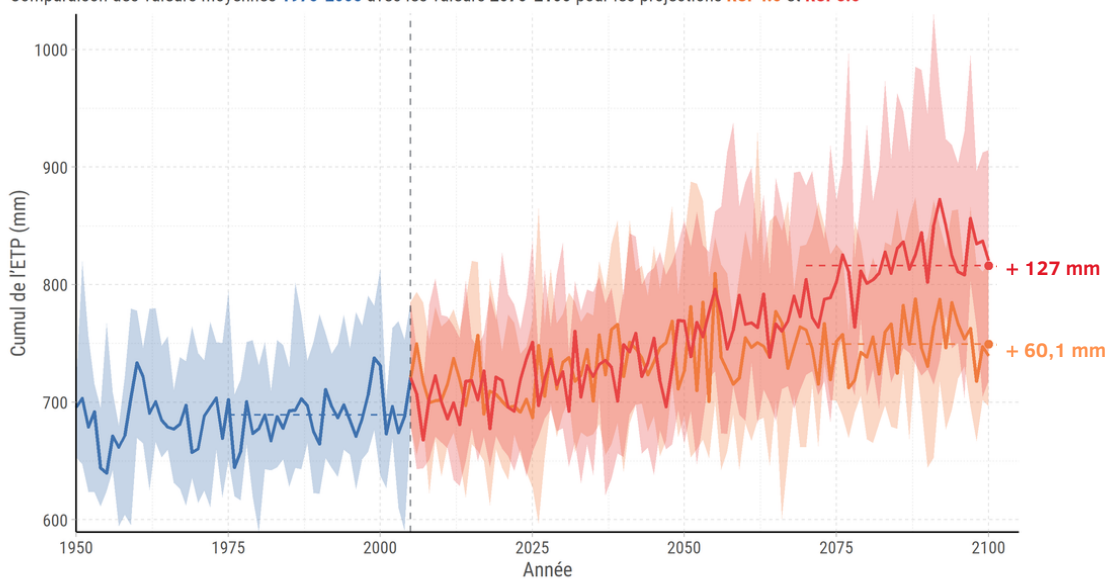
En lien avec les tendances d'évolution des températures à horizon moyen et lointain, **les projections font état d'une hausse continue de l'ETP au cours du siècle sur l'ensemble du territoire français**, notamment en période estivale et en fin de printemps / début d'automne. Les projections issues du rapport du portail DRIAS (2020) prévoient en fin de siècle une hausse allant de + 20 jusqu'à + 30% (RCP 8.5, en distribution médiane).

Cette augmentation de l'ETP engendre une hausse du déficit hydrique ; cela risque de poser des problèmes en termes de gestion de la ressource et de soutien d'étiage.

Sur le périmètre des bassins Ouche, Vouge et Tille, les projections font état d'une hausse de l'ETP progressivement jusqu'en 2050, suivie d'un décrochage pour le scénario RCP 8.5. En fin de siècle, selon le scénario « pessimiste », l'ETP pourrait augmenter de + 127 mm, contre + 60 mm selon le scénario RCP 4.5.

Evolution de l'indicateur : Cumul de l'ETP entre 1950 et 2100

Comparaison des valeurs moyennes 1975-2005 avec les valeurs 2070-2100 pour les projections RCP4.5 et RCP8.5



Source des données : DRIAS (Météo France)
Réalisation des calculs : Antea group

En s'intéressant à l'évolution saisonnière des cumuls d'ETP sur l'ensemble du périmètre d'étude, les résultats montrent que **c'est en période estivale que la hausse de l'ETP sera la plus importante** en valeur absolue avec + 26 mm (RCP 4.5) à +61 mm (RCP 8.5) en fin de siècle sur cette saison.

Les résultats mettent en évidence un allongement de la période estivale qui aura des conséquences sur la ressource.

