



nuît

européenne
des chercheur·e·s

<http://www.univ-pau.fr/nuitchercheurs>

DÉCOUVREZ
LA RECHERCHE
AUTREMENT





CONFÉRENCE

« *Les grands défis de l'eau* »

Dominique Darmendrail



REMERCIEMENTS

Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement Pays Basque
(CPIE) Littoral-basque Euskal-itsasbazterra

Société des Membres de la Légion d'Honneur (SMLH)
sections Béarn Soule et Pays Basque

Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA)

Comité d'organisation

Agnès Descoux Brau - SMLH Béarn Soule

Danielle Gonbeau - SMLH Pays Basque & UPPA

Emmanuelle Lemaire - UPPA

Martine Potin Gautier - SMLH Béarn Soule & UPPA

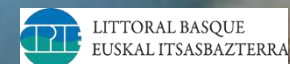
Catherine Regnault Roger - SMLH Pays Basque & UPPA



LES GRANDS DEFIS LIES A L'EAU

Dominique DARMENDRAIL

Septembre 2024



**DÉCOUVREZ
LA RECHERCHE
AUTREMENT**



LES ENJEUX AUTOUR DE L'EAU

Trop d'eau



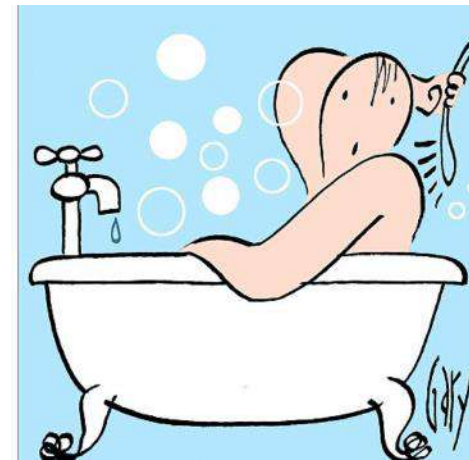
Pas Assez



Trop Chère



Trop Polluée



Trop Gaspillée



Les défis globaux en quelques chiffres

1.2 Milliard de personnes dans le monde concernées par un **risque d'inondation**, jusqu'à 1.6 en 2050

436 Milliards € perdus ces 35 dernières années à cause des **inondations et sécheresses** en Europe

2 tiers du territoire Européen affecté par le manque d'eau en août 2022

66% de l'**eau douce consommée** par l'agriculture en Europe, jusqu'à 80% dans le monde

60% des masses d'eau en Europe encore de **qualité insuffisante**

78% des emplois dans le monde sont **dépendants de l'eau**

1.88 million de signatures pour l'initiative citoyenne **Right2Water**

833 millions de personnes dans le monde **sans accès à l'eau**, 2 milliards sans assainissement



CHIFFRES

EAU

DOUCE

Exemple l'Eau Cachée

How Thirsty is Our Food?

Liters of water required to produce one kilogram of the following food products*



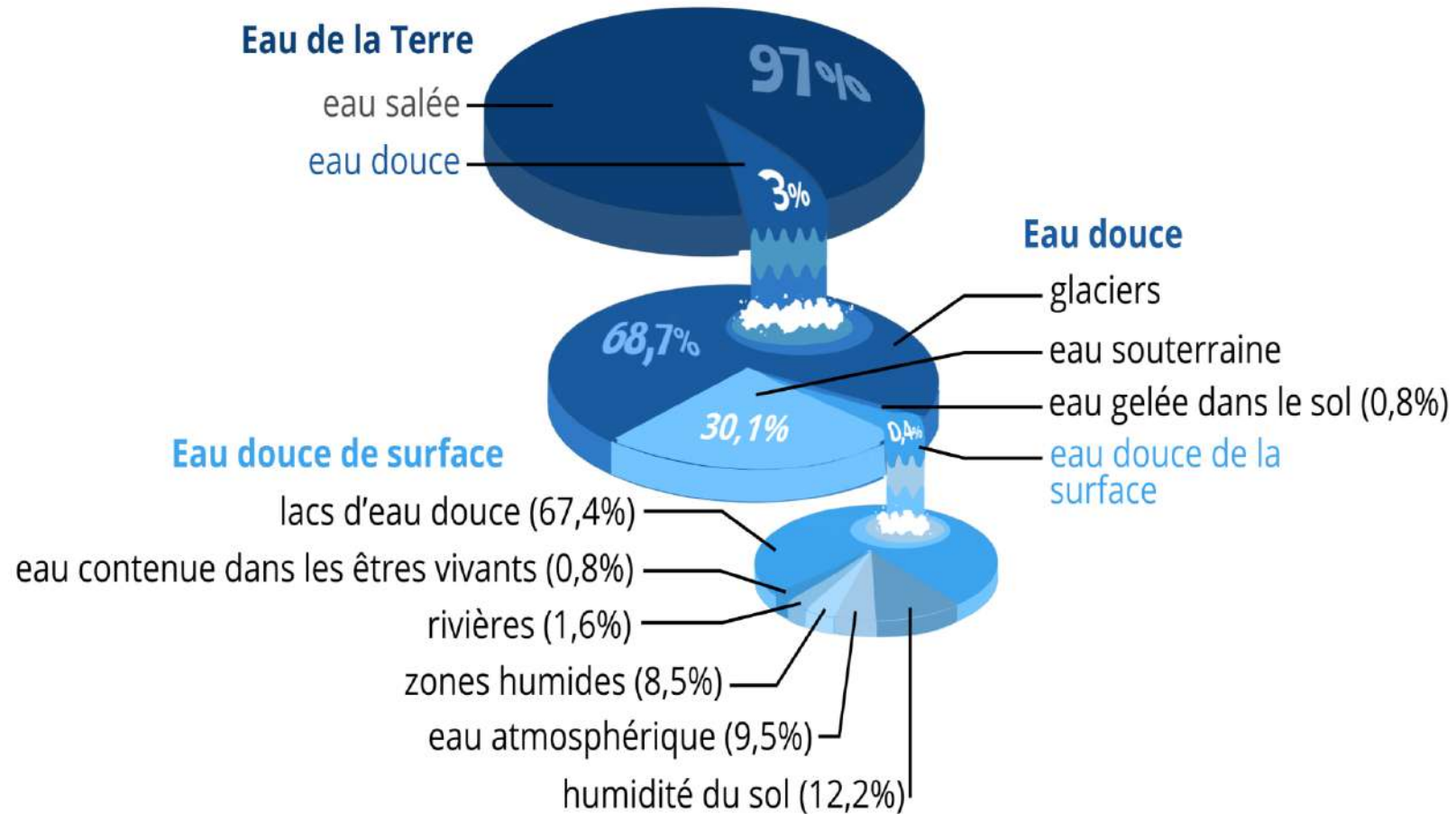
@StatistaCharts

* Global averages

Source: Water Footprint Network

Quelles ressources en eau douce ?

La part d'eau douce sur Terre



Le (Grand) Cycle de l'Eau



Quelques défis parmi les nombreux en face de nous

- Mieux prédire l'évolution des ressources en eau
- Apprécier la qualité des ressources en eau
- Quelles solutions pour gérer les situations rencontrées (manque d'eau / nouvelles ressources, pollutions diffuses) ?
- Partager une ressource que l'on croyait en France «infinie» > réinventer notre système de gouvernance
- Quelles données pour prendre des décisions en pleine connaissance ?

Le grand cycle de l'eau en France

Moyenne 1991 – 2020

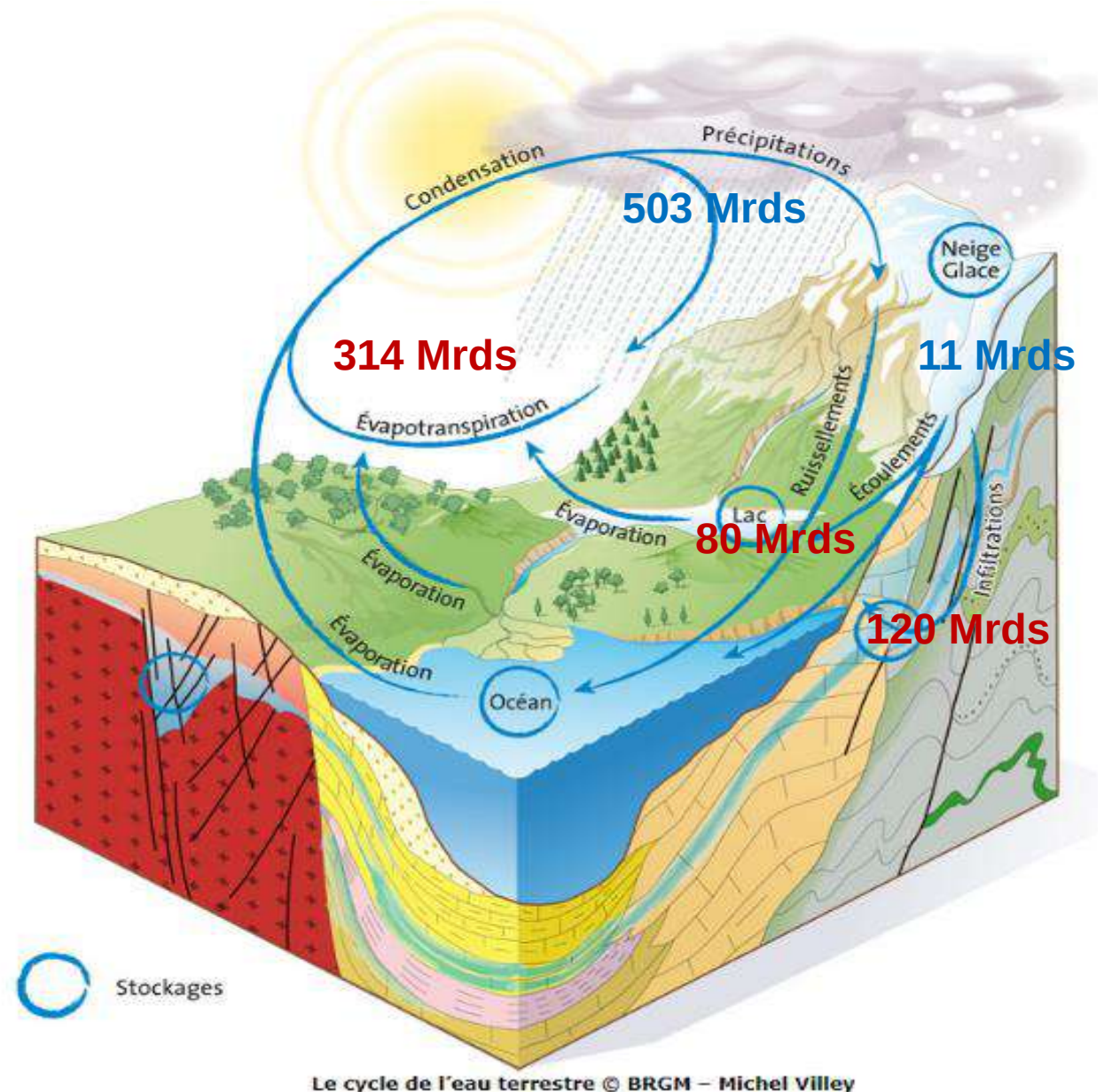
Ca. 500 Milliards de M3 de pluie

2022 – Année de sécheresse

Pluviométrie 385 Milliards de M3

2023 – Année dans la normale

source : bnpe.eaufrance.fr

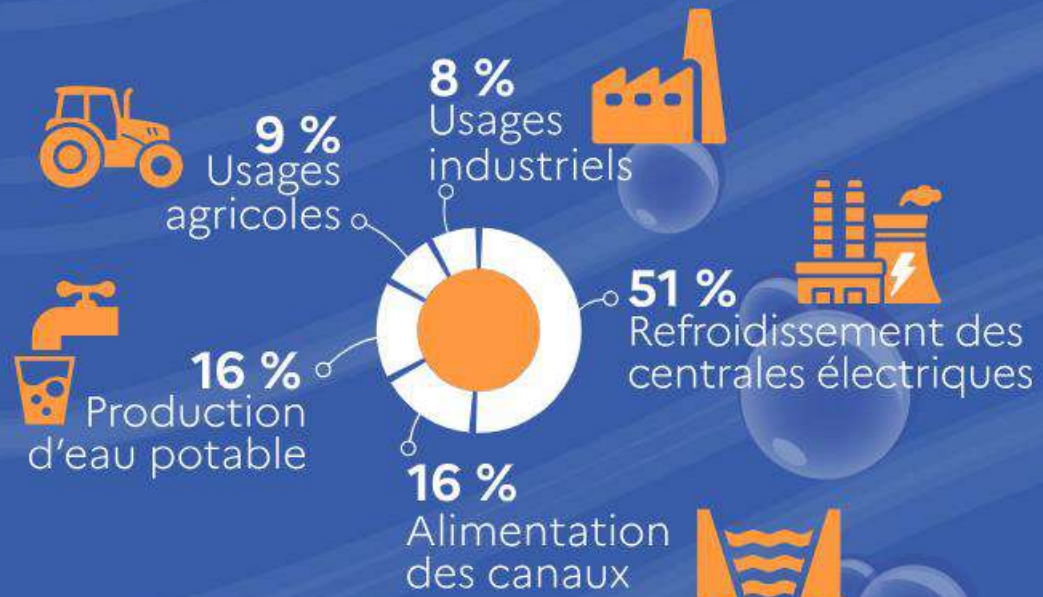


Prélèvements vs. consommations

Prélèvements

Moyenne 2010-2019

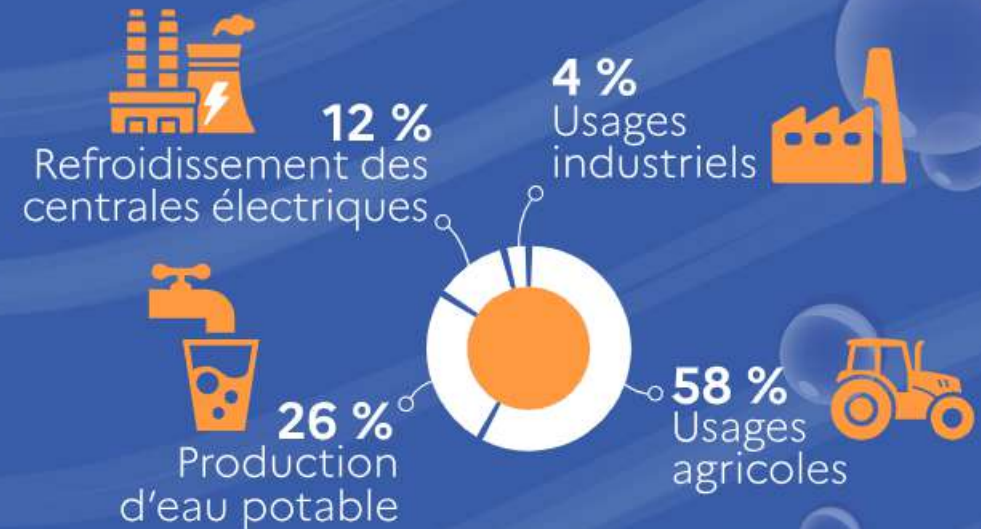
32,8 milliards de m³
d'eau douce prélevés



Consommations ou prélèvements nets

Moyenne 2010-2019

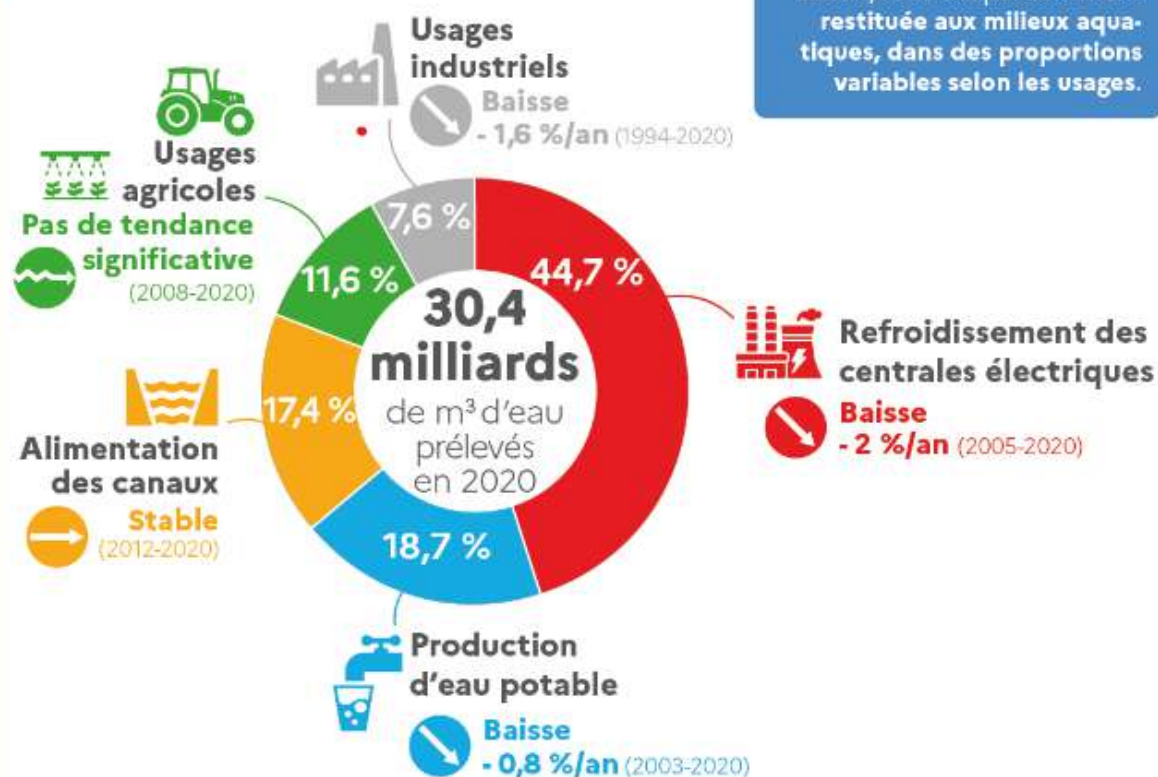
4,1 milliards de m³
d'eau douce consommés



Prélèvements / Tendances

Les prélèvements d'eau douce en France en 2020

Prélèvements d'eau douce selon les usages (hors hydroélectricité)

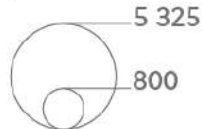


Usages de l'eau souterraine – Une affaire de territoires !

