

13<sup>ème</sup> congrès du GRUTTEE

Recyclage et diminution de l'empreinte eau dans les produits et procédés

Rennes 18-20 Février 2020

# Le changement climatique : Enjeux quantitatifs et qualitatifs de la ressource en eau

*Bernard Legube*

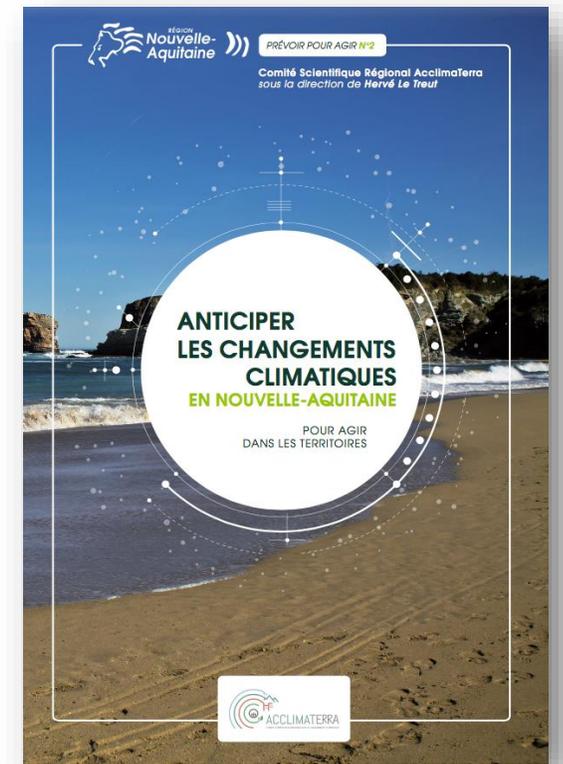
*Professeur Emérite de l'Université de Poitiers – ENSI-Poitiers – IC2MP  
Président du conseil scientifique de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne*





Conférence Georges Vachaud – Entretien  
Jacques Cartier HCM City, 2017

1.



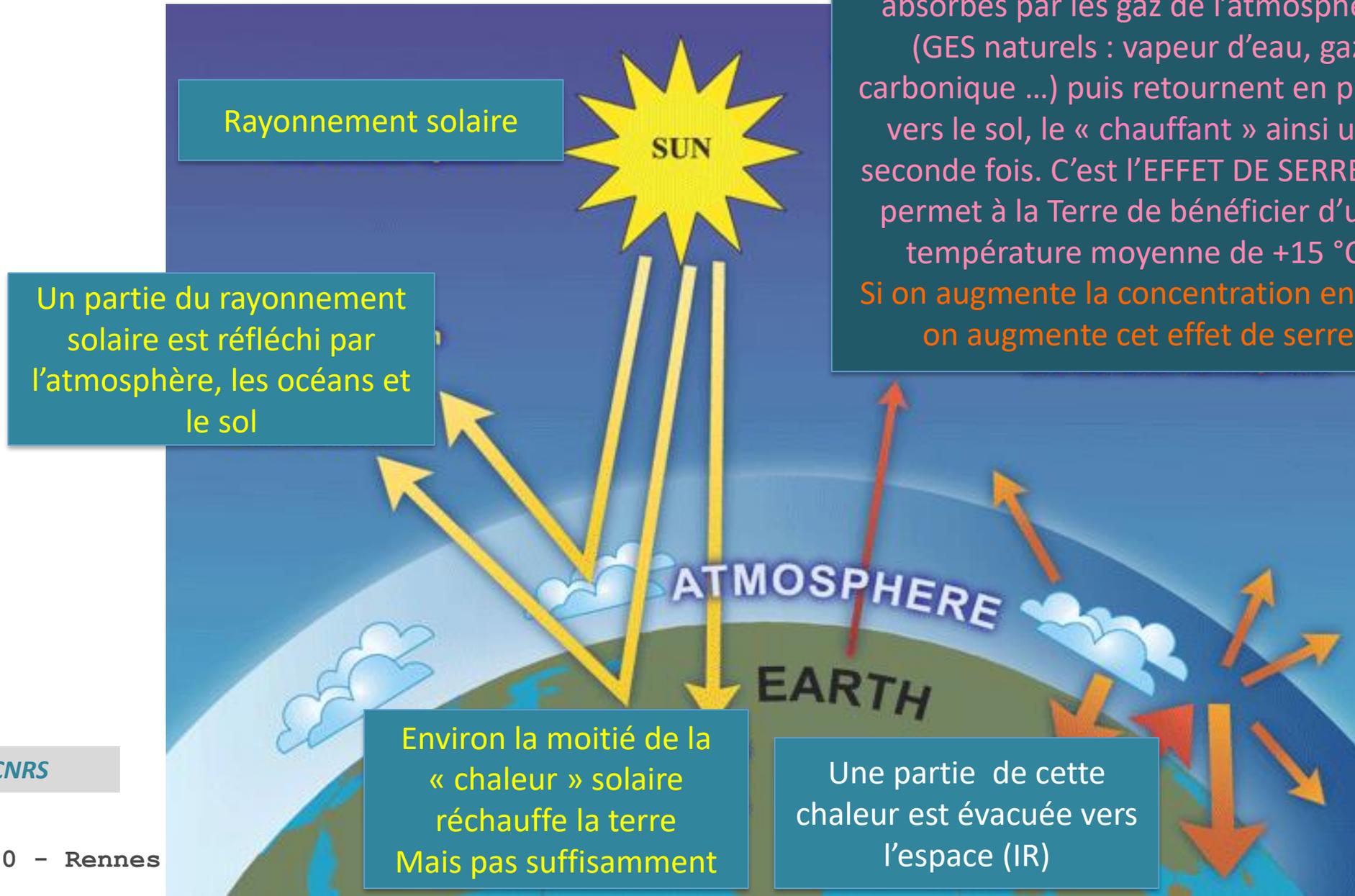
Dernière publication AcclimaTerra (2018)  
coordonnée par Hervé Le Treut

# Introduction

## (Changement climatique – AcclimaTerra)

1.

# Le changement climatique ?



Source CNRS

# 1.

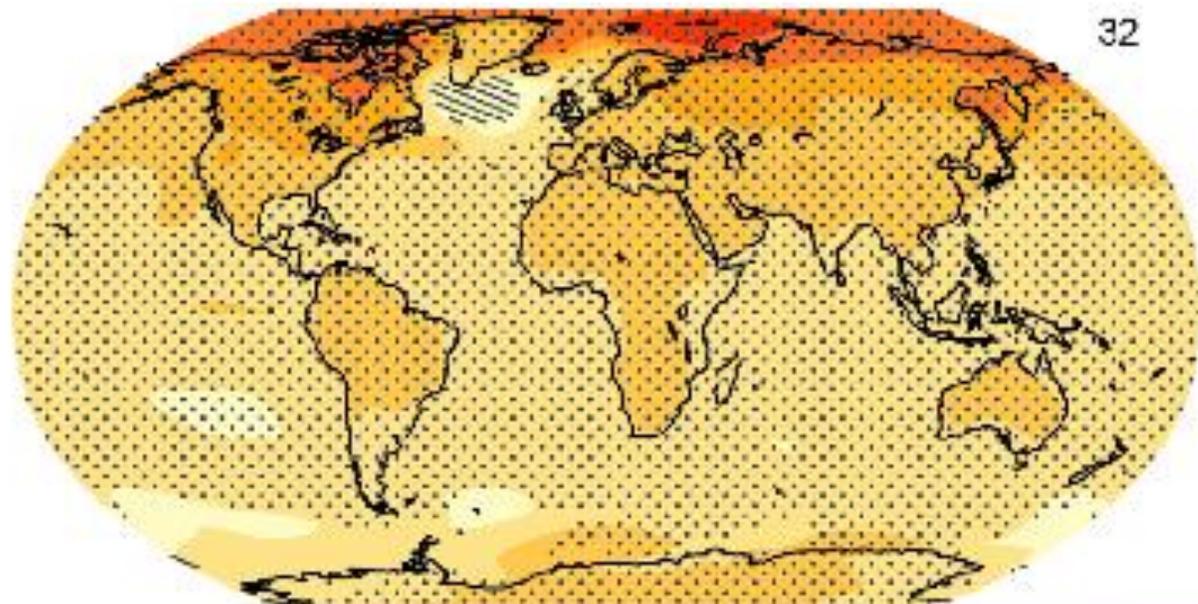
## Echelle planétaire - Prévisions du GIEC

Température moyenne annuelle de surface  
de la période 1986/2005 à la période 2081/2100

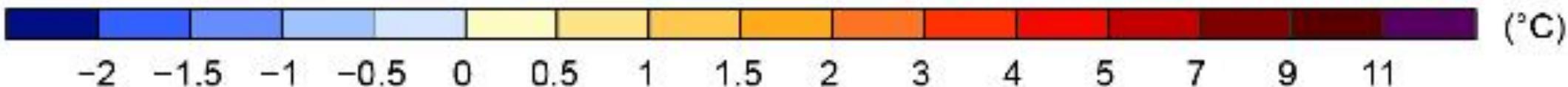
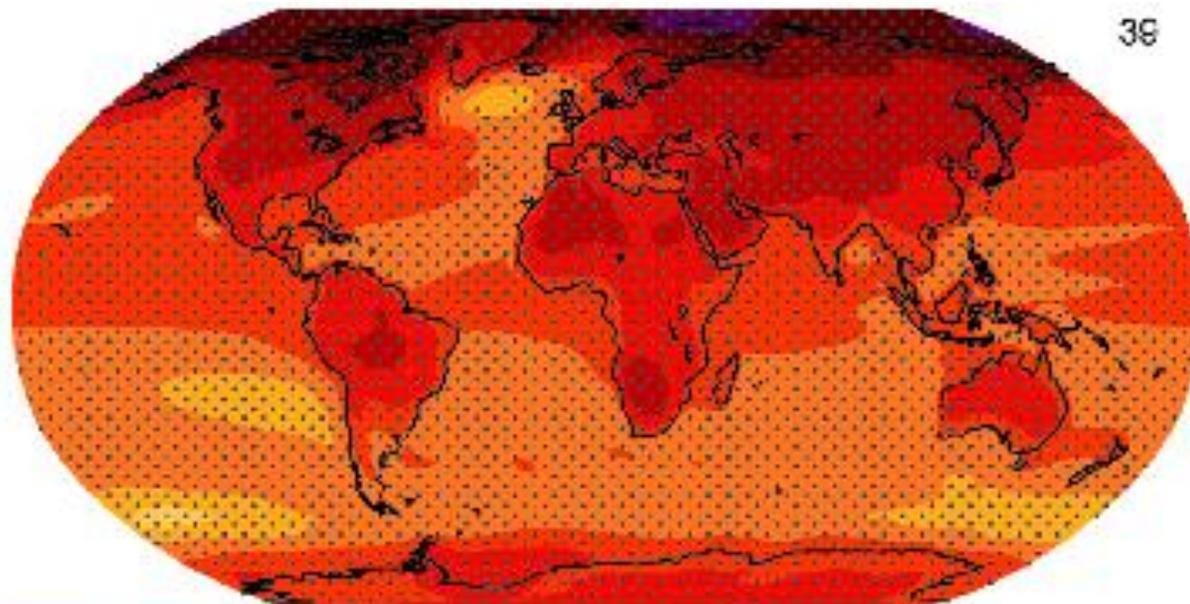
les plus récents  
scénarios du GIEC  
à horizon 2090

Extrait de Doctorat de Gildas Dayon, UPS Toulouse, 2015

Scénario RCP 2.6 (vertueux)



Scénario RCP 8.5 (« le pire »)



# 1.

## Echelle planétaire - Prévisions du GIEC

**Pluviométrie moyenne annuelle  
de la période 1986/2005 à la période 2081/2100**

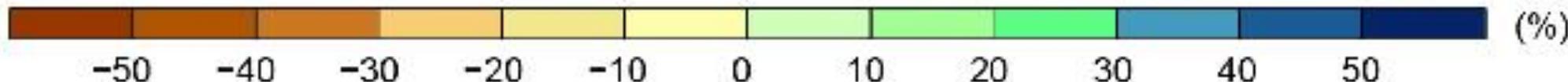
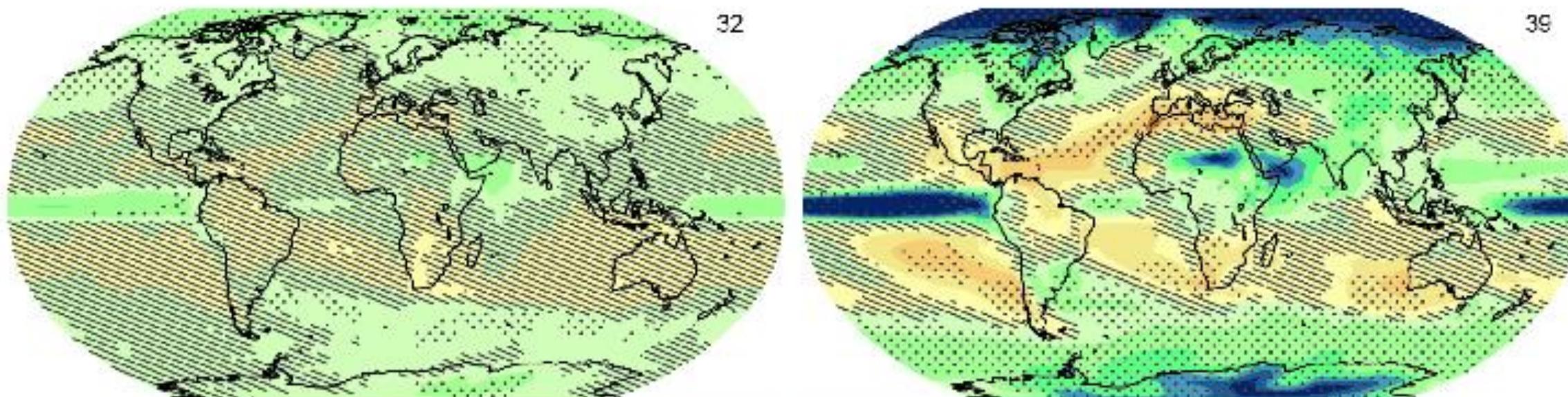
*les plus récents  
scénarios du GIEC  
à horizon 2090*

*Extrait de Doctorat de Gildas Dayon, UPS Toulouse, 2015*

**Scénario RCP 2.6 (vertueux)**

**Scénario RCP 8.5 (« le pire »)**

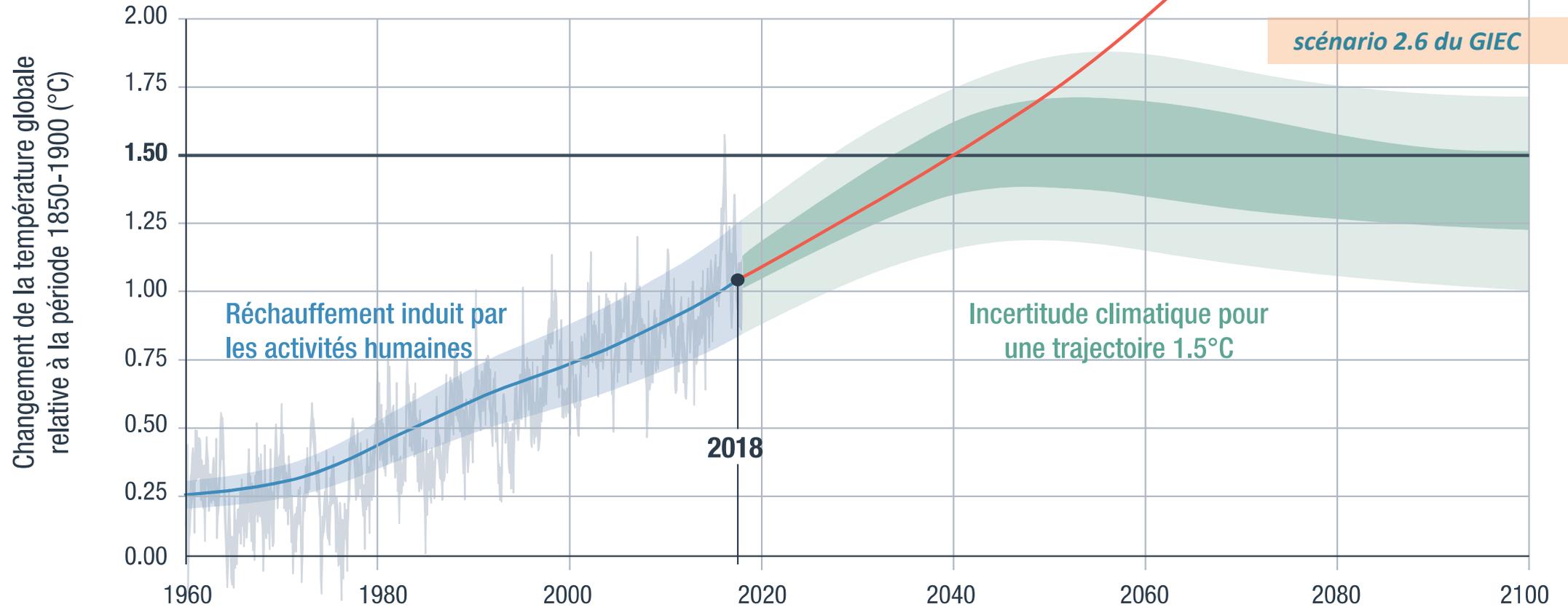
(b) **Change in average precipitation (1986–2005 to 2081–2100)**



1.