Fiche 1.12 : Évolution des sécheresses



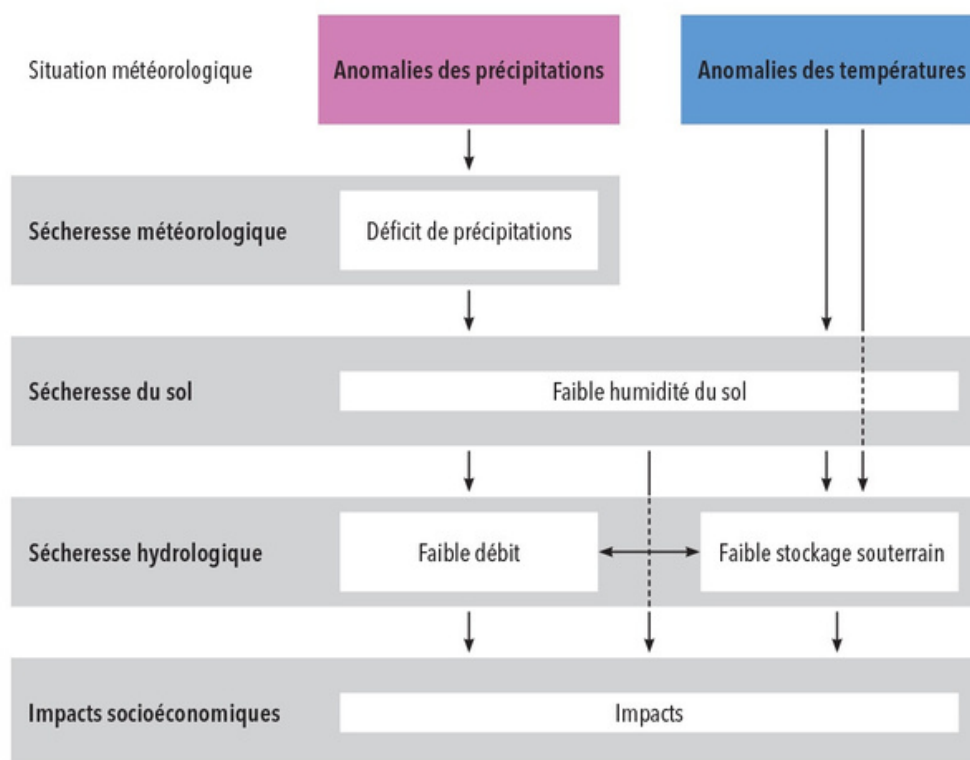
Les différents types de sécheresse

Qu'est-ce qu'une sécheresse ?

Les sécheresses sont des événements climatiques exceptionnels et caractérisant un déficit en eau sur une période relativement longue. Ce sont des phénomènes naturels qui surviennent généralement à la suite d'une période prolongée sans précipitation, le plus souvent en période estivale. Les milieux aquatiques comme les sols peuvent être affectés par ce manque d'eau temporaire, dont l'intensité est susceptible d'être accentuée par les activités humaines.

Deux types de sécheresse peuvent être distingués :

- les **sécheresses météorologiques** qui correspondent à un déficit de précipitations sur une longue période ;
- les **sécheresses édaphiques (des sols)** qui résultent d'un déficit d'eau contenue dans les sols (réserve utile) durant la saison de végétation (printemps/été). Elle est d'autant plus intense lorsque l'évapotranspiration est importante.



« Propagation » entre les types de sécheresse (Van Loon, 2015)

Fiche 1.12 : Évolution des sécheresses



Évolution des sécheresses météorologiques



Les **sécheresses météorologiques** sont caractérisées par une période prolongée de cumul de précipitations en-dessous de la moyenne.

L'évolution de la répartition saisonnière des cumuls de précipitations et de l'intensité des épisodes pluvieux impactent celle du nombre de jours de pluie. Ces derniers sont projetés avec une tendance à la baisse en été, surtout en fin de siècle. Cela conduit à **une aggravation des sécheresses météorologiques**, donc à **une augmentation de la durée, de la fréquence et de l'intensité des sécheresses sur les périmètres des bassins Ouche, Vouge et Tille**.

En climat futur, **une hausse du nombre de jours secs** (cumul de précipitations inférieur à 1 mm) est projetée sur le périmètre. Ce sont surtout les sécheresses estivales qui augmentent.