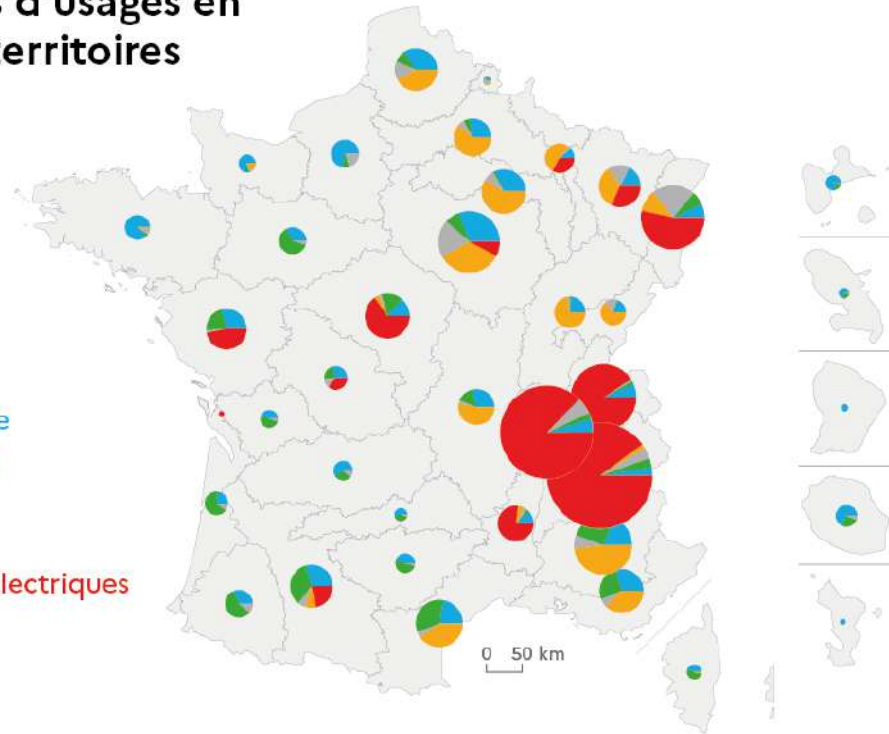
Répartition des usages de l'eau par bassin

Des disparités d'usages en fonction des territoires

Prélèvements d'eau
(en millions de m³)



-  Eau potable
-  Agriculture
-  Industries
-  Canaux
-  Centrales électriques



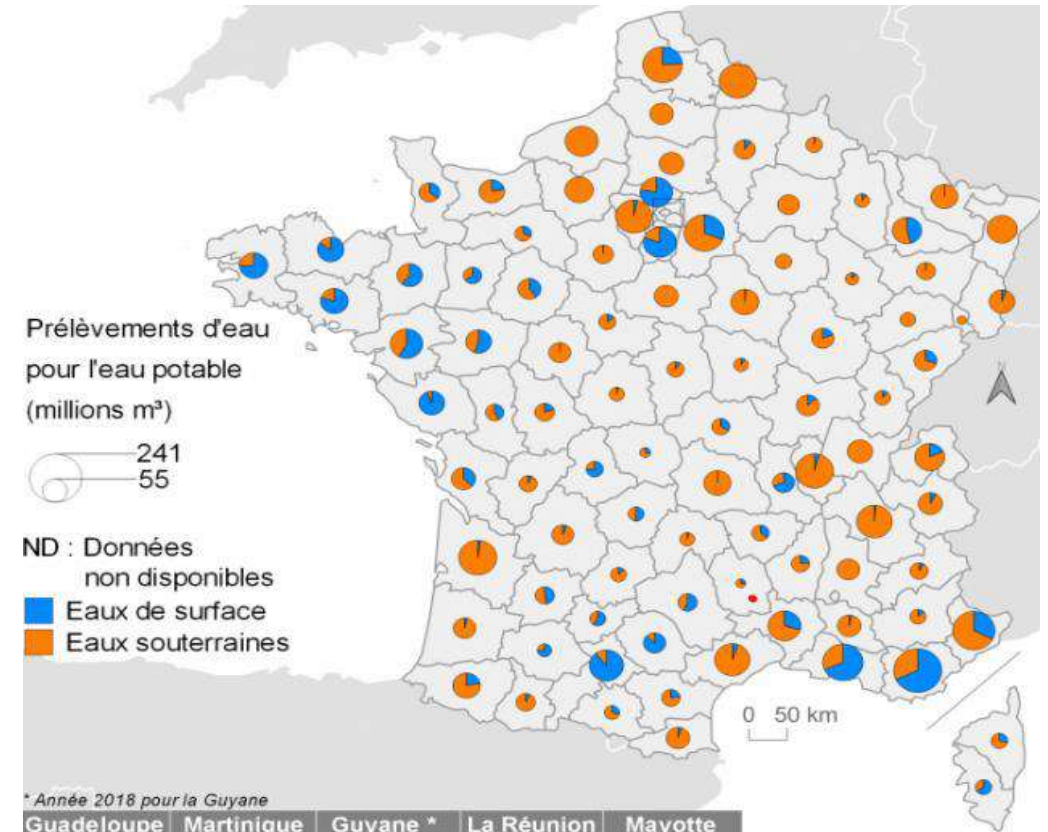
Source : données issues de la Banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE).
Traitements SDES par sous-bassin hydrographique, 2023

Part des eaux souterraines par département

Prélèvements d'eau
pour l'eau potable
(millions m³)



