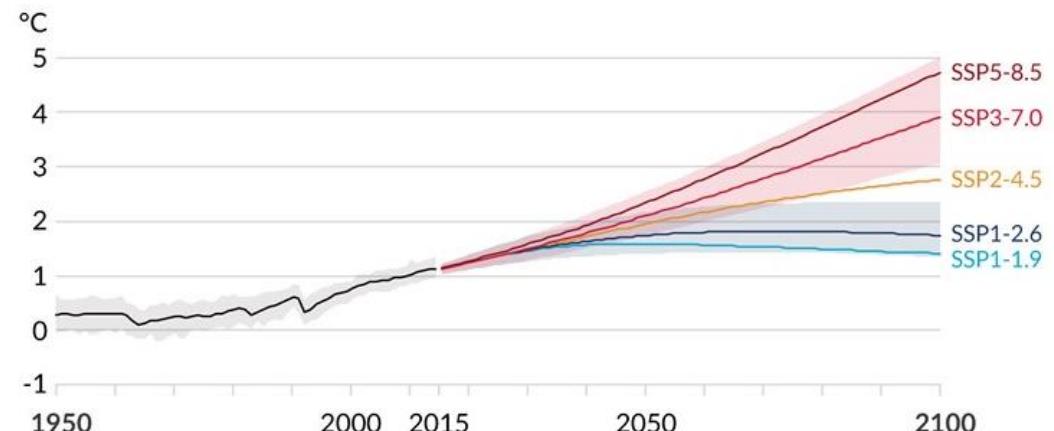


# Impact du changement climatique sur le bassin Adour-Garonne

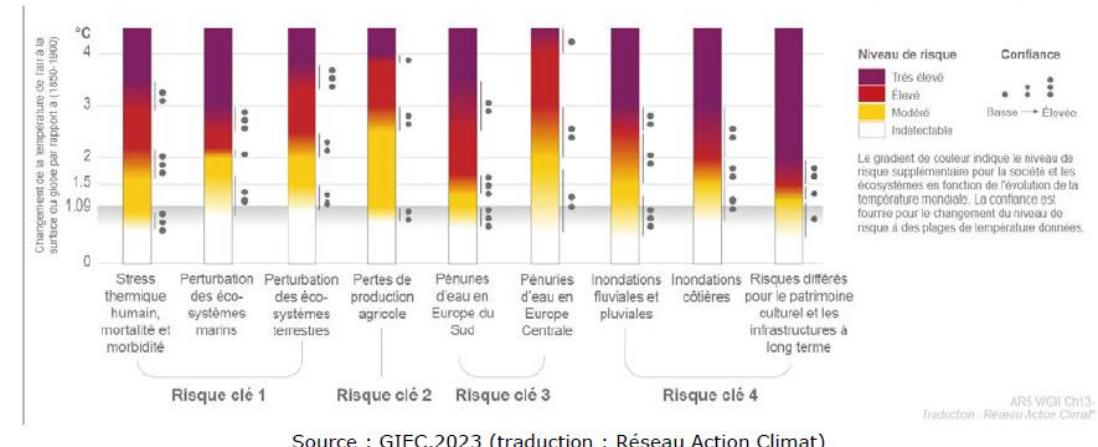
# 2020-2030, une décennie absolument décisive pour l'atténuation comme pour l'adaptation

- Le réchauffement mondial est déjà de +1,1°C et atteindra 1,5°C dès le début de la décennie 2030. Dans un scénario « médian » avec un pic des émissions en 2050, le réchauffement global atteindrait +3°C en 2100
- La Région Europe sera concernée par 4 risques majeurs
  - Pics de chaleur
  - Perte de production agricole
  - Pénuries d'eau
  - Inondations et crues

a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



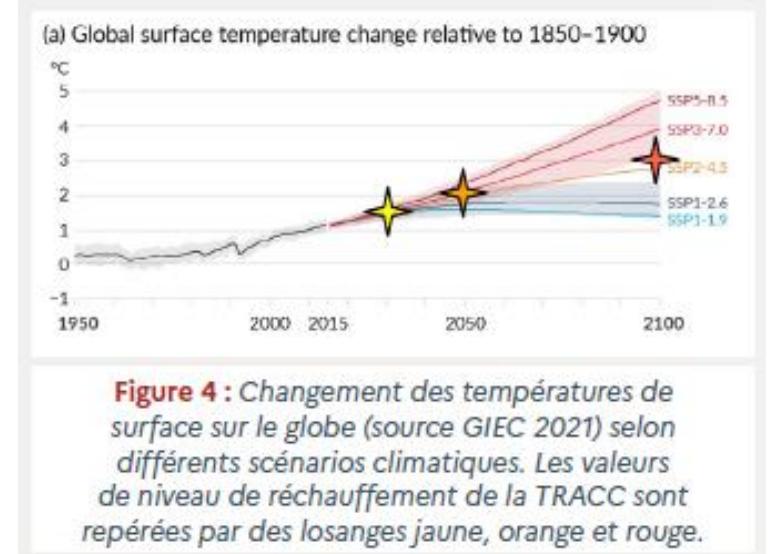
Diagrammes de type « burnings embers » des risques clefs pour l'Europe



# La Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC), une cible climatique pour l'adaptation

Fixe une cible commune d'adaptation et vise à préciser à quoi s'adapter en termes de climat durant le 21ème siècle en France

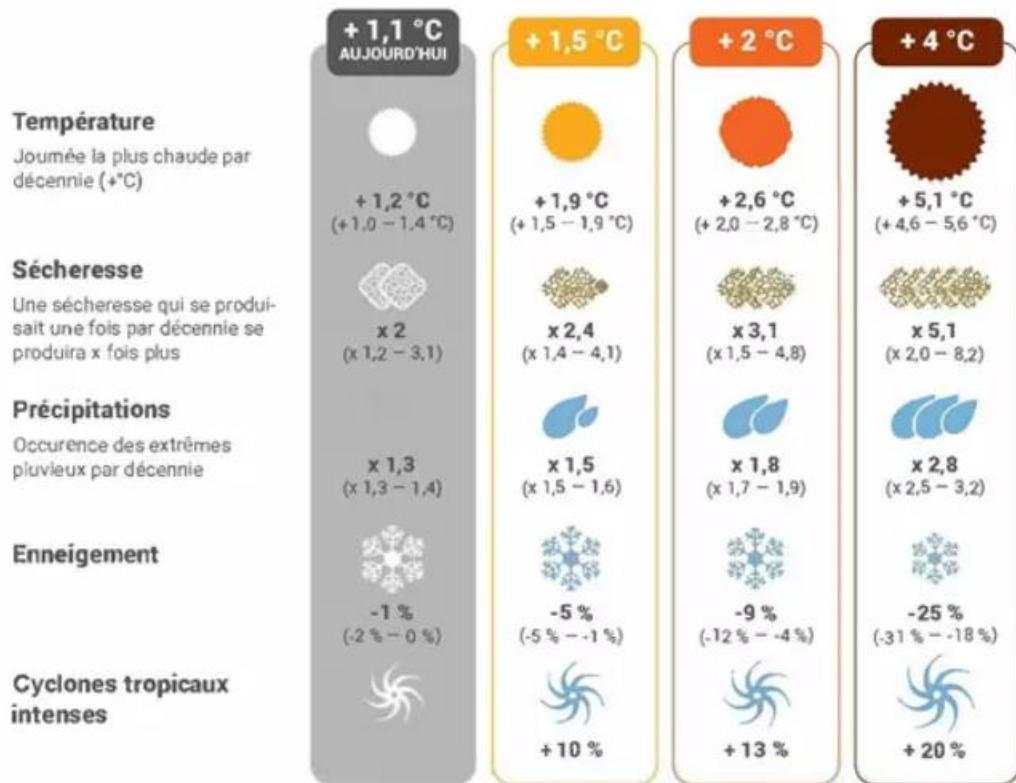
Identifie trois niveaux de réchauffement planétaire, évalués par rapport à l'ère pré-industrielle, et les associe à des niveaux de réchauffement spécifiques pour la France hexagonale



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.

