

Quel impact du changement climatique sur les eaux souterraines ?



Julie JEANPERT
Experte Eaux Souterraines – AERMC/DCP/SMEP



Ordre du jour

- Les données climatiques du projet Explore 2
- Changement climatique et eaux souterraines : évolution de la recharge des nappes d'eau souterraine par les précipitations
- Travaux en cours sur la caractérisation de la vulnérabilité des eaux souterraines face au changement climatique

Données climatiques du projet Explore 2



EXPLORATION DES FUTURS POSSIBLES DE L'EAU

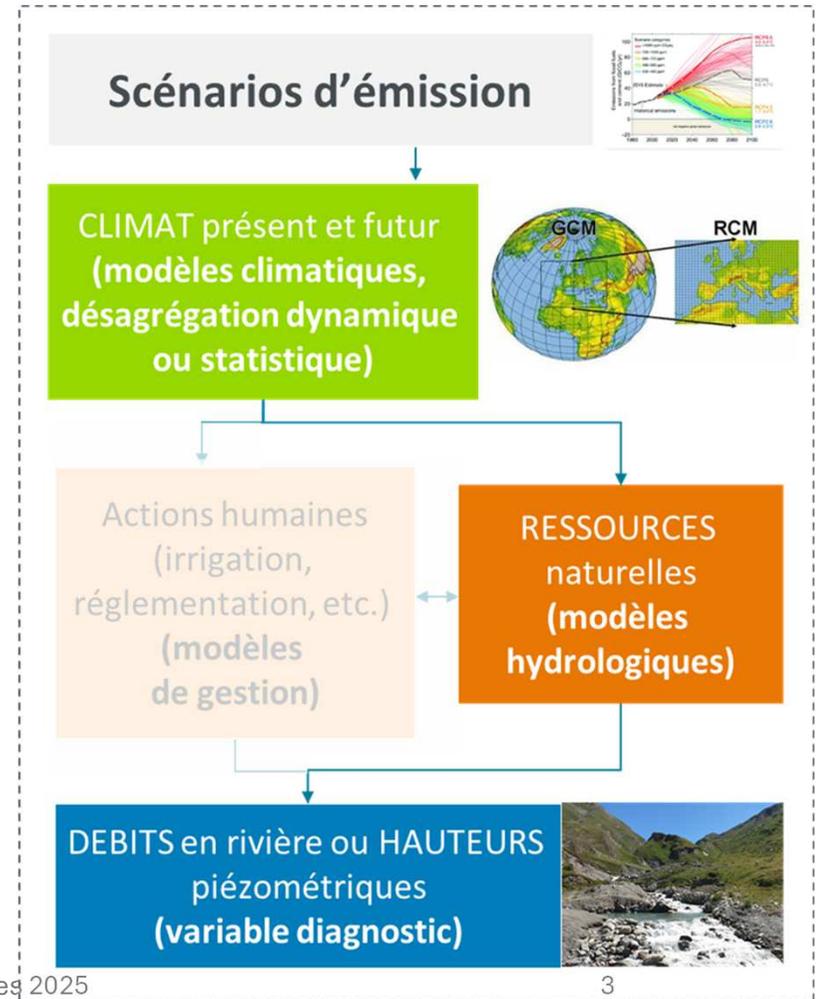
Eric SAUQUET
INRAE, UR RiverLy (Lyon-Grenoble)
pour le consortium



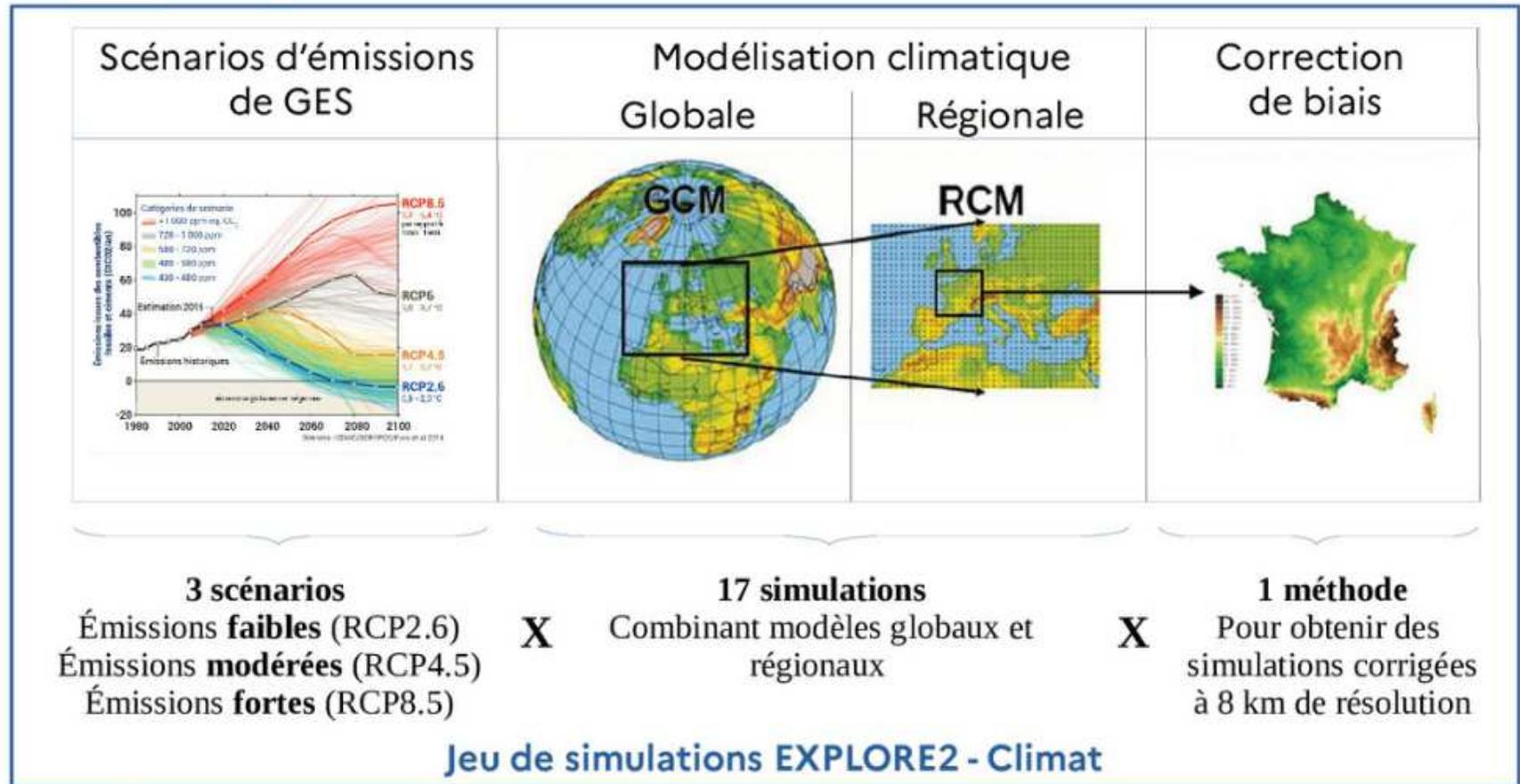
[Explore2 - des futurs de l'eau | Le portail technique de l'OFB](#)

[MEANDRE \(inrae.fr\)](#)

[Espace de commande DRIAS \(meteo.fr\)](#)

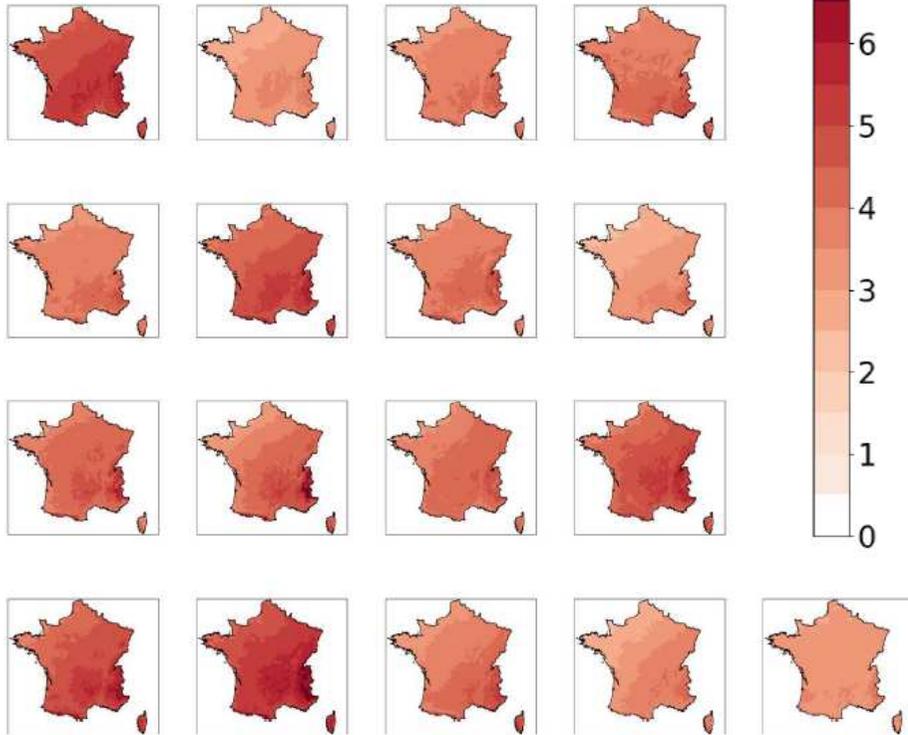


Données climatiques du projet Explore 2



Données climatiques du projet Explore 2

Températures annuelles (° C)



Précipitations annuelles (%)