- ND : Données non disponibles
-  Eaux de surface
 -  Eaux souterraines



* Année 2018 pour la Guyane

Guadeloupe Martinique Guyane * La Réunion Mayotte



De fortes disparités spatiales - Pluviométrie

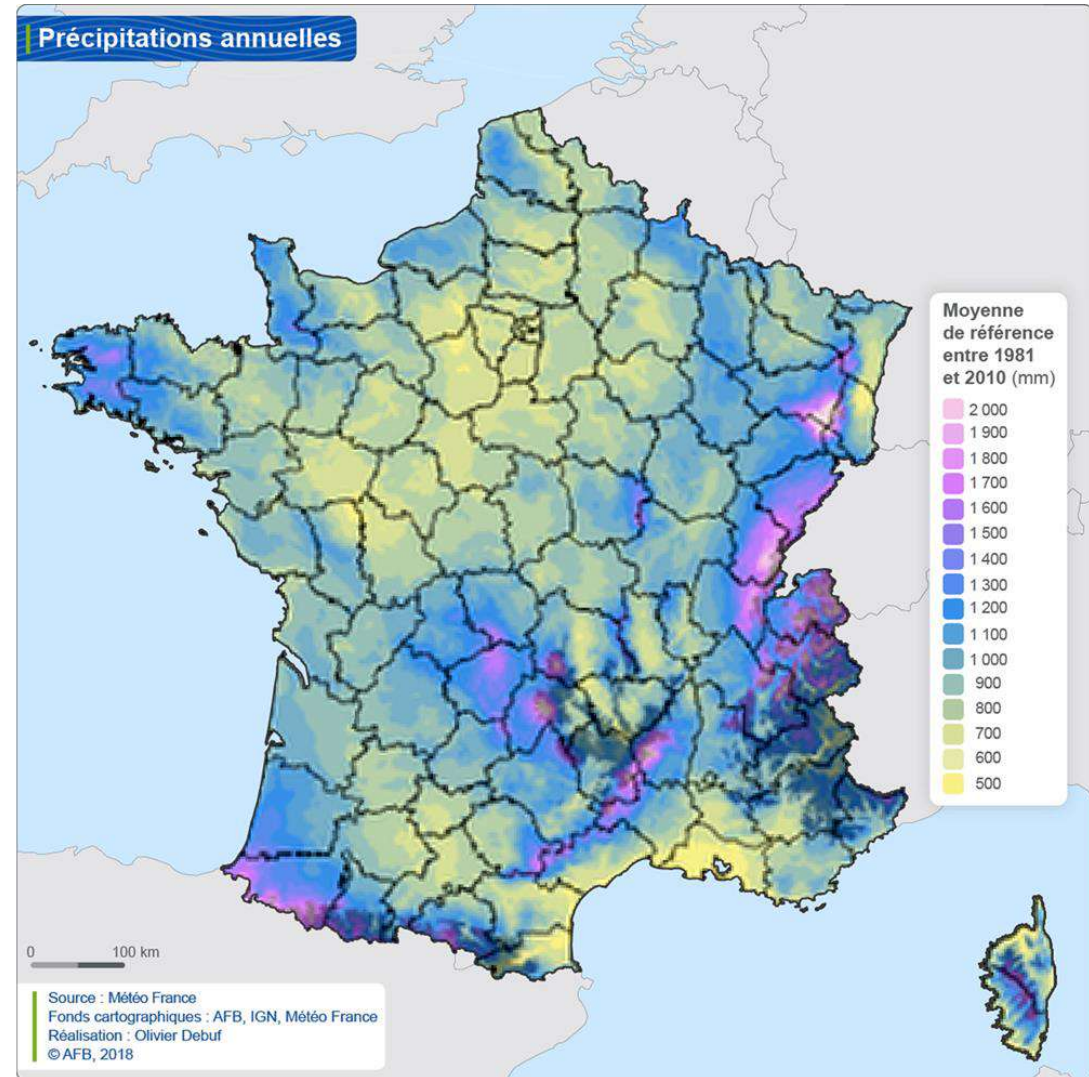
Entre 500 mm et 2000 mm

En France Métropolitaine

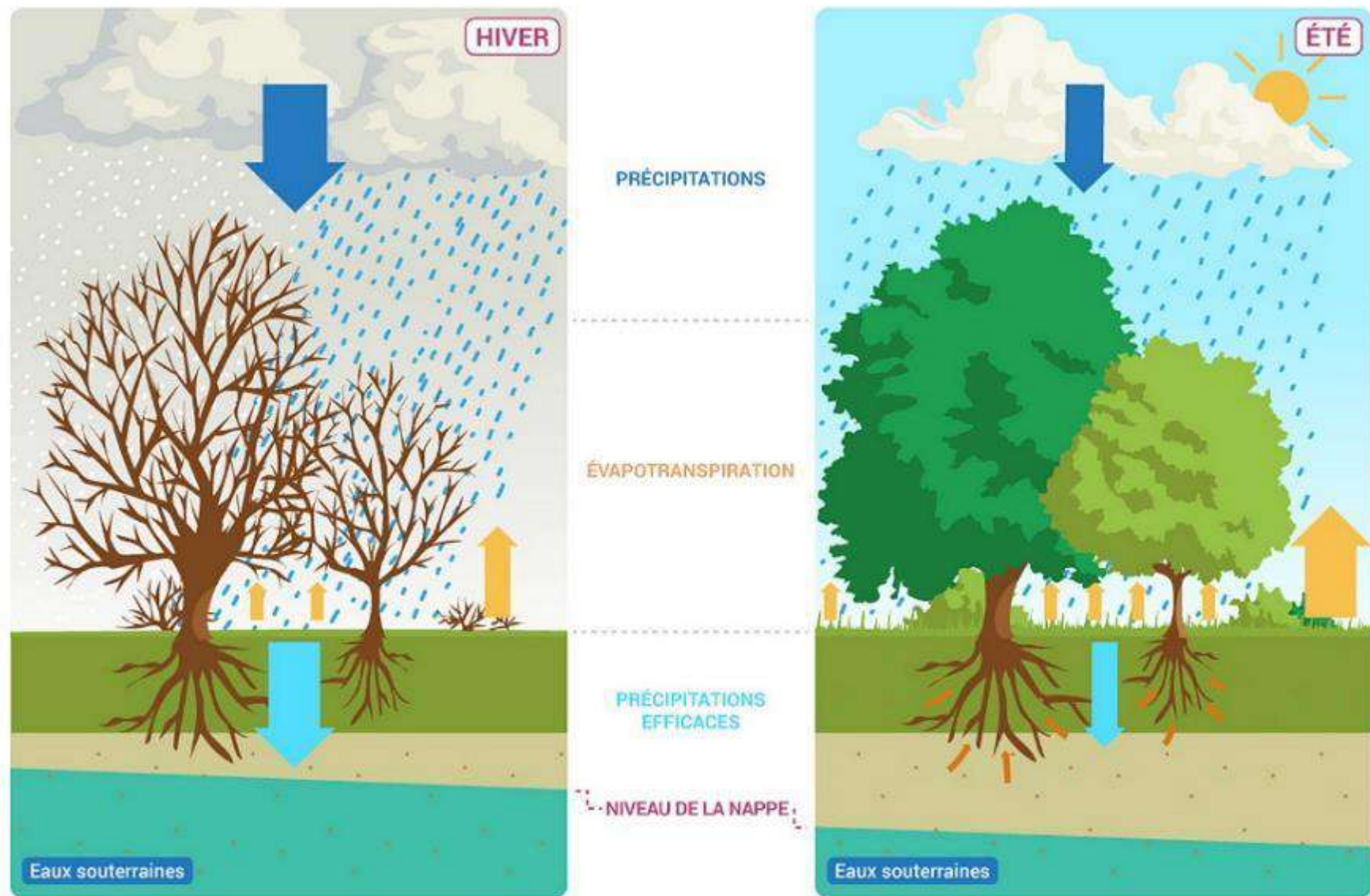
Entre 1981 et 2020

**2022 – 2023 – Années de
sécheresse**

Pyrénées Orientales – 234 mm de pluie



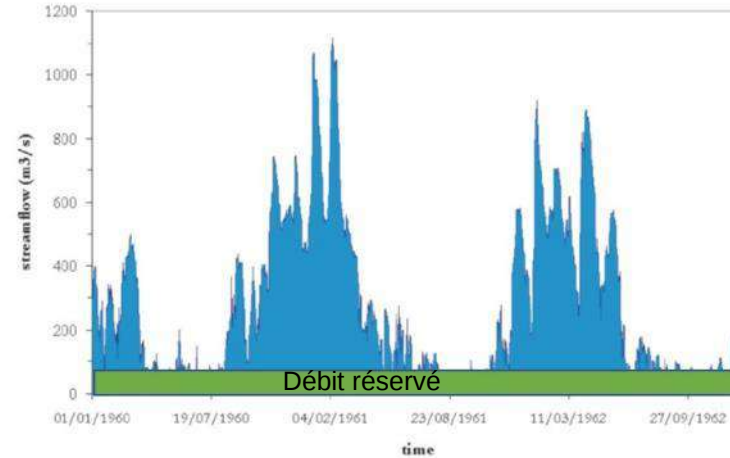
De fortes disparités temporelles



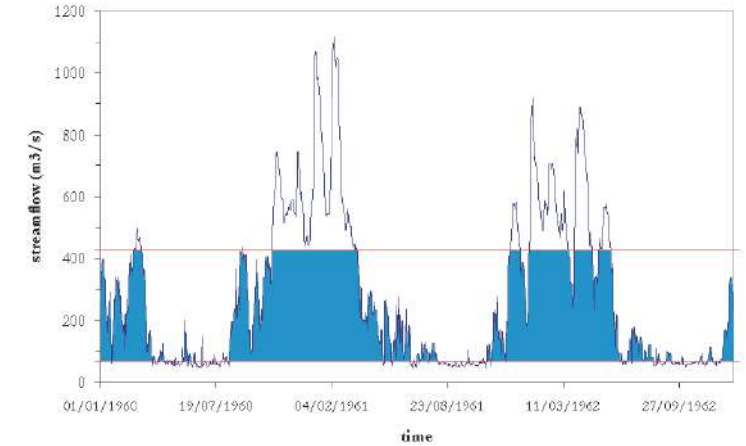
Réserves vs. Ressources

Ressources
théoriques vs.
ressources
mobilisables pour
des usages

Cours d'eau

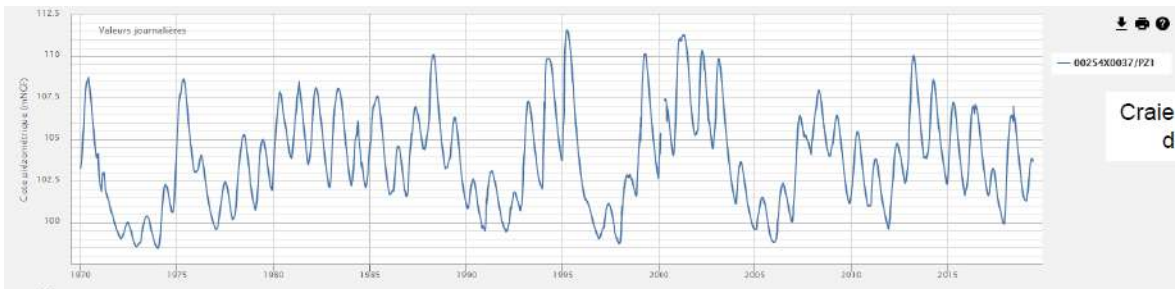


Crues – pas vraiment utilisable
directement



Source : **INRAE**

Nappes d'eau souterraine



Craie sénonienne
de l'Artois

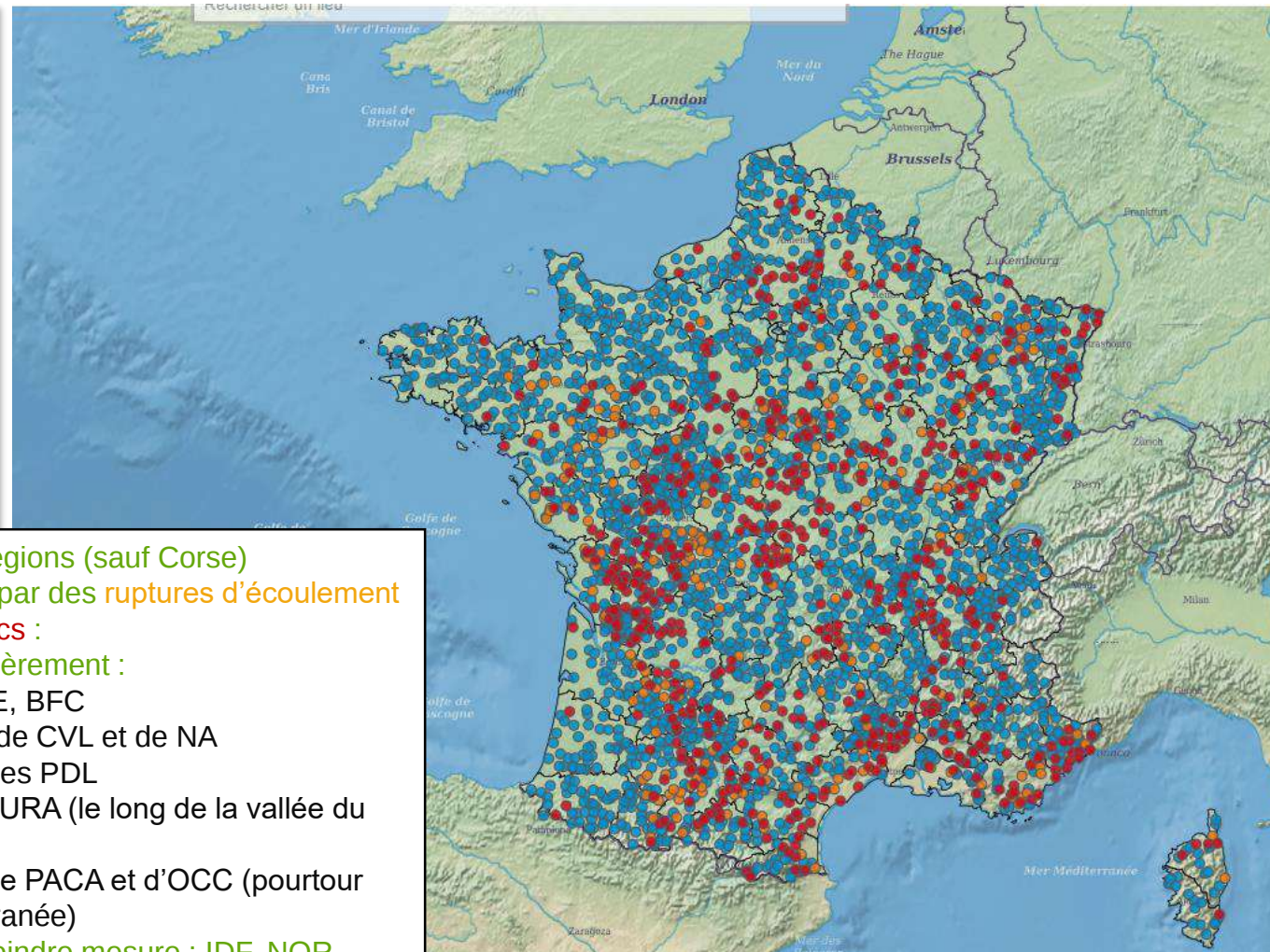
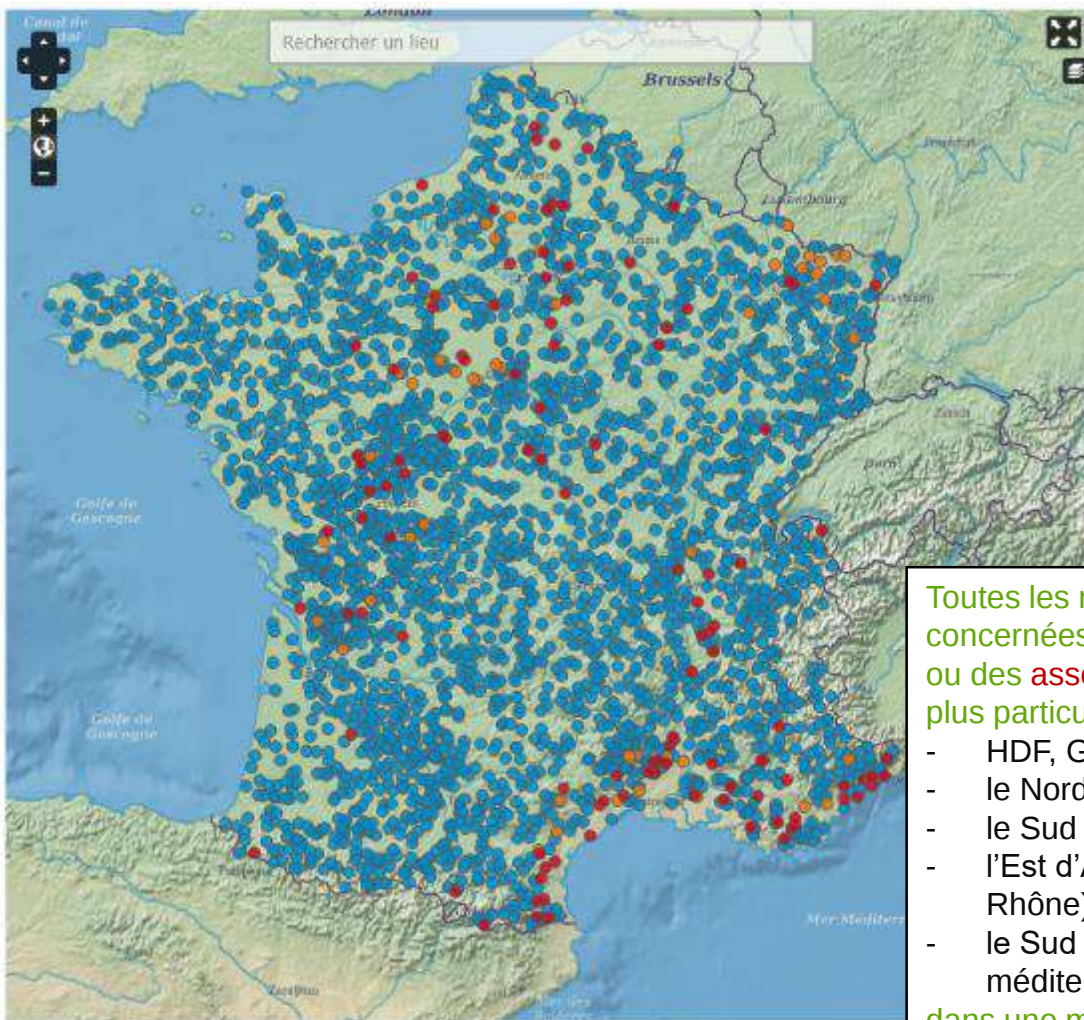


Diversité naturelle des nappes : cyclicité annuelle,
pluriannuelle, voire double

Observations ONDE : situation au 01/07/2023

Situation au 1^{er} juin 2023
(25/05 à +/- 4 jours)

Situation au 1^{er} septembre 2023



Toutes les régions (sauf Corse)
concernées par des ruptures d'écoulement
ou des assecs :

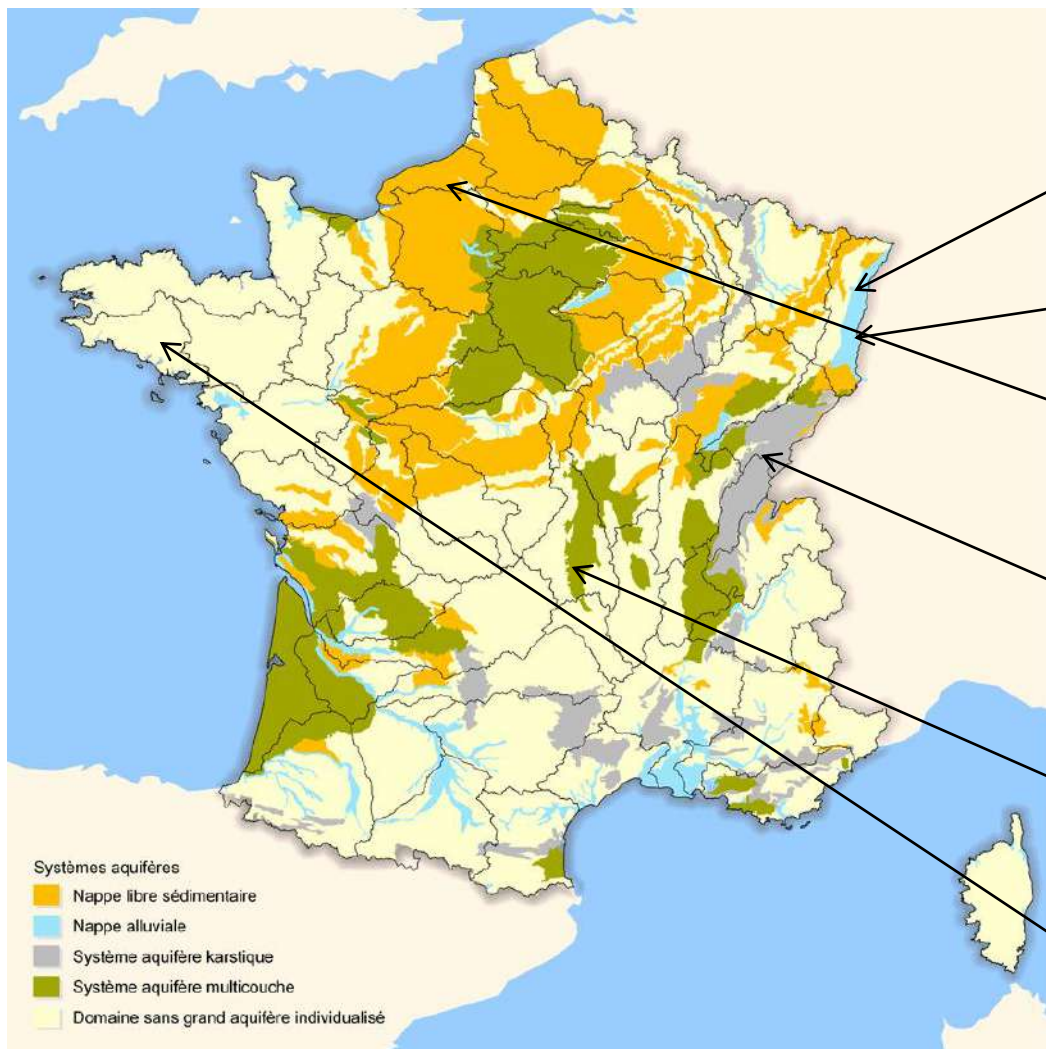
plus particulièrement :

- HDF, GE, BFC
- le Nord de CVL et de NA
- le Sud des PDL
- l'Est d'AURA (le long de la vallée du Rhône)
- le Sud de PACA et d'OCC (pourtour méditerranéen)

dans une moindre mesure : IDF, NOR,
BRE

Des nappes de nature et réactivité très variées

La France dispose de 6500 aquifères, dont 200 aquifères d'importance régionale (superficie entre 1000 et 100 000km²), abritée par des roches variées



Perméabilité ↑



gravier



sables



craie



Calcaires
+/- karstique

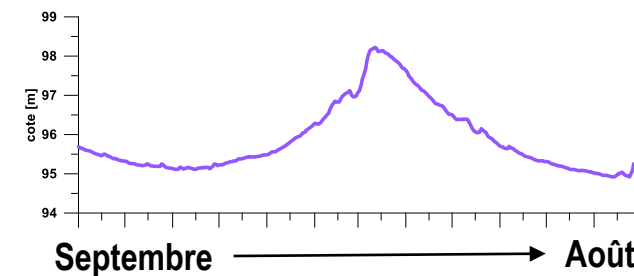


Roches
volcaniques

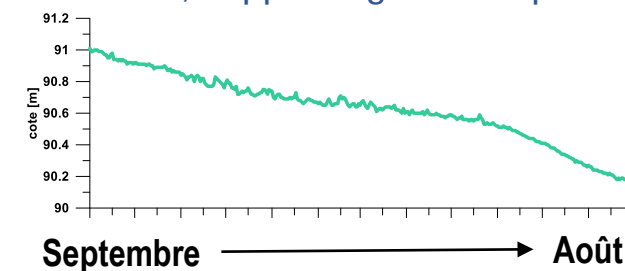


granites

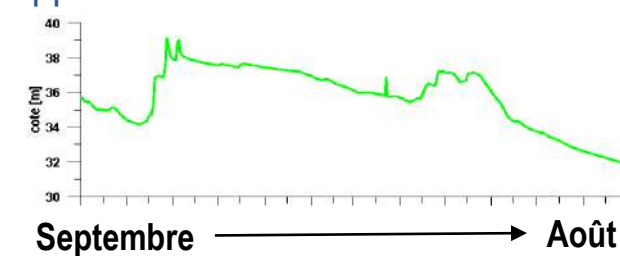
Aquifères sédimentaires :
Double cyclicité : saisonnière et pluriannuelle



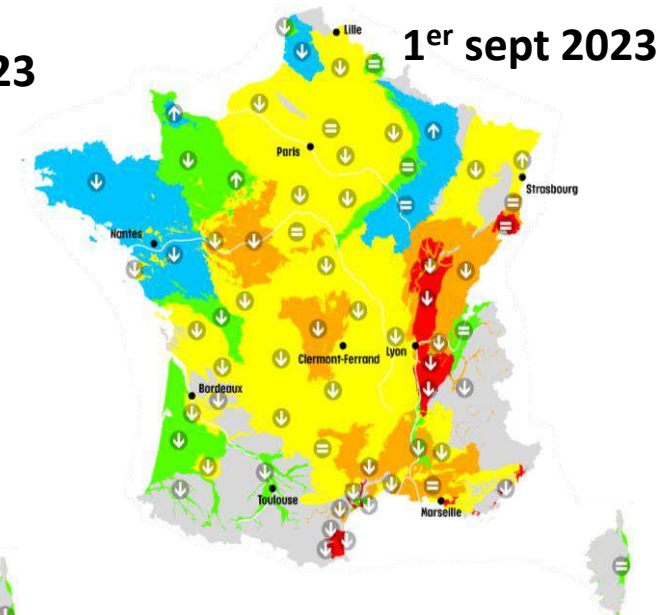
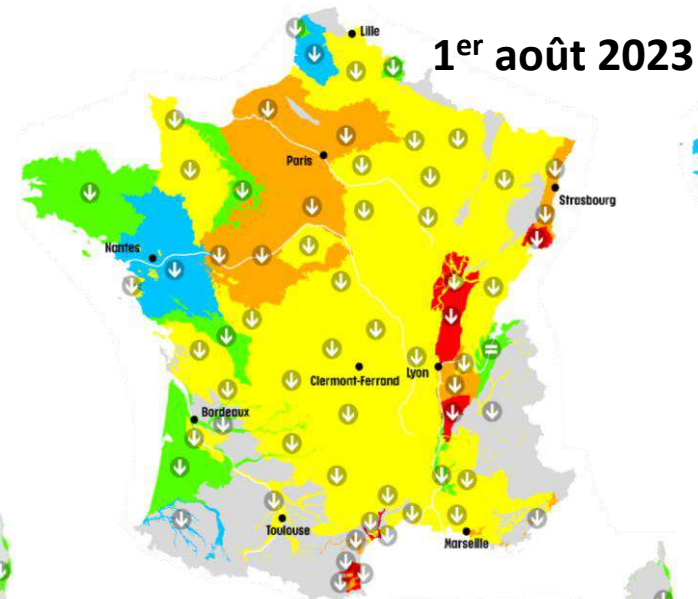
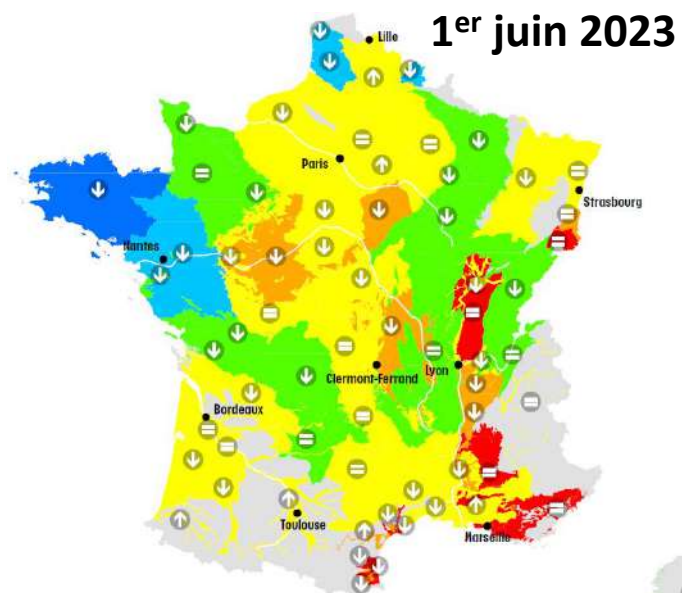
Craie, calcaires de Beauce :
Forte inertie, nappe de grande capacité



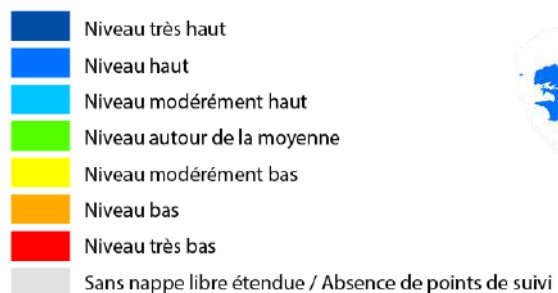
Karst :
Réactions rapides + tendance saisonnière, secteurs sans grandes nappes



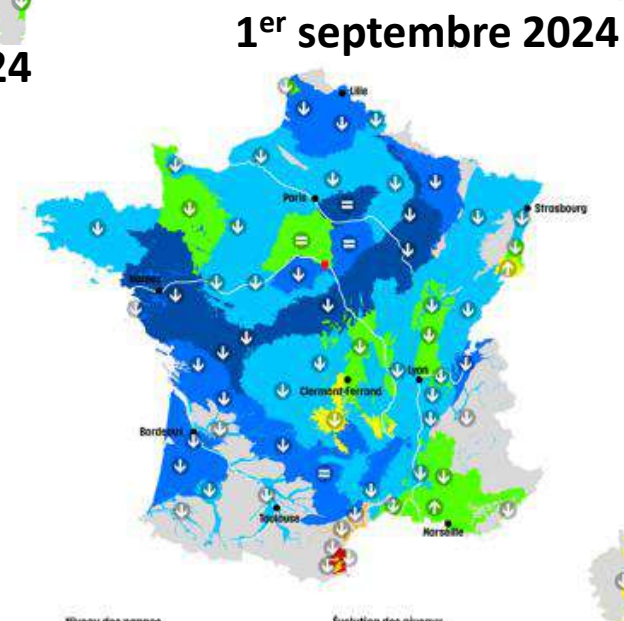
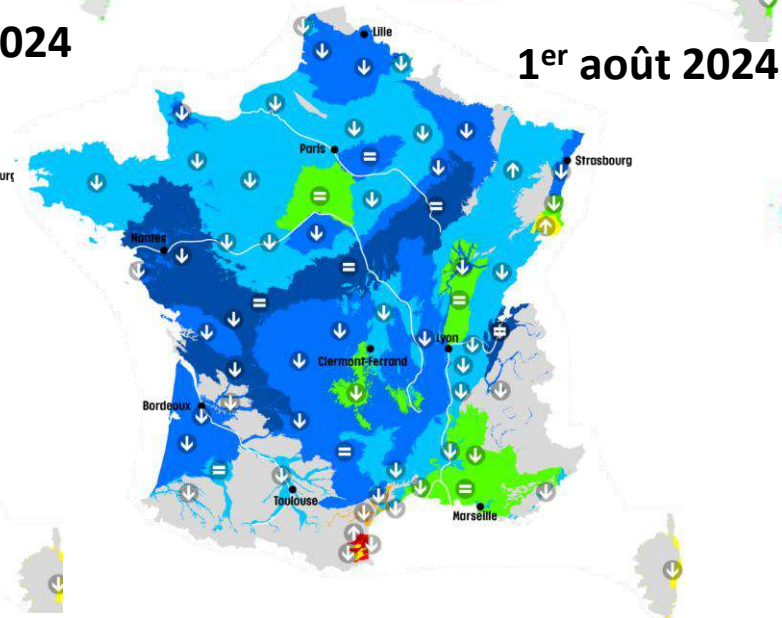
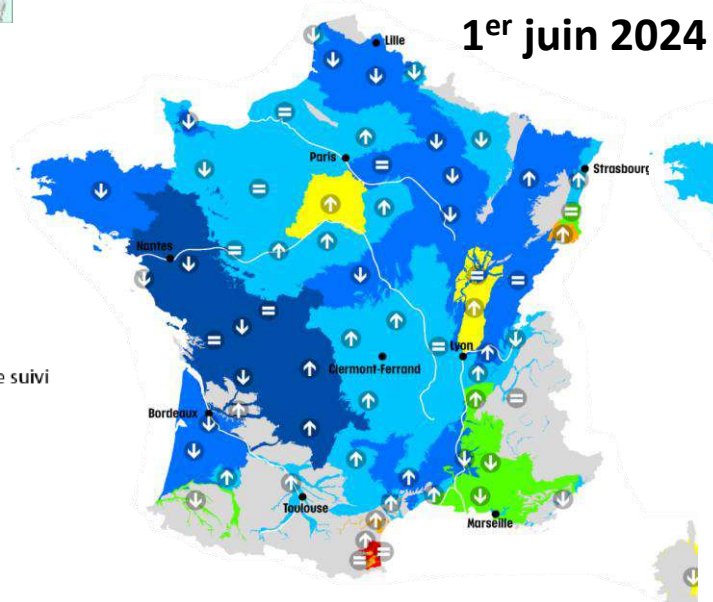
Etat des nappes d'eau souterraine



Niveau des nappes



Évolution des niveaux



Niveau des nappes

Évolution des niveaux

L'eau des robinets du pays basque vient du pays basque ...