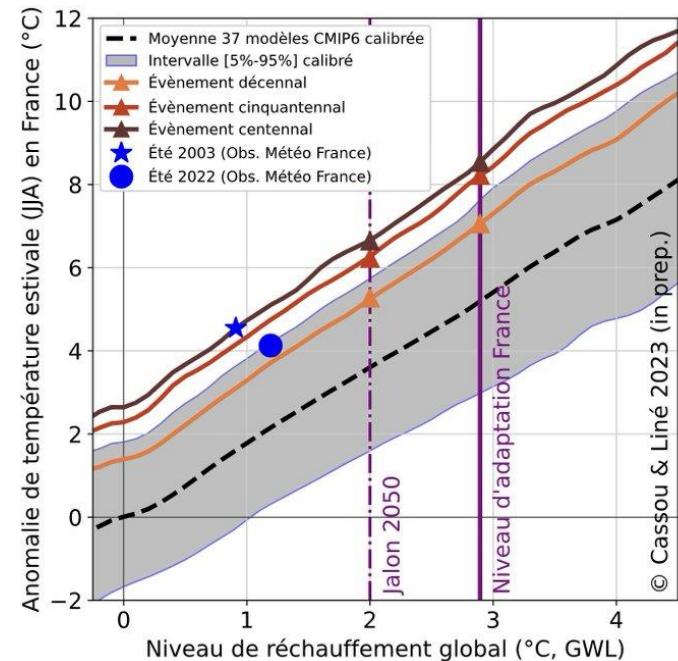
# TRACC



Météo-France, selon Giec

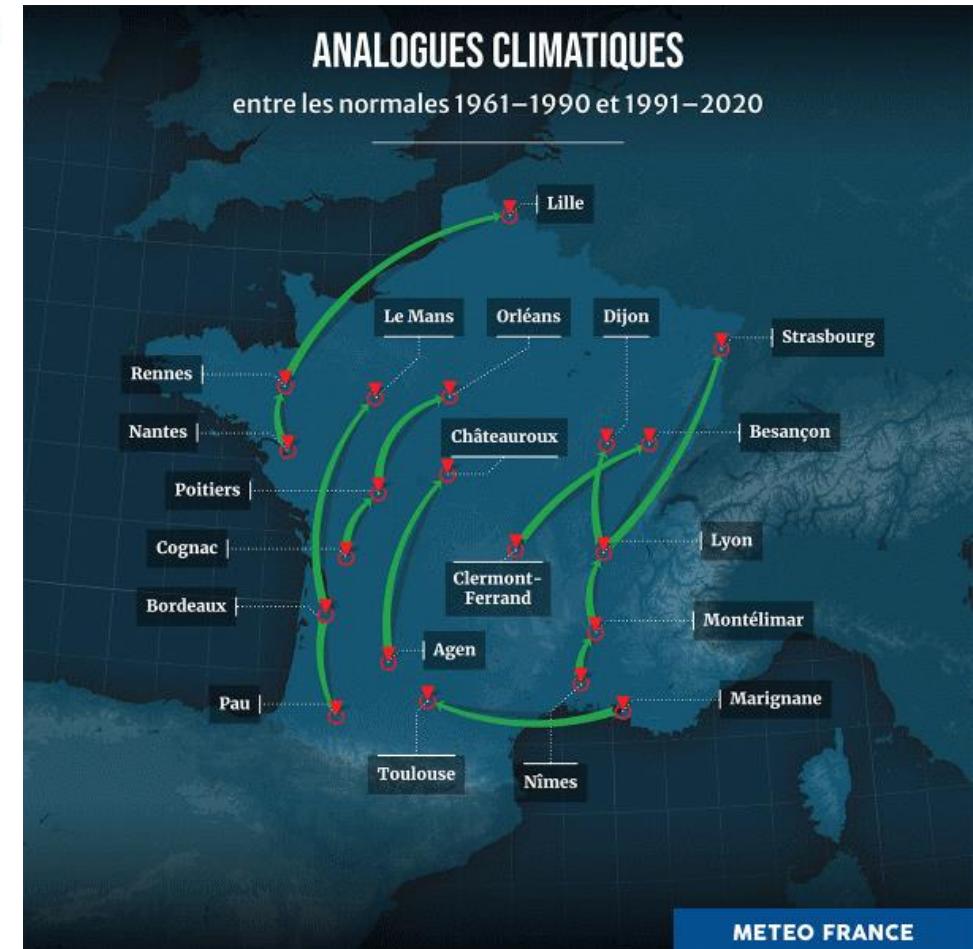
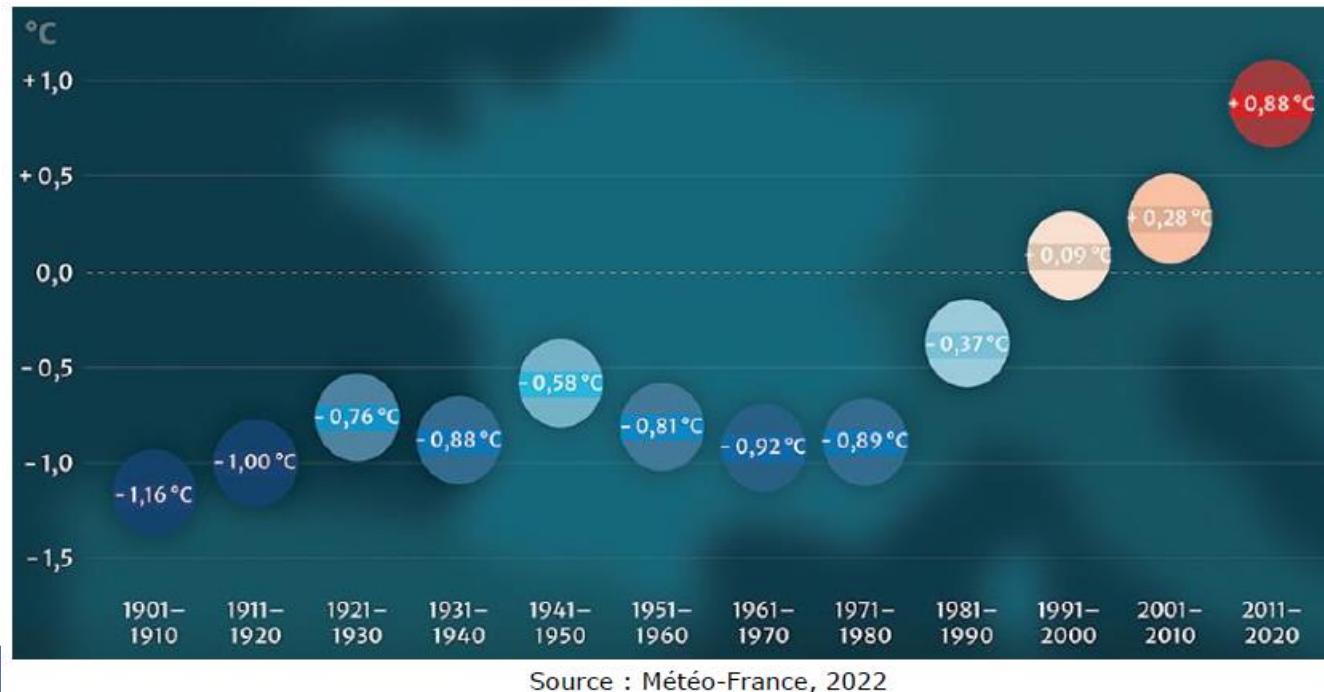
« Cycle de l'eau : contraste exacerbé entre le cumul de précipitation au Nord et au Sud, plus d'un mois de sécheresse estivale dans la moitié sud et la façade ouest, disparition de la quasi-totalité des glaciers français, multiplication des pénuries d'eau avec de fortes tensions sur l'agriculture et la forêt, augmentation de la fréquence des inondations avec un fort impact sur l'aménagement du territoire, les capacités assurantielles, la sécurité des personnes et leur capacité à se déplacer. »

## Relation entre le réchauffement global et le réchauffement en été sur la France

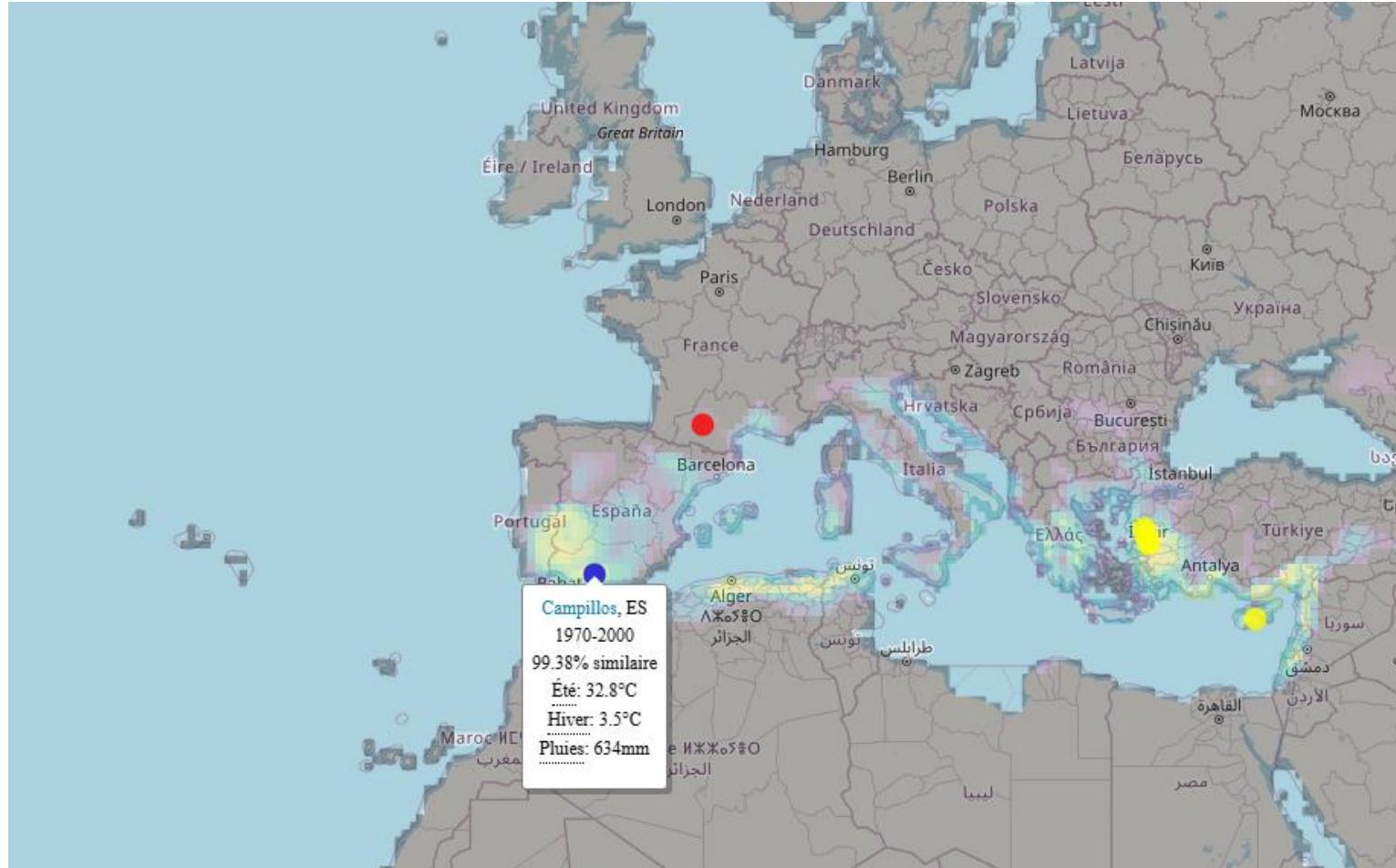


# Changement climatique observé

Évolution des températures décennales en France métropolitaine depuis 1901 :  
écart à la normale 1981-2010



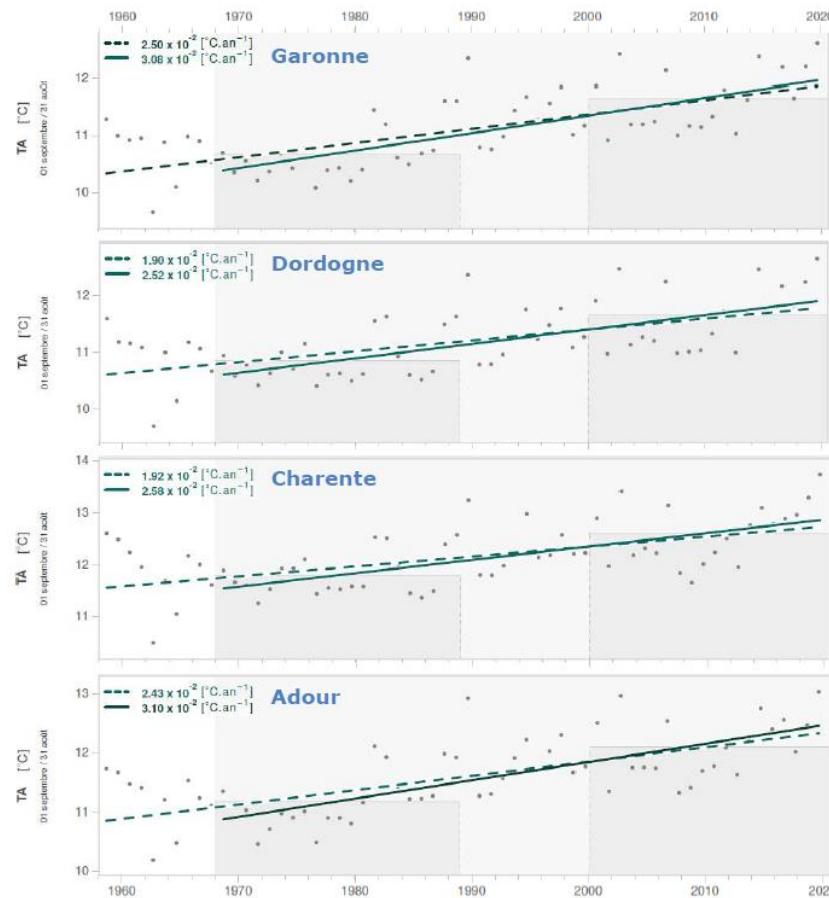
# Analogue climatique pour Toulouse en 2050



Analogue climatique fondé sur l'évolution de la température saisonnière et l'évolution des précipitations à horizon 2050 pour le RCP8.5. Source : <https://ccexplorer.eu/>