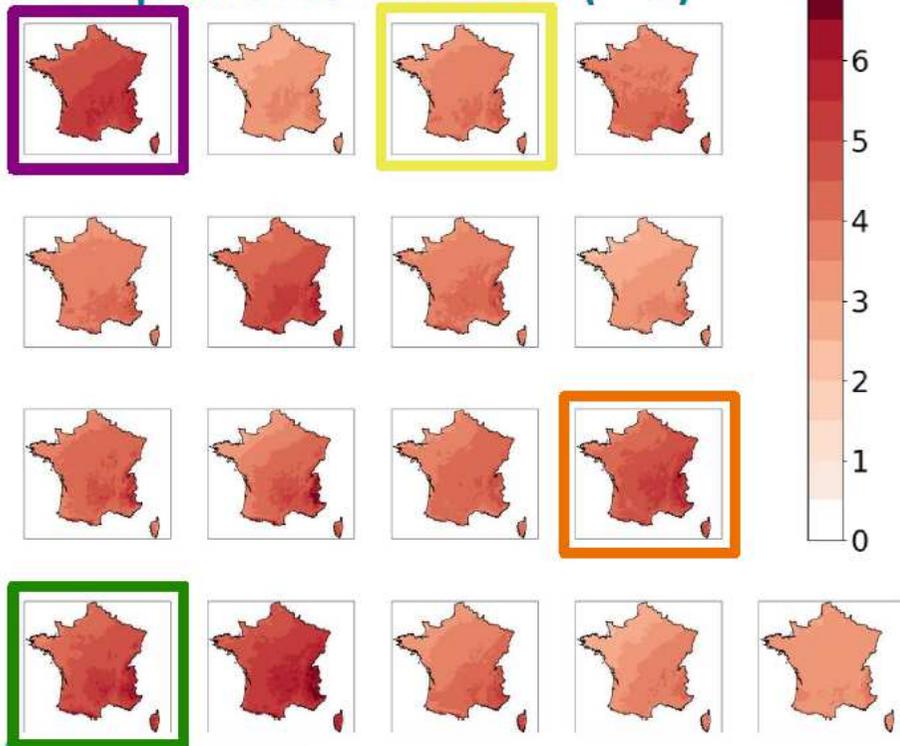


Scénario : émissions fortes

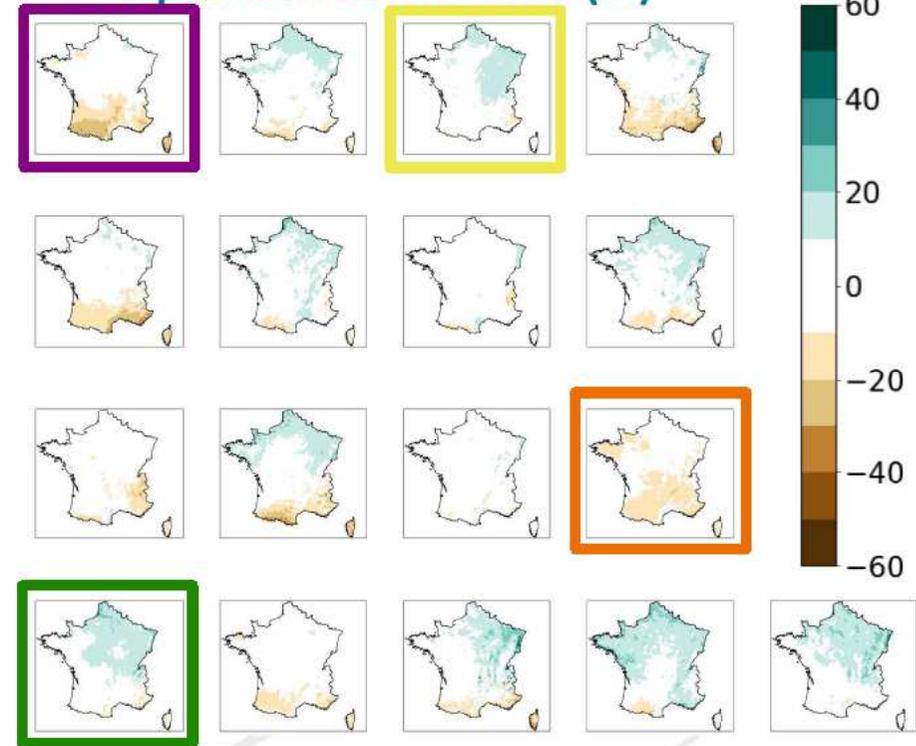
Horizon fin de siècle : (2070 – 2099) versus (1976 – 2005)

Données climatiques du projet Explore 2

Températures annuelles (° C)



Précipitations annuelles (%)



Violet : fort réchauffement et fort contraste saisonnier en précipitations

Orange : fort réchauffement et fort assèchement en été

Vert : réchauffement marqué et augmentation des précipitations

Jaune : changements futurs relativement peu marqués

Données climatiques du projet Explore 2

Violet	
Température	
année	+ 5,0 °C
hiver	+ 4,2 °C
été	+ 6,5 °C
Précipitations	
année	- 8 %
hiver	+ 26 %
été	- 45 %
Ressource en eau	
ETO	+ 26 %

Orange	
Température	
année	+ 4,6 °C
hiver	+ 3,7 °C
été	+ 6,4 °C
Précipitations	
année	- 9 %
hiver	+ 12 %
été	- 40 %
Ressource en eau	
ETO	+ 43 %

Jaune	
Température	
année	+ 3,7 °C
hiver	+ 3,2 °C
été	+ 4,2 °C
Précipitations	
année	+ 6 %
hiver	+ 18 %
été	- 10 %
Ressource en eau	
ETO	+ 28 %

Vert	
Température	
année	+ 4,8 °C
hiver	+ 3,8 °C
été	+ 6,1 °C
Précipitations	
année	+ 6 %
hiver	+ 26 %
été	- 13 %
Ressource en eau	
ETO	+ 31 %

**Scénario :
émissions fortes
Horizon fin de
siècle : (2070 –
2099) versus
(1976 – 2005)**

Données climatiques du projet Explore 2

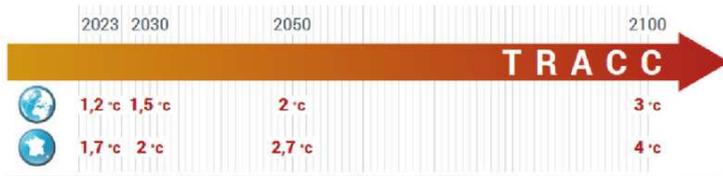
DES CLIMATS EN FIN DE XXI^E SIÈCLE SOUS SCÉNARIO D'ÉMISSIONS FORTES

- **Des messages robustes pour les températures :**
 - > Tant que les émissions nettes de gaz à effet de serre continueront, le réchauffement se poursuivra
- **Des incertitudes sur l'évolution future des précipitations du fait de la position géographique de la France (zone de transition) :**
 - > La majorité des projections s'accorde sur une hausse de la pluviométrie en hiver pour le scénario d'émissions fortes (et également modérées)
 - > La majorité des projections s'accorde sur une baisse de la pluviométrie en été pour le scénario d'émissions fortes (et également modérées)
- **Une variabilité d'une année à l'autre qui existera toujours qui se transmettra à l'hydrologie**



Données climatiques du projet Explore 2

Ensemble des futurs possibles \neq TRACC : Trajectoire d'adaptation \neq Objectifs d'atténuation (Accord de Paris)



À QUOI MA COMMUNE DEVRA-T-ELLE S'ADAPTER ?

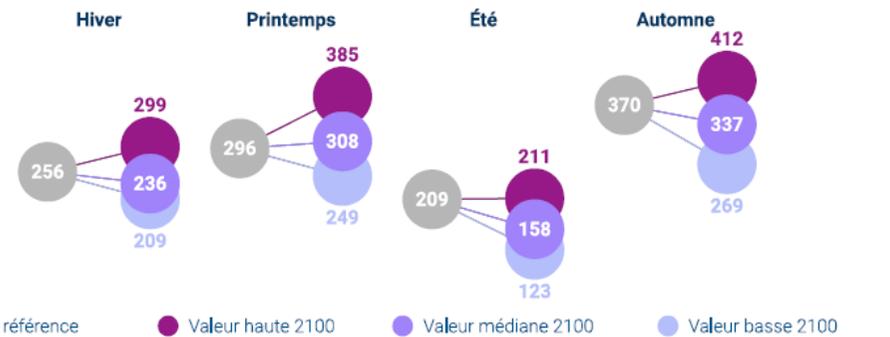
Horizon 2100 : dans une France à +4°C



LA ROCHE-DES-ARNAUDS

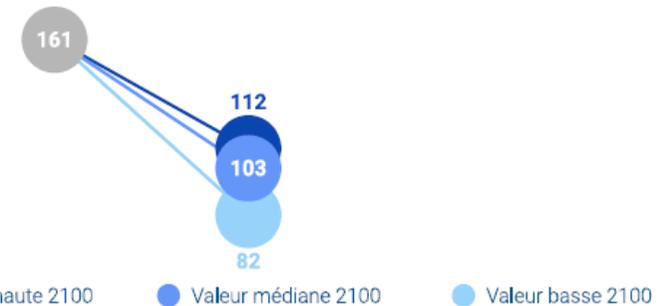
CLIMADIAG COMMUNE par Météo-France (meteofrance.com)

Cumul de précipitations par saison (en mm)



Les cumuls de précipitations sont calculés en mm : 1 mm de précipitations correspond au recueil d'un litre d'eau par mètre-carré de surface au sol.