# Prévisions les plus optimistes du GIEC pour la planète (en température moyenne annuelle)

Extrait de « Rapport GIEC spécial réchauffement climatique à 1,5 °C »  
Résumé destiné aux enseignants (coordonné par L. Lescarmontier (2019))



Le réchauffement induit par les activités humaines a approximativement atteint 1°C au-dessus du niveau préindustriel en 2017. Au taux actuel, le réchauffement global devrait atteindre 1,5°C autour de 2040.

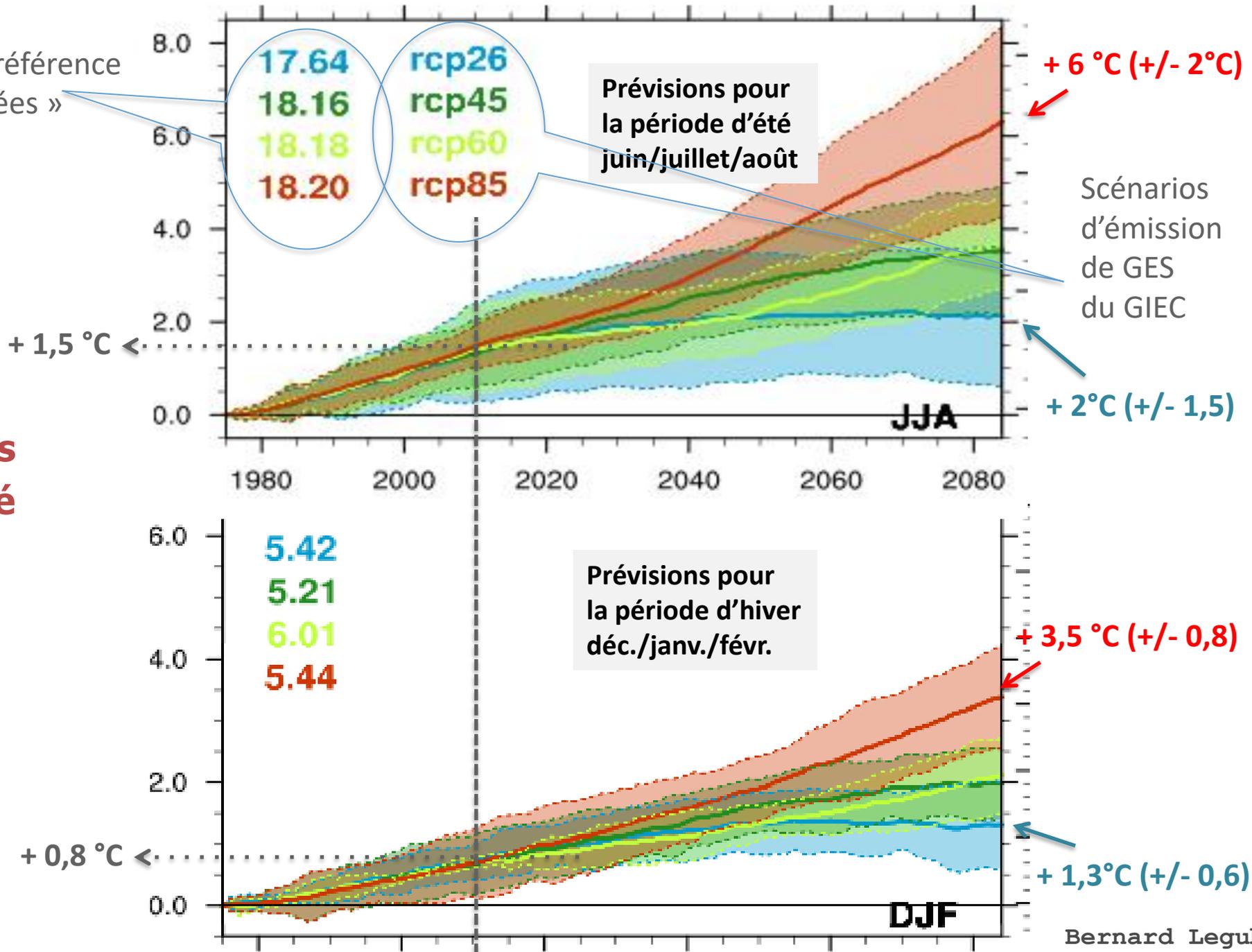
# 1.

## Conséquences pour la France

### Élévation des températures importantes surtout en été

Extrait de Doctorat de Gildas Dayon, UPS Toulouse, 2015

Températures de référence calculées et « calées »



# 1.

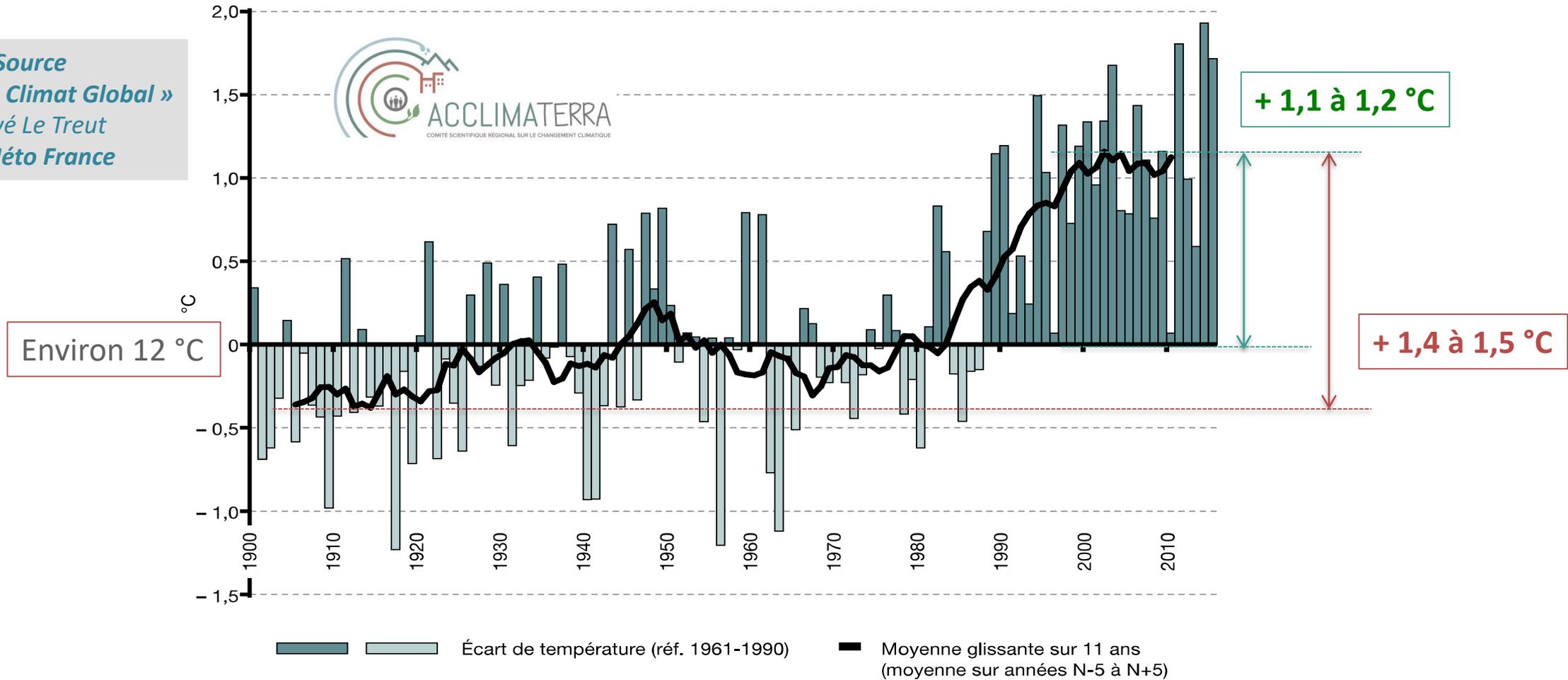
## Constat en France métropolitaine

### La France métropolitaine subit déjà le changement climatique

#### ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE EN FRANCE MÉTROPOLITAINE

constat 1900 - 2015

Source  
Chapitre « Climat Global »  
Hervé Le Treut  
et Méto France



# 1.

## Conséquences pour la France

### Nombre de jours anormalement chauds

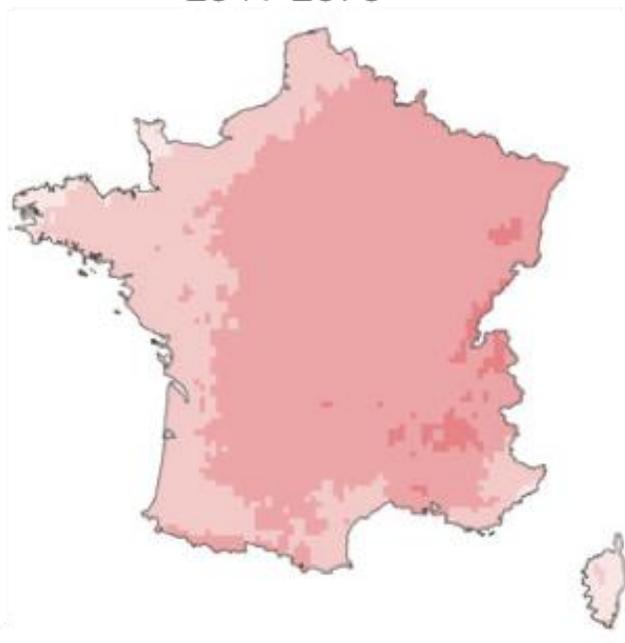
scénario 4.5 du GIEC

#### Nombre de jours supplémentaires anormalement chauds dans le futur (scénario RCP 4.5 du Giec, 2014)

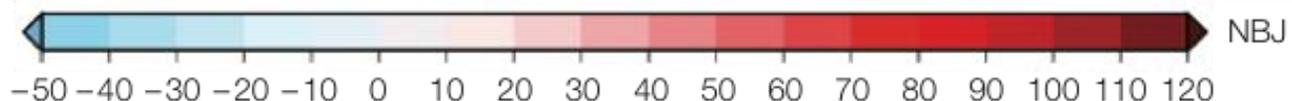
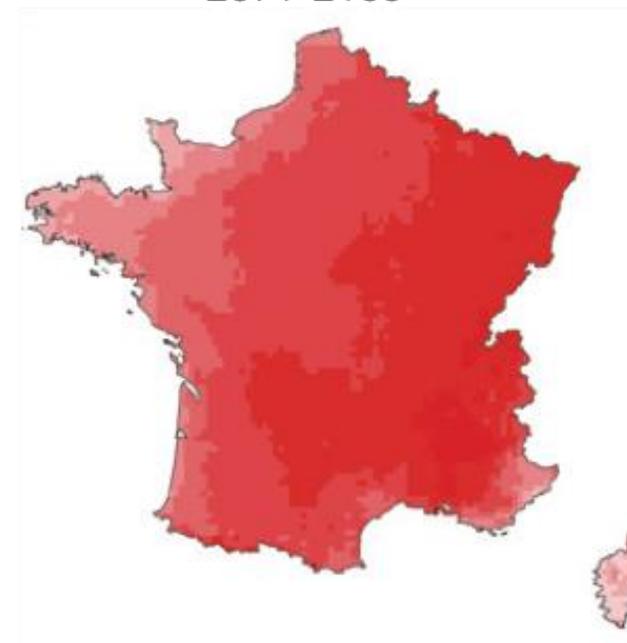
Horizon proche  
2021-2050



Horizon moyen  
2041-2070



Horizon lointain  
2071-2100



Source  
« Drias les futurs du climat » Météo France (2014)

# 1.

## Les rapports d'AcclimaTerra

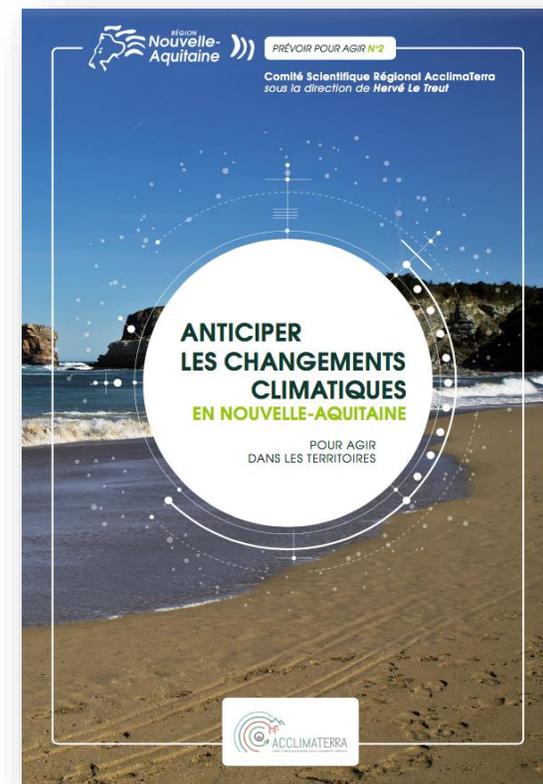


Premier rapport  
(Le Treut, 2013)

### Entre les deux

- 👤 Rapport du GIEC 2013-2014
- 👤 Accord de Paris 2015
- 👤 Changement de région

[www.acclimaterra.fr](http://www.acclimaterra.fr)



Deuxième rapport  
LeTreut (2018)  
Environ 240 personnes  
mobilisées

# 1.

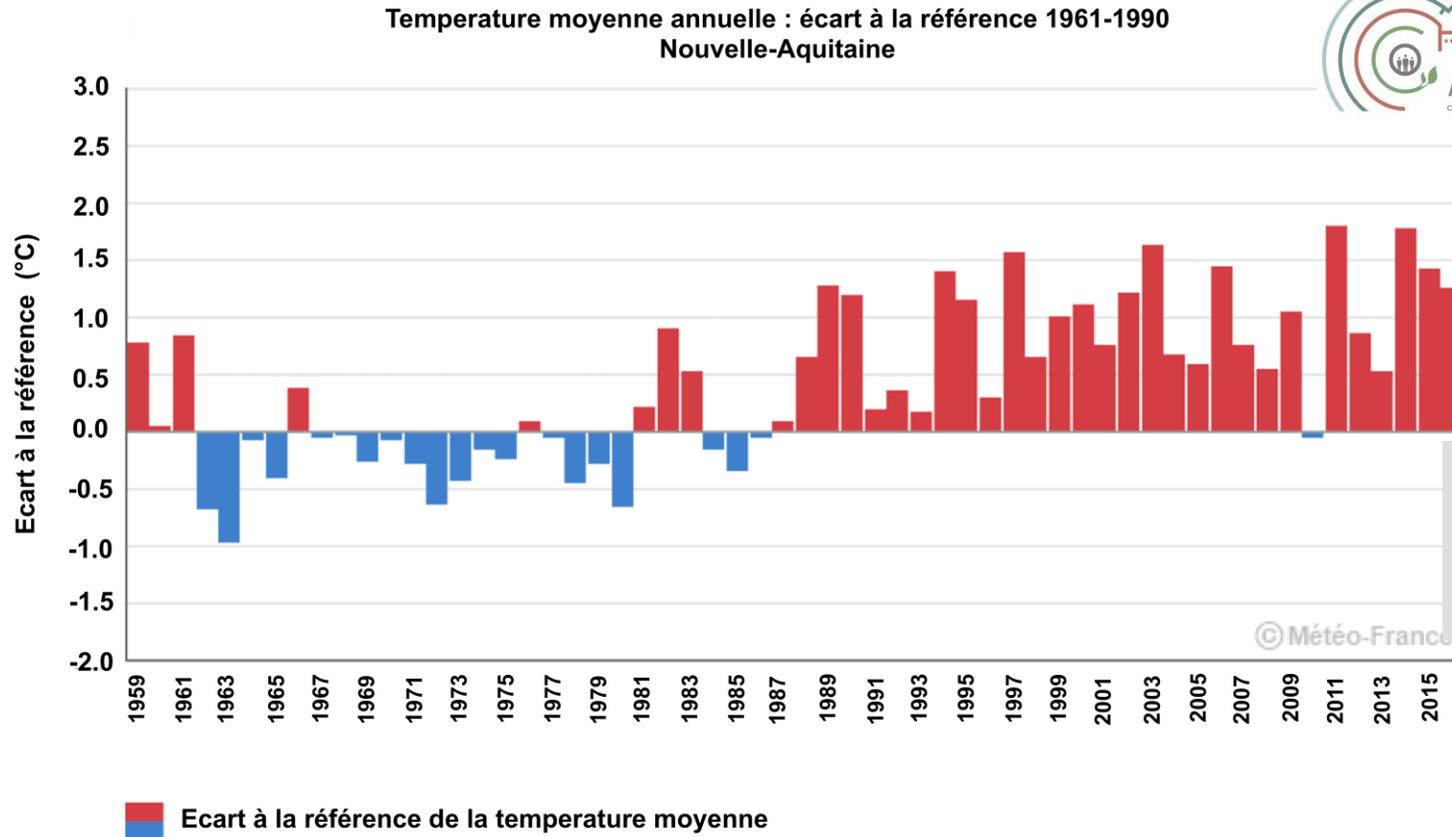
## Constat en Nouvelle-Aquitaine

Extrait de L'Actualité Nouvelle-Aquitaine (automne 2018)  
Entretien Aline Chambras et Marc Deneyer avec Hervé Le Treut

constat 1960 - 2016

A **Poitiers**, la température moyenne annuelle depuis 1922, a évolué de 10,1 °C à 13,2°C, soit **+ 3,1 °C**