L'**augmentation des sécheresses météorologiques aura des conséquences sur les sécheresses édaphiques et hydrologiques**. En effet, simultanément, le périmètre pourrait subir un allongement de la période de sols secs et un assèchement croissant des sols en toute saison au point que les records de sécheresse observés à ce jour pourraient devenir la norme dans le dernier quart du siècle. Les durées des sécheresses hydrologiques suivent une tendance à la hausse.



L'humidité des sols

L'humidité des sols est retranscrite par le paramètre "teneur en eau des sols" résultant de la capacité de rétention d'eau du sol, des précipitations et de l'évapotranspiration.

Le SWI (Soil Wetness Index) est un indice d'humidité des sols, il représente sur une profondeur d'environ 2 mètres l'état de la réserve d'eau du sol par rapport à la réserve utile pour les plantes. **Si le SWI est égale à 0, le sol est très sec** et les végétaux ne peuvent plus en tirer d'eau. Tandis que quand **le SWI est égale à 1, le sol est saturé d'eau** et a atteint sa réserve utile. Un seuil de SWI à 0,4 reflète la nécessité d'irriguer lorsque le SWI est sous cette valeur.

Sur la période 1991-2021, le nombre de jours par an durant lesquels le SWI est inférieur à 0,4 (ce qui traduit un besoin d'irrigation) a augmenté de près de 10 jours par décennie en Côte d'Or. À noter que **la variabilité interannuelle est extrêmement importante** (ORACLE).

Éléments issus de Météo France :

"La comparaison du cycle annuel d'humidité du sol sur la Bourgogne entre les périodes de référence climatique 1961-1990 et 1981-2010 sur la Bourgogne et la Franche-Comté montre un assèchement de l'ordre de 3 % sur l'année, concernant principalement le printemps et l'été.

En termes d'**impact potentiel pour la végétation et les cultures non irriguées**, cette évolution se traduit par un léger allongement moyen de la période de sol sec en été et d'une diminution faible de la période de sol très humide au printemps. **Pour les cultures irriguées**, cette évolution se traduit potentiellement par un accroissement du besoin en irrigation. À l'inverse, l'humidité plus forte du sol en automne et début d'hiver favorise la recharge des ressources souterraines" (Climat HD)



Fiche 1.12 : Évolution des sécheresses

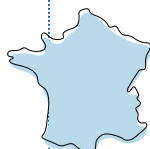


Projection d'évolution de l'humidité des sols

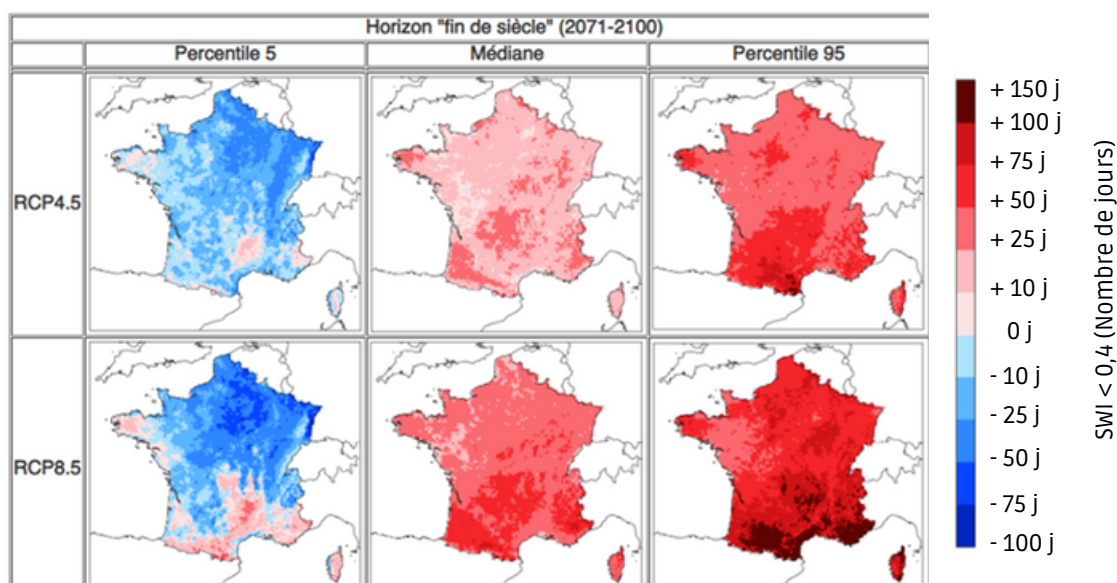
Les résultats des modèles montrent **une aggravation plus rapide et plus intense des événements liés au déficit d'humidité du sol qu'au déficit de précipitation**. Les projections climatiques indiquent surtout que notre pays risque de connaître, au cours de la seconde moitié du XXIème siècle, **des sécheresses des sols et donc agricoles quasi-continues et de grande intensité, totalement inconnues dans le climat actuel**.