Nombre de jours enneigés à haute altitude



Massif : Devoluy

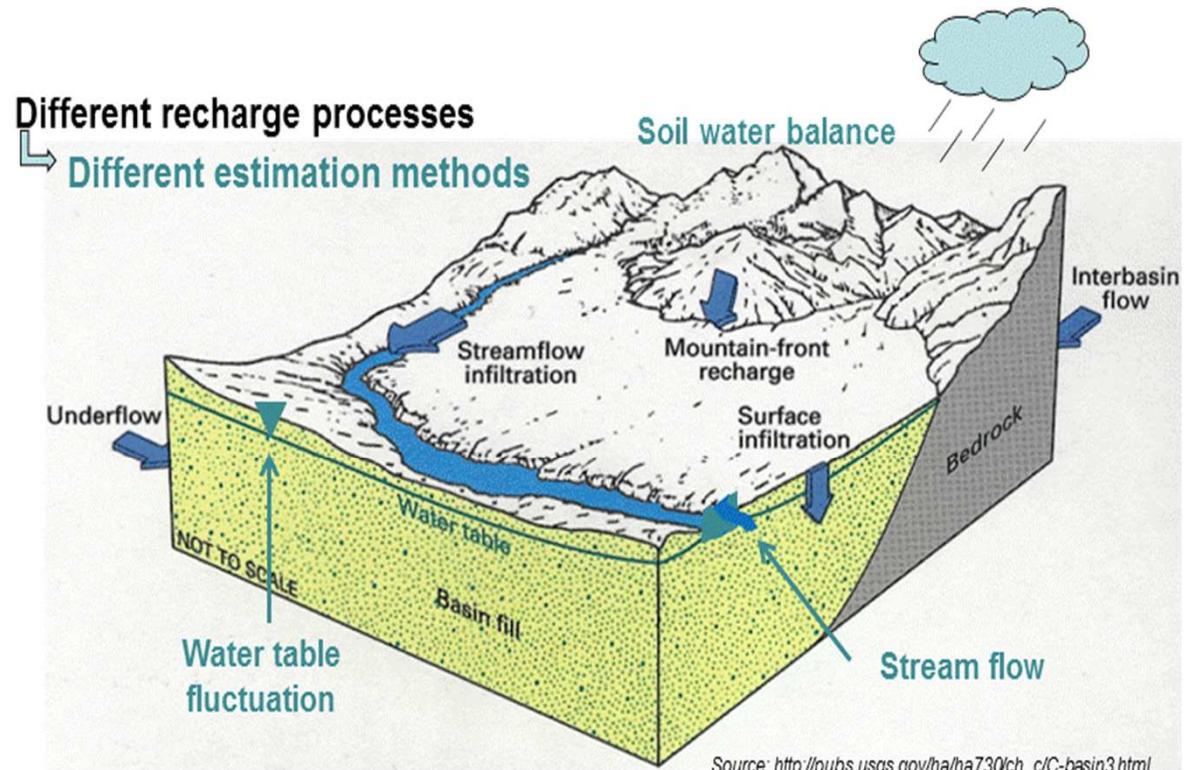
Altitude haute : Autour de 2700 mètres

Température moyenne par saison (en °C)



Changement climatique et eaux souterraines

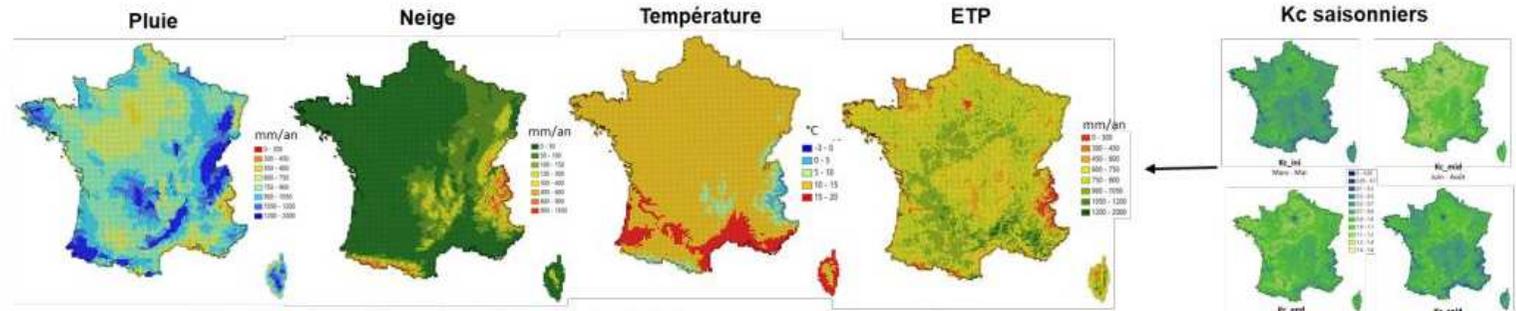
La recharge comme un moyen de caractériser la part renouvelable de la ressource en eau souterraine et son évolution future



Using several recharge estimation methods provides more robust results with associated uncertainty (Scanlon et al., 2006)

Changement climatique et eaux souterraines

Méthode d'évaluation de la recharge appliquée par le BRGM à partir des modèles climatiques du projet Explore2.

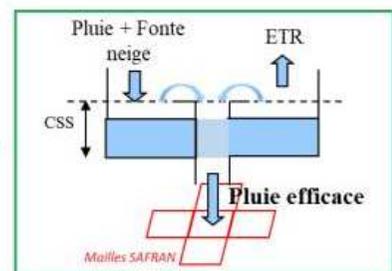


Cartes d'illustration : variables météorologiques CNRM-CM5/ALADIN63 moyennes annuelles 2041-2070, RCP85

Chroniques journalières pour chaque maille SAFRAN de 8*8 km²

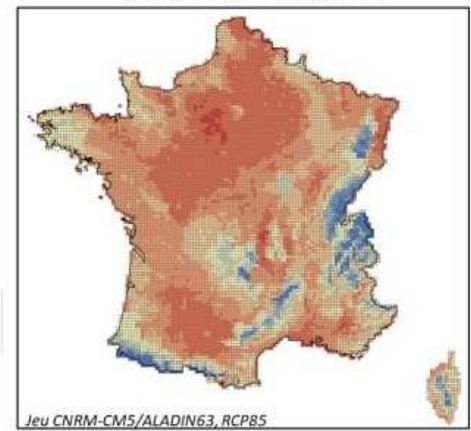
Dans chaque maille, bilan hydrique du sol, au pas de temps journalier (Thornthwaite, Dingman, Edijatno&Michel)

Capacité de stockage du sol (CSS)



Moyenne des 3 modèles puis moyenne interannuelle

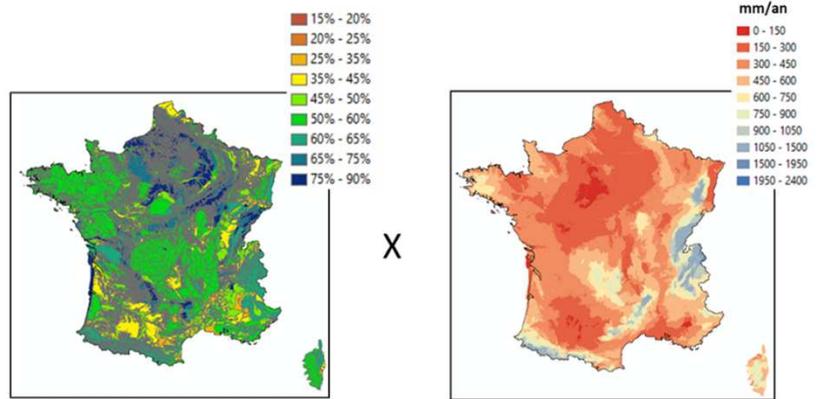
Pluie efficace moyenne interannuelle 2041-2070



Jeu CNRM-CM5/ALADIN63, RCP85



Changement climatique et eaux souterraines

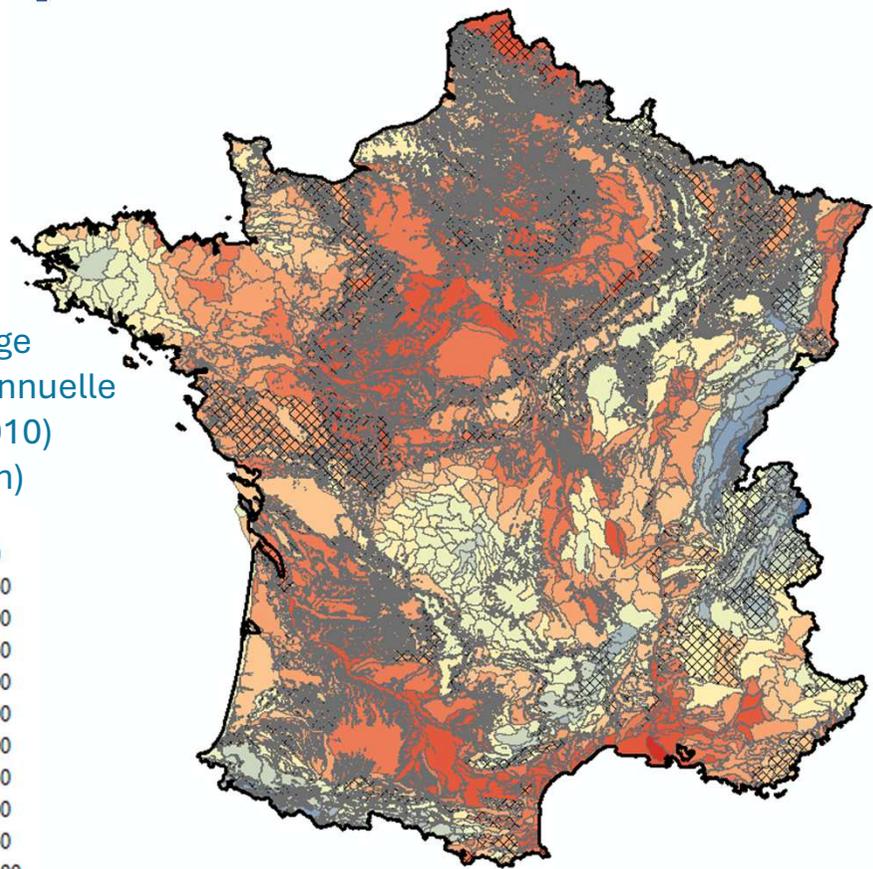
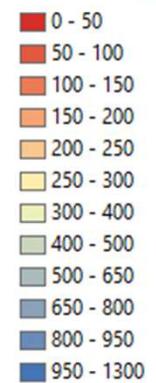


