

Jeudi 23 juin 2022 (09h30 - 12h30) | Rennes

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SÉCHERESSE : QUELS IMPACTS SUR LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU ?

PROGRAMME

Introduction
Rennes Métropole

Présentation du partenariat ALEC - CEBR
ALEC

Présentation programme ECODO, évolution des
consommations et points de captage
CEBR

Intégration du changement climatique dans la
gestion de la ressource en eau : exemple du bassin rennais
Université de Rennes I

Cadre réglementaire de la
sécheresse en Ile-et-Vilaine
DDTM 35

La gestion des espaces verts face aux
périodes de sécheresse
Ville de Rennes

L'impact de la sécheresse sur l'eau disponible en
amont de la station d'épuration
Université de Rennes I

VISITE



MOT D'ACCUEIL

Daniel YVANOFF

Conseiller métropolitain membre du Bureau délégué à l'assainissement
Rennes Métropole

Présentation du partenariat ALEC - CEBR

Nathalie GIBOT

Responsable du pôle Acteurs du Territoires

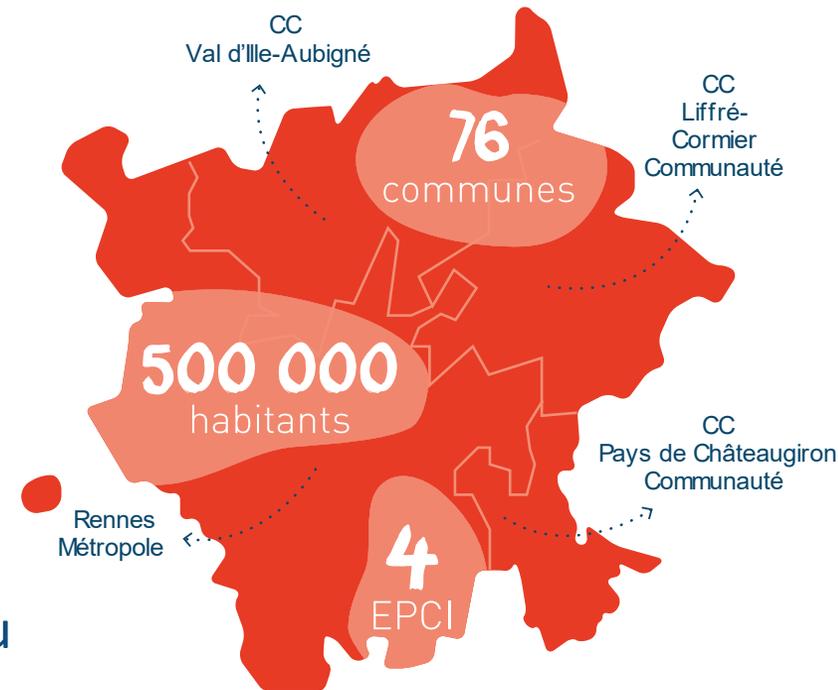
ALEC du Pays de Rennes



Accompagner les transitions

- L'ALEC mène des actions depuis plus de 10 ans sur la thématique de l'eau
- Partenariat avec la Collectivité Eau du Bassin Rennais
- Sensibilisation aux enjeux climatiques (fresque du climat, atelier éco gestes...)
- Conseils aux collectivités et aux acteurs sur les économies d'eau (suivi des consommations, formation des acteurs relais...)
- Organisation des **Matinées Techniques ECODO**

www.alec-rennes.org/usager/collectivites/cap-sur-les-economies-deau



25 ans
d'expériences
et d'actions
pour donner
envie d'agir !

Accompagnement des projets de récupération d'eau de pluie

- 1 Réalisation d'un guide technique
- 2 Accompagnement de projets
- 3 Formation des artisans



Collectivité Eau du Bassin Rennais

Ludovic BROSSARD

Vice Président de la Collectivité Eau du Bassin Rennais

Adaptation au changement climatique (ECODO, Énergie)

Recherche et Développement

Elisabeth JODIN

Technicienne Economie d'Eau à la Collectivité

Eau du Bassin Rennais

Pôle Délégations de Service Public, Tarification, Relations usagers

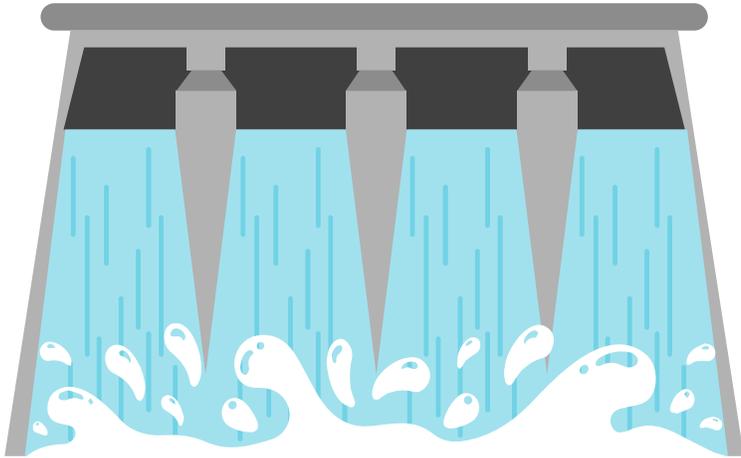
E C O D O

JUSTE L'EAU QU'IL FAUT !



**EAU DU BASSIN
RENNAIS**
COLLECTIVITÉ

26,2 millions de m³
produits par an



511 738 habitants
217 186 abonnés

Conso moy. par habitant (2020)

: environ **110** litres/jour

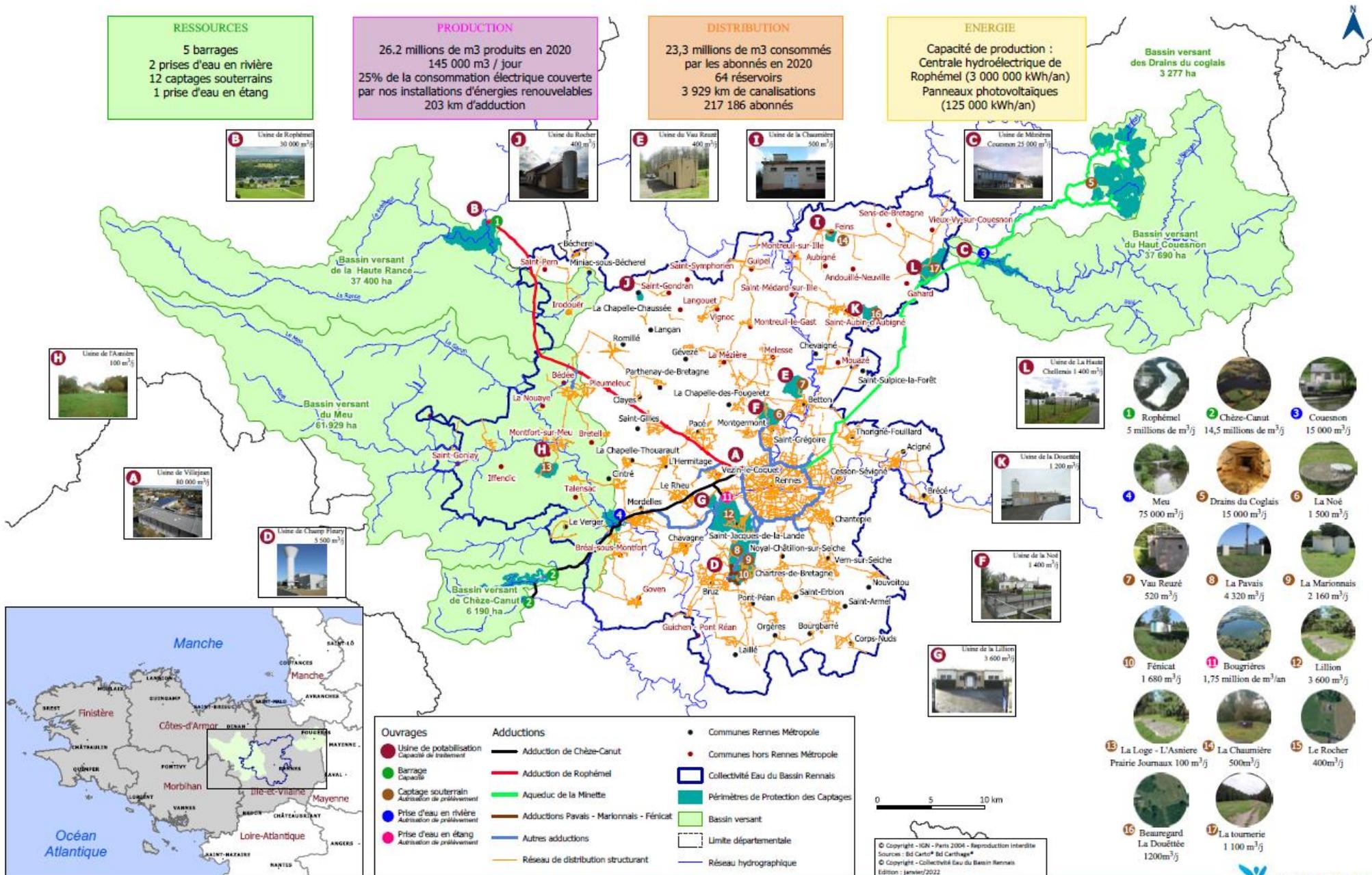
Moyenne nationale : 148 L/jr



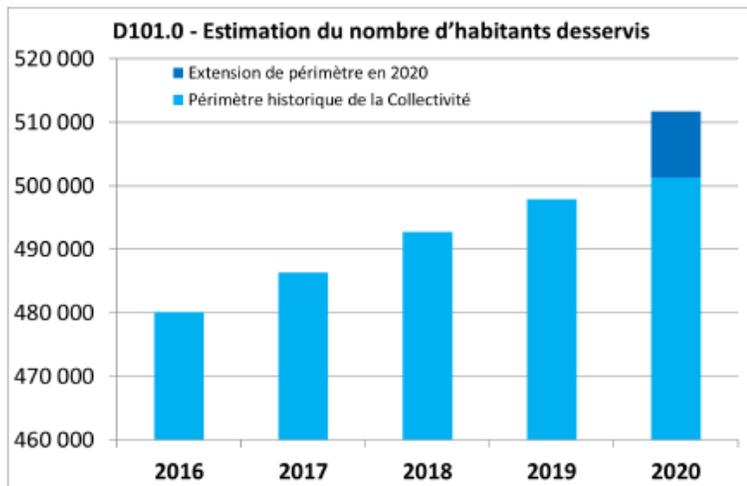
Les membres de la Collectivité Eau du Bassin Rennais
au 1^{er} janvier 2022



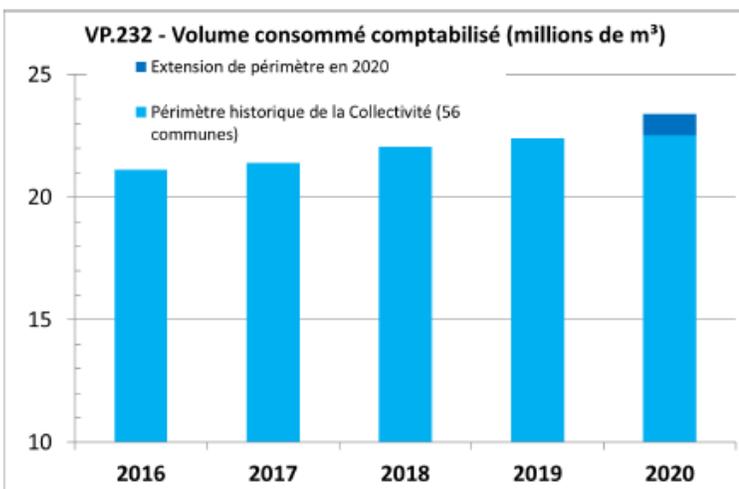
ORGANISATION DE L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU BASSIN RENNAIS



Abonnés et volumes consommés

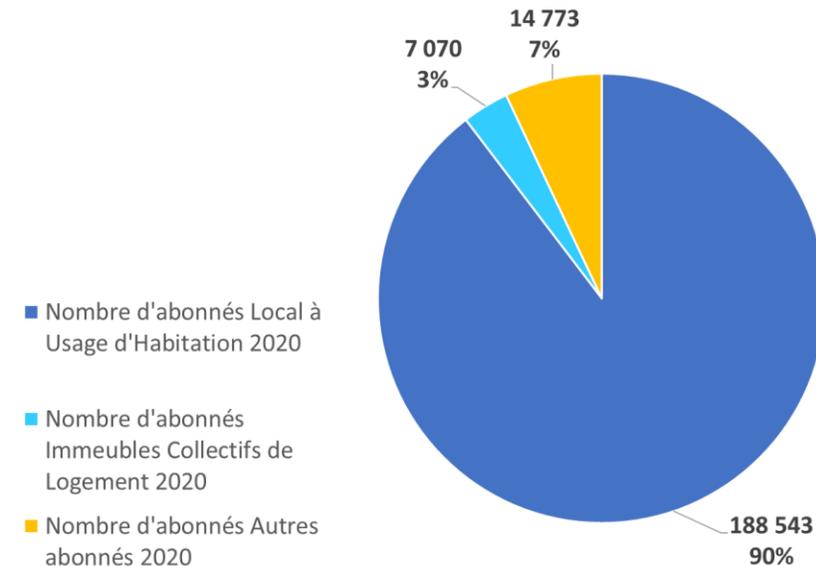


Sur les 5 dernières années le nombre d'habitants desservis sur le territoire de la Collectivité (hors extension de 2020) a augmenté de 4.4%.

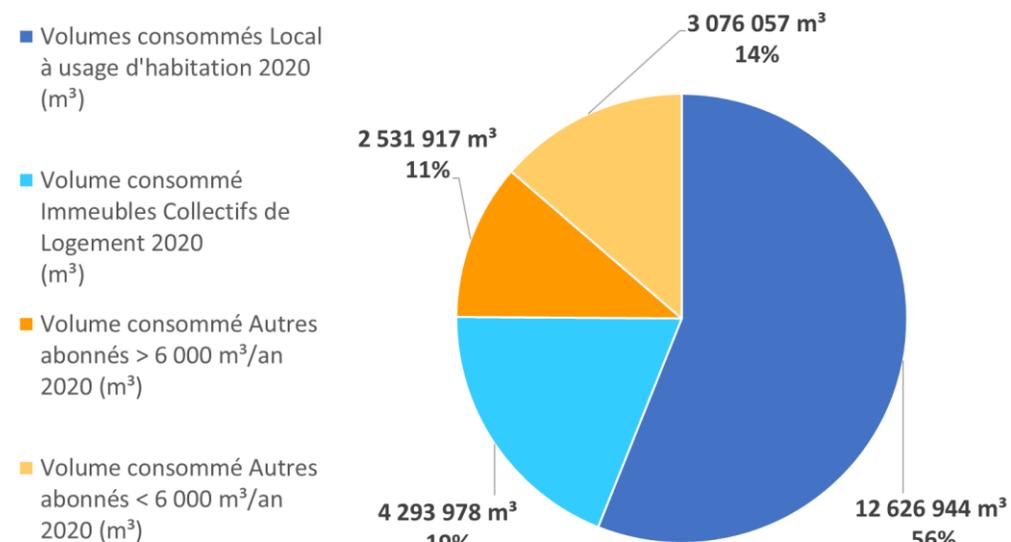


Sur les 5 dernières années, les volumes consommés comptabilisés ont augmenté de 6,7 % sur le périmètre historique des 56 communes de la Collectivité (hors extension de périmètre en 2020) soit une augmentation annuelle moyenne de +1,7% par an.

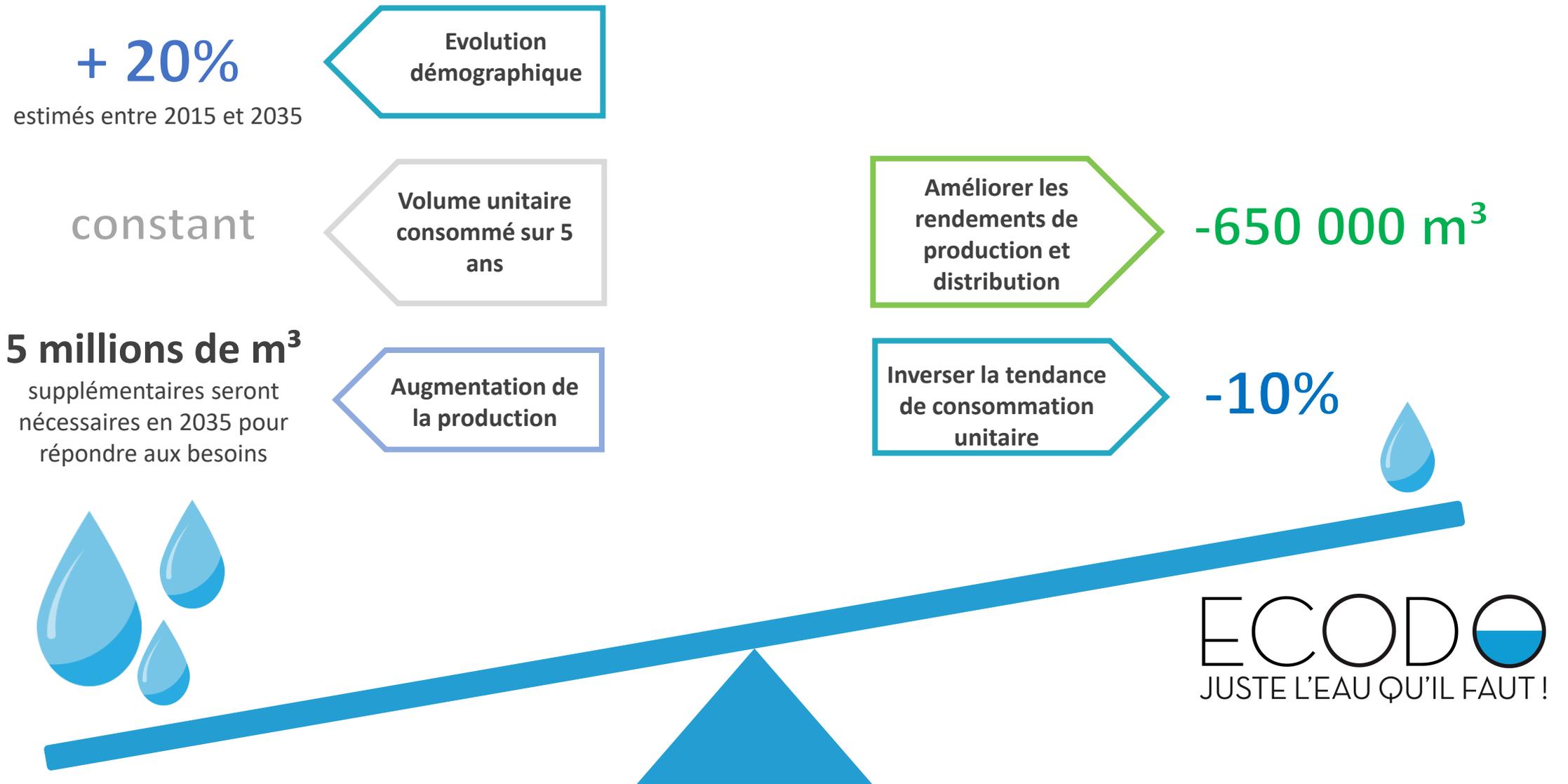
Répartition des abonnés par catégorie



Répartition des volumes consommés par catégorie



L'équilibre ressources/besoins



Intégration du changement climatique dans la gestion de la ressource en eau

Ronan ABHERVÉ

Doctorant

Géosciences RENNES, Chaire Eaux & Territoires, Université de rennes 1

Intégration du changement climatique dans la gestion de la ressource en eau : exemple du bassin rennais



Barrage de la Chèze

Présentation 1 : Contexte et évolutions climatique du territoire de la CEBR : impacts sur la ressource

- 1) Localisation du territoire et contexte de la chaire Eaux et Territoires
- 2) Évolution historique des ressources à l'échelle du bassin rennais
- 3) Développement d'une démarche de modélisation hydro(géo)logique

Présentation 2 : L'impact de la sécheresse sur l'eau disponible en amont de la station d'épuration

- 4) Exemple de prédictions des débits en amont de stations d'épuration

Présentation 1 : Contexte et évolutions climatique du territoire de la CEBR : impacts sur la ressource

- 1) Localisation du territoire et contexte de la chaire Eaux et Territoires
- 2) Évolution historique des ressources à l'échelle du bassin rennais
- 3) Développement d'une démarche de modélisation hydro(géo)logique

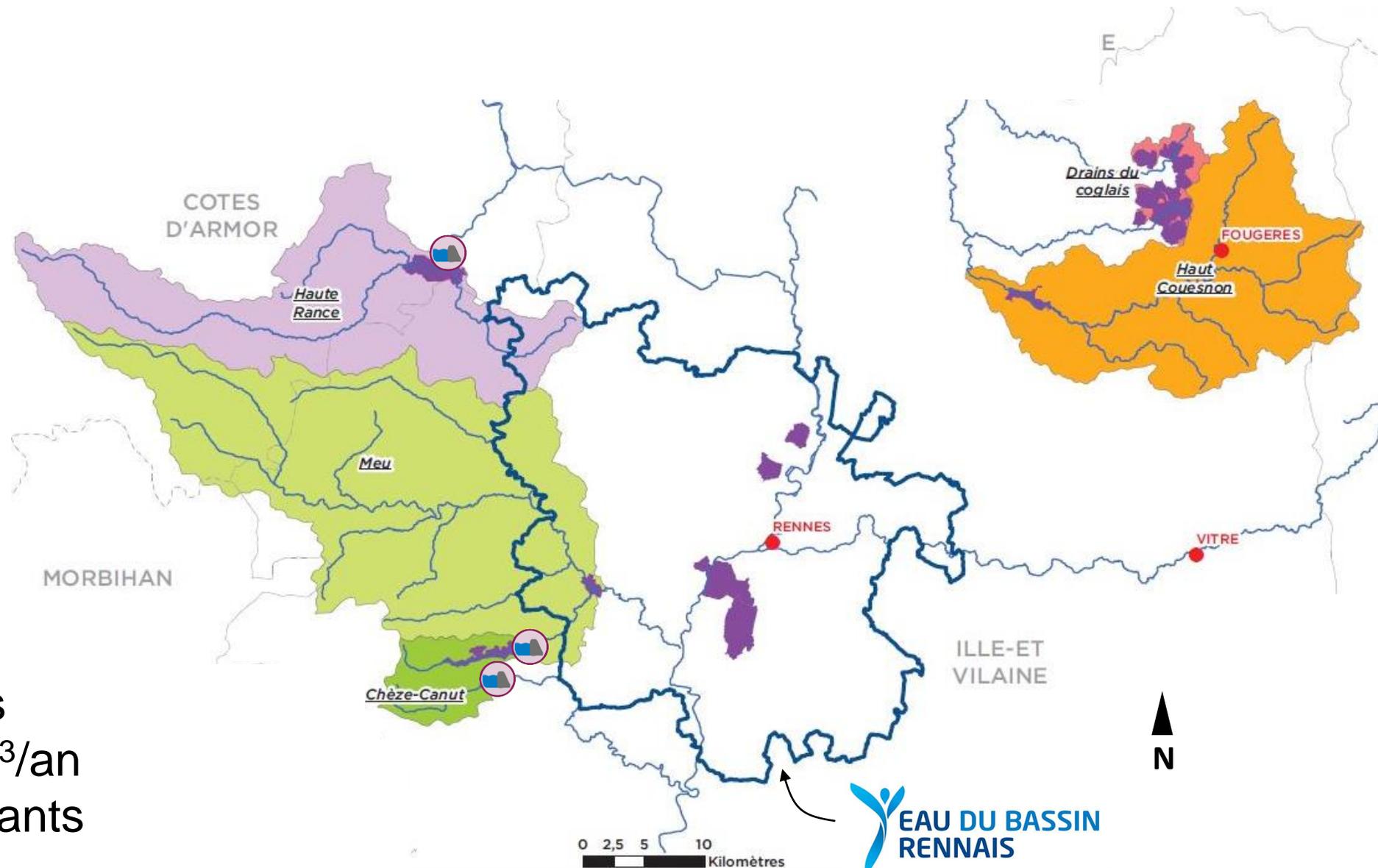
Présentation 2 : L'impact de la sécheresse sur l'eau disponible en amont de la station d'épuration

- 4) Exemple de prédictions des débits en amont de stations d'épuration

La production d'eau potable d'Eau du Bassin Rennais



La production d'eau potable d'Eau du Bassin Rennais



- 13 ressources
- 26 300 000 m³/an
- 543 000 habitants

Le programme de recherche : Chaire Eaux et Territoires

72 COMMUNES
AU 01/01/2022

542 691 habitants

217 000 abonnés

46 élus
COMITÉ SYNDICAL

17 élus
BUREAU

50 collaborateurs

16 627 RESERVOIRS

4500 km de canalisations

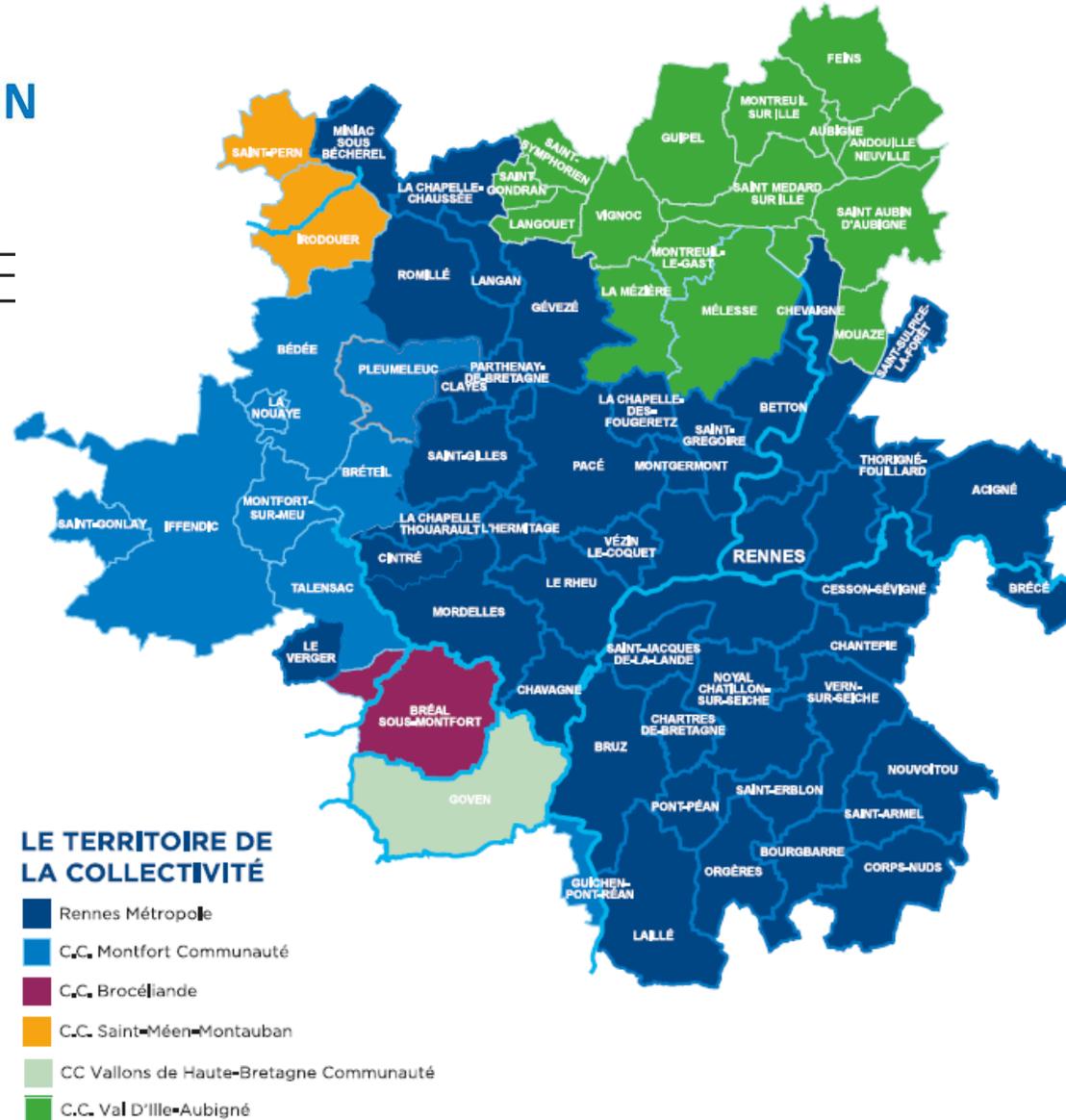
11 USINES de potabilisation

180 km D'ADDUCTION

3 116 000 kWh/an CAPACITÉ DE PRODUCTION D'ELECTRICITÉ RENOUVELABLE



Jean-Yves Gaubert
Christophe Barbot
Laurent Geneau
Benoit Têtu
Boris Gueguen
Stéphane Louaisil



Luc Aquilina
Jean-Raynald de Dreuzy
Laurent Longuevergne
Clément Roques

Place de la chaire au sein du laboratoire, des équipes et des projets de recherche



Observatoire
des Sciences de l'Univers
de Rennes

Terre, Écosystèmes et Sociétés

Fédération de Recherche

Unités constituantes



Unités associées



Equipes associées



217 Personnels permanents

Laboratoire

Observatoire (UAR)



Infrastructures de Recherche: 59 personnes
UAR : 20 personnes

Composante de Formation Université de Rennes 1



420 Etudiants (M1,M2)
80 Doctorants

Place de la chaire au sein du laboratoire, des équipes et des projets de recherche

Observatoire
des Sciences de l'Univers
de Rennes

Terre, Écosystèmes et Sociétés

GEO SCIENCES Rennes **Unité**

Eau, ressources et interactions fluides

Départements

RIVIERES TERA EAUX & TERRITOIRES

FRODO Démo(dé) LABCOM

Fédération de Recherche

Unités constituantes

- GEO SCIENCES Rennes
- ECOBIOD Rennes
- CRzAAH UMR 6566
- LETC Rennes
- IPR

Unités associées

- SAS
- USE
- IGEPP

Équipes associées

- A.O.D.E.
- IRISA
- IETR

217 Personnels permanents

Laboratoire

Observatoire (UAR)

Infrastructures de Recherche: 59 personnes
UAR : 20 personnes

Composante de Formation
Université de Rennes 1

420 Etudiants (M1, M2)
80 Doctorants

Place de la chaire au sein du laboratoire, des équipes et des projets de recherche

Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes
Terre, Écosystèmes et Sociétés

GEO SCIENCES Rennes Unité

Eau, ressources et interactions fluides

Départements

- RIVIERES
- TERA
- EAUX & TERRITOIRES
- FRODO
- Démo(dé)
- LABCOM

Fédération de Recherche

Unités constituantes

- GEO SCIENCES Rennes
- ECOBIOD
- CRZAAH UMR 6566
- IPR

Unités associées

- SAS
- U3E
- IGEP

Equipes associées

- A.O.D.E.
- IETR

217 Personnels permanents

Laboratoire

Observatoire (UAR)

Zone Atelier

Infrastructures de Recherche: 59 personnes
UAR : 20 personnes

Composante de Formation Université de Rennes 1

420 Etudiants (M1,M2)
80 Doctorants

Equipe

- Dynamique des processus hydrogéologiques
- Compréhension des processus aux interfaces profond-surface
- Origine et transfert des polluants anthropiques et des polluants émergents
- Usages de l'eau, écosystèmes et activités humaines
- Gestion de la ressource en eau

Place de la chaire au sein du laboratoire, des équipes et des projets de recherche



GEO SCIENCES Rennes Unité

Eau, ressources et interactions fluides

Départements

RIVIERES

TERA

EAUX & TERRITOIRES

FRODO

Démo(dé)

LABCOM

Fédération de Recherche

Unités constituantes

Unités associées

Equipes associées

217 Personnels permanents

Laboratoire

Observatoire (UAR)

Zone Atelier

Infrastructures de Recherche: 59 personnes

UAR : 20 personnes

Composante de Formation Université de Rennes 1

420 Etudiants (M1,M2)

80 Doctorants

Equipe

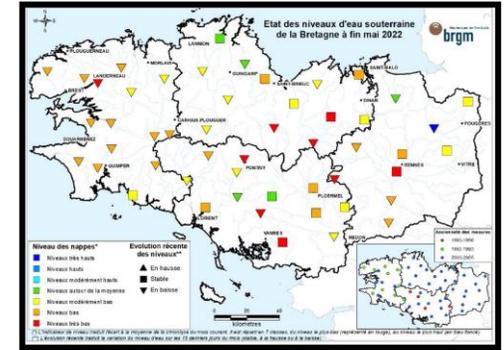
- Dynamique des processus hydrogéologiques
- Compréhension des processus aux interfaces profond-surface
- Origine et transfert des polluants anthropiques et des polluants émergents
- Usages de l'eau, écosystèmes et activités humaines
- Gestion de la ressource en eau

↳ Chaire Fondation Rennes 1 « Eaux et Territoires »

↳ Travaux de thèse présentés

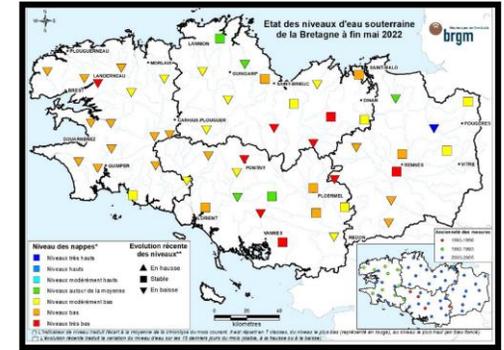
Contexte de la chaire et objectifs

- *Face à la sécheresse, Rennes puise dans ses réserves en eau potable (2017)* 
- *Ille-et-Vilaine. En manque d'eau, les nappes phréatiques sous surveillance (2019)* 
- *L'Ille-et-Vilaine en « vigilance sécheresse » (2021)* 
- *Sécheresses : le bassin Rennais manquera-t-il d'eau dans les prochaines années ? (2022)* 
- *Les sécheresses extrêmes de 2018 et 2019 appelées à se répéter en Europe*  *(Hari et al., 2020)*



Contexte de la chaire et objectifs

- *Face à la sécheresse, Rennes puise dans ses réserves en eau potable (2017)* 
- *Ille-et-Vilaine. En manque d'eau, les nappes phréatiques sous surveillance (2019)* 
- *L'Ille-et-Vilaine en « vigilance sécheresse » (2021)* 
- *Sécheresses : le bassin rennais manquera-t-il d'eau dans les prochaines années ? (2022)* 
- *Les sécheresses extrêmes de 2018 et 2019 appelées à se répéter en Europe*  *(Hari et al., 2020)*



Quelle évolution futur des débits et plus généralement du stock d'eau à l'échelle du bassin rennais ?

Comment les caractéristiques du paysage contrôlent la capacité de stockage en eau et la dynamique hydrologique des bassins-versants ?

Vers un système durable qui tient compte de la nouvelle redistribution de la quantité d'eau dans l'espace et le temps

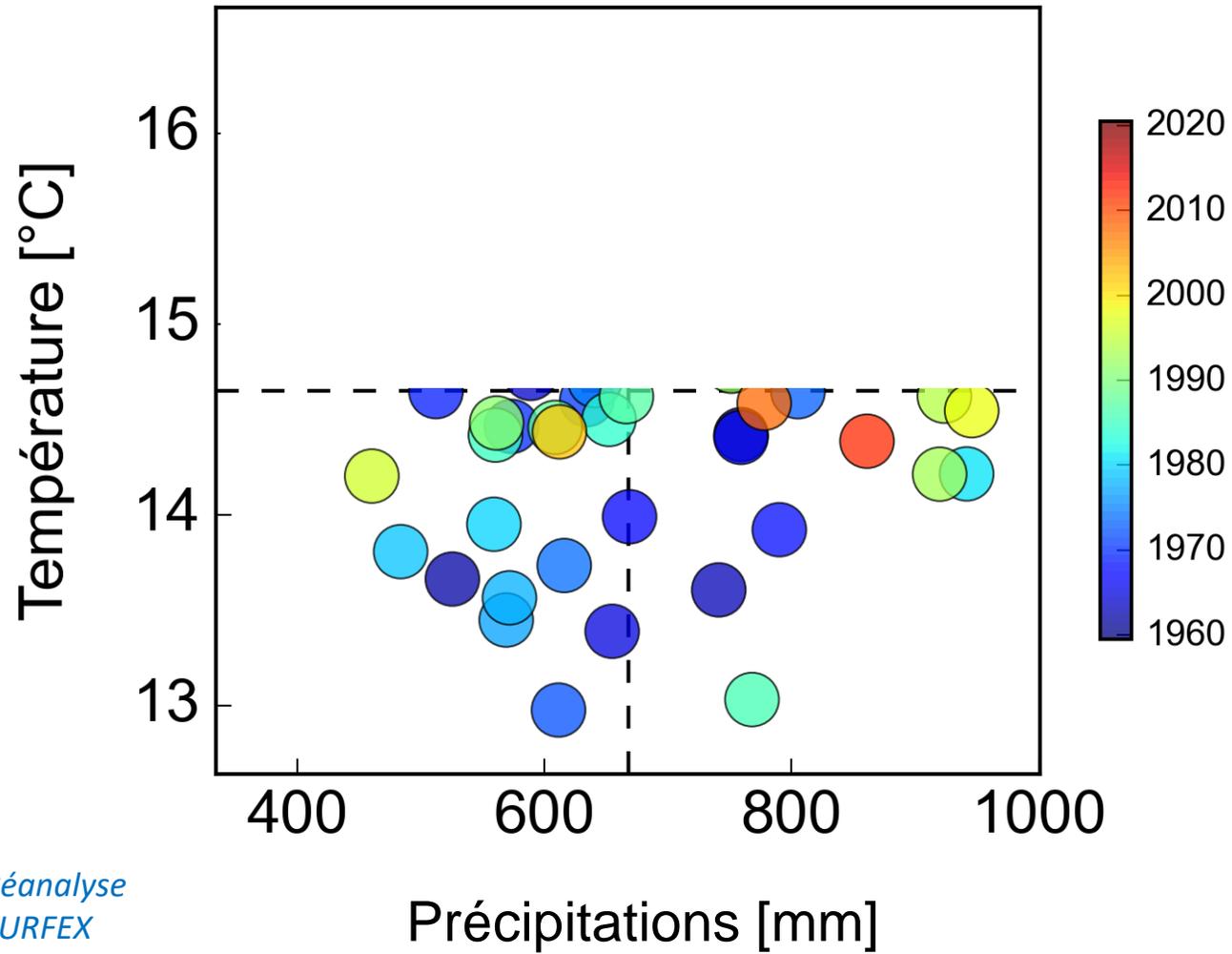
Présentation 1 : Contexte et évolutions climatique du territoire de la CEBR : impacts sur la ressource

- 1) Localisation du territoire et contexte de la chaire Eaux et Territoires
- 2) Évolution historique des ressources à l'échelle du bassin rennais**
- 3) Développement d'une démarche de modélisation hydro(géo)logique

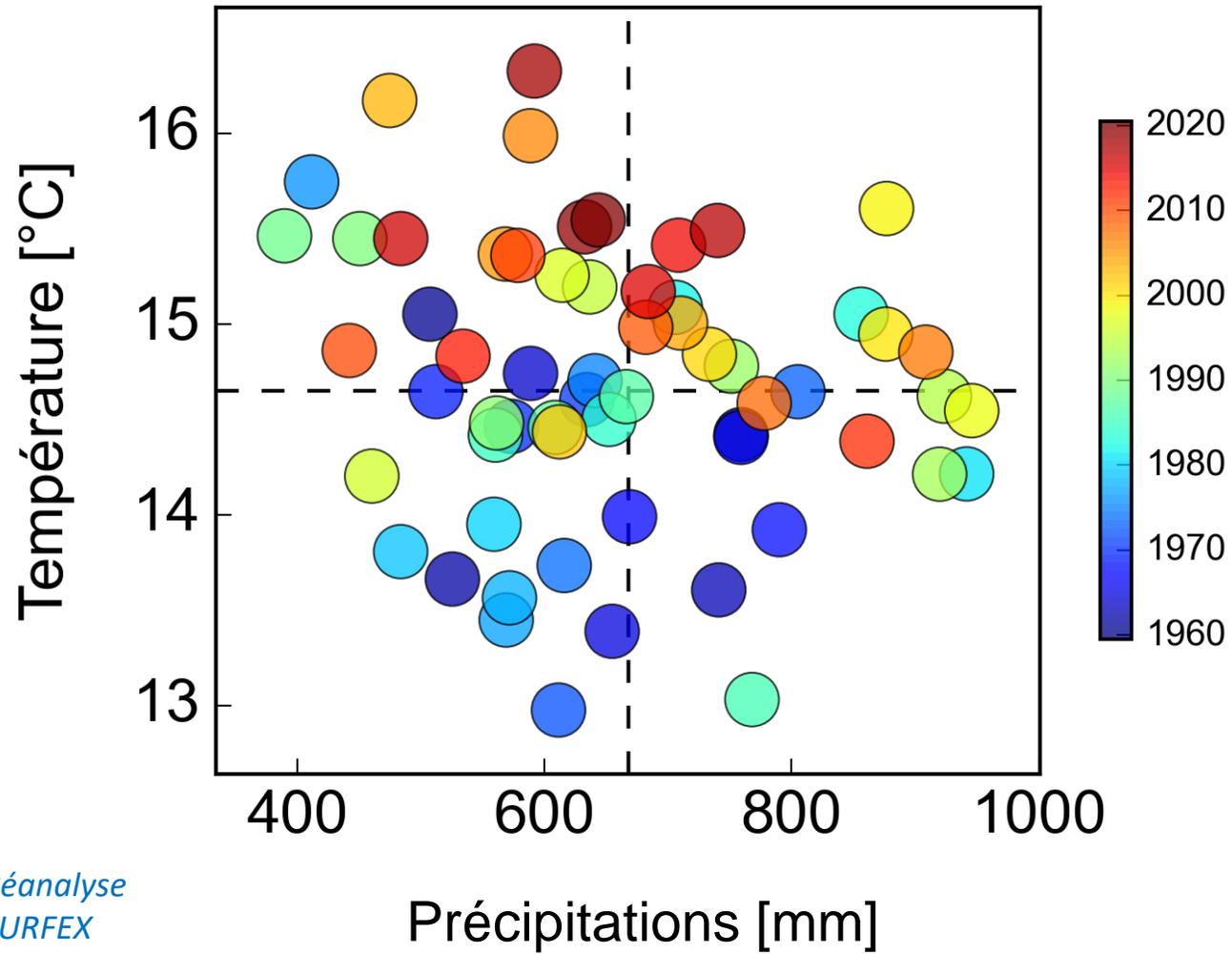
Présentation 2 : L'impact de la sécheresse sur l'eau disponible en amont de la station d'épuration