# Changement climatique observé sur le BV

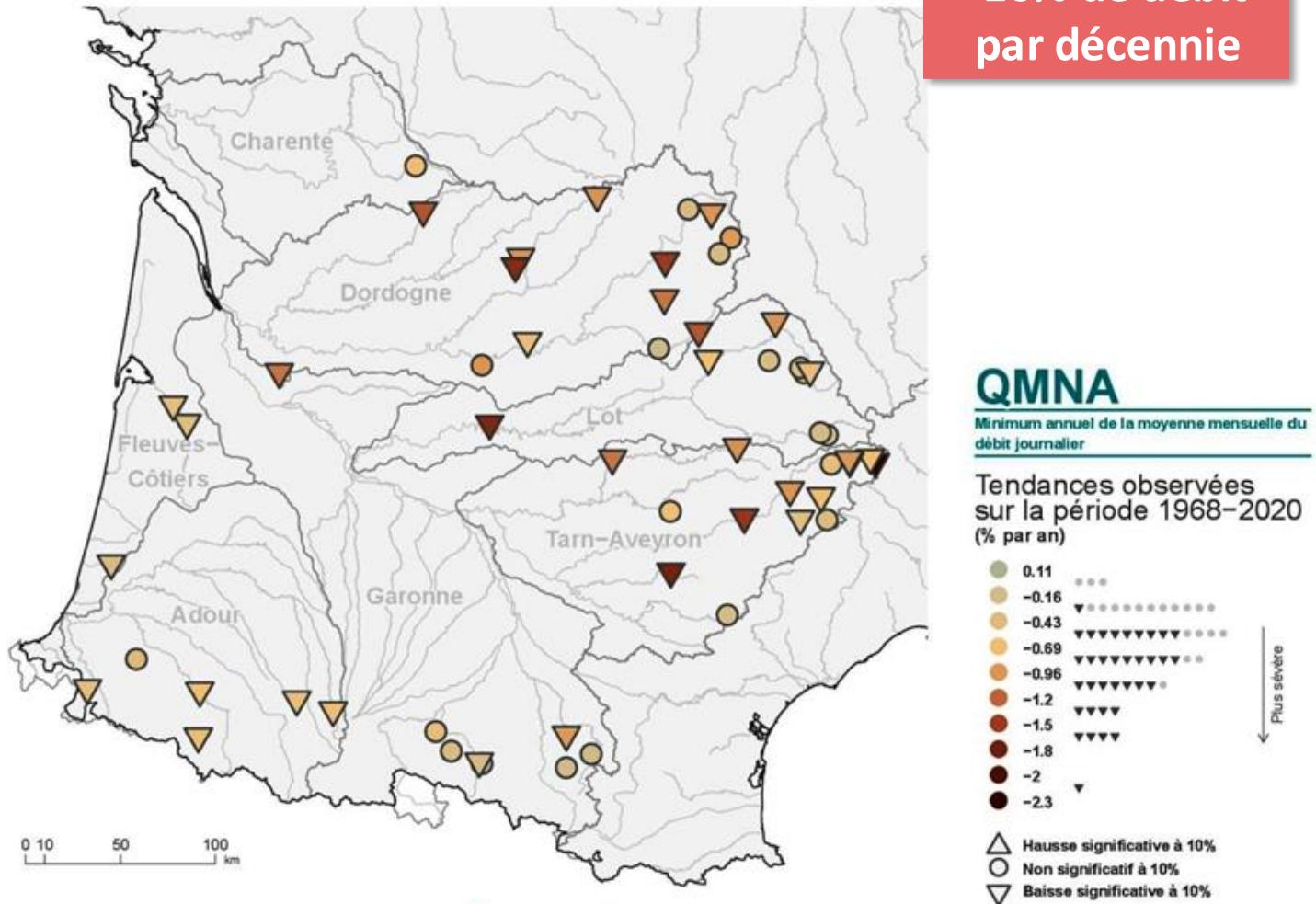
Evolution de la température annuelle de l'air entre 1958 et 2020 pour quatre sous-bassins



Les rectangles grisés correspondent à deux sous-périodes (1968-1988 et 2000-2020) climatiques et hydrologiques. La « hauteur » du rectangle indique la moyenne de température pour la sous-période.

Source : Héault et al., 2022, données Météo-France

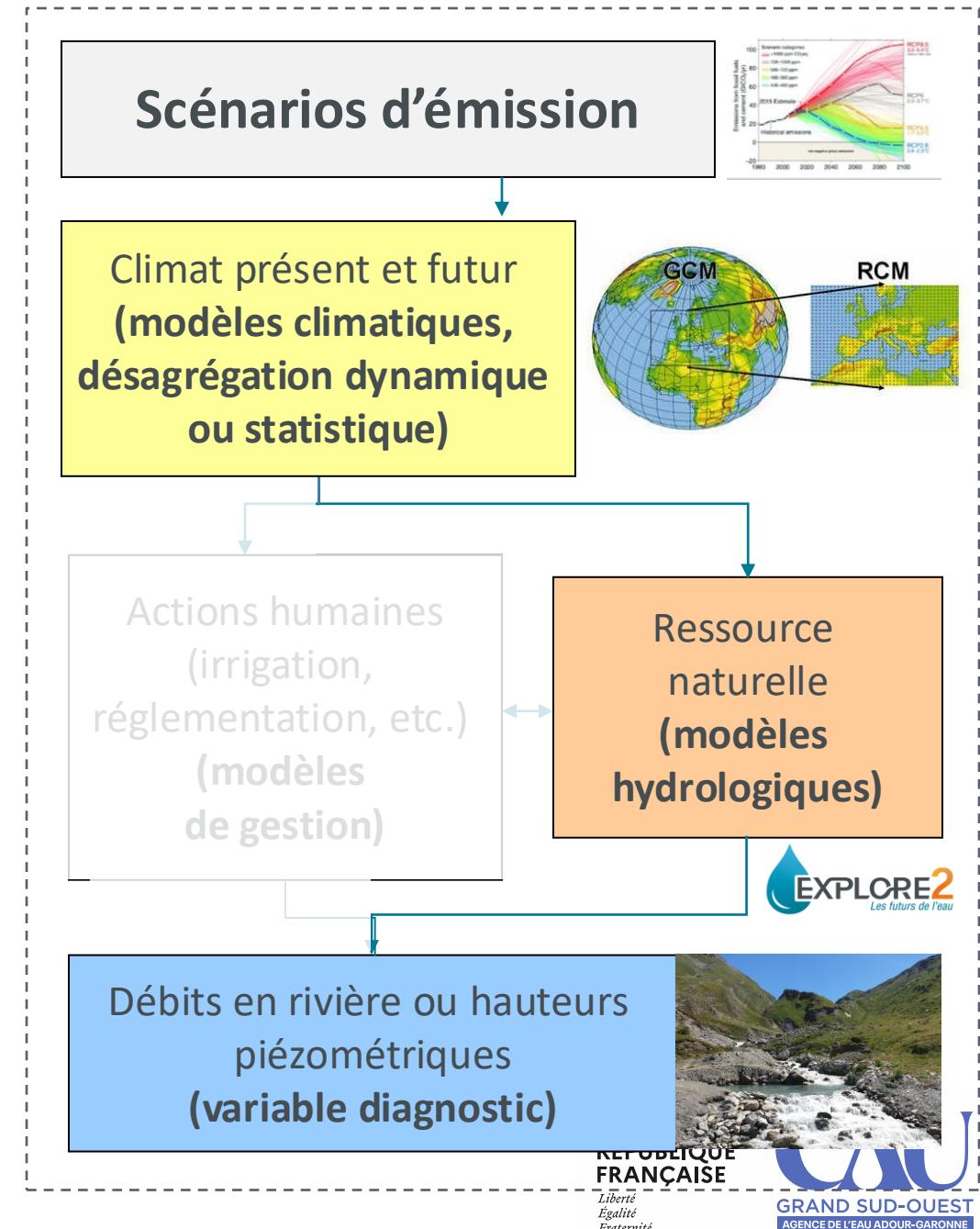
<https://makaho.sk8.inrae.fr/>



<https://eau-grandsudouest.fr/medias/etudes/note-hydrologie-changements-climatiques-quelles-tendances-observees-venir-bassin-adour-garonne>

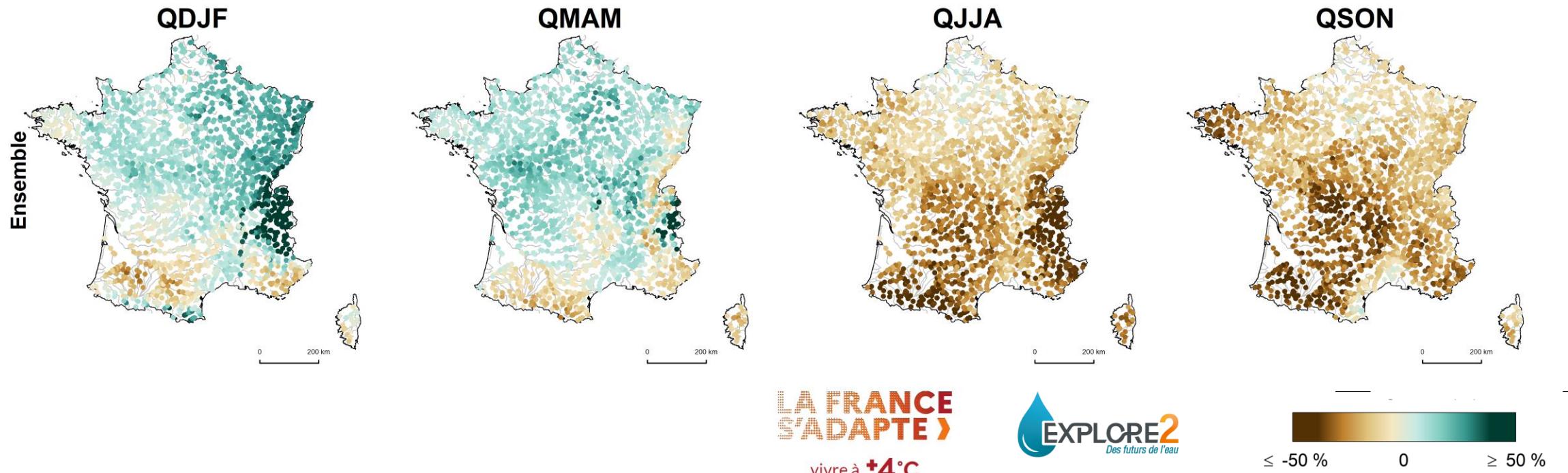
# LE PROJET EXPLORE2

- Projet piloté par INRAE avec un consortium de laboratoires en France
- Objectif : Explorer une large gamme de futurs possibles et apprécier les incertitudes aux différents niveaux de modélisation du climat et de l'hydrologie
- Limites
  - Ce sont des projections, pas des prédictions
  - Incertitudes connues... mais à gérer
  - Toujours par rapport à une période de référence (1976-2005)
  - Pour des débits naturalisés



# Le bassin Adour-Garonne, un hotspot du changement climatique

Evolution du débit moyen par saison en 2100 (DJF=décembre, janvier, février)