5 000 km de cours d'eau

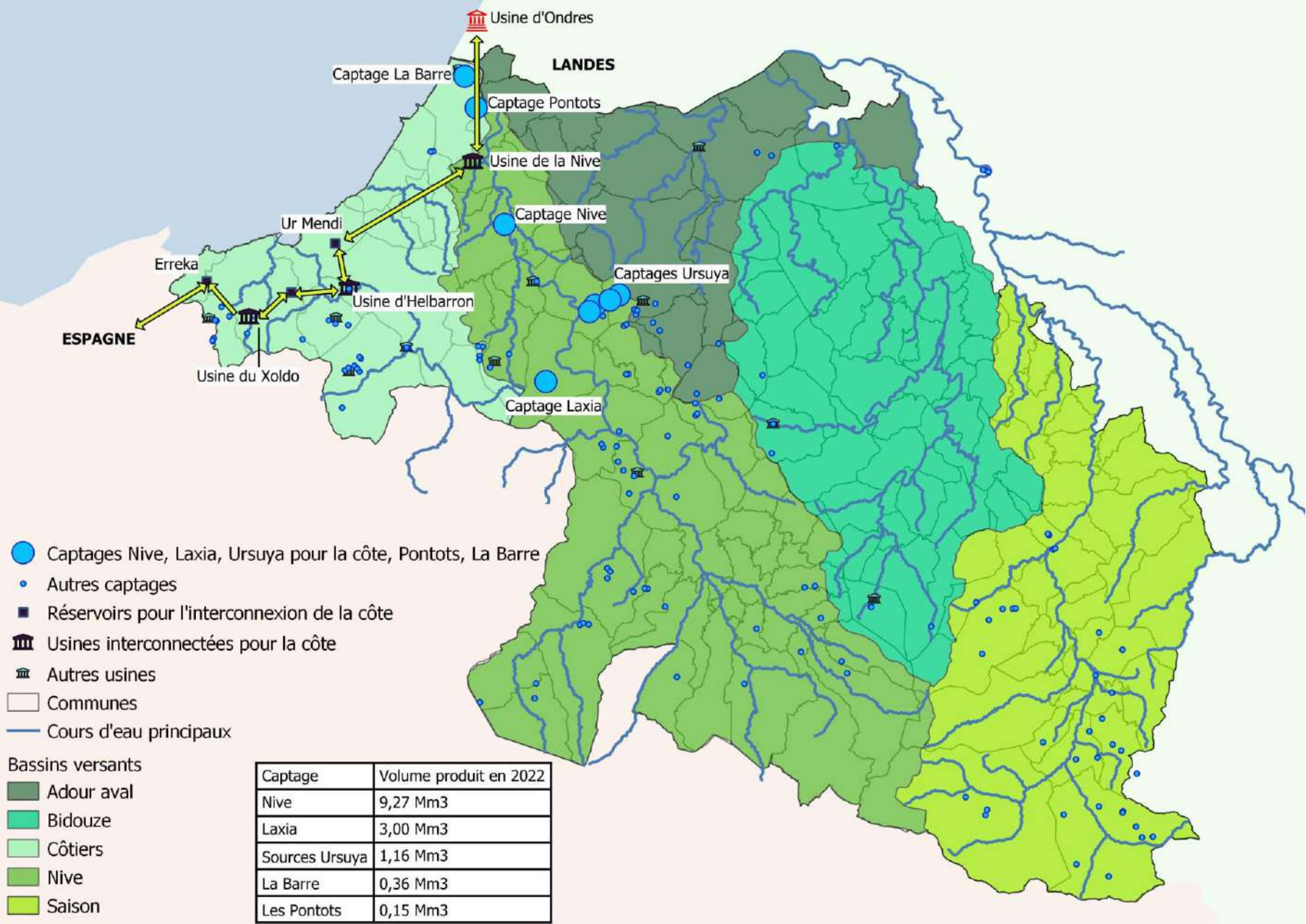
138 unités de prélèvements (dont 50% d'eau souterraine)

323 000 habitants

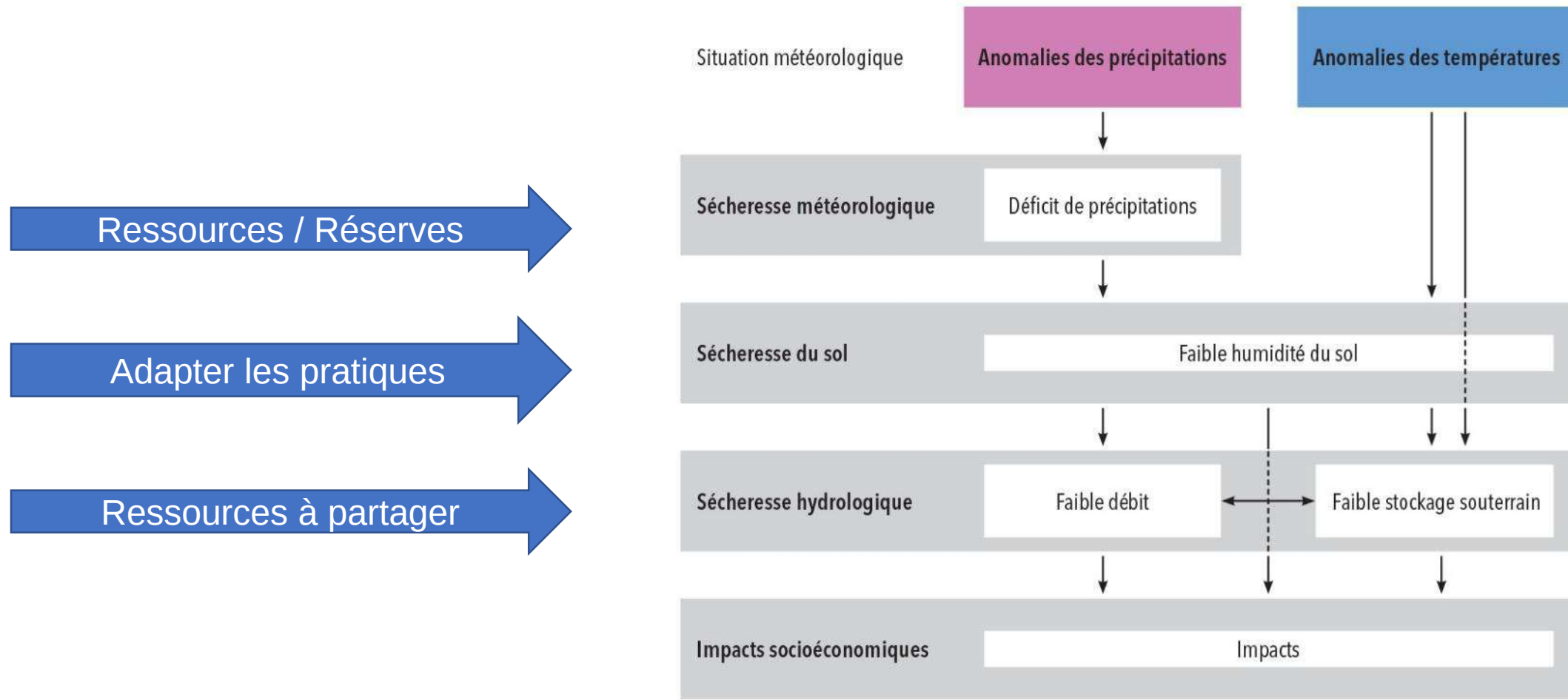
190 700 abonnés


80 000 m³
d'eau potable sont mis en distribution chaque jour

soit l'équivalent d'**1,5 piscine olympique** toutes les heures!

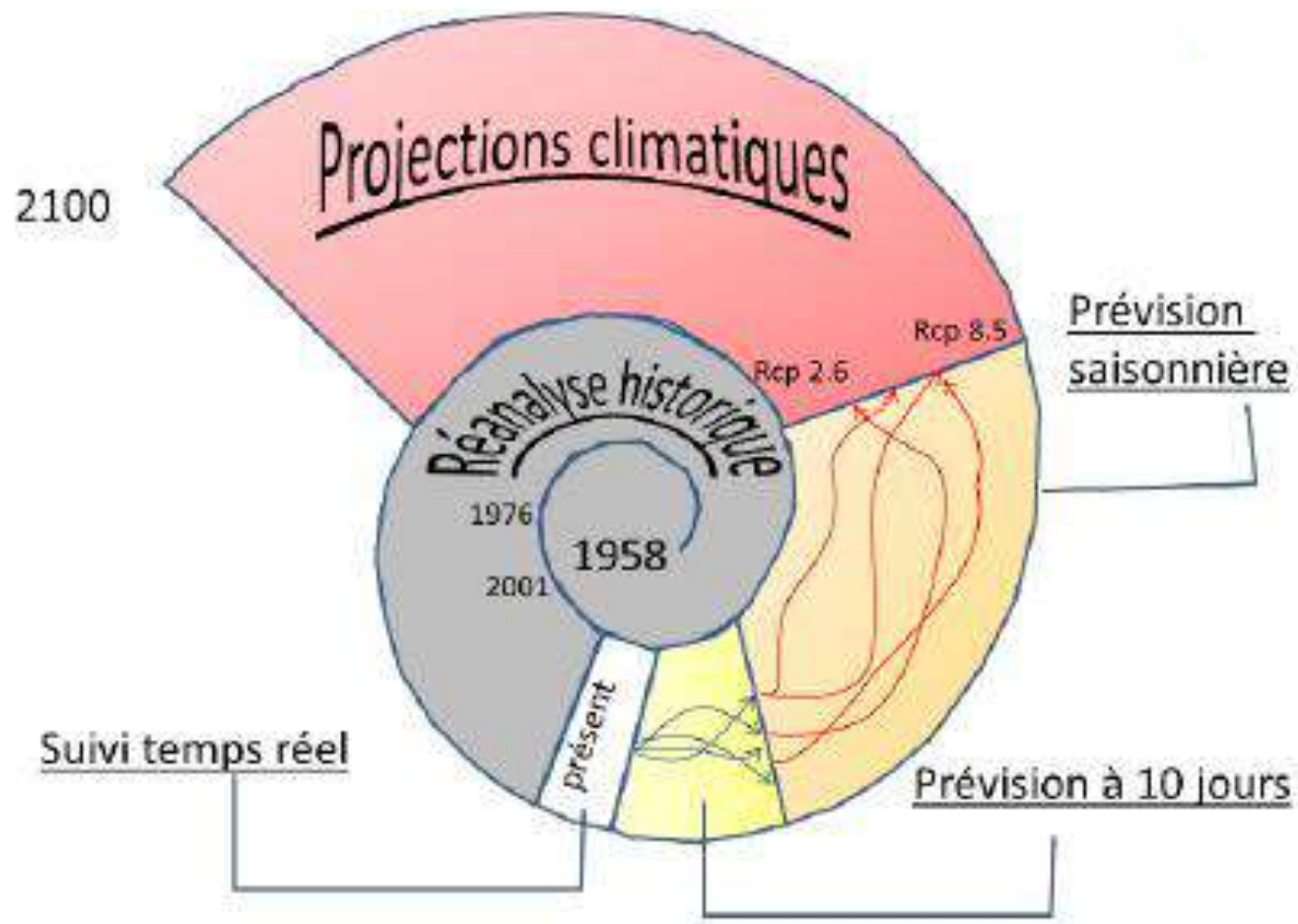


Trois types de sécheresse



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

Projections à court, moyen, et long terme



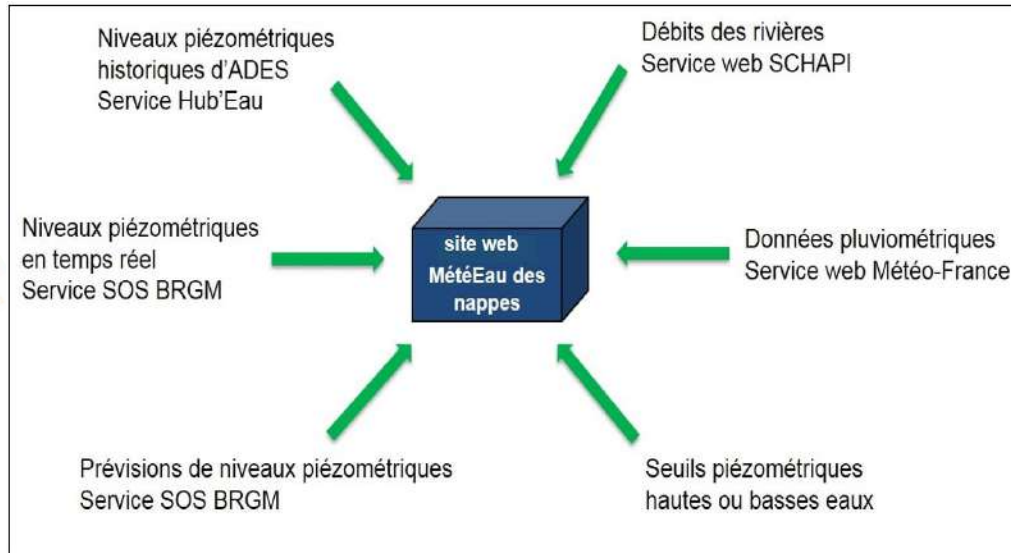
> Différents outils

Anticiper par gestion prévisionnelle à l'échelle de l'année

Connaissance des aquifères + outils de modélisation prédictive → anticipation des évolutions des nappes

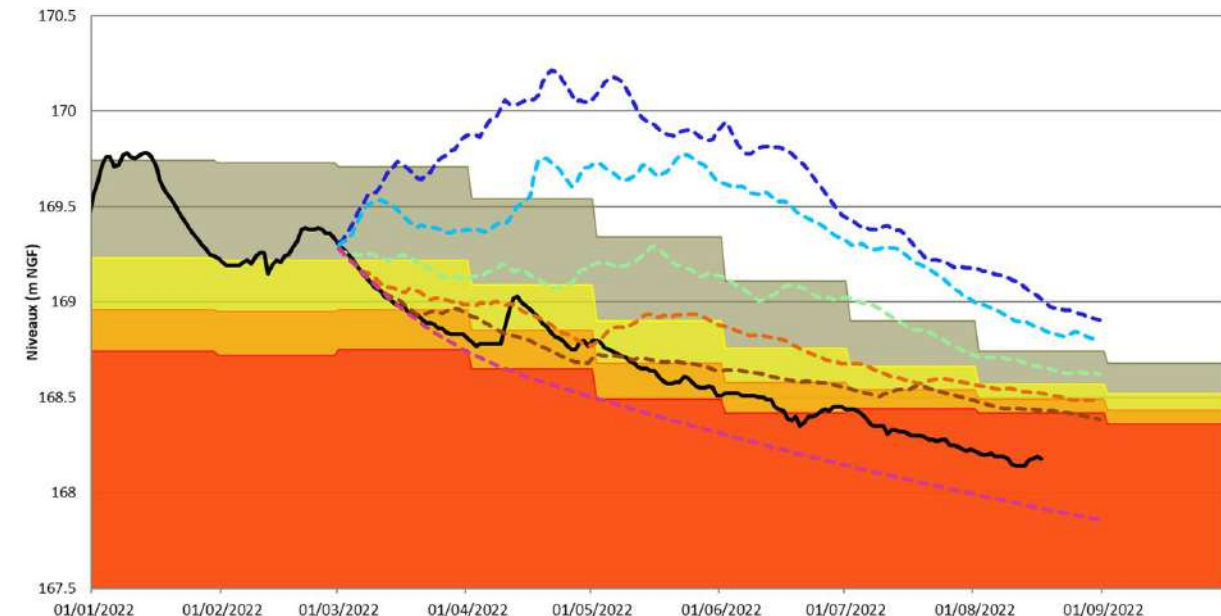
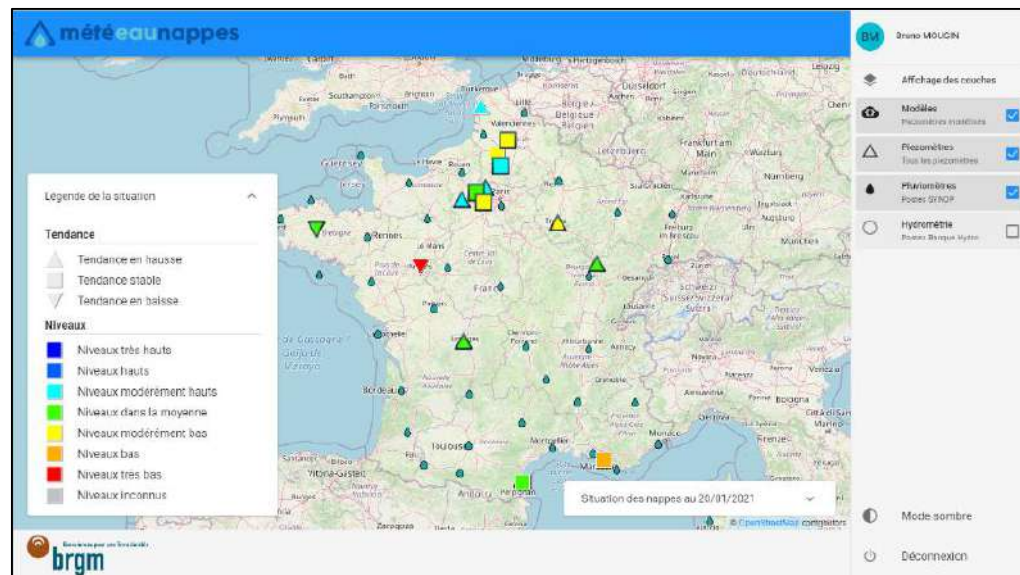