- 4) Exemple de prédictions des débits en amont de stations d'épuration

Période de « basses eaux »
avril à septembre



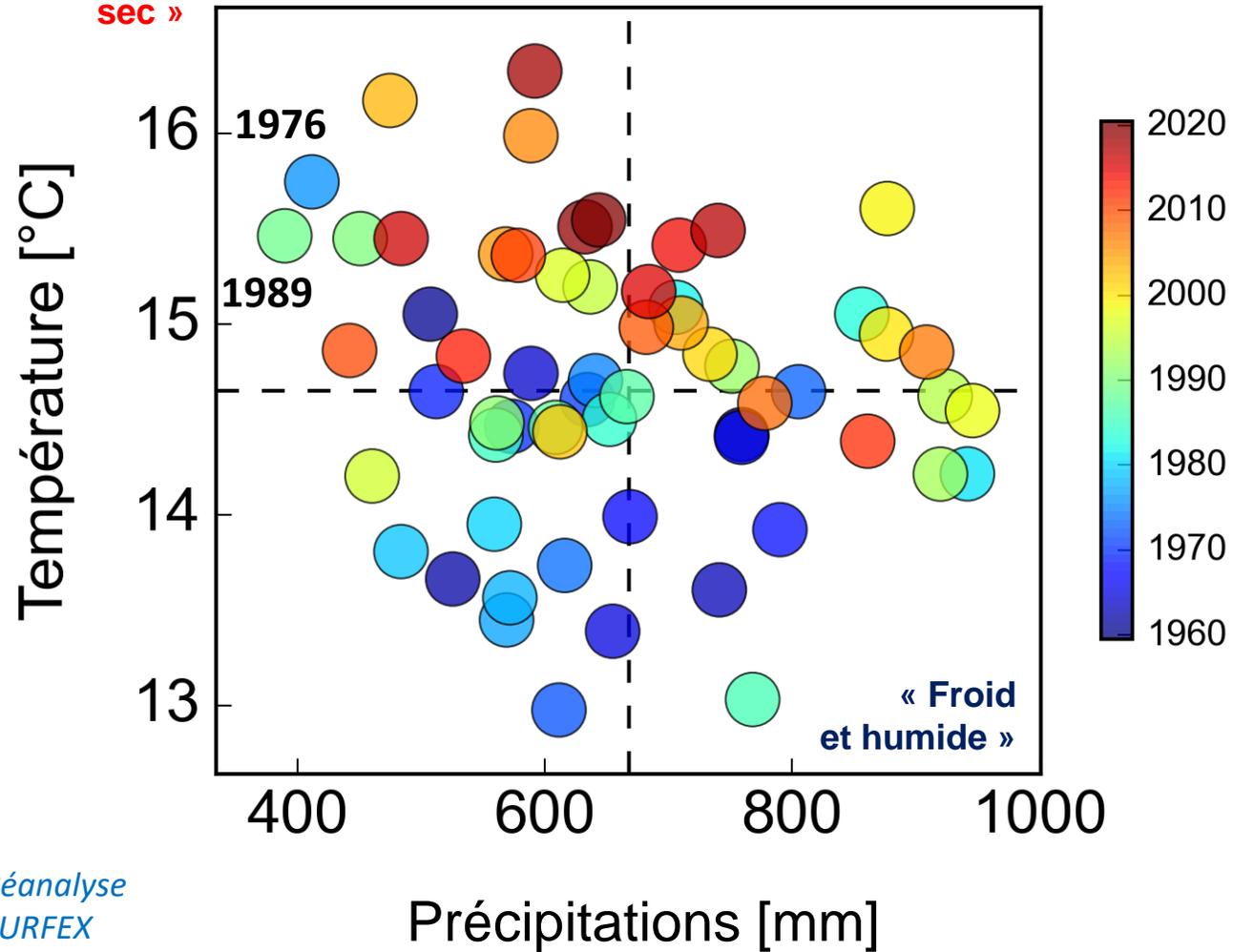
Période de « basses eaux »
avril à septembre



Analyse du climat passé à l'échelle du bassin rennais

Période de « basses eaux »
avril à septembre

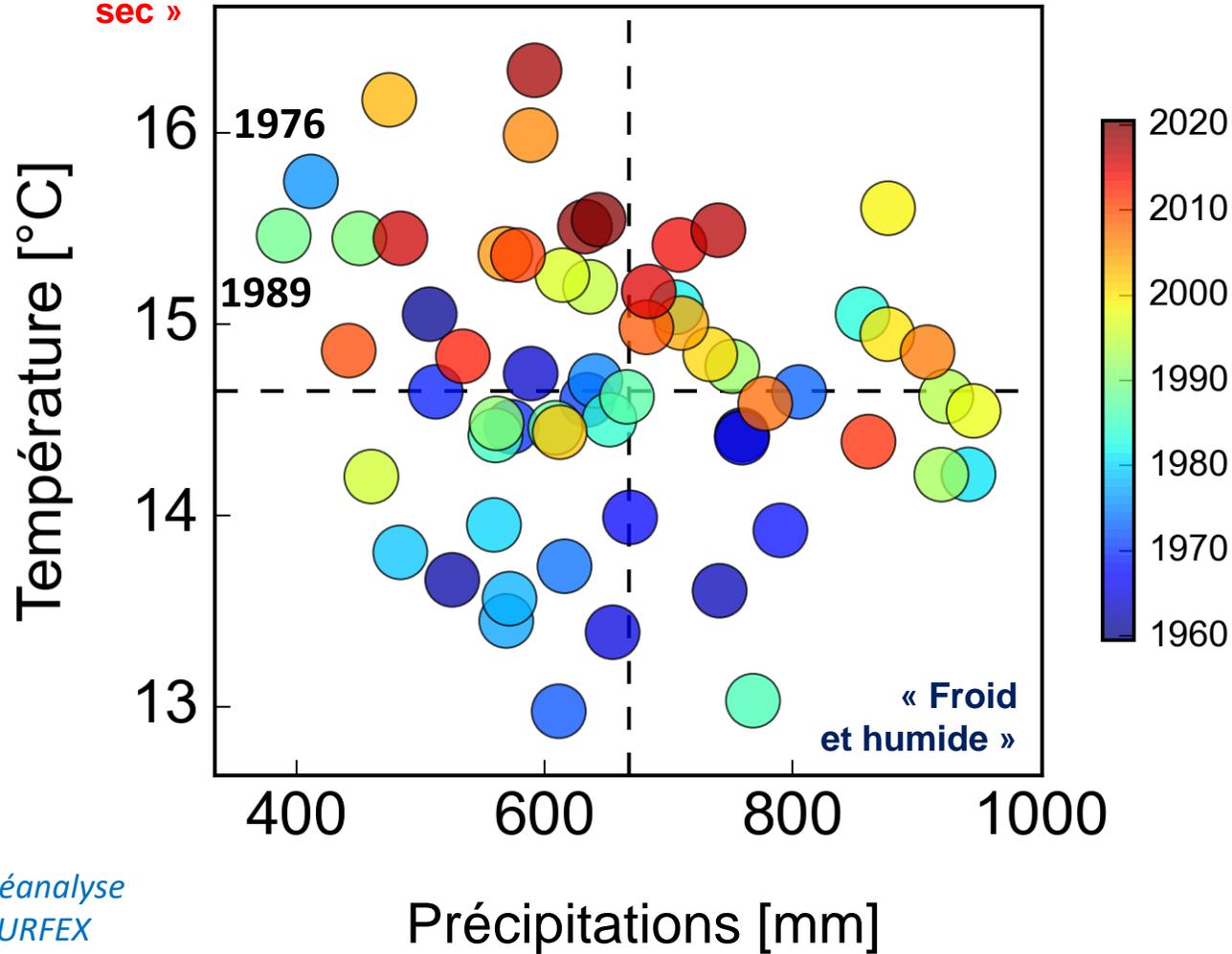
« Chaud et
sec »



Analyse du climat passé à l'échelle du bassin rennais

Période de « basses eaux »
avril à septembre

« Chaud et
sec »

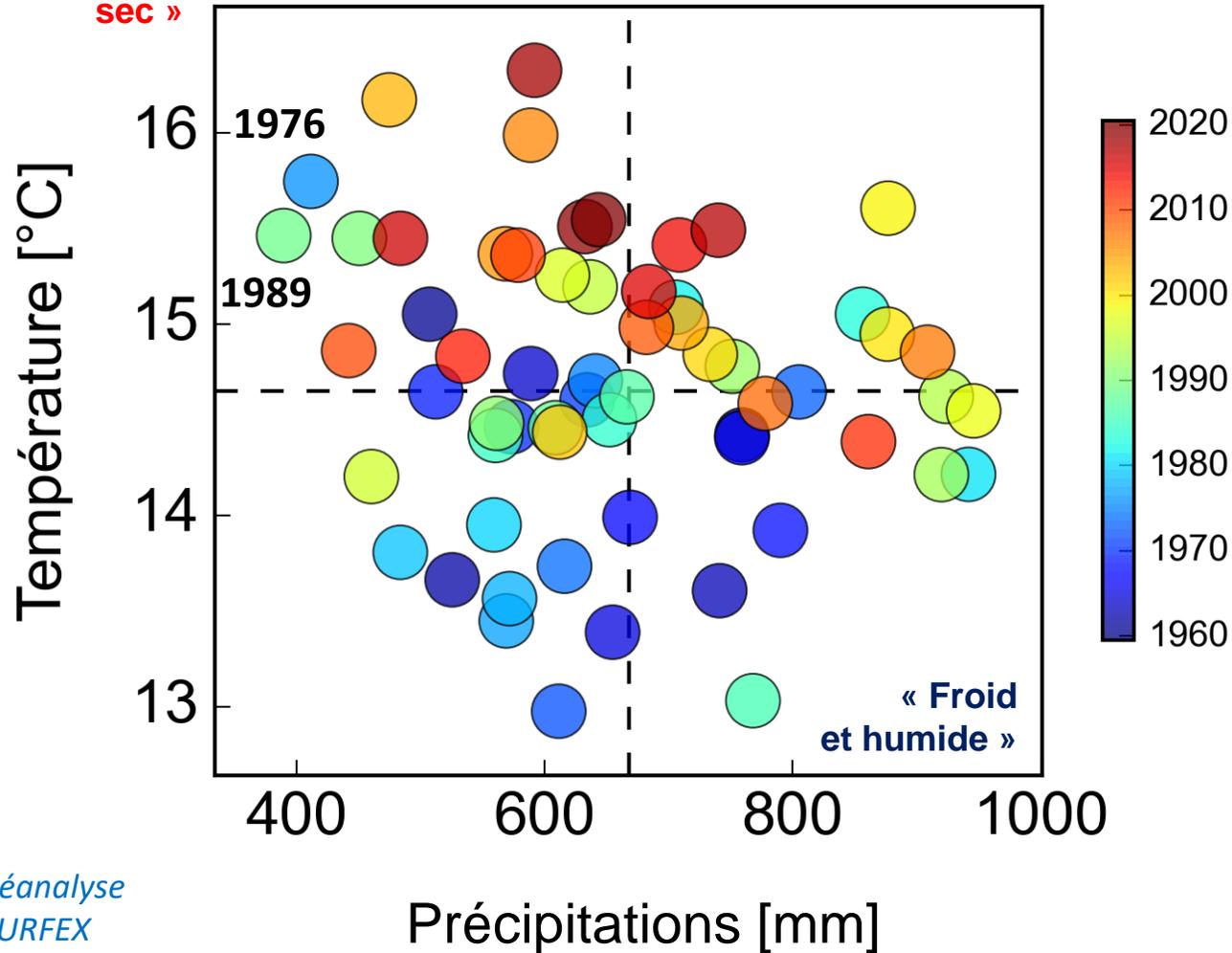


Conclusions similaires aux travaux antérieurs
sur le changement climatique en Bretagne :
(Dubreuil et al., 2018, Lamy 2013)

Analyse du climat passé à l'échelle du bassin rennais

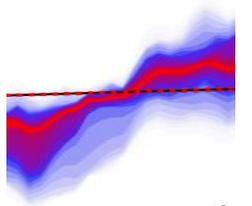
Période de « basses eaux »
avril à septembre

« Chaud et
sec »



Conclusions similaires aux travaux antérieurs sur le changement climatique en Bretagne :
(Dubreuil et al., 2018, Lamy 2013)

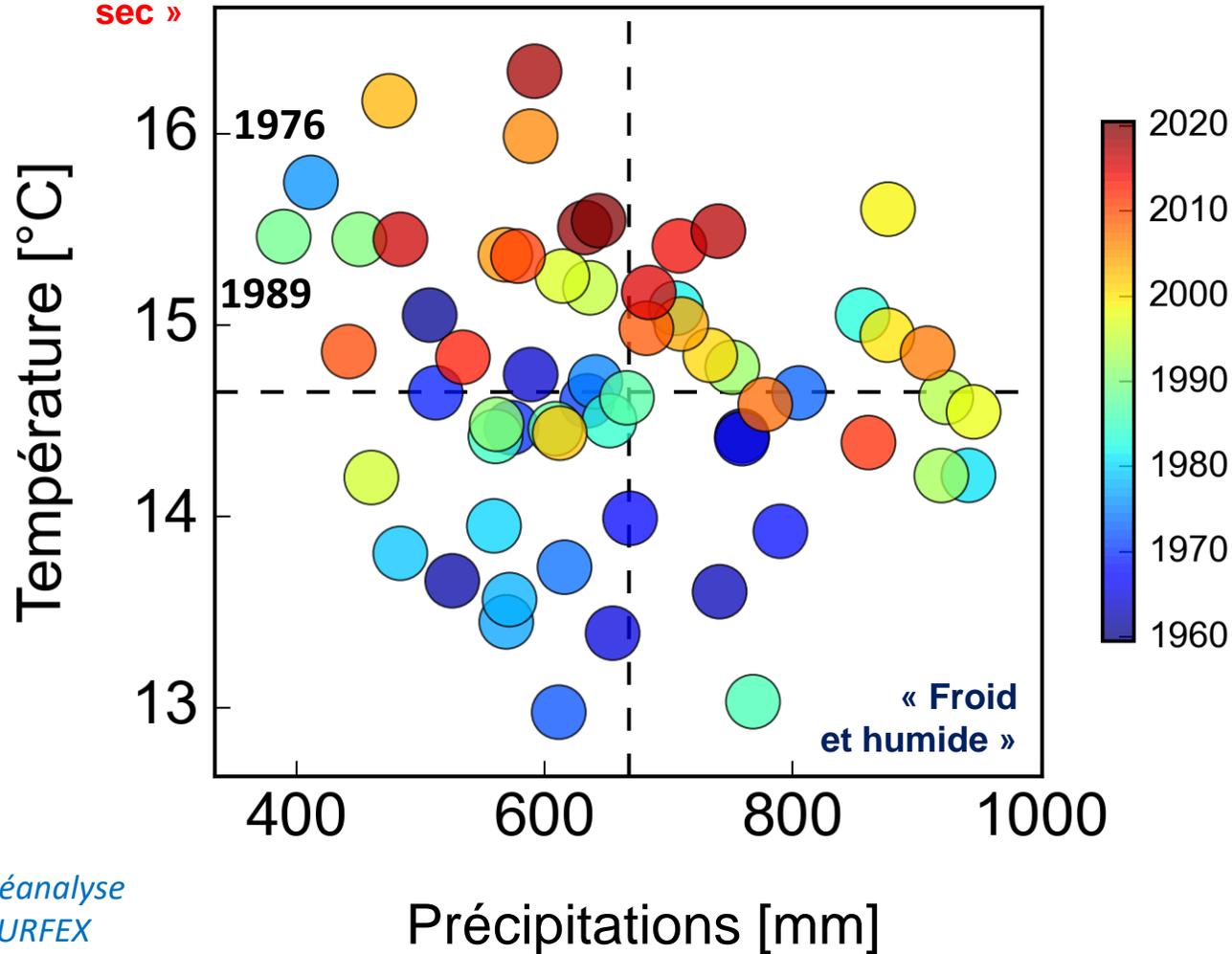
- **Températures**
Nette augmentation
- **Évapotranspiration**
+ 10% à l'échelle mondiale de 2003 à 2019
(Pascolini-Campbell et al., 2021)
- **Précipitations**
Baisse en basses eaux
Augmentation en hautes eaux



Analyse du climat passé à l'échelle du bassin rennais

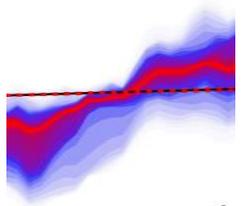
Période de « basses eaux »
avril à septembre

« Chaud et
sec »



Conclusions similaires aux travaux antérieurs
sur le changement climatique en Bretagne :
(Dubreuil et al., 2018, Lamy 2013)

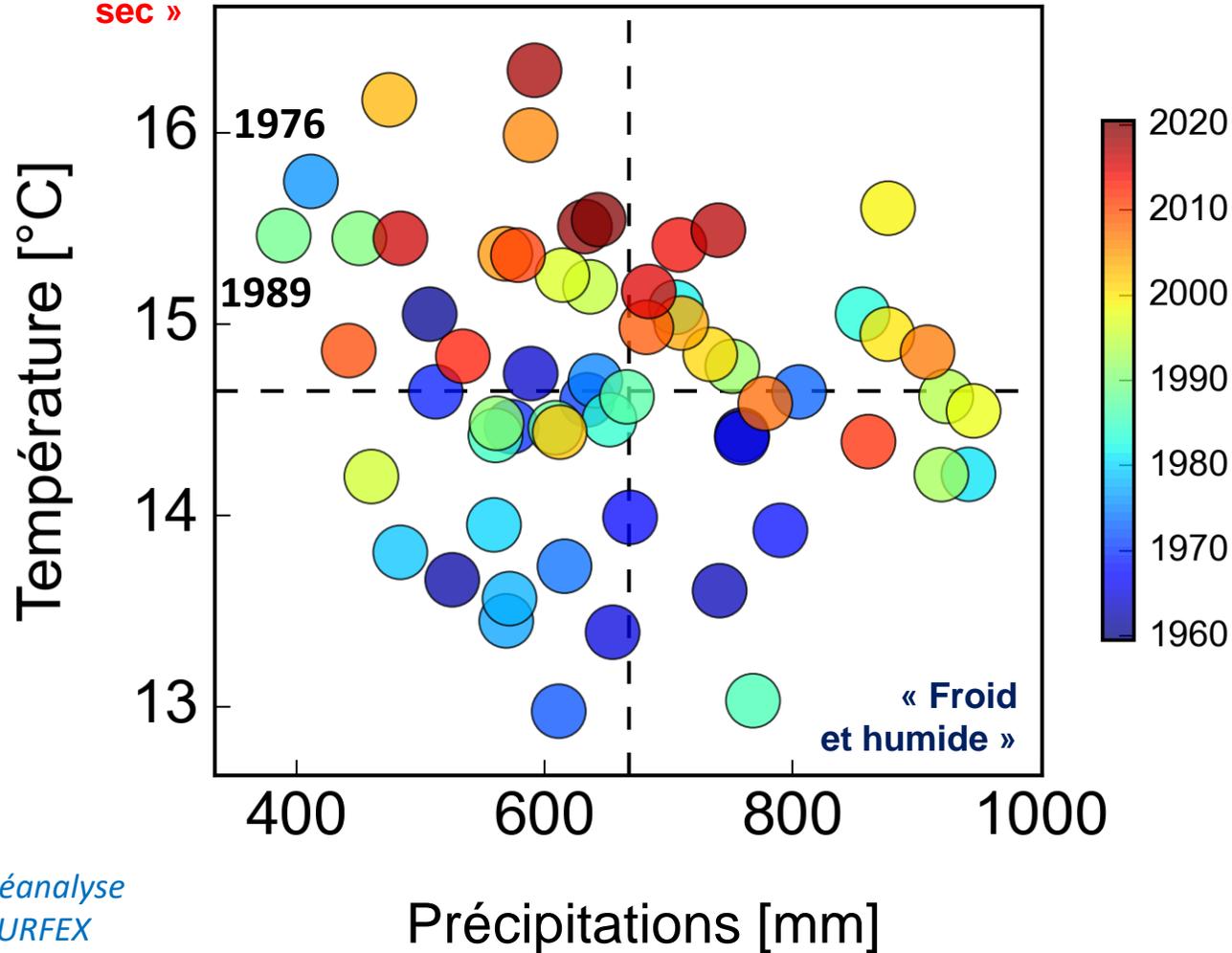
- **Températures**
Nette augmentation
- **Évapotranspiration**
+ 10% à l'échelle mondiale
de 2003 à 2019
(Pascolini-Campbell et al., 2021)
- **Précipitations**
Baisse en basses eaux
Augmentation en hautes eaux
Modification des régimes



Analyse du climat passé à l'échelle du bassin rennais

Période de « basses eaux »
avril à septembre

« Chaud et
sec »



Conclusions similaires aux travaux antérieurs sur le changement climatique en Bretagne :
(Dubreuil et al., 2018, Lamy 2013)

- **Températures**

Nette augmentation

- **Évapotranspiration**

+ 10% à l'échelle mondiale de 2003 à 2019

(Pascolini-Campbell et al., 2021)

- **Précipitations**

Baisse en basses eaux

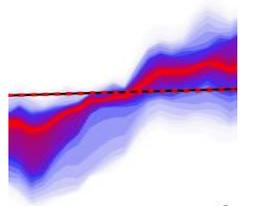
Augmentation en hautes eaux

Modification des régimes

- **Saisonnalité**

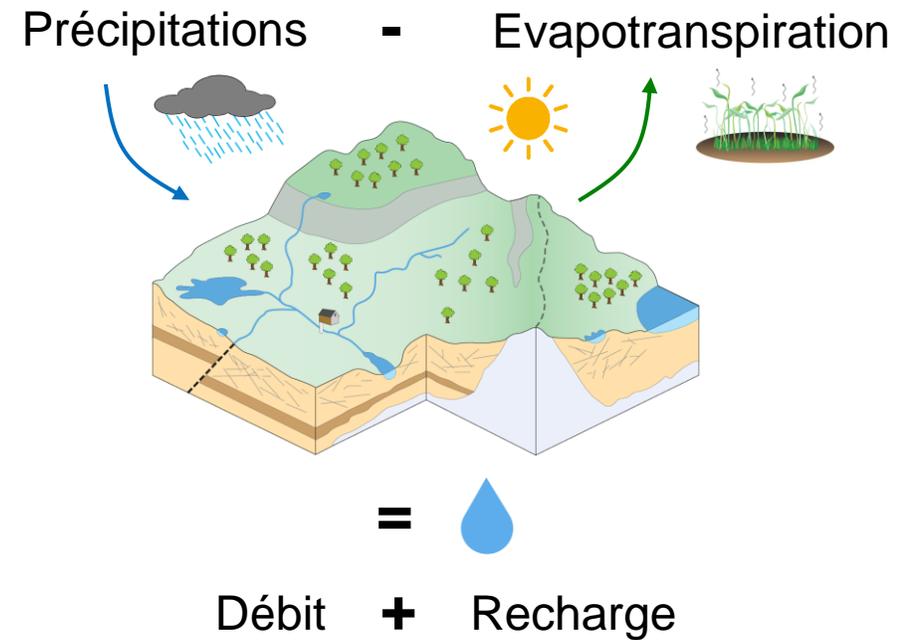
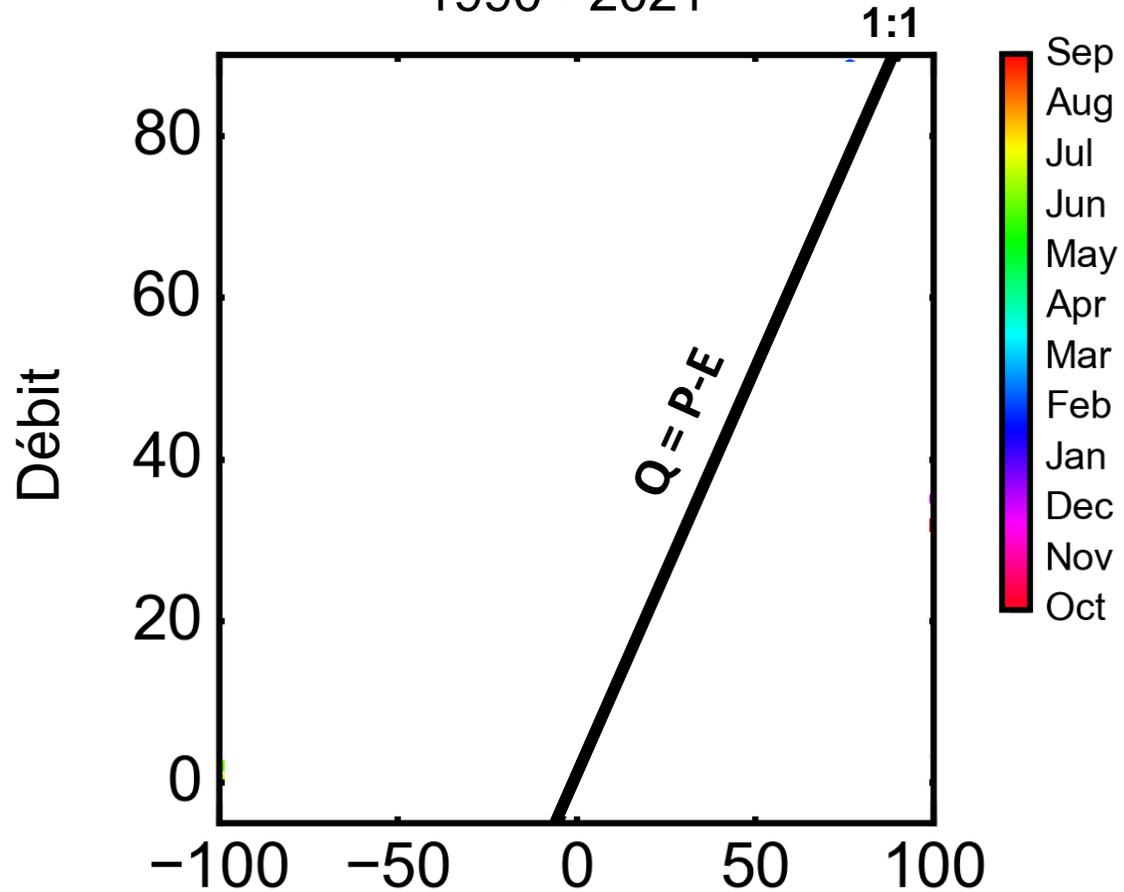
Allongement de la saison estivale

Décalage des saisons dans le temps



Analyse rétrospective de la dynamique hydrologique

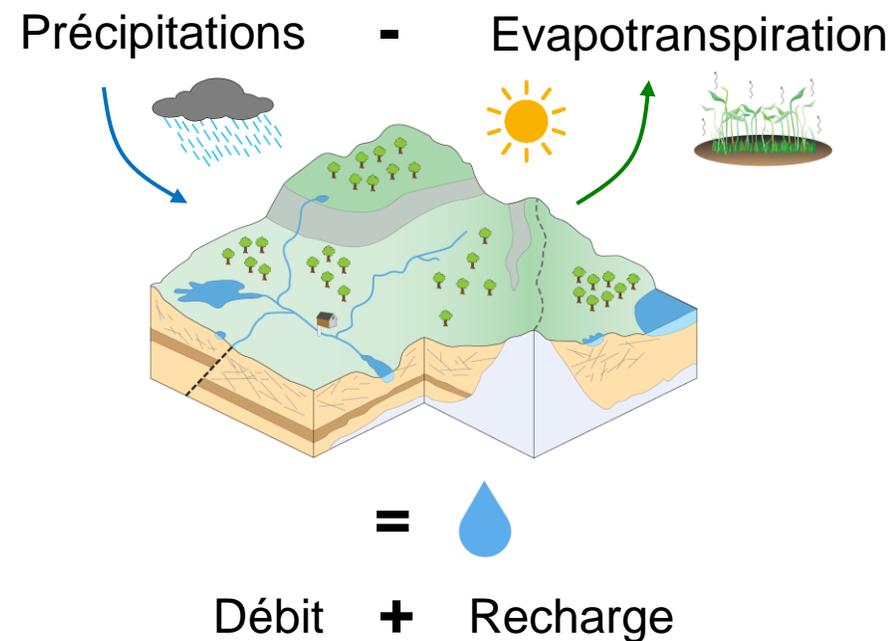
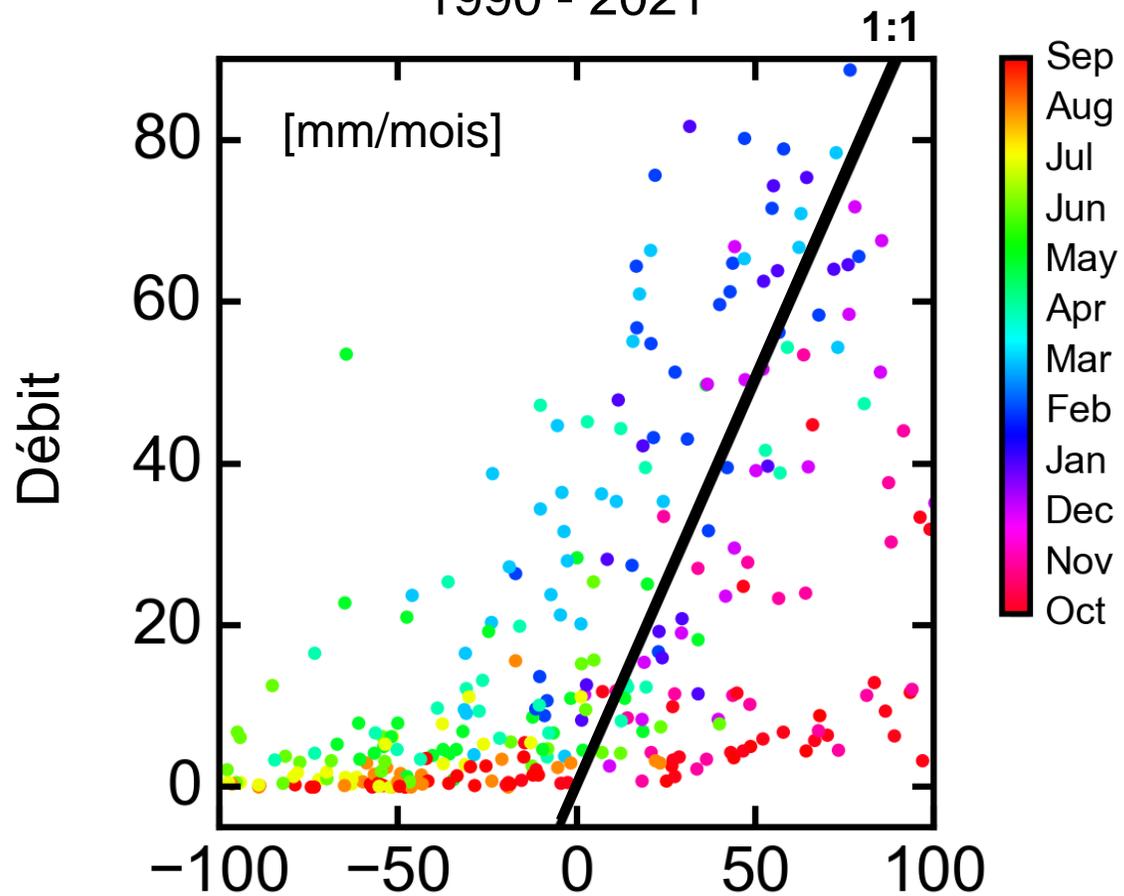
Station en amont du barrage
1990 - 2021



Précipitations - Évapotranspiration

Analyse rétrospective de la dynamique hydrologique

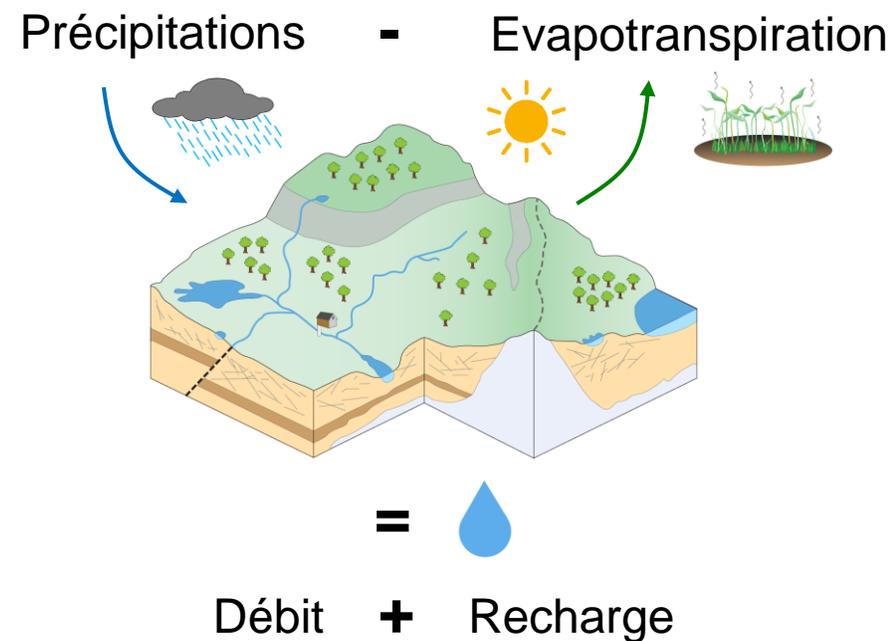
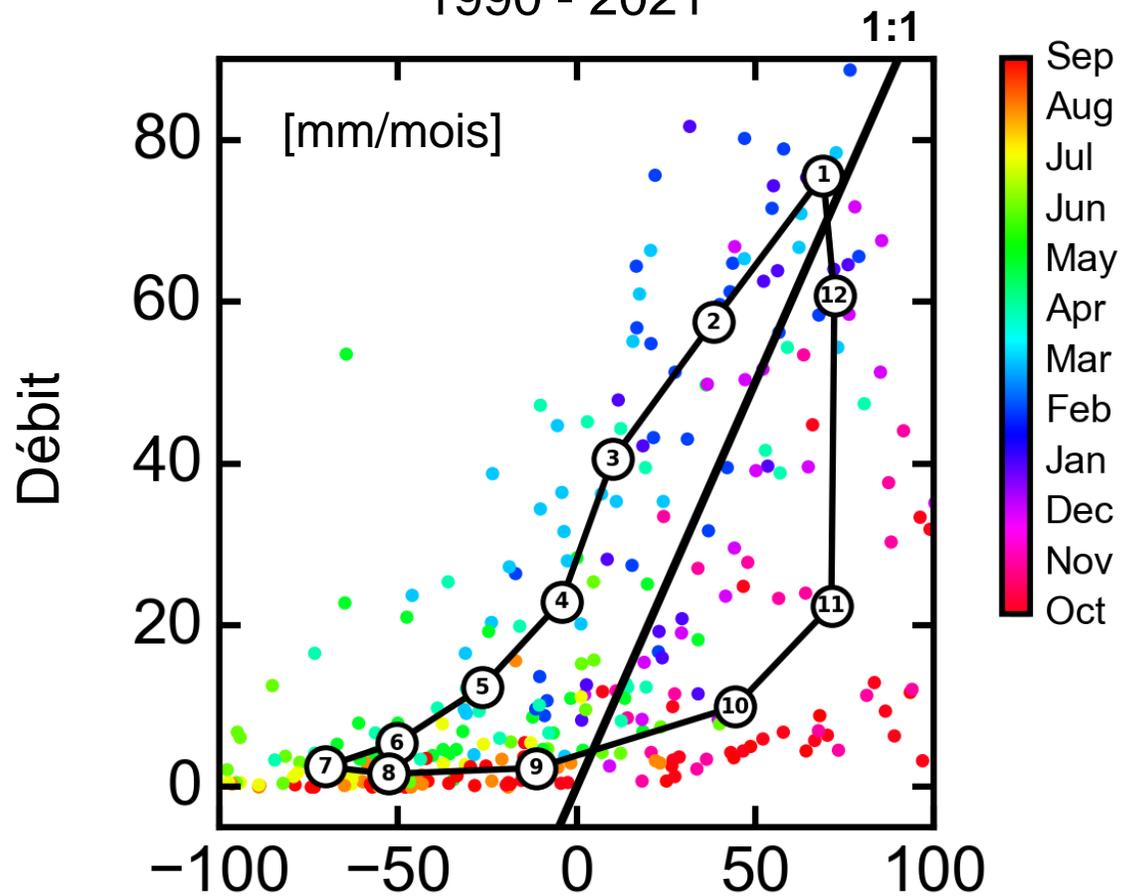
Station en amont du barrage
1990 - 2021



Précipitations - Évapotranspiration

Analyse rétrospective de la dynamique hydrologique

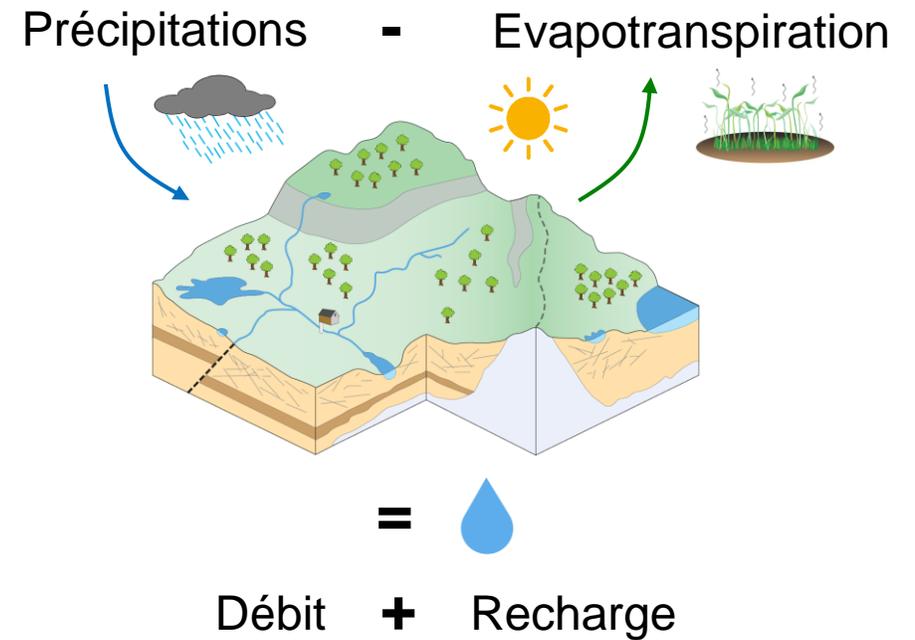
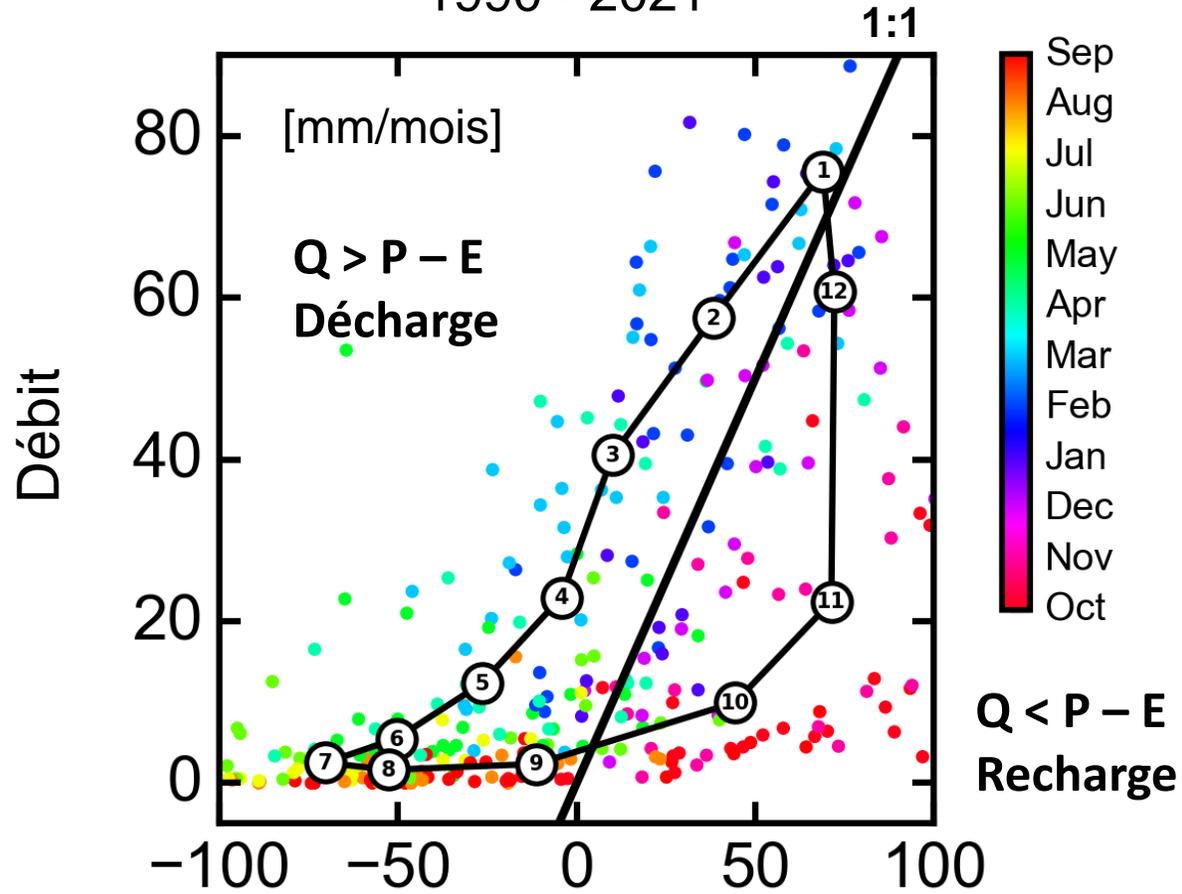
Station en amont du barrage
1990 - 2021