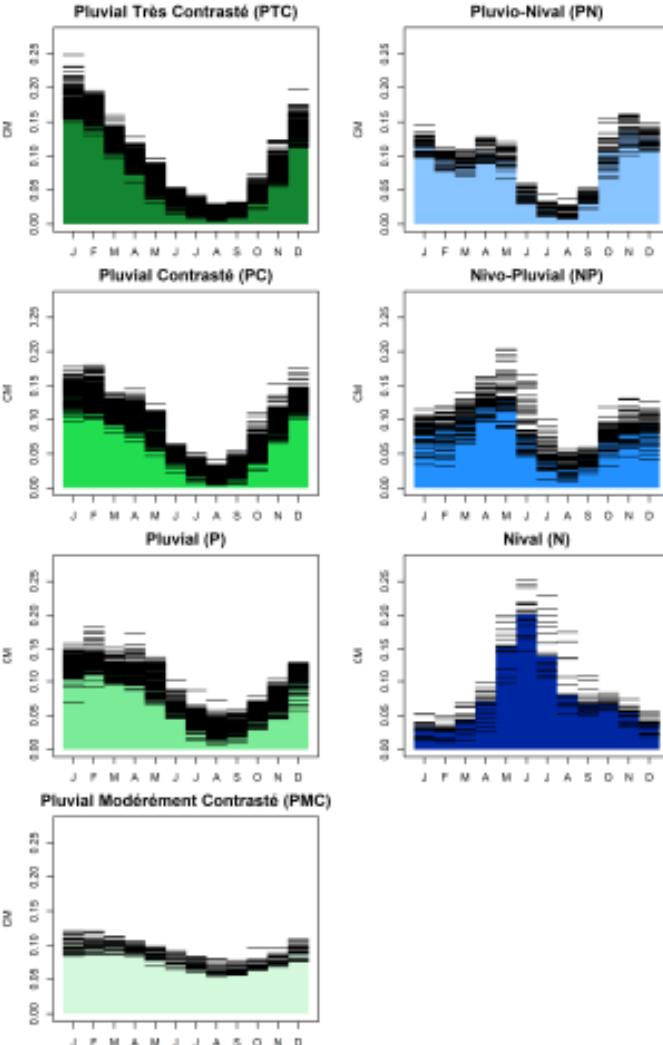
LA FRANCE  
S'ADAPTE ➤  
vivre à +4°C



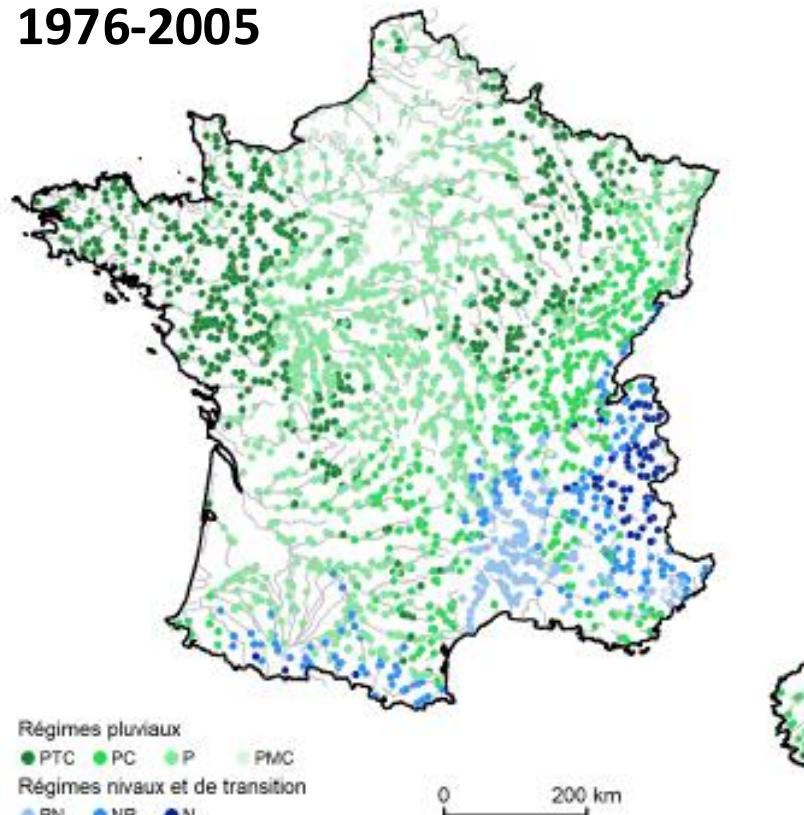
≤ -50 %      0      ≥ 50 %

- Forte baisse des débits estivaux et de recharge des nappes :
  - Débit annuel moyen en baisse avec -25% de débits dans les Pyrénées et ses contreforts.
  - -10% de débits hivernaux (décembre à février) pour les cours d'eau de plaine ; -50% de débit en été sur le bassin versant (juillet à août), possibilité de diminution du débit d'étiage (QMNA5) de -60% ponctuellement
- Des changements de régime hydrologique notables :
  - En moyenne montagne, les régimes nivaux de transition évoluent vers des régimes à dominante pluviale
  - Diminution notable de l'enneigement (jusqu'à -65%)
- Un climat de plus en plus méditerranéen :
  - Augmentation généralisée des pluies intenses journalières, de l'intensité et de la sévérité des sécheresses agronomiques et hydrologiques
  - Des phénomènes d'intermittence des cours d'eau qui s'amplifient dans la partie amont des bassins
- Des impacts majeurs sur les usages, la qualité de l'eau et les écosystèmes

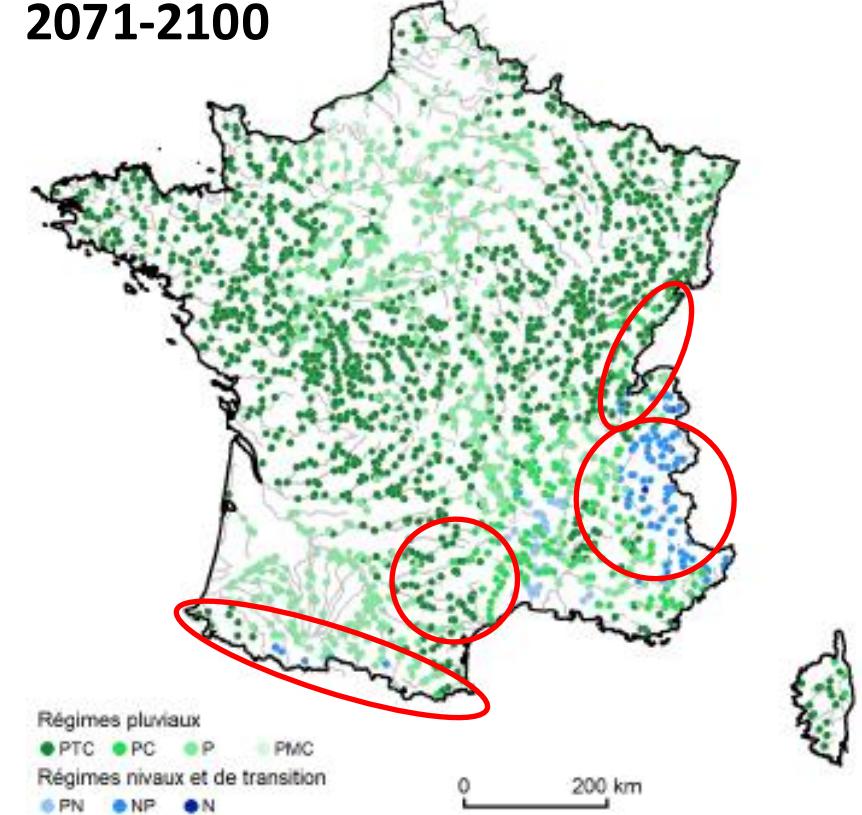
# Régimes hydrologiques en fin de XXIe siècle sous scénario d'émissions fortes



1976-2005



2071-2100



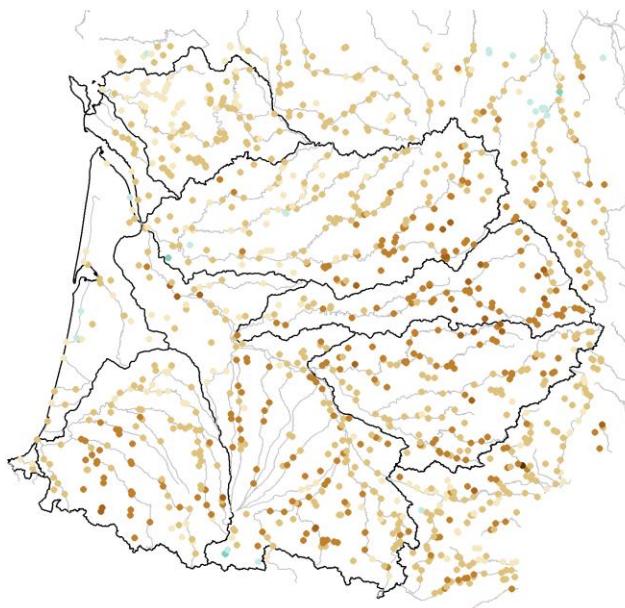
Augmentation du **pluvial très contrasté** car baisse des bas débits  
Diminution du **nival à pluvio-nival** car moins de neige et de fonte



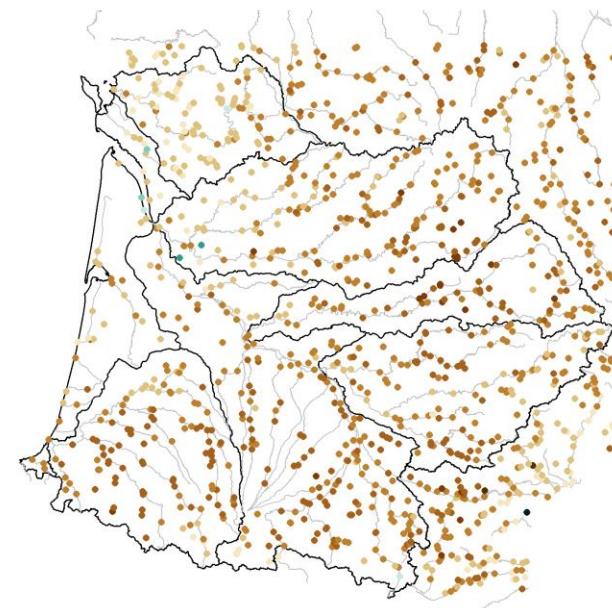
# Des étiages plus longs, plus sévères et plus fréquents sur le XXI<sup>e</sup> siècle

Evolution du VCN10 par rapport à 1975-2005 (minimum sur l'année d'étiage du débit moyen sur 10 jours glissants) sur le bassin de l'Adour

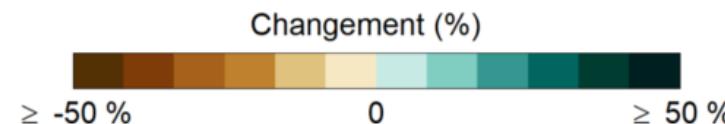
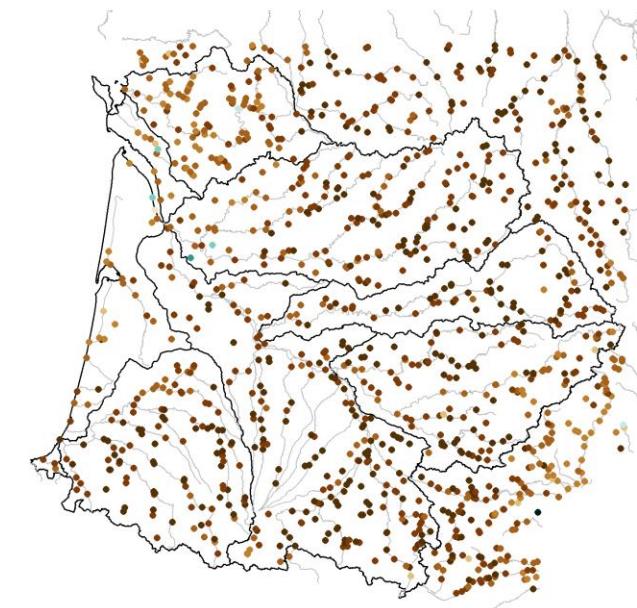
TRACC-2030