GPRS



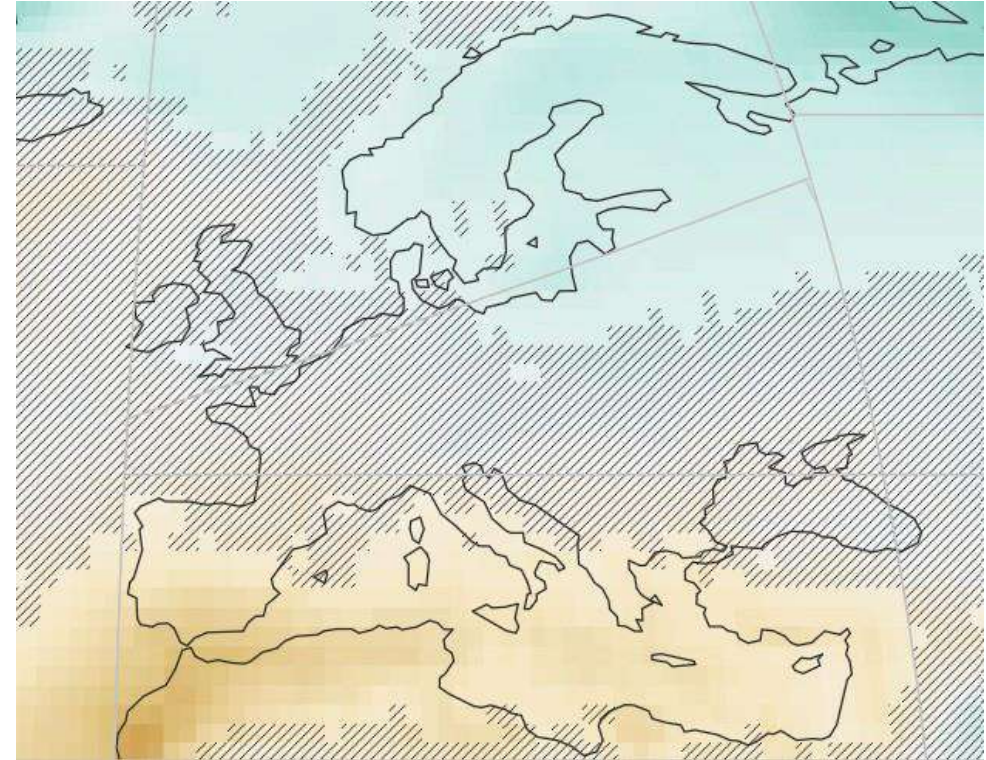
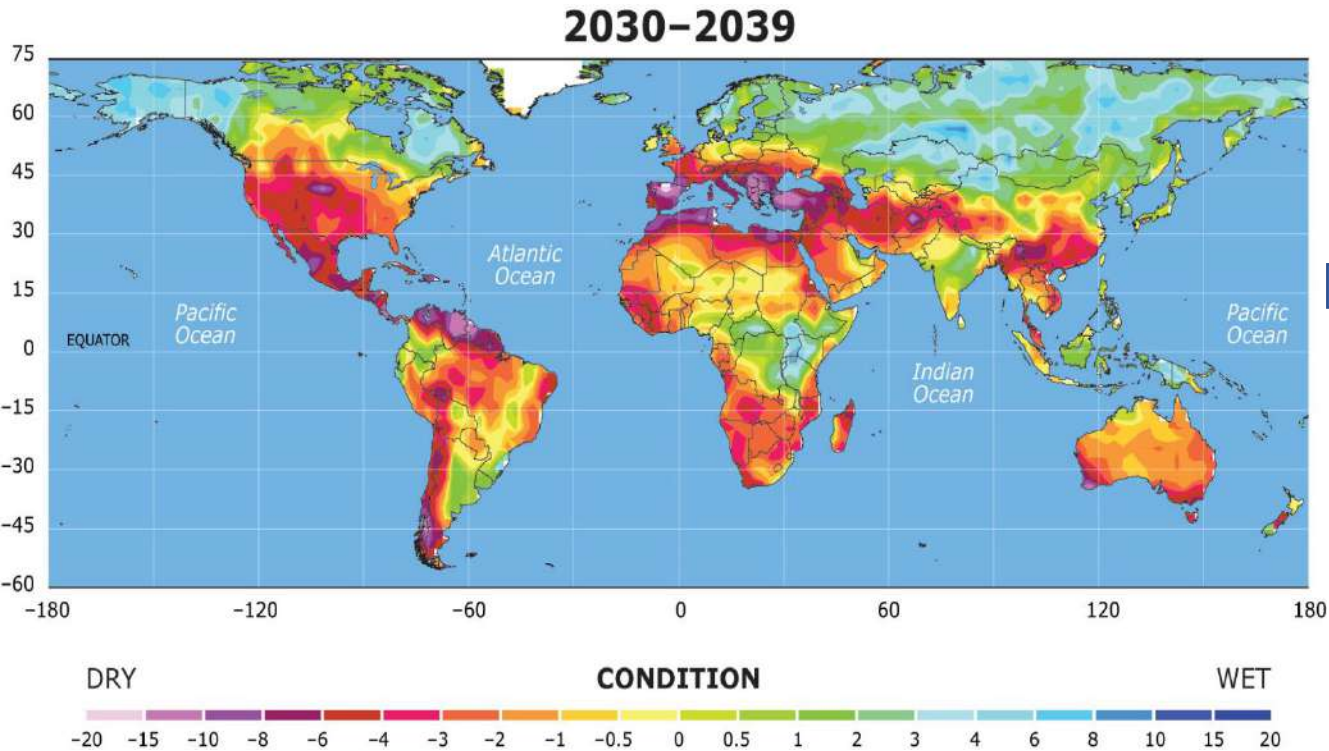
<https://meteeauanappes.brgm.fr/>

- Vigilance
- Alerte
- Alerte renforcée
- Crise
- Niveaux observés
- Prévisions : 10ans humide (90%pluie)
- Prévisions : Sans humide (80%pluie)
- Prévisions : médiane (50%pluie)
- Prévisions : Sans sec (20%pluie)
- Prévisions : 10ans sec (10%pluie)
- Prévisions : Sans pluie (0%pluie)



Les projections à long terme – comment le climat affecte le cycle de l'eau

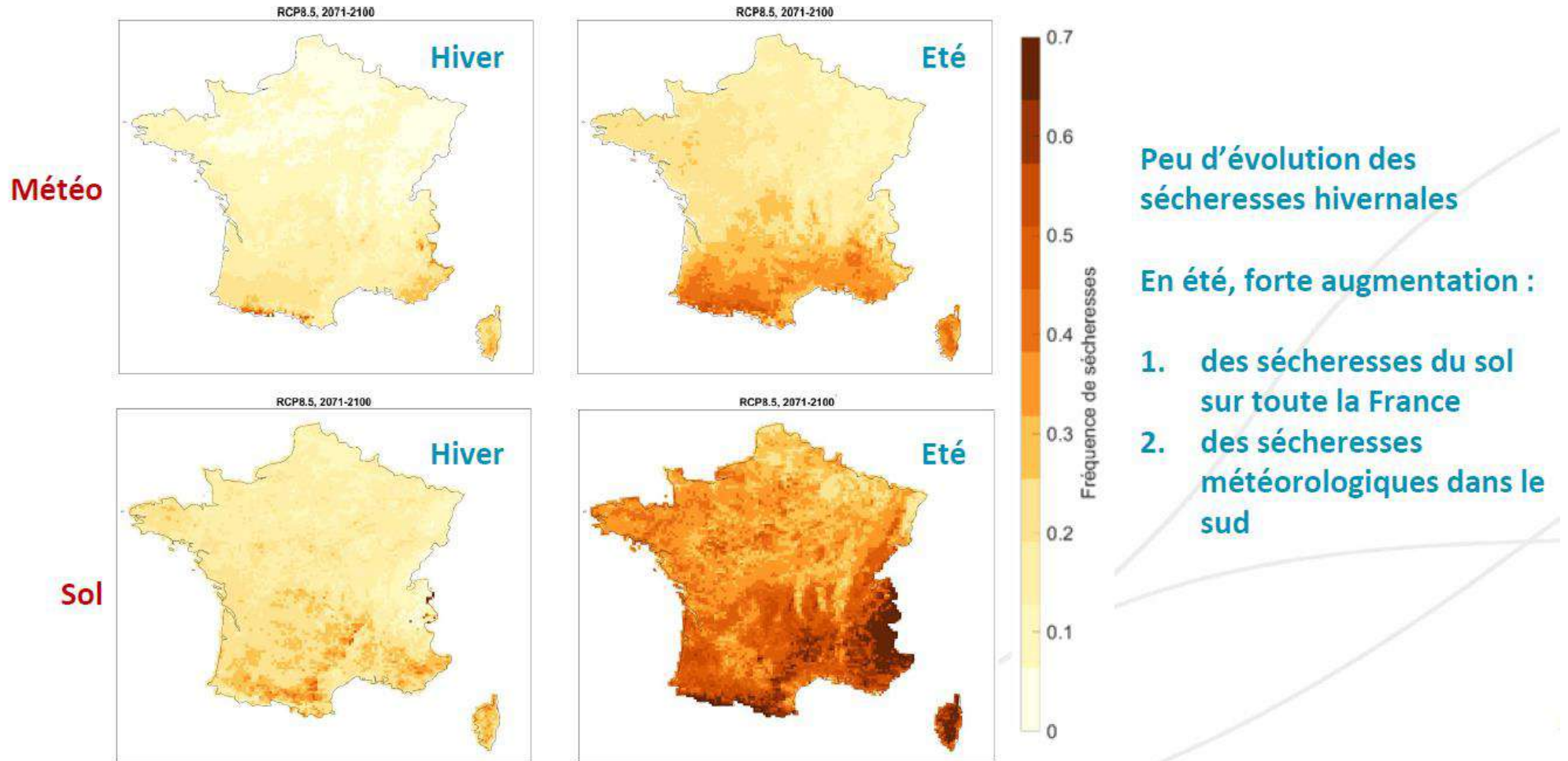
GIEC, 2022



> Accroissement des événements extrêmes (inondations, sécheresses)

Résultats pour sécheresses météorologiques et des sols

SÉCHERESSES MÉTÉOROLOGIQUES ET DU SOL



DES CERTITUDES ET

DES CHANGEMENTS CONTRASTÉS



Réchauffement plus important en été (+3,5 à +6 degrés) qu'en hiver (+2,5 à 4,5 degrés)



Diminutions très importantes des **précipitations** (pluies, neige) en dessous de 2000m



Hausse projetée de l'**évapotranspiration** en été et en hiver (+10%, +30%)



Tendance nette à la baisse pour le **débit mensuel d'été**, surtout dans le sud (-30%, -60%)

- **Augmentation de la sévérité des sécheresses hydrologiques**, avec maximum de convergence pour le sud de la France avec un signal médian de l'ordre de -40% en fin de siècle (RCP8.5).



Baisse en été de la **pluviométrie** (-10%, -40%) sur la majeure partie de la France, Hausse en hiver dans le nord (+20%, +30%)



Débit journalier maximal annuel : de même, faibles consensus, légères hausses projetées dans le Nord



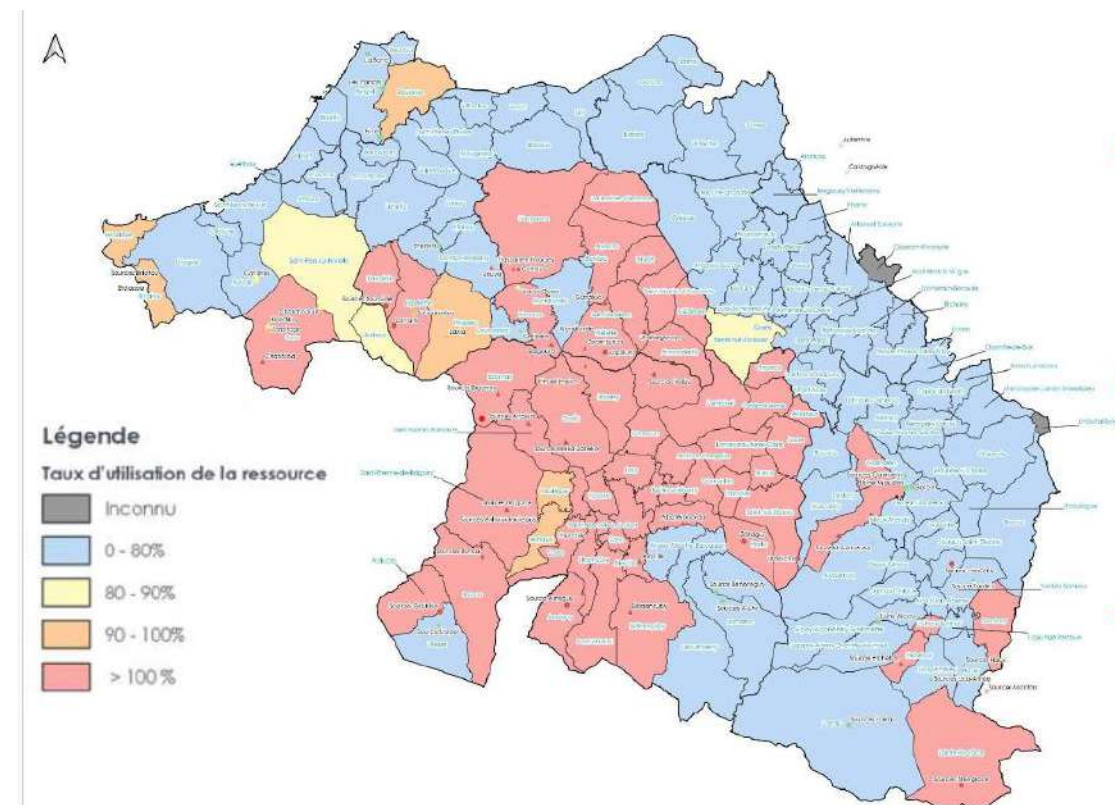
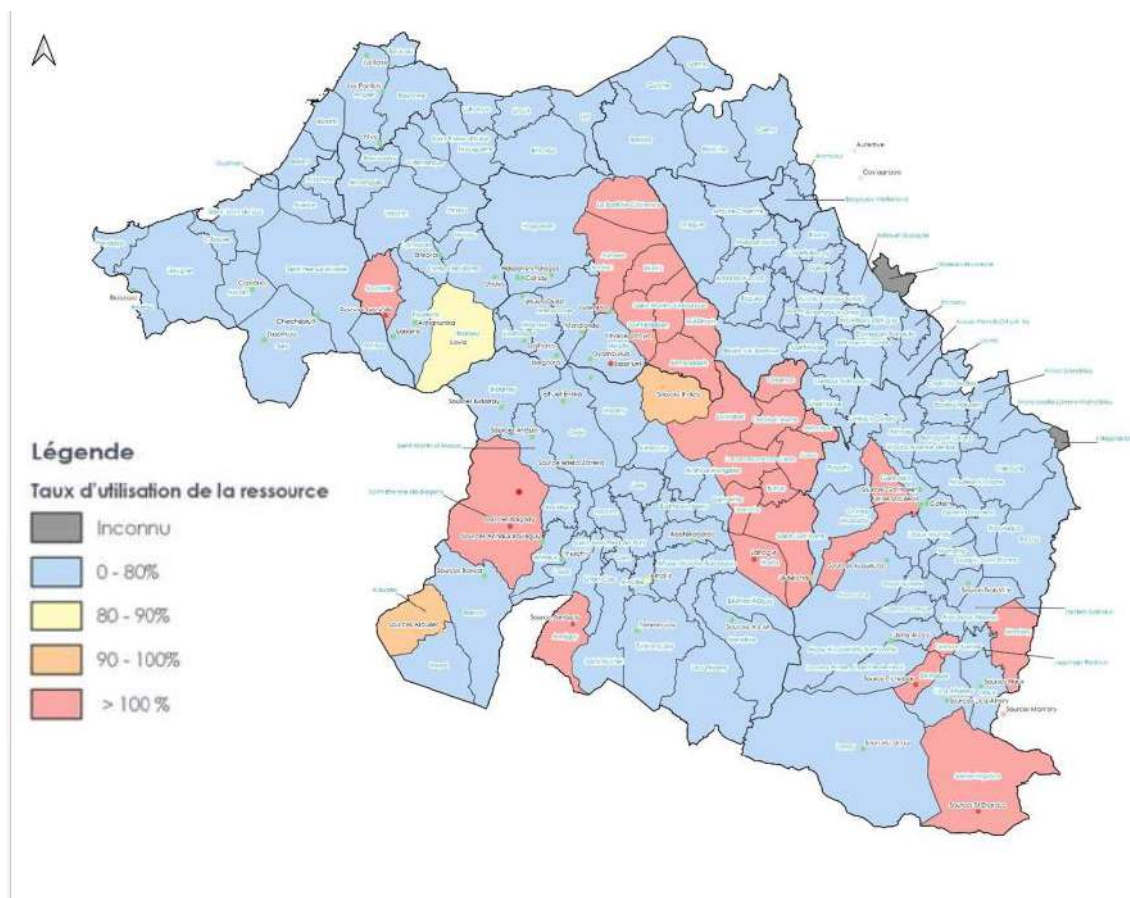
Augmentation des sécheresses du sol (agronomiques), en termes de surface touchée et intensités, avec des sécheresses du sol en été de 2 à 6 fois plus fréquentes, selon le scénario considéré



Recharge des nappes : Décalage temporel du maximum annuel de recharge potentielle du printemps vers l'hiver dans les Alpes et les Pyrénées, retardée d'un mois sur le pourtour méditerranéen