A **Bordeaux**, la température moyenne annuelle depuis 1924, a évolué de 11,2 °C à 15 °C, soit **+ 3,8 °C**



Source  
Chapitre « Climat Global »  
Hervé Le Treut  
et Météo France

+1,4 °C au cours de la période 1961/1990 à actuellement

# 1.

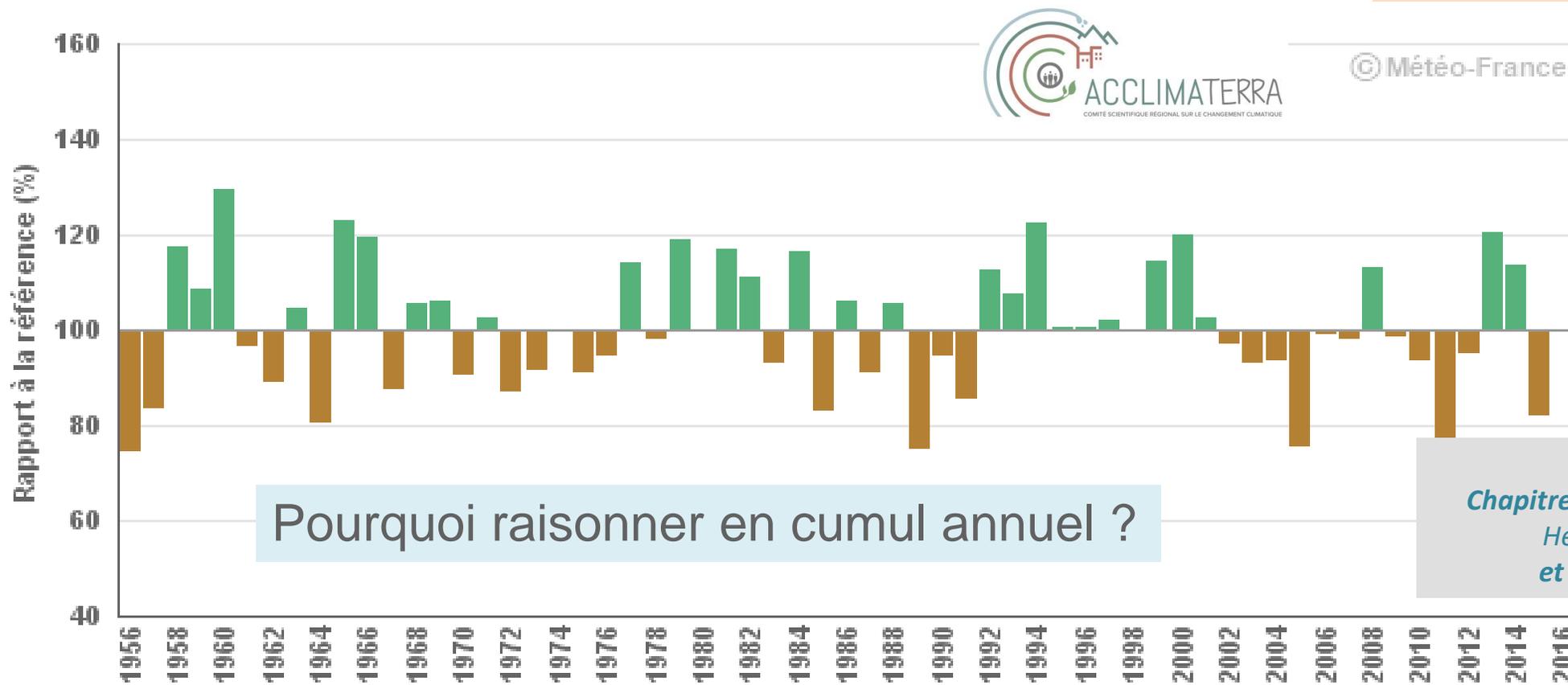
## Constat en Nouvelle-Aquitaine

### ... et les précipitations annuelles

Cumul annuel de précipitations : rapport à la référence 1961-1990

Nouvelle Aquitaine

constat 1960 - 2016

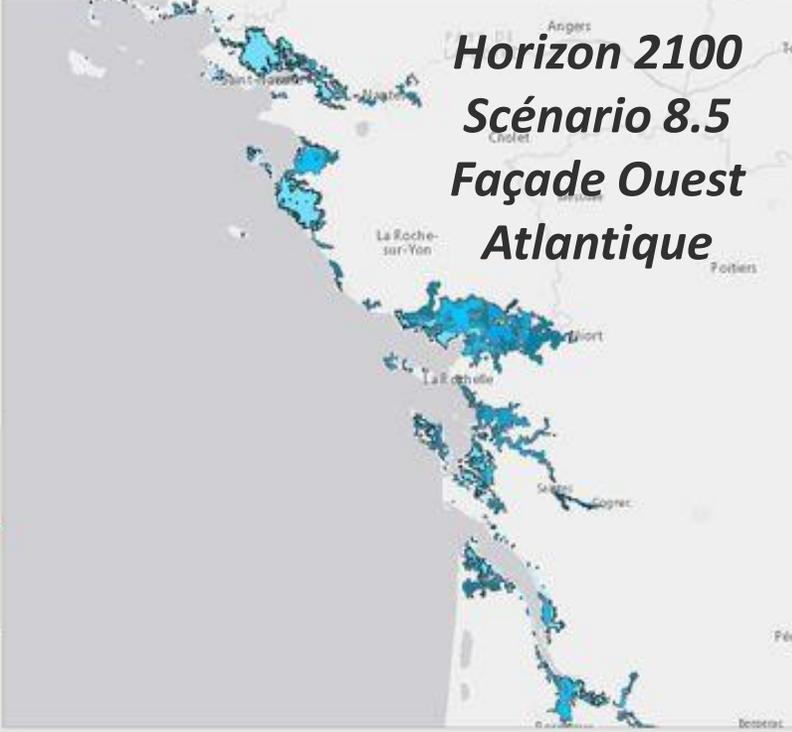


© Météo-France

Pourquoi raisonner en cumul annuel ?

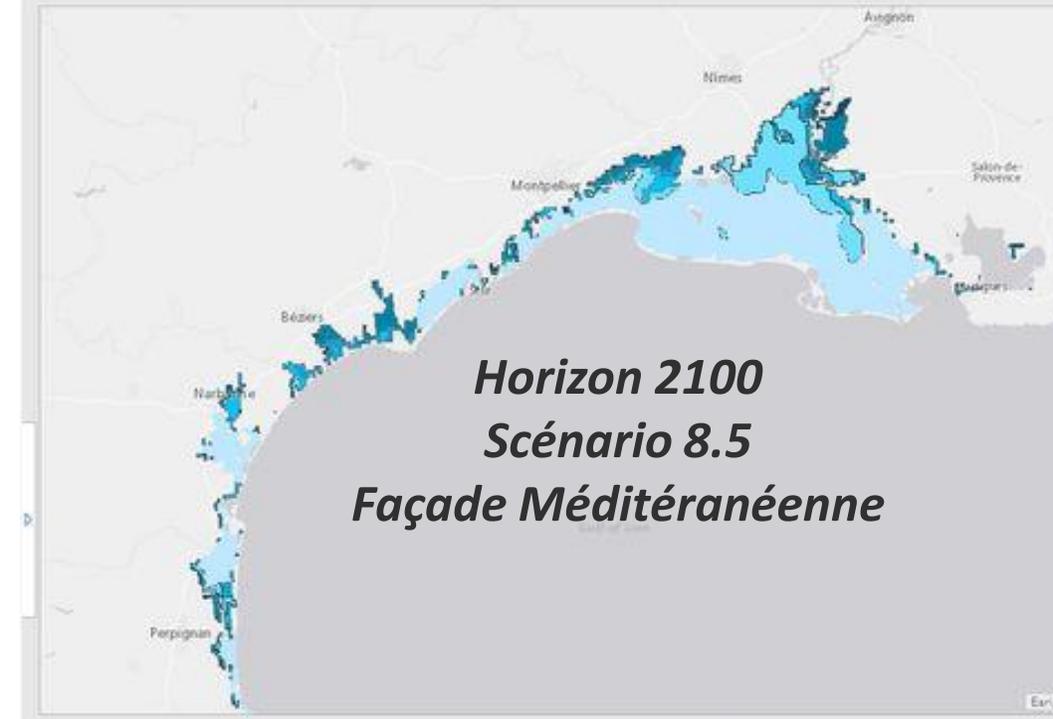
Source  
Chapitre « Climat Global »  
Hervé Le Treut  
et Méto France

Rapport à la référence du cumul de précipitations



Agence Européenne de l'Environnement

**2.**



Agence Européenne de l'Environnement

# Impacts du changement climatique (effets attendus)

### Intensité des vagues de chaleur

À +1,5°C : des vagues de chaleur plus chaudes de 3°C  
À +2°C : des vagues de chaleur plus chaudes de 4°C

### Pluies torrentielles

Risque plus élevé à 2°C qu'à 1,5°C dans les hautes latitudes de l'hémisphère Nord, L'Asie de l'Est et l'Amérique du Nord

### Perte de biodiversité

Perte de plus de la moitié de l'habitat naturel pour ...

- 4% des vertébrés à +1,5°C contre 8% à +2°C
- 6% des insectes à +1,5°C contre 18% à +2°C
- 8% des plantes à +1,5°C contre 16% à +2°C

### Cultures céréalières

Baisse de rendement plus important à +2°C, notamment en Afrique subsaharienne, Asie du Sud-est et Amérique latine

# 2.

## Au niveau mondial

Des effets déjà « impressionnants » pour un réchauffement climatique de + 1,5 °C et/ou de + 2 °C

Source GIEC rapport 2018

Extraits de Rapport spécial du GIEC à destinations des enseignants  
Avril 2019

### Coraux

Perte de récif coralliens ...  
... de 70 à 90% à +1,5°C  
... jusqu'à 99% à +2°C

### Hausse du niveau de la mer

À +1,5°C :  
De 26 cm à 77 cm d'ici à 2100  
À +2°C :  
10 cm de plus  
10 millions de personnes menacées en plus

### Pêche

Prise annuelle de poissons réduite de ...  
... 1,5 million de tonnes à +1,5°C  
... plus de 3 millions de tonnes à +2°C

### Banquise arctique

Fonte complète de la banquise en été ...  
... 1 fois par siècle à +1,5°C  
... 1 fois par décennie à +2°C

Impact d'un réchauffement climatique à +1,5°C ou +2°C

# 2.

## Des effets directs et indirects sur la santé



Source  
Chapitre « Santé » :  
V. Migeot, S. Rabouan et coll.



# 2.

## Des sols moins fertiles et déstockant probablement les polluants



Source

Chapitre « Qualité des milieux » :  
A. Chabbi, B. Legube et coll.

### SOL



#### HAUSSE DE TEMPÉRATURE

#### > PERTE DE CARBONE = SOLS MOINS FERTILE



Augmentation de l'activité biologique  
AUGMENTATION DE LA MINÉRALISATION

#### EFFETS SUR LE CYCLE DE L'AZOTE

#### > AUGMENTATION DE LA BIODISPONIBILITÉ DES MÉTAUX



#### > AUGMENTATION DU CO<sub>2</sub> Manque de nutriments AZOTE et PHOSPHORE



#### > SCÉNARIOS CLIMATIQUES FUTURS

Affecte les populations  
microbiennes = moins fertiles



# 2.

## Agriculture

un secteur économique de 1<sup>er</sup> rang



Source

Chapitre « Quelle agriculture pour demain ? » :  
N. Ollat, F. Gastal, F. Pellerin et coll.

### 3 MILIEUX TOUCHÉS

LE SOL



**MODIFICATION**  
augmentation  
intensité pluie



ÉROSION

L'EAU



**RÉDUCTION**  
des pluies  
**AUGMENTATION**  
de l'évaporation



DÉFICIT  
HYDRIQUE  
ESTIVAL

LE VIVANT



**AUGMENTATION**  
insectes, champignons ...  
pathogènes,  
ravageurs ou bénéfiques



IMPRÉDICTIBILITÉ

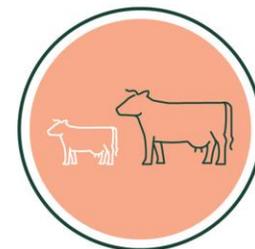
## CONSÉQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

PHÉNOLOGIE • RENDEMENT • QUALITÉ

**VÉGÉTAL**  
10 jours d'avance  
par °C sup.



**ANIMAL**  
-25 % de lait  
à partir de 32-38°C



**PRODUITS**  
fruits malformés,  
qualité du vin altérée



# 2.

## Le littoral pendant le XXI<sup>e</sup> siècle ?



Source

Chapitre « Modifications physiques du littoral » :  
B. Castelle et coll.