TRACC-2050

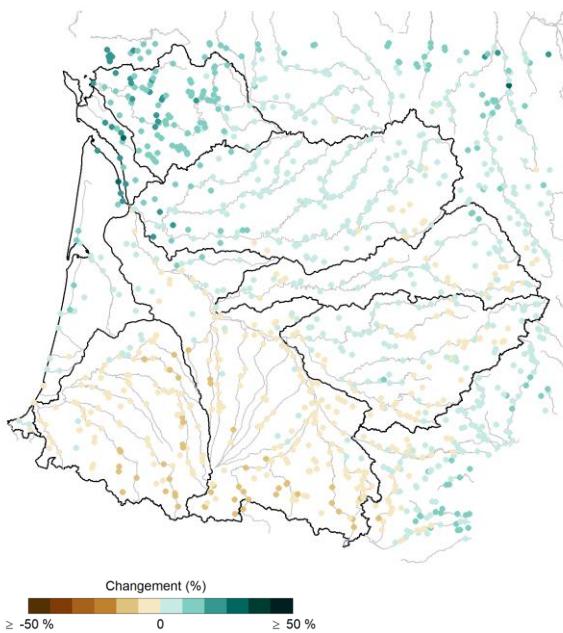


TRACC-2100

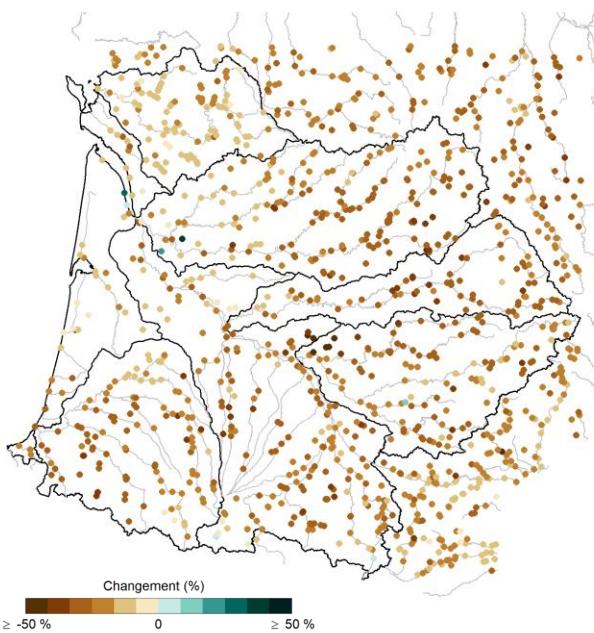


# Evolution à horizon 2050

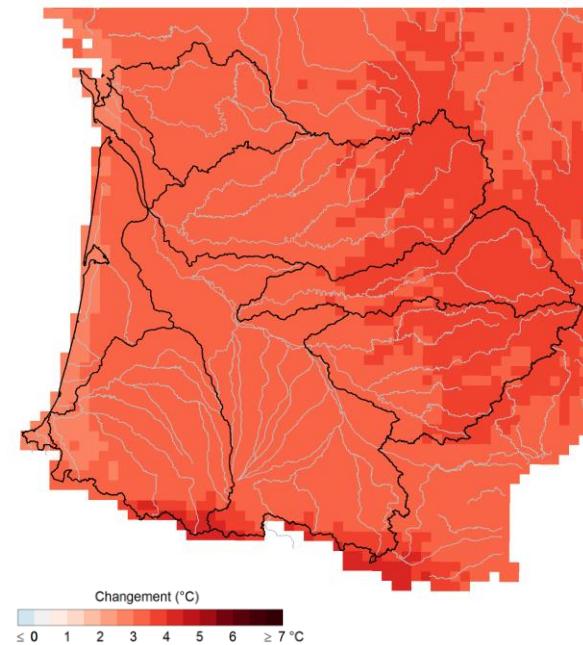
QA



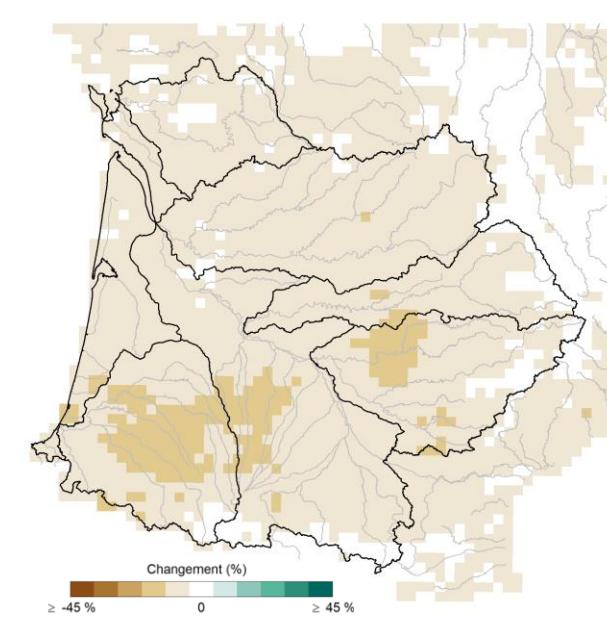
QMNA5



Température estivale



Précipitations estivales



# Evolution année par année

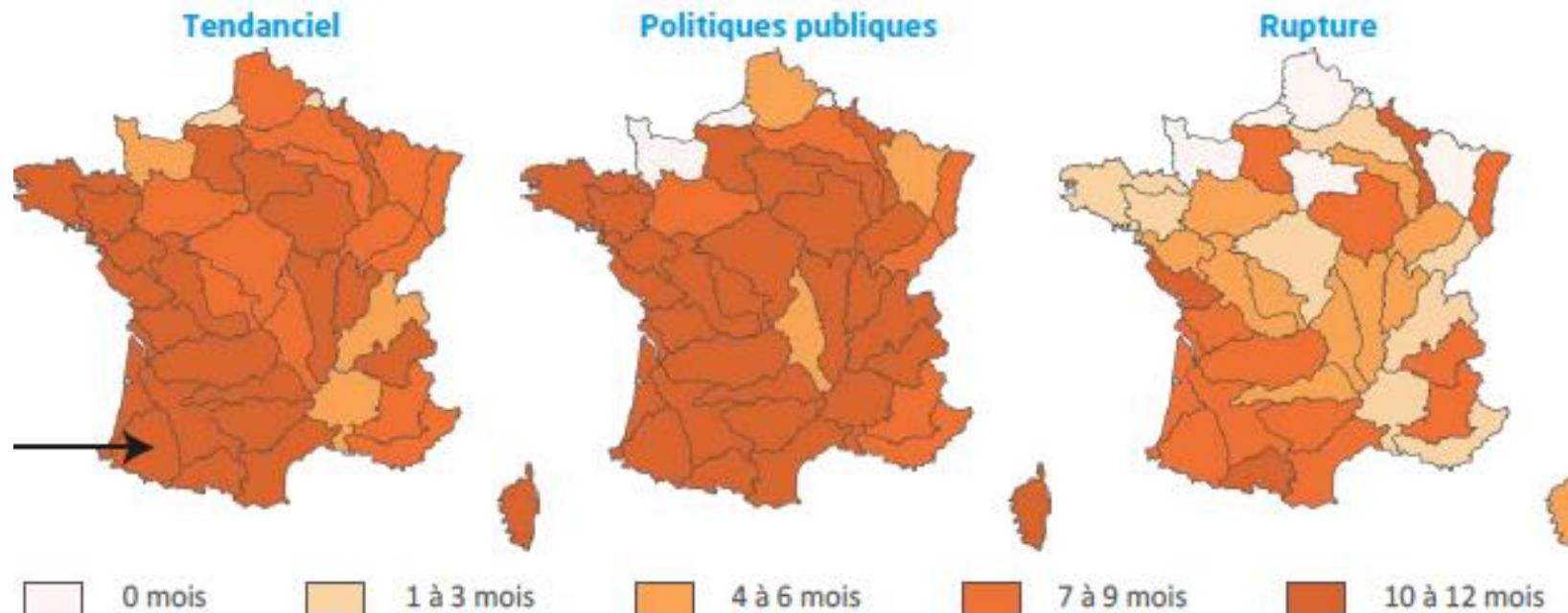
<https://explore2enmusique.github.io>

The image displays four separate panels, each showing a musical visualization of climate data. Each panel has a title at the top, a QR code, and a play/pause button with a timer showing 0:56 / 0:56.

- Top Left:** Title: "LA GARONNE A LAMAGISTERE (O614001001)". Subtitle: "Changements futurs relativement peu marqués". Model: CNRM-CM5 historical-rcp85 ALADIN63 ADAMONT MORDOR-SD. Description: "Moyennes saisonnières" and "Anomalies saisonnières".
- Top Right:** Title: "Fort réchauffement et fort assèchement en été". Model: EC-EARTH historical-rcp85 HadREM3-GA7 ADAMONT MORDOR-SD. Description: "Moyennes saisonnières" and "Anomalies saisonnières".
- Bottom Left:** Title: "Réchauffement marqué et augmentation des précipitations". Model: HadGEM2-ES historical-rcp85 ALADIN63 ADAMONT MORDOR-SD. Description: "Moyennes saisonnières" and "Anomalies saisonnières".
- Bottom Right:** Title: "Fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations". Model: HadGEM2-ES historical-rcp85 CCLM4-8-17 ADAMONT MORDOR-SD. Description: "Moyennes saisonnières" and "Anomalies saisonnières".

# Regard sur le futur en intégrant l'évolution des usages

Nombre de mois où la situation hydrique calculée via les consommations s'aggrave entre 2020 et 2050, pour trois scénarios d'usage



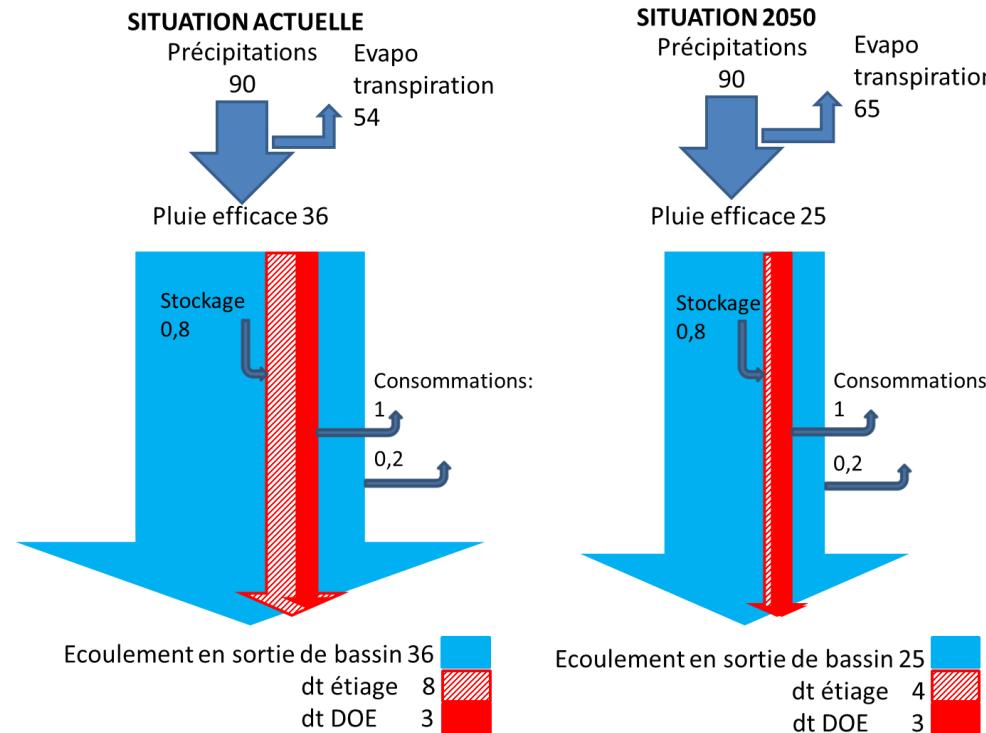
Lecture : à l'horizon 2050, dans le scénario tendanciel, la situation hydrique calculée via les consommations s'aggrave pendant plus de dix mois dans le bassin versant de l'Adour (indiqué par une flèche). Projection climatique « violet » caractérisée en fin de siècle par un fort réchauffement et de forts contrastes saisonniers en précipitations (projet Explore2, INRAE et OiEau) et année marquée par un printemps-été sec.