Précipitations - Évapotranspiration

Analyse rétrospective de la dynamique hydrologique

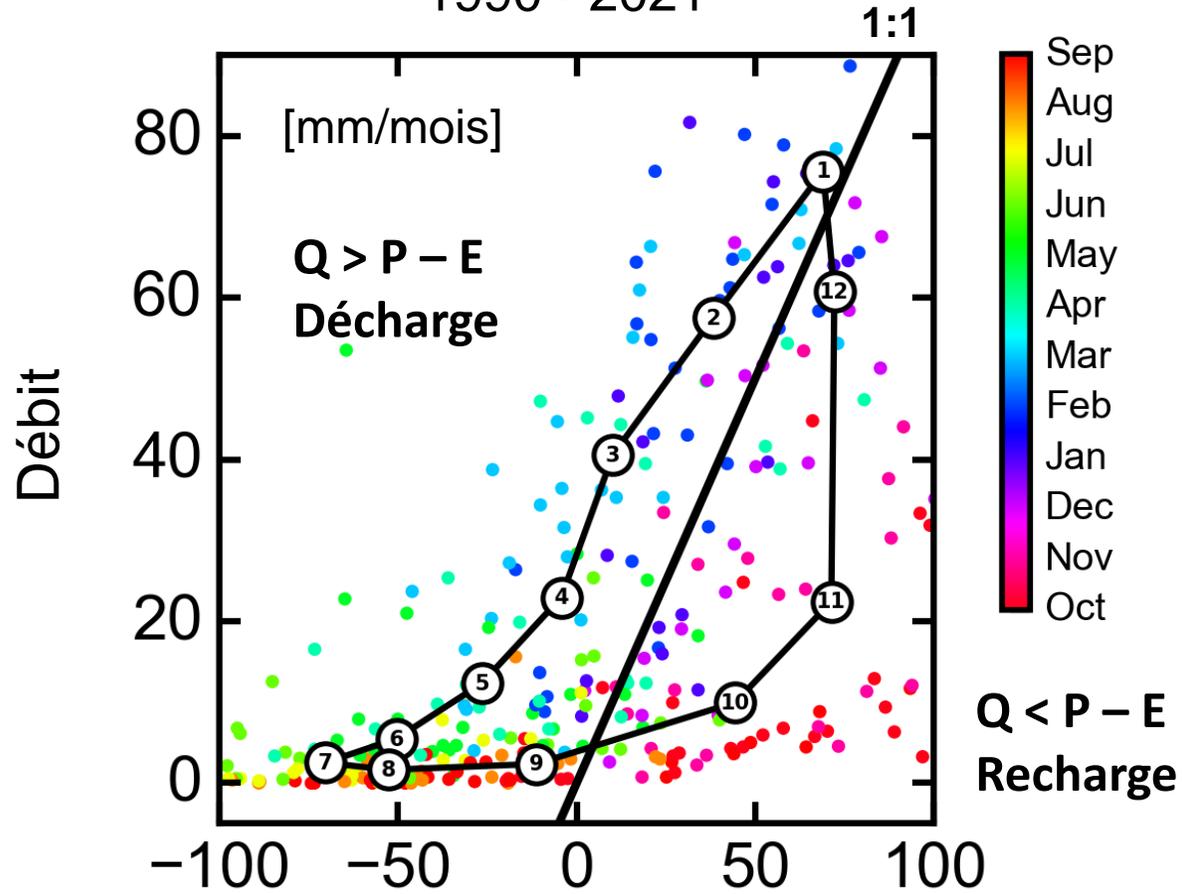
Station en amont du barrage
1990 - 2021



Précipitations - Évapotranspiration

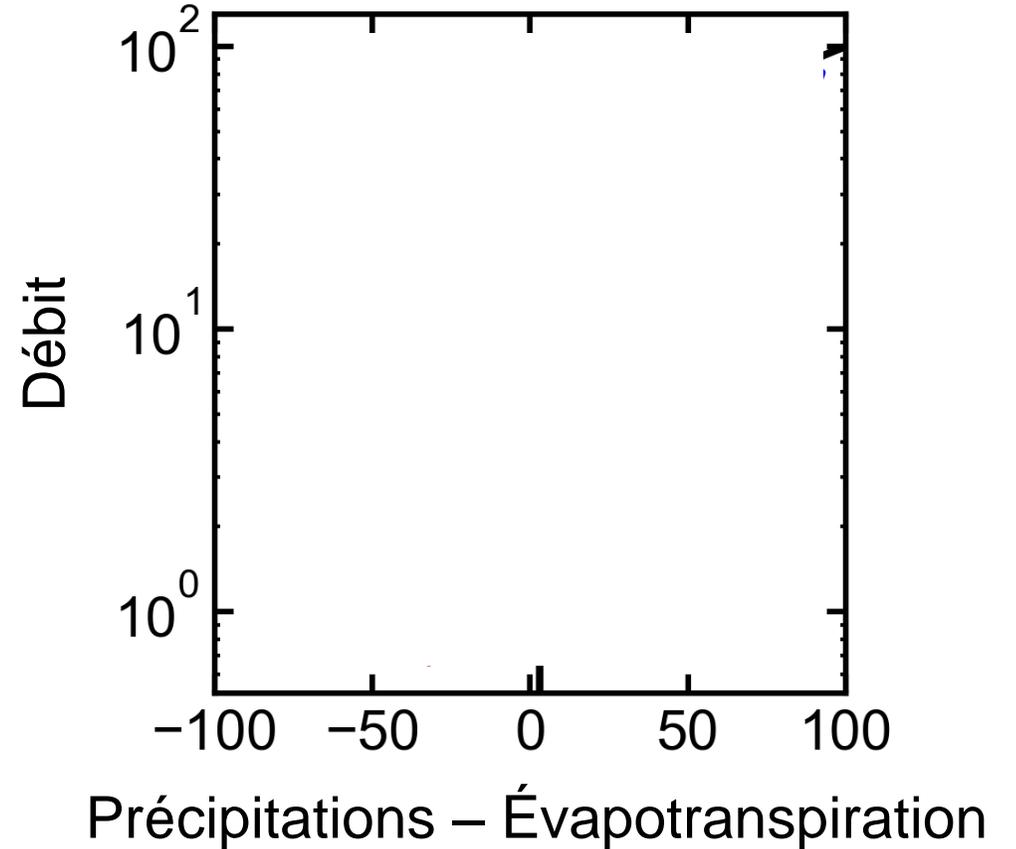
Analyse rétrospective de la dynamique hydrologique

Station en amont du barrage
1990 - 2021



Moyenne glissante : 10 ans

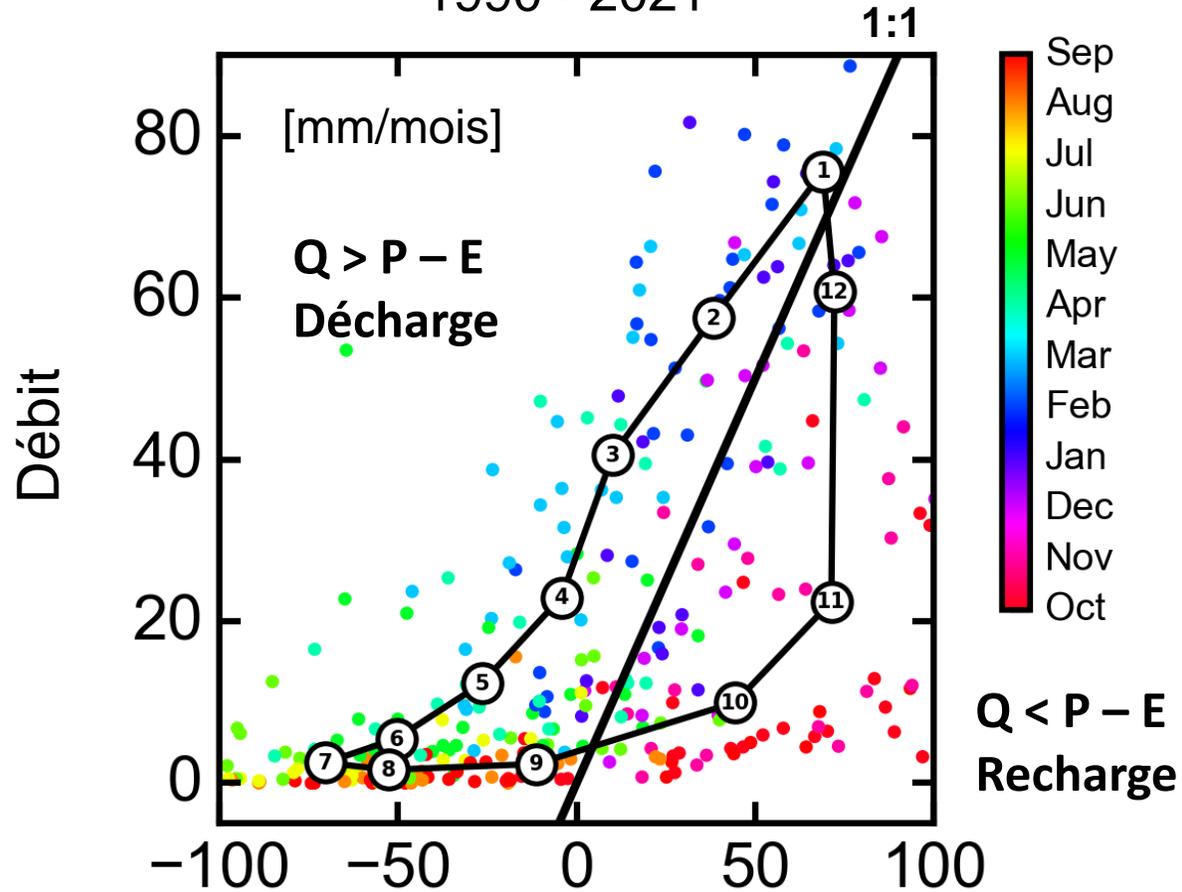
1990 - 2000 → 2011 - 2021



Précipitations - Évapotranspiration

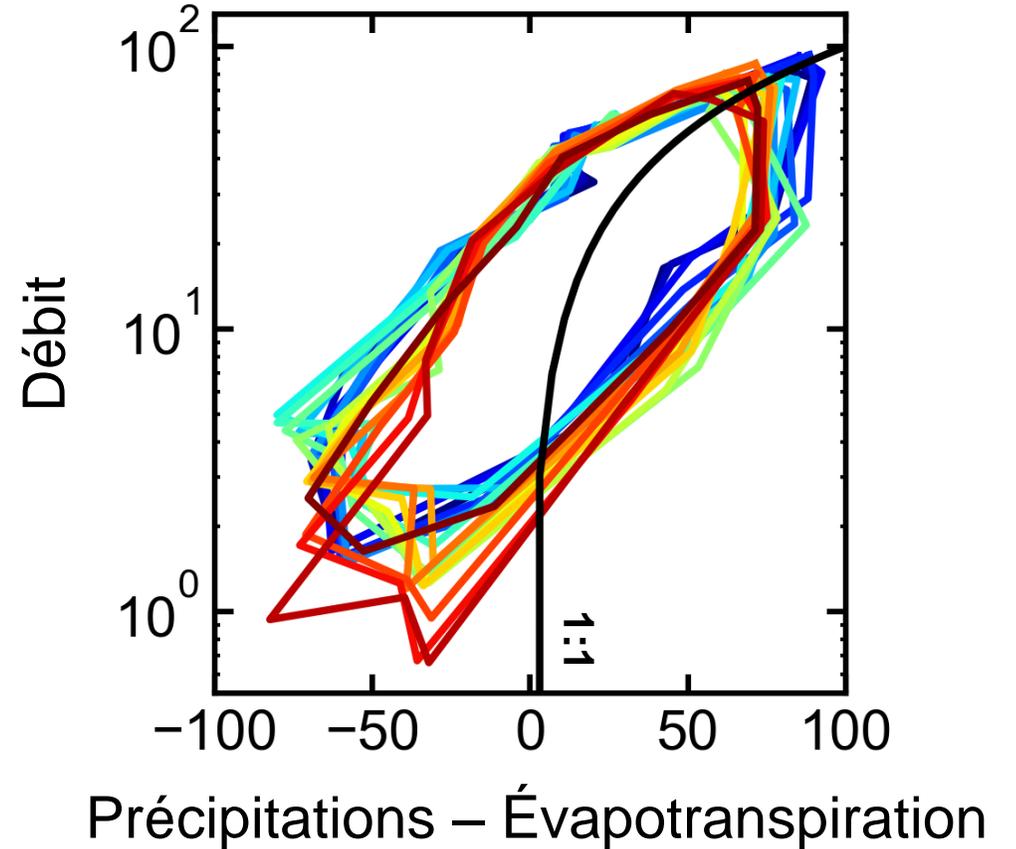
Analyse rétrospective de la dynamique hydrologique

Station en amont du barrage
1990 - 2021



Moyenne glissante : 10 ans

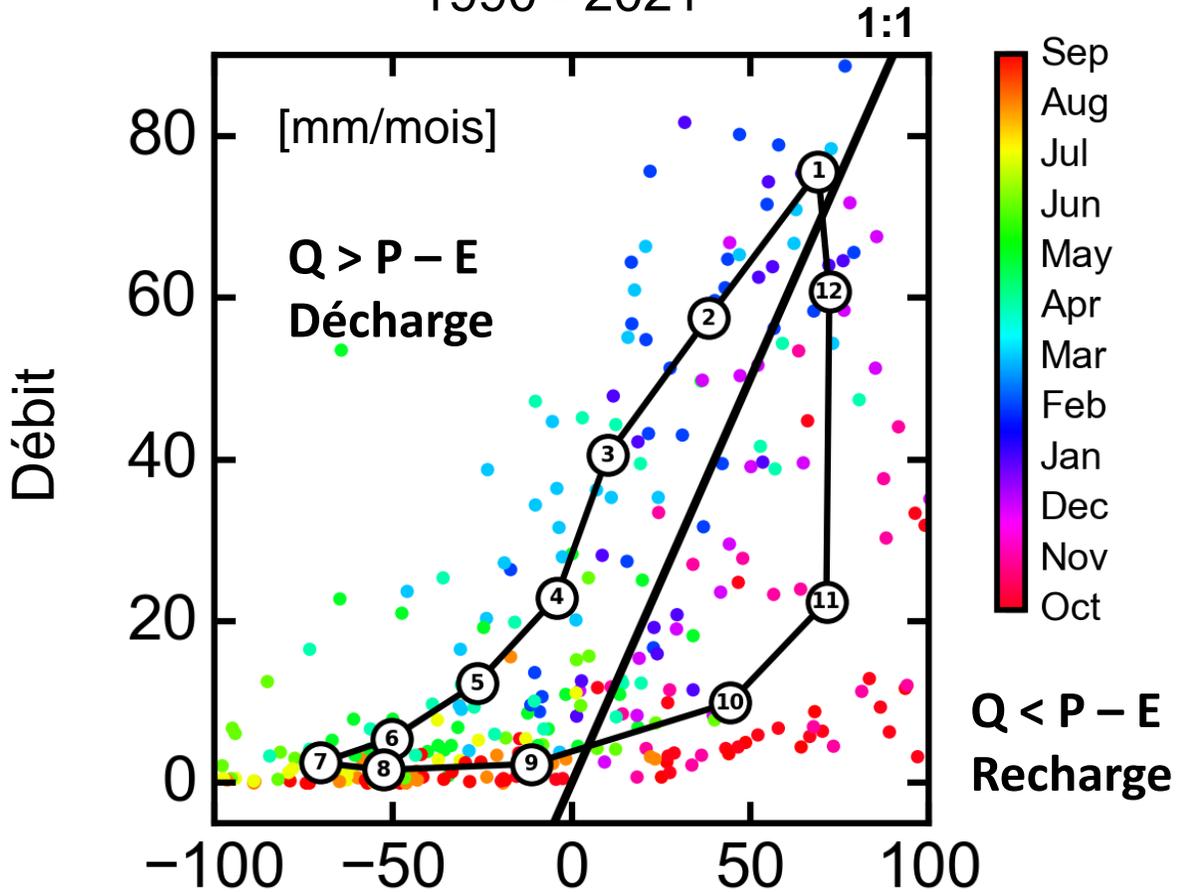
1990 - 2000 → 2011 - 2021



Précipitations - Évapotranspiration

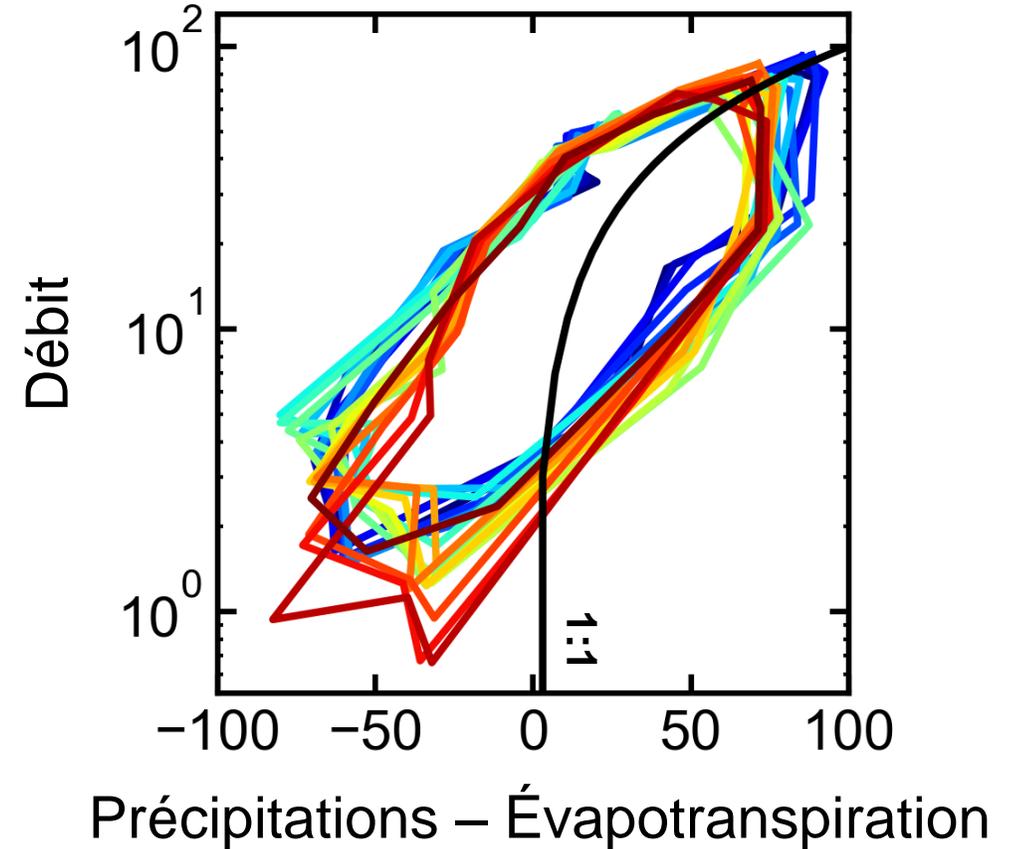
Analyse rétrospective de la dynamique hydrologique

Station en amont du barrage
1990 - 2021



Moyenne glissante : 10 ans

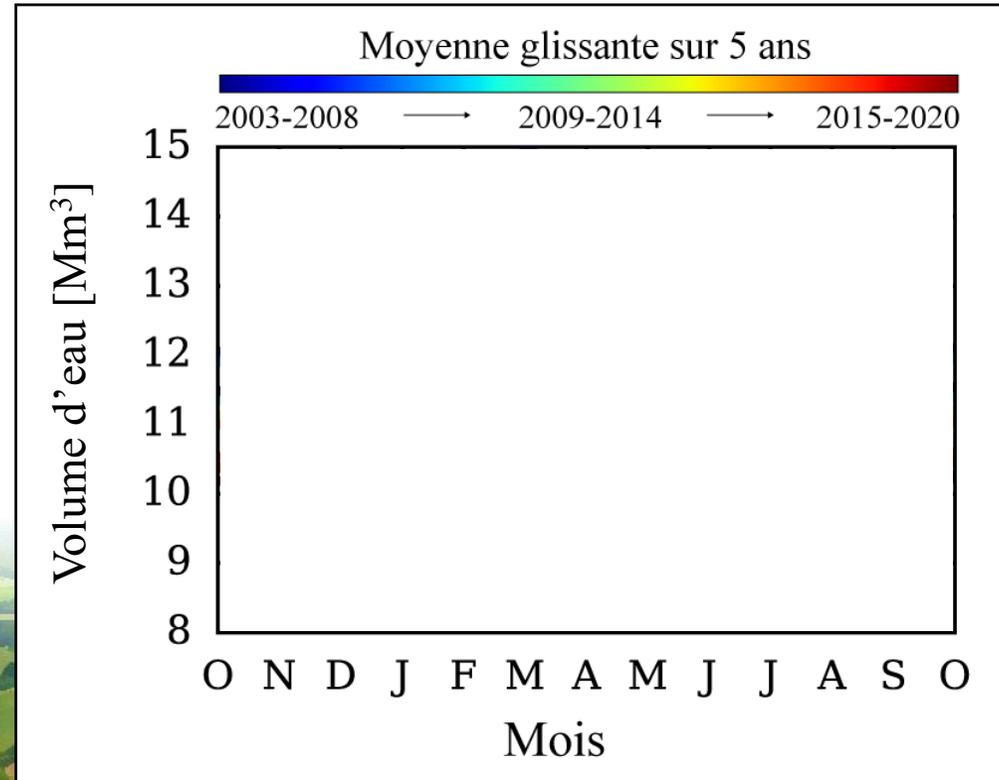
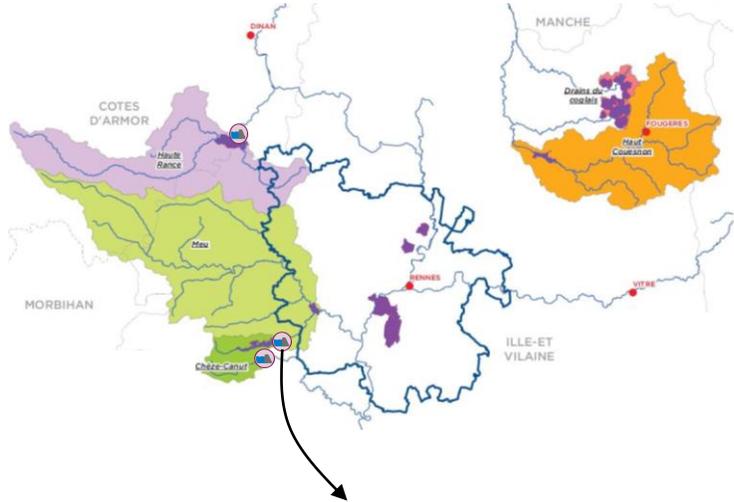
1990 - 2000 → 2011 - 2021



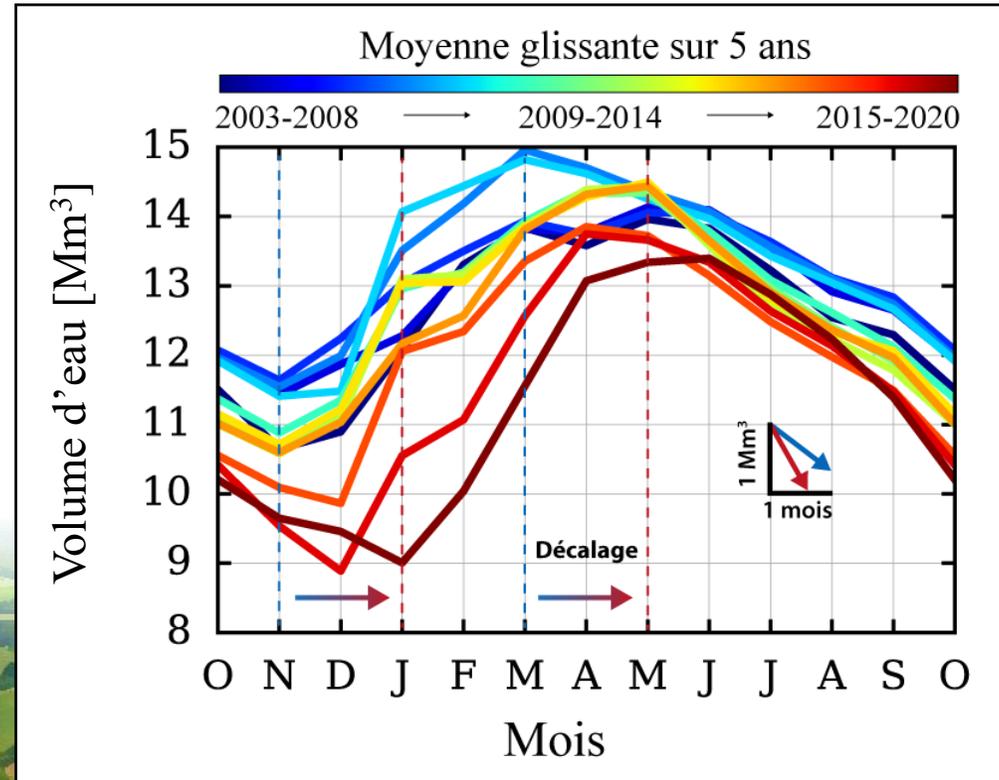
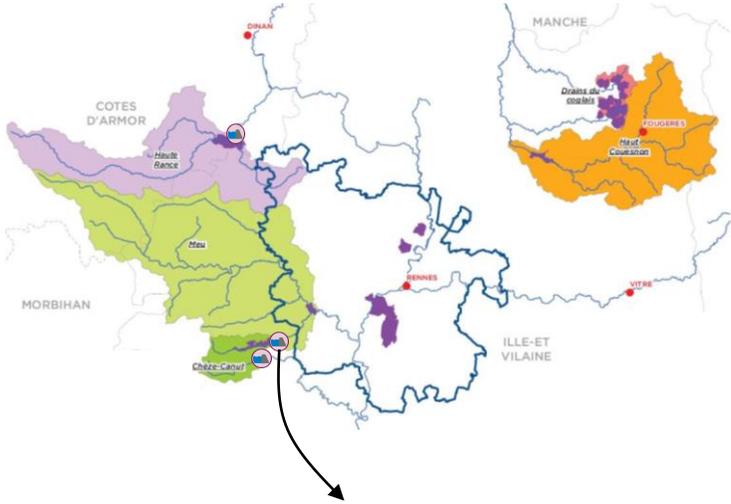
Précipitations - Évapotranspiration

- Baisse des débits et étiages plus sévères
- Modification de la dynamique de stockage

Évolution du niveau du barrage de la Chèze



Évolution du niveau du barrage de la Chèze



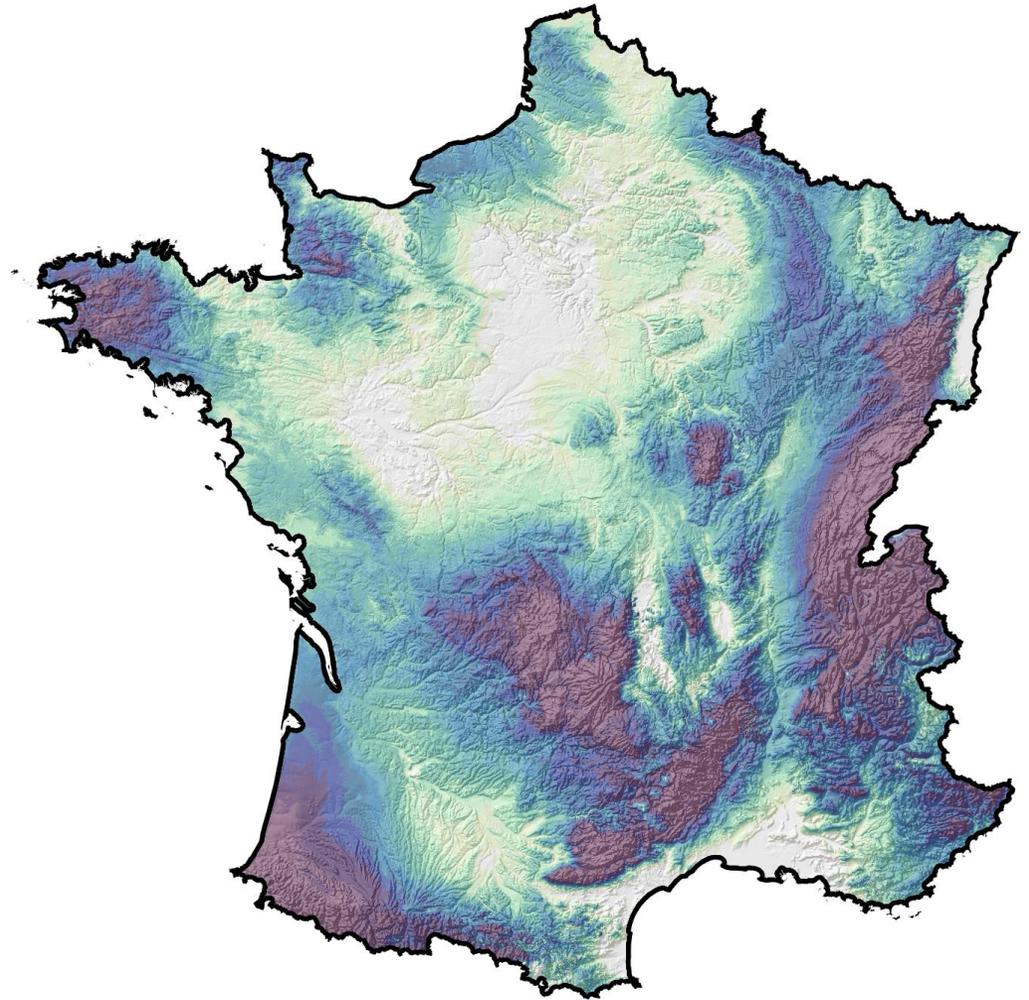
Présentation 1 : Contexte et évolutions climatique du territoire de la CEBR : impacts sur la ressource

- 1) Localisation du territoire et contexte de la chaire Eaux et Territoires
- 2) Évolution historique des ressources à l'échelle du bassin rennais
- 3) Développement d'une démarche de modélisation hydro(géo)logique**

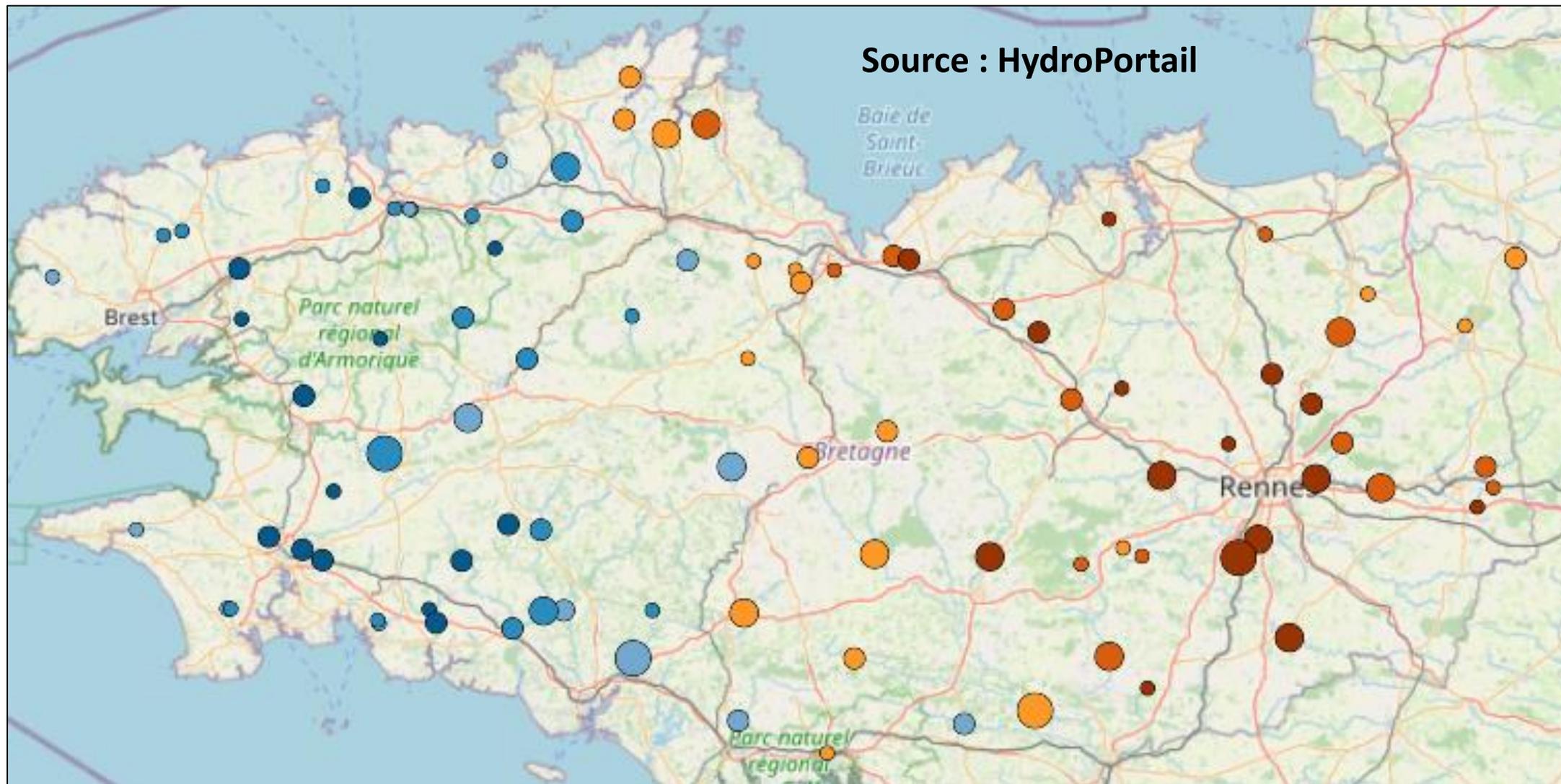
Présentation 2 : L'impact de la sécheresse sur l'eau disponible en amont de la station d'épuration

- 4) Exemple de prédictions des débits en amont de stations d'épuration

Quel est le contexte hydro(géo)logique de la Bretagne ?



Un gradient est-ouest important qui se retranscrit dans les débits

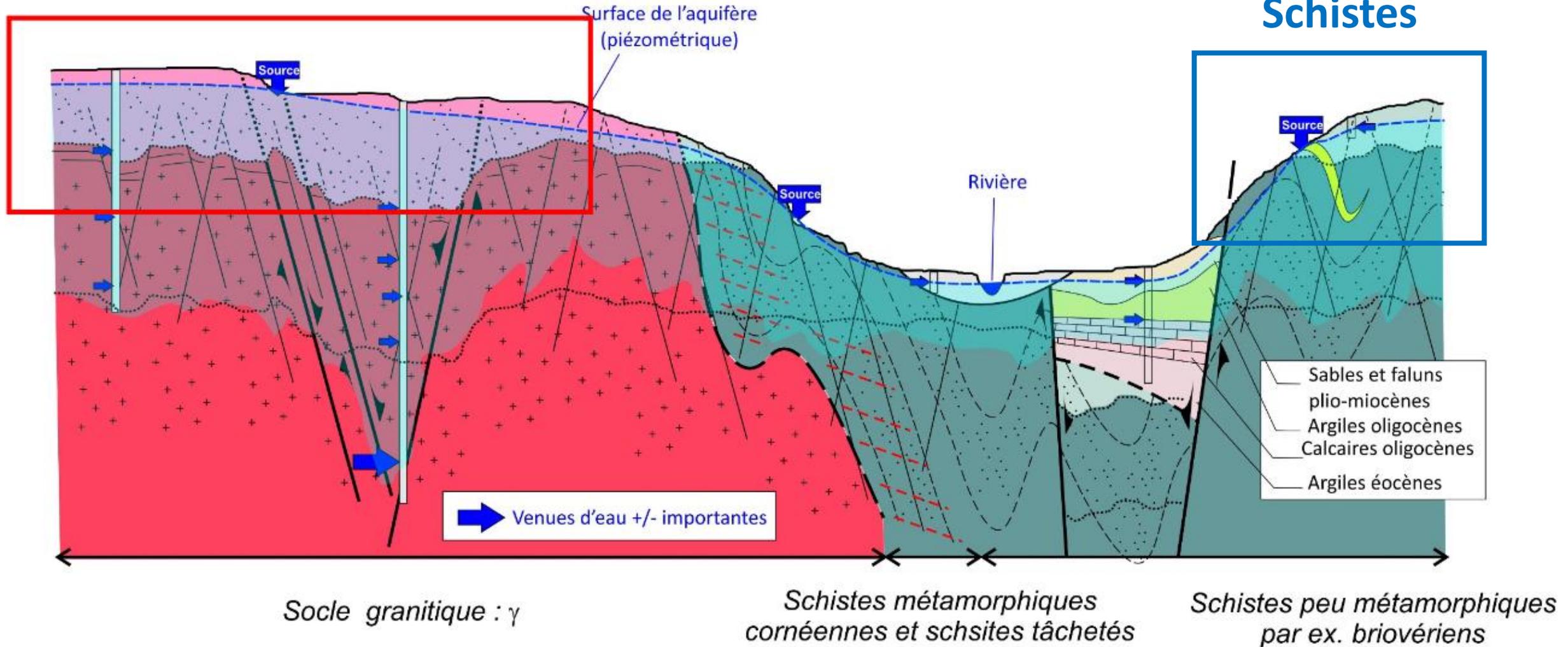


● Aucune valeur ● Débit spécifique < 7,6 l/s/km² ● 7,6 l/s/km² ≤ Débit spécifique < 9,6 l/s/km² ● 9,6 l/s/km² ≤ Débit spécifique < 13,8 l/s/km² ● 13,8 l/s/km² ≤ Débit spécifique < 17,2 l/s/km² ● 17,2 l/s/km² ≤ Débit spécifique < 19,7 l/s/km² ● Débit spécifique ≥ 19,7 l/s/km²

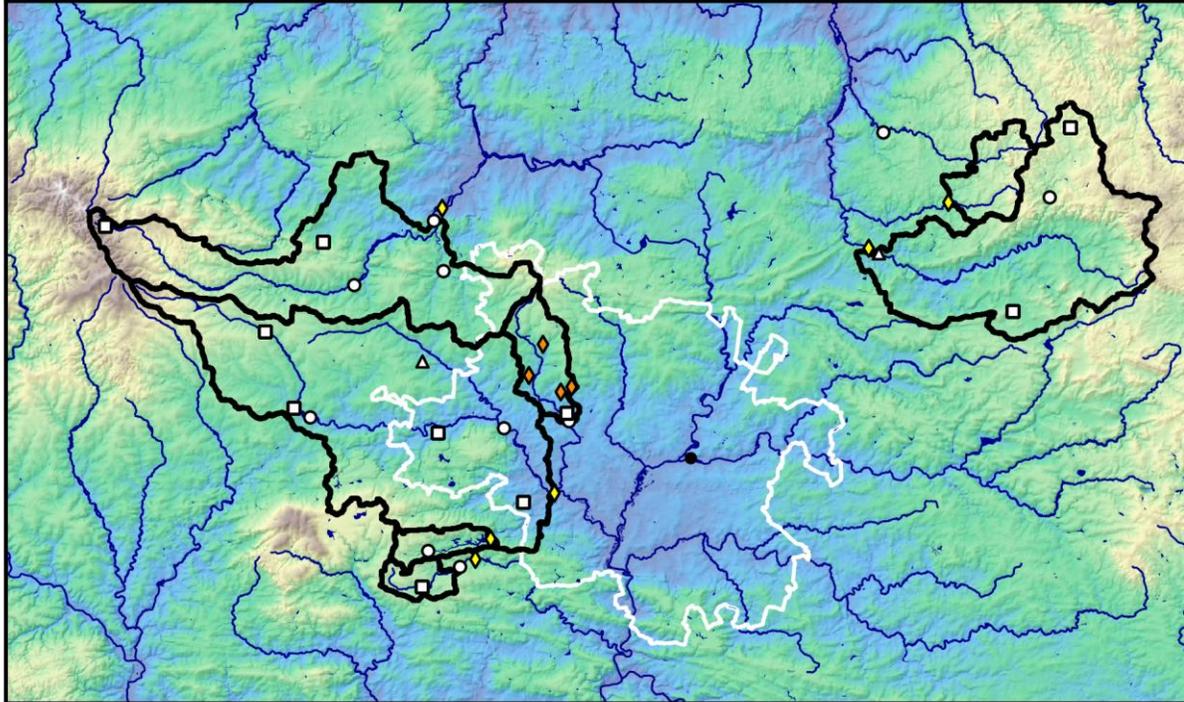
Les principaux types d'aquifère en Bretagne