Le changement climatique amplifie également les conséquences de la sécheresse : érosion des sols, impacts sur la végétation, baisse du rendement agricole, mortalité des arbres, disparition de zones humides.



Selon les données du portail DRIAS, à l'échelle de la France, **le nombre de jours de sols secs augmente** et l'évolution à horizon fin de siècle varie selon le scénario climatique considéré : hausse de + 10 à + 25 jours en RCP 4.5, hausse de + 25 à + 35 jours en RCP 8.5. **L'augmentation plus rapide du risque de sécheresse agricole s'explique par une augmentation de l'évapotranspiration en surface** directement liée à l'augmentation de la température (Soubeyroux et al., 2012). L'étude a été actualisée (Boé et al., 2018) en exploitant les scénarios CMIP5 régionalisés (Dayon et al., 2018) et les résultats confirment les tendances obtenues précédemment : **le temps passé en sécheresse agricole augmente** généralement de 30 à 40 % sur la France à horizon 2100. À l'échelle de la France, on note que l'humidité moyenne du sol en fin de siècle pourrait correspondre aux situations sèches extrêmes d'aujourd'hui.



Carte des écarts d'humidité des sols en nombre de jours où l'indice d'humidité des sols (SWI) < 0.4 pour l'horizon lointain par RCP et selon les paramètres de distributions multi-modèles Q05, Q50, Q95. Données issues du portail DRIAS.



Attention, pour rappel, l'indice d'humidité des sols (SWI) est un rapport entre différentes variables ; il se lit donc en pourcentage. Quand l'indice est proche - voire supérieur - à 1, le sol est considéré comme étant humide, il tend vers la saturation. Quand il se rapproche - voire passe en dessous - de 0, le sol est en état de stress hydrique, voire très sec.

Fiche 1.13 : Évolution des pluies efficaces



Les pluies efficaces en baisse sur le périmètre

Les **précipitations efficaces** (ou **pluies efficaces**) sont les précipitations qui permettent de recharger les nappes souterraines et qui alimentent les cours d'eau et les milieux aquatiques. Elles correspondent à la différence entre la pluviométrie et l'évapotranspiration ; cette eau qui n'est pas évaporée va alors s'infiltrer vers les nappes ou ruisseler vers les cours d'eau, canaux, étangs, ...



Pluie efficace = pluviométrie – ETR* (évapotranspiration réelle)