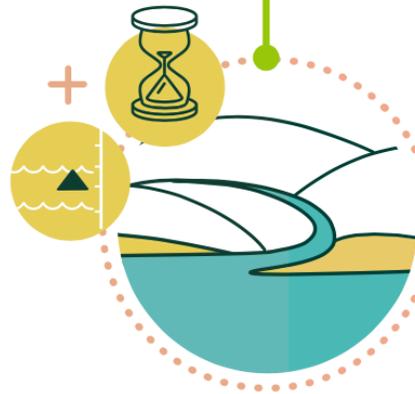
**ÉROSION** ENVIRON  
1 m/an



avant

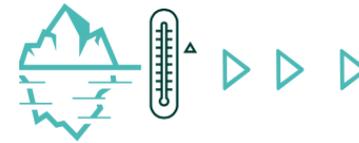


maintenant



**SUBMERSION**

D'ICI 2100 ENTRE  
0,3 à 1,5 m en +



+ 3 mm/an  
Nouvelle-Aquitaine

tempêtes

niveau des mers  
plus haut  
+ de dégâts



100 ans

10 ans



1999  
LOTHAR ET MARTIN

2009  
KLAUS

2010  
XYNTHIA

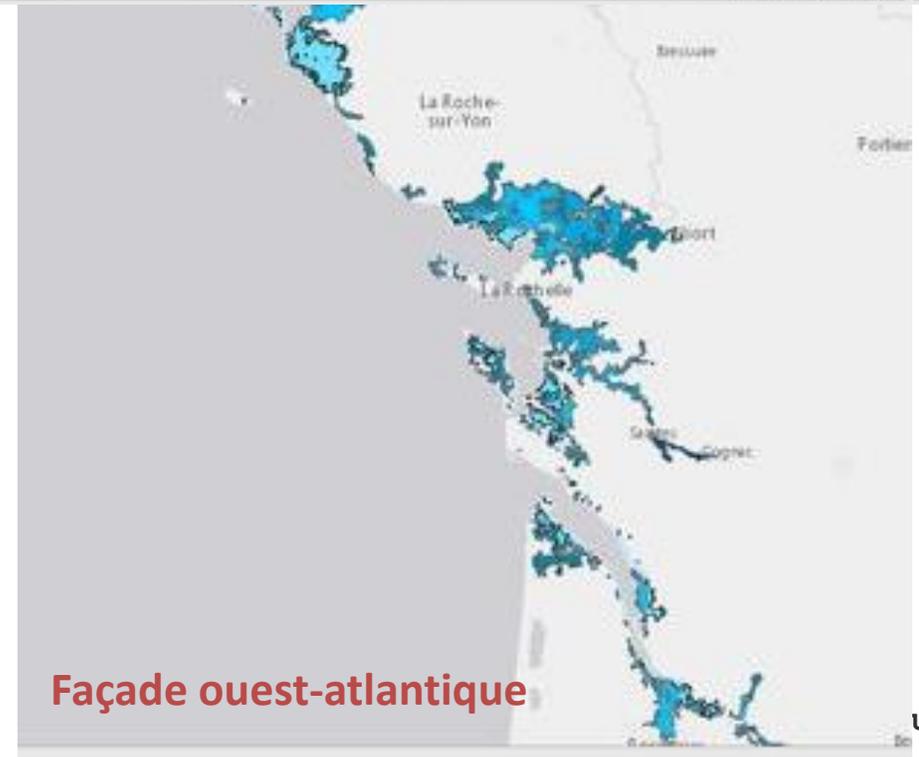
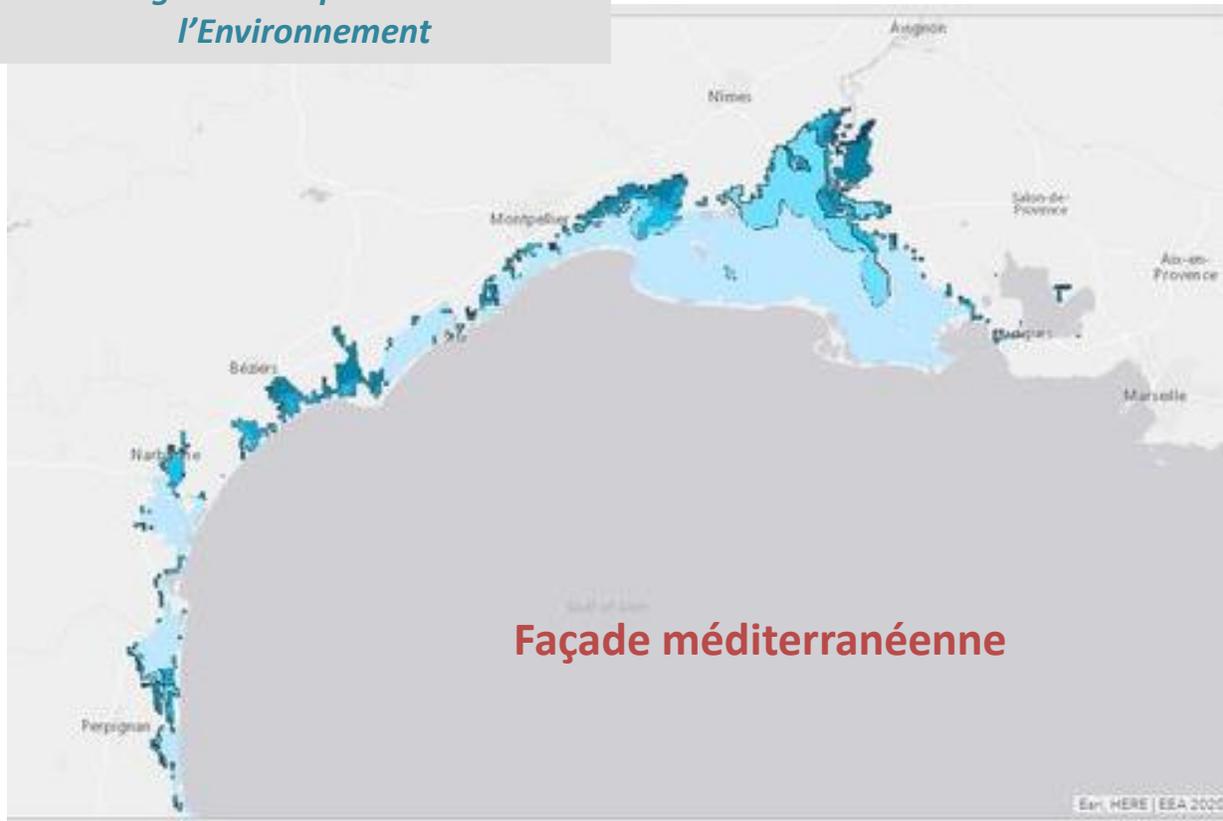
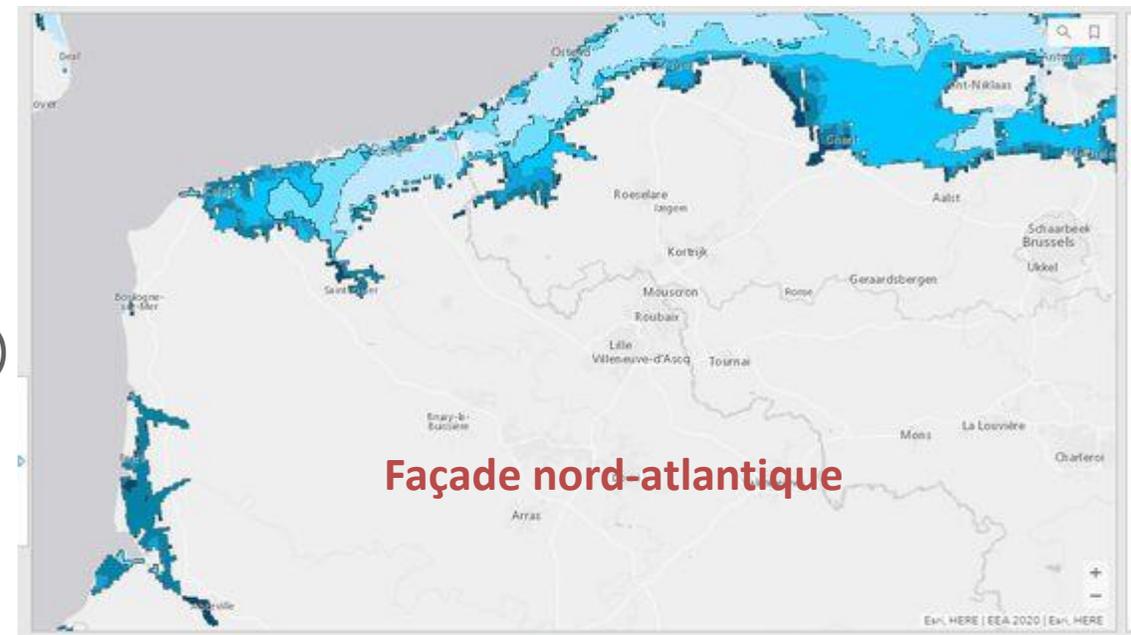
2013/14  
SUCCESION  
DE TEMPÊTES

# 2. Populations affectées par les inondations en zone côtière

En France - Pire des scénarii fin du siècle  
(zones très fréquemment inondées en bleu pâle)

Source  
Agence Européenne de  
l'Environnement

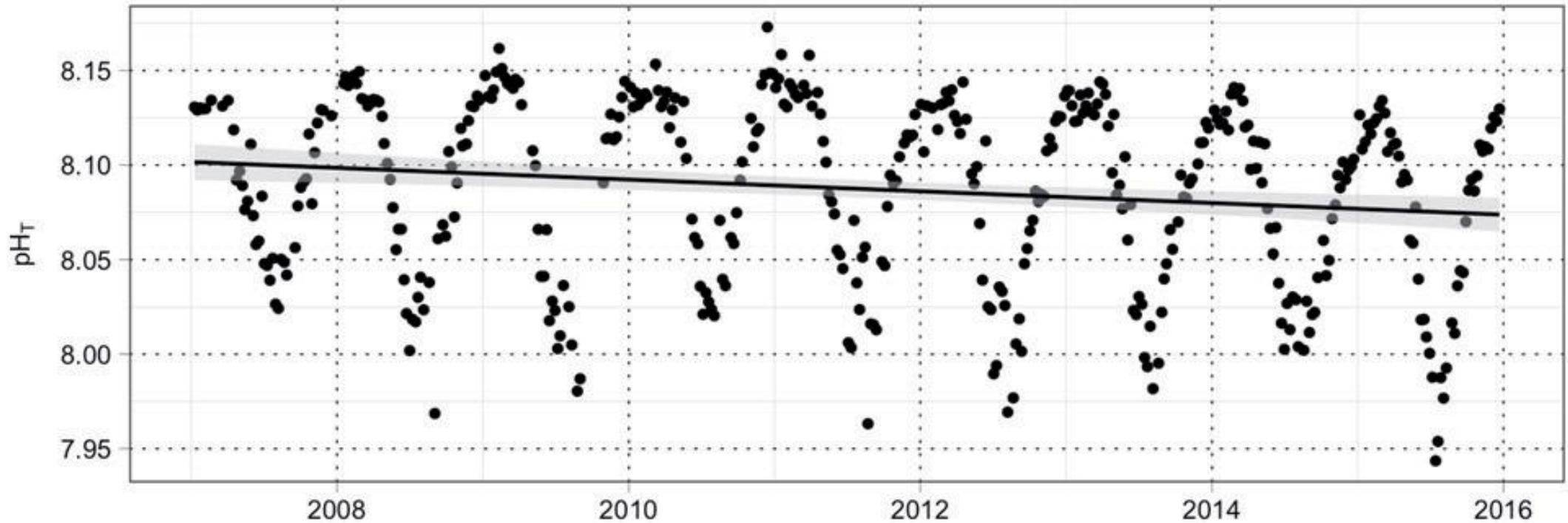
horizon 2100,  
scénario 8.5 du GIEC



# 2. Acidification de l'eau de mer

constat 2006 - 2016

pH en surface à l'entrée de la rade de Villefranche-sur-mer



Source  
Kapensberg et al. 2016

# 2.

## De très nombreux impacts

### Santé environnementale

Agriculture – Elevage - Viticulture

Modifications du littoral

### Disponibilité des ressources en eau

Qualité des milieux naturels (eau, air et sol)

Biodiversité – Zones humides

Forêts - Massifs montagneux

Territoires urbains

Production énergie

Pêche et conchyliculture

Instruments juridiques

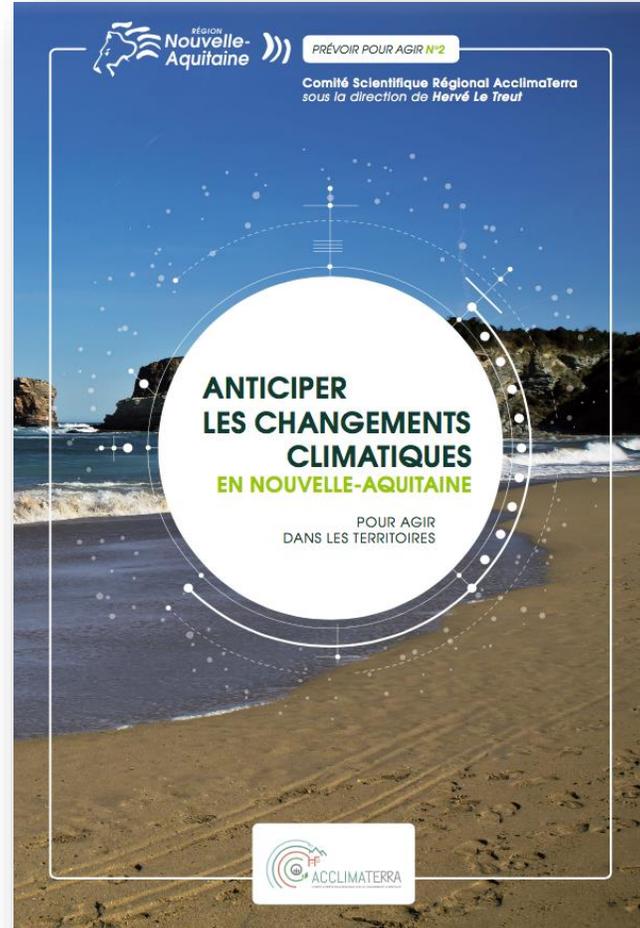
Appropriation citoyenne et participation

Production industrielle (énergie, transports,  
numérique, matériaux ...)

Assurances

Modèles économiques globaux

Recherche



[www.acclimaterra.fr](http://www.acclimaterra.fr)



*Dive du Sud (86)*

Agence Régionale de Biodiversité Nouvelle-Aquitaine  
(ex ORE Poitou-Charentes)



*Plan d'eau d'Airon (86)*

Agence Régionale de Biodiversité Nouvelle-Aquitaine  
(ex ORE Poitou-Charentes)

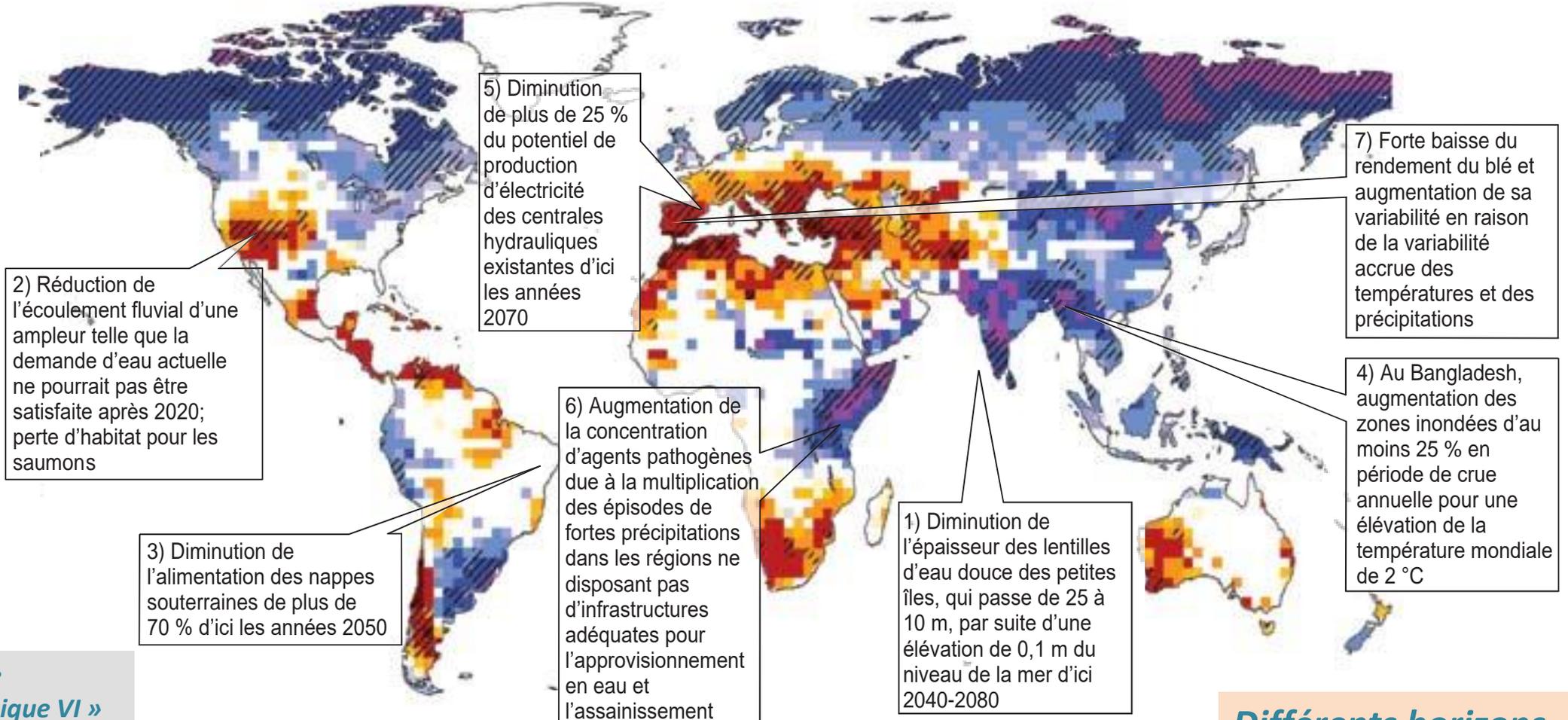
# 3.