Granite

Schistes



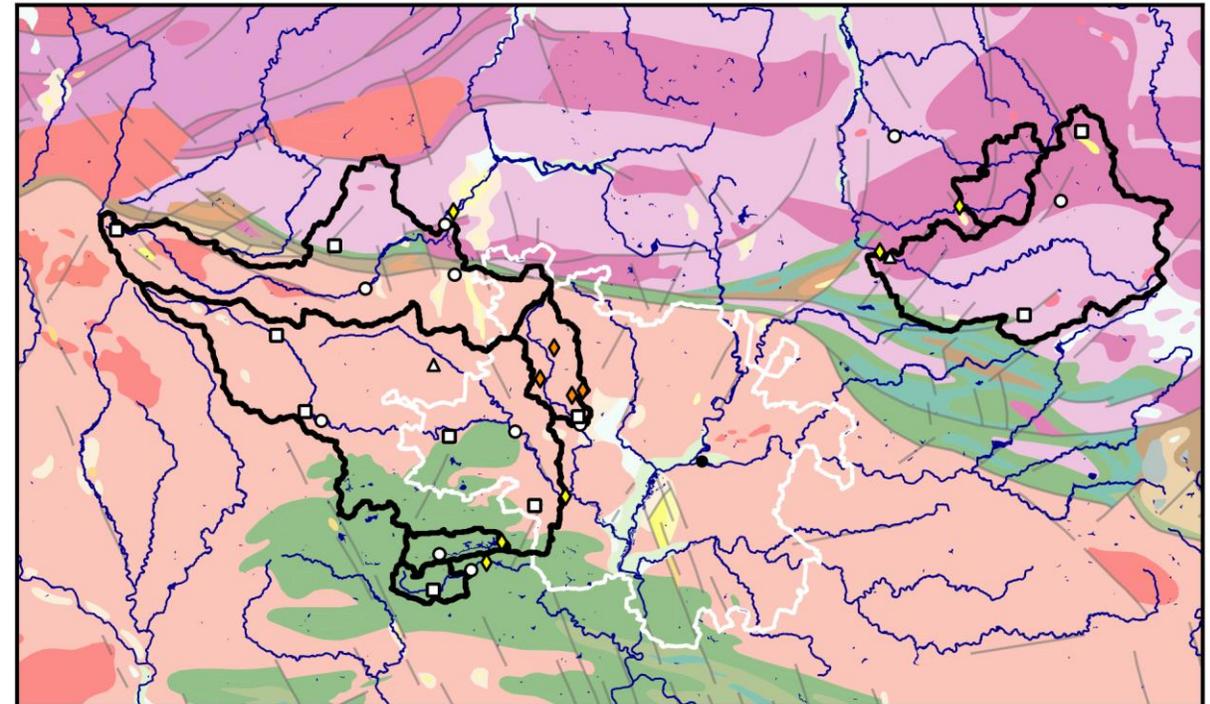
Les principaux types d'aquifère en Bretagne



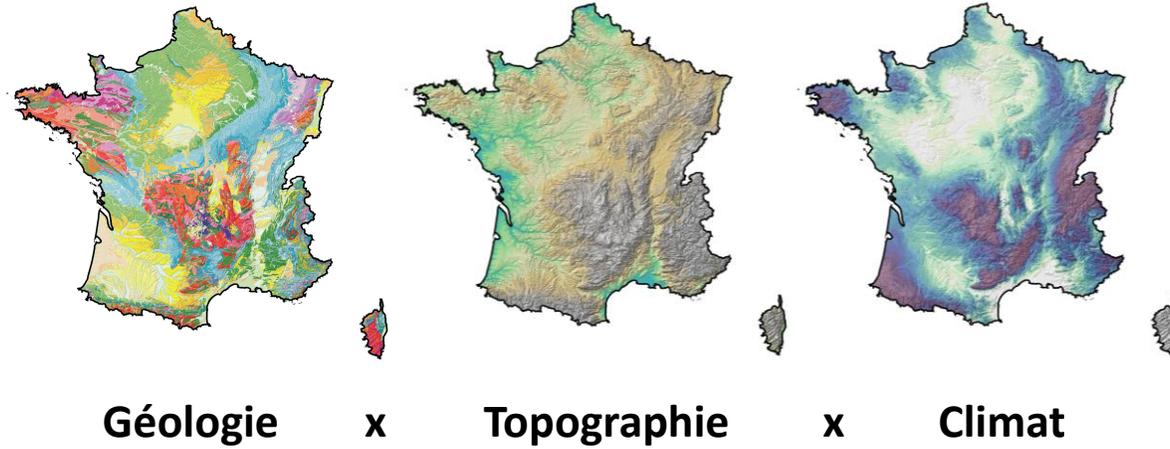
Modélisation de 5 bassins
versants majeurs producteurs
d'eau potable

4 lithologies majeures:

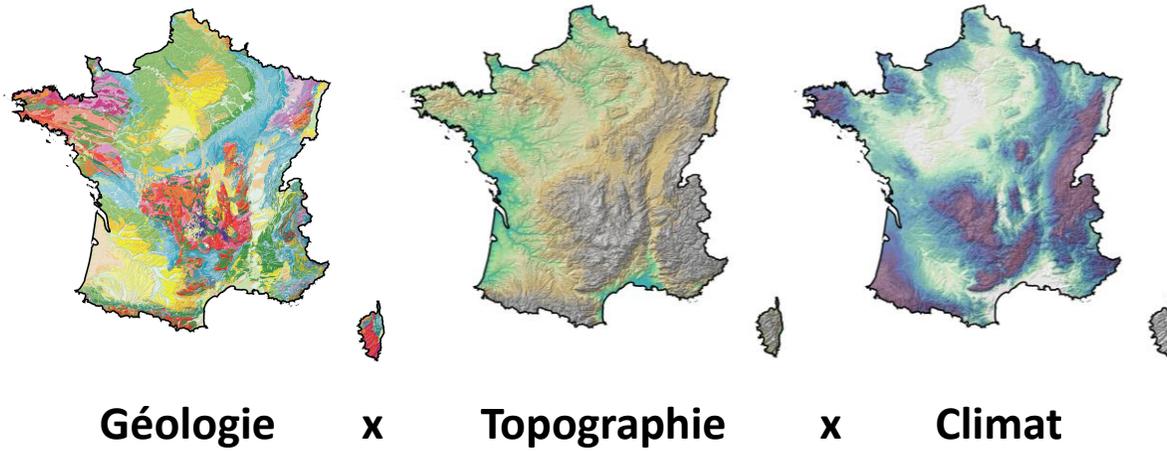
- grès armoricain
- schiste Briovérien
- granite varisque
- granite cadomien



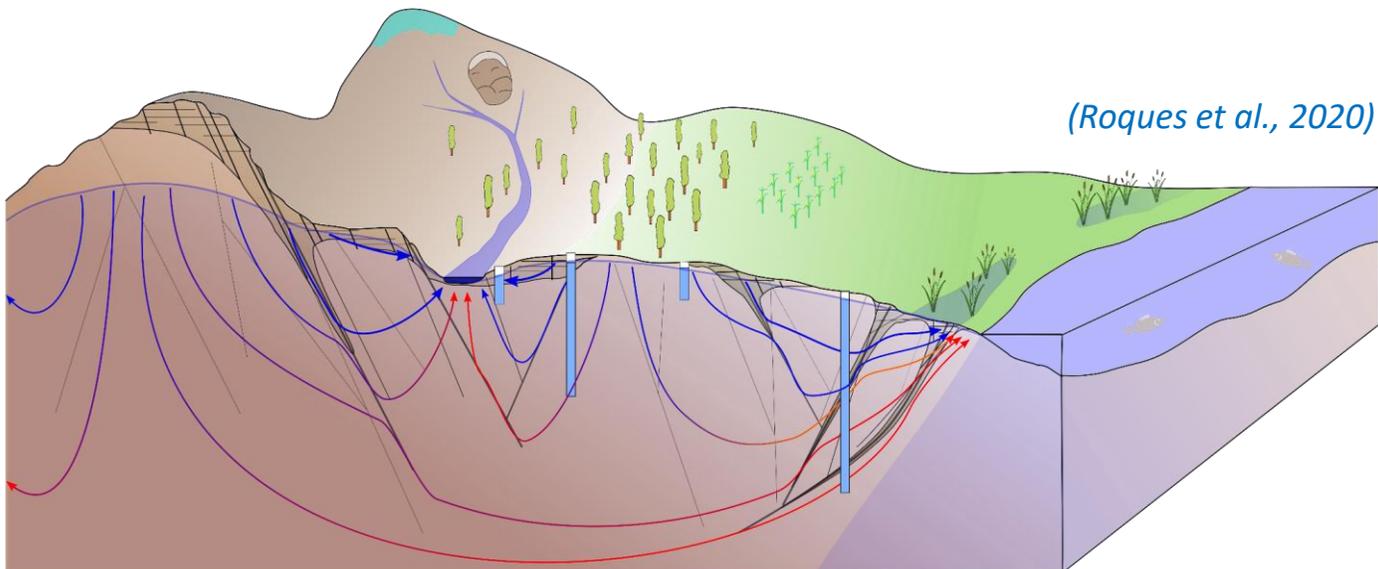
L'hydrogéologie du Massif Armoricain : les interactions surface-subsurface



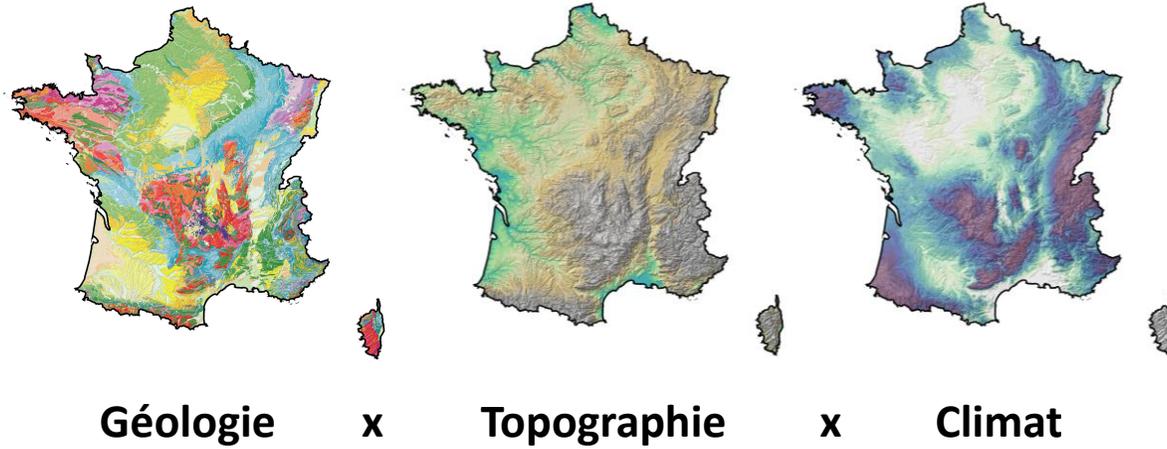
L'hydrogéologie du Massif Armoricain : les interactions surface-subsurface



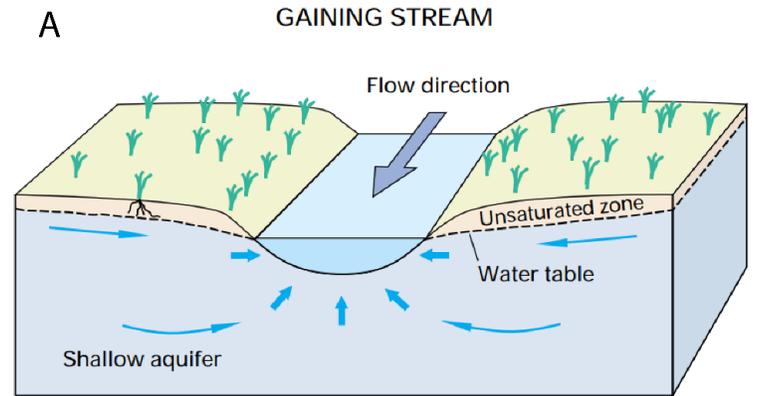
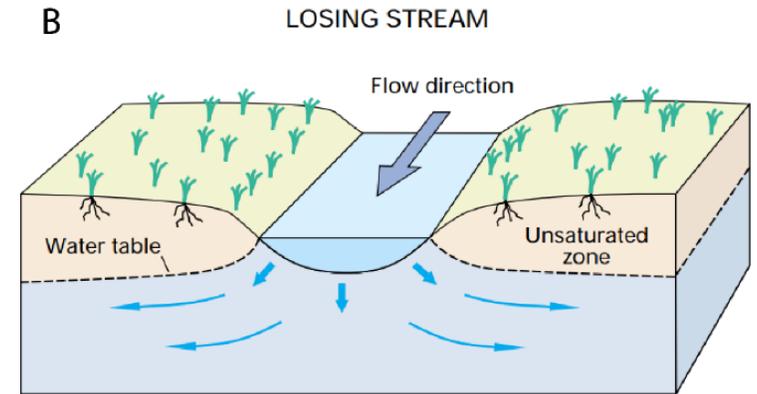
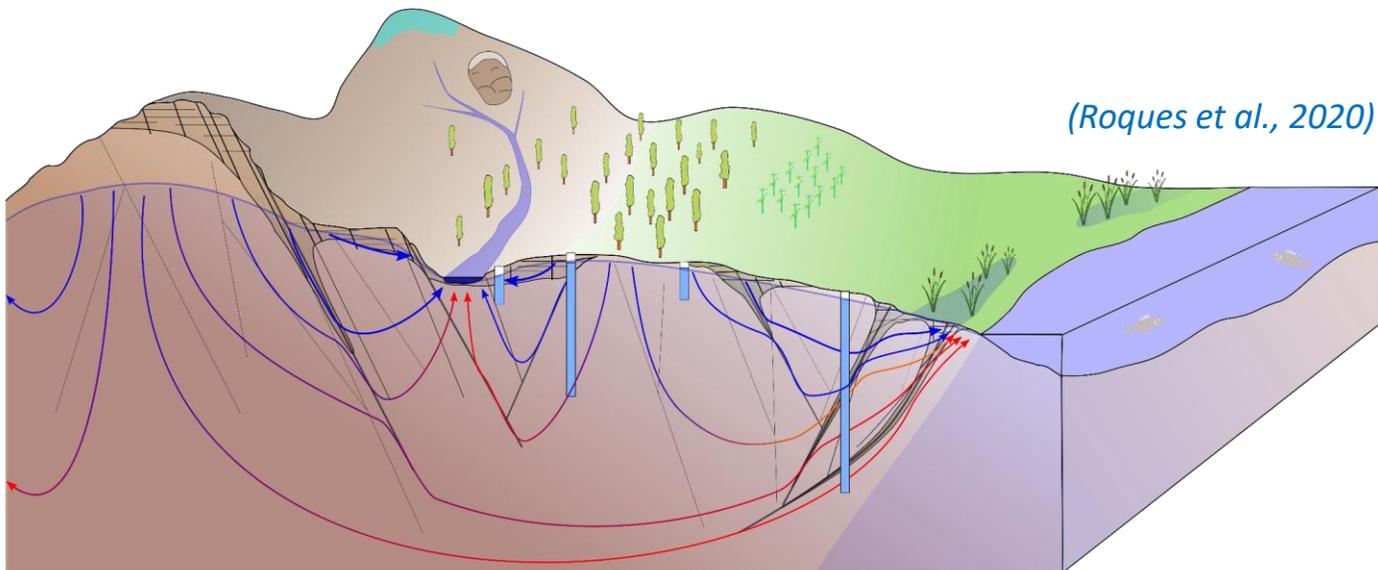
Aquifères fracturés peu profonds



L'hydrogéologie du Massif Armoricain : les interactions surface-subsurface

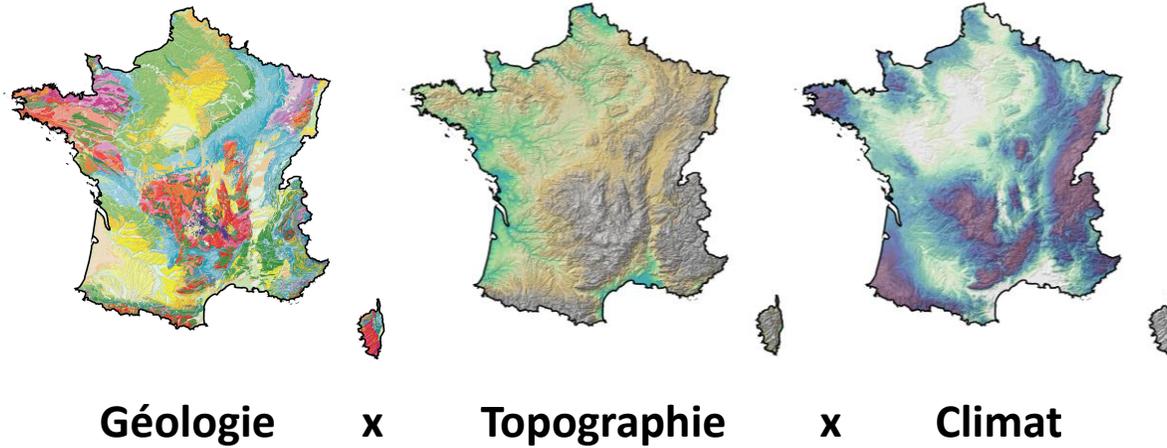


Aquifères fracturés peu profonds

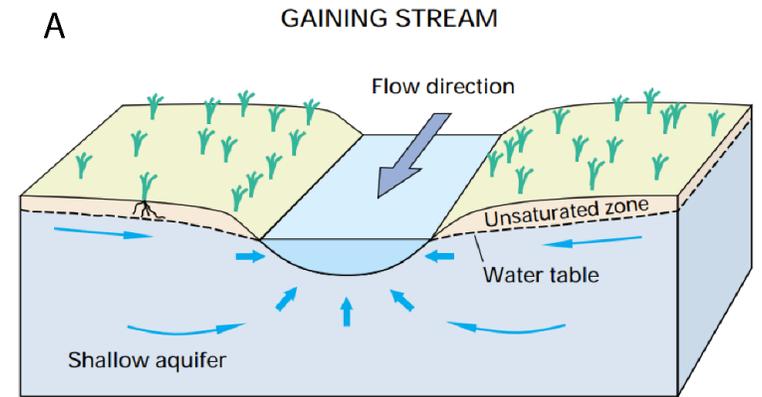
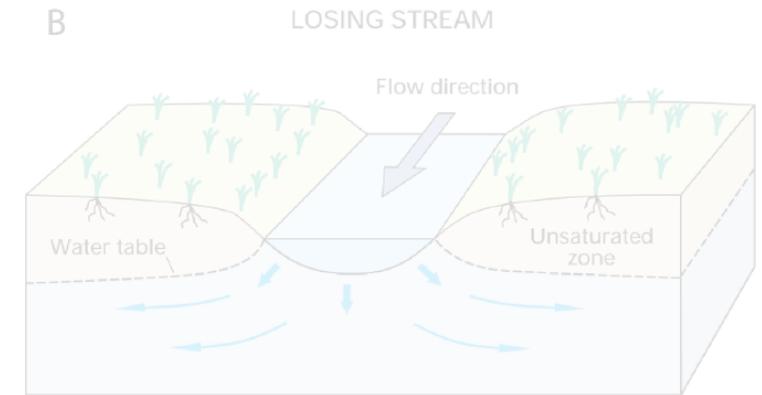
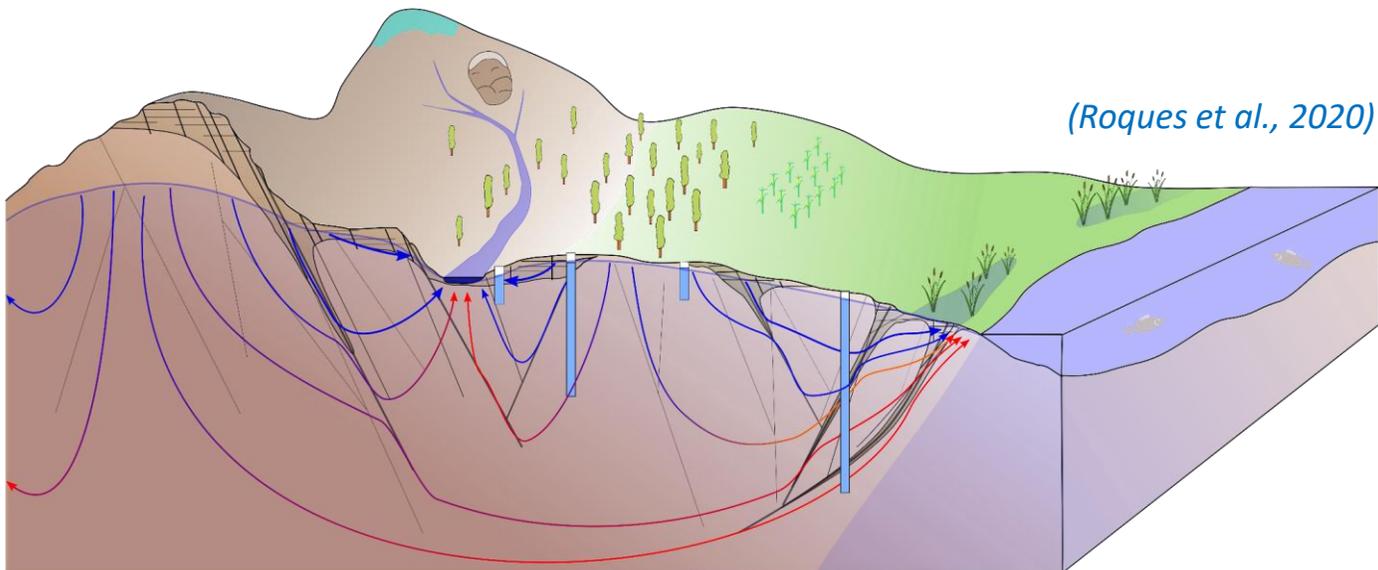


(Winter et al., 1998)

L'hydrogéologie du Massif Armoricain : les interactions surface-subsurface



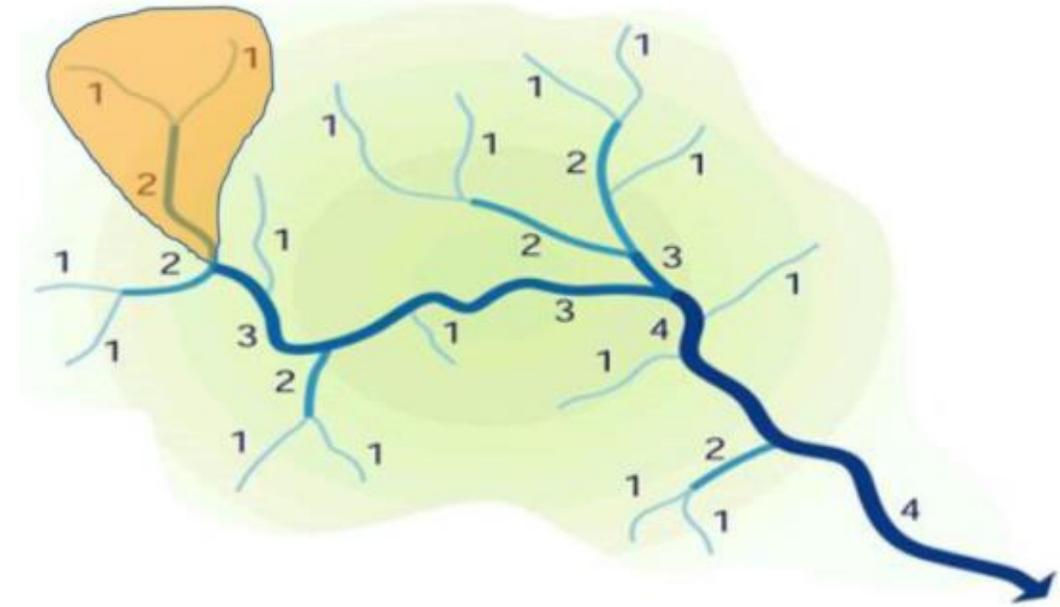
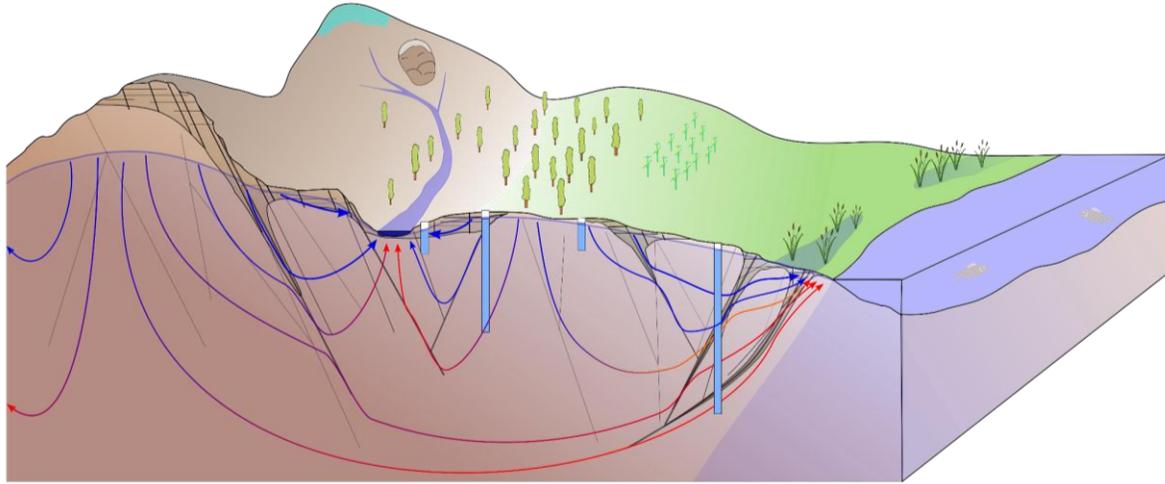
Aquifères fracturés peu profonds



(Winter et al., 1998)

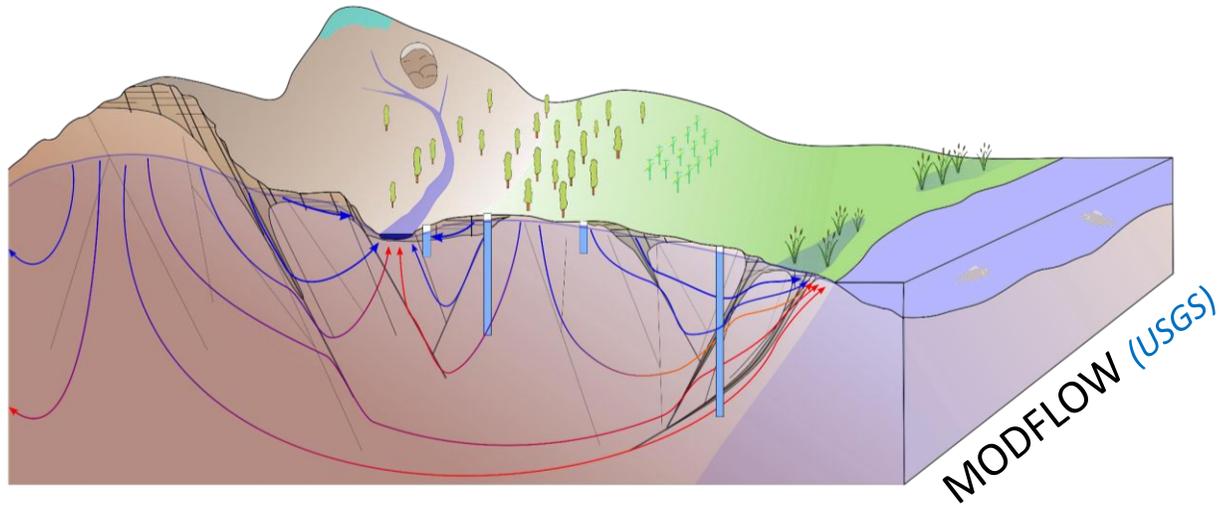
**La nappe proche de la surface
alimente les cours d'eau**

L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée

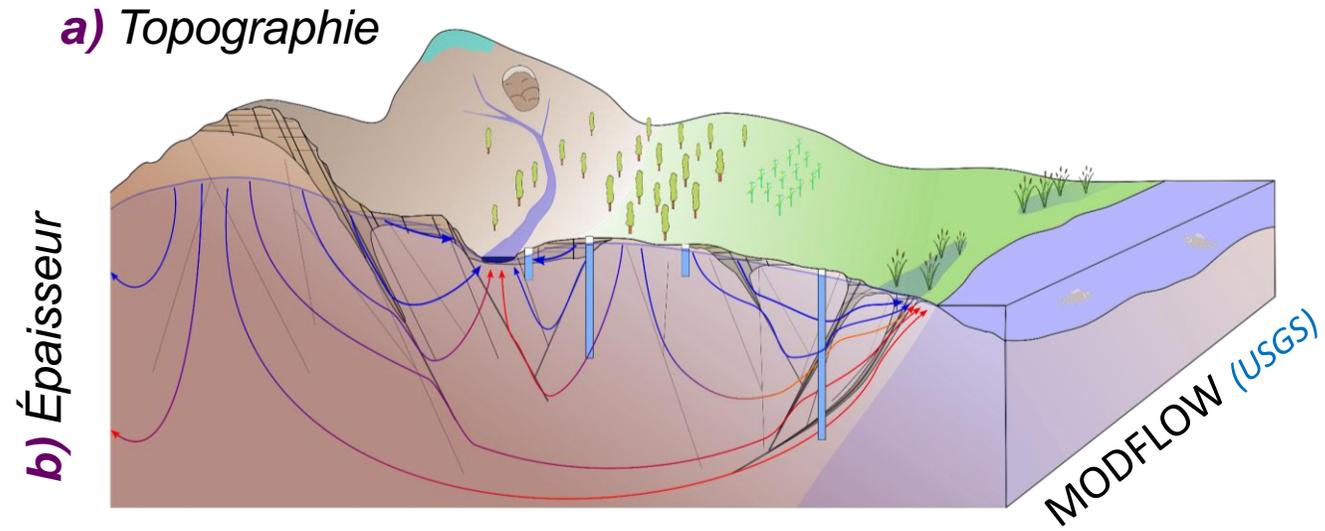


70% du linéaire = têtes de BV

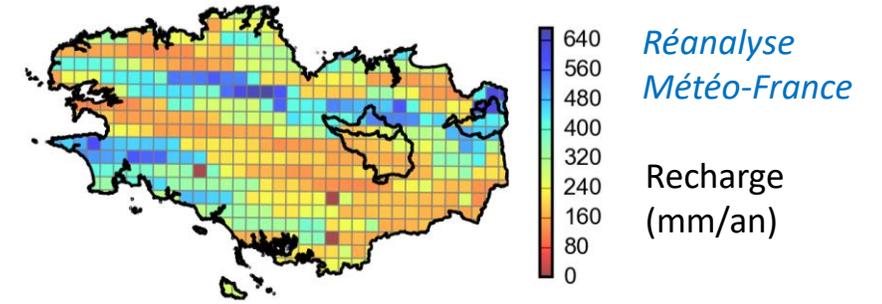
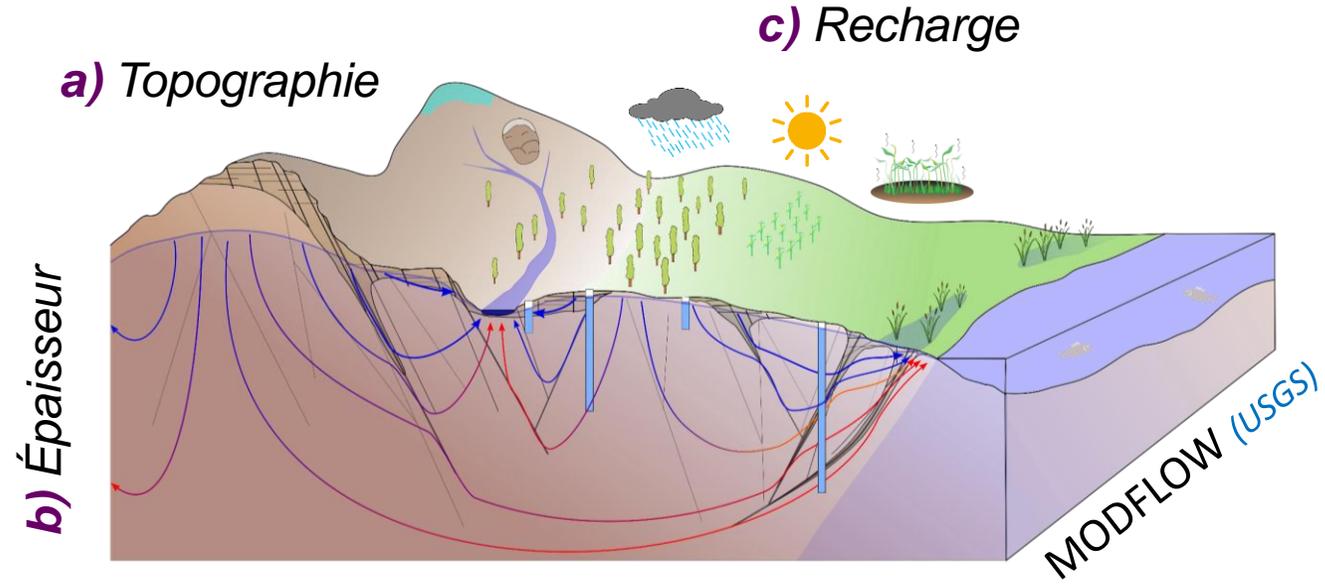
L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



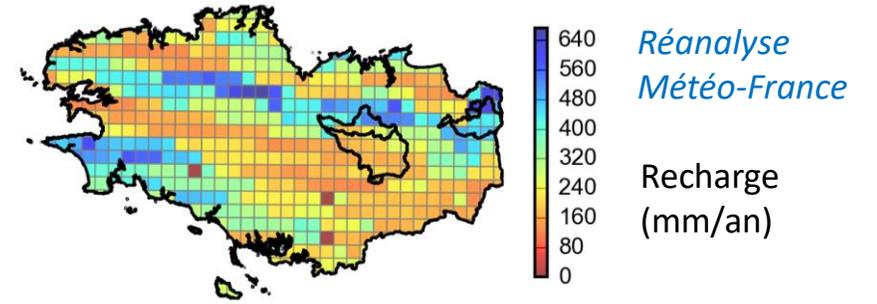
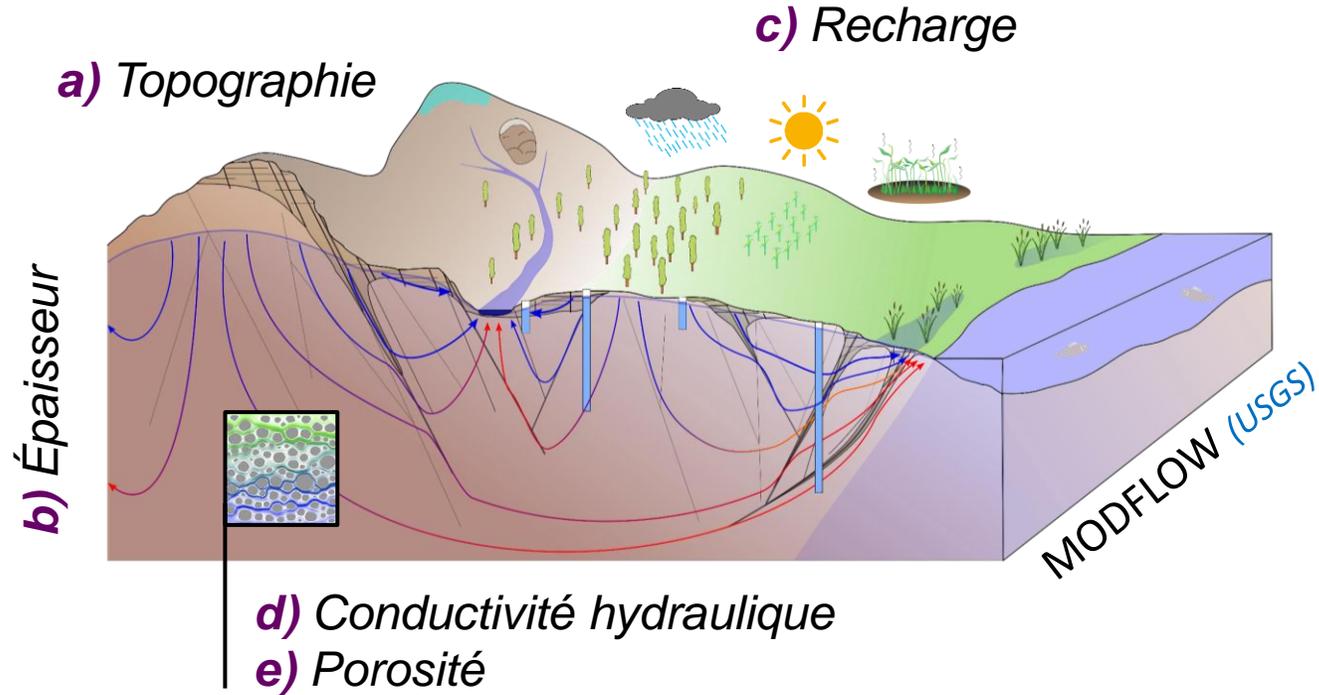
L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



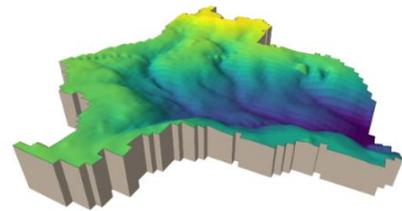
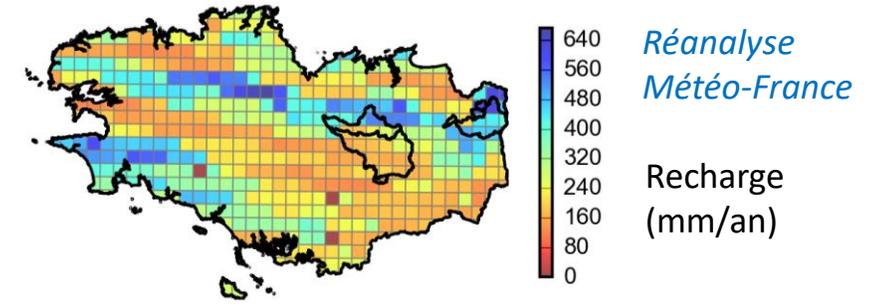
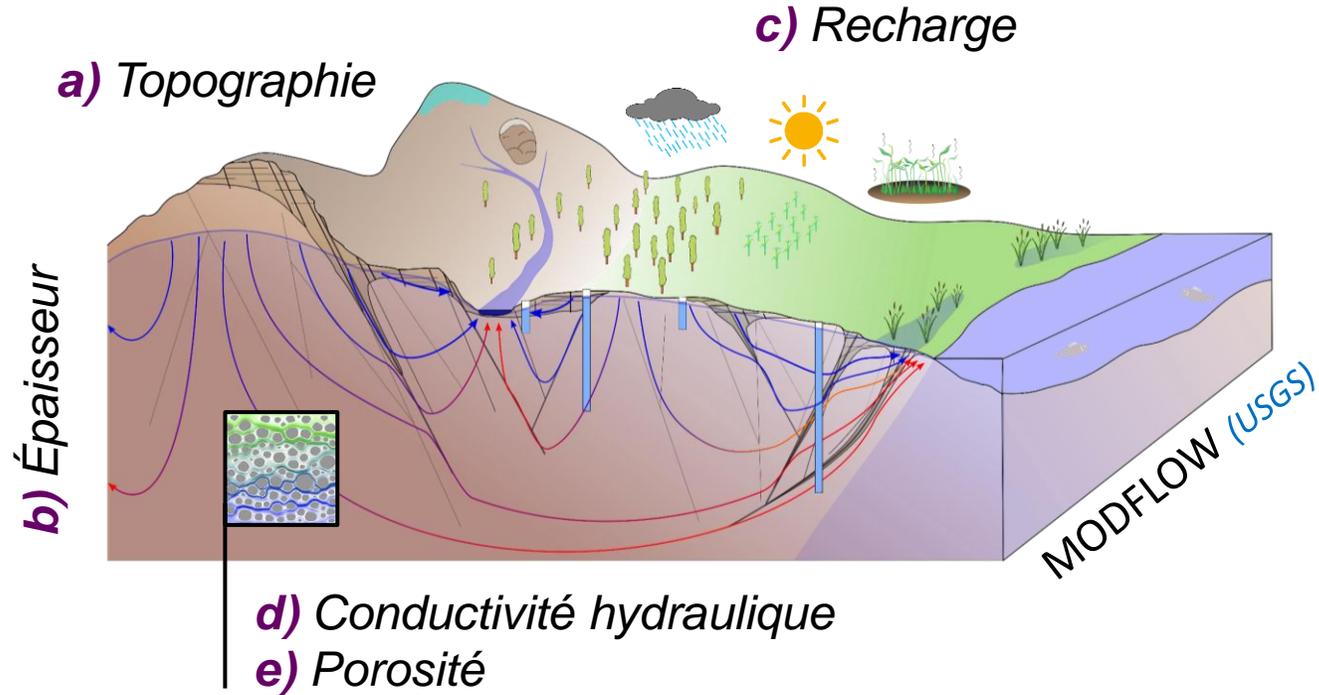
L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