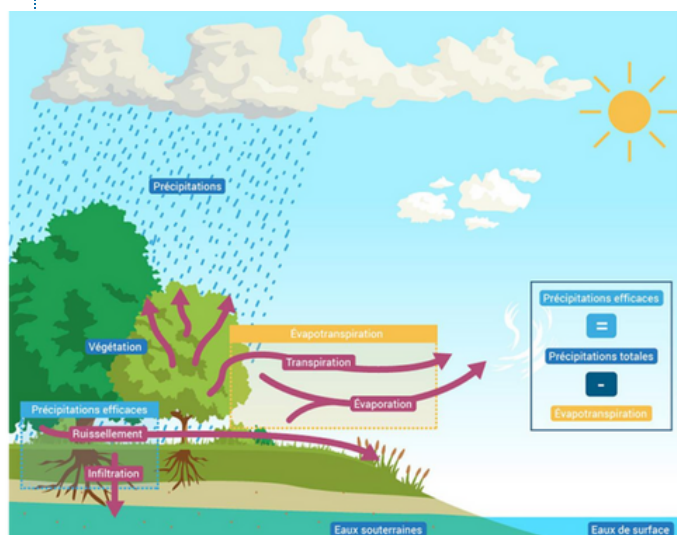


Illustration AFB

L'étude de modélisation de la nappe de Dijon Sud en cours a calculé à cette échelle l'évolution des pluies efficaces sur les 50 dernières années. **Elles sont de l'ordre de 150 à 450 mm selon les années** (pour rappel, les précipitations annuelles varient entre 500 à 1000 mm). Une tendance à la baisse est enregistrée sur la chronique, en lien avec des cumuls annuels légèrement plus faibles certaines des dernières années et surtout une hausse de l'évapotranspiration. On observe également une quasi-disparition des pluies efficaces en septembre depuis 2000, en lien avec l'allongement de la période estivale et la hausse des températures et donc de l'ETP.

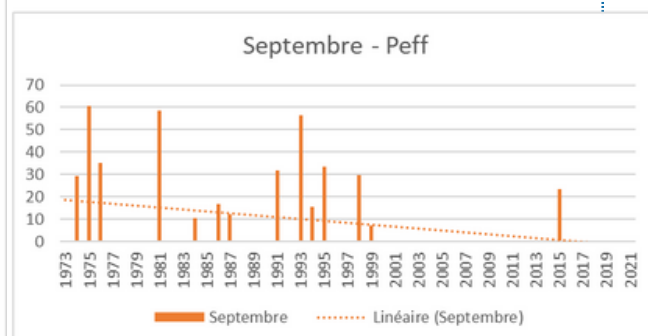
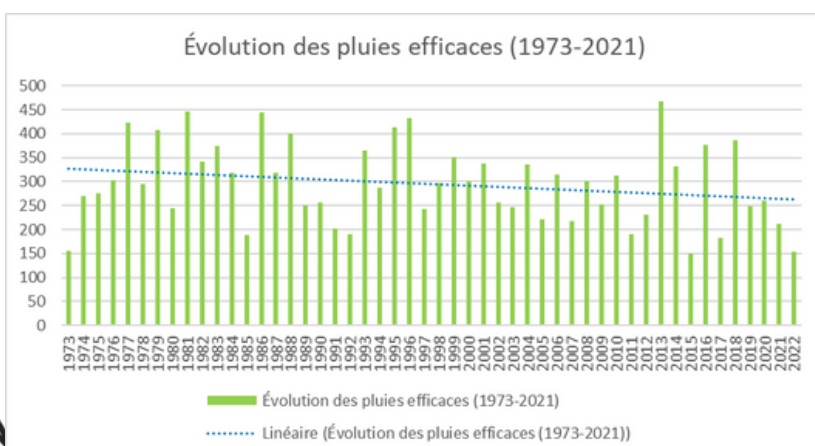


Figure issue de l'étude de modélisation de la nappe de Dijon Sud en cours - ANTEA / InterCLE



Fiche 1.13 : Evolution des pluies efficaces



Projection des pluies efficaces

Pluie efficace = pluviométrie – ETR* (évapotranspiration réelle)



Sur le périmètre de l'étude, les modèles mettent en évidence **une légère augmentation des cumuls annuels des précipitations efficaces en fin de siècle, en lien avec l'augmentation des précipitations hivernales**. À horizon fin de siècle, les cumuls supplémentaires pourraient atteindre + 77 mm avec le scénario RCP 8.5.

Ces données sont néanmoins à interpréter avec précaution car comme pour les cumuls de précipitations, les projections de pluies efficaces sont marquées par une incertitude importante.

L'observation des chroniques projetées montre par ailleurs que le signal de hausse des pluies efficaces est perceptible plutôt à partir de l'horizon 2050. Nous retiendrons donc qu'à horizon 2050, la tendance d'évolution des pluies efficaces ne sera pas très marquée et que les variations interannuelles seront importantes comme c'est déjà le cas sur la période historique.