RIPE

Ratio d'infiltration de la pluie efficace

Pluie efficace à l'échelle de EH BDLisav3

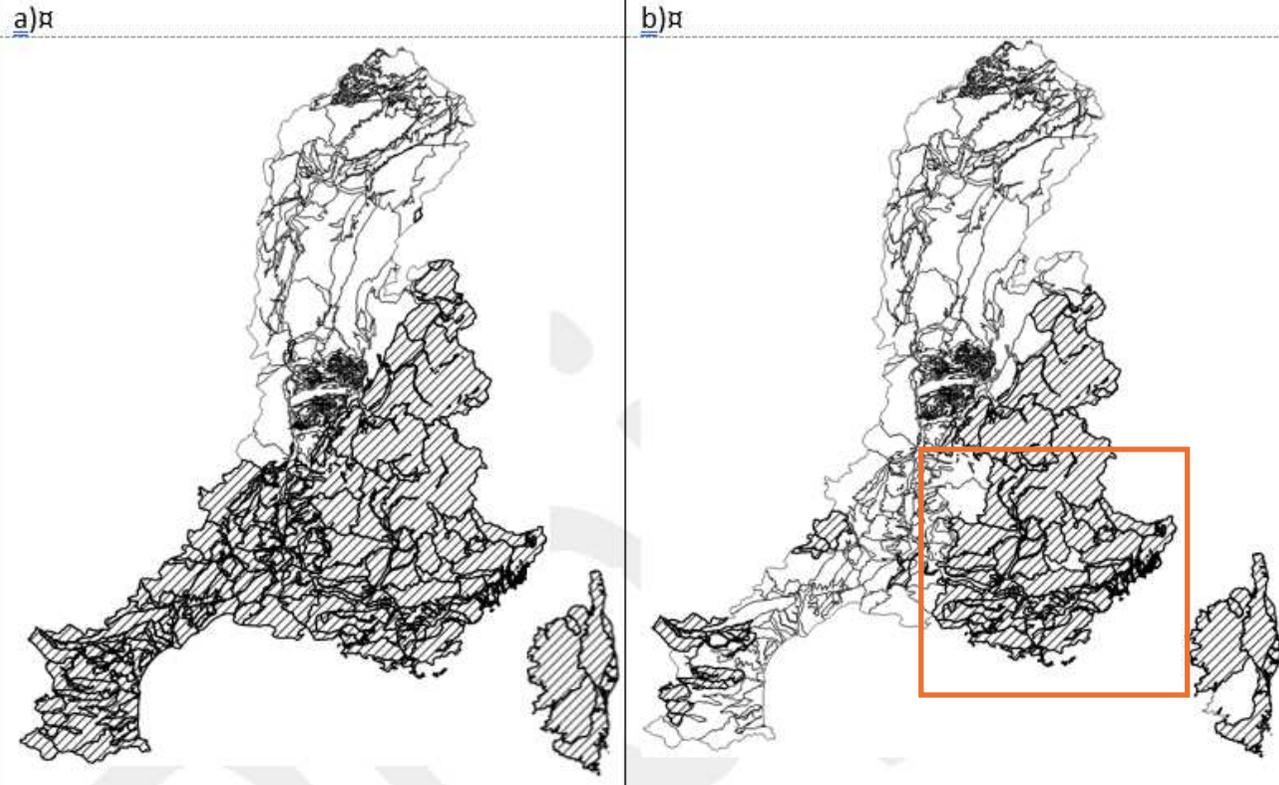
Recharge potentielle annuelle (1980-2010) (mm/an)



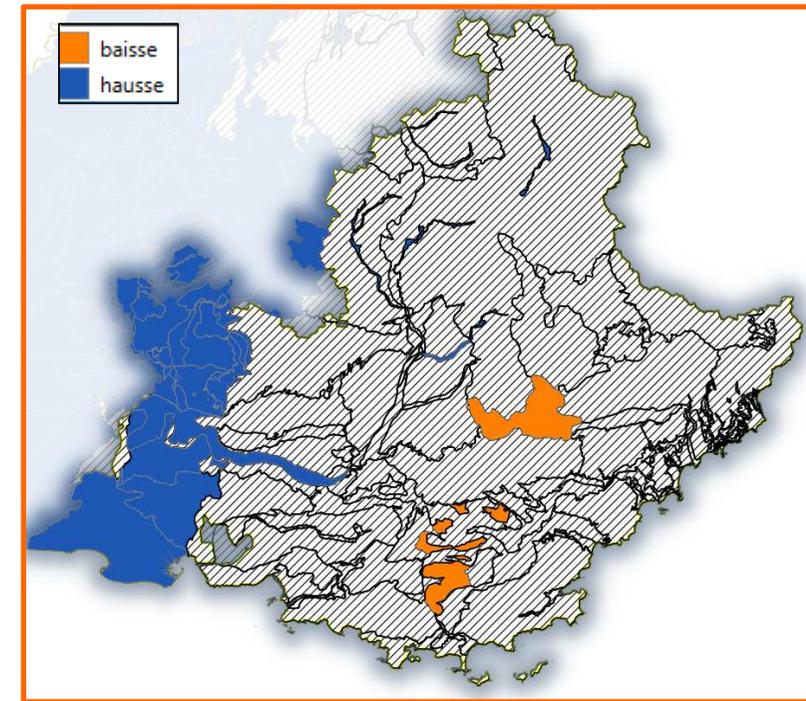
Formations « non aquifère » (BDLISA_V3)



Changement climatique et eaux souterraines



Anomalie de recharge annuelle
(2041-2070 % 1976-2005) RCP 8.5



a) **en blanc, plus de 80% des modèles présentent une tendance d'évolution de la recharge identique**, et en hachuré, les masses d'eau pour lesquelles moins de 80% des modèles présentent une même tendance

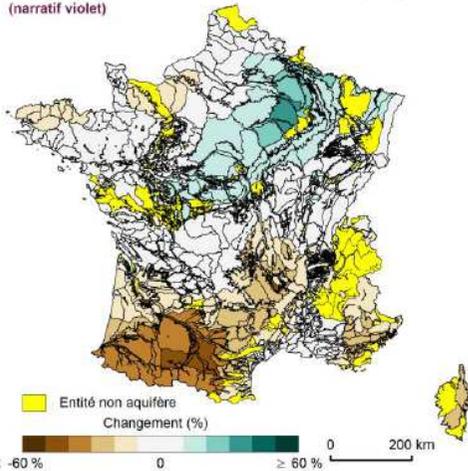
b) **En blanc, plus de 60% des modèles présentent une tendance d'évolution de la recharge identique**, et en hachuré, les masses d'eau pour lesquelles moins de 60% des modèles présentent une même tendance

Changement climatique et eaux souterraines

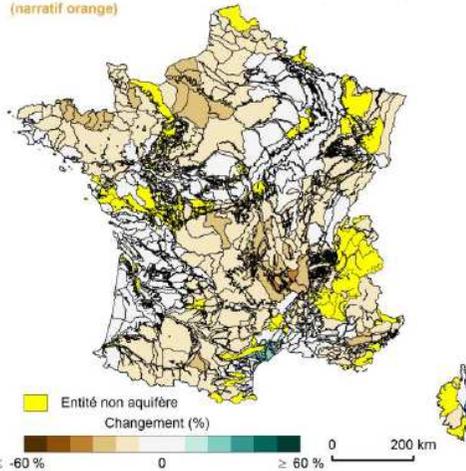
Anomalies de recharge annuelle
(2071-2100 % 1976-2005)
RCP 8.5

Sélection des projections représentatives:
Scénarios narratifs

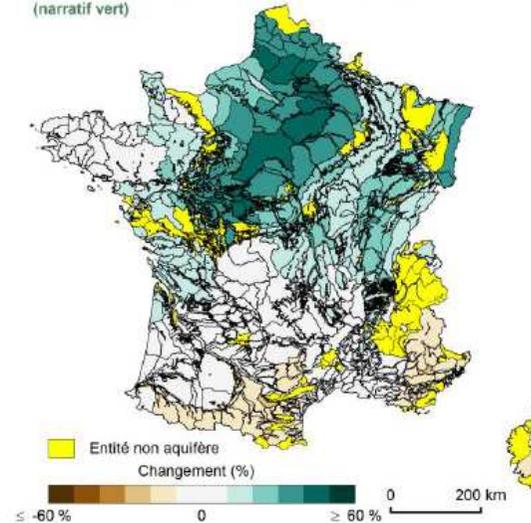
Fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations
(narratif violet)