## Disponibilité de la ressource en eau douce (constats et prévisions)

# 3.

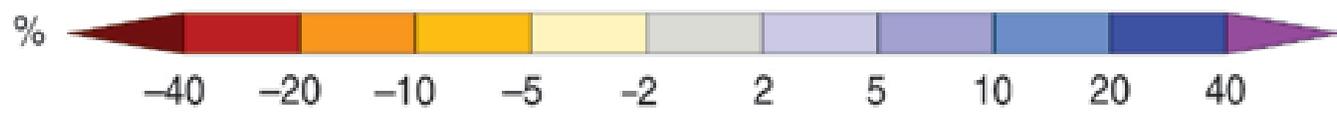
## Echelle planétaire

### Incidences futures des effets du changement climatique liés à l'eau douce



Extrait de « Document technique VI » GIEC (2008)

Différents horizons (2020 à 2080)



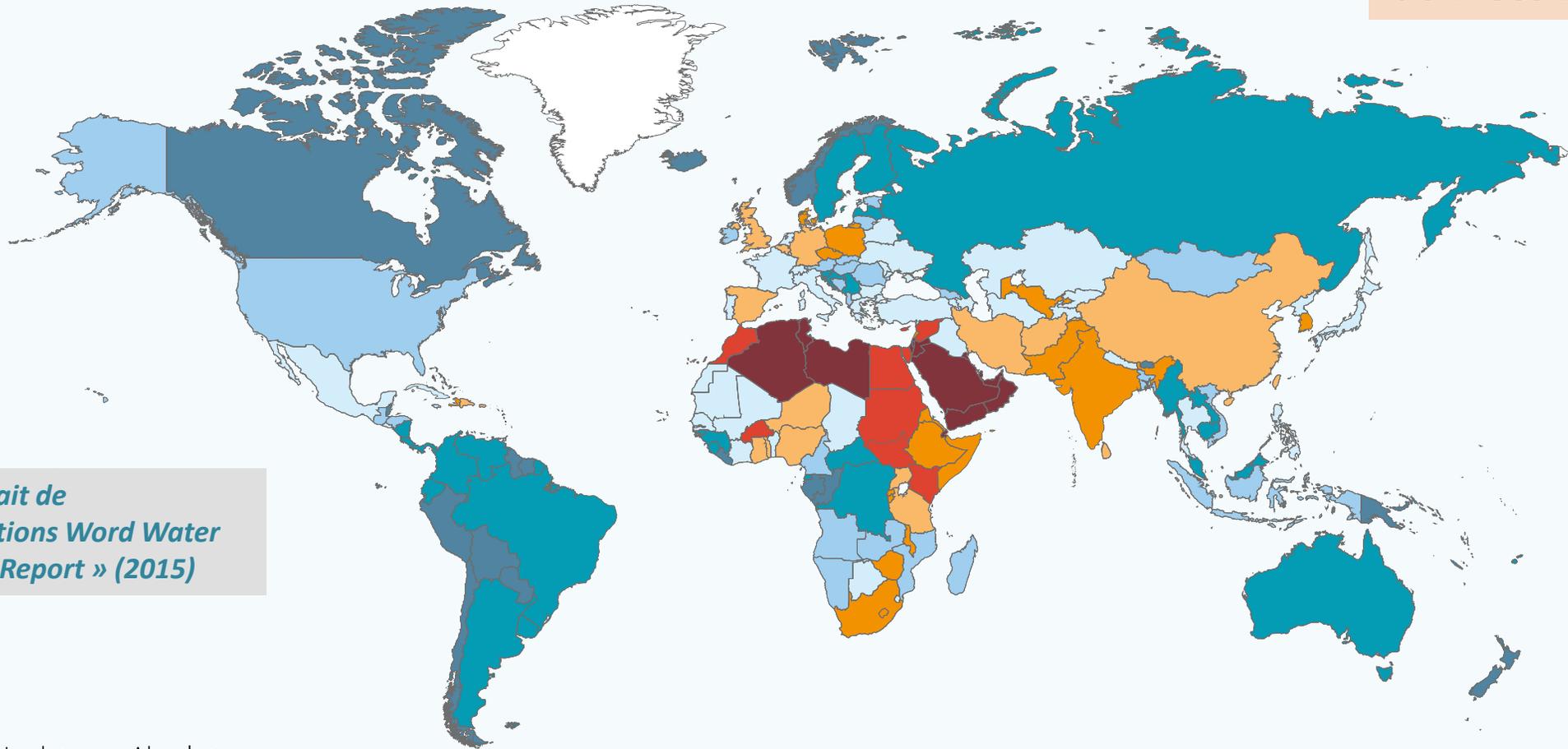
# 3.

## Echelle planétaire

### Inégalité des ressources en eau douce et en eau potable

Total renewable water resources per capita (2013)

données 2013



Extrait de  
« The United Nations World Water  
Development Report » (2015)

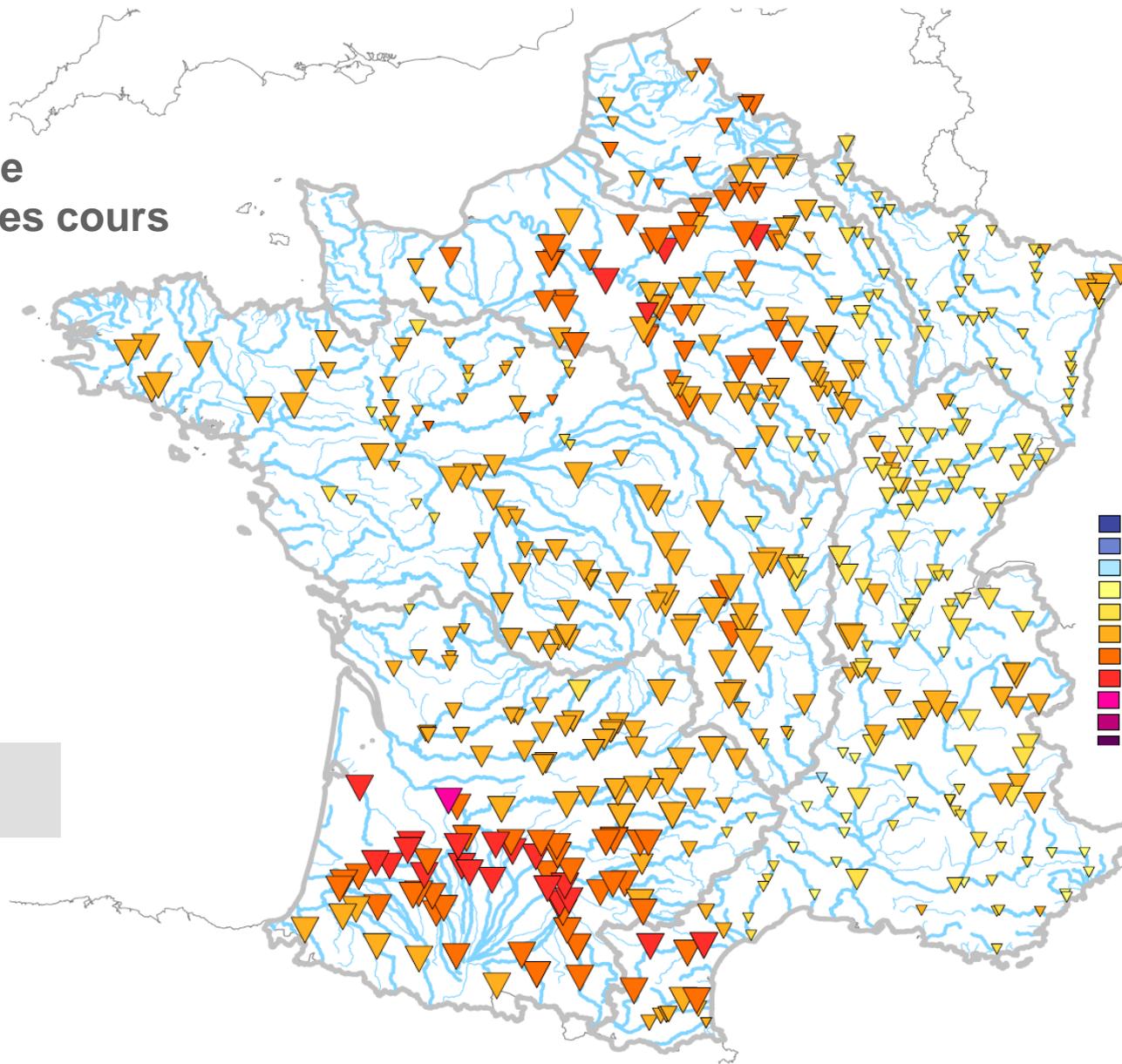


# 3.

## Conséquences pour la France

### Une diminution sévère des débits moyens annuels des cours d'eau

Evolution possible  
du débit moyen annuel des cours  
d'eau  
entre 1961-1990  
et 2046-2065



horizon 2050  
scénario A1B  
(équiv. 6.0)

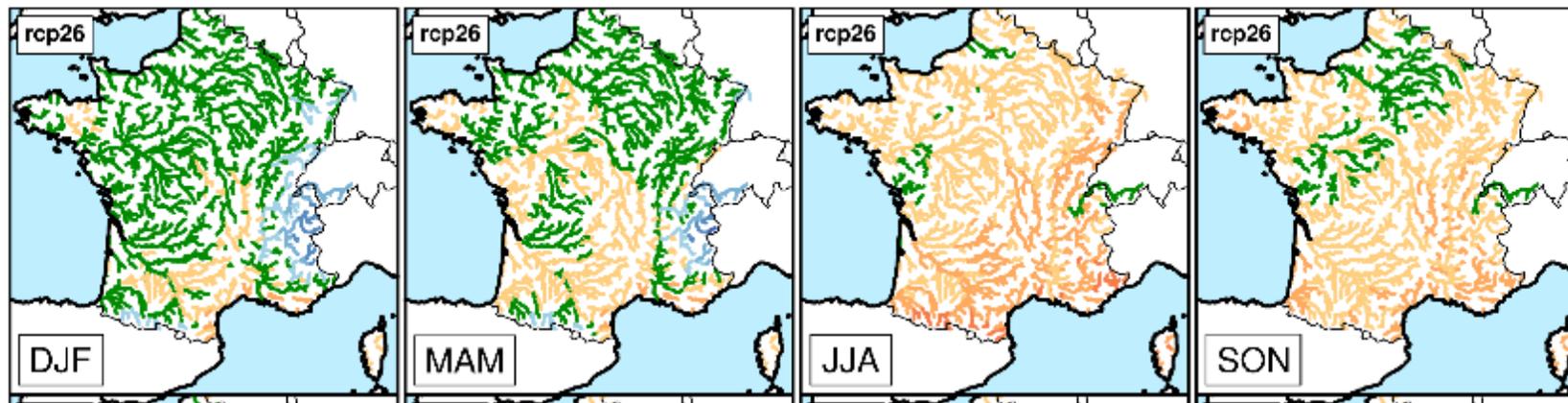
Extrait de  
« Explore 2070 » MEDDE (2015)

# 3.

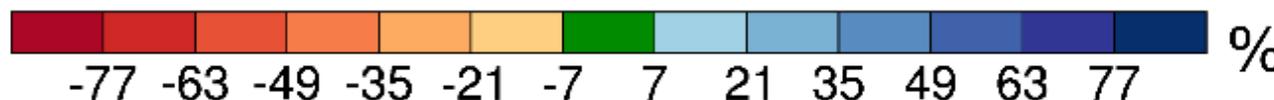
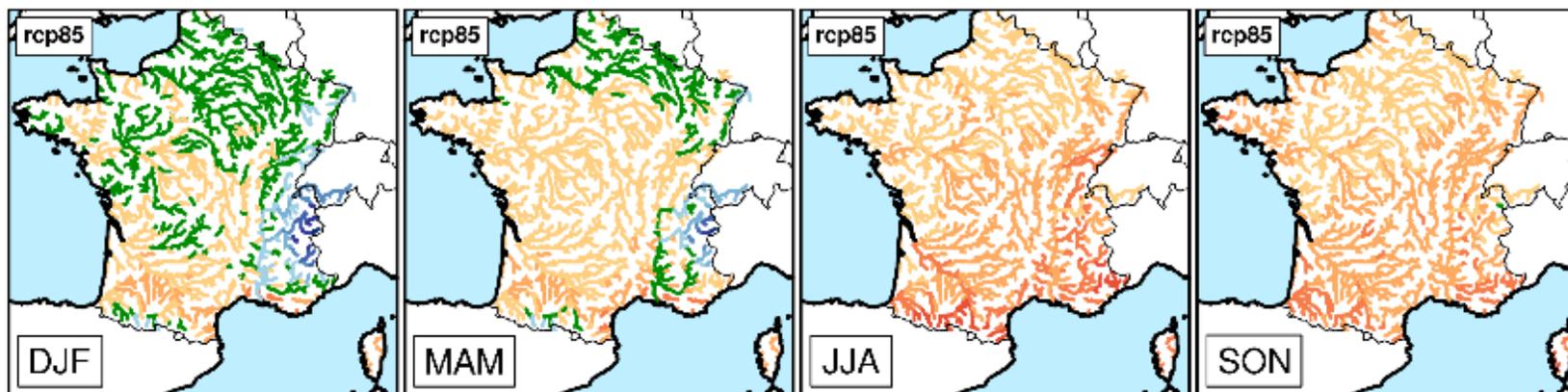
## Conséquences pour la France

horizon 2050

Prévisions (2035-2065) les plus optimistes



Prévisions (2035-2065) les plus défavorables



**Une diminution sévère des débits moyens annuels des cours d'eau**

qui dépend des saisons et des modèles

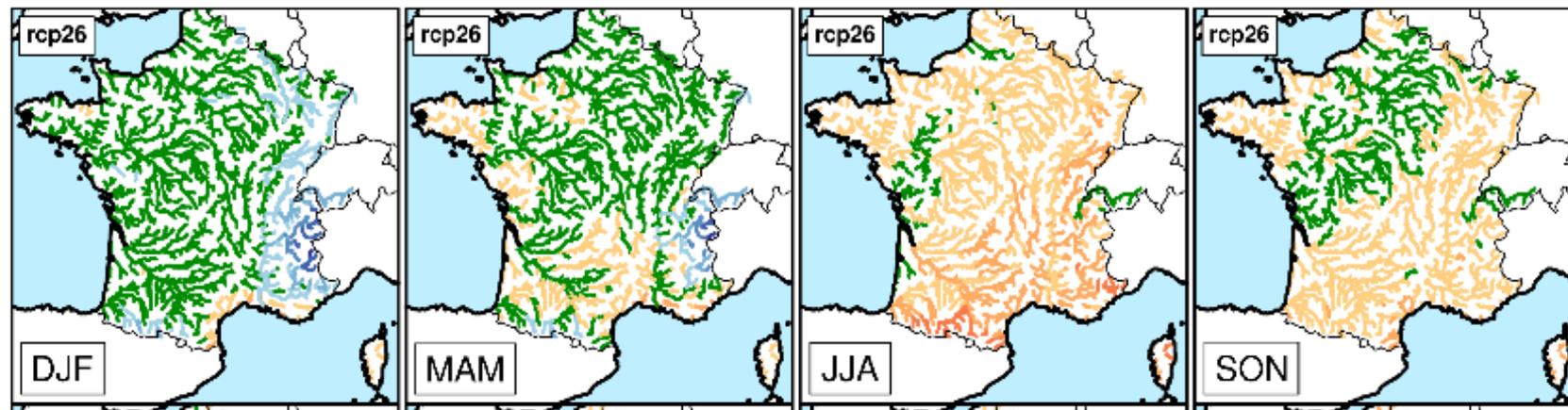
Extrait de Doctorat de Gildas Dayon, UPS Toulouse, 2015