Evolution de l'indicateur : Cumul des pluies efficaces entre 1950 et 2100

Comparaison des valeurs moyennes 1975-2005 avec les valeurs 2070-2100 pour les projections RCP4.5 et RCP8.5



À horizon lointain, si ces projections sont confirmées, l'évolution des pluies efficaces hivernales pourra permettre de **sécuriser la recharge hivernale des nappes**, à condition que l'intensification des épisodes ne favorise pas le ruissellement au détriment de l'infiltration des eaux vers les nappes.

Fiche 1.14 : Scénario climatique guidant l'adaptation



Comment affiner les projections et en limiter l'incertitude ?



Deux points préalables à garder à l'esprit :



Etre vigilant sur les périodes comparées quand on chiffre une augmentation de température

On compare des **températures projetées (modélisées)** à différents horizons avec des **températures historiques (mesurées)**, qui sont parfois celles de la période pré-industrielle (donc avant le réchauffement), parfois celles actuelles et parfois celles d'une période récente : par exemple, la période historique/ de référence des projections du portail DRIAS (et donc les chiffres présentés dans ces fiches) est la période **1975-2005**.

Attention donc à ne pas se perdre entre ces différentes périodes de comparaison, le gradient d'augmentation n'est pas le même en fonction des points de départ et d'arrivée...



Il ne faut pas confondre l'augmentation de la température du globe et l'augmentation de la température en France.

Les terres se réchauffent plus rapidement que les océans et **1°C de réchauffement global correspond à 1,4°C de réchauffement en France métropolitaine d'après les observations**. Les modèles ont d'ailleurs tendance à sous estimer cet effet régional, ils sont donc corrigés avec les observations mais **il demeure une légère sous estimation**.

Une étude récente (*An updated assessment of past and future warming over France based on a regional observational constraint*, A Ribes et al., 2022) a permis d'actualiser les projections climatiques françaises. Les chercheurs ont combiné les résultats des modèles globaux issus du 6ème rapport de GIEC avec des longues séries de données climatiques observées en France (+ de 100 ans). Cette méthode a permis de se passer de modèles régionaux du climat (méthode mobilisée dans le cadre des simulations disponibles sur le portail DRIAS par exemple) et de réduire les incertitudes des différents modèles globaux. **Les résultats corrigés se situent ainsi plutôt dans la gamme haute des sorties des modèles globaux sur le territoire français.** Aussi les projections issues du 5ème rapport du GIEC faisaient état d'un réchauffement moins important que celles issues du 6ème rapport et étudiées dans les travaux pré-cités, du fait d'une meilleure sensibilité des modèles (modèles CMIP6 vs modèles CMIP5).



+ 3,8°C à horizon fin de siècle par rapport à la moyenne 1900-1930 avec le scénario RCP 4.5 et + 5,9°C avec le scénario SSP 8.5.



S'adapter à une France à +4° ?

Le gouvernement français a choisi de retenir la valeur de + 4°C pour guider la politique d'adaptation aux impacts du changement climatique. Ce chiffre découle des travaux d'A. Ribes et al. cités plus haut.

Le futur à + 4°C correspond au scénario d'émission SSP 4.5, qui est une sorte de scénario tendanciel d'émission de GES qui correspond au maintien et au respect des politiques publiques climatiques actuelles. Cela correspond à +3° à l'échelle mondiale - on rappellera l'engagement à +1,5° (obsolète) de l'accord de Paris qui aurait permis de limiter les conséquences du réchauffement dans les pays les plus exposés et les îles.

Attention, ce chiffre fait état d'un climat moyen futur, ce qui veut dire que lors des années hors norme, les températures seront beaucoup plus élevées. Il s'agit également de températures annuelles, en été l'augmentation serait plutôt de **5,2°C** pour ce scénario en moyenne. En ce qui concerne les années extrêmes, il y aurait en fin de siècle 1 chance sur 10 d'enregistrer un été à + **7°C**, 1 chance sur 50 d'en enregistrer un à + **8°C** (+ 8°C en moyenne, pas en pic de chaleur !).