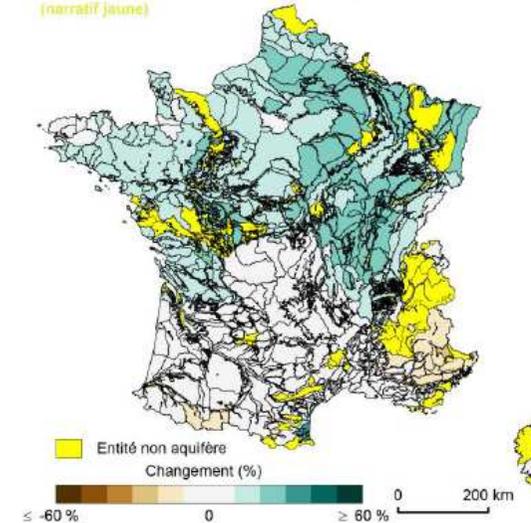
Fort réchauffement et fort assèchement en été (et en annuel)
(narratif orange)



Réchauffement marqué et augmentation des précipitations
(narratif vert)



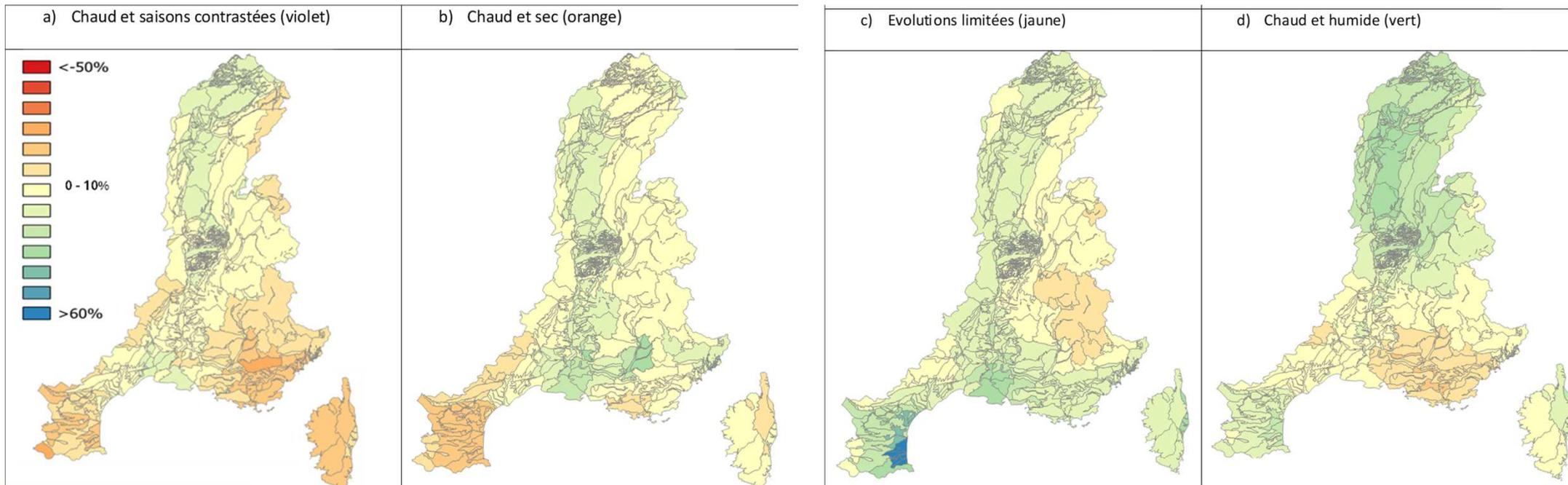
Changements futurs relativement peu marqués
(narratif jaune)



- Recharge potentielle annuelle **augmente légèrement en fin de siècle dans le nord et le nord-est de la France et semble globalement stable sur le reste du pays**
- **Recharge potentielle hivernale augmente en milieu et fin de siècle pour quasiment toute la France, hormis une frange sud et une partie de la Bretagne**

Changement climatique et eaux souterraines

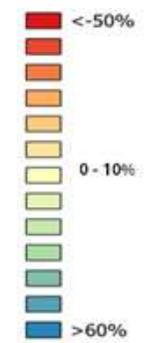
Anomalies de recharge annuelle
 (2041-2070 % 1976-2005)
RCP 8.5



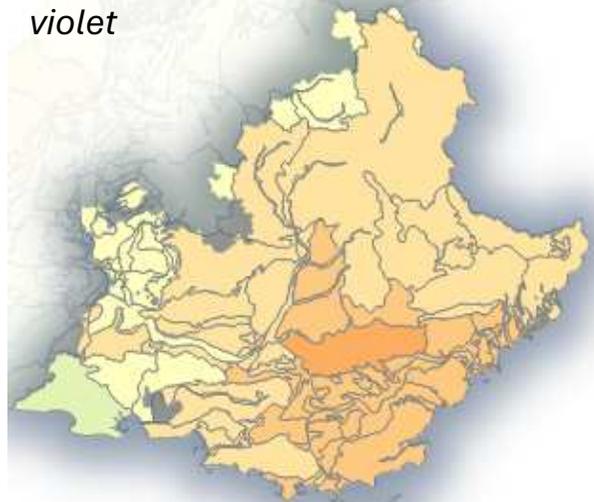
Changement climatique et eaux souterraines

Anomalie de recharge annuelle (2041-2070 % 1976-2005)

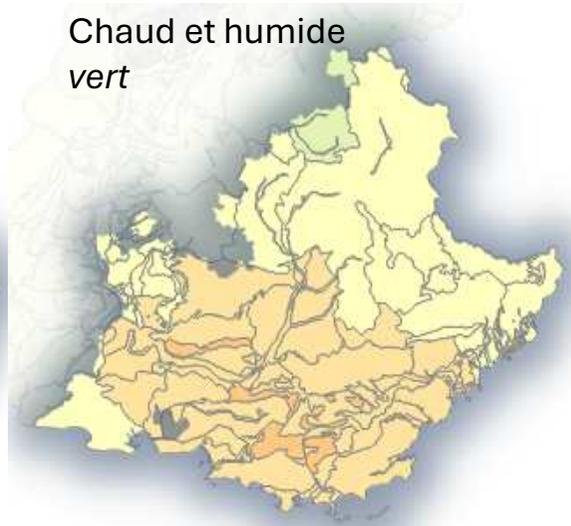
RCP 8.5



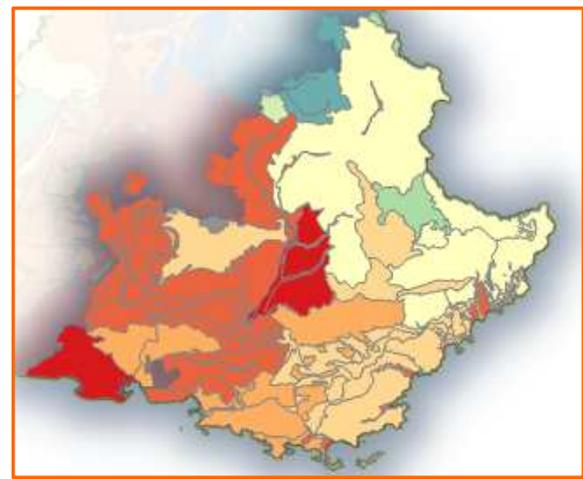
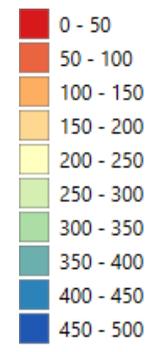
Chaud et saisons contrastées
violet



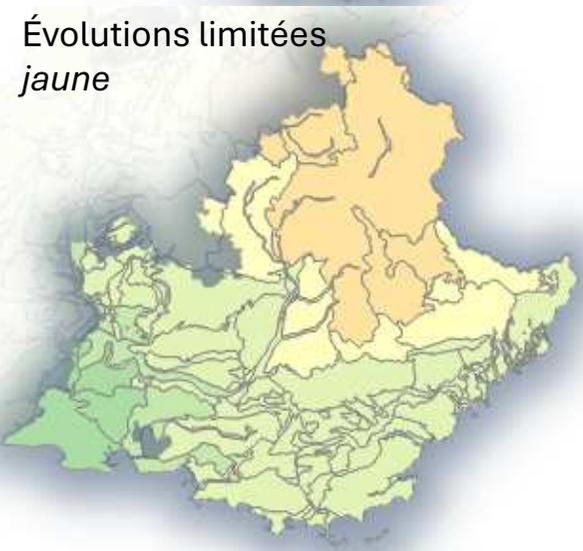
Chaud et humide
vert



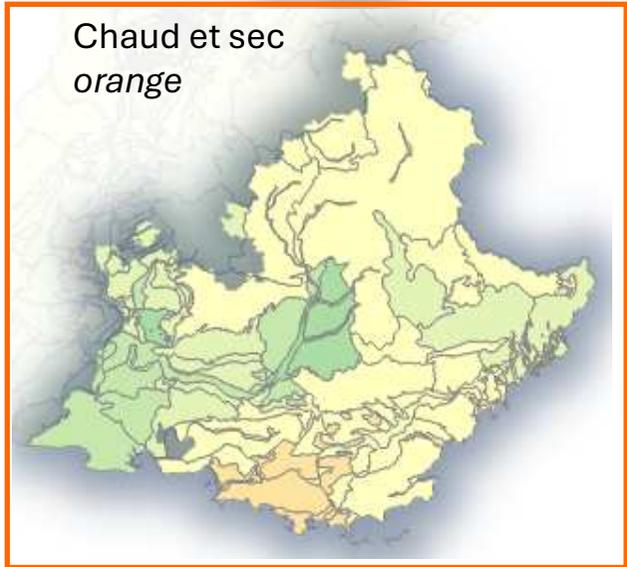
Recharge de référence (1976-2005)