# 3.

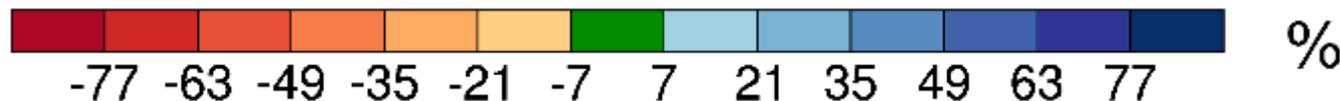
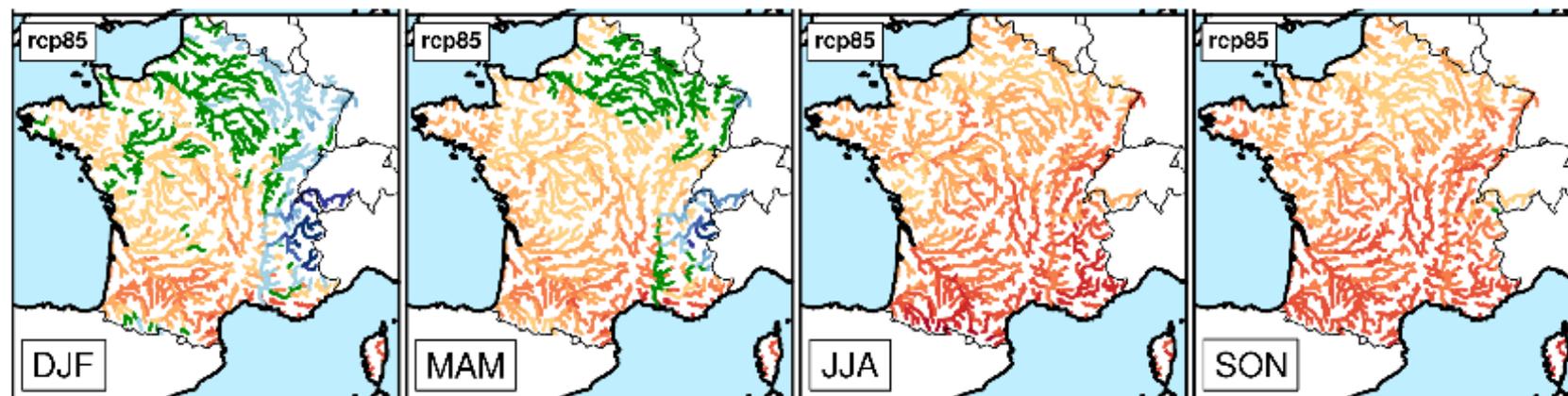
## Conséquences pour la France

horizon 2085

Prévisions (2070-2100) les plus optimistes



Prévisions (2070 - 2100 ) les plus défavorables



**Une diminution sévère des débits moyens annuels des cours d'eau**  
qui dépend des saisons et des modèles

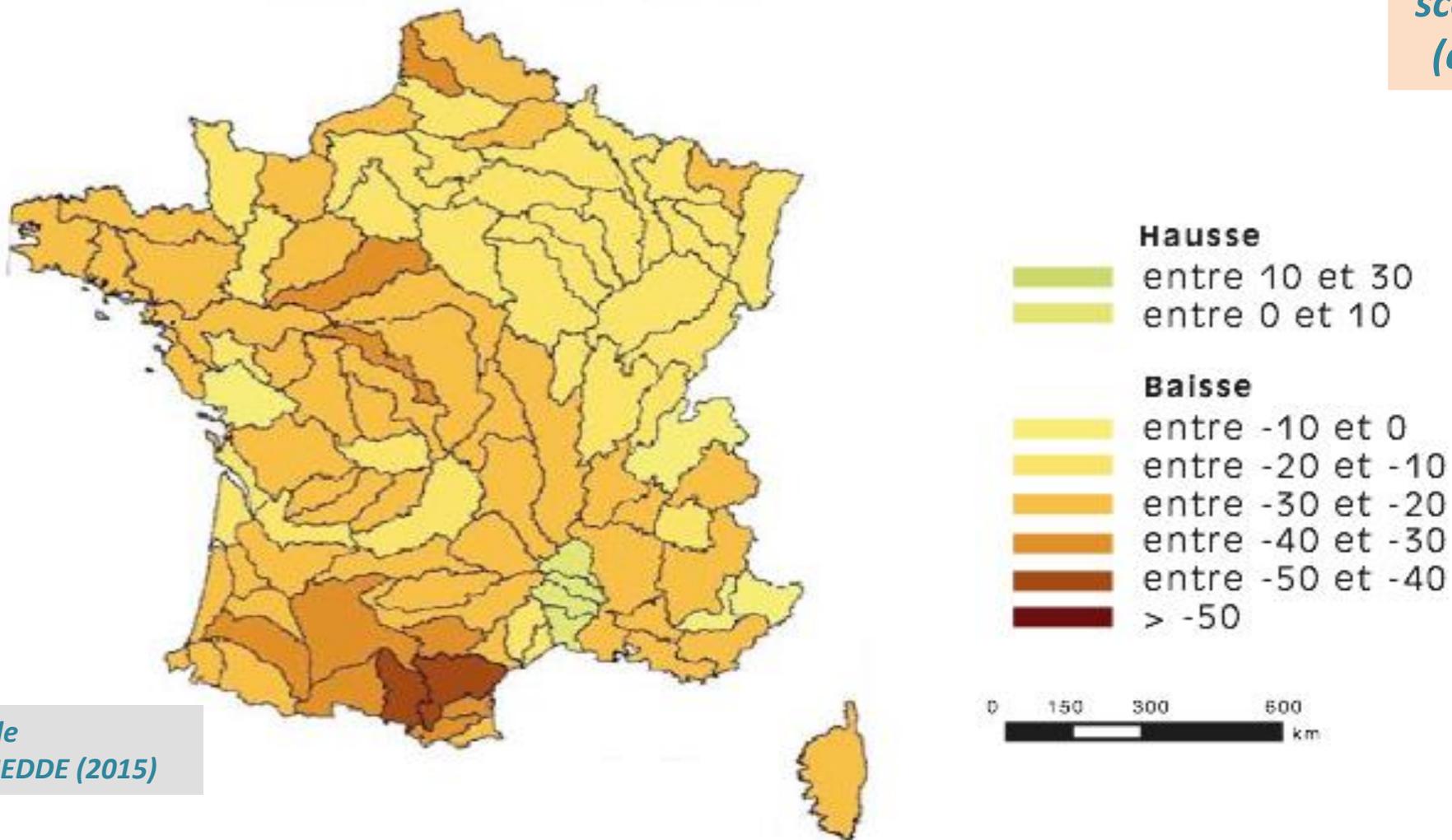
*Extrait de Doctorat de Gildas Dayon, UPS Toulouse, 2015*

# 3.

## Conséquences pour la France

Une diminution probable du niveau des nappes

horizon 2050  
scénario A1B  
(équiv. 6.0)



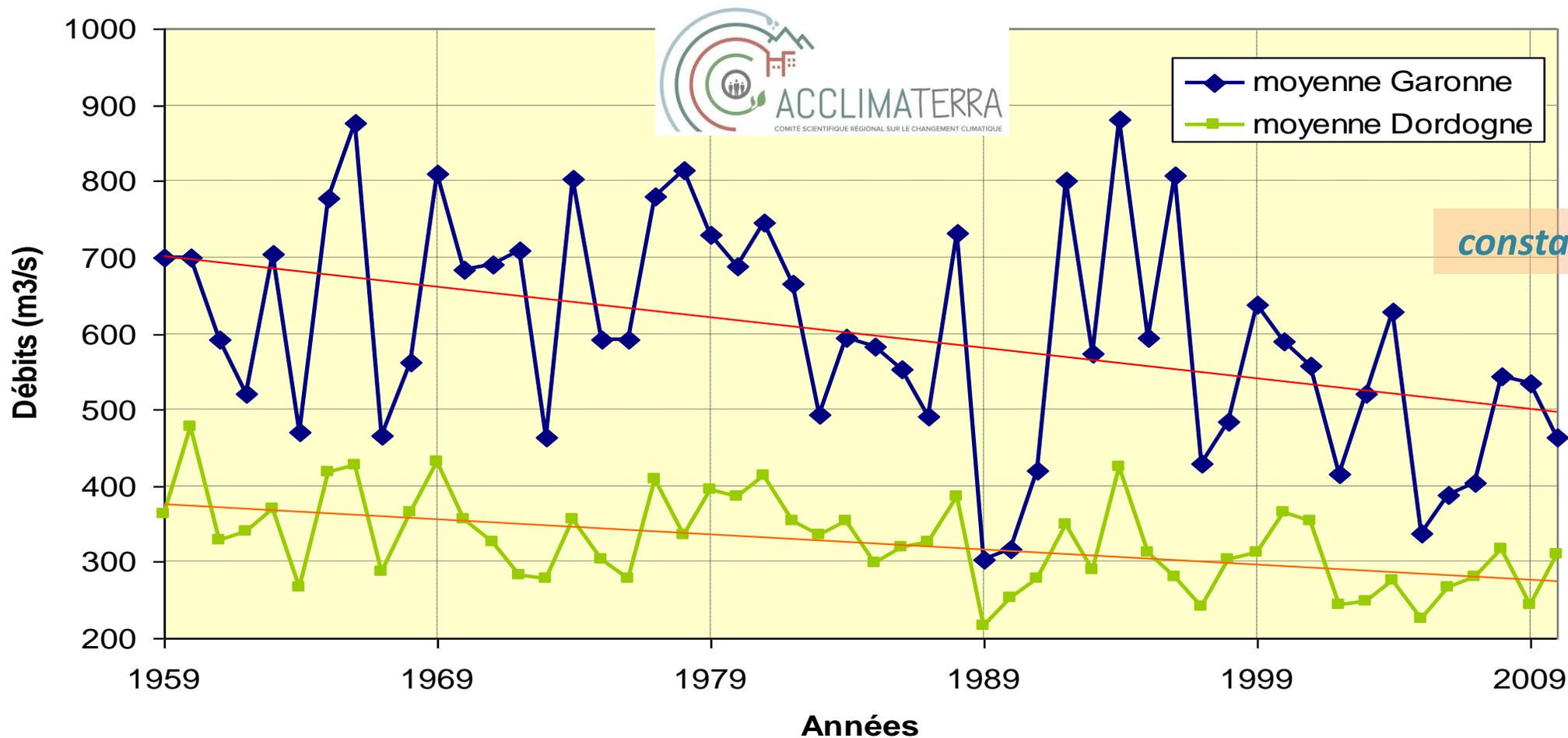
Extrait de  
« Explore 2070 » MEDDE (2015)

La recharge en eau des nappes pourrait baisser de **30 à 55%**, selon le type d'aquifère, à l'horizon 2050.

# 3.

## Constats en Nouvelle-Aquitaine

Extrait de  
1<sup>er</sup> rapport AcclimaTerra  
Chapitre Disponibilité en eau – Henri  
Etcheber et coll.



En 50 ans, les débits moyens annuels de ces deux cours d'eau ont diminué de  
26 % (Dordogne) et 28 % (Garonne)

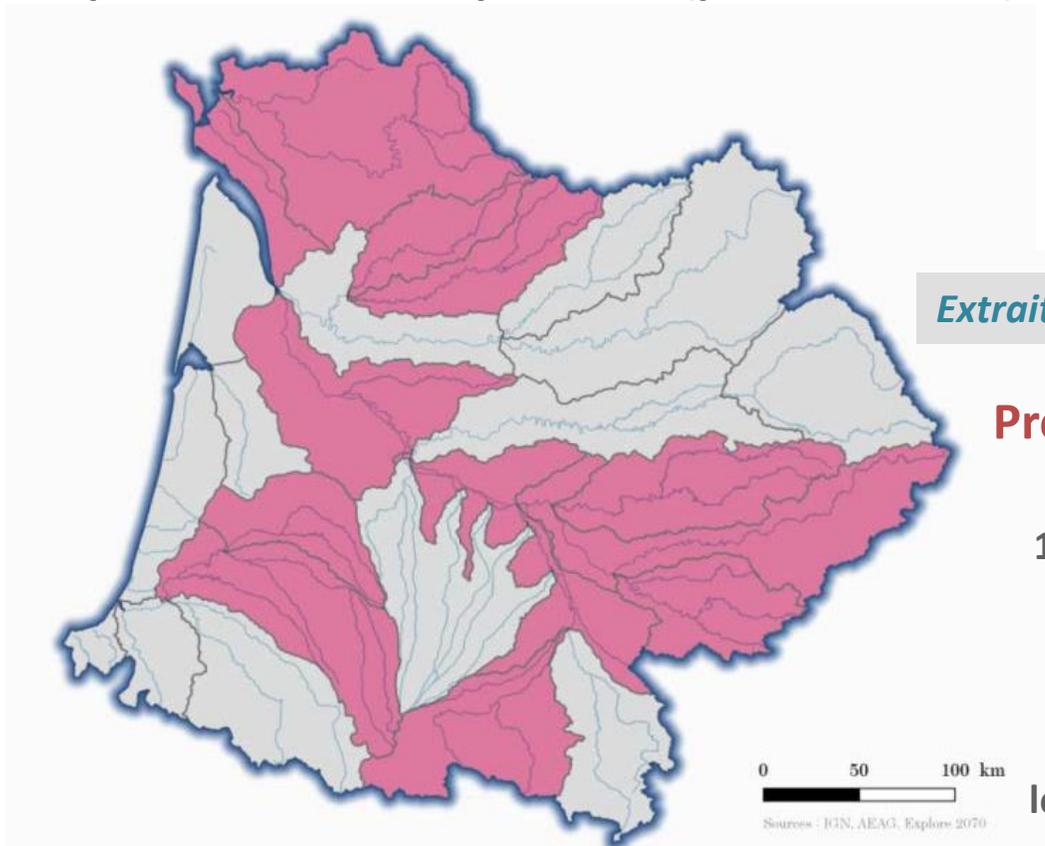
# 3.

## Des inégalités entre chaque bassin hydrographique en France (et au sein d'entre eux) exemple du bassin Adour-Garonne

horizon 2050  
scénario A1B  
(équiv. 6.0)

### Prévision des zones les plus vulnérables au CC et aux usages actuels

Disponibilité en eau superficielle (par sous-bassin)

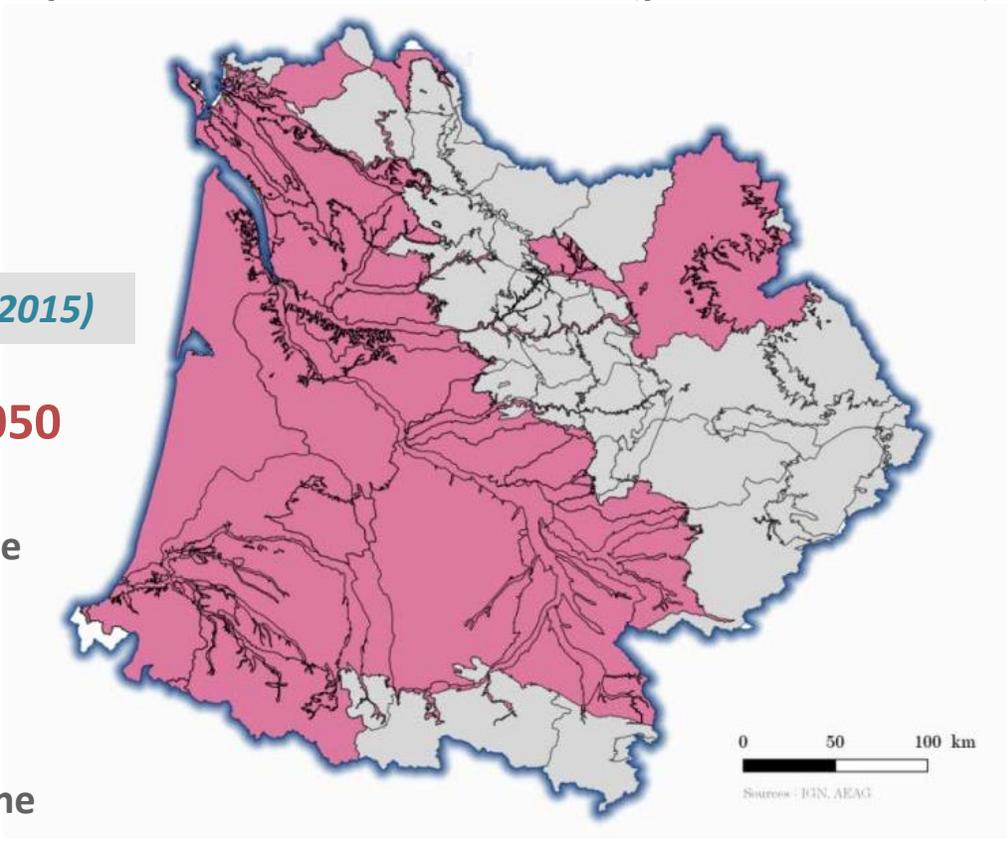


Extrait de « PACC - AEAG » (2015)

### Prévision globale 2050

Un déficit de 1000 à 1200 millions de m<sup>3</sup> par an dans une trentaine d'année en période estivale sur le bassin Adour Garonne

Disponibilité en eau souterraine (par masses d'eau)





Genomics, Proteomics and Bioinformatics  
September 27, 2007

4.