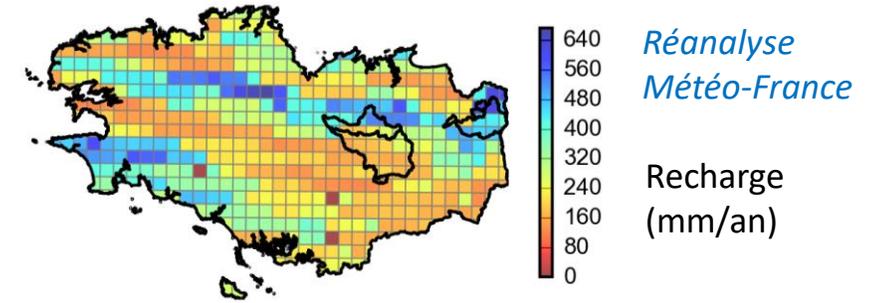
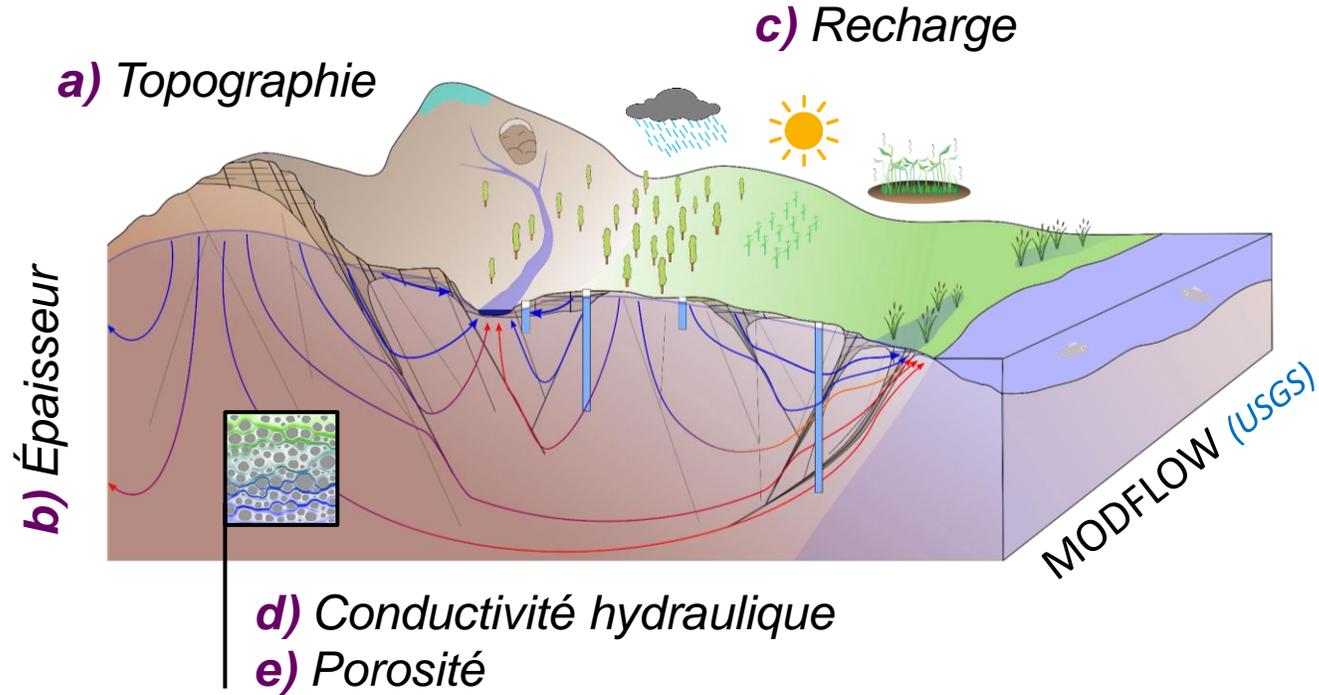
L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



Développement du modèle numérique 3D d'écoulement d'eau souterraine

$$\theta \frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (h K \nabla h) = q$$

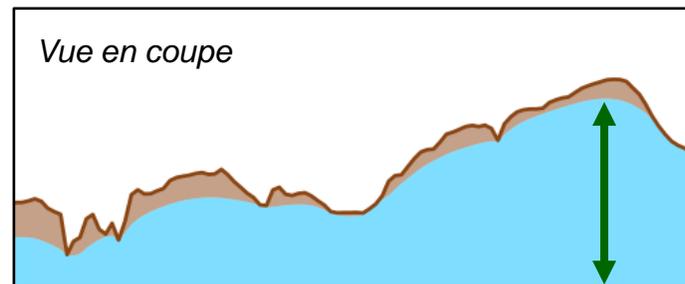
L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



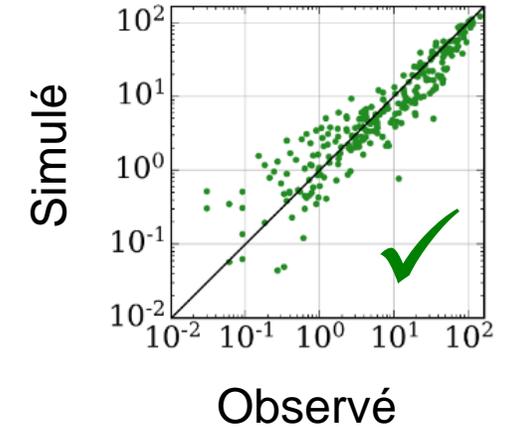
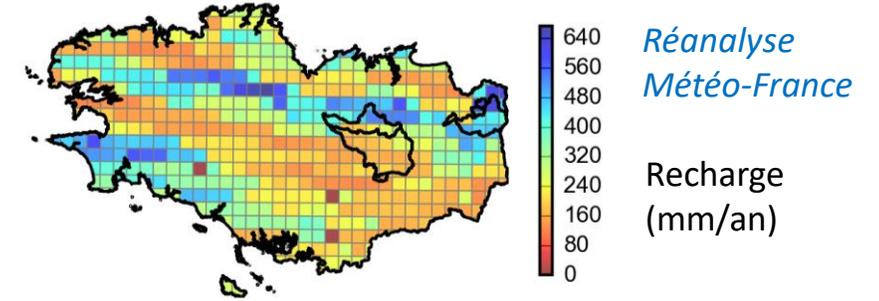
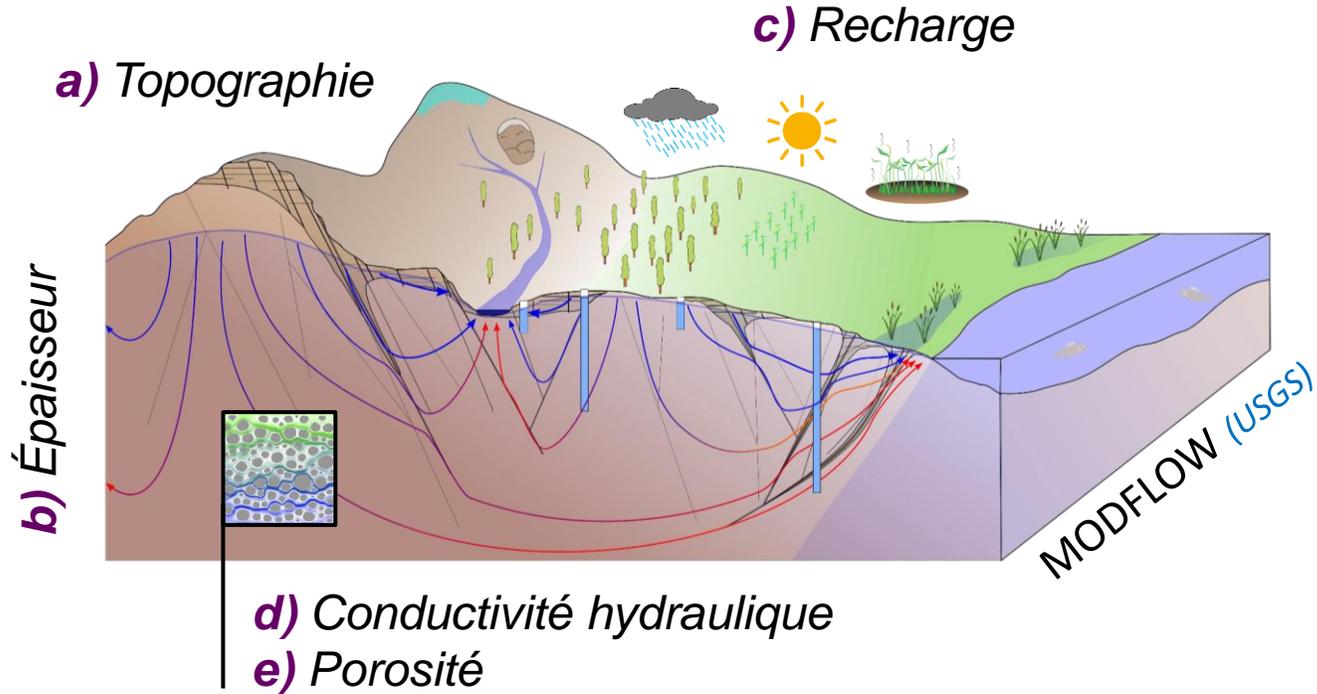
Développement du
modèle numérique 3D
d'écoulement d'eau souterraine

$$\theta \frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (h K \nabla h) = q$$

1) Evolution du niveau de la nappe



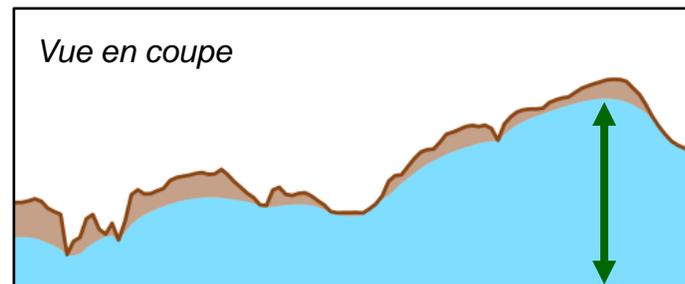
L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



Développement du modèle numérique 3D d'écoulement d'eau souterraine

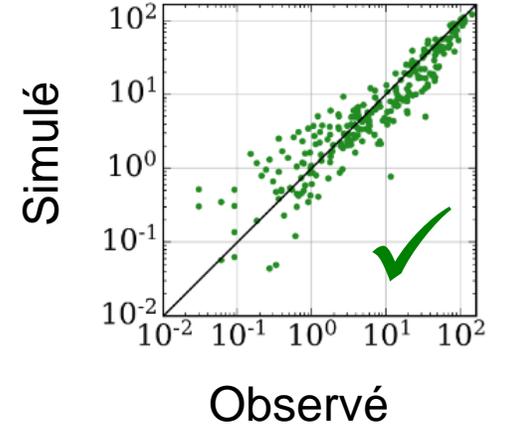
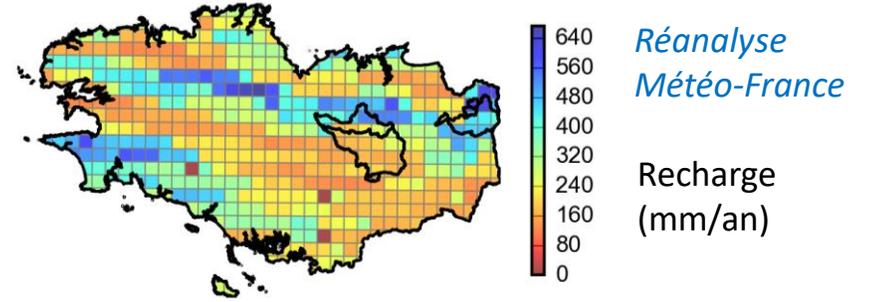
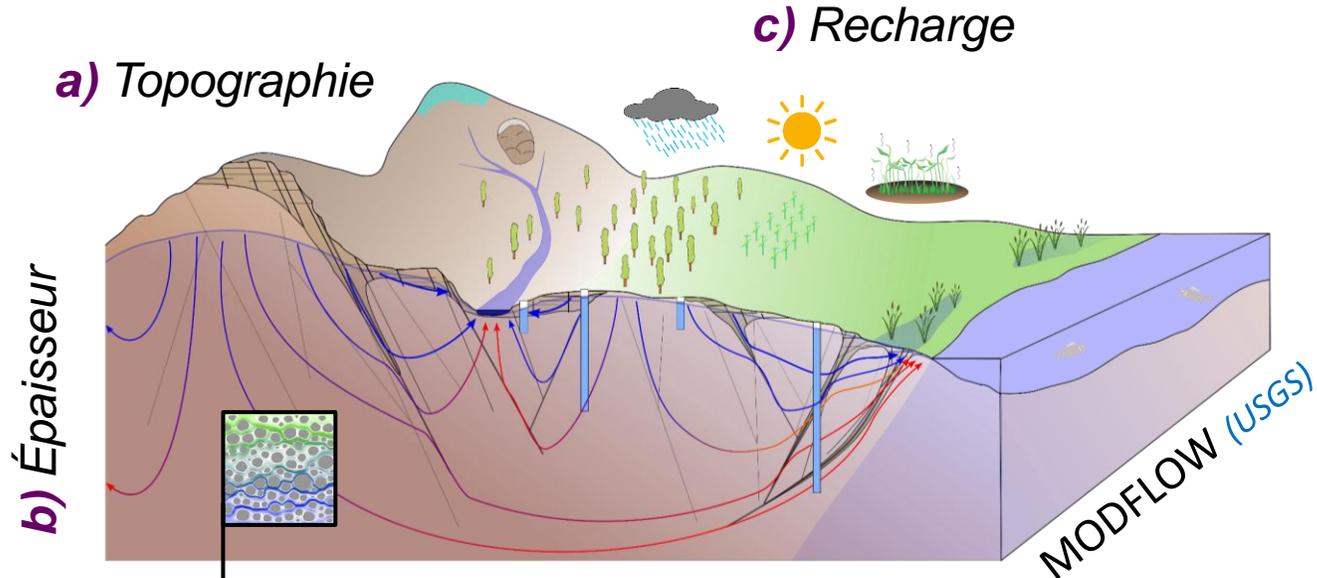
$$\theta \frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (h K \nabla h) = q$$

1) Evolution du niveau de la nappe



Calibration des propriétés hydrauliques de l'aquifère

L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée

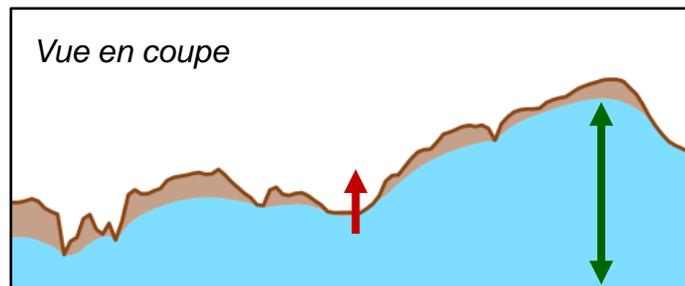


Développement du modèle numérique 3D d'écoulement d'eau souterraine

The text describes the development of a 3D numerical model for groundwater flow. To the right of the text is a 3D topographic map of a region, colored with a gradient from green (low elevation) to brown (high elevation).

$$\theta \frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (h K \nabla h) = q$$

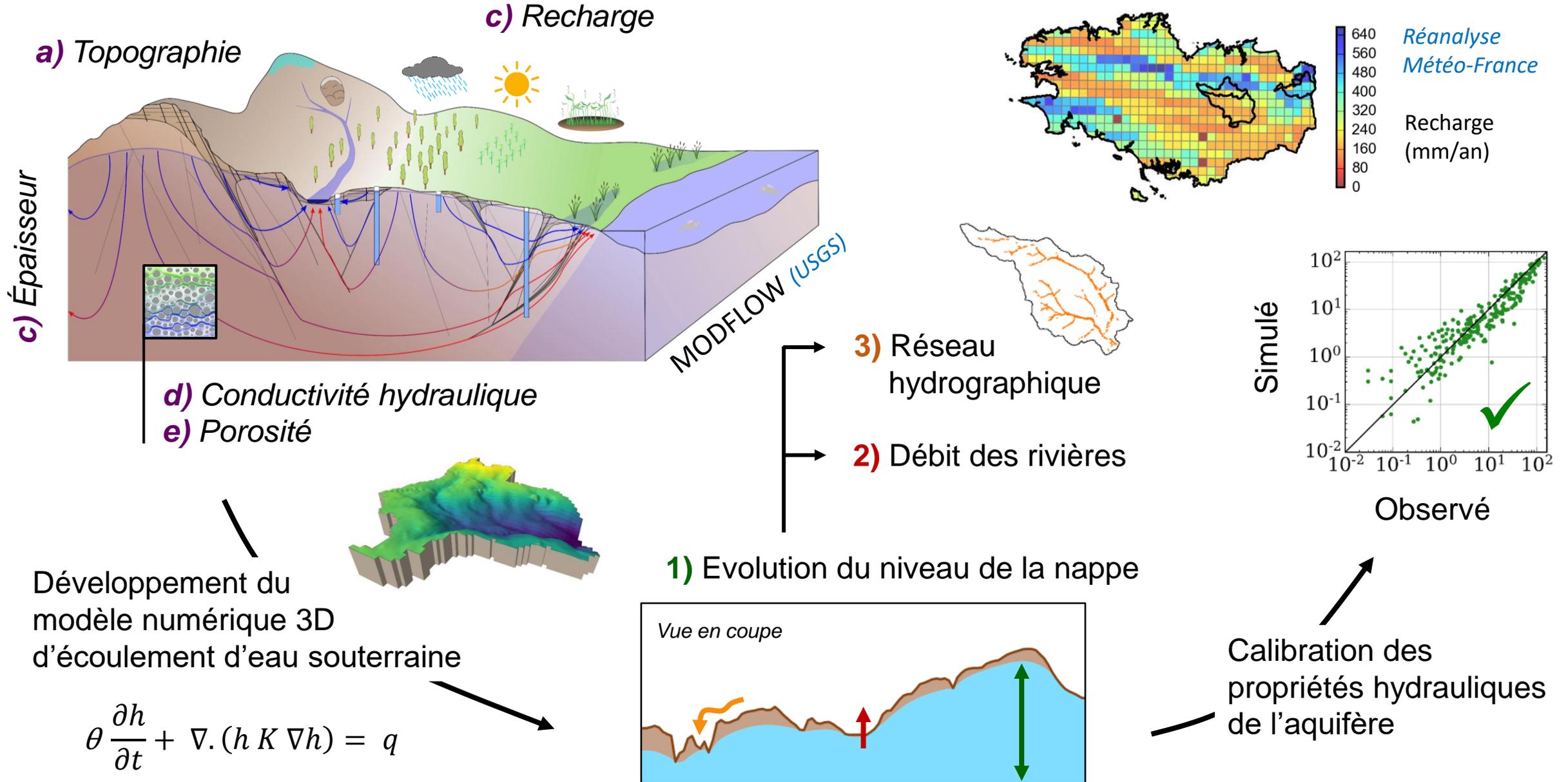
- 2) Débit des rivières
- 1) Evolution du niveau de la nappe



Calibration des propriétés hydrauliques de l'aquifère

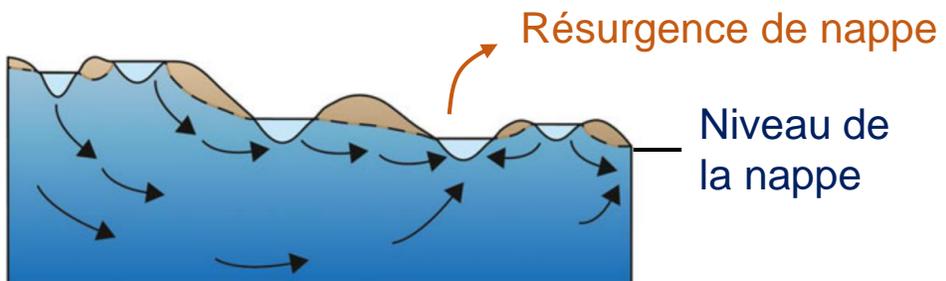
The text describes the calibration of hydraulic properties of the aquifer. An arrow points from this text towards the log-log plot, indicating that the calibration process involves comparing simulated results with observed data.

L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



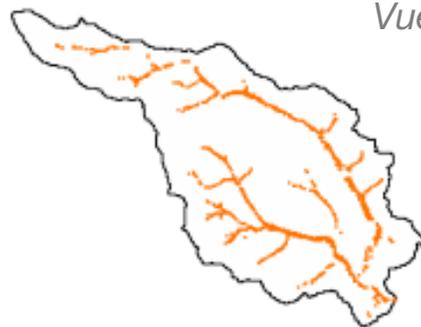
Méthode de calibration innovante à partir du réseau de cours d'eau

Vue en coupe



Leibowitz et al., 2018

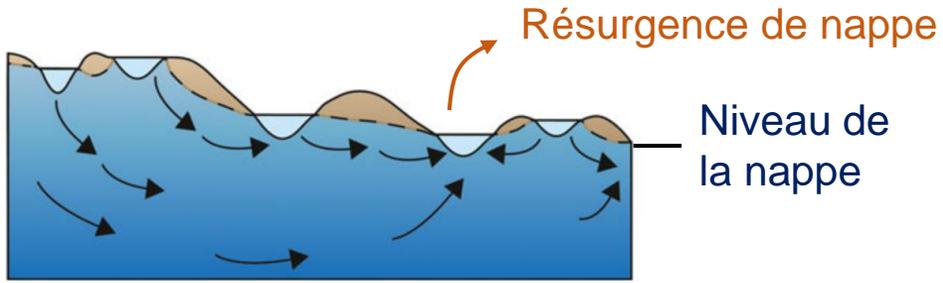
Vue du dessus



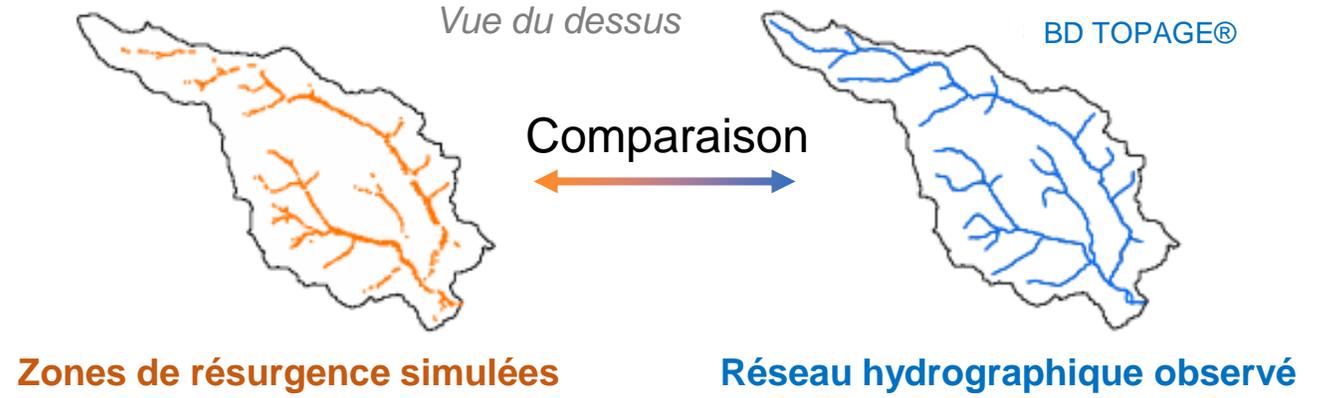
Zones de résurgence simulées

Méthode de calibration innovante à partir du réseau de cours d'eau

Vue en coupe

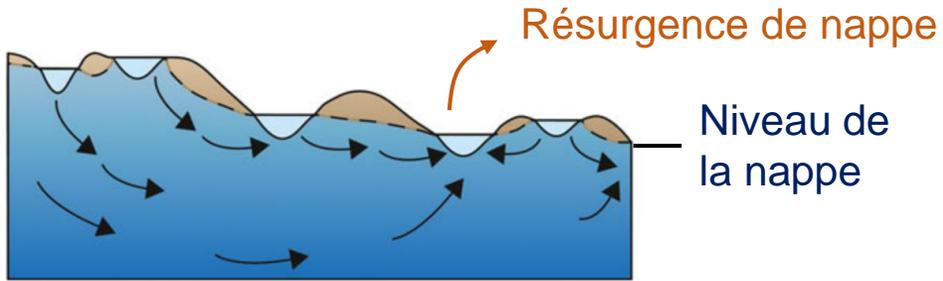


Leibowitz et al., 2018

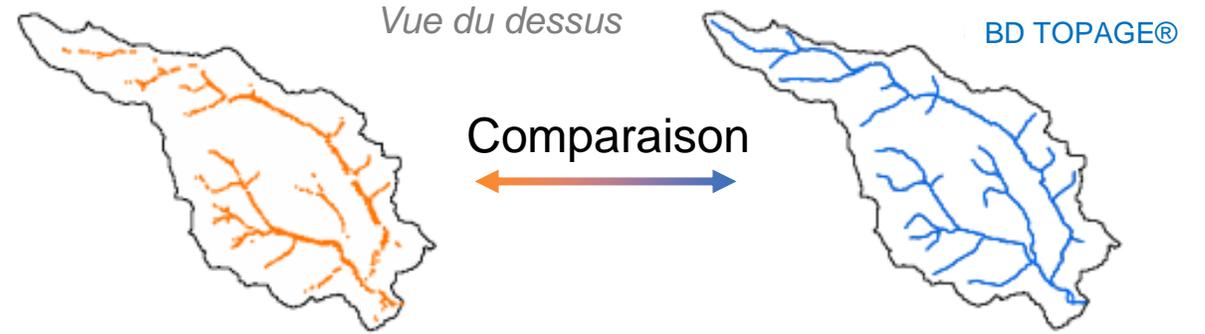
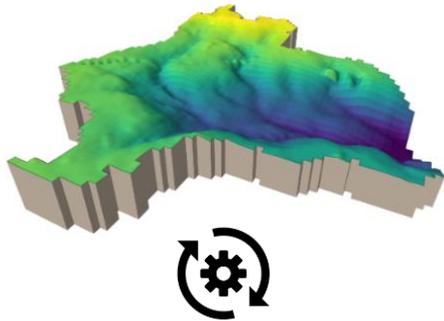


Méthode de calibration innovante à partir du réseau de cours d'eau

Vue en coupe



Leibowitz et al., 2018



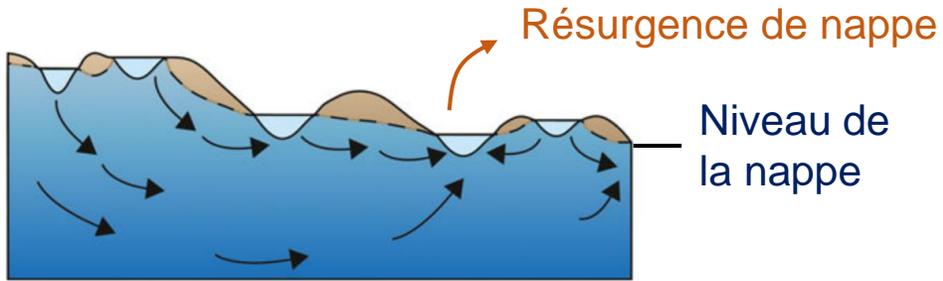
Zones de résurgence simulées

Réseau hydrographique observé

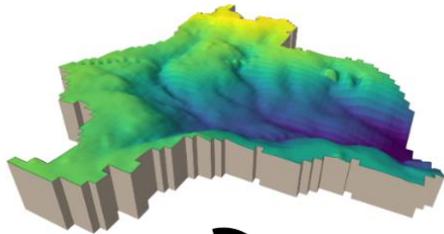
Conductivité hydraulique (**K**) appliquée au modèle

Méthode de calibration innovante à partir du réseau de cours d'eau

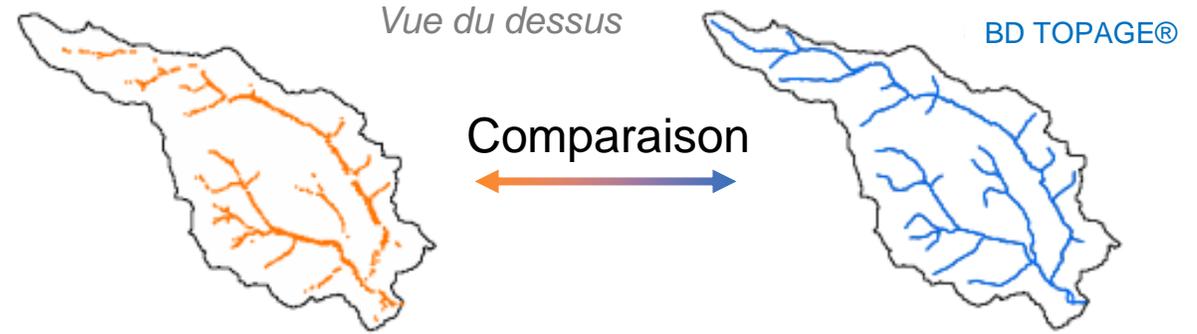
Vue en coupe



Leibowitz et al., 2018

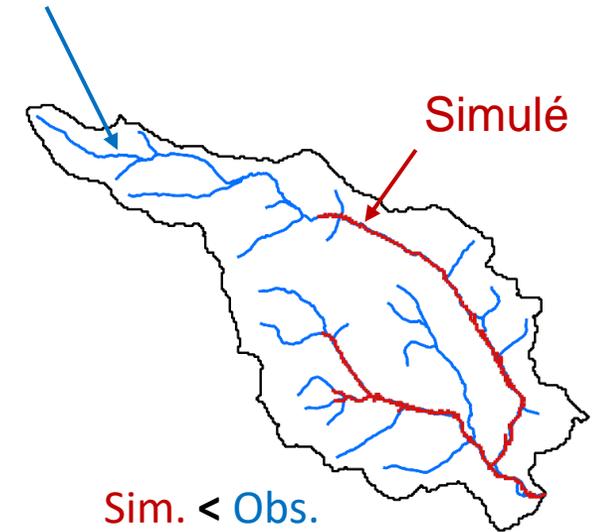


if Sim. < Obs. :
decrease K



Zones de résurgence simulées

Réseau hydrographique observé

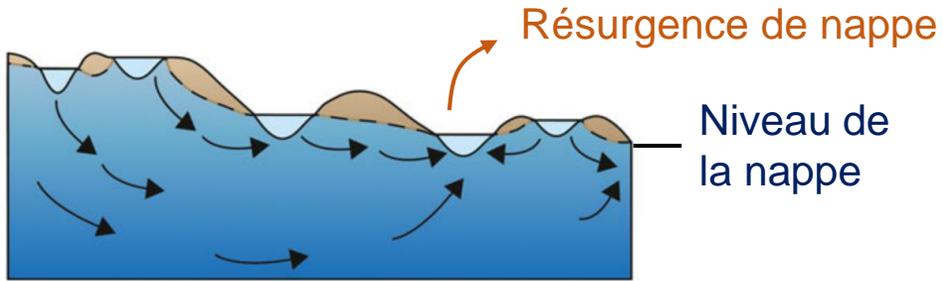


K élevée

Conductivité hydraulique (**K**) appliquée au modèle

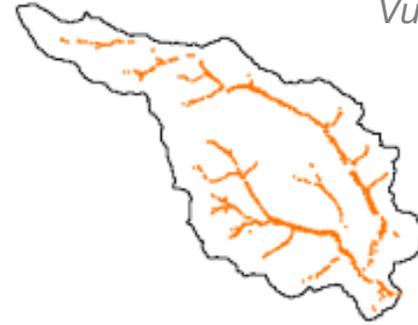
Méthode de calibration innovante à partir du réseau de cours d'eau

Vue en coupe



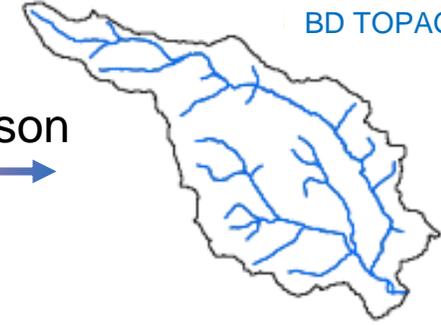
Leibowitz et al., 2018

Vue du dessus



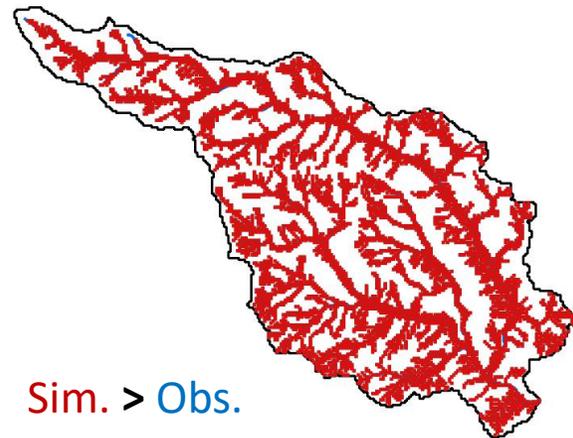
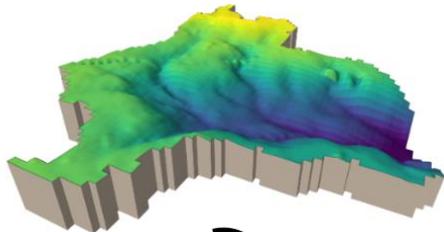
Zones de résurgence simulées

BD TOPAGE®



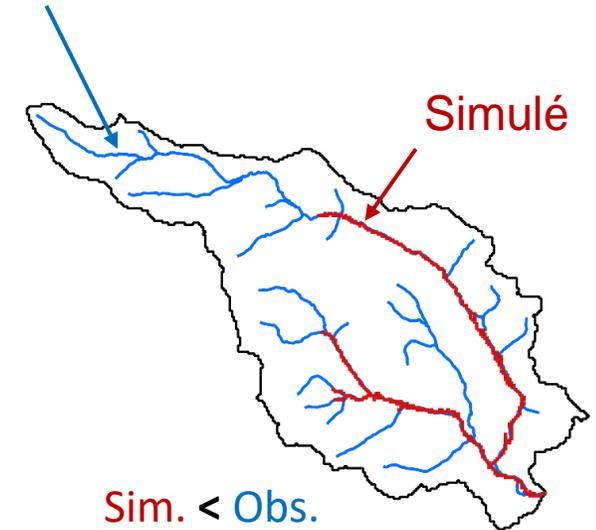
Réseau hydrographique observé

Comparaison



Sim. > Obs.

K_{faible}



Sim. < Obs.

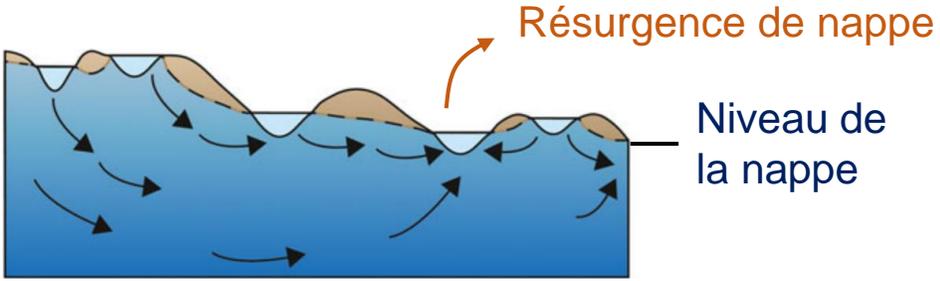
$K_{\text{élevée}}$

if Sim. < Obs.:
decrease K
if Sim. > Obs.:
increase K

Conductivité hydraulique (K) appliquée au modèle

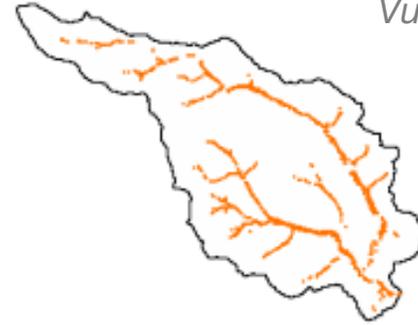
Méthode de calibration innovante à partir du réseau de cours d'eau

Vue en coupe



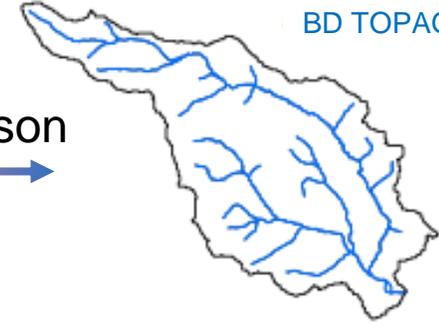
Leibowitz et al., 2018

Vue du dessus



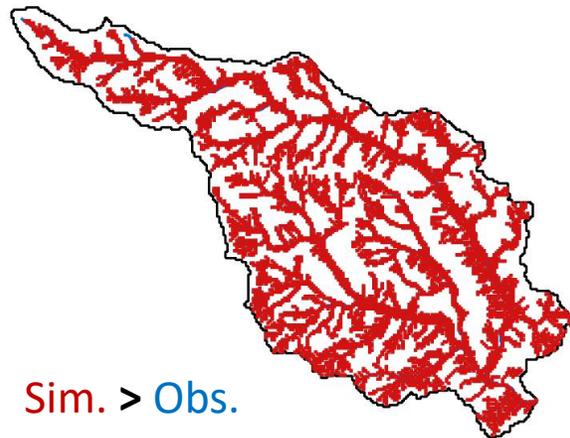
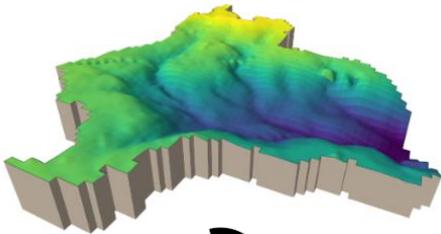
Zones de résurgence simulées

BD TOPAGE®



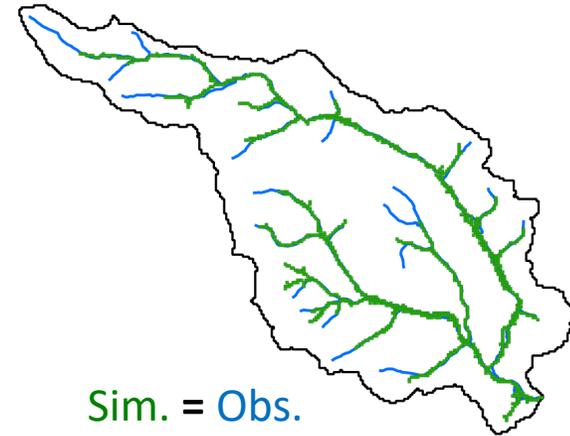
Réseau hydrographique observé

Comparaison



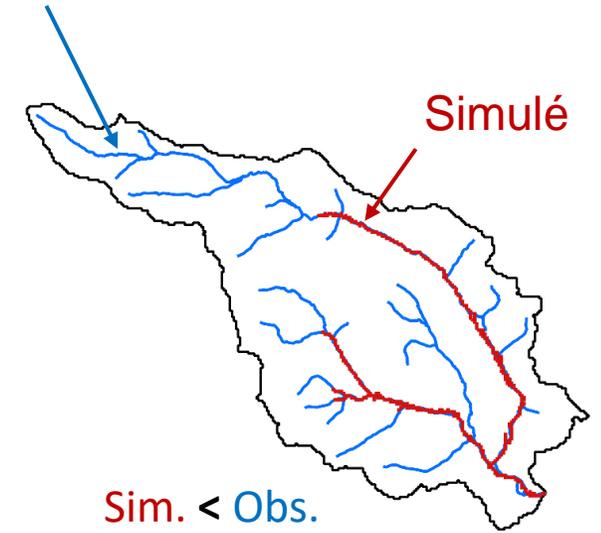
Sim. > Obs.

K_{faible}



Sim. = Obs.

K_{optimale}



Sim. < Obs.