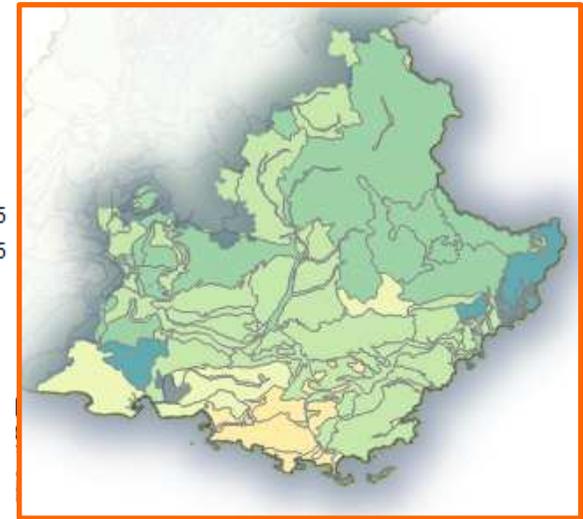
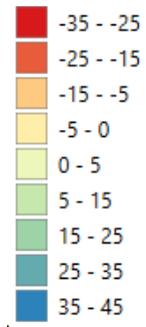
Évolutions limitées
jaune



Chaud et sec
orange

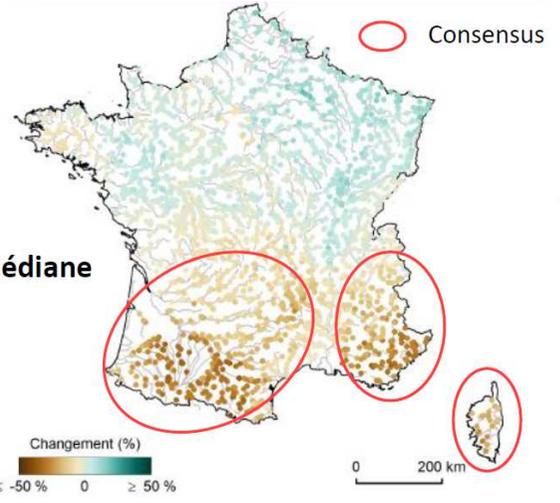


Variation recharge annuelle (mm/an)

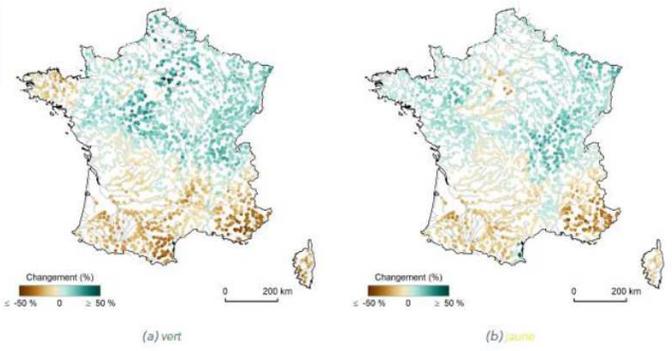


Changement climatique et eaux superficielles

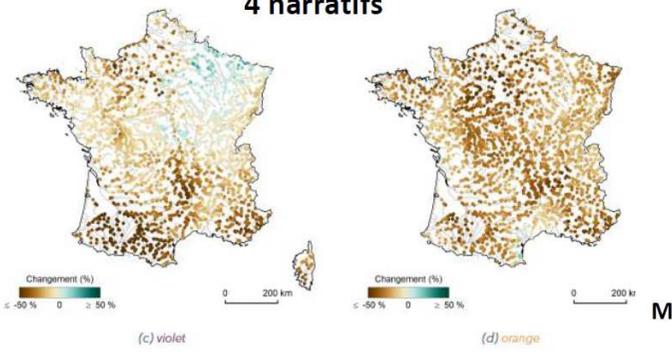
DÉBIT ANNUEL EN FIN DE XXI^E SIÈCLE
SOUS SCÉNARIO D'ÉMISSIONS FORTES



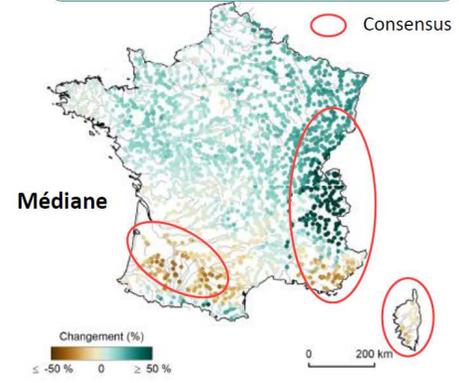
Horizon fin de siècle : (2070 – 2099) versus (1976 – 2005)



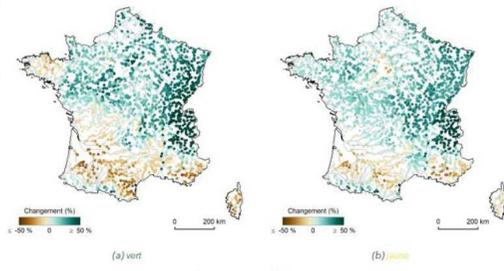
4 narratifs



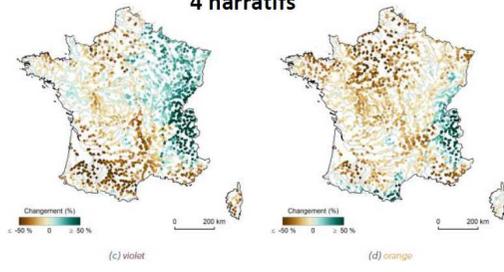
DÉBIT D'HIVER EN FIN DE XXI^E SIÈCLE
SOUS SCÉNARIO D'ÉMISSIONS FORTES



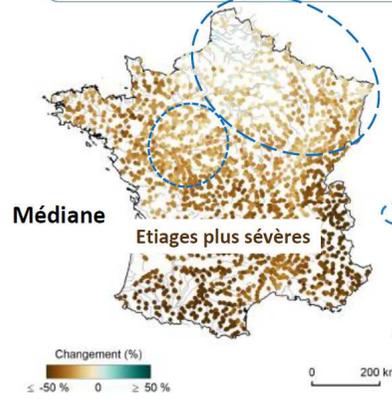
Horizon fin de siècle : (2070 – 2099) versus (1976 – 2005)



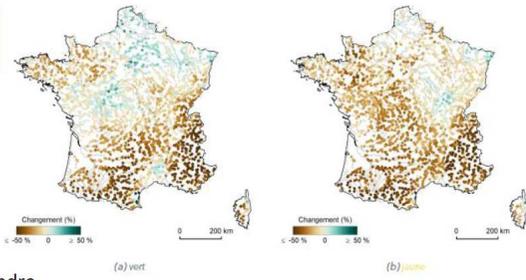
4 narratifs



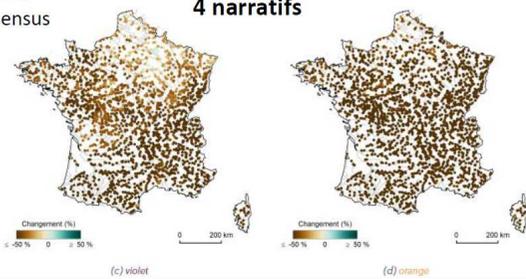
DÉBIT D'ÉTÉ EN FIN DE XXI^E SIÈCLE
SOUS SCÉNARIO D'ÉMISSIONS FORTES



Horizon fin de siècle : (2070 – 2099) versus (1976 – 2005)



4 narratifs



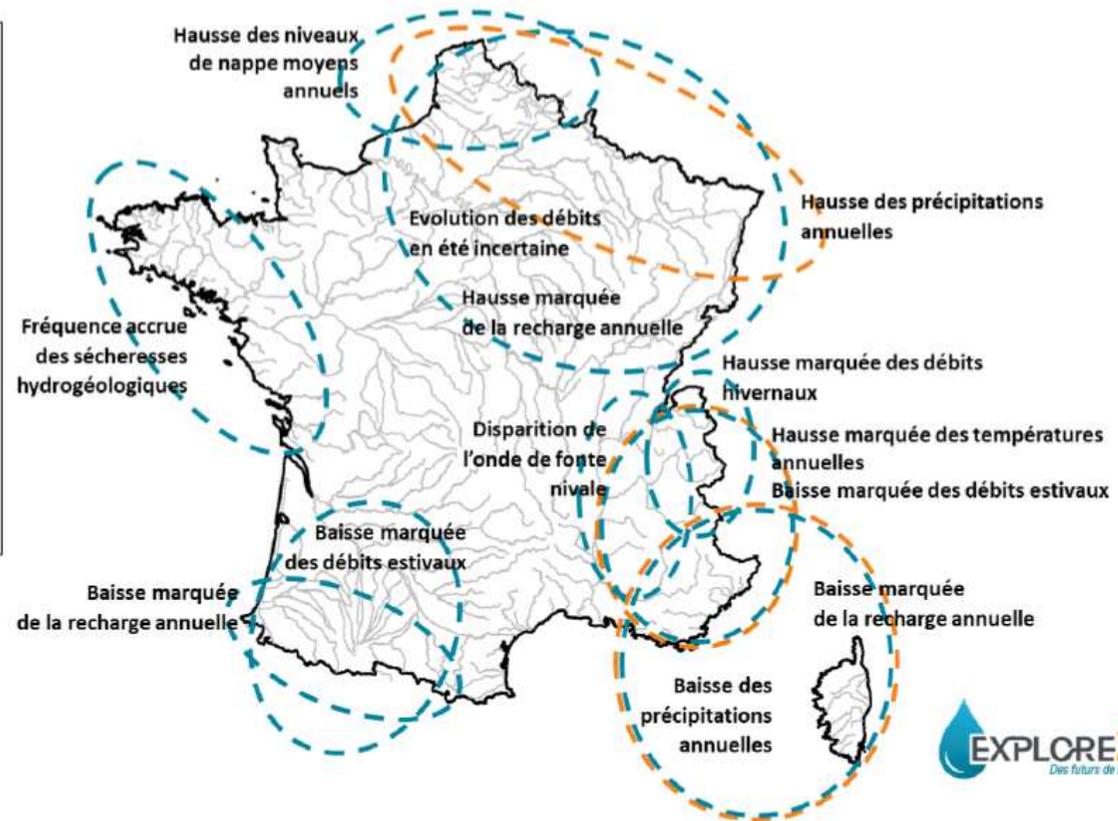
Changement climatique et eaux souterraines

Des « hot-spots » sous RCP8.5 en fin de siècle

HOT SPOTS & PARTICULARITÉS RÉGIONALES SOUS SCENARIO DE FORTES EMISSIONS EN FIN DE SIECLE POUR

--- : le climat
- - - : l'hydrologie

Se reporter aux chiffres « France hexagonale » pour les régions non identifiées



L'absence d'indication sur les autres régions ne signifie pas l'absence de changement. Les secteurs en pointillés sont les zones particulièrement sensibles au changement climatique. Cette carte s'appuie sur l'ensemble des projections obtenues sous le scénario de fortes émissions RCP8.5 (ex. 34 pour le climat).