Source : HCSP

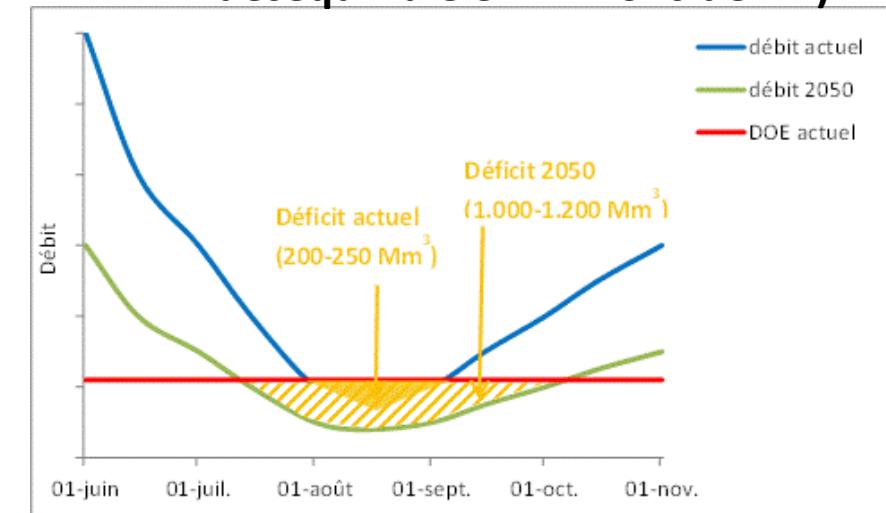
<https://www.strategie-plan.gouv.fr/publications/leau-en-2050-graves-tensions-sur-les-ecosystemes-et-les-usages>

# Des conséquences hydrologiques majeures évaluées dans Garonne2050

## Schéma représentant les écoulements en milliards de m<sup>3</sup>



## Situation hydrologique à l'étiage (estimation du déséquilibre en millions de m<sup>3</sup>)

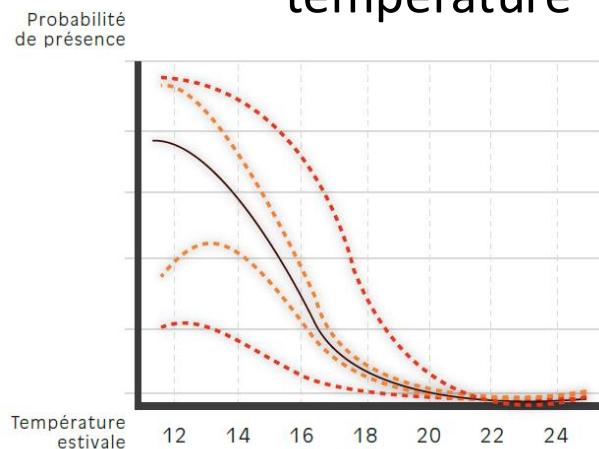


# Conséquences sur les écosystèmes

- Sur les **habitats** comme sur les **espèces**
  - Lien fort avec la **disponibilité** de la ressource (continuité)
  - Dépendance face aux **régimes** des perturbations
  - Impact fort de la **température** (régulation)
  - Aggravation par les **pressions anthropiques** (qualité ...)

« Les écosystèmes naturels et leur biodiversité sont susceptibles de subir des dommages considérables. Toutefois, en partant du principe établi que leur résilience ne dépend pas exclusivement d'un retour à leur trajectoire d'origine, mais plutôt d'une adaptation par transformation vers une nouvelle trajectoire - qu'elle soit stable ou non - il est envisageable que les futurs écosystèmes soient en mesure de fournir, du moins en partie, les mêmes services qu'actuellement, avec d'autres opérateurs tels que des espèces, des flux de matières et d'énergie.» (Complément au PACC)

Présence du Saumon selon la température



# Conséquences sur la qualité de l'eau

- **2 causes principales :**

- **Baisse des débits** (problème de dilution)
- **Augmentation de la température** (baisse [O<sub>2</sub>] dissous)  
+ évènements extrêmes

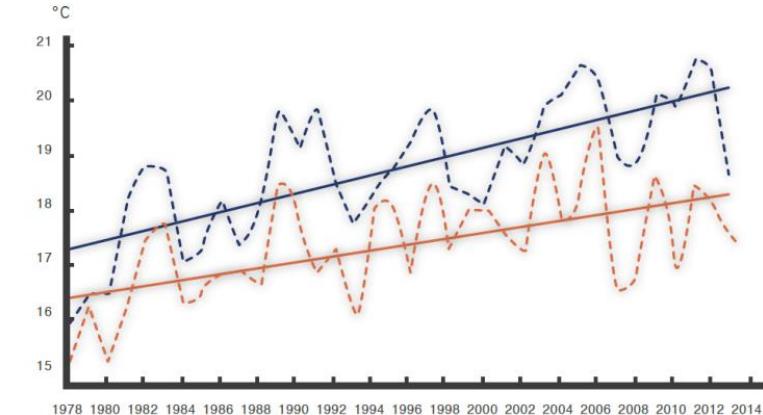
- **Effets induits :**

- Influence sur la dynamique de dégradation (métabolites)
- Augmentation de la matière organique naturelle « envahissante »
- Libération possible des stocks de polluants (sédiments, sols)

↳ A rejets constants,

**dégradation de la qualité physico-chimique**

↳ Impact probable sur le coût de production de l'eau potable

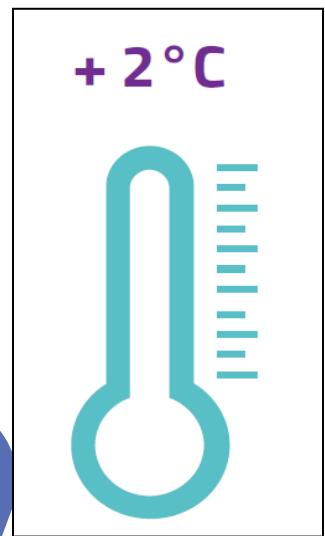


Elévation de la température  
de l'estuaire de la Gironde



# Résumé des conséquences hydrologiques majeures sur le Sud-Ouest en 2050

Augmentation des températures (air)



Manteau neigeux

-35% à -60%



Evapotranspiration

+10% à +30%



Moins de ruissellement et d'infiltration

Des sols plus secs

Baisse de la recharge des nappes  
-30% à -50%

Etiage plus précoce, plus sévère et plus long

Baisse des débits

-20% à -40%



- Conséquences sur :
- la température
  - la teneur en O<sub>2</sub>
  - la qualité
  - la biodiversité

# Des projections explore2 à l'analyse de la vulnérabilité du Bassin Adour-Garonne

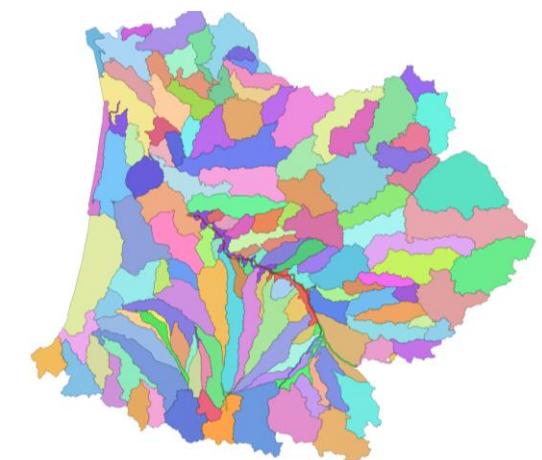
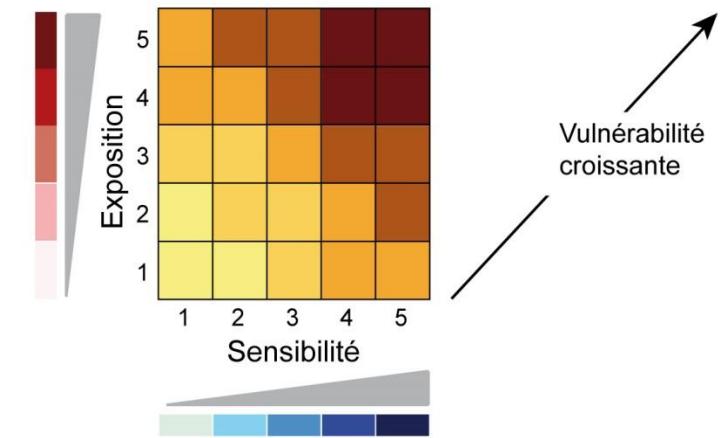
## Une approche « Agence » simplifiée

- Croiser la sensibilité actuelle et l'exposition projetée en 2050 afin d'identifier les investissements à réaliser.
- Cette articulation “climat futur” et “diagnostic actuel” permet de répondre à la question suivante : “comment s'en sortirait-on, avec les caractéristiques du territoire d'aujourd’hui, dans le climat de demain ?
- C'est une approche par enjeu plutôt que par usage pour alerter sur les points critiques

## Données clefs

- Utilisation de l'état des lieux actuel pour évaluer la sensibilité
- Utilisation des résultats d'Explore2 /TRACC pour l'exposition
- Un travail à la maille des BVG

## Approche conceptuelle



Égalité  
Fraternité

GRAND SUD-OUEST  
AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE

# Enjeux/Cartes de vulnérabilité au changement climatique

7 cartes de vulnérabilité au changement climatique pour rendre compte des risques générés par le changement climatique

- Baisse de la disponibilité en eau de surface
- Baisse de disponibilité en eau souterraine
- Assèchement des sols
- Détérioration de la qualité de l'eau
- Perte d'habitats écologiques
- Perte de zones humides
- Amplification des risques naturels liés à l'eau



# Enjeu « Détérioration de la qualité de l'eau »

## Projections climatiques et hydrologiques

Évolution du VCN10

Évolution de la durée d'étiage

Évolution de la température

*Score maximal des trois scores par projection*



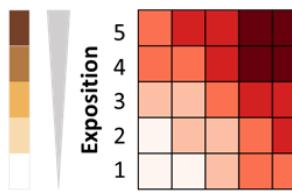
Score d'exposition

## Caractéristiques actuelles des territoires

Proportion de masses d'eau de surface en bon état qualitatif



Score de sensibilité

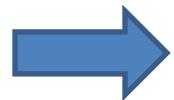


Vulnérabilité croissante

SCORE DE  
VULNÉRABILITÉ

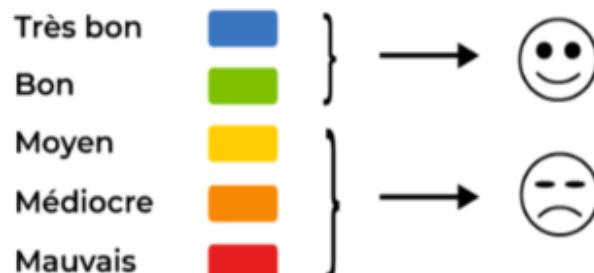


# Enjeu « Détérioration de la qualité de l'eau »



Calcul de la sensibilité vis à vis de la qualité de l'eau obtenu en regardant le pourcentage de masse d'eau de surface en bon état écologique selon la DCE par BVG