PAYS BASQUE – BILAN ACTUEL

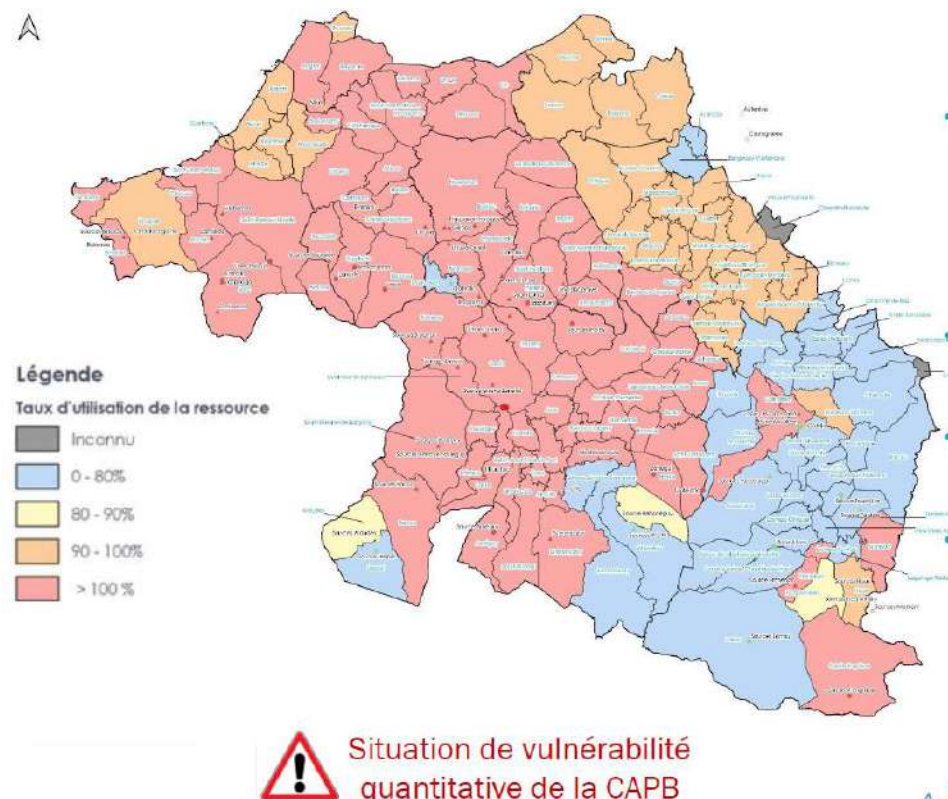
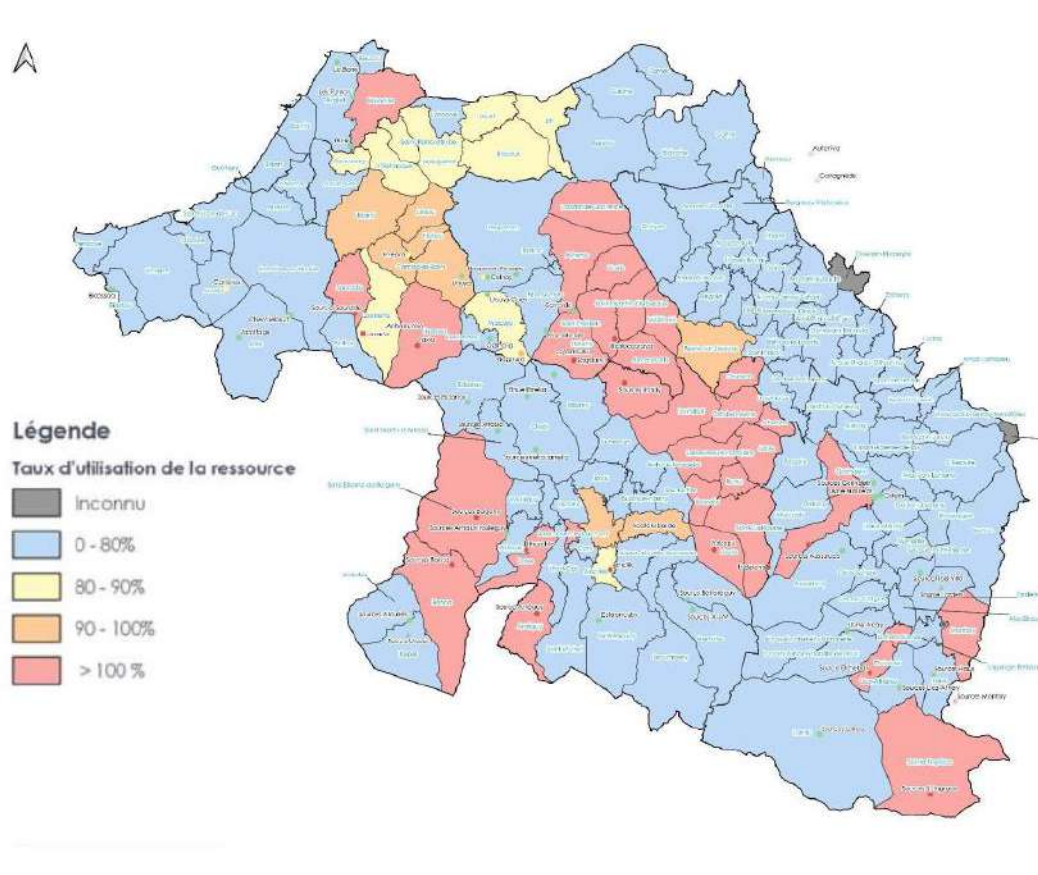
- Bilan Besoin Ressource Actuel Moyen
- Bilan Besoin Ressource Actuel de Pointe



Impact important lié à la baisse de production en été

PAYS BASQUE – HORIZON 2040 – IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

- Bilan Besoin Ressource 2040 Moyen
- Bilan Besoin Ressource 2040 Pointe



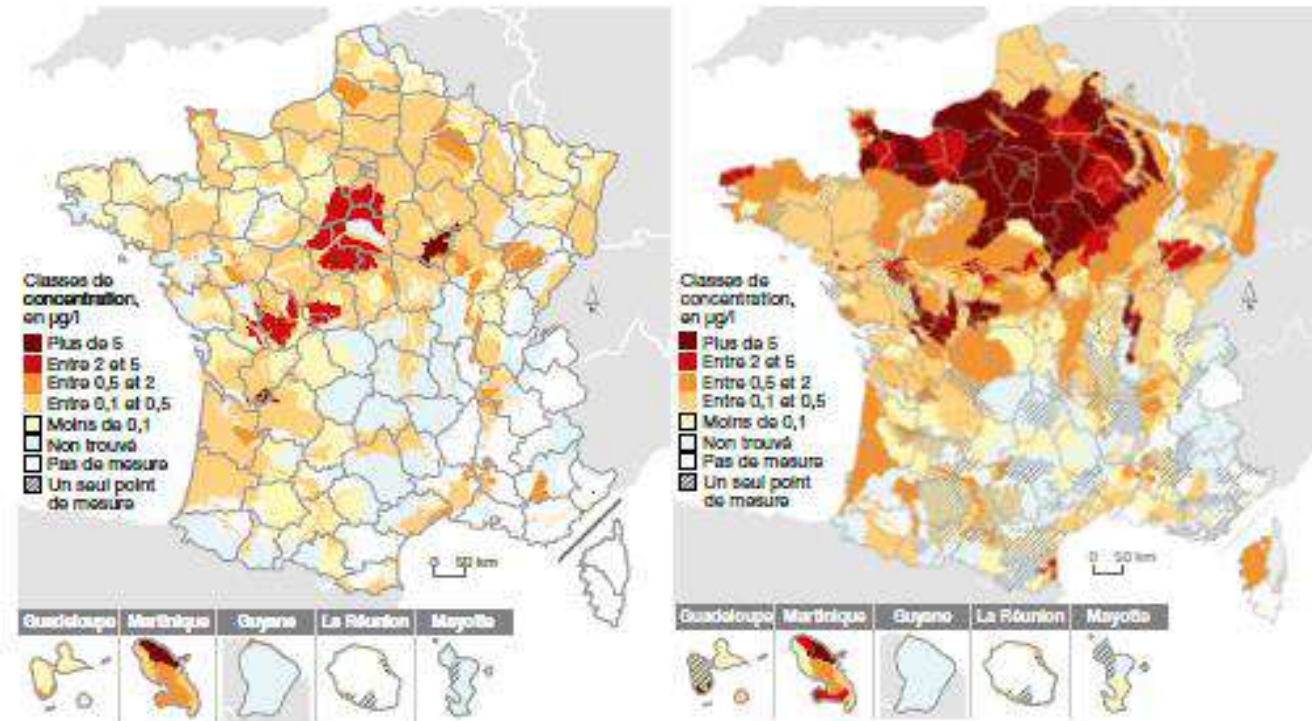
Situation de vulnérabilité
quantitative de la CAPB

Majorité du territoire avec des bilans besoins / ressources déficitaires

PLUSIEURS SOLUTIONS EN COURS D'ETUDE

Une des principales familles retrouvées dans les Eaux Souterraines: les Pesticides

CONCENTRATION MOYENNE EN PESTICIDES DANS LES EAUX SOUTERRAINES,
EN 2010 (CARTE DE GAUCHE) ET EN 2018 (CARTE DE DROITE)



Note : sont présentées ici uniquement les masses d'eau les plus proches du niveau du sol et les plus exposées.

Champ : France entière.

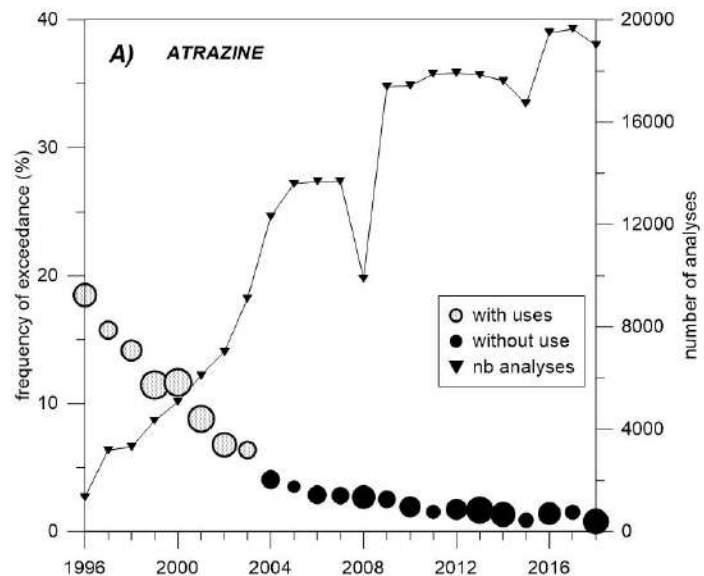
Source : Eaufrance, ADES (données sur la qualité des eaux souterraines). Traitements : SDES, 2020

Les challenges sur les pesticides

Limites à l'estimation de l'évolution

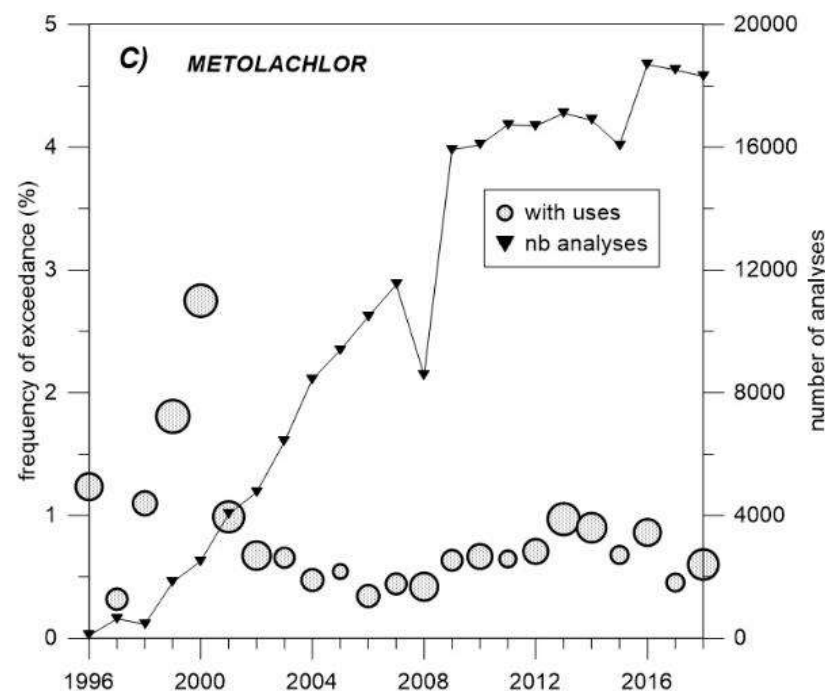
- Un comportement (propriétés intrinsèques des molécules) différent selon les molécules
- Un comportement dans le milieu (sol, sous sol) encore mal compris et dépendant des types de sols
- Forte variabilité temporelle des concentrations rend délicat les estimations de présence et tendance (à moins d'un suivi très fréquent ou échantillonneurs passifs)

Sources : Baran et al., 2021

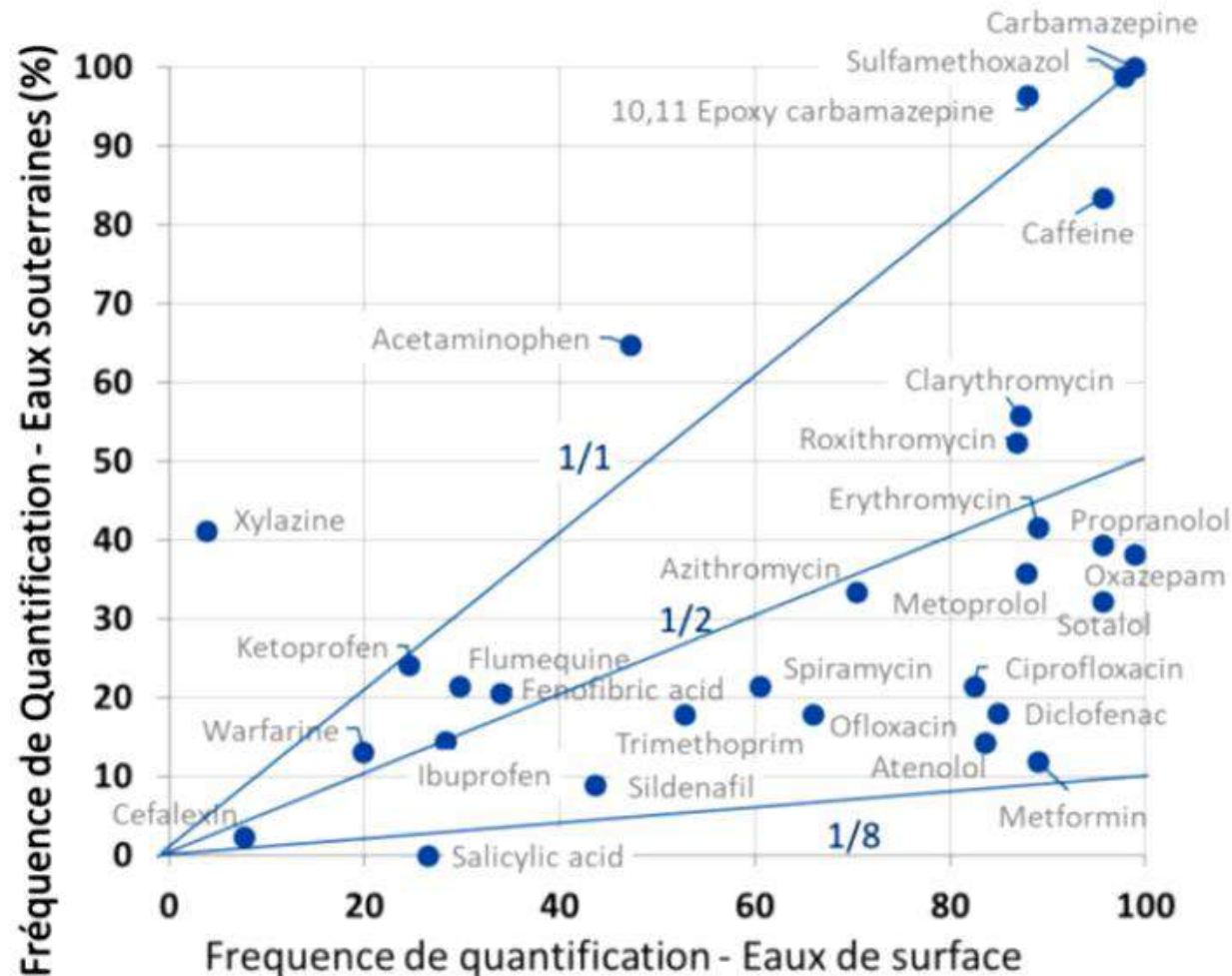


15 ans après l'arrêt –
encore des
dépassements du seuil
réglementaire 0,1 µg/l.

Taille des ronds
proportionnelle à la pluie
efficace annuelle



QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES – LES PHARMACEUTIQUES



Des substances différentes que celles trouvées dans les eaux de surface !