$K_{\text{élevée}}$

```
if Sim. < Obs.:  
    decrease K  
if Sim. > Obs.:  
    increase K  
if Sim. = Obs.:  
    stop  
print('Objectif atteint !')
```

Conductivité hydraulique (K) appliquée au modèle

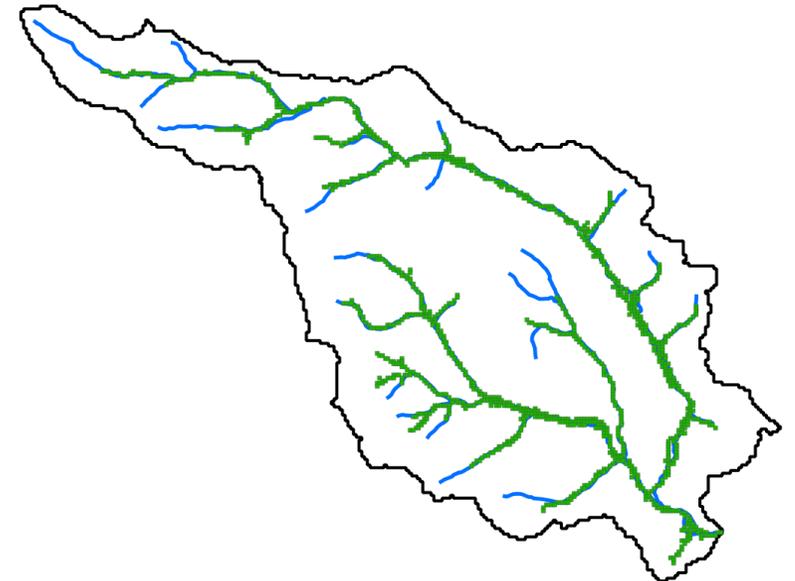
Exemple d'application sur un site pilote

Exemple d'application sur un site pilote

$K / R = 100.0$

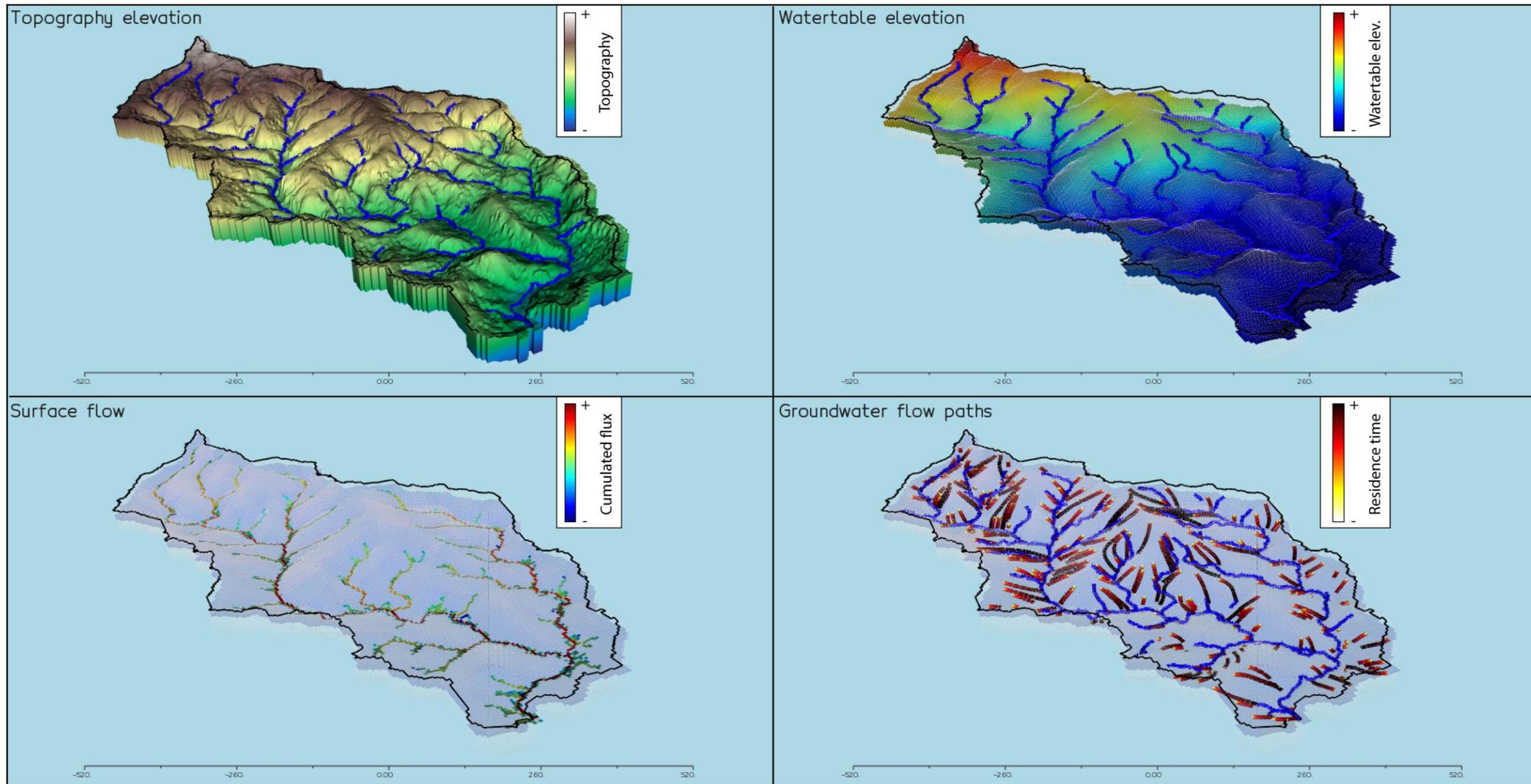


$K = 6.37e-07 \text{ [m/s]}$

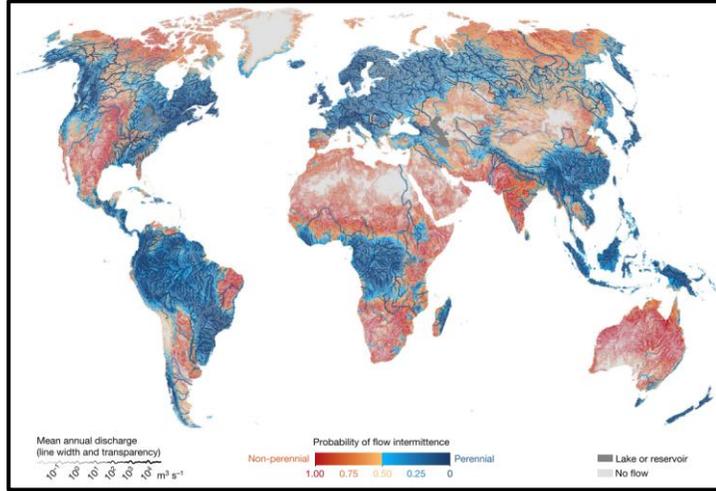


$K_{\text{optimale}} = 4 \times 10^{-6} \text{ m/s}$

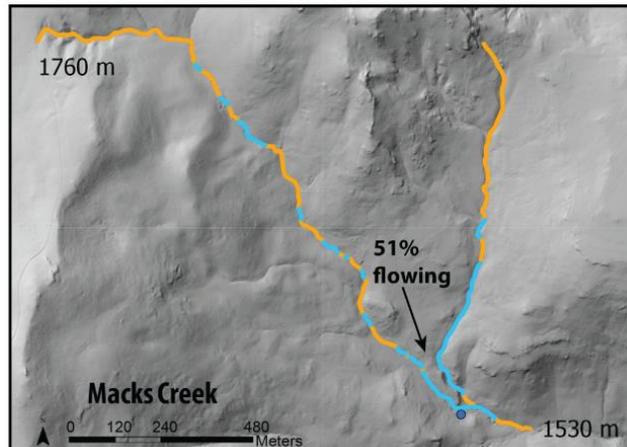
Exemple de résultats



Coupler la méthode aux données d'intermittence des cours d'eau



« **60%** des cours d'eau de la planète ne s'écoulent pas pendant au moins 1 jour dans l'année »
(Messenger et al., 2021)



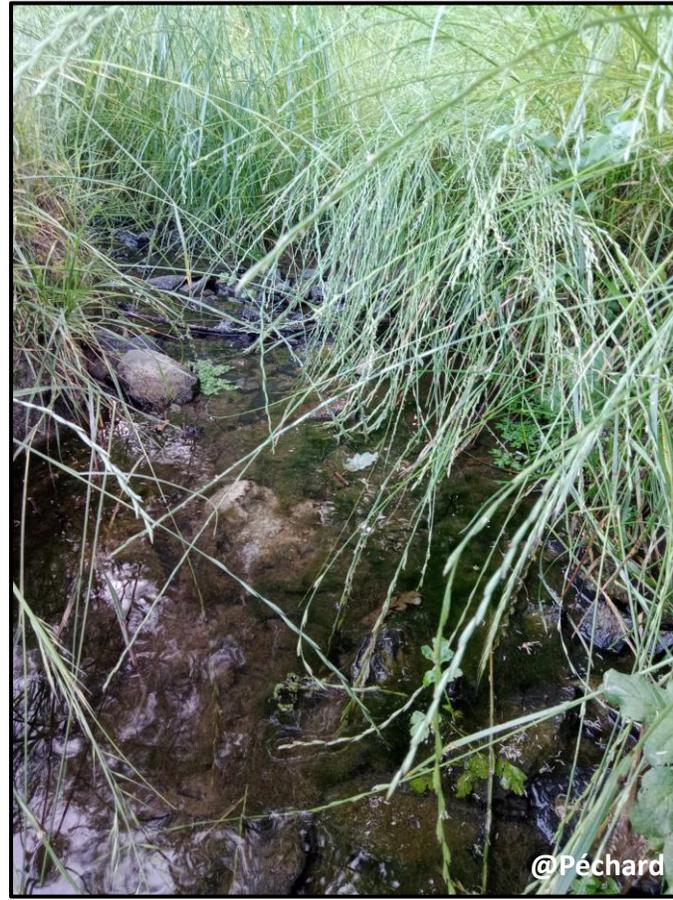
(Warix et al., 2021)

Coupler la méthode aux données d'intermittence des cours d'eau

Mars



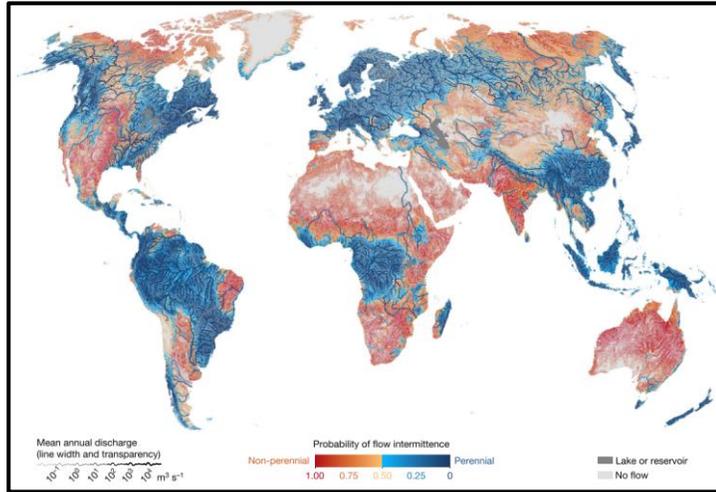
Mai



Juillet

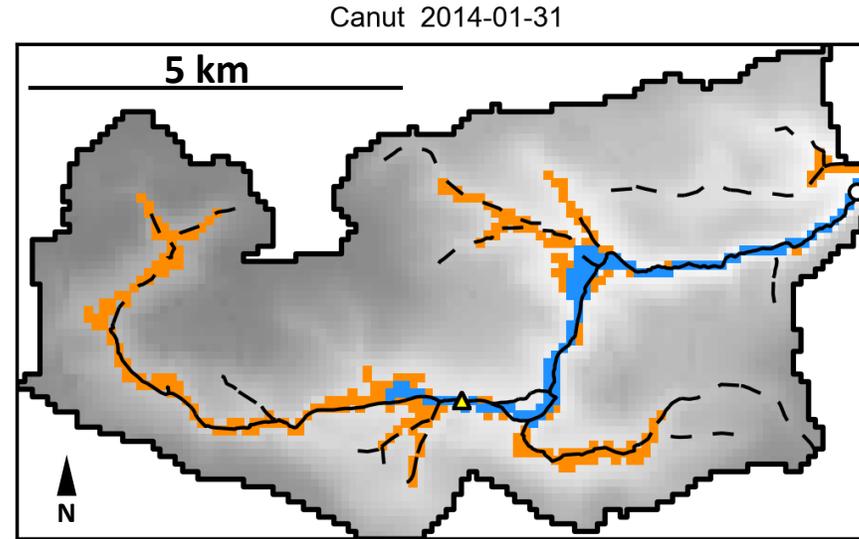


Coupler la méthode aux données d'intermittence des cours d'eau



« 60% des cours d'eau de la planète ne s'écoulent pas pendant au moins 1 jour dans l'année »

(Messenger et al., 2021)

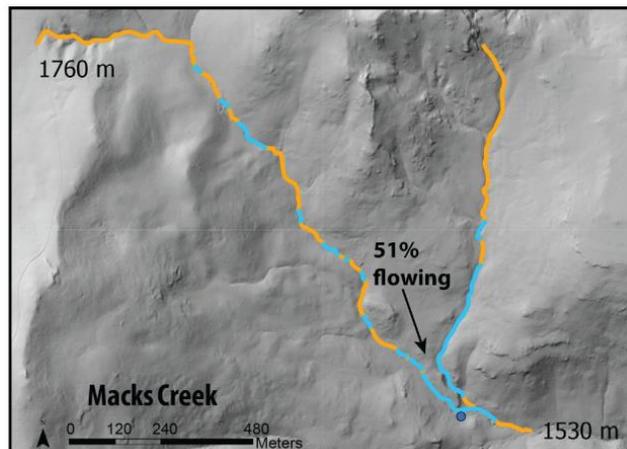


Observés

- - Intermittents
- Permanents

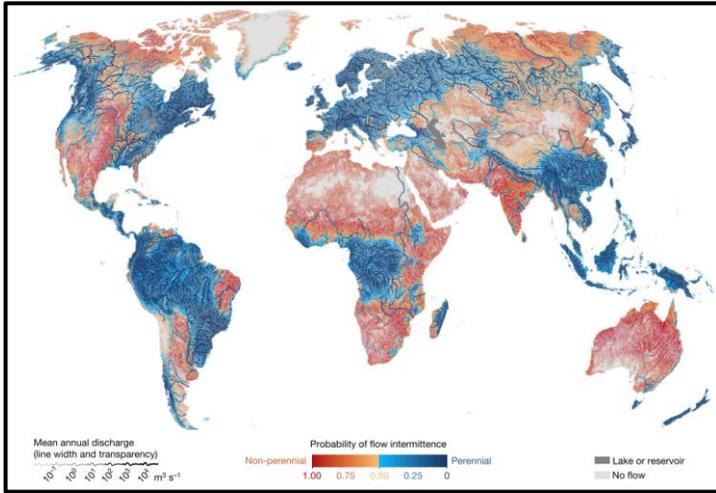
Simulés

- Intermittents
- Permanents



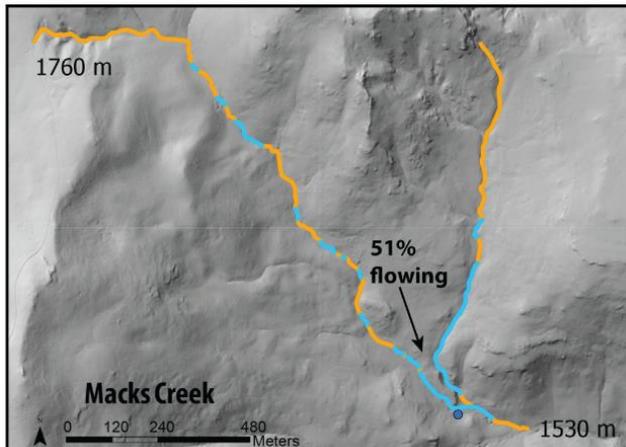
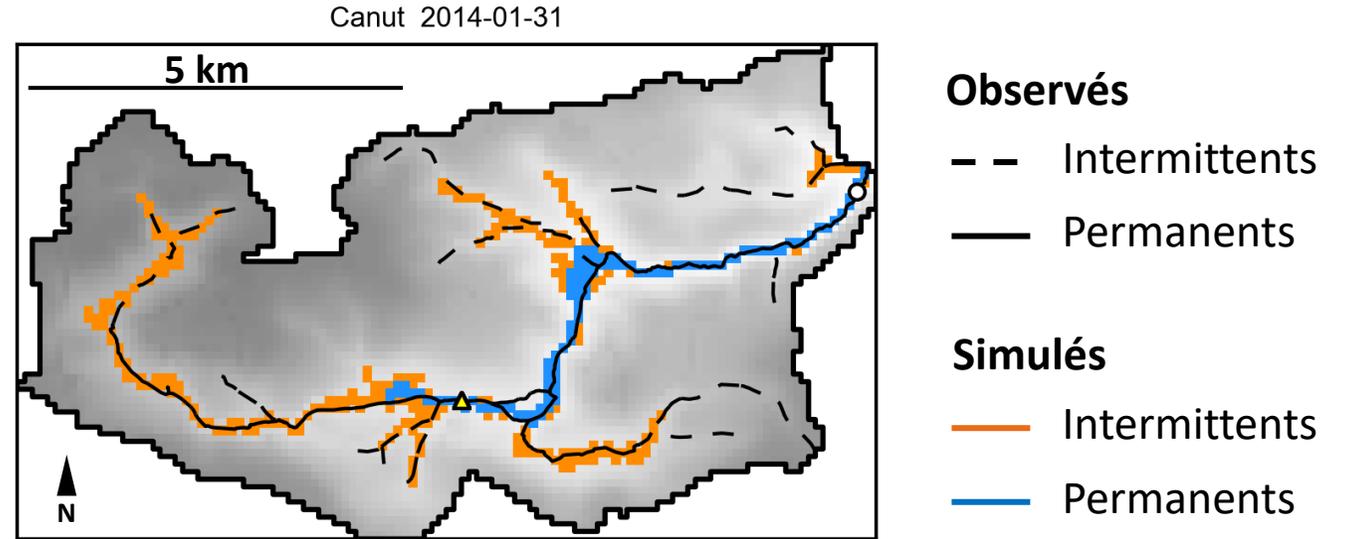
(Warix et al., 2021)

Coupler la méthode aux données d'intermittence des cours d'eau



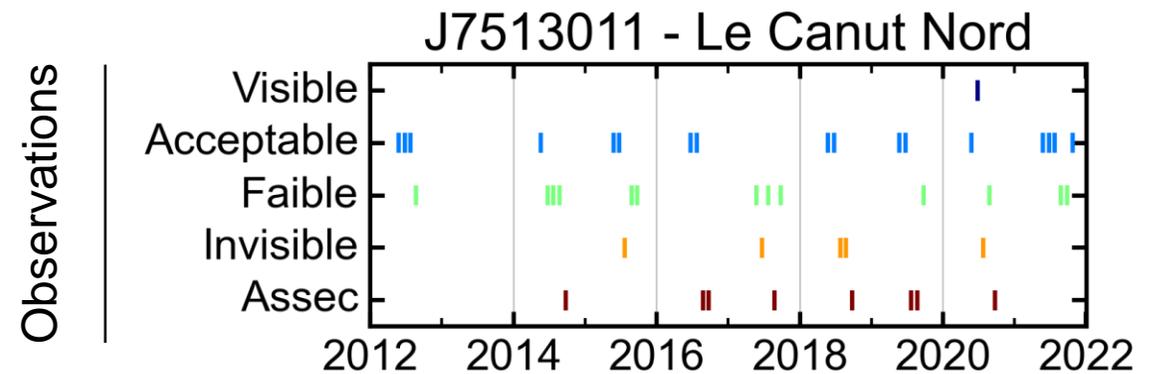
« 60% des cours d'eau de la planète ne s'écoulent pas pendant au moins 1 jour dans l'année »

(Messenger et al., 2021)



(Warix et al., 2021)

BD ONDE®



Le modèle reproduit l'intermittence observée

Perspectives : impact potentiel sur la qualité de l'eau

Recharge historique

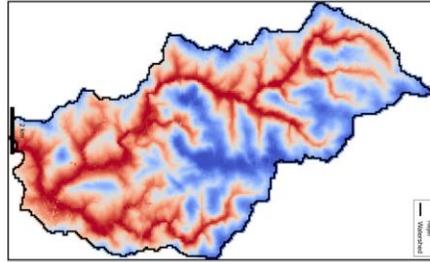
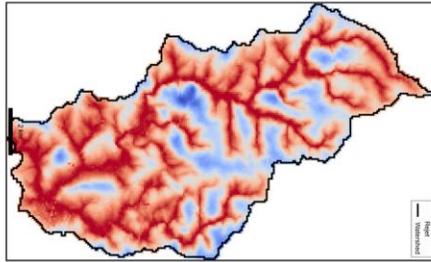
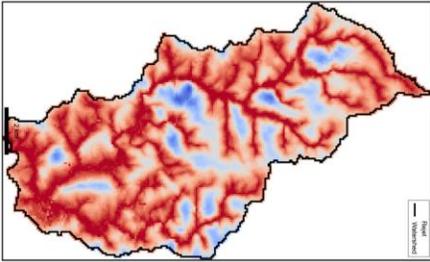
R

R / 2

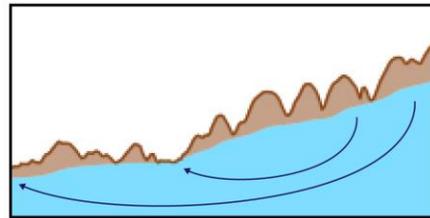
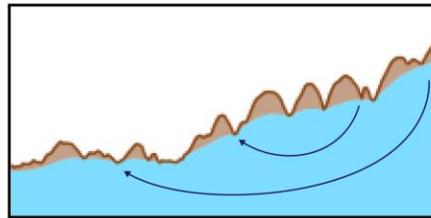
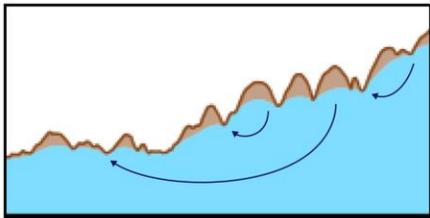
R / 10

+

Profondeur
de la nappe



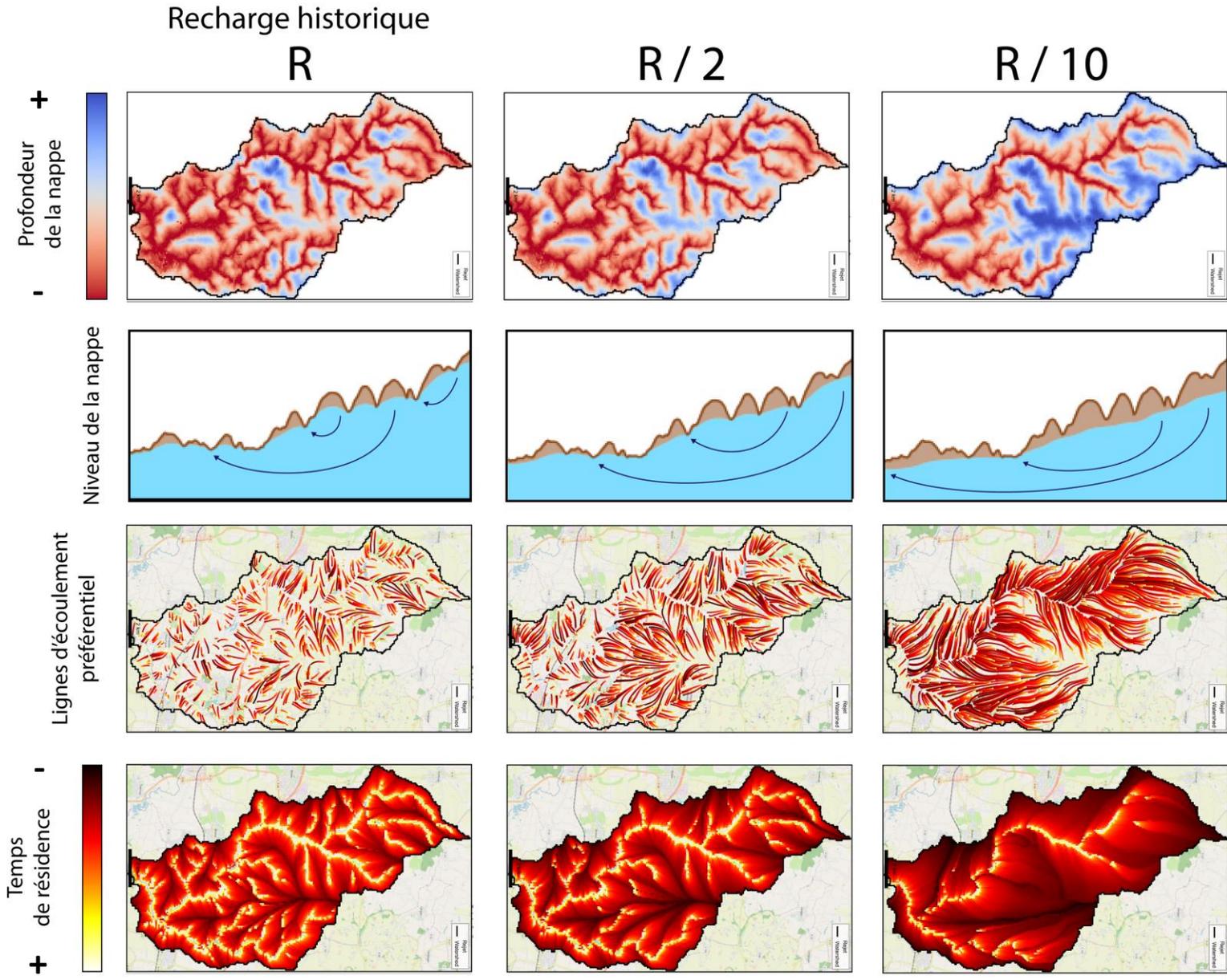
Niveau de la nappe



· Niveau de nappe plus bas

· Boucles de circulation plus longues

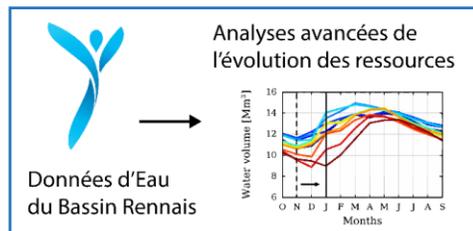
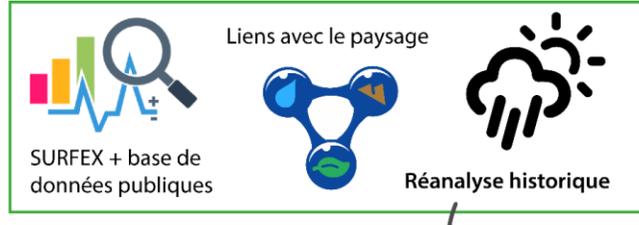
Perspectives : impact potentiel sur la qualité de l'eau



- Niveau de nappe plus bas
- Boucles de circulation plus longues
- Trajectoire des écoulements modifiée
- Âge de l'eau moyen plus important

Conclusion

Analyse rétrospective des données hydroclimatiques



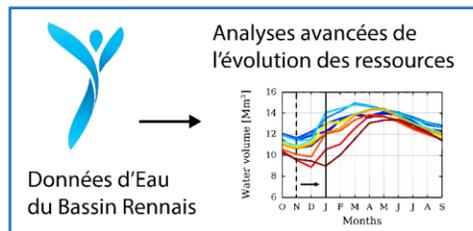
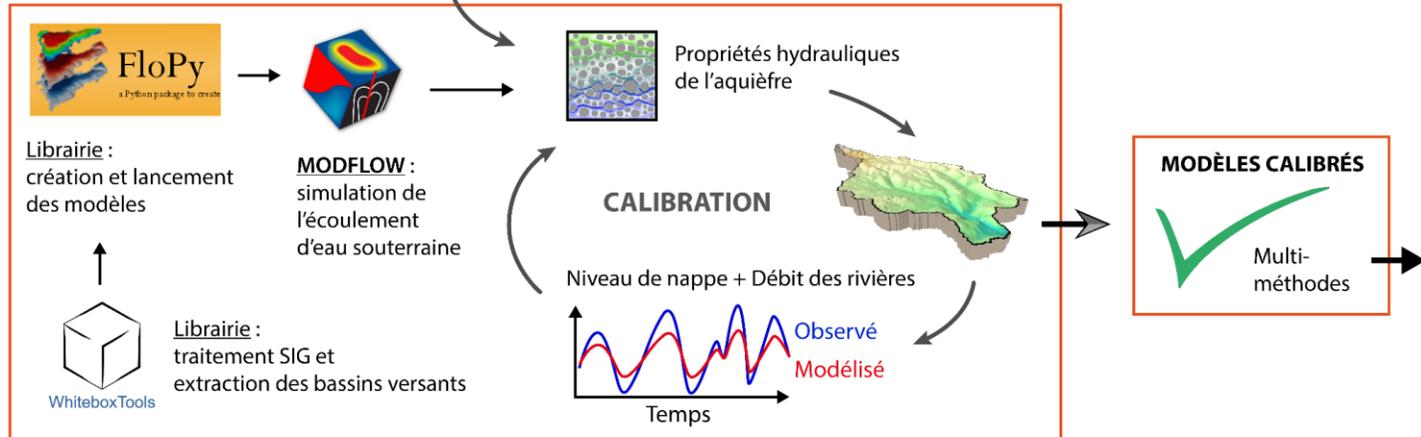
Approvisionnement en eau potable

Conclusion

Analyse rétrospective des données hydroclimatiques



Modélisation hydrogéologique



Approvisionnement en eau potable

Cadre réglementaire de la sécheresse en Ile-et-Vilaine

Ludovic HAUDUROY

Adjoint au chef de pole police de l'eau

SEB/P-Police-Eau

Direction Départementale des Territoires et de la Mer d'Ile-et-Vilaine

Cadre réglementaire de la sécheresse en Ille-et-Vilaine

ALEC-CEBR - Matinées Techniques « gestion de l'eau »



SEB

23/06/2022





Sommaire

1 Les différentes échelles de gestion

3 Communication

2 Arrêté cadre sécheresse d'Ille-et-Vilaine

4 Autres sujets en lien

Les différentes échelles de gestion de la sécheresse

Niveau national

Niveau bassin
Loire - Bretagne

Niveau
départementale

Cadre national de gestion de la sécheresse

Objectifs :

- faire face à une menace ou aux conséquences de sécheresse ou à un risque de pénurie ;
- accompagner les services de l'État
- faciliter l'accès aux informations

Outils :

- **Principes législatifs et réglementaires** de la gestion de la sécheresse : L.211-3 du Code de l'environnement et R.211-66 à 70.
- **Guide** de mise en œuvre des mesures de restriction des usages de l'eau en période de sécheresse
- Site d'information de l'état de la sécheresse et des restrictions

Les différentes échelles de gestion de la sécheresse

Décret de 2021

Niveau national

Niveau bassin
Loire - Bretagne

Niveau
départementale

Cadre à l'échelle du bassin versant Loire Bretagne

Outils : arrêté d'orientations du 28 janvier 2022 pour la mise en œuvre coordonnée des mesures de restriction ou suspension provisoire des usages de l'eau en période de sécheresse

Objectifs : fixer des orientations relatives :

- aux conditions de déclenchement,
- aux mesures de restriction par usage, sous-catégorie d'usages et type d'activité en fonction du niveau de gravité,
- aux conditions selon lesquelles le préfet peut, à titre exceptionnel, à la demande d'un usager, adapter les mesures de restriction s'appliquant à son usage,
- aux modalités de prise des décisions de restrictions.



Les différentes échelles de gestion de la sécheresse

Niveau national

Niveau bassin
Loire - Bretagne

Niveau
départementale

Cadre à l'échelle départementale de gestion de la sécheresse

Objectifs : fixer des règles spécifiques au 35 :

- Secteurs spécifiques pour les usages « eau potable » et milieux aquatiques »,
- Données et seuils utilisés pour déclencher les différents niveaux de sécheresse sur les secteurs,
- Les mesures à mettre en œuvre en fonction des différents niveaux de sécheresse,
- Modalités de retour à l'état « normal ».

Outils :

- Arrêté cadre sécheresse du 11 juin 2021 fixant le cadre des modalités de préservation et de gestion de la ressource en eau en période de sécheresse dans le département d'Ille-et-Vilaine,
- + des arrêtés préfectoraux de restrictions ou interdictions temporaires

Les différentes échelles de gestion de la sécheresse

Niveau national

Niveau bassin
Loire - Bretagne

Niveau
départementale

Cadre à l'échelle départementale de gestion de la sécheresse

Révision récente de cet arrêté :

→ s'inscrit dans les commandes des instructions ministérielles (23 juin 2020) et du bassin (24 juillet 2020)

→ Fait suite à une proposition validée en Comité de gestion de la Ressource en Eau (CGRE) de novembre 2019 : articulation des secteurs avec la prise en compte des réseaux d'eau potable



Arrêté cadre sécheresse d'Ille et vilaine du 11 juin 2021



Direction Départementale
des Territoires
et de la Mer

ARRÊTÉ DU 11 juin 2021

fixant le cadre des modalités de préservation et de gestion de la ressource en eau en période de sécheresse dans le département d'Ille-et-Vilaine

**Le préfet de la région Bretagne
préfet d'Ille-et-Vilaine**

Vu le code de l'environnement, et notamment ses articles L.211-3, L.211-8, L.214-18, L.215-1, R.211-66 à R.211-70 et R.216-9 ;

Vu le code général des collectivités territoriales ;

Vu le code civil, et notamment ses articles 640 à 645 ;

Vu le code pénal, et notamment son article 131-13 ;

Vu le code de la santé publique, et notamment son livre III ;

Vu le décret 2004-374 du 29 avril 2004 modifié relatif aux pouvoirs des préfets, à l'organisation et à l'action des services de l'État dans les régions et les départements ;



Lien vers l'arrêté : [ici](#)

Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Qui ?

Secteurs milieux aquatiques

Secteurs « eau potable »

Eaux brutes :

- Forage,
- Puits,
- Pompage en rivière ou dans un étang connecté à la rivière

prélèvements concernés

Eau à destination de la consommation humaine

Partiellement :

- Eau de pluie,
- Retenues étanches, régulières, déconnectées du cours d'eau



Arrêté cadre sécheresse d'Ille et vilaine du 1 Où ?

2 secteurs
« alimentation en eau
potable » AEP

7 secteurs « milieux
aquatiques



Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Quand ?

Stations hydrométriques

Le Semnon à Bain de Bretagne → milieux aquatiques

Le Meu à Montfort-sur-Meu → AEP et milieux aquatiques

Le Couesnon à Romazy → AEP et milieux aquatiques

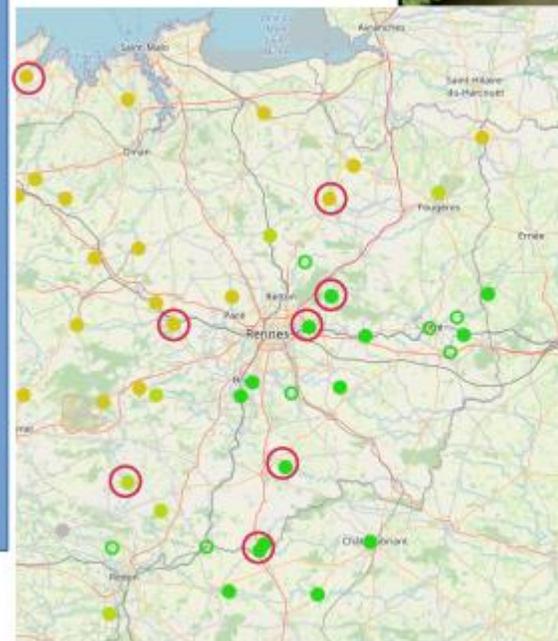
Le Frémur à Pleslin-Trigavou → milieux aquatiques

La Vilaine à Cesson-Sévigné → milieux aquatiques

L'Aff à Quelneuc → milieux aquatiques

La Chère à Derval → milieux aquatiques

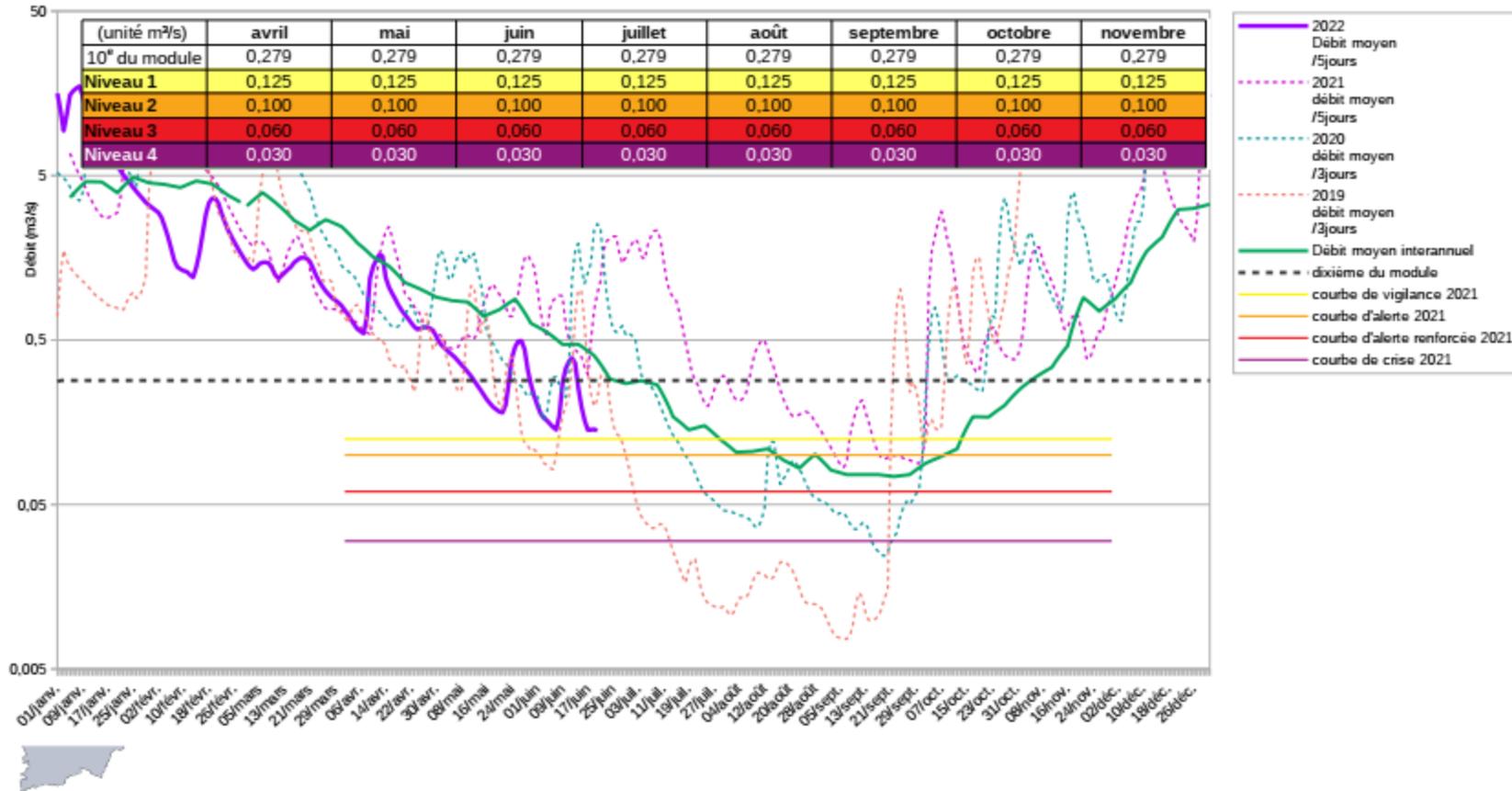
Le Chevré à la Bouëxière → milieux aquatiques



Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Le Semnon à Bain-de-Bretagne [Rochereuil]



Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Quand ?

Niveaux des barrages

Barrages de Mireloup et Beaufort

Barrages amont Vilaine : Haute-Vilaine, Cantache, la Valière

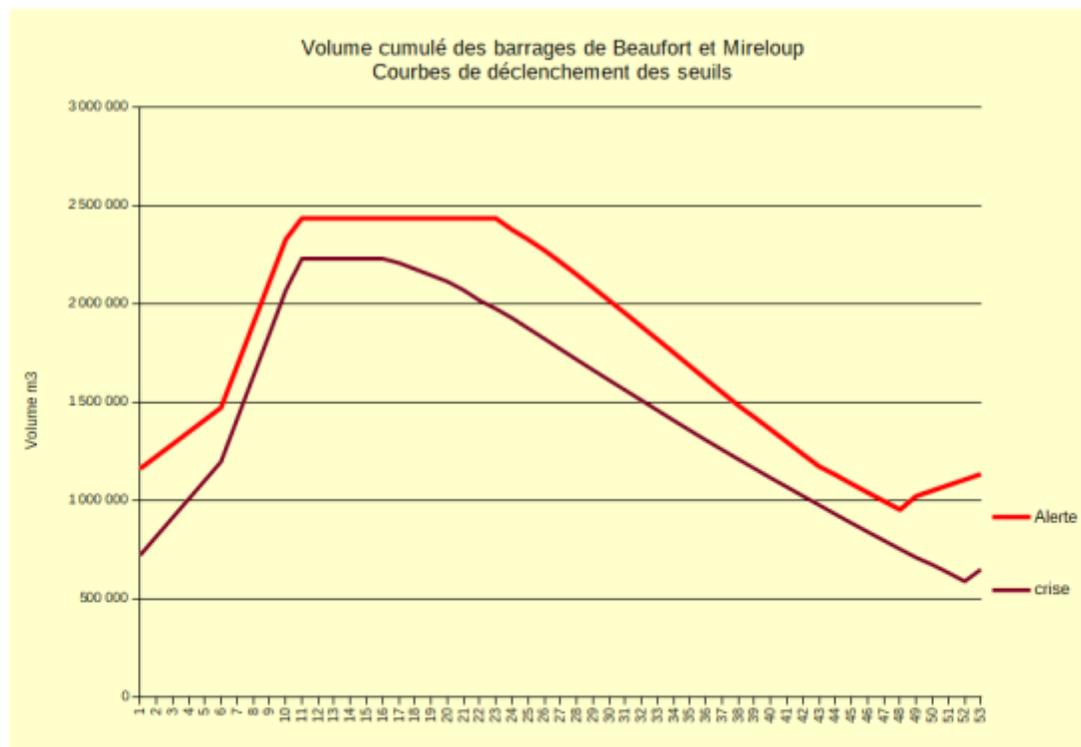
Barrages de la Chèze



Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

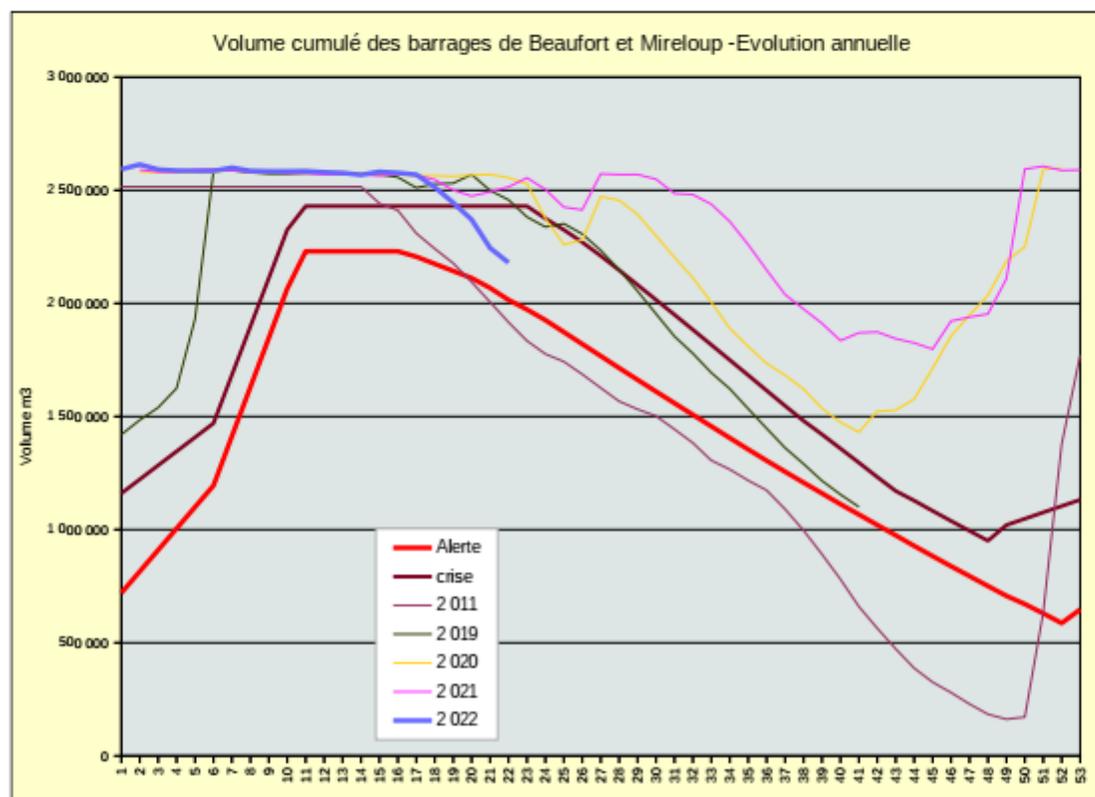
Quand ?



Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Quand ?



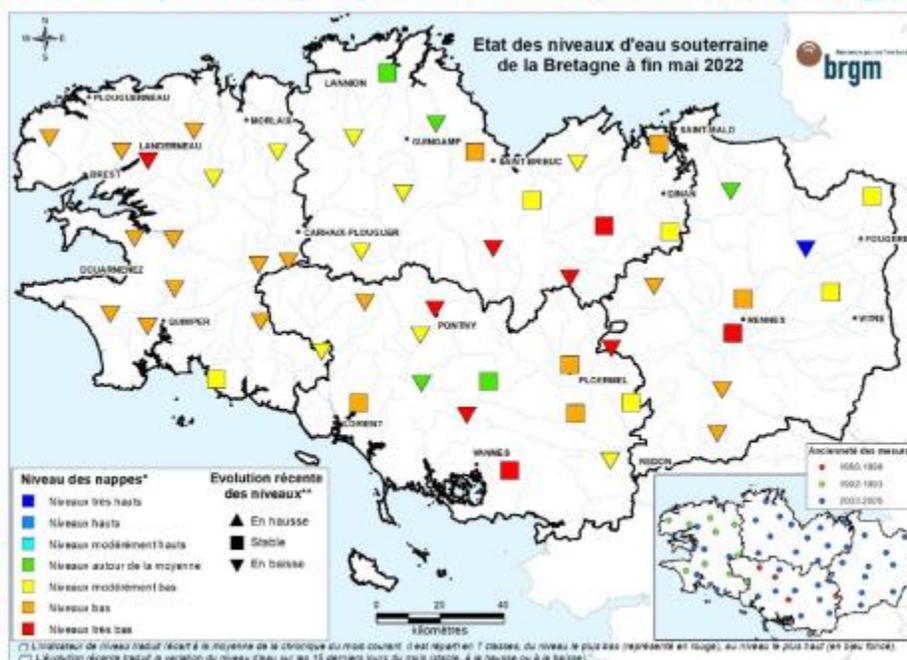
Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Quand ?

Suivi piézométrique réalisé par le BRGM

Seuil : 6 piézomètres ou plus sur 12, suivis par le BRGM sur le département, sont en dessous de la normale au printemps (février, mars, avril, mai) : vigilance



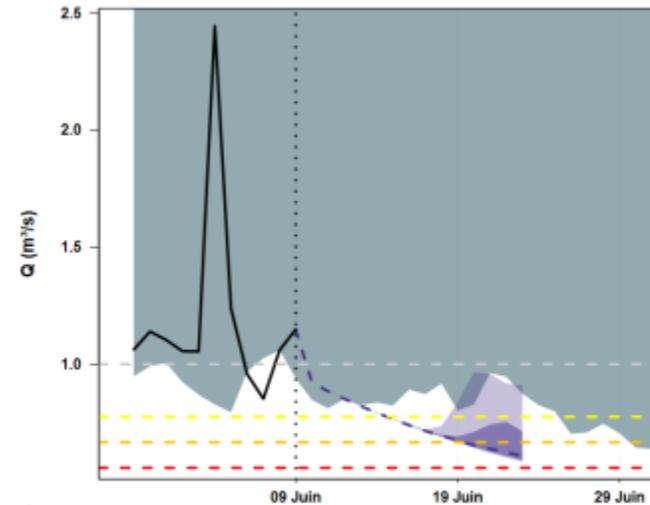
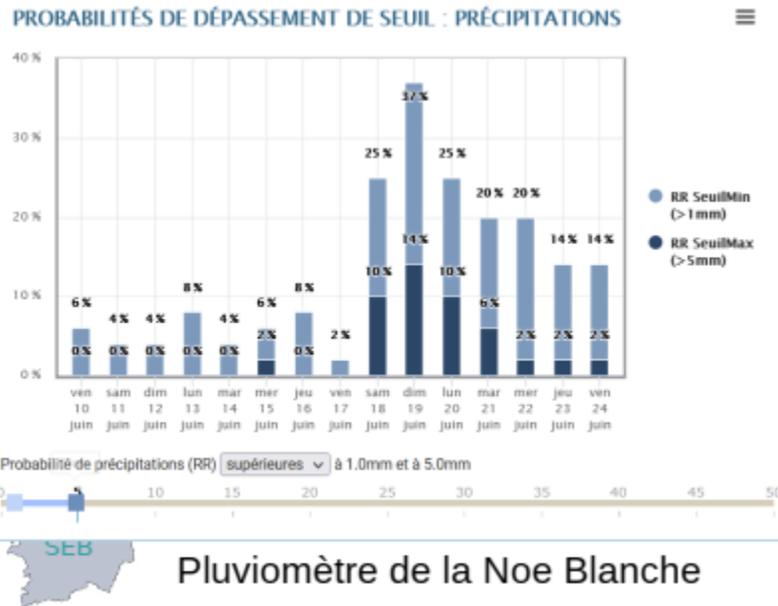
15
Lien vers les bulletins région
aux du BRGM

Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Quand ?

Prise en compte des prévisions pluviométriques et débitmétriques



Station hydrométrique sur le cours du Couesnon à Romazy

Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Comment ?

4 niveaux de sécheresse possibles avec des mesures progressives



4 types d'usagers



Particuliers

Collectivités

Entreprises
dont ICPE

Agriculteurs

Arrêté cadre sécheresse d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Mesures appliquées aux collectivités

n°	Mesures	Vigilance	Alerte	Alerte renforcée	Crise	Dérogations	Thématique	P	E	C	A	
1	Manoeuvre des vannes générant des à-coup sur le réseau hydrographique	Interdit Sauf barrages ayant pour vocation le soutien d'étiage et/ou l'alimentation en eau potable.					Sur demande argumentée à la Direction Départementale des Territoires et de la Mer. L'absence de réponse dans un délai de 2 semaines vaut décision de rejet.	MA	x	x	x	x
2	Vidange des plans d'eau	autorisé	Interdit Sauf barrages ayant pour vocation le soutien d'étiage et/ou l'alimentation en eau potable.				Sur demande argumentée, notamment urgence, à la Direction Départementale des Territoires et de la Mer. L'absence de réponse dans un délai de 2 semaines vaut décision de rejet.	MA	x	x	x	x
3	Remplissage des plans d'eau	Limitation volontaire	Interdit				MA	x	x	x	x	
4	Nettoyage des façades, terrasses, murs, escaliers et toitures	réduction volontaire des consommations	Interdit sauf pour les professionnels équipés de lances à haute pression.	Interdit Sauf travaux préparatoires à un ravalement de façade pour les professionnels équipés de lances à haute pression			MA+AEP	x	x	x	x	
5	Nettoyage de la voirie (chaussées, trottoirs, caniveaux...)	réduction volontaire des consommations		Interdit Sauf impératifs sanitaires avec usage de balayeuses automatiques			MA+AEP	x	x	x	x	



Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Mesures appliquées aux collectivités

n°	Mesures	Vigilance	Alerte	Alerte renforcée	Crise	Dérogations	Thématique	P	E	C	A
6	Nettoyage des véhicules, des bateaux Y compris par dispositifs mobiles	réduction volontaire des consommations	Interdit hors station de lavage	Interdit Sauf en station de lavage équipée de lances haute-pression Sauf véhicules ayant une obligation réglementaire (sanitaire, alimentaire) ou technique (bétonnières, matériels agricoles liés aux moissons) ou liée à la sécurité	Interdit Autorisé uniquement pour les véhicules ayant une obligation réglementaire (sanitaire, alimentaire) ou technique (bétonnières, matériels agricoles liés aux moissons) ou liée à la sécurité		MA+AEP	x	x	x	x
7	Arrosage des terrains de sport (stades, golf...)		Interdit de 8h à 20h *	Interdit, sauf : - pour les plantations de moins d'1an, - de 20h à 8h * pour les greens et départs de golf	Interdit	Sur demande argumentée à la Direction Départementale des Territoires et de la Mer. L'absence de réponse dans un délai de 2 semaines vaut décision de rejet.	AEP		x	x	
8	Arrosage des pelouses, massifs floraux ou arbustifs		Interdit de 8h à 20h *	Interdit			AEP	x	x	x	x
9	Fonctionnement des fontaines d'agrément (publiques et et dans les établissements recevant du public)		Interdit				AEP		x	x	
10	Fonctionnement des douches de plage		Interdit				AEP			x	
12	Arrosage des pistes d'hippodrome et des carrières de centres équestre		autorisé	Interdit			AEP		x	x	



Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Mesures appliquées aux collectivités

n°	Mesures	Vigilance	Alerte	Alerte renforcée	Crise	Dérogations	Thématique	P	E	C	A
13	Travaux sur les stations d'épuration, sur les postes et tout autre travaux sur les systèmes d'assainissement des collectivités ou des industriels, susceptible d'occasionner des rejets dans les milieux aquatiques	autorisé	autorisé		Interdit	Sur demande argumentée à la Direction Départementale des Territoires et de la Mer pour les collectivités auprès de l'Inspection des Installations classées pour le ICPE L'absence de réponse dans un délai de 2 semaines vaut décision de rejet.	MA		x	x	
14	Vidange et remplissage des piscines ouvertes au public	autorisé	autorisé		Interdit Limitation du volume de renouvellement d'eau à 30M/baigneur**	Sur demande argumentée à l'ARS L'absence de réponse dans un délai de 2 semaines vaut décision de rejet.	MA+AEP		x	x	
22	Reconnaissances opérationnelles, manœuvres et exercice (SDIS)	autorisé	Autorisé avec utilisation modérée de l'eau		autorisé sans utilisation d'eau		AEP			x	
23	Contrôle techniques périodiques, purge, test poteau (Service public de Défense Extérieure Contre les Incendies des communes ou EPCI)	autorisé	Interdit sauf nécessité de service		Interdit	La nécessité de service doit être validée par le préfet sur demande du maire ou du président de l'EPCI si transfert	AEP			x	
24	Remplissage des bâches au titre de la Défense Extérieure Contre les Incendies	autorisé	autorisé		autorisé		AEP			x	
25	autres usages non cités	réduction volontaire des consommations			Interdit		MA+AEP	x	x	x	x



Arrêté cadre sécheresse d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Communication
sur les
mesures :
→ un site
national
PROPLUVIA



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Bienvenue sur PROPLUVIA

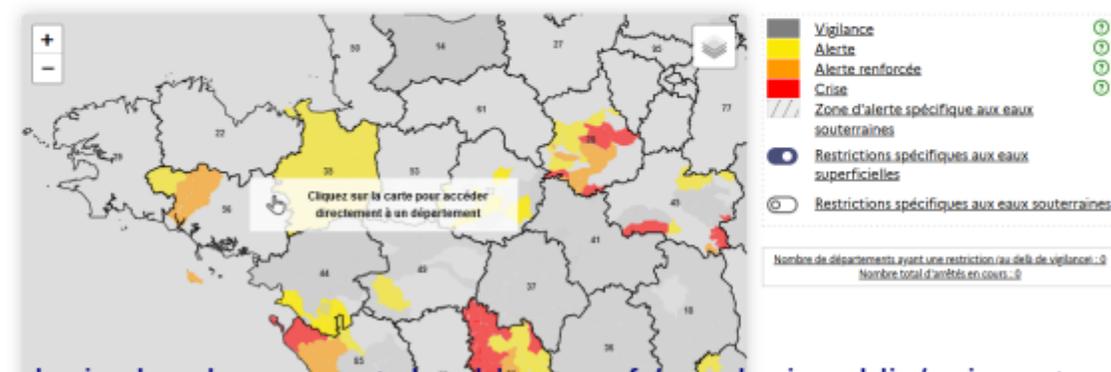
Le site de l'information sécheresse du Gouvernement

Vos questions Je suis un professionnel ou une collectivité Je suis un particulier 349 620 752 165 Historique des données Me géolocaliser Rechercher

← Retour à l'accueil

Métropole Outre-Mer

Carte des arrêtés des eaux superficielles au 09/06/2022 publiés avant le 08/06/2022



<https://propluvia.developpement-durable.gouv.fr/propluviapublic/voir-carte>

Arrêté cadre sécheresse d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Communication sur les mesures

→ un site départemental : « usages de l'eau dans le 35 »

PRÉFET D'ILLE-ET-VILAINE
Edouard Egliou
Président

Direction départementale des Territoires et de la Mer d'Ille-et-Vilaine

Connaitre les restrictions de l'usage de l'eau dans votre commune

Ma commune : Acigné
Le sur : Une collectivité
La ressource utilisée : Eau potable

Ma commune est : Acigné, je suis une collectivité, j'ai un usage : eau potable
Vous êtes sur la commune de Acigné qui est concernée par le secteur de : "Secteur B - Couesson et Vilaine" classé en "Alerte"

mesures

mesures	restrictions
Arrosage des pelouses, massifs floraux ou arbustifs	Interdit de 8h à 20h *
Arrosage des pistes d'hippodrome et des carrières de centres équestre	réduction volontaire des consommations
Arrosage des terrains de sport (stades, golf...)	Interdit de 8h à 20h *
autres usages non cités	interdit
Contrôle techniques périodiques, purge, test poteau (Service public de Défense Extérieure Contre les Incendies des communes ou EPCI)	Interdit sauf nécessité de service
Fonctionnement des douches de plage	interdit
Fonctionnement des fontaines d'agrément (publiques et et dans les établissements recevant du public)	Interdit
Nettoyage de la voirie (chaussées, trottoirs, caniveaux...)	réduction volontaire des consommations
Nettoyage des façades, terrasses, murs, escaliers et toitures	Interdit sauf pour les professionnels équipés de lances à haute pression.
Nettoyage des véhicules, des bateaux Y compris par dispositifs mobiles	interdit hors station de lavage
Remplissage des baches au titre de la Défense Extérieure Contre les Incendies	autorisé
Vidange et remplissage des piscines ouvertes au public	autorisé

Légende

- Crise
- Alerte renforcée
- Alerte
- Vigilance
- Situation normale

<http://sigthema35.alwaysdata.net/>

Arrêté cadre sécheresse

d'Ille et vilaine du 11 juin 2021

Communication sur les mesures

→ relai auprès des collectivités et syndicats de production

→ **fiches de communication**

→ **Site de la préfecture d'Ille-et-Vilaine**



L'Ille-et-Vilaine est placée en

ALERTE SECHERESSE

depuis le XX XXX 2022 *

VOUS ÊTES UNE COLLECTIVITÉ

Voici les mesures qui vous concernent
pour l'utilisation de l'eau potable :



sont interdits

L'arrosage des pelouses, massifs floraux ou arbustifs **entre 8h et 20 h**



Le lavage des voitures, bateaux et dispositifs mobiles hors stations professionnelles



Le lavage des terrasses, des façades, murs, escaliers et toitures



Les alternatives



Entretien des espaces verts avec des techniques de paillage, binage
Récupération des eaux de pluie
Choix de végétaux économes en eau



Le lavage des véhicules peut être décalé en dehors des périodes de sécheresse
Le lavage dans une station professionnelle



Le lavage des terrasses, murs... peut être décalé en dehors des périodes de sécheresse
L'appel à un professionnel équipé de lances à haute pression



Arrêté cadre sécheresse d'Ille et vilaine du 11 juin 2021



Le fonctionnement des douches de plage



Le fonctionnement des fontaines d'agrément publiques et dans les établissements recevant du public



L'arrosage des terrains de sport stades, golf... **entre 8h et 20 h**



Utilisation de l'eau de pluie ou des eaux usées traitées



Les contrôles techniques périodiques, purge, test poteau du Service Public de Défense Extérieure contre les incendies des communes ou EPCI sauf ceux autorisés par dérogation si nécessité de service validée par le préfet sur demande du maire ou du président de l'EPCI si transfert

Pour en savoir + : <http://sigthema35.alwaysdata.net/>

*voir arrêté préfectoral du XXX/XXXX

document relatif sous contrat par SIGTHEMA 35 - le 18 mai 2022



Autres sujets en lien

1. Débit réservé

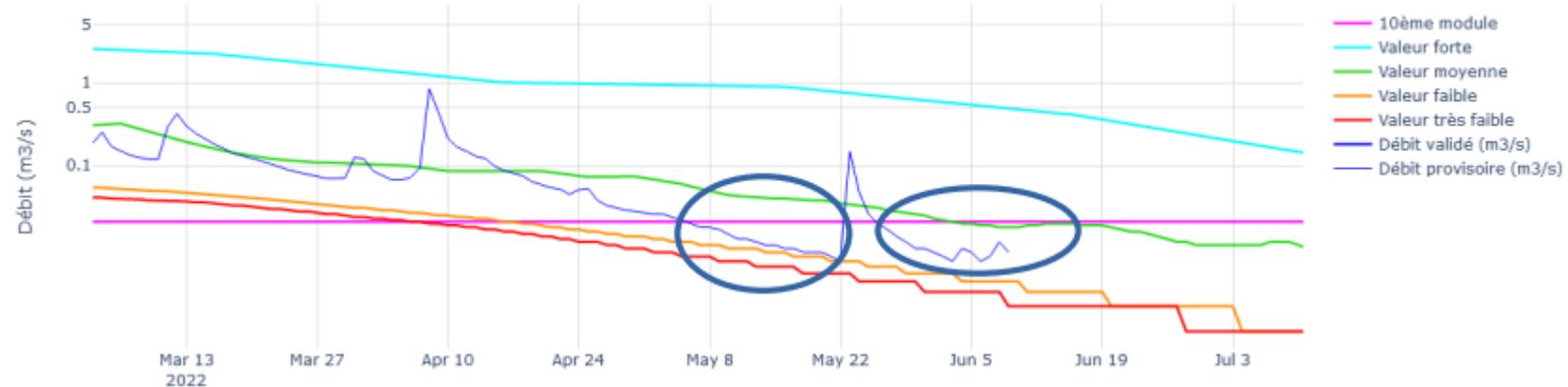
Rappel réglementaire : L.214-18 du Code de l'environnement
→ respect du 10^e du module

J7513010 Le Canut Nord à Maxent [La Botelerais]

[Télécharger les données](#)



J7513010 - Le Canut Nord à Maxent [La Botelerais]



Source : DREAL Bretagne 2022

Autres sujets en lien

2. Utilisation d'eaux non conventionnelles

Eaux pluviales

- Article L.211-9 du code de l'environnement ;
- Arrêté du 21 août 2008 relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments ;
- Arrêté du 17 décembre 2008 relatif au contrôle des installations privées de distribution d'eau potable, des ouvrages de prélèvement, puits et forages et des ouvrages de récupération des eaux de pluie.

Eaux usées traitées

- Articles L.211-9 et R.211-23 du code de l'environnement ;
- Arrêté ministériel du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts ;
- Instruction interministérielle n°DGS/EA4/DEB/DGPE/2016/135 du 26 avril 2016 relative à la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts ;
- Décret n° 2022-336 du 10 mars 2022 relatif aux usages et aux conditions de réutilisation des eaux usées traitées ;
- Règlement (UE) 2020/741 du parlement européen et du conseil du 25 mai 2020 relatif aux exigences minimales applicables à la réutilisation de l'eau.

Autres sujets en lien

3. Prise en compte de la réduction de la consommation en eau dans les dossiers Loi sur l'eau

Décret n° 2021-807 du 24 juin 2021 relatif à la promotion d'une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau, en application de l'article L. 211-1 du code de l'environnement

→ prise en compte de l'enjeu eau et de la réduction de la consommation dans les dossiers d'autorisation environnementale



La Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Merci pour votre attention !

Ludovic HAUDUROY
Adjoint au chef de pôle police de feu
SEB/P-Police-Eau
Direction Départementale des Territoires et de la Mer d'Ille-et-Vilaine

Le Morgat 12 rue Maurice Fabre CS 23167 35031 RENNES CEDEX
Bureau : 223a
Tel : +33 2 90 02 31 50 - Mobile : +33 7 86 86 18 32
www.ecologie.gouv.fr



POUR NOUS CONTACTER



La Direction Départementale des Territoires et de la Mer
Le Morgat
12 rue Maurice Fabre
CS 23167
35031 RENNES CEDEX



02 90 02 XX XX



ddtm@ille-et-vilaine.gouv.fr



La gestion des espaces verts face aux périodes de sécheresse

Olivier BAUMGARTNER

Responsable des espaces vert

Direction des Jardins et de la Biodiversité - Ville de Rennes

Changement climatique et sécheresse : la gestion des espaces verts face aux périodes de sécheresse



Date : 23 juin 2022

Intervenant : Olivier BAUMGARTNER (Ville de Rennes – Direction des Jardins et de la Biodiversité)

SOMMAIRE

- 1. Qu'arrosions-nous aujourd'hui ?**
- 2. Mise en œuvre de l'arrêté sécheresse**
- 3. Économiser la ressource en eau :**
 - Éviter d'arroser (dès que possible)
 - Optimiser les arrosages (s'ils sont indispensables)

1. Qu'arrosons-nous aujourd'hui ?

- Pépinière et serres de production
- Pelouses des stades et de quelques parcs patrimoniaux (Thabor, Saint-Georges, Oberthür)
- Massifs floraux estivaux
- Jeunes plantations de l'année (arbustes, vivaces)
- Arbres durant la période de confortement (3 ans), voire plus pour les arbres plantés en bacs ou sur dalles

2. Mise en œuvre de l'arrêté sécheresse

- S'adapter aux mesures de restriction ou d'interdiction, en fonction des niveaux d'alerte (vigilance, alerte, alerte renforcée, crise)

Changement climatique et sécheresse : la gestion des espaces verts face aux périodes de sécheresse

2. Mise en œuvre de l'arrêté sécheresse

➤ Des impacts sur notre gestion



Direction Départementale
des Territoires
et de la Mer

ARRÊTÉ
portant sur la limitation ou l'interdiction provisoire
des prélèvements et des usages de l'eau dans le département d'Ille-et-Vilaine
Alerte sécheresse sur l'ensemble du département pour les usages « eau potable »

Le Préfet de la région Bretagne
Préfet d'Ille-et-Vilaine

- Vu le livre II, partie législative du Code de l'Environnement et notamment les articles L.211-3, L.211-8, L.214-18, L.215-1 et L.215-10 ;
- Vu le livre II, partie réglementaire du Code de l'Environnement et notamment les articles R.211-66 et suivants ;
- Vu le Code général des collectivités territoriales et notamment les articles R.2212 à 2215 ;
- Vu le Code civil et notamment les articles 640 à 645 ;
- Vu le Code pénal et notamment les articles R.610-1 et L.131-13 ;
- Vu le Code de la santé publique et notamment son livre III ;
- Vu le Code du domaine public fluvial et de la navigation intérieure notamment l'article R.1321-9 ;
- Vu le Code rural et de la pêche maritime ;
- Vu le décret n° 2004-374 du 29 avril 2004 relatif aux pouvoirs des préfets, à l'organisation et à l'action des services de l'État dans les régions et départements ;
- Vu l'arrêté du 18 mars 2022 portant approbation du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin Loire-Bretagne ;
- Vu l'arrêté du 22 mars 2022 portant approbation du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin Seine-Normandie ;
- Vu le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du bassin Rance Frérum Baie de Beauvais approuvé le 9 décembre 2013 ;
- Vu le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du bassin de la Vilaine approuvé le 2 juillet 2015 ;
- Vu le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du bassin du Couesnon approuvé le 12 décembre 2013 ;
- Vu le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) des bassins côtiers de la région de Dol approuvé le 6 octobre 2015 ;
- Vu le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du bassin de la Sélune approuvé le 20 décembre 2007 ;
- Vu l'arrêté préfectoral n°35-2021-06-11-00012 du 11 juin 2021 fixant le cadre des modalités de préservation et de gestion de la ressource en eau en période de sécheresse dans le département d'Ille-et-Vilaine ;

n°	Mesures	Vigilance	Alerte	Alerte renforcée	Sécheresse	Dérogations	P	E	C	A
4	Nettoyage des façades, terrasses, murs, escaliers et toitures	réduction volontaire des consommations	Interdit sauf pour les professionnels équipés de lances à haute pression.	Sauf travaux préparatoires à un ravalement de façade pour les professionnels équipés de lances à haute pression	Interdit		X	X	X	X
5	Nettoyage de la voirie (chaussées, trottoirs, caniveaux...)	réduction volontaire des consommations		Sauf impératifs sanitaires avec usage de belyeuses automatiques	Interdit		X	X	X	X
6	Nettoyage des véhicules, des balcons Y compris par dispositifs mobiles		Interdit hors station de lavage	Interdit Sauf en station de lavage équipée de lances haute-pression Sauf véhicules ayant une obligation réglementaire (sanitaire, alimentaire) ou technique (détonniers, matériels agricoles liés aux moissons) ou liée à la sécurité	Interdit uniquement pour les véhicules ayant une obligation réglementaire (sanitaire, alimentaire) ou technique (détonniers, matériels agricoles liés aux moissons) ou liée à la sécurité		X	X	X	X
7	Arrosage des terrains de sport (stades, golf...)	réduction volontaire des consommations	Interdit de 8h à 20h *	Interdit, sauf : - pour les plantations de moins d'1m, - de 20h à 8h * pour les greens et départs de golf	Interdit	Sur demande argumentée à la Direction Départementale des Territoires et de la Mer. L'absence de réponse dans un délai de 2 semaines vaut décision de rejet.	X	X		
8	Arrosage des pelouses, massifs floraux ou arbustifs		Interdit de 8h à 20h *		Interdit		X	X	X	X
9	Fonctionnement des fontaines d'agrément (publiques et dans les établissements recevant du public)				Interdit		X	X		
10	Fonctionnement des douches de plage				Interdit				X	
11	Arrosage des jardins potagers	réduction volontaire des consommations		Interdit de 8h à 20h *	Interdit de 8h à 20h *		X			
12	Arrosage des pistes d'hélicoptère et des carrières de centres équestre	réduction volontaire des consommations			Interdit		X	X		
14	Vidange et remplissage des piscines ouvertes au public	autorisé	autorisé	Limitation du volume de renouvellement d'eau à 30l/baigneur**	Interdit	Sur demande argumentée à l'ARS L'absence de réponse dans un délai de 2 semaines vaut décision de rejet.	X	X		
15	Vidange et remplissage des piscines familiales à usage privé et des piscines communes dans les résidences privées	réduction volontaire des consommations	Interdit pour les piscines de plus de 1m ³ Sauf remplissage lié à la sécurité de l'ouvrage, notamment premier remplissage des piscines enterrées		Interdit		X	X		
16	Réduction de la consommation en eau utiliser dans les différents procédés relatifs aux usages industriels	réduction volontaire des consommations	5 % de la consommation hebdomadaire moyenne de l'année hors période de sécheresse***	25 % de la consommation hebdomadaire moyenne de l'année hors période de sécheresse***	A minima, 25% de la consommation hebdomadaire moyenne de l'année hors période de sécheresse*** et pouvant aller jusqu'à l'interdiction sur décision du préfet		X			
		relevé des compteurs à fréquence mensuelle bilan mensuel des mesures mises en place et des économies d'eau réalisées en application des mesures de réduction de la consommation d'eau.	relevé des compteurs à fréquence bimensuelle	relevé des compteurs à fréquence bimensuelle	relevé des compteurs à fréquence bimensuelle					
22	Reconnaitssances opérationnelles, manœuvres et exercices (SDS)	autorisé	Autorisé avec utilisation modérée de l'eau		autorisé sans utilisation d'eau				X	
23	Contrôle techniques périodiques, purge, test poteau (Service public de Défense Extérieure Contre les Incendies des communes ou EPIC)	autorisé	Interdit sauf nécessité de service		Interdit	La nécessité de service doit être validée par le préfet sur demande du maire ou du président de l'EPIC si transféré			X	
24	Remplissage des baches au titre de la Défense Extérieure Contre les Incendies	autorisé	autorisé		autorisé				X	
25	autres usages non cités	réduction volontaire des consommations			interdit		X	X	X	X

2. Mise en œuvre de l'arrêté sécheresse

- Anticiper pour économiser la ressource en eau

3. Économiser la ressource en eau :

- Éviter d'arroser (dès que possible)
- Optimiser les arrosages (s'ils sont indispensables)

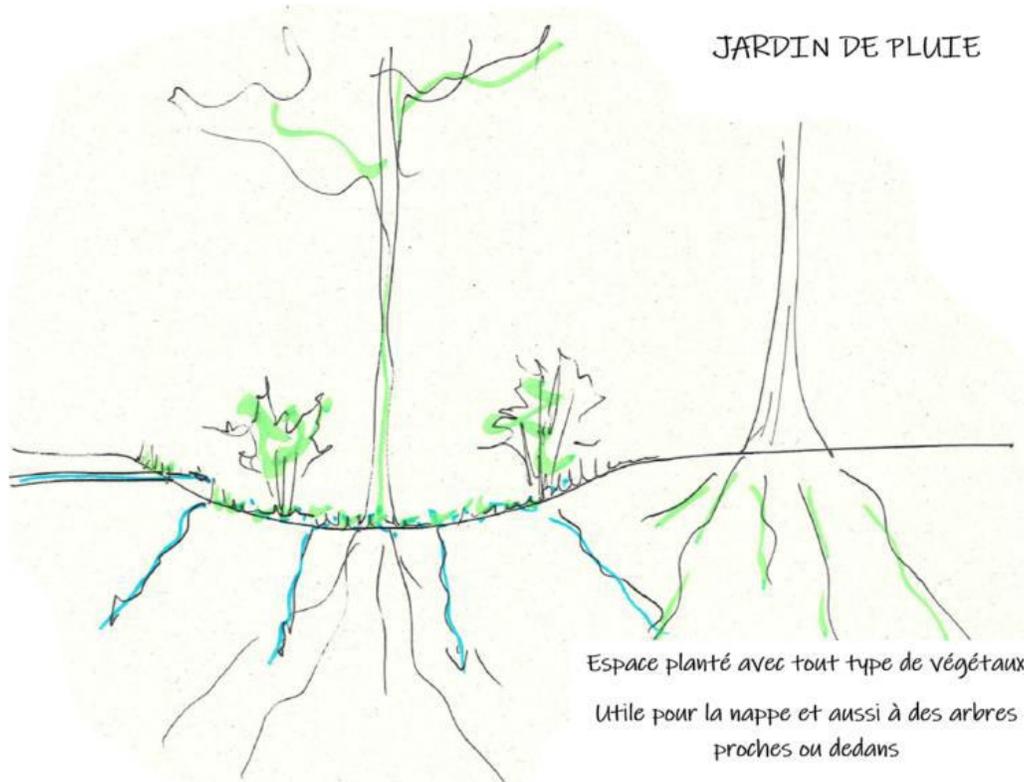
➤ **Éviter d'arroser, des principes de conception**

- Rôle de la MO dès le stade programme jusqu'à réception
- Importance des fondamentaux : planter petit et à la bonne date, choix d'essences adaptées au climat actuel
 - => planter la bonne essence, au bon endroit, au bon moment
- Travail en amont avec les Moe : gestion intégrée de l'eau à la parcelle, désimperméabilisation des sols, choix de végétaux adaptés, paillage systématique...

Changement climatique et sécheresse : la gestion des espaces verts face aux périodes de sécheresse

❖ **Une conception adaptée des aménagements d'accompagnement de voiries**

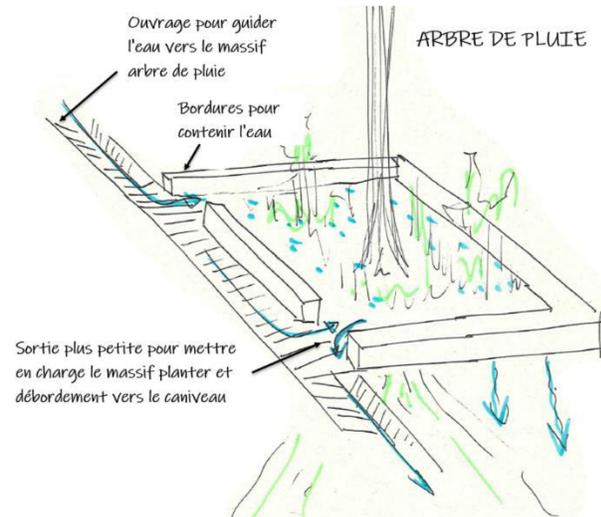
=> Désimperméabiliser : noues de récupération d'eau...



Changement climatique et sécheresse : la gestion des espaces verts face aux périodes de sécheresse

❖ Une conception adaptée des aménagements d'accompagnement de voiries

=> Désimperméabiliser : bordures de voiries noyées ou entrecoupées, caniveaux de récupération d'eau...



Changement climatique et sécheresse : la gestion des espaces verts face aux périodes de sécheresse

❖ **Une conception des aménagements d'accompagnement de voiries adaptée**

=> Désimperméabiliser : matériaux poreux, pavés à joints secs, dalles à joints gazonnés...



➤ **Éviter d'arroser, un travail de réflexion pour l'avenir**

- Modification de notre palette végétale en prévision du changement climatique et ses conséquences
- Charte de l'arbre établie en 2021, signée début 2022
- Annexe à la charte de l'arbre : listing de végétaux « adaptés » au changement climatique

Changement climatique et sécheresse : la gestion des espaces verts face aux périodes de sécheresse



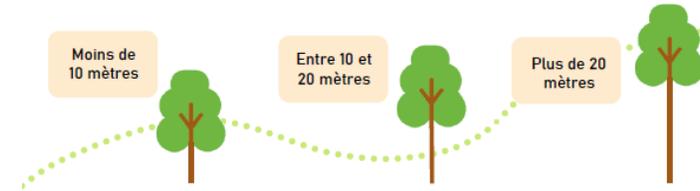
Changement climatique et sécheresse : la gestion des espaces verts face aux périodes de sécheresse

1 Les essences à préconiser

Moins de 10 mètres

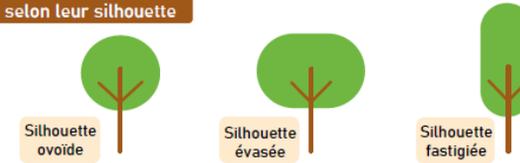
Nom scientifique	Nom commun	Caractéristiques	Observations
<i>Acer griseum</i>	Erable à écorce de papier		
<i>Acer monspessulanum</i>	Erable de Montpellier		
<i>Acer sempervirens</i>	Erable de Crète		Non testée sur Rennes, gelif
<i>Acer tataricum</i>	Erable de Tatarie		
<i>Acer truncatum</i>	Erable peint		
<i>Acer x zoeschense 'Annae'</i>	Erable hybride		Drageonnant
<i>Albizia julibrissin</i>	Acacia de Constantinople		
<i>Broussonetia kazinoki</i>	Mûrier Kozo		
<i>Carpinus turczaninowii</i>	Charme de Turczaninowii		
<i>Cercis siliquastrum</i>	Arbre de Judée		
<i>Chionanthus retusus</i>	Arbre aux franges de Chine		
<i>Cinnamomum camphora</i>	Camphrier		
<i>Fraxinus cuspidata</i>	Frêne odorant		
<i>Fraxinus ornus</i>	Frêne à fleurs		
<i>Ilex x koehneana 'Chestnut Leaf'</i>	Houx à feuilles de châtaignier		
<i>Juglans microcarpa</i>	Noyer du Texas		
<i>Juniperus phoenicea</i>	Genévrier de Phénicie		
<i>Koelreuteria bipinnata</i>	Savonnier bipenné		
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Savonnier		
<i>Lagerstromia indica</i>	Lilas des Indes/ d'été		
<i>Ligustrum lucidum</i>	Troène de Chine		
<i>Malus domestica</i>	Pommier domestique		

Des essences classées par ordre de grandeur



Des essences identifiées...