## État écologique (biologie, physicochimie)

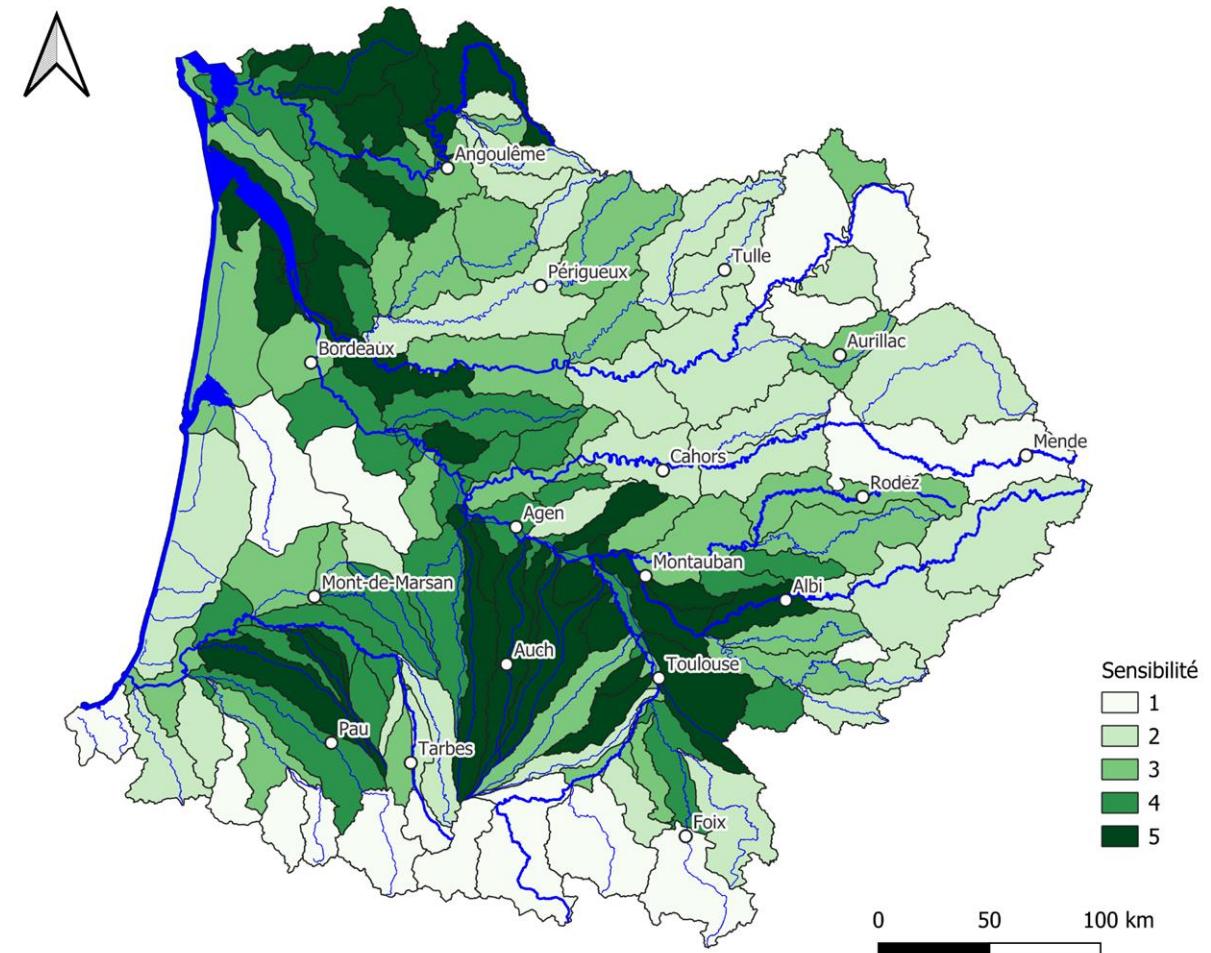


Évalué selon :

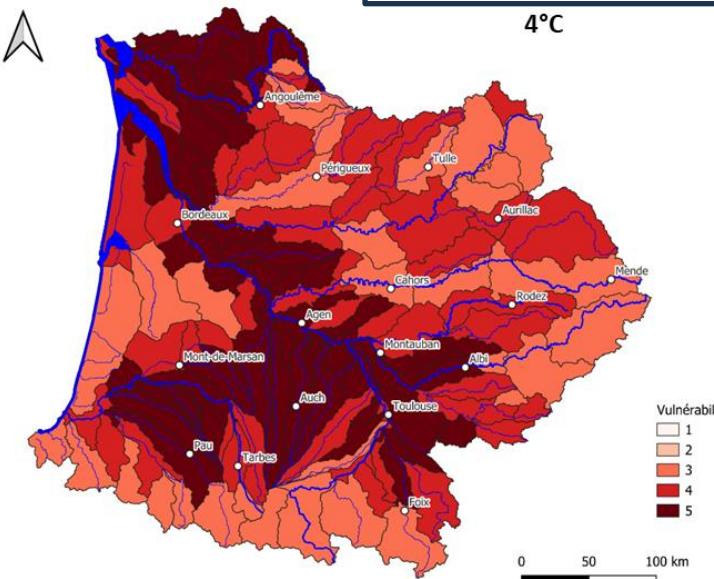
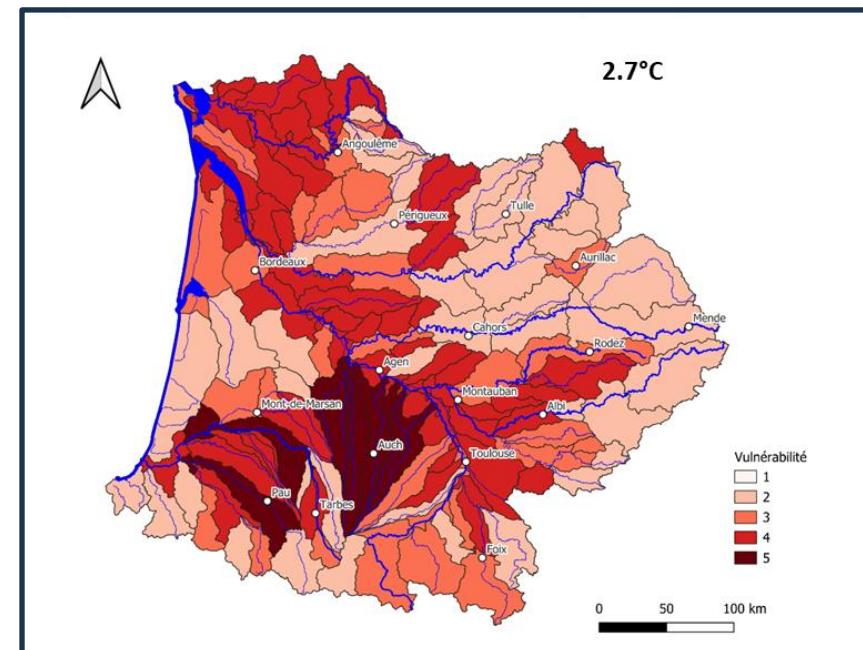
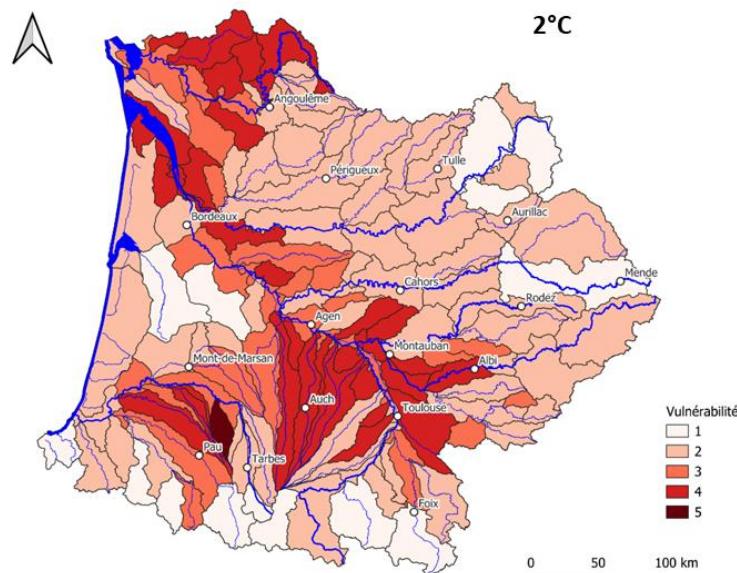
- Des indicateurs biologiques : diversité et abondance des espèces végétales et animales
- Des caractéristiques hydromorphologiques : régime hydrologique, continuité écologique, structure du lit et des berges
- Des paramètres physico-chimiques : température, oxygène dissous, concentrations en nutriments, etc.

# Enjeu « Détérioration de la qualité de l'eau »

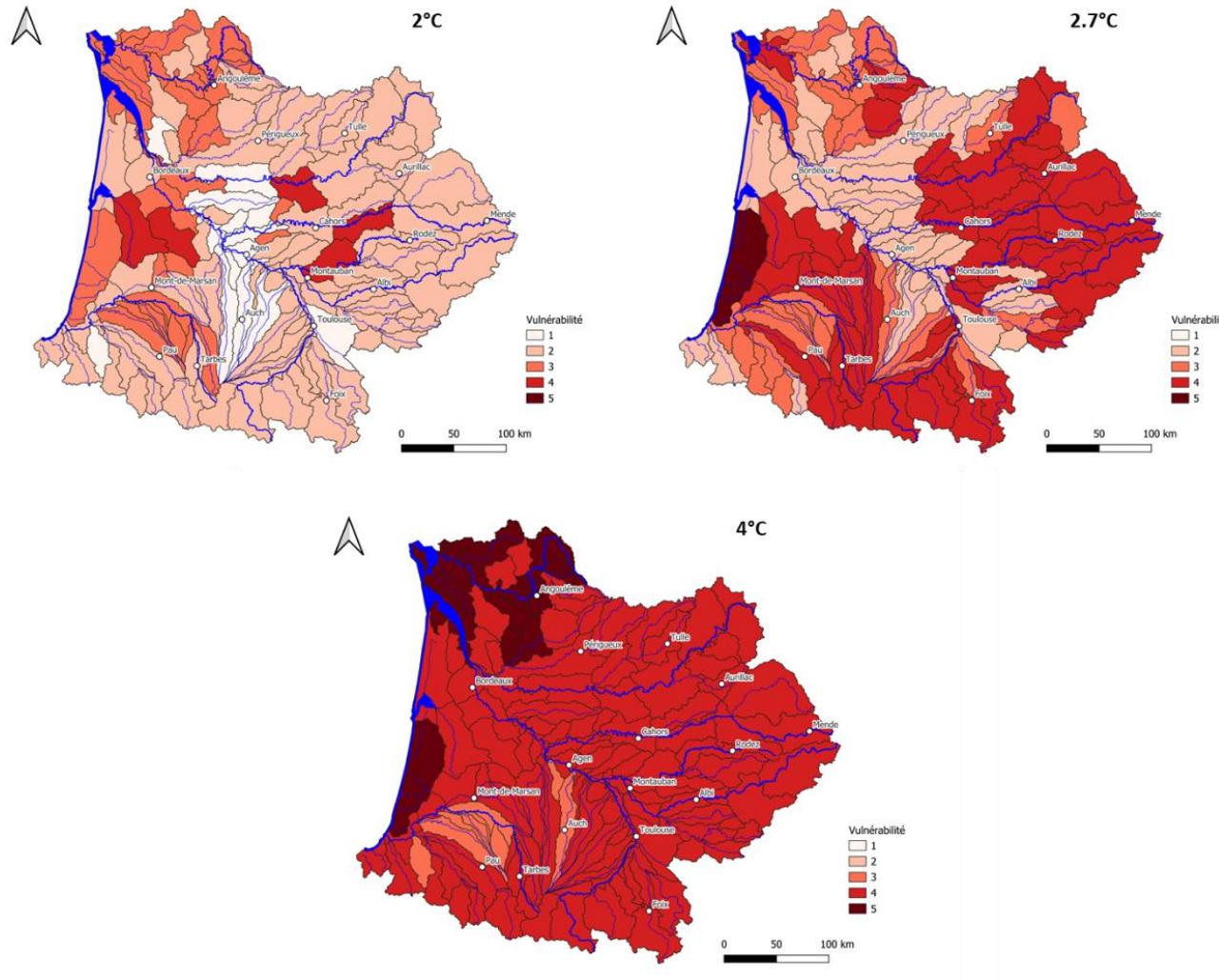
Classe de sensibilité	Proportion de masse d'eau en bon état (%)
1	> 80
2	]60 ; 80]
3	]40 ; 60]
4	]20 ; 40]
5	$\leq 20$