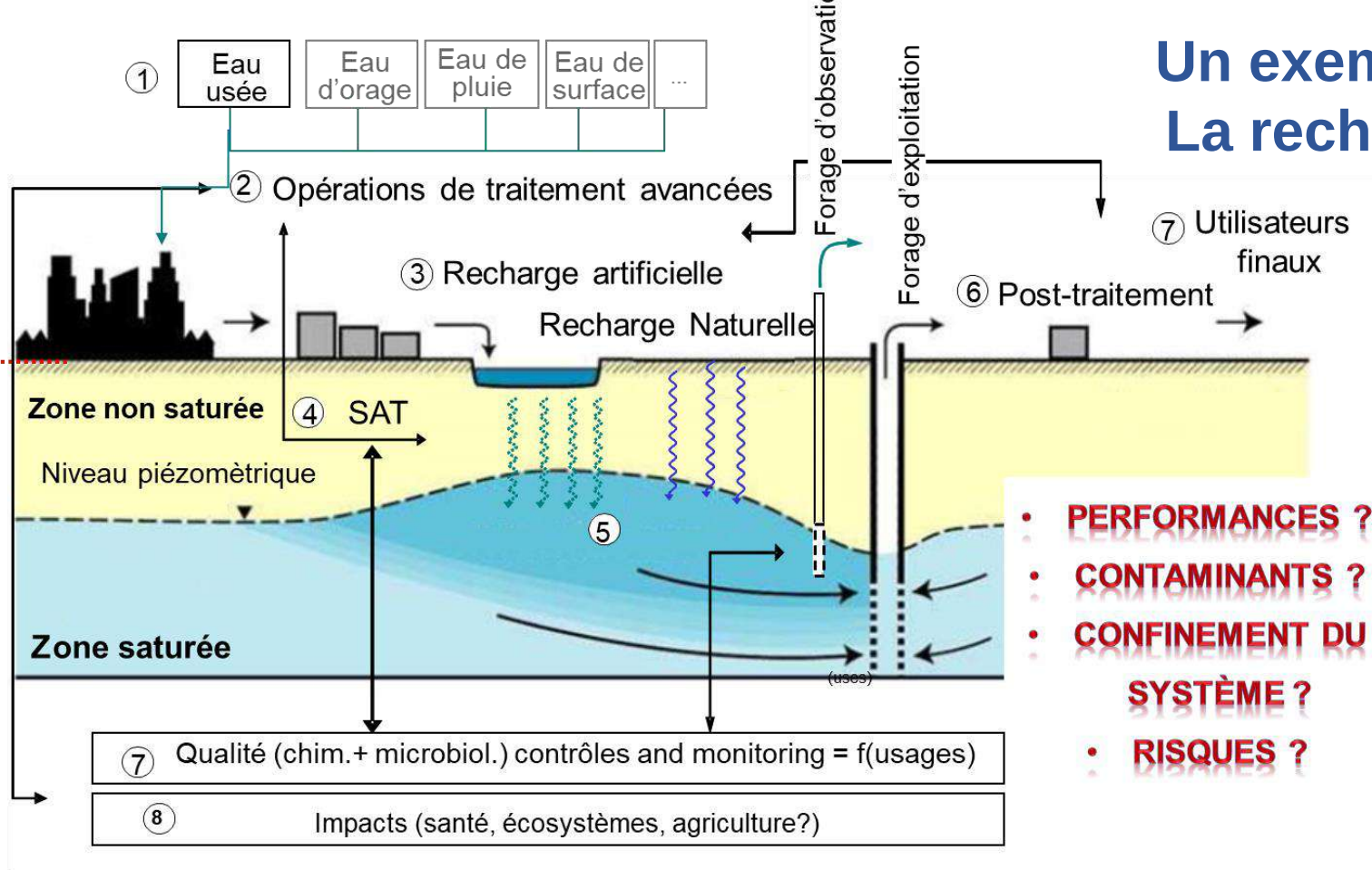
- Temps de transfert pouvant être longs
- Capacité de biodégradation réduite par rapport aux milieux de surface => persistance de certaines molécules difficilement biodégradées (ex. PFAS, perchlorates, ...)
- Milieu cumulatif à faible vitesse de renouvellement

=> problématique des mélanges très prégnant dans les Eaux Souterraines où des molécules d'origines différentes (espace et temps) s'accumulent

© Projet **Water JPI PERSIST** 2015-2017

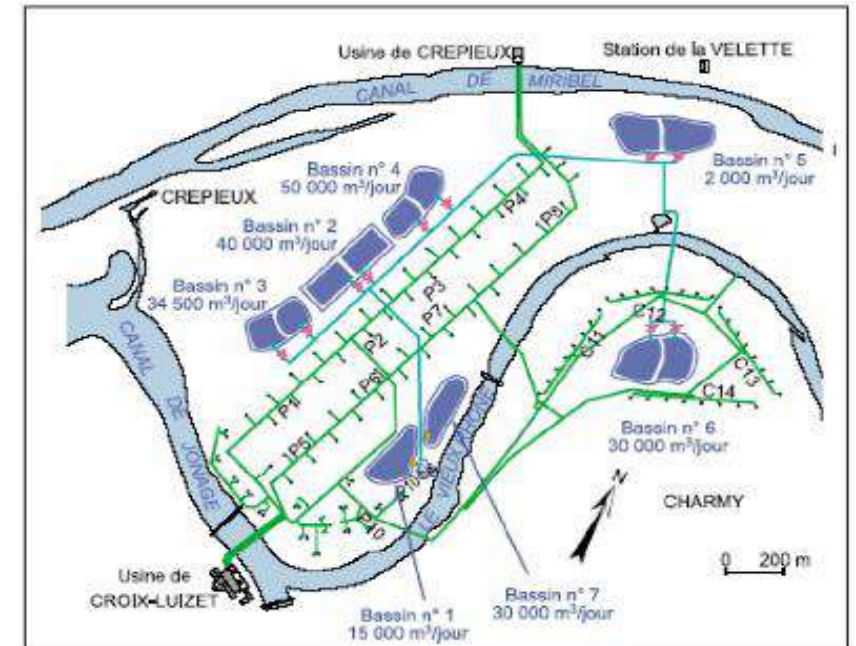
Un exemple de mesure d'adaptation: La recharge maîtrisée des aquifères

Maîtrise totale
Maîtrise partielle



- **PERFORMANCES ?**
- **CONTAMINANTS ?**
- **CONFINEMENT DU SYSTÈME ?**
- **RISQUES ?**

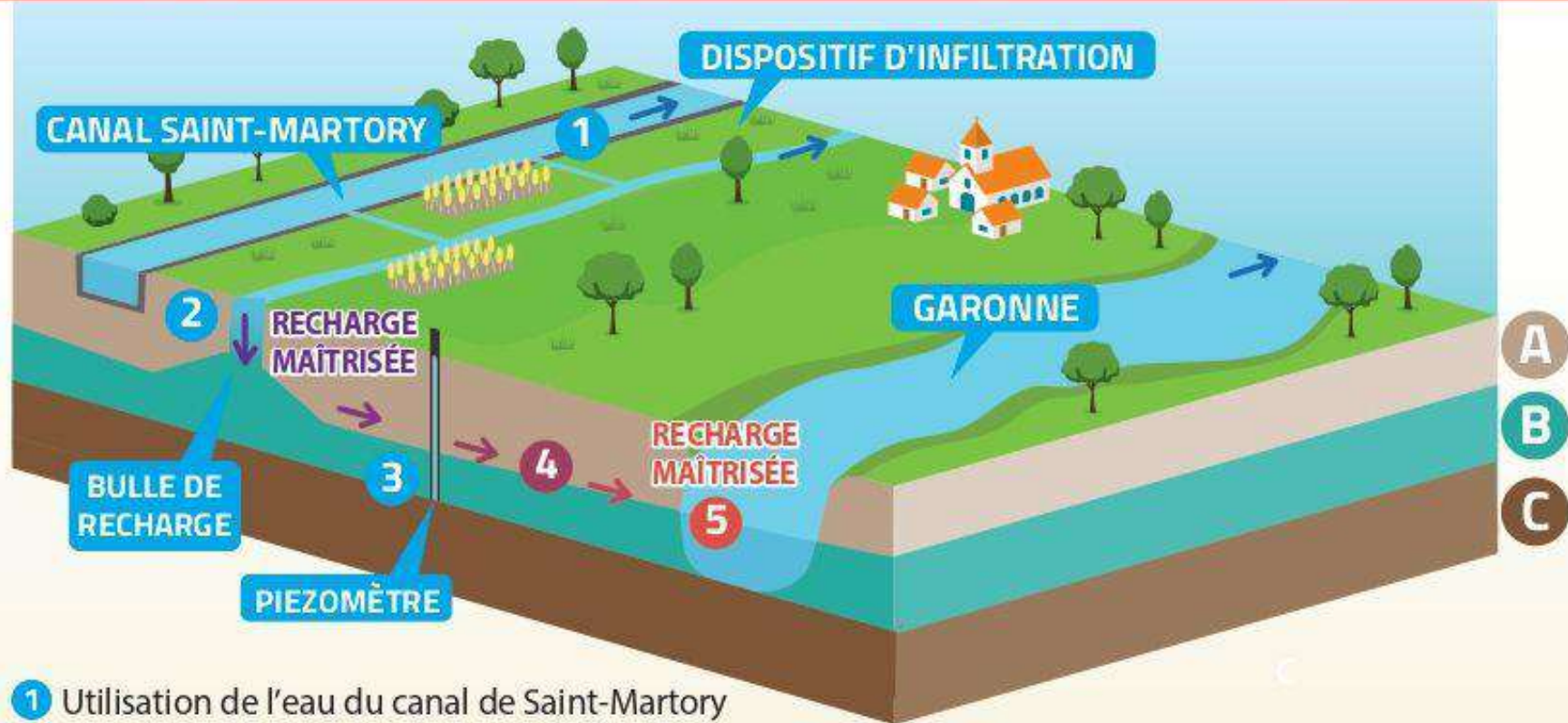
Crépieux-Charmy (69)



- Une des solutions disponibles
- Complémentaire (sobriété, infiltration pluviales, agro-écologie, ...)
- Déjà utilisée en France, avec des volumes significatifs (Croissy sur Seine – 25 Mm³/an, Flins – 8 Mm³, Houle-Moule ca. 7 Mm³ Crépieux-Charmy jusqu'à 200.000 m³/jour)

Un cas de recharge maîtrisée pour pallier à la raréfaction en étiage

PRINCIPE DE LA RECHARGE MAÎTRISÉE DE LA NAPPE D'ACCOMPAGNEMENT DE LA GARONNE



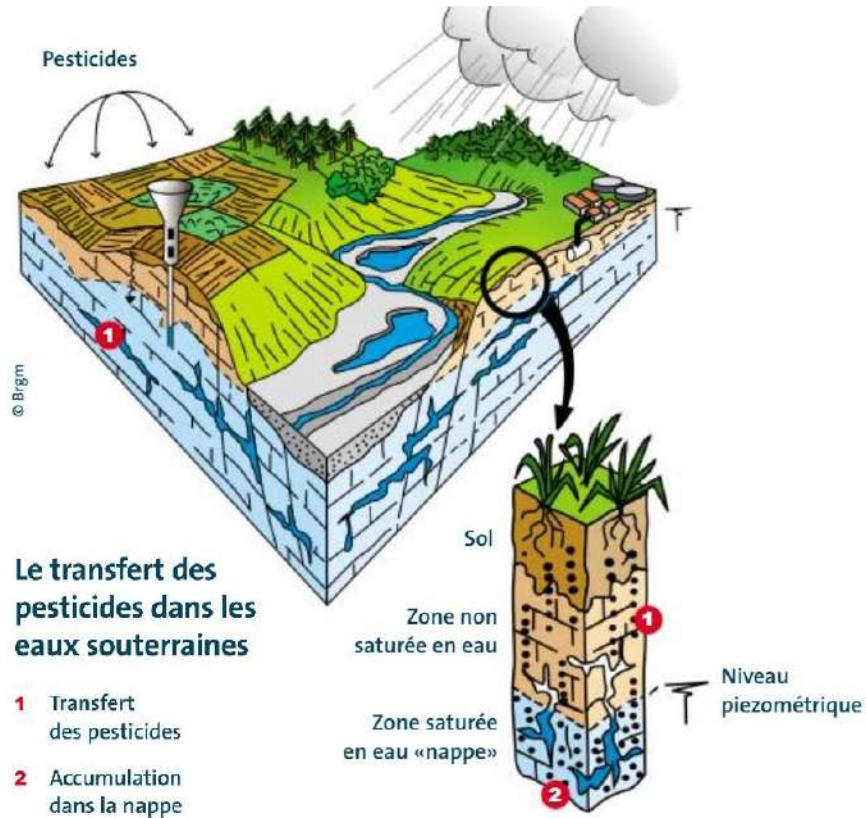
- 1 Utilisation de l'eau du canal de Saint-Martory
- 2 Infiltration de l'eau via les fossés aménagés en dispositif d'infiltration
- 3 Monitoring de la bulle de recharge
- 4 Déplacement lent de la bulle de recharge vers la Garonne
- 5 Réalimentation de la Garonne (saison estivale)

Nappe alluviale

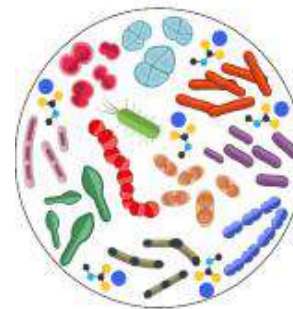
- A Zone Non Saturée en eau
- B Zone saturée en eau
- C Roches imperméables



Des solutions pour les pollutions diffuses (ex. pesticides)

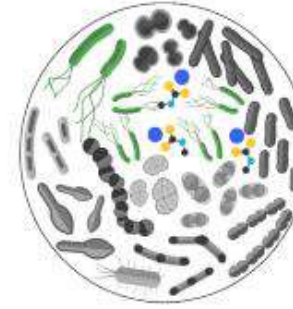


Microbial pesticide-remediating pathways



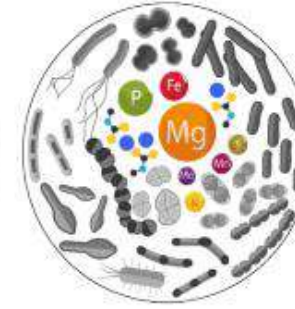
Natural attenuation
Lower cell counting
Slower degradation

Pesticide



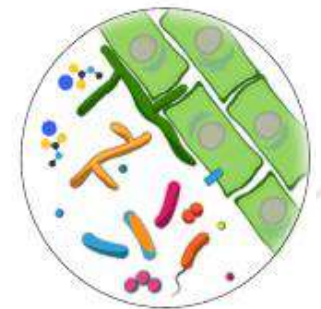
Bioaugmentation
Enriched/engineered degraders

Allochthone/GMO



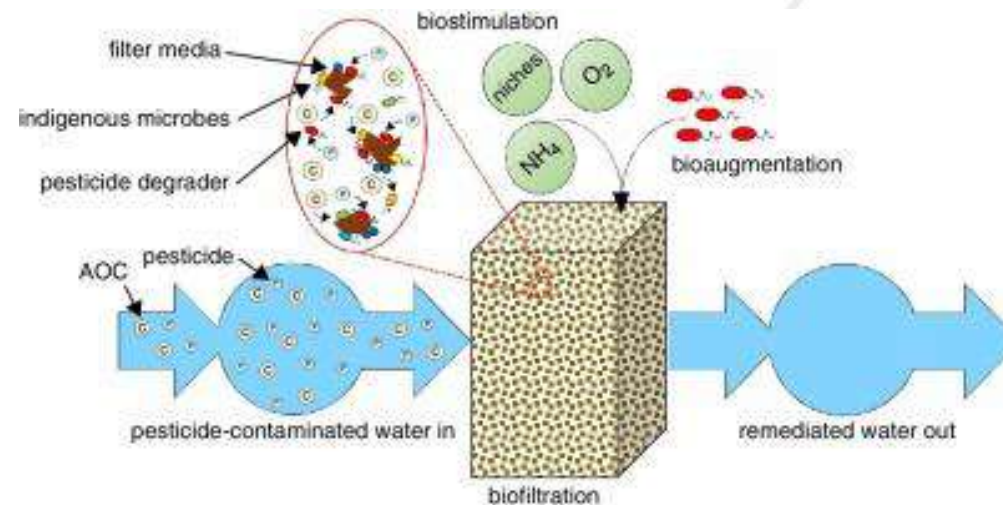
Biostimulation
Increasing growth/bioavailability

Nutrient ("mineral")



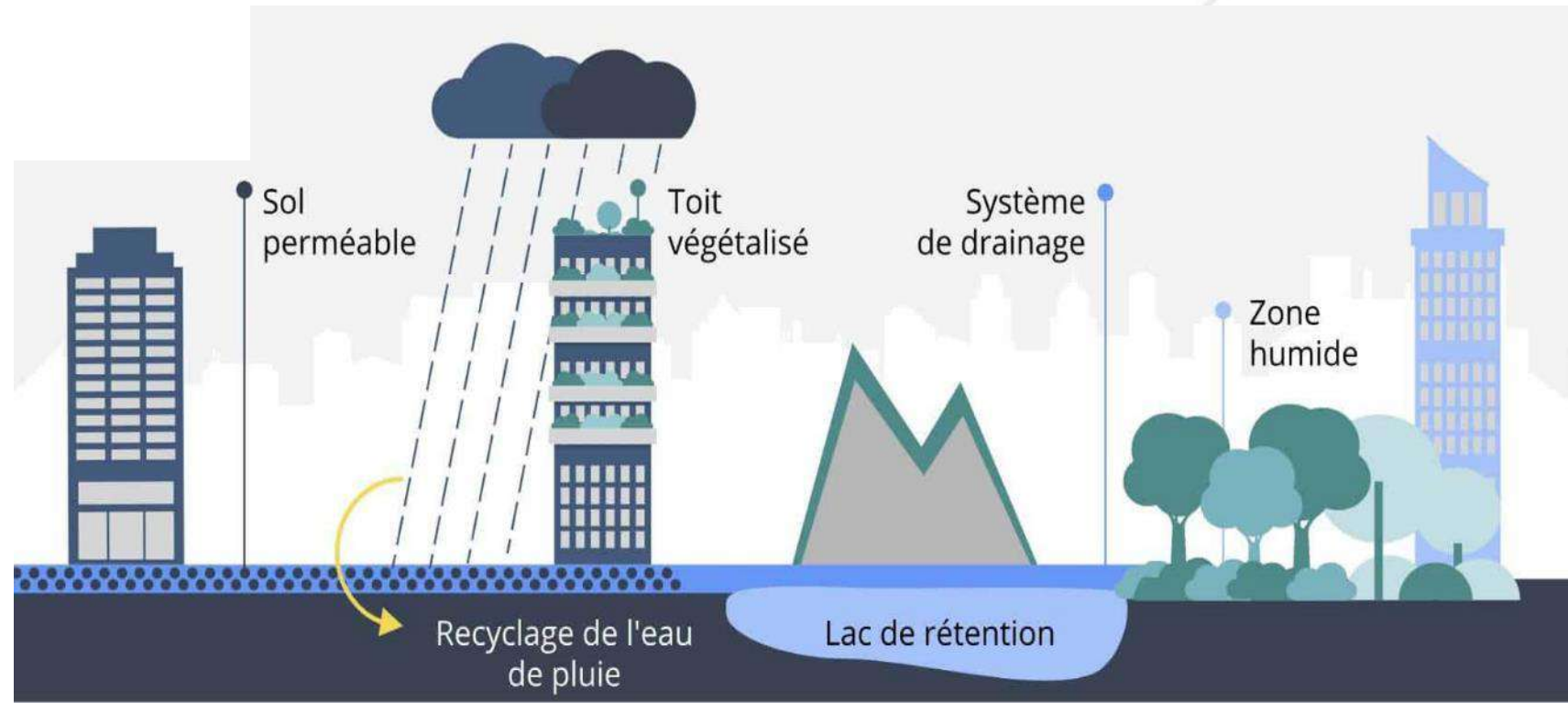
Plant-microbe
Co-metabolic tolerance
Higher stability/capability