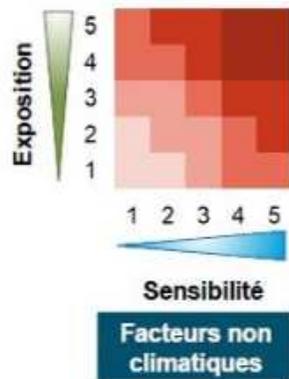
Vulnérabilité des eaux souterraines face au changement climatique

Méthode PBACC RMC 2024-2030
Adopté fin 2023

Vulnérabilité = exposition x sensibilité



- Baisse de la disponibilité en eau
- Perte de biodiversité aquatique et humide
- Assèchement des sols
- Détérioration de la qualité de l'eau
- Risques naturels liés à l'eau



Plus un territoire est **exposé** aux évolutions à venir du CC et plus il est déjà **sensible**, plus il est **vulnérable** au CC.

Caractéristiques actuelles des masses d'eau et des territoires (état des lieux, occupation du sol, diagnostics de pressions...)

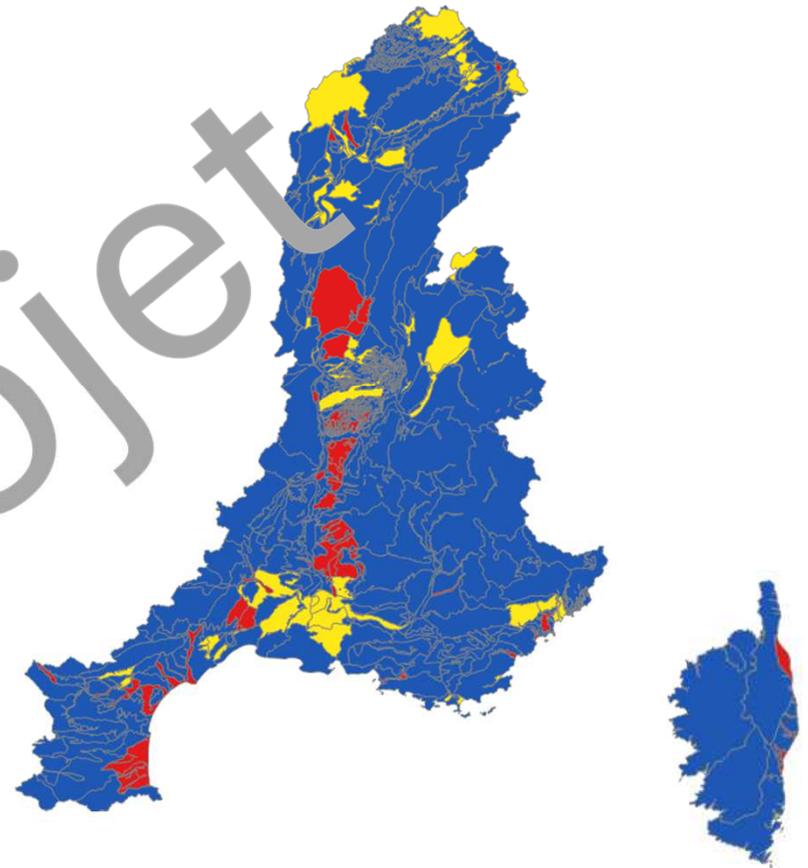
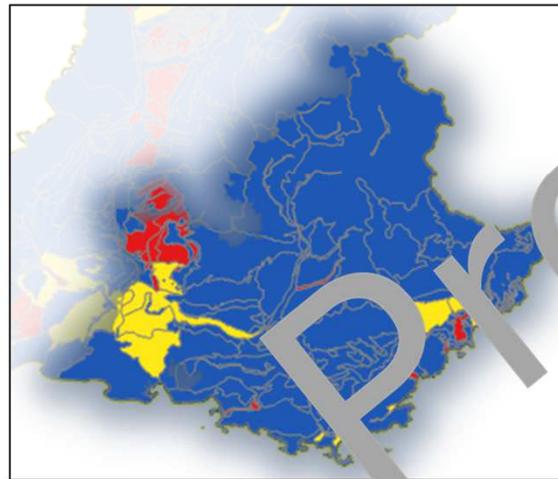


Vulnérabilité des eaux souterraines face au changement climatique

Critère de sensibilité

- Classe d'impact de la pression prélèvement EDL2025

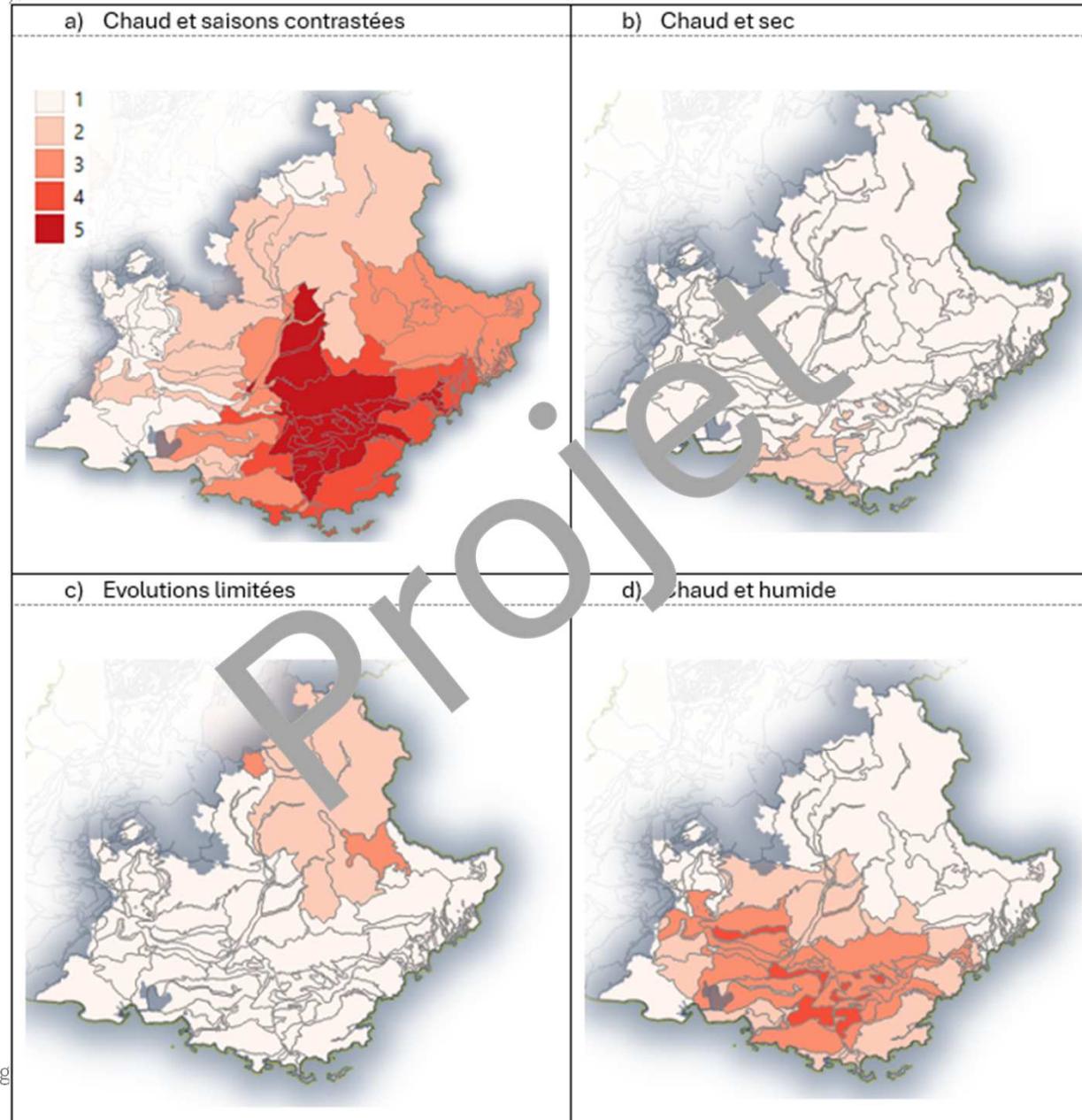
-  Impact faible
-  Impact moyen
-  Impact fort



Vulnérabilité des eaux souterraines face au changement climatique

Critère d'exposition

Variation de la recharge potentielle annuelle / 1976-2005 (%)	Valeur du critère d'exposition
$\Delta\text{recharge} > 0\%$	1
$-5\% < \Delta\text{recharge} < 0\%$	2
$-10\% < \Delta\text{recharge} < -5\%$	3
$-15\% < \Delta\text{recharge} < -10\%$	4
$\Delta\text{recharge} < -15\%$	5