Laboratoire de chimie et Microbiologie de l'eau (LCME –  
UMR 6008) CNRS – Univ. Poitiers)

# Qualité des eaux et changement climatique

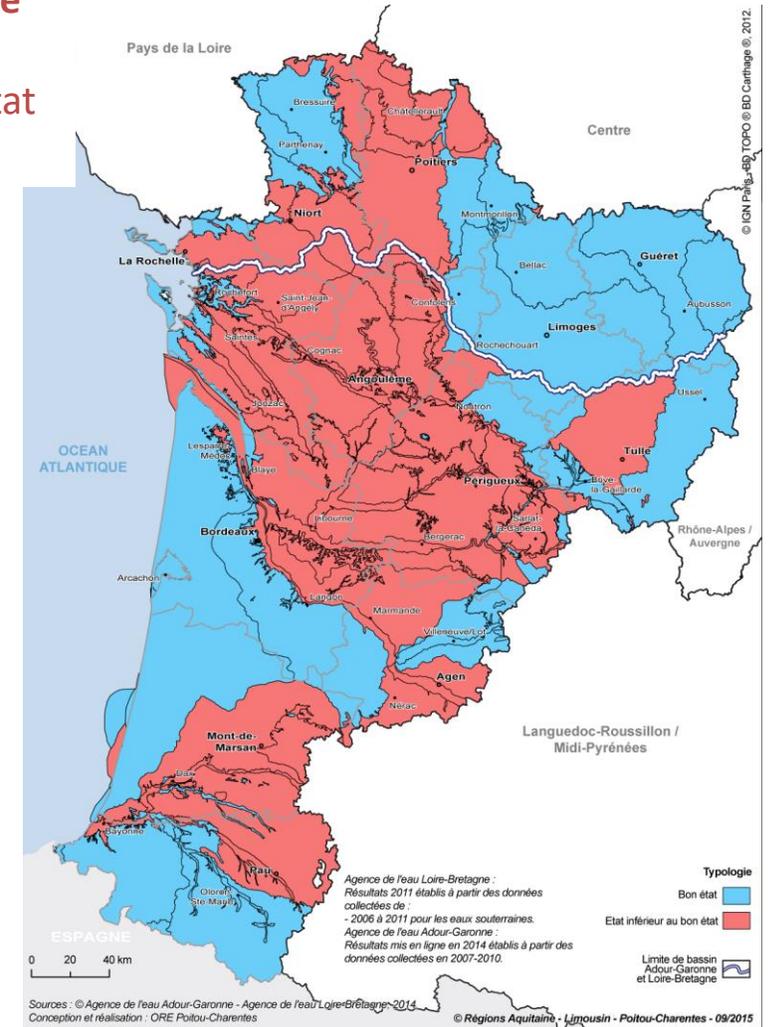
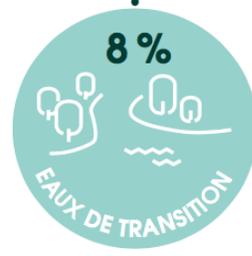
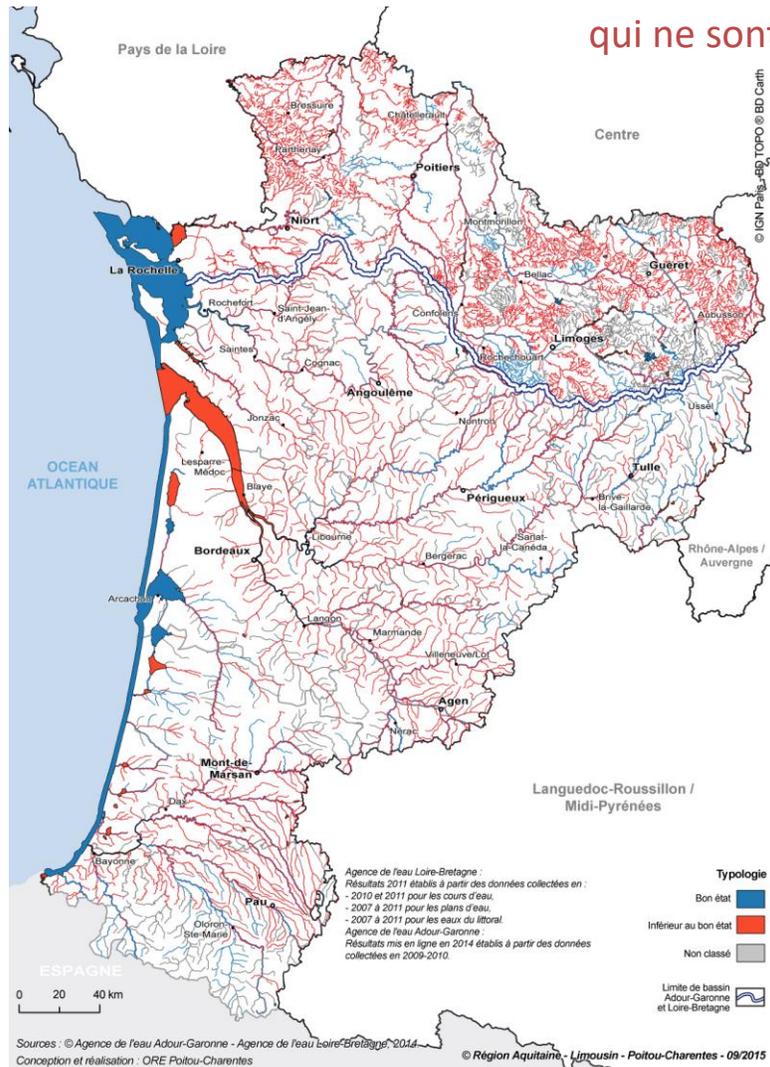
# 4.

## Une qualité des eaux déjà dégradée notamment en Nouvelle-Aquitaine

Constat 2014

Masses d'eau superficielle  
qui ne sont pas en bon état global

Masses d'eau souterraine  
affleurante  
qui ne sont pas en bon état  
chimique



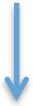
### Sources

Données ARB Nouvelle Aquitaine  
Chapitre Acclimaterra :  
Qualité des Milieux – Bernard Legube et al.

# 4.

## Une qualité des eaux qui va continuer à se dégrader sous l'effet du changement climatique

Eaux de surface particulièrement impactées par



Evènements climato-hydrologiques extrêmes  
(crues, assecs, immersions marines, élévation du niveau des océans)

### AUGMENTATION TEMPÉRATURE

→ En 40 ans +2 à 3 °C



→ -5 % d'oxygène dissous

→ Rivalités entre les espèces

### BAISSE DÉBIT



→ Moins de dilution de la pollution

→ Polluants dans les sédiments

### EXPLOITATION INTENSE DES EAUX SOUTERRAINES



→ Libération du stock existant de molécules mères et métabolites

Evènements climato-hydrologiques extrêmes  
Sécheresse du sol  
Dégradation des forêts, de la ripisylve  
...

...



Eaux souterraines probablement impactées par

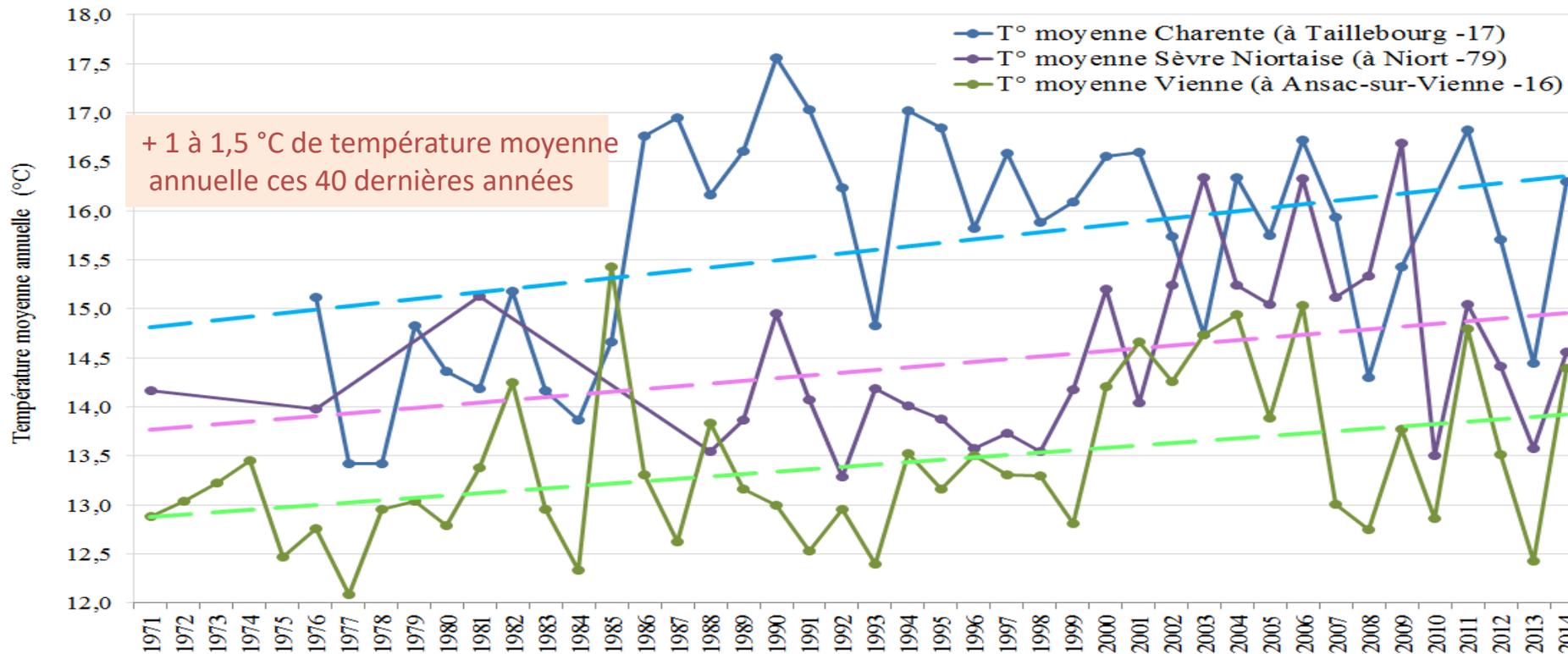
Sources  
Données ARB Nouvelle Aquitaine  
Chapitre Acclimatterra :  
Qualité des Milieux – Bernard Legube et al.

# 4.

## Une température de l'eau qui suit l'augmentation de la température de surface en moyenne annuelle

Constat 1971-2014

Critères de sélection des 3 stations parmi une centaine de stations de 6 cours d'eau : importance du cours d'eau, disponibilité des données, influence négligeable des impacts anthropiques - Moyennes annuelles réalisées à partir des données d'évaluation de la qualité des eaux des Agences de l'Eau (fréquence d'échantillonnage d'une mesure mensuelle environ).



Sources  
Données ARB Nouvelle Aquitaine  
Acclimaterra :  
Qualité des Milieux – Bernard Legube et coll.

Sources : Agences de l'eau Adour-Garonne et Loire-Bretagne - Traitement et conception graphique : ORE

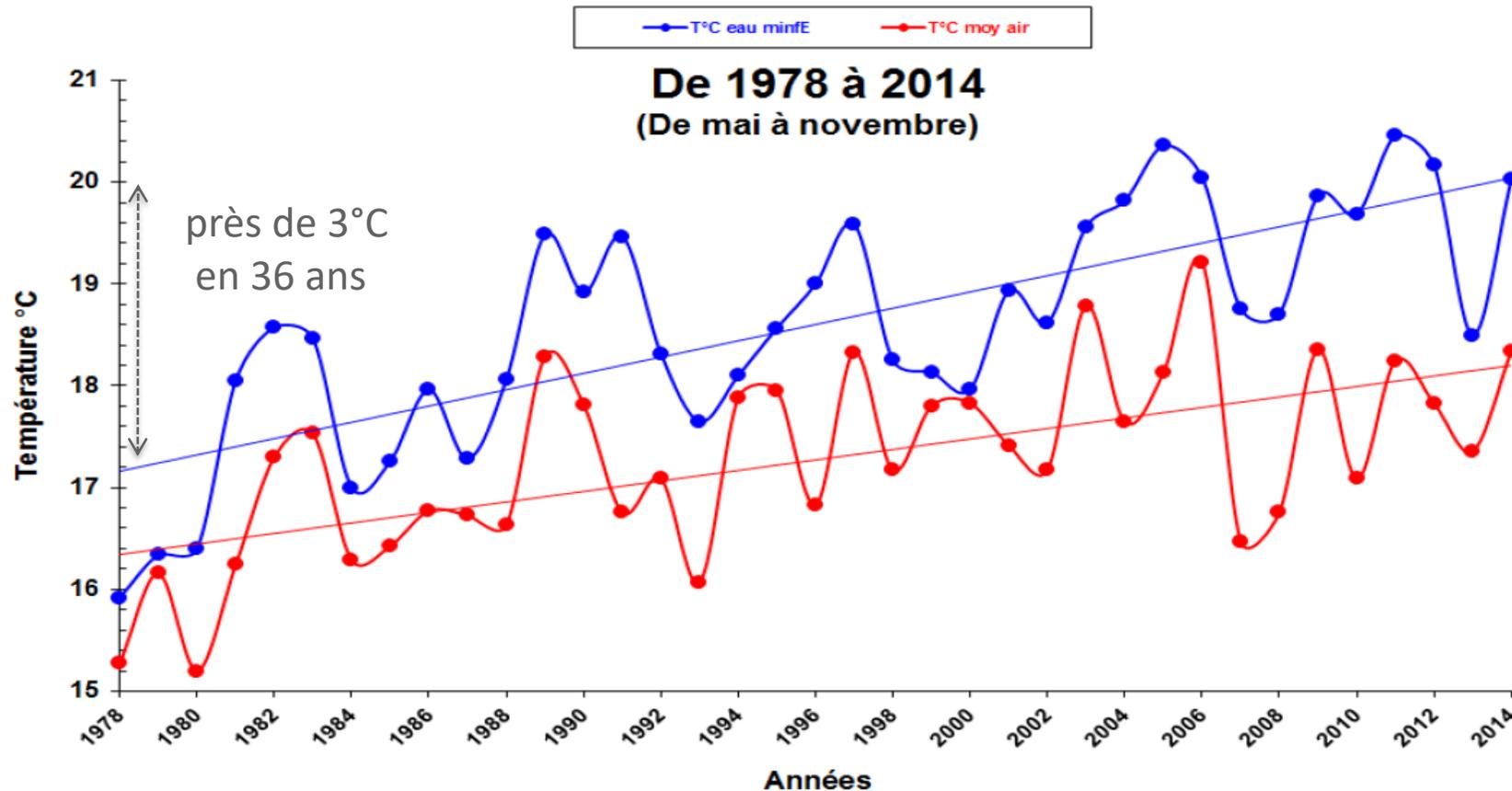
# 4.

## Une température de l'eau qui suit l'augmentation de la température de surface

augmentation encore plus marquée en « été »

Au niveau de Blaye dans l'estuaire de la Gironde

Constat 1978-2014



Source : Acclimaterra  
Qualité des Milieux – Bernard  
Legube et coll.

A noter que la station prise en compte est sous l'influence des rejets (thermiques) de la centrale nucléaire du Blayais, mais qui peuvent être considérés comme sensiblement constants et que les températures moyennes annuelles sont surévaluées car 3 mois d'hiver ne sont pas échantillonnés.