Plant cell (root)



sources : d'après US-EPA, 2013 - Helblinhg, 2015

La ville éponge pour améliorer la résilience urbaine



Berlin, Allemagne



L'eau – un champ d'innovation

Aqueduc:
Romains,
Mayas
400 ans
avant JC



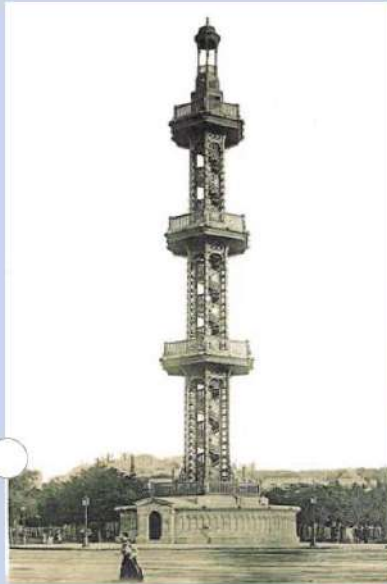
5840 - 5560
av. J. -C

Puits:
Neolithique



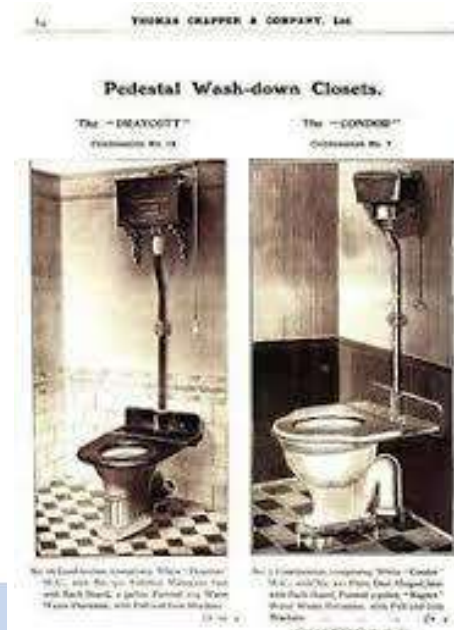
Village englouti
Atlit Yam (IL)

Le Puits de Grenelle



© Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

Louis-George Mulot, 1851



Toilettes
Thomas Crapper
1861

Robinet
Thomas
Campbell
1880



Réservoir
Montsouris
1869



Pour une Terre durable



L'eau – un champ d'innovation

Bulle d'eau comestible
©OoHoo



©Shayp



©Scubic

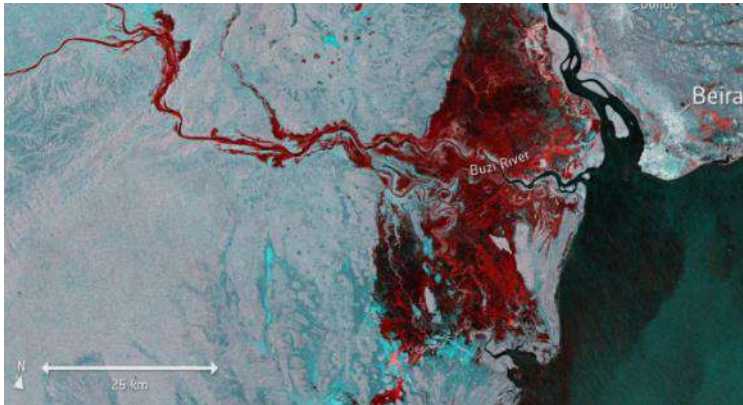
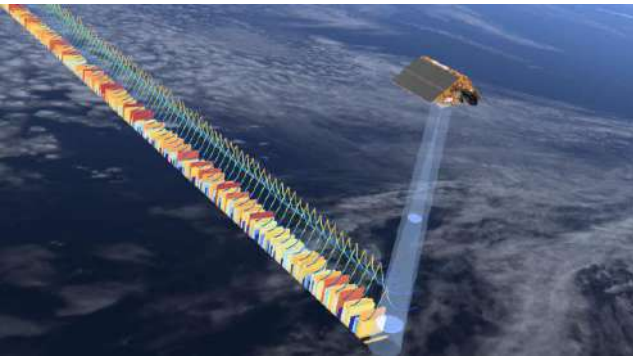


©Watergenics



Capteurs de
brouillard

W.BRGM.FR

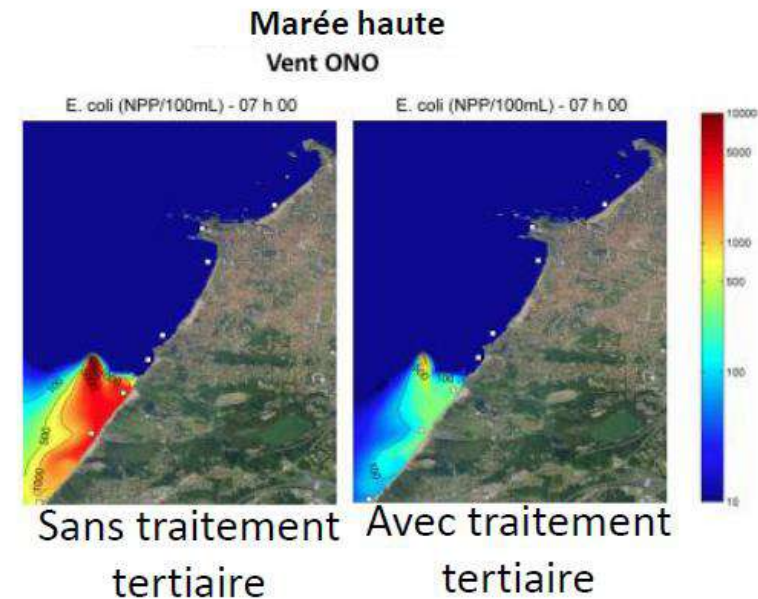


Innovation Eau au Pays Basque

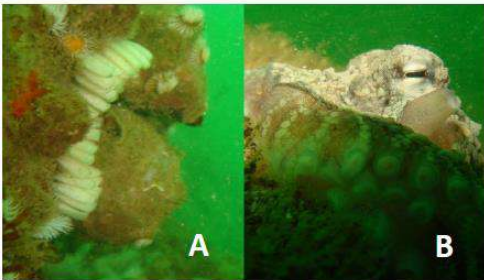
Traitement additionnel à la Station d'épuration de Biarritz Marbella – Traitement tertiaire à base d'acide formique



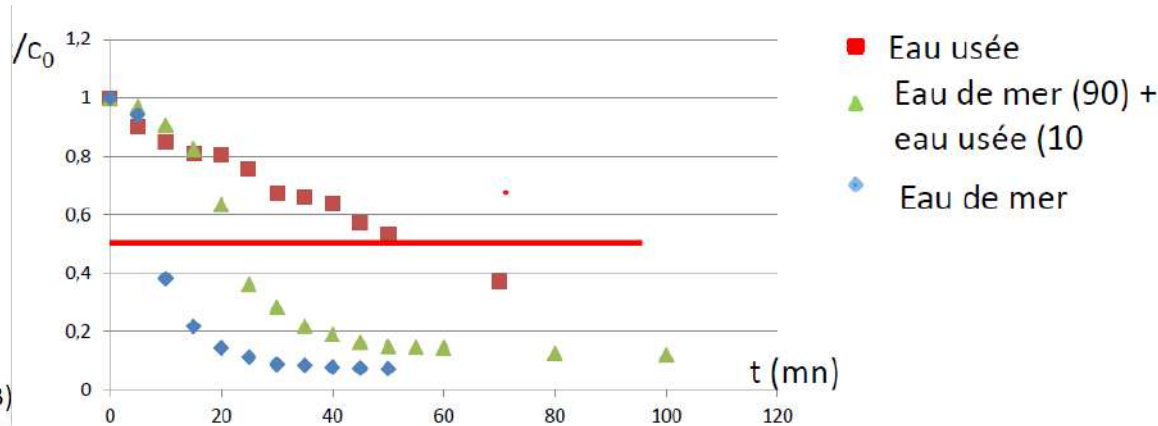
©Sud-Ouest



Récif de *Sabellaria alveolata*



Stramonita haemastoma et sa ponte (A) et *Octopus vulgaris* (B)

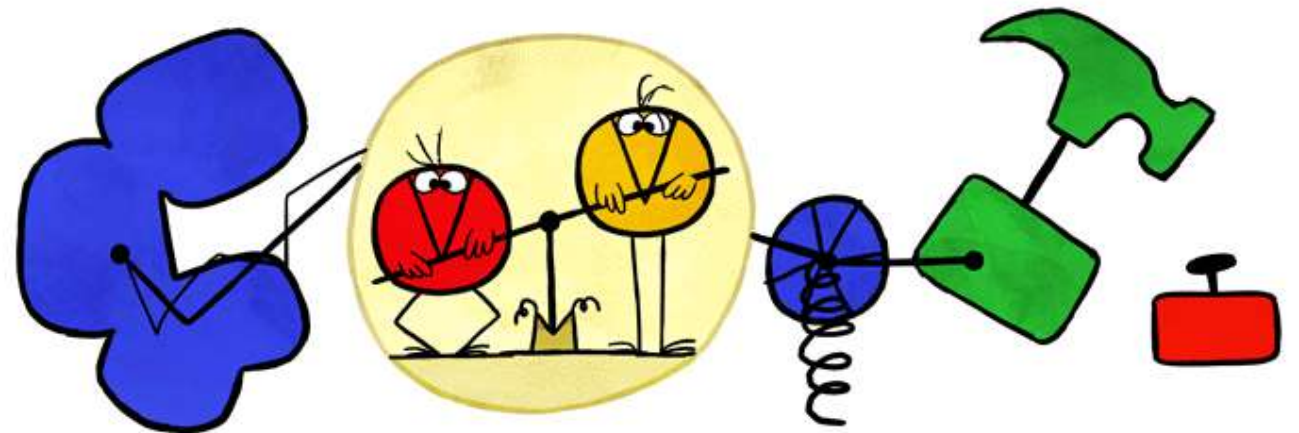


De quoi réfléchir cependant sur nos priorités ?



- En quelques années, 8,58 milliards d'abonnement portable pour les 7.95 milliards d'hommes sur terre (Statistica, 2023)
- En plusieurs dizaines d'années, seuls 4,5 milliards ont accès à des toilettes !

Dès les années 60, dans les médias !



POURQUOI FAIRE SIMPLE QUAND ON PEUT FAIRE COMPLIQUÉ ?!

Merci pour votre attention

Lao Tzu (c.a.-550 JC)- Nothing is softer or more flexible than water. Yet nothing can resist it!

UN (2021)- Drought is on the verge of becoming the next pandemic and there is no vaccine to cure it.

Benjamin Franklin – in Wine there is Wisdom, in Beer there is Freedom and in Water, there is Bacteria.



REMERCIEMENTS

Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement Pays Basque
(CPIE) Littoral-basque Euskal-itsasbazterra

Société des Membres de la Légion d'Honneur (SMLH)
sections Béarn Soule et Pays Basque

Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA)

Comité d'organisation

Vanessa Camou UPPA

Agnès Descoux Brau - SMLH Béarn Soule

Danielle Gonbeau - SMLH Pays Basque & UPPA

Emmanuelle Lemaire - UPPA

Martine Potin Gautier - SMLH Béarn Soule & UPPA

Catherine Regnault Roger - SMLH Pays Basque & UPPA



Relations Eaux Superficielles - Eaux souterraines



Soutien des cours d'eau

80 à 100% du débit des cours d'eau peuvent provenir des nappes durant l'été

Alimentation des sources

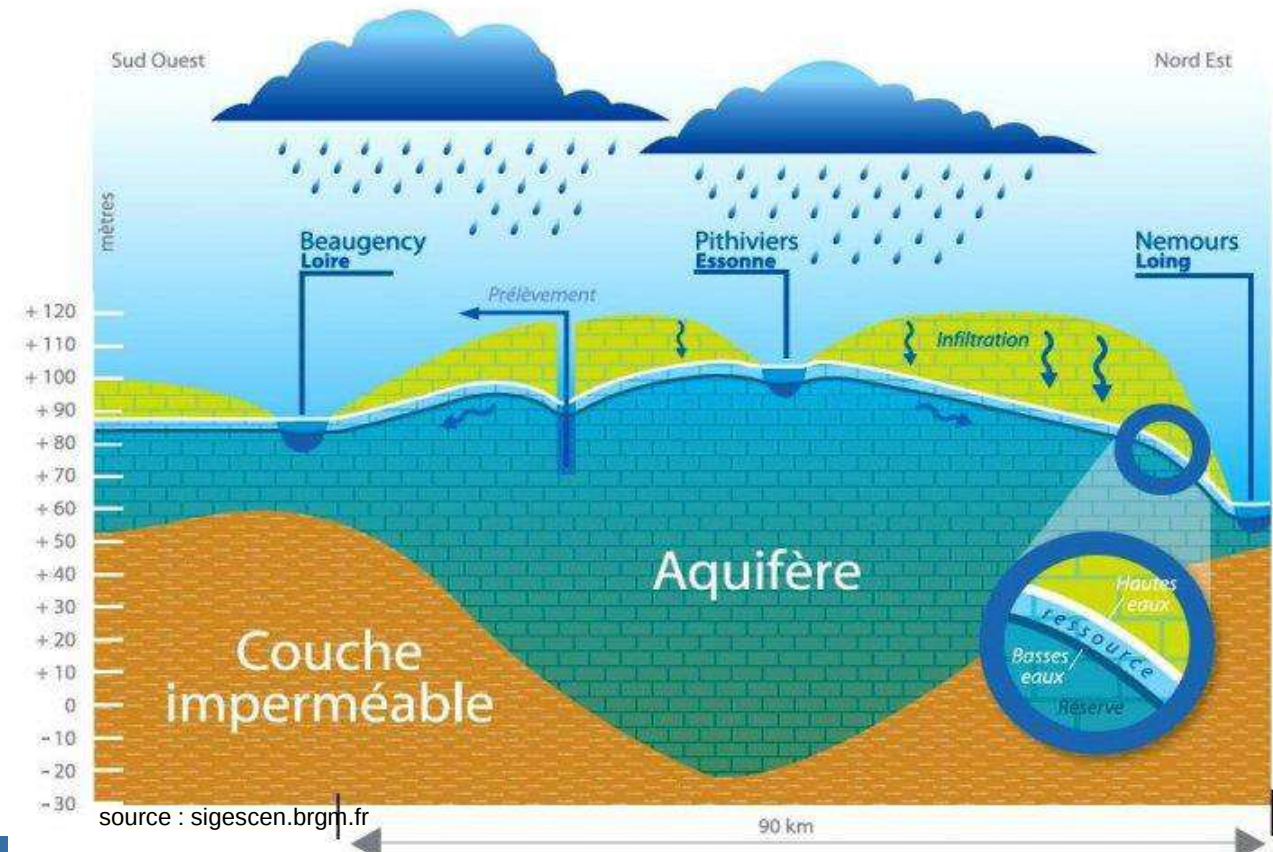
71 657 sources connues

Nappe des calcaires de Beauce

Echanges avec zones humides

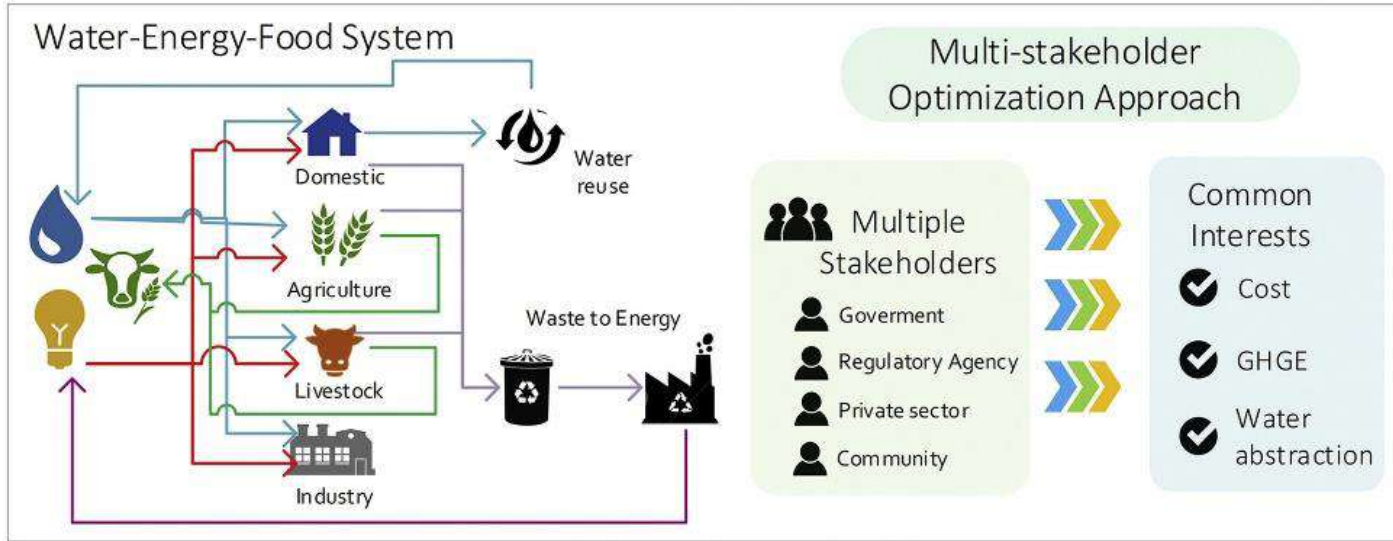
Relations étroites avec de nombreux marais, étangs, tourbières, prairies humides, et donc

Faune et flore associées à ces milieux



L'approche NEXUS

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125194>



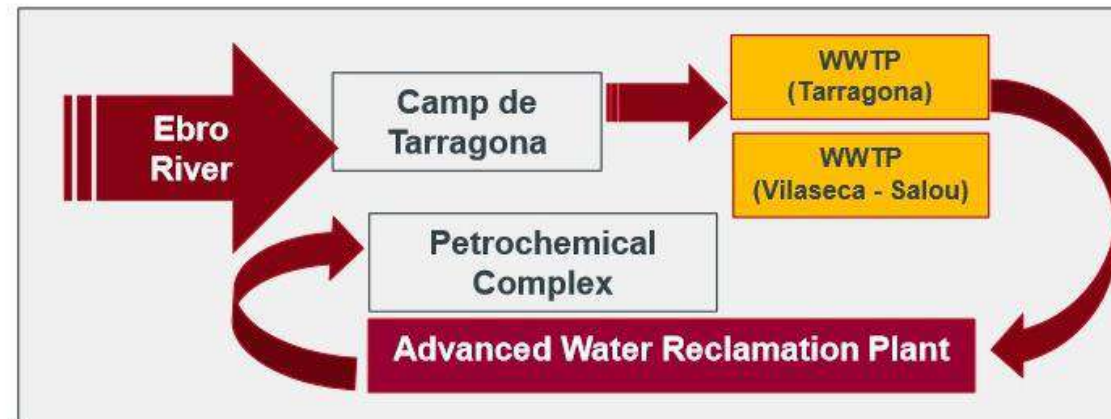
Exigences

- Qualité de l'eau adaptée
- Disponibilité (circuit court)

Impact

- Corrosion, entartrage
- Microbiologie (biofilm, légionelles)
- Efficacité du traitement
- Performance et longévité de l'échangeur de chaleur
- Utilisations eaux / chaleur

Camp de Tarragona Advanced Water Reclamation Plant



- Reclamation Plant designed for 19,000 m³/d of permeate water from Tarragona and Vilaseca Wastewater Treatment Plant.

Les défis en matière de gestion des données