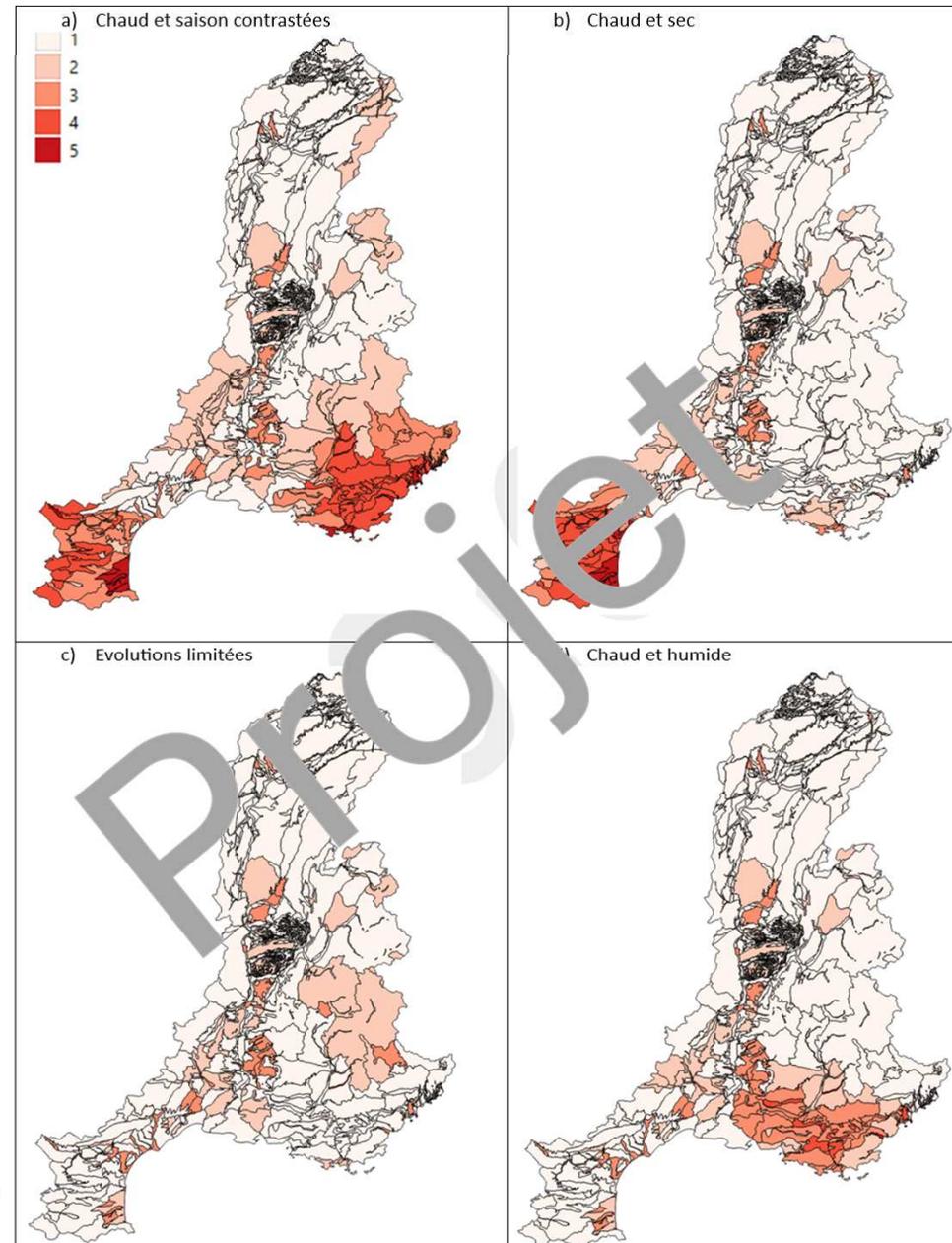


Vulnérabilité des eaux souterraines face au changement climatique

- Vulnérabilité des eaux souterraines = exposition x sensibilité

Approche par scénarios narratifs

VULNERABILITE		Exposition = variation recharge (%)				
		1	2	3	4	5
Sensibilité =	1	1	2	3	4	4
impact	2	2	3	4	5	5
Prélèvement	3	3	4	5	5	5



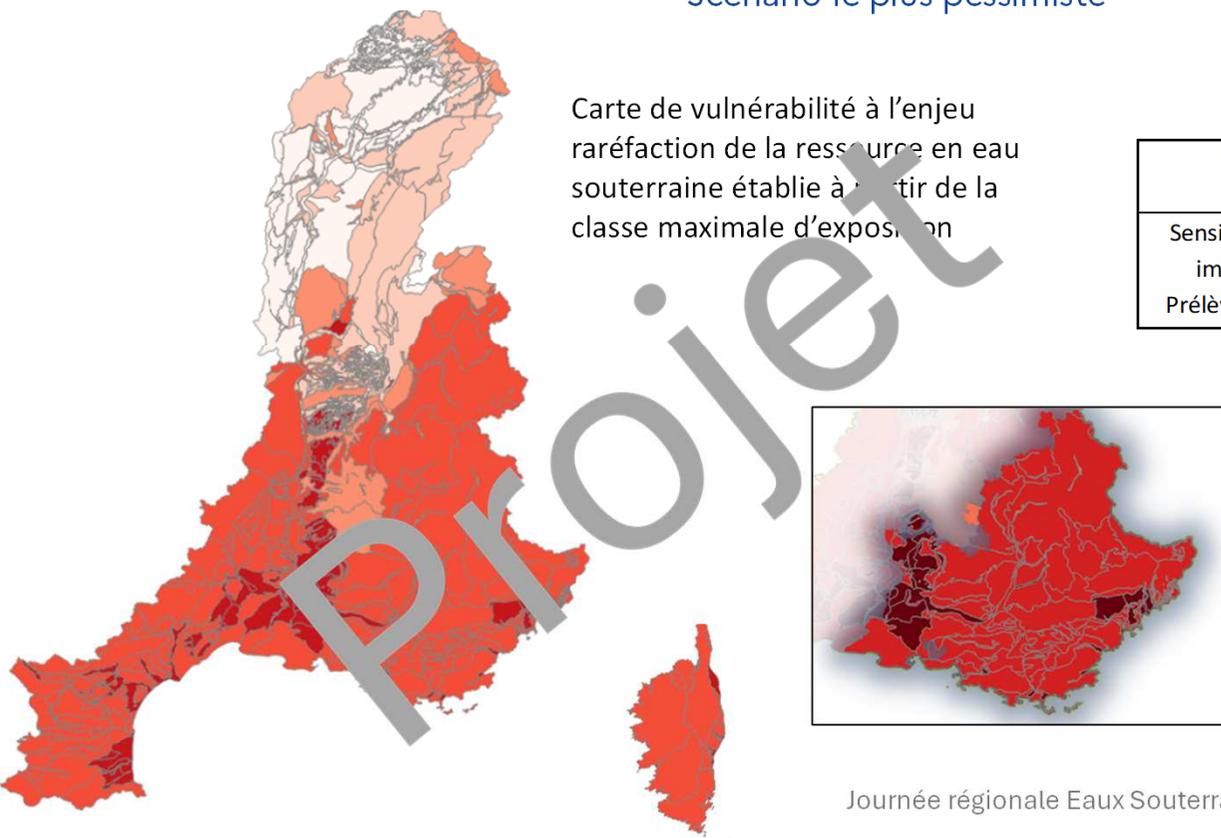
Vulnérabilité des eaux souterraines face au changement climatique

- Vulnérabilité des eaux souterraines = exposition x sensibilité

Scenarior le plus pessimiste

Carte de vulnérabilité à l'enjeu raréfaction de la ressource en eau souterraine établie à partir de la classe maximale d'exposition

VULNERABILITE		Exposition = variation recharge (%)				
		1	2	3	4	5
Sensibilité = impact	1	1	2	3	4	4
	2	2	3	4	5	5
Prélèvement	3	3	4	5	5	5

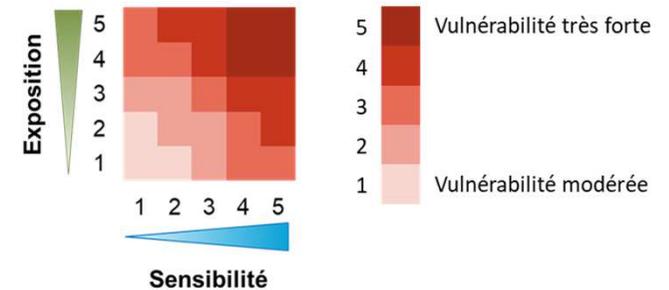


Vulnérabilité des eaux souterraines face au changement climatique

Critères à investiguer et connaissance à acquérir pour améliorer l'évaluation de la vulnérabilité

- Valeur absolue de la recharge
- Réactivité de la masse d'eau souterraine
- Lien avec les eaux superficielles impactées par le CC
- Impact actuel du CC sur la ressource en eau souterraine
- Occupation du sol et surface irriguée
- Travail sur la donnée climatique : narratifs adaptés au territoire, période de recharge plus contrainte, fréquence année sèche...

Méthode PBACC : exposition x sensibilité





BILAN



- 17 modèles climatiques et de recharge = ensemble des possibles
- Evolution future des précipitations incertaine du fait de la position géographique de la France (zone de transition) et donc de la recharge des nappes
- Modèles climatiques en évolution
- Enjeu de premier ordre des eaux souterraines pour le soutien d'étiage
- Vulnérabilité des eaux souterraines face au changement climatique pour identifier les territoires où il ne suffit pas de s'adapter mais où il faut anticiper