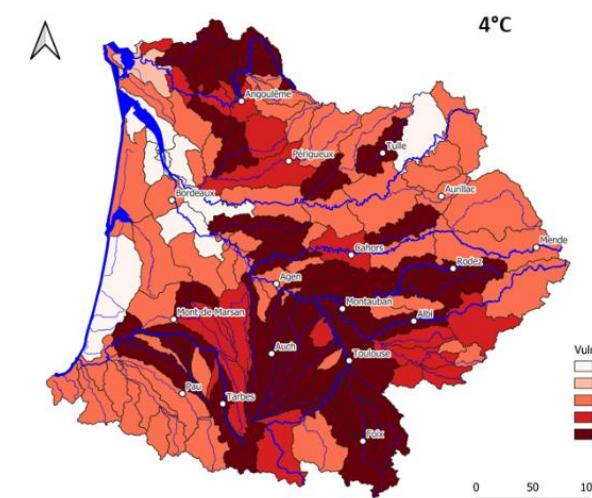
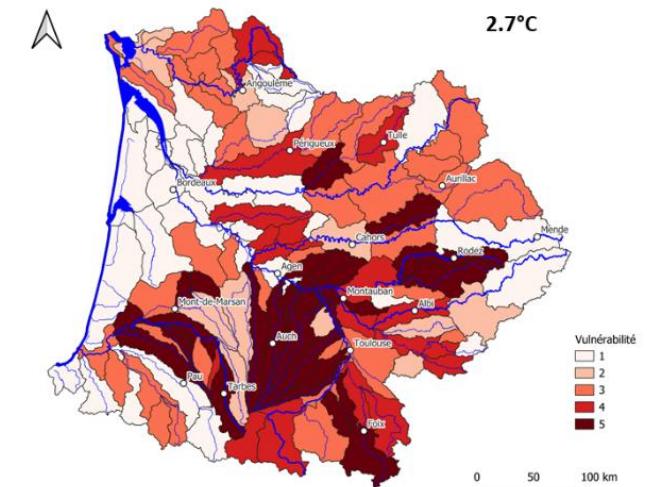
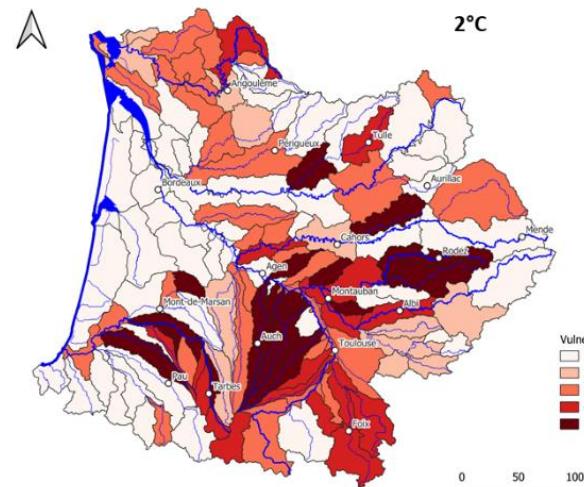
# Cartes de vulnérabilité « Détérioration de la qualité de l'eau »



# Enjeu « Aggravement de l'asséchement des sols »



# Enjeu « disponibilité eau de surface »



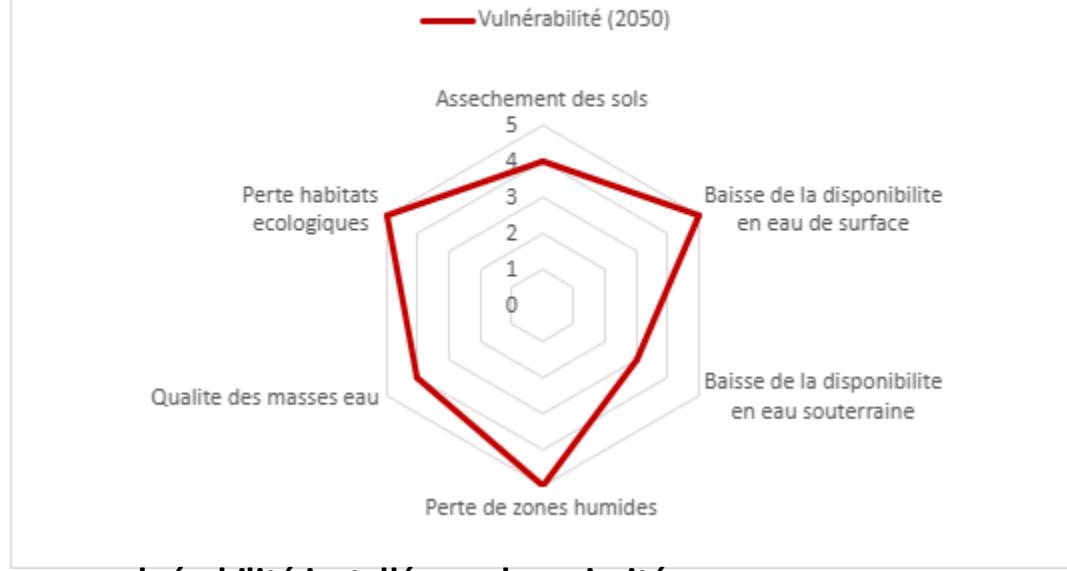
Projet

# Profil de BVG

Enjeu	Sensibilité	Vulnérabilité (2050)
Assecement des sols	Moyenne	4
Baisse de la disponibilite en eau de surface	Très forte	5
Baisse de la disponibilite en eau souterraine	Très forte	3
Perte de zones humides	Très forte	5
Qualite des masses eau	Moyenne	4
Perte habitats ecologiques		5

Projet

Profil de vulnérabilité (2050)



Au scénario de +2,7 °C (horizon 2050), le bassin versant de l'Adour se distingue par **une vulnérabilité installée sur la majorité des composantes hydrosystémiques**. L'équilibre entre ressource, milieux et qualité se maintient encore localement, mais la montée en tension est visible : la disponibilité en eau devient structurellement contrainte tandis que la régénération des zones humides et la qualité physico-chimique des eaux se dégradent. Ces effets traduisent une transition vers un fonctionnement dominé par la rareté estivale et l'intermittence accrue des écoulements.

Les signaux d'alerte sont clairs : les niveaux de vulnérabilité élevés dès +2 °C se maintiennent à 2050, sans amortissement, **témoignant d'un système proche de sa limite d'adaptation naturelle**. L'aggravation à +4 °C montre une généralisation des tensions et une perte de résilience progressive.

**Les trajectoires d'adaptation doivent passer d'une logique de gestion optimisée à une reconfiguration structurelle des usages** : stockage-restitution saisonnière, ralentissement de l'eau, et priorisation des fonctions écologiques critiques (zones humides, continuités). L'enjeu est d'éviter le basculement systémique par une planification intégrée, articulant gestion quantitative et qualité.

# A l'échelle des projets : l'outil robustesse climat

- Contenu
  - Estimation des débits et de la recharge à horizon 2050 en tenant compte des incertitudes
- Utilisation
  - Estimer la robustesse climatique des projets

The screenshot shows a software interface for climate robustness estimation. At the top, there's an 'Aide à l'utilisation' (Help) section with general information about the tool. Below it, a 'Nom du point:' (Point name) input field contains '06140'. To the right, a 'Selection' (Selection) button is highlighted in yellow, with the text 'Sélectionner un point de simulation dans la liste' (Select a simulation point from the list). Further down, there are fields for 'Code hydro:' (Hydro code) set to 'Bassin:', 'Fiabilité:' (Reliability) set to 'suffis' (sufficient), and 'MESO:' (Mesonet) set to 'FRFC'. A note below says 'Terrain attiré du bassin versant du Mésonet'. A dropdown menu for 'Période de référence:' (Reference period) shows 'Expo=1971-2000'. The main area displays two tables of projections:

Indicateurs	Projection la plus positive à horizon 2050	Projection par la moyenne des modèles à horizon 2050	Projection la plus négative à horizon 2050
Débit annuel QA* (%)	4	-3	-20
Débit d'étage VCN10* (%)	-15	-28	-37
Débit à l'étage (mm/j)	97	94	97
Recharge de la nappe (%)	15	-3	-21

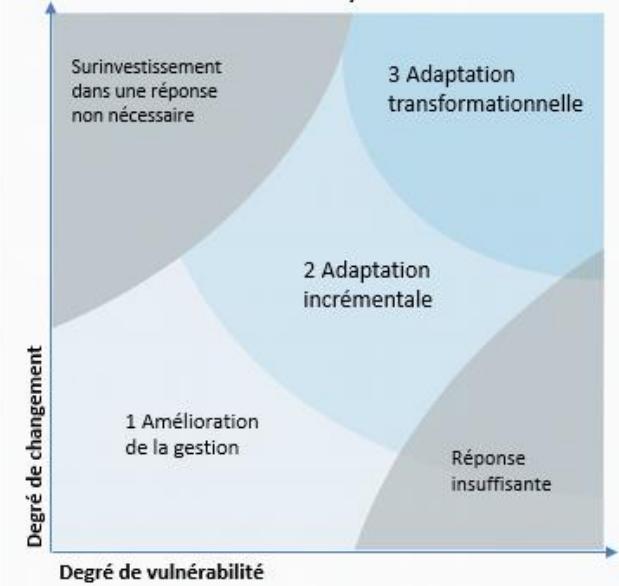
Estimateur de débit à horizon 2050 :	Projection la plus positive à horizon 2050	Projection par la moyenne des modèles à horizon 2050	Projection la plus négative à horizon 2050
Réassurer le débit moyen "0%" avec un certain ou moins au bout du projet ?	Valeur d'entrée non renseignée	Valeur d'entrée non renseignée	Valeur d'entrée non renseignée
Réassurer le débit d'étage VCN10% avec un certain ou moins au bout du projet ?	Valeur d'entrée non renseignée	Valeur d'entrée non renseignée	Valeur d'entrée non renseignée
Réassurer le coefficient de réassèchement "" valeur 0 à 100 %	Valeur d'entrée non renseignée	Valeur d'entrée non renseignée	Valeur d'entrée non renseignée

<https://eau-grandsudouest.fr/changement-climatique-dans-vos-projets>

# Quelles utilisations des cartes et des connaissances climatiques?

- Identifier les « hot-spots » actuels et en devenir
- Définir des profils de territoire
- Engager une communication publique et des actions de sensibilisation
- Intégrer les connaissances dans les documents de planification
- Déterminer et mettre en œuvre les actions d'adaptation au changement climatique permettant de réduire la vulnérabilité

Les 3 types de réponses possibles pour s'adapter au changement climatique (adapté de Howden et al. 2010)



# Différentes ressources pour accompagner l'adaptation au changement climatique

- **Connaissance sur le projet explore2**
  - Rapports techniques sur le dataverse d'Explore2 : <https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataverse/explore2>
  - MOOC <https://e-learning.oieau.fr/enrol/index.php?id=3799> ==> nouveau module TRACC en 2026
- **Accès aux données**
  - Le portail DRIAS Climat (<https://www.drias-climat.fr>)
  - Climadiag commune, climadiag agriculture (<https://climadiag-agriculture.fr/>)
  - Le portail DRIAS Eau (<https://www.drias-eau.fr>) ==> données TRACC disponible en octobre
- **Visualisation des données**
  - MEANDRE présente de manière guidée un regard d'expert sur les résultats des projections hydrologiques réalisées sur la France. La mise à jour de ces projections a été réalisé entre 2022 et 2024 dans le cadre du projet national Explore2. Ces résultats sont un aperçu de quelques futurs possibles pour la ressource en eau : <https://meandre.explore2.inrae.fr/> <https://meandre-tracc.explore2.inrae.fr/explorer-la-tracc>
- **Rapport du Haut Commissariat à la Stratégie et au plan**
  - Confronte la demande et la ressource à horizon 2050 (<https://www.strategie-plan.gouv.fr/publications/leau-en-2050-graves-tensions-sur-les-ecosystemes-et-les-usages>)
- **Outil d'évaluation de la robustesse climatique des projets**
  - Permet d'évaluer la capacité des projets à conserver leurs fonctions essentielles malgré le changement climatique :
- **Cartes de vulnérabilité**
  - Identifient les enjeux majeurs des territoires à l'échelle des bassins versants de gestion (à venir)



# Un bassin déjà vulnérable, mais des moyens pour agir et une ambition pour l'adaptation

- PACC adopté en 2018
- Intégration dans le SDAGE 2022-2027
- L'adaptation au CC, une priorité du 12ème programme (73%)
- Envisager l'eau comme une matrice de notre qualité de vie sur le bassin Adour-Garonne