# 4.

## Quels effets principaux de la température ?

### *Sur les espèces biologiques et microbiologiques des eaux superficielles*

**Diminution du taux d'oxygène** : migration et/ou disparition d'espèces –  
Phénomène d'hyperventilation et d'ingestion plus importantes de polluants

**Effets sur la physiologie des espèces** : croissance, fécondité, succès de l'éclosion ...

**Amplification des mécanismes intrinsèques de l'éco-toxicité**

**Augmentation de l'eutrophisation**, avec apparition des  
cyanophycées quand température > 20°C et des toxines d'algues



*Source : Chapitre Acclimaterra :  
Qualité des Milieux – Bernard Legube et al.*

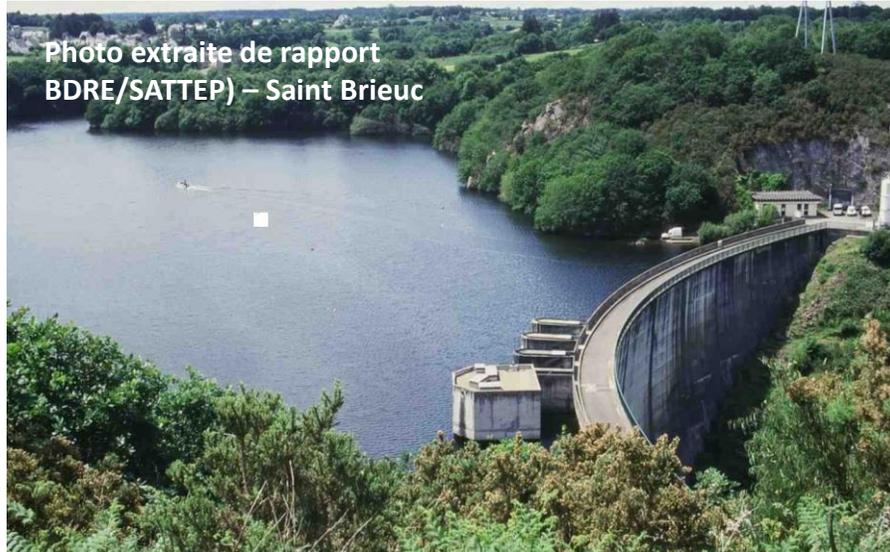


Photo extraite de rapport  
BDRE/SATTEP) – Saint Brieuc

*Source : Rapports 2012 à 2014 SATTEP-Saint Brieuc:  
Suivi de l'eutrophisation de la retenue du Gouët*

**Qu'en sera-t'il de la qualité microbiologique des eaux ? :**  
Germes tests, virus, protozoaires, .... ?

# 4.

## Quels effets principaux de la température ? accompagnée d'une diminution de la dilution

### Sur la physico-chimie des eaux superficielles

Augmentation de la teneur en MON (et modification de sa structure)  
dues à l'eutrophisation et le développement des macrophytes

Augmentation de la température de l'eau (et de l'intensité des rayonnements UV, du pH et de la salinité)

= augmentation et/ou accélération de nombreux processus naturels physico-chimiques et biologiques (solubilité des micropolluants organiques et minéraux, réactions d'hydrolyse, photolyse, désorption, complexation, biodégradation, coagulation, sédimentation)  
= diminution et/ou ralentissement d'autres phénomènes (sorption, solubilité des gaz, ...)

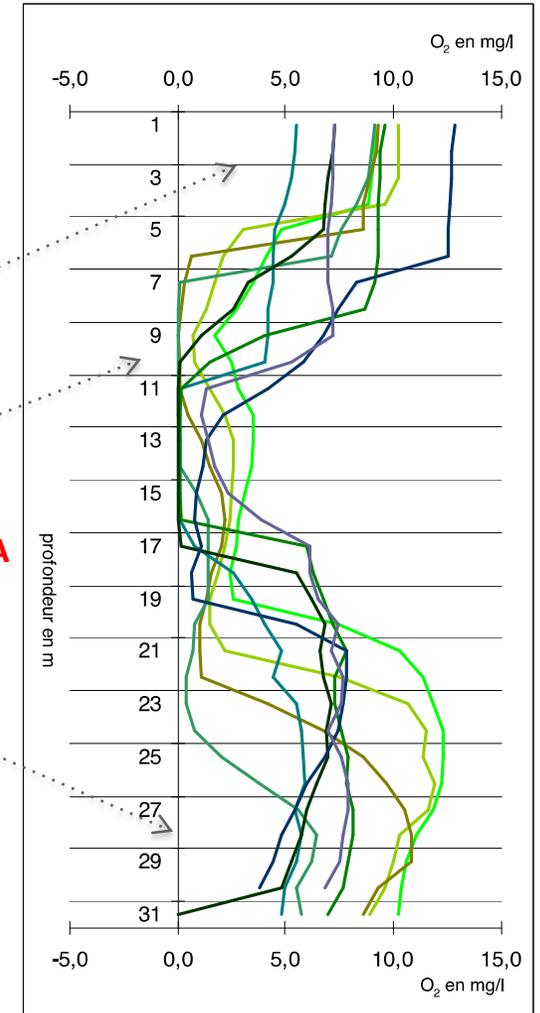
Augmentation du pH de 7 à 9 dans l'épilimnion

Apport de charge organique (algues mortes)  
Développement de bactéries aérobies dans le métalimnion

Apport de MO endogène (autochtone) à faible SUVA

Augmentation des teneurs en Fe, Mn et P dans l'hypolimnion

Exemple de profils d'oxygène dissous observés sur la retenue du Gouët en 2010



Source

1<sup>er</sup> ouvrage Acclimaterra :  
Qualité de l'eau – Hélène Budzinski et coll.

Source : Rapports 2012 à 2014  
SATTEP-Saint Brieuc

MI-JUILLET MI-SEPTEMBRE

# 4.

## Quels effets principaux des phénomènes hydrologiques extrêmes ? accompagnée d'une augmentation de la température des sols

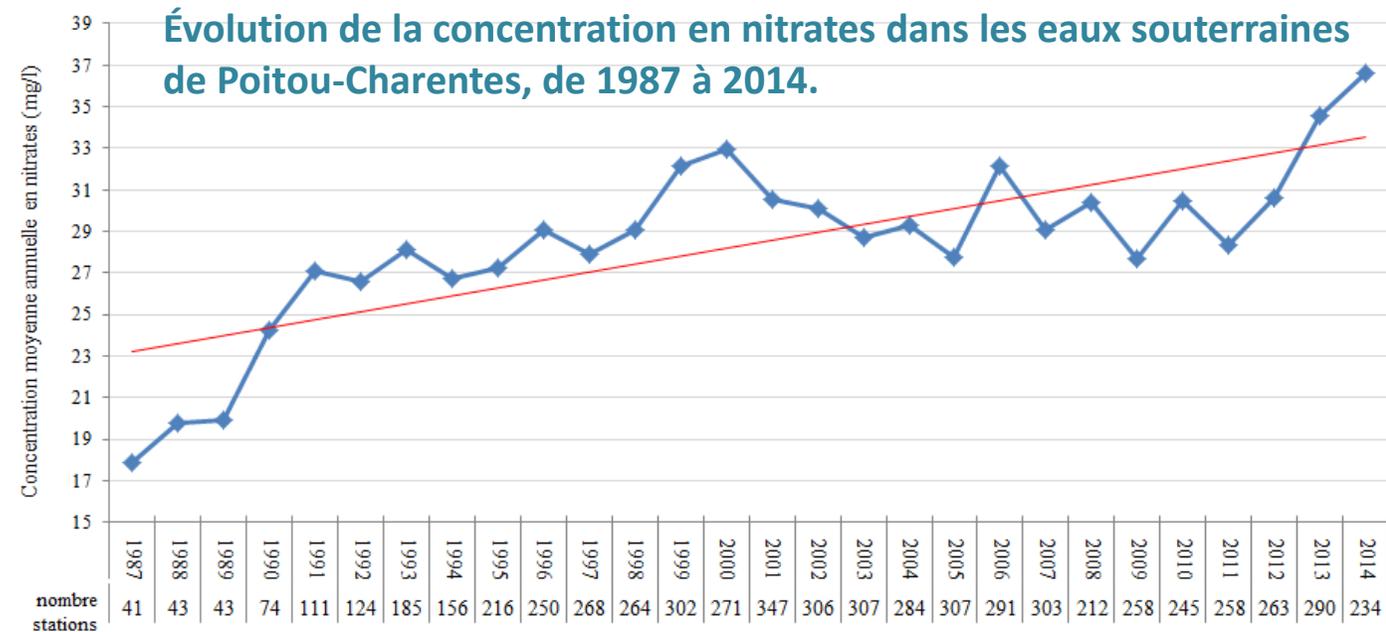
**Sur la physico-chimie des eaux souterraines en lien avec les « stocks » de polluants dans les sols et avec la minéralisation de leur MO**

Les teneurs en nitrates dans les eaux souterraines pourraient augmenter

Les pesticides et autres POP pourraient être de plus en plus déstockés, notamment sous des formes métabolisées

... et les stocks de métaux (cuivre et cadmium principalement) ?

*Acclimaterra (2018) :  
Qualité des Milieux – Bernard  
Legube et al.*



Source : ADES (réseaux RCO-RCS) - producteurs : AEAG, AELB, BRGM - Traitement et conception graphique : ORE

**... et les stocks contenus dans les sédiments des eaux superficielles (retenues, estuaires, littoral ...)**

# 4.

## Un impact évident sur le traitement des EDCH (eau potable)

*... car l'augmentation de la température et la diminution de la dilution  
(à rejets constants) auront des effets*

sur la transformation des matières organiques naturelles (COD) et la difficulté à l'éliminer avec les traitements conventionnels

sur les concentrations en micropolluants organiques et minéraux et la

nécessité de mettre en place des traitements dits « d'affinage » en ESu ou des traitements spécifiques en ESo

sur la distribution en réseaux : stabilité de l'eau, relargage de monomères de matériaux

sur le prix de l'eau : entretiens et diversifications des ressources, traitement de l'eau, réseaux de distribution ...  
plus un surcoût en assainissement

**... et/ou sur l'investissement supplémentaire et  
l'exploitation des STEP**

**... et sur les zones de baignade**



Photo : AcclimaTerra



Photo : AcclimaTerra

5.

# Conclusions

(Atténuation – Adaptation – Formation –  
Besoins de connaissances et de recherche)

# 5.

## L'atténuation en premier lieu

**Les modèles de prévision** (avec leur incertitude), **prévoient + 1,5 à 2,8 °C à horizon 2050** (par rapport à 1980/2000) **dans les meilleurs cas** et jusqu'à + 6°C d'ici la fin du siècle à partir du scénario d'émission de GES le plus pessimiste.

**Le seul moyen de freiner cette évolution à l'échelle de la planète est de réduire les émissions de GES.** C'est l'ATTENUATION. Si rien n'ai fait, certaines modifications pourraient devenir irréversibles au delà de la moitié du XXI<sup>ème</sup> siècle.

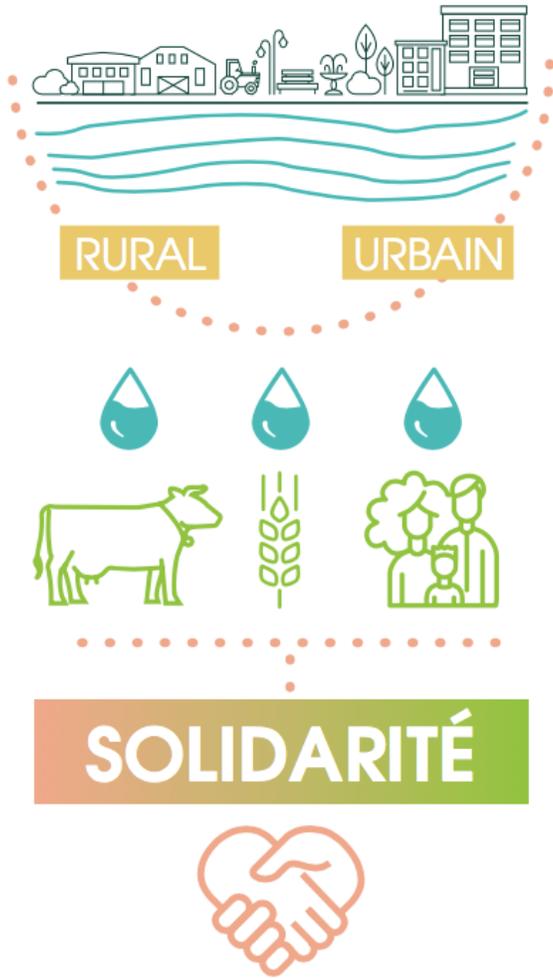
🌱 A l'échelle mondiale, comme nationale, il n'y a pas de diminution pour le moment des émissions de gaz à effet de serre, alors que le dernier rapport du GIEC (2018) annonce qu'il faudrait arriver rapidement à zéro émission de GES

🌱 « **Pour arriver à zéro émission de GES, il faut des transformations de très grande ampleur** » (H. Le Treut, L'Actualité Nouvelle Aquitaine)

**Il faudra aussi s'adapter par ajustement et par transformation et probablement par renoncement**

[www.acclimaterra.fr](http://www.acclimaterra.fr)

# 5. Sur les ressources en eau douce



*Acclimaterra (2018) :  
Disponibilité de l'eau – Alain Dupuy et coll.  
Qualité des Milieux – Bernard Legube et al.*



# 5.

## Quelles perspectives et quels plans des Agences de l'eau ? en termes de disponibilité des ressources



### Constat et prévisions en Adour-Garonne, sans revoir les DOEs

Déficit annuel 2010 : 151 millions de m<sup>3</sup> (en étiage)

Déficit annuel actualisé pour 2018-19 : 200 millions de m<sup>3</sup> (en étiage)

Déficit annuel estimé en 2050 (base scénario 4.5) : 1000 à 1200 millions de m<sup>3</sup> (en étiage)

Usages	Prélèvements actuels annuels en 2018	Prélèvements actuels à l'étiage Juin à octobre 2018	Consommation à l'étiage Juin à octobre 2018	Prélèvements annuels estimés en 2050 avec économie d'eau	Consommation à l'étiage en 2050 avec économie d'eau
Industrie	380 Mm <sup>3</sup> (dont 200 pour Golfech)	158 Mm <sup>3</sup>	23 Mm <sup>3</sup>	360 Mm <sup>3</sup>	22 Mm <sup>3</sup>
AEP	720 Mm <sup>3</sup>	300 Mm <sup>3</sup>	90 Mm <sup>3</sup>	760 Mm <sup>3</sup>	95 Mm <sup>3</sup>
Irrigation	866 Mm <sup>3</sup>	866 Mm <sup>3</sup>	866 Mm <sup>3</sup>	666 Mm <sup>3</sup>	666 Mm <sup>3</sup>
Totaux (ordre de grandeur)	2 000 Mm <sup>3</sup>	1 350 Mm <sup>3</sup>	980 Mm <sup>3</sup>	1 800 Mm <sup>3</sup>	780 Mm <sup>3</sup>

# 5. Quelles perspectives et quels plans des Agences de l'eau ? en termes de disponibilité des ressources



Solutions d'adaptation entre 2020 et 2050	Volumes annuels « gagnés » entre 2020 et 2050 (HB et HH)
Gains économie d'eau	200 Mm <sup>3</sup>
Gains SFN et Agro-écologie	50 à 250 Mm <sup>3</sup>
Mobilisation complémentaire de ressources existantes	70 à 400 Mm <sup>3</sup>
Création de stocks	80 à 160 Mm <sup>3</sup>
<b>Total</b>	<b>400 à 1000 Mm<sup>3</sup></b>

Plan d'adaptation : Perspectives

Déficit annuel estimé en étiage 2050 (base scénario 4.5) sans économie ni adaptation : 1 000 à 1 200 millions de m<sup>3</sup>  
 Déficit annuel estimé en étiage 2050 (base scénario 4.5) **avec** économie et adaptation : 400 à 500 millions de m<sup>3</sup>

Autres solutions :  
 Créer des stocks supplémentaires ??  
 Changer les DOE ??  
 Changements et renoncements

# 5. Quelles perspectives d'études et de recherche ? en termes de disponibilité des ressources et de leur qualité

## Etudes territoriales et recherche appliquée

- Hydro-climatologie (débit, thermie, inondations, assecs, immersion, tempêtes ...)
- Suivi qualité des eaux (microbiologie, physico-chimie, indicateurs biologiques, ...)
- Connaissance de la qualité sédiments
- Impacts des (nouveaux) stockages d'eau sur l'environnement et la santé publique
- Evolution de l'eutrophisation (algues) et étude des causes (spatiales et temporelles)
- Gouvernance et socio-économie (suivi des arrêtés, prélèvements, consommation, production énergétique ...)
- réduction « empreinte eau » (industrie, agriculture, urbanisme ...)
- Potentiel « eaux non conventionnelles » (réutilisation des eaux usées, eaux de pluie, ....)
- Innovation en traitement tertiaire des eaux usées urbaines et réutilisation

## Recherche fondamentale

- Outils analytiques globaux (biologiques et physico-chimiques) du suivi de la qualité des eaux
- Mécanismes de développement des cyanobactéries (benthiques) et autres espèces envahissantes
- Impact de la température sur les mécanismes d'éco-toxicologie
- Caractérisation et propriétés des MON (notamment polymères biologiques) et évolution sous effet thermique
- Hydrolyse et photolyse des pesticides et autres MPO
- Impact température sur la libération des stocks de polluants ...

13<sup>ème</sup> congrès du GRUTTEE

Recyclage et diminution de l'empreinte eau dans les produits et procédés

Rennes 18-20 Février 2020

# Le changement climatique : Enjeux quantitatifs et qualitatifs de la ressource en eau

Merci pour votre attention