Les pics de chaleurs les plus forts à + **de 50°C** sont à envisager. **Il ne faut donc pas s'arrêter aux valeurs moyennes pour concevoir l'adaptation.**



Fiche 1.14 : Scénario climatique guidant l'adaptation

Catégorie :
Changement
climatique

Focus sur l'année 2022

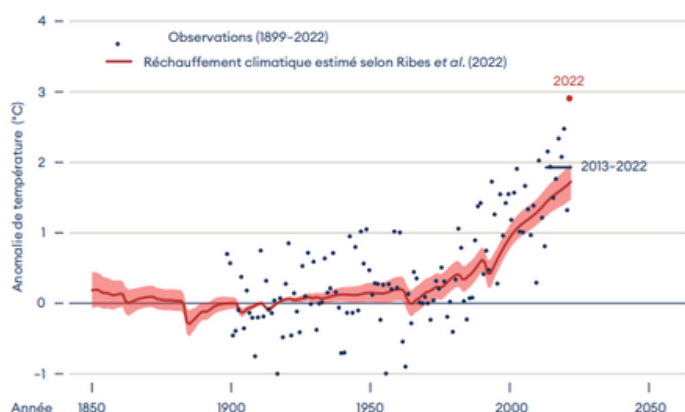
Analyse tirée du rapport annuel du Haut Conseil pour le climat, publié en juin 2023

2022

L'année 2022 a été particulièrement marquante en termes de concrétisation du changement climatique et de ses impacts, notamment dans la sphère eau : assèchements prolongés de cours d'eau, tensions sur la ressource, mortalité piscicole, ruptures locales d'alimentation en eau potable, activation des seuils de crise des arrêtés sécheresses, etc...

Le Haut Conseil pour le climat a re-positionné cette année "exceptionnelle" au sein des scénarios et projections climatiques : elle n'est plus tant exceptionnelle que cela à horizon 2050...

Figure 1.1a - Anomalie de température
en moyenne annuelle observée en France métropolitaine



Anomalie de température en moyenne annuelle observée en France métropolitaine entre 1899 et 2022 (points noirs), et réchauffement dû aux activités humaines et influences externes connues (tels les volcans) estimé sur la période 1850-2022 en combinant modèles et observations (courbe marron) par rapport à la moyenne 1900-1930 (adapté de Ribes et al. 2022).

Source : Météo-France d'après Ribes et al. 2022

Quelques chiffres pour recontextualiser 2022 :

- C'est l'année la plus chaude enregistrée en France : + 2,9°C par rapport à la moyenne 1900-1930 ;
- En climat actuel, une année de ce type a 10% de probabilité de se produire ;

Des impacts sur les usages :

- Production d'hydroélectricité en baisse de 20% ;
- Baisse des rendements agricoles ;
- 8000 communes en arrêté catastrophe naturelle pour le gonflement-retrait d'argile.

Des impacts sur les milieux :

- 72 000 ha de forêts brûlées, 7 800 feux ;
- faible reproduction des oiseaux d'eau, quasi absence de reproduction des amphibiens sur la façade ouest
- ...

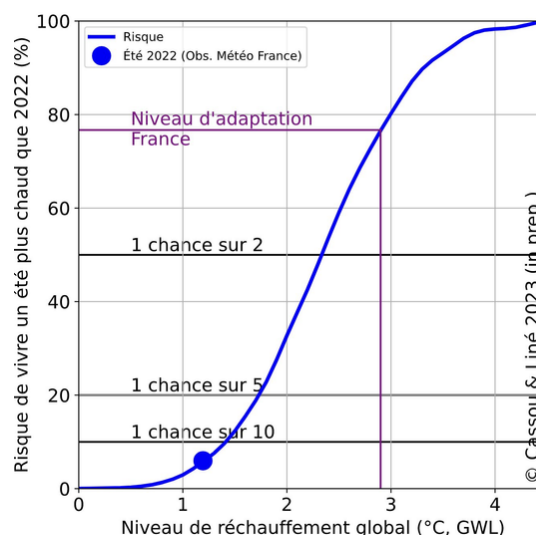


L'idée à retenir : à horizon 2050, si le réchauffement planétaire dépasse les 2° (forte probabilité), l'année 2022 ne sera plus une année exceptionnelle mais une année moyenne.

À horizon fin de siècle, ce sera même un été froid (source : Cassou & Liné, 2023, in prep.).

Le rapport du Haut Conseil pour le climat retient en conclusion :

"La France est particulièrement exposée aux conséquences du réchauffement climatique, mais n'est pas prête à y faire face. L'adaptation doit passer du mode réactif prévalent aujourd'hui pour changer d'échelle et devenir transformatrice, en anticipant les changements futurs à plusieurs échelles temporelles : années, saisons et les événements extrêmes plus brefs."



A RETENIR / VOLET CLIMAT



Des évolutions climatiques déjà marquées sur le territoire pendant la période historique



L'évolution des températures moyennes annuelles montre un **net réchauffement** depuis le début de la chronique mobilisée (1959). Une hausse de 0,3°C en moyenne par décennie (soit quasiment + 1,8°C) est observée à la station de Dijon-Longvic, avec une accélération sur les trois dernières décennies.

En conséquence, le nombre de jours d'été (+ de 25 °C) augmente : + 15 jours en 50 ans à Dijon et le nombre de jours de gel baisse : - 19 jours en 33 ans).

En ce qui concerne les précipitations, l'examen des longues chroniques homogénéisées de Météo France (séries corrigées afin qu'elles soient comparables dans le temps) ne montre **aucune tendance significative d'évolution en période passée** à la station de Longvic. **C'est le cas sur une très large partie du territoire français.**

Il faut noter que **les variations interannuelles importantes des cumuls pluviométriques rendent difficile la détection d'une tendance.** Une alternance entre des décennies plutôt sèches et des décennies plus humides est observée. Les données ne montrent pas non plus de tendance à l'échelle saisonnière.

L'augmentation de l'ETP annuelle est marquée à partir de la fin des années 1980, ce qui est concomitant avec l'augmentation plus rapide de la température. Cet accroissement devrait donc par conséquent se poursuivre au cours des prochaines décennies.

À précipitations constantes, cet accroissement de l'évapotranspiration potentielle doit être compris comme un **durcissement des conditions hydriques pour la végétation** (naturelle ou cultivée) par augmentation de la « demande » atmosphérique en eau.



Projections climatiques

L'ensemble des projections disponibles sur le portail du DRIAS montrent une **nette augmentation des températures** sur le périmètre de l'étude (bassins Ouche, Vouge, Tille).

En fin de siècle, **la hausse de température va drastiquement varier en fonction du scénario d'émission de gaz à effet de serre** avec un écart de valeur de 1,8°C entre les deux scénarios (+3,9°C pour le RCP 8.5 et +2,1°C pour le RCP 4.5). Cela signifie que les températures moyennes annuelles pourraient atteindre près de 14°C en fin de siècle (RCP 8.5) contre 10° actuellement. Cette hausse est néanmoins plus marquée en été et en automne, avec un glissement de la période estivale vers les mois de septembre et octobre.



L'incertitude est très élevée en ce qui concerne l'évolution pluviométrique en climat futur. À horizon 2100, la majorité des modèles montrent néanmoins **un signal à la hausse des précipitations liquides annuelles.** C'est principalement **en période hivernale** que les précipitations sont en hausse, alors que les précipitations estivales devraient baisser. **Un signal à l'intensification des pluies** - et donc à la multiplication des événements extrêmes - est également produit par les modèles sur le périmètre en climat futur, notamment en période hivernale. Un climat plus chaud induit une plus forte capacité de l'atmosphère à contenir de la vapeur d'eau, ce qui va favoriser la multiplication d'événements orageux extrêmes.

Enfin, en climat futur, **une hausse du nombre de jours secs** (cumul de précipitations inférieur à 1 mm) est projetée sur le périmètre. Ce sont surtout les sécheresses estivales qui augmentent.

L'augmentation des sécheresses météorologiques **aura des conséquences sur les sécheresses édaphiques (sécheresse des sols) et hydrologiques.** En effet, simultanément, le périmètre pourrait subir un allongement de la période de sols secs et un assèchement croissant des sols en toute saison au point que les records de sécheresse observés à ce jour pourraient devenir la norme dans le dernier quart du siècle. Les durées des sécheresses hydrologiques suivent une tendance à la hausse.