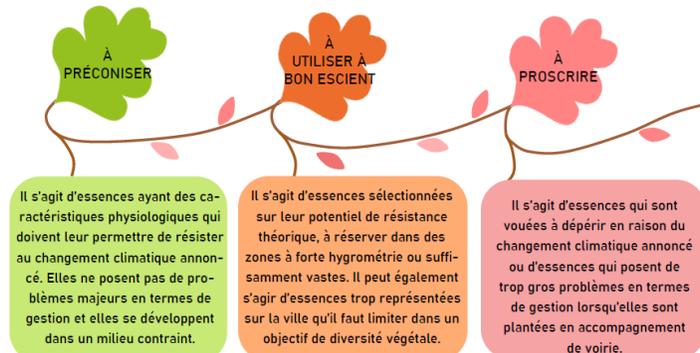
... selon leur silhouette



... selon leur compatibilité avec le type de surface

- Développement possible sur des surfaces minéralisées
- Développement possible sur des surfaces végétalisées

➔ Une typologie en trois niveaux :



➤ **Optimiser les arrosages**

- Pépinière de la Ferme des Bois :
 - Récupération / utilisation des eaux de pluie (toits des tunnels) => cuve de 100 m³
 - 2 puits en complément
 - Gestion des stocks au plus juste => très peu d'arrosage dans les tunnels en été



➤ **Optimiser les arrosages**

- Pépinière de la Ferme des Bois :
 - Jauge extérieure : mise en place de tuyau poreux, paillage, goutte à goutte



➤ **Optimiser les arrosages**

- Serres de Champeaux :
 - Récupération / utilisation des eaux de pluie (toitures, sols)
=> bassin de 800 m³
 - Puit artésien en complément



➤ **Optimiser les arrosages**

- Serres de Champeaux :
 - Système d'arrosage automatique pointu
 - Réflexion sur la qualité technique des substrats



➤ **Optimiser les arrosages**

- Pelouses des stades (24) et de quelques parcs patrimoniaux (Thabor, Saint-Georges) :
 - Ressources : puits artésiens ou réseau
 - Système d'arrosage intégré avec station météo
 - Étude en cours pour une centralisation de l'arrosage



➤ **Optimiser les arrosages**

- Massifs floraux estivaux
 - Paillage systématique
 - Arrosage intégré
 - Diminution du nombre de jardinières et bacs au profit de massifs de pleine terre
 - Réduction de la part de fleurissement annuel



➤ **Optimiser les arrosages**

- Jeunes plantations de l'année (arbustes, vivaces)
 - Paillage systématique
 - Réflexion sur la palette végétale utilisée



➤ **Optimiser les arrosages**

- Arbres durant la période de confortement (3 ans), voire plus si plantés en bacs ou sur dalles :
 - Paillage et cuvettes systématiques
 - Arrosage intégré ou à la tonne (débitmètres)
 - Sondes tensiométriques (20)

circonférence du tronc à 1 mètre du sol	coeff.	diam motte cm	surface en m2	avril- 15 mai-septembre arrosage hebdomadaire hauteur 5cm	15 mai-juin arrosage hebdomadaire hauteur 10cm	juillet - août arrosage hebdomadaire hauteur 15cm en 2 fois	fortes chaleurs si plus de 25° sur plus de 3 jours.
16 / 18	2,9	50	0,20	10 litres / semaine	20 litres / semaine	29 litres / semaine	44 litres / semaine
18 / 20	3,2	60	0,28	14 litres / semaine	28 litres / semaine	42 litres / semaine	64 litres / semaine
20 / 25	3,1	70	0,38	19 litres / semaine	38 litres / semaine	58 litres / semaine	87 litres / semaine
25 / 30	2,9	80	0,50	25 litres / semaine	50 litres / semaine	75 litres / semaine	113 litres / semaine
30 / 35	2,8	90	0,64	32 litres / semaine	64 litres / semaine	95 litres / semaine	143 litres / semaine
35 / 40	2,7	100	0,79	39 litres / semaine	79 litres / semaine	118 litres / semaine	177 litres / semaine
35 / 40	2,9	110	0,95	47 litres / semaine	95 litres / semaine	142 litres / semaine	214 litres / semaine
40 / 45	2,8	120	1,13	57 litres / semaine	113 litres / semaine	170 litres / semaine	254 litres / semaine
45 / 50	2,7	130	1,33	66 litres / semaine	133 litres / semaine	199 litres / semaine	298 litres / semaine
50 / 55	2,7	140	1,54	77 litres / semaine	154 litres / semaine	231 litres / semaine	346 litres / semaine
55 / 60	2,6	150	1,77	88 litres / semaine	177 litres / semaine	265 litres / semaine	397 litres / semaine
60 / 70	2,5	160	2,01	100 litres / semaine	201 litres / semaine	301 litres / semaine	452 litres / semaine
70 / 80	2,3	170	2,27	113 litres / semaine	227 litres / semaine	340 litres / semaine	510 litres / semaine
75 / 80	2,3	180	2,54	127 litres / semaine	254 litres / semaine	382 litres / semaine	572 litres / semaine
80 / 90	2,2	190	2,83	142 litres / semaine	283 litres / semaine	425 litres / semaine	638 litres / semaine
90 / 95	2,2	200	3,14	157 litres / semaine	314 litres / semaine	471 litres / semaine	707 litres / semaine
95 / 100	2,2	210	3,46	173 litres / semaine	346 litres / semaine	519 litres / semaine	779 litres / semaine

❖ **Sondes tensiométriques - objectifs**

- ✓ Assurer la bonne reprise des arbres plantés et leur pérennité
- ✓ Économies d'eau et de temps

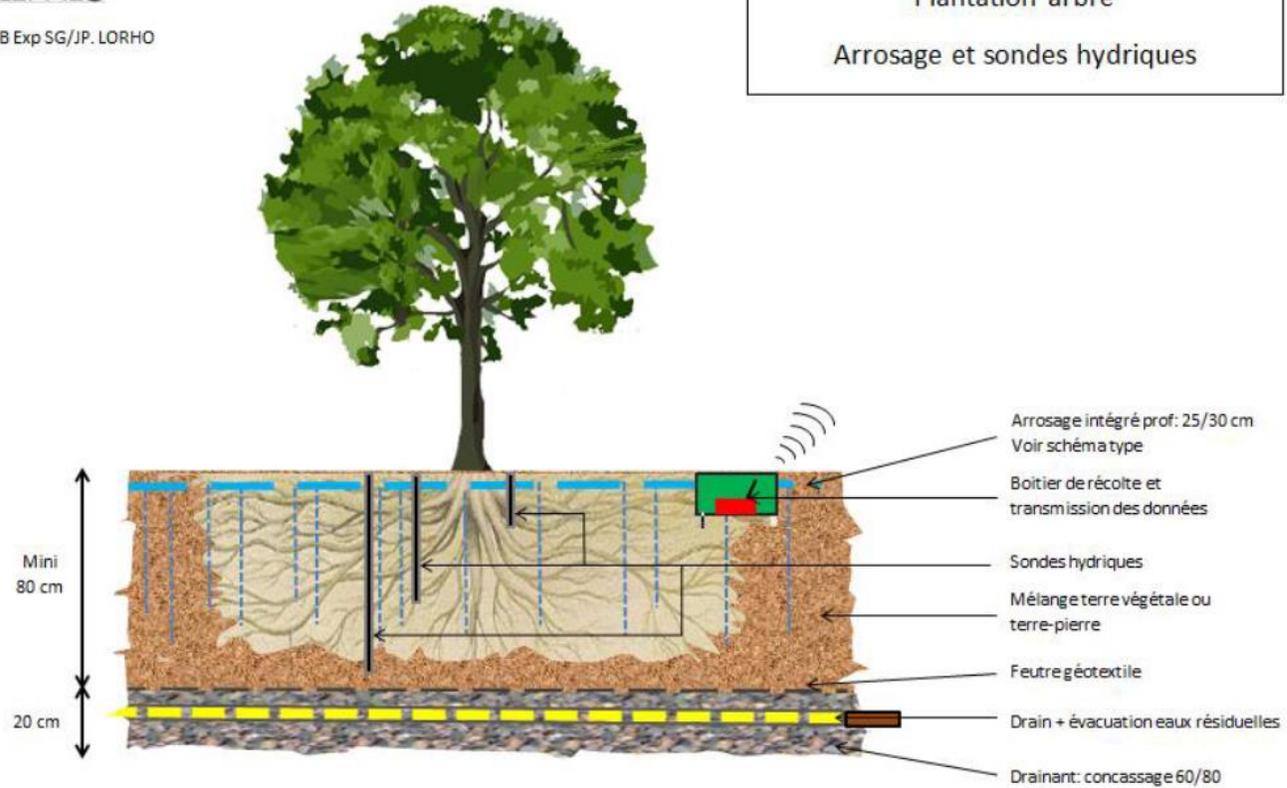
- ✓ Suivi de la réserve hydrique disponible pour l'arbre
- ✓ Déclencher l'arrosage au bon moment
- ✓ Apporter la quantité d'eau strictement nécessaire
- ✓ => la bonne quantité d'eau, au bon moment, au bon endroit

❖ **Sondes tensiométriques – mise en place**

- ✓ Installation de 3 sondes + 1 boîtier de transmission



Schéma de principe
Plantation arbre
Arrosage et sondes hydriques



Changement climatique et sécheresse : la gestion des espaces verts face aux périodes de sécheresse

❖ Sondes tensiométriques – suivi

✓ Unité arbres => marché avec un prestataire

RENNES - MÉTRO B ST GERMAIN

BULLETIN D'ARROSAGE AGRONOMIQUE DU 14/06/2022

STATUT **OK**

Destinataires du bulletin :

LORHO Jean Pierre (jp.lorho@ville-rennes.fr)

HOSSARD J (j.hossard@ville-rennes.fr)

DJB Rennes Eq 05 (djb-eq05@ville-rennes.fr)

LEPROVOST Miguel (m.leprovost@ville-rennes.fr)

Légende :

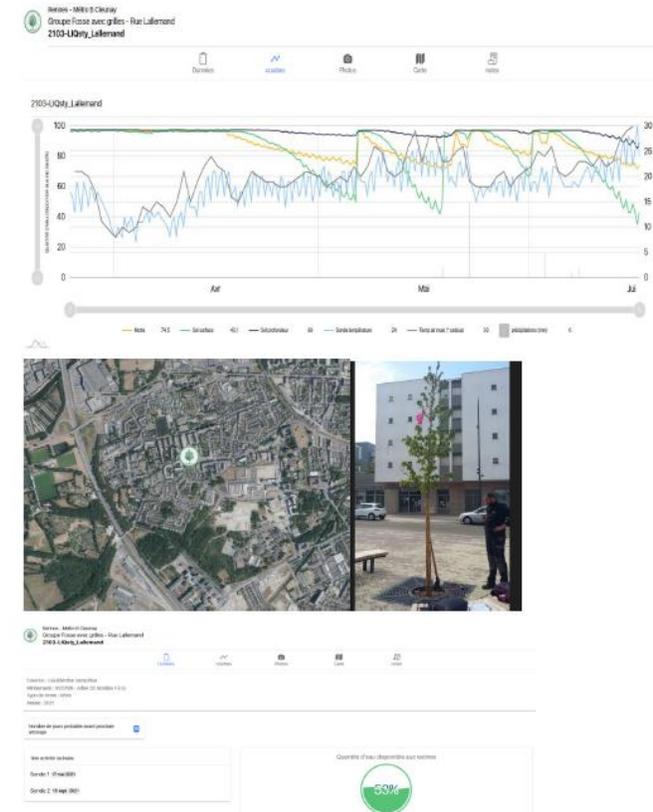
Le statut de chaque groupe est indiqué par une couleur :



GRUPE EN ARROSAGE MANUEL

GRUPE	DIAGNOSTIC	PRÉCONISATION	CONSEIL	MATÉRIEL
Chêne	Assèchement léger dans l'ensemble du sol	Ne pas arroser cette semaine.		Le matériel est pleinement fonctionnel.
Prunus - Sur dalle	Assèchement croissant élevé dans la motte et moindre en surface du sol	Arroser cette semaine 100L	Rien à signaler.	Le matériel est pleinement fonctionnel.

Ville de Rennes : DJB JP Lorho : relevé hydrique et préconisations



Changement climatique et sécheresse : la gestion des espaces verts face aux périodes de sécheresse



Merci pour votre attention

L'impact de la sécheresse sur l'eau disponible en amont de la station d'épuration

Ronan ABHERVÉ

Doctorant

Géosciences RENNES, Chaire Eaux & Territoires, Université de rennes 1

Intégration du changement climatique dans la gestion de la ressource en eau : exemple du bassin rennais



Barrage de la Chèze

Présentation 1 : Contexte et évolutions climatique du territoire de la CEBR : impacts sur la ressource

- 1) Localisation du territoire et contexte de la chaire Eaux et Territoires
- 2) Évolution historique des ressources à l'échelle du bassin rennais
- 3) Développement d'une démarche de modélisation hydro(géo)logique

Présentation 2 : L'impact de la sécheresse sur l'eau disponible en amont de la station d'épuration

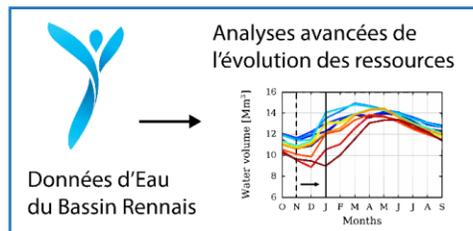
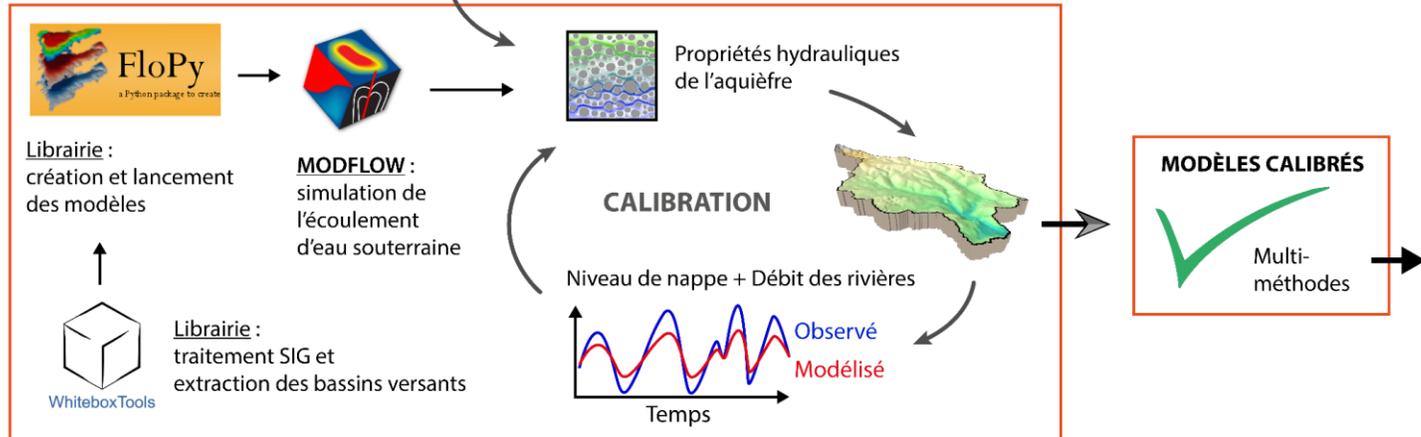
- 4) Exemple de prédictions des débits en amont de stations d'épuration

Conclusion

Analyse rétrospective des données hydroclimatiques



Modélisation hydrogéologique



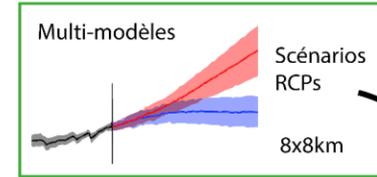
Approvisionnement en eau potable

Conclusion

Analyse rétrospective des données hydroclimatiques

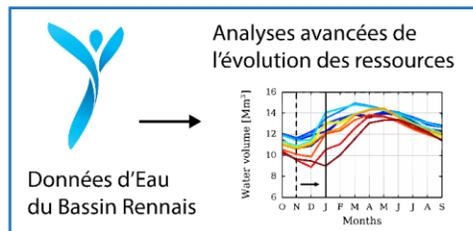
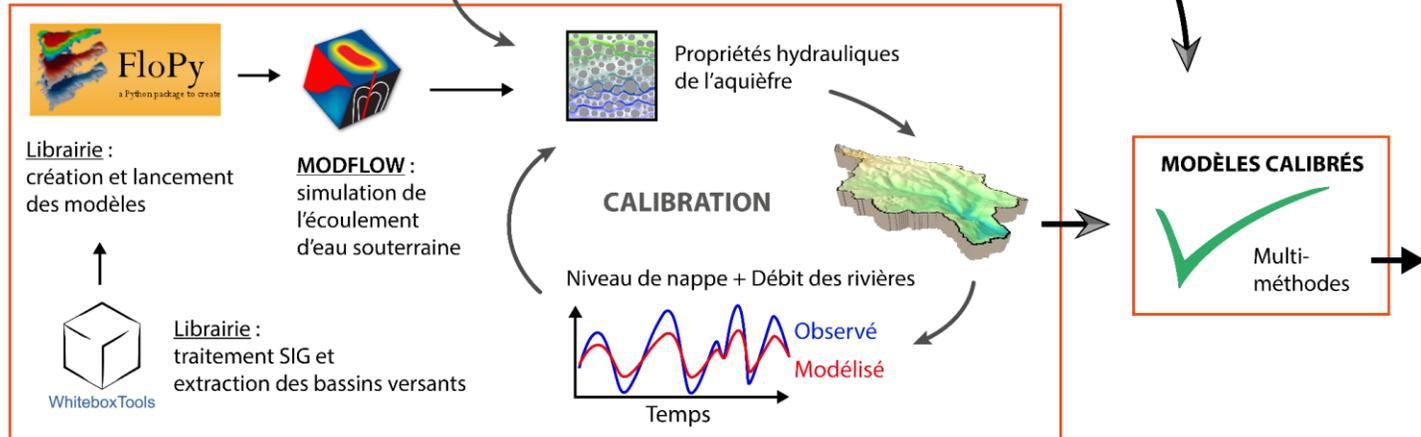


Projections climatiques futures



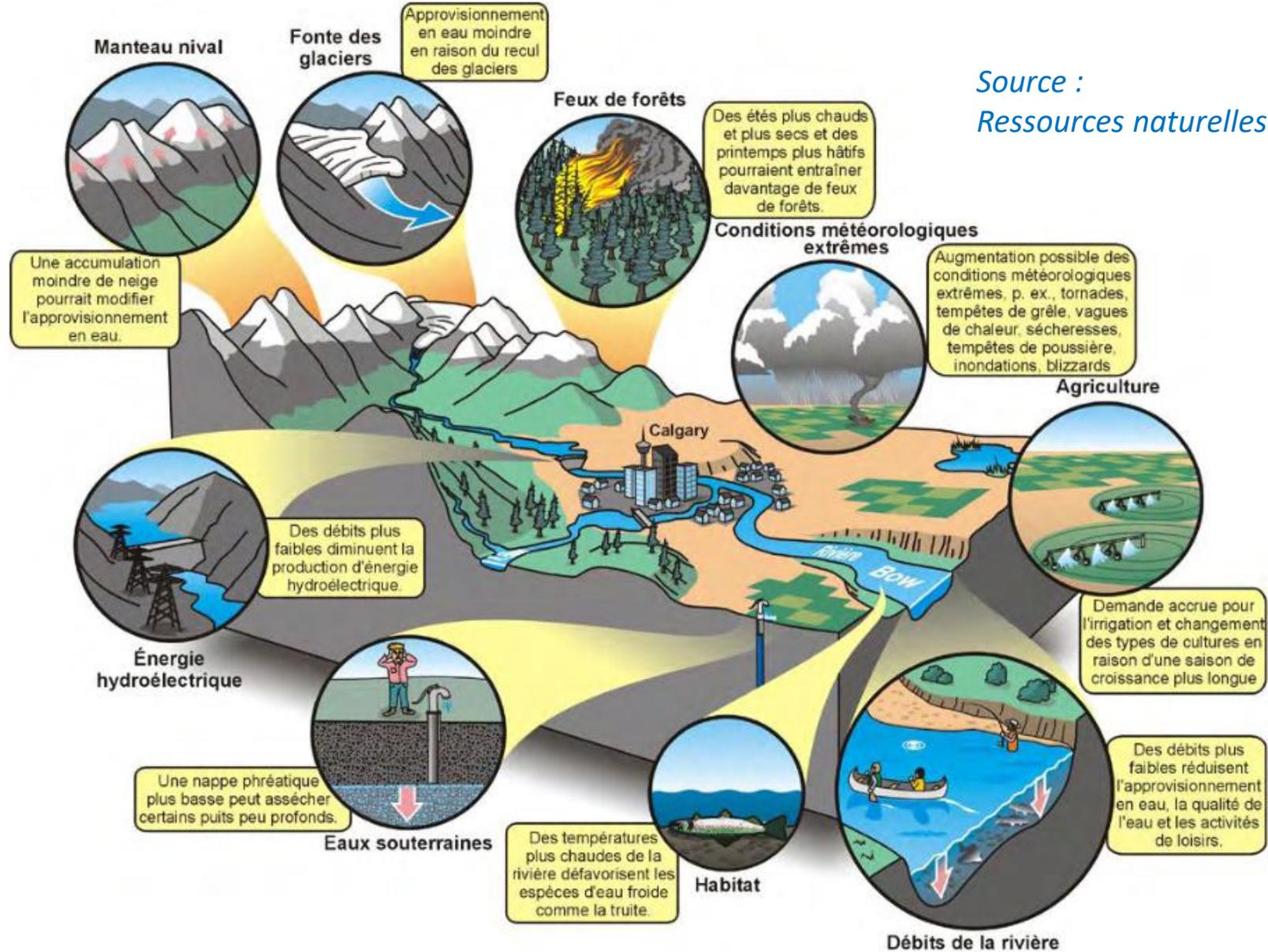
Granularité temporelle :
simulations mensuelles
--> tendances saisonnières

Modélisation hydrogéologique



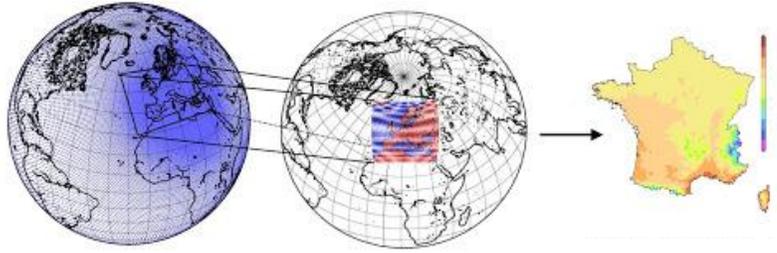
Approvisionnement en eau potable

En quoi le changement climatique perturbe le cycle de l'eau ?



Source :
Ressources naturelles du Canada

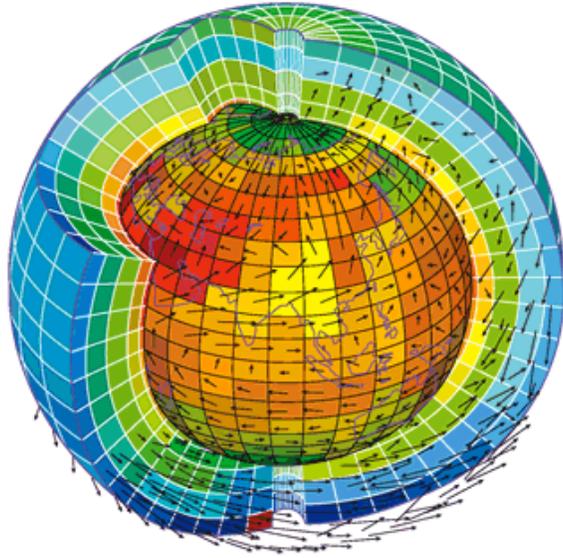
CMIP5 : intercomparaison multi-modèles (*GIEC, 2014*)



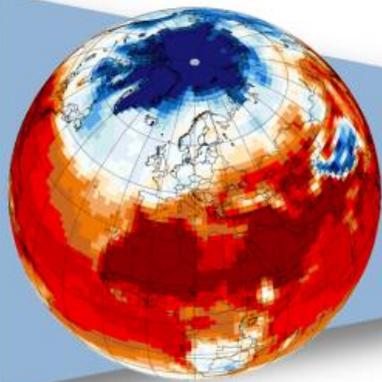
4 scénarios RCPs d'émission de gaz à effet de serre

Comment modéliser le climat futur ?

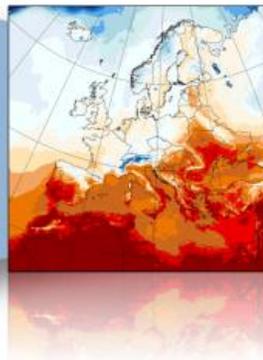
GIEC



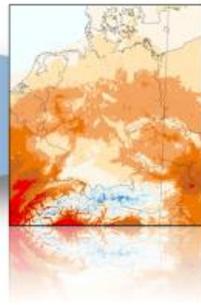
GERICS



Global



Régional

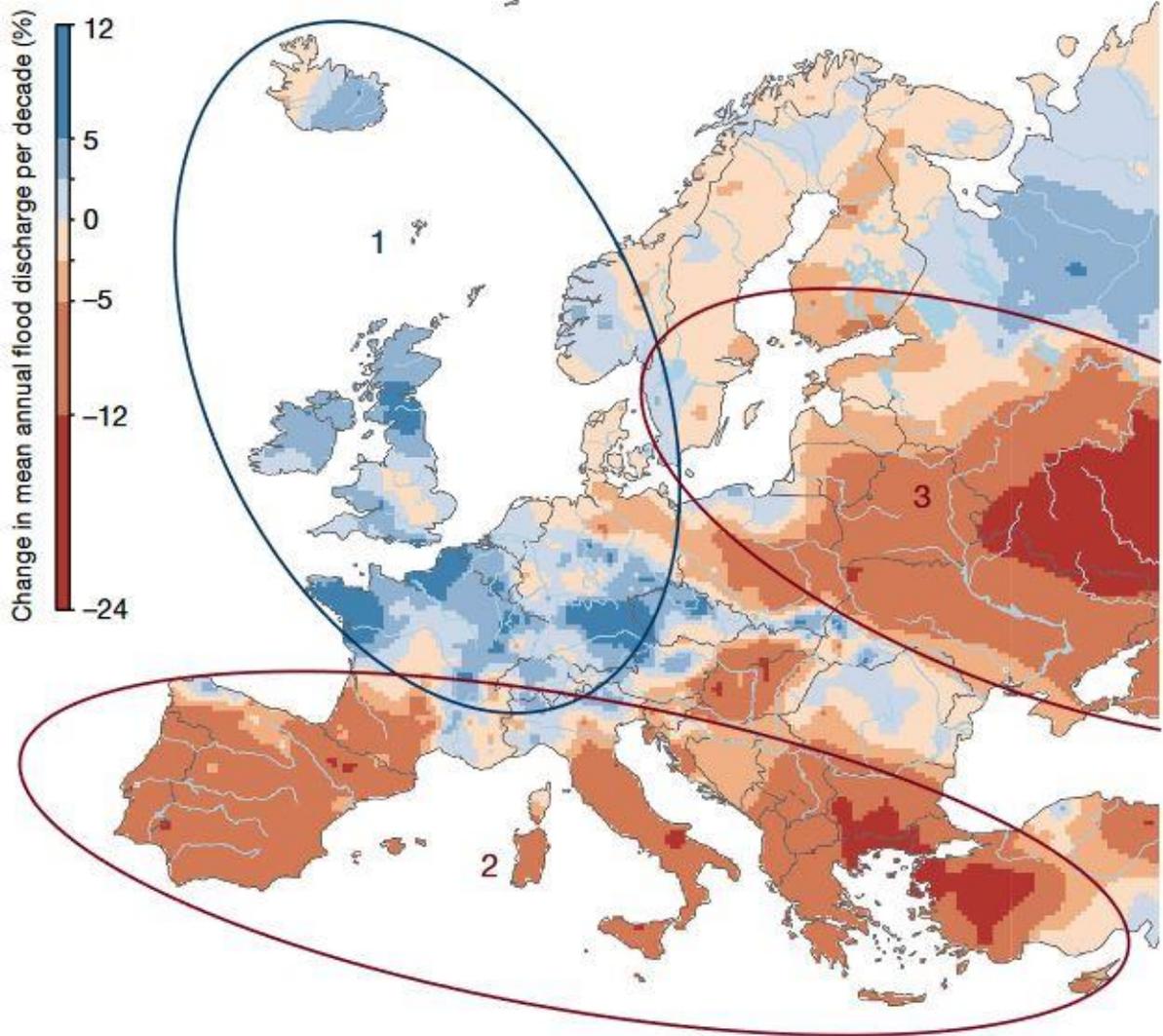


Local

Blöschl et al., 2019

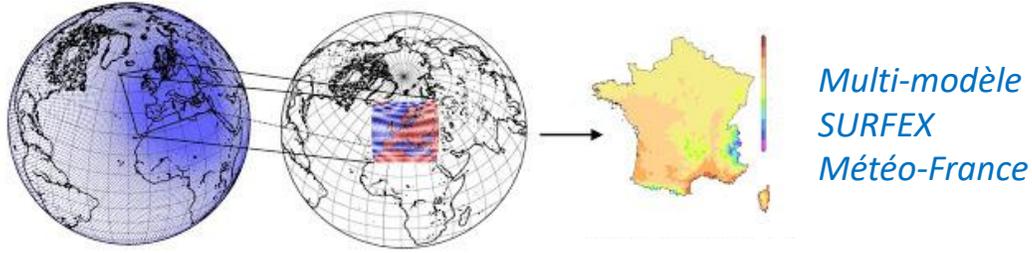
Change in mean annual flood discharge per decade (%)

12
5
0
-5
-12
-24

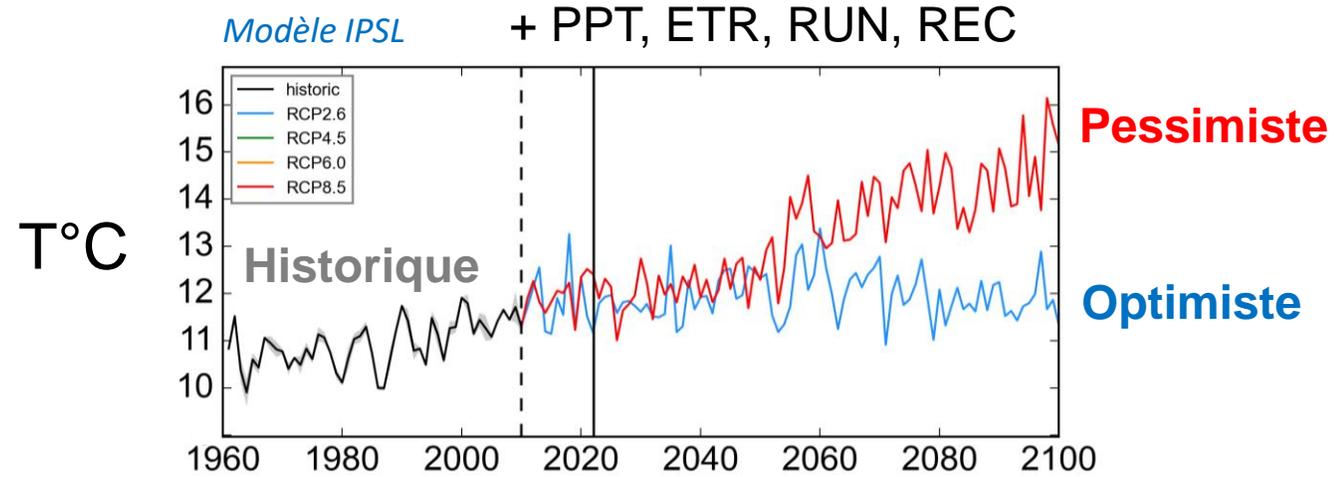


Scénarios et projections climatiques

CMIP5 : intercomparaison multi-modèles (GIEC, 2014)

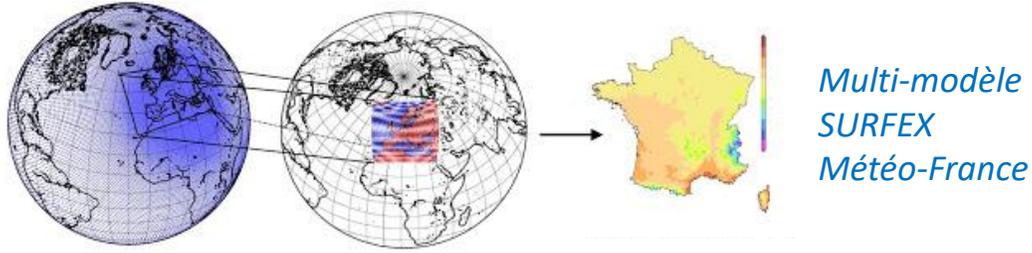


4 scénarios RCPs d'émission de gaz à effet de serre



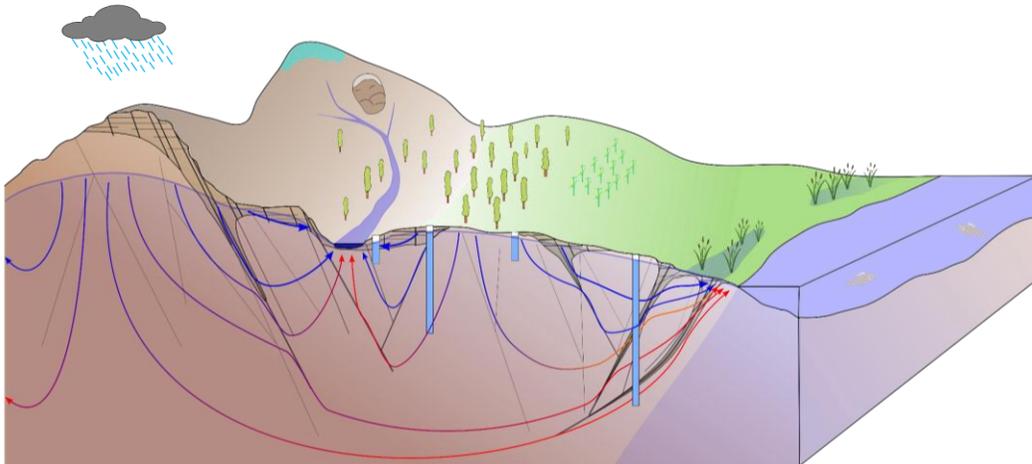
Scénarios et projections climatiques

CMIP5 : intercomparaison multi-modèles (GIEC, 2014)

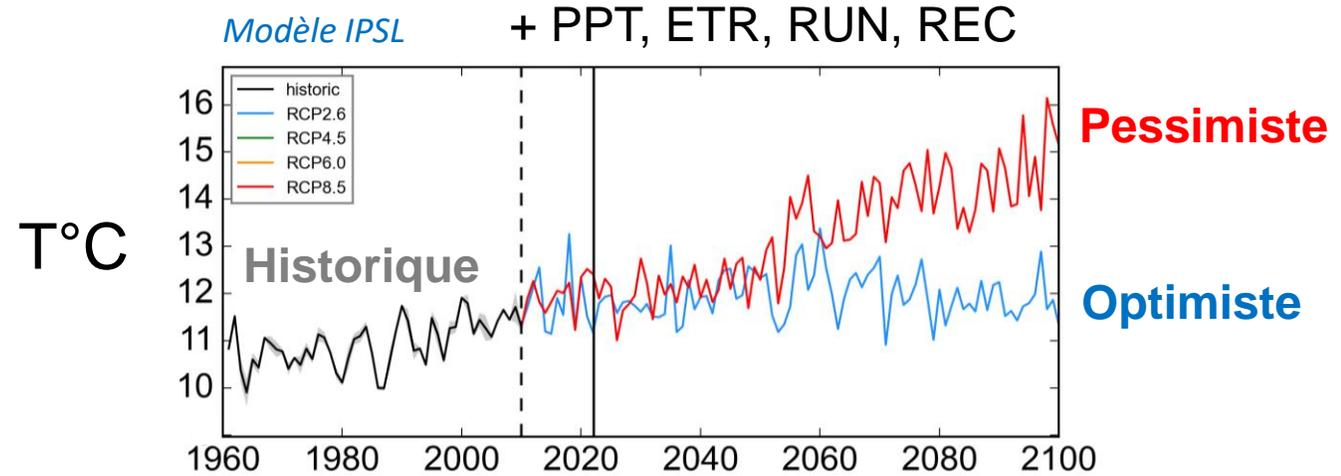


4 scénarios RCPs d'émission de gaz à effet de serre

Recharge historique

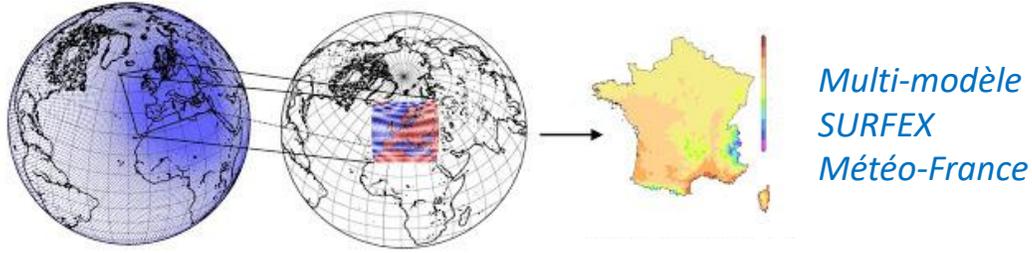


Modèle hydrogéologique du bassin versant calibré

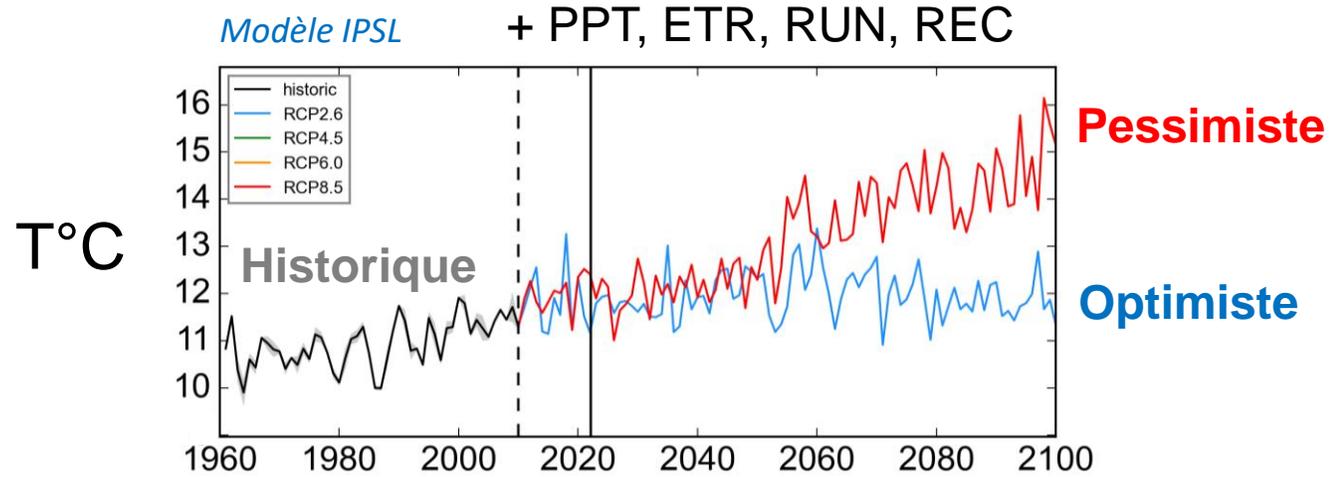


Scénarios et projections climatiques

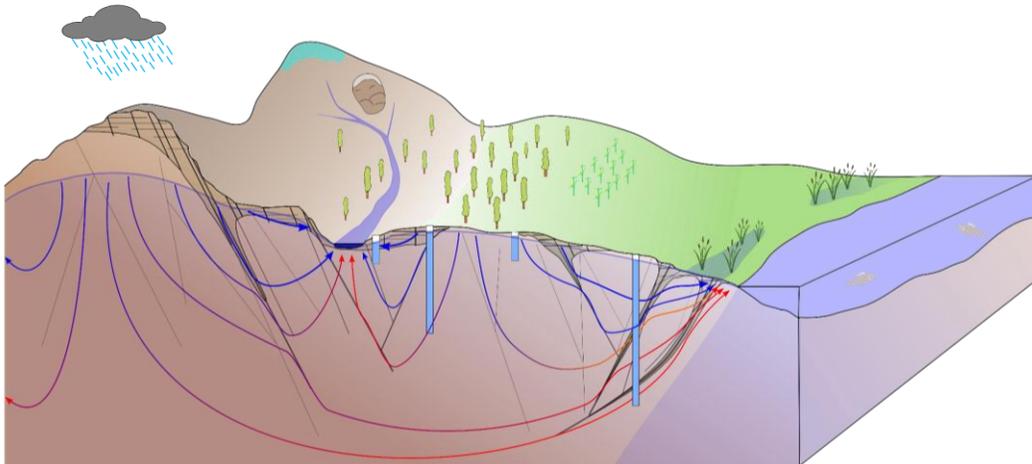
CMIP5 : intercomparaison multi-modèles (GIEC, 2014)



4 scénarios RCPs d'émission de gaz à effet de serre



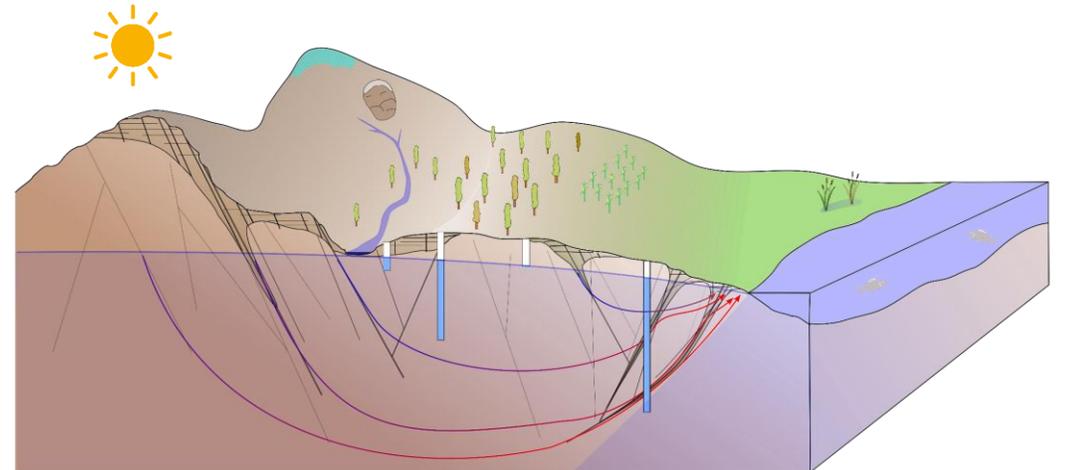
Recharge historique



Modèle hydrogéologique du bassin versant calibré

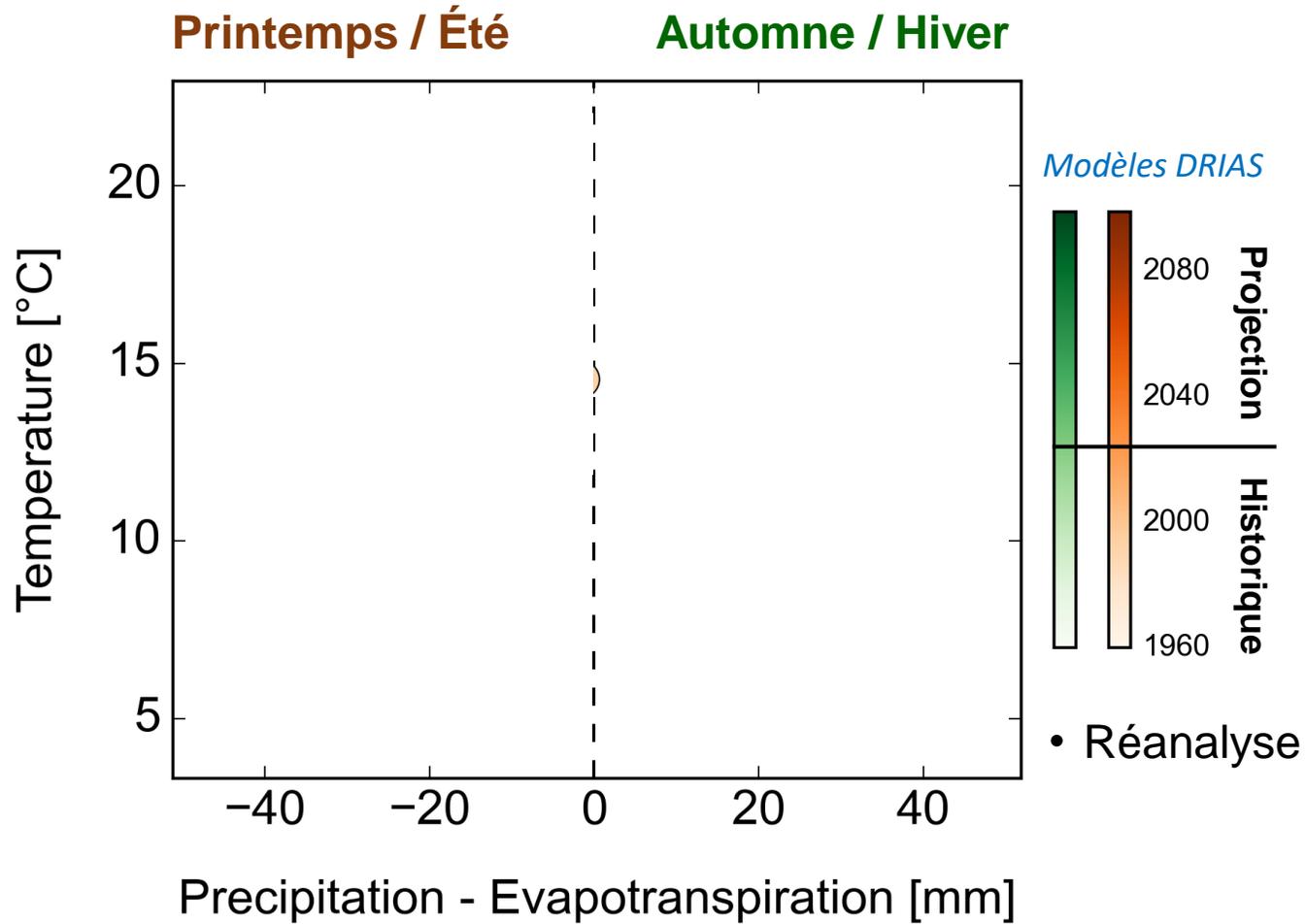


Recharge future **optimiste** et **pessimiste**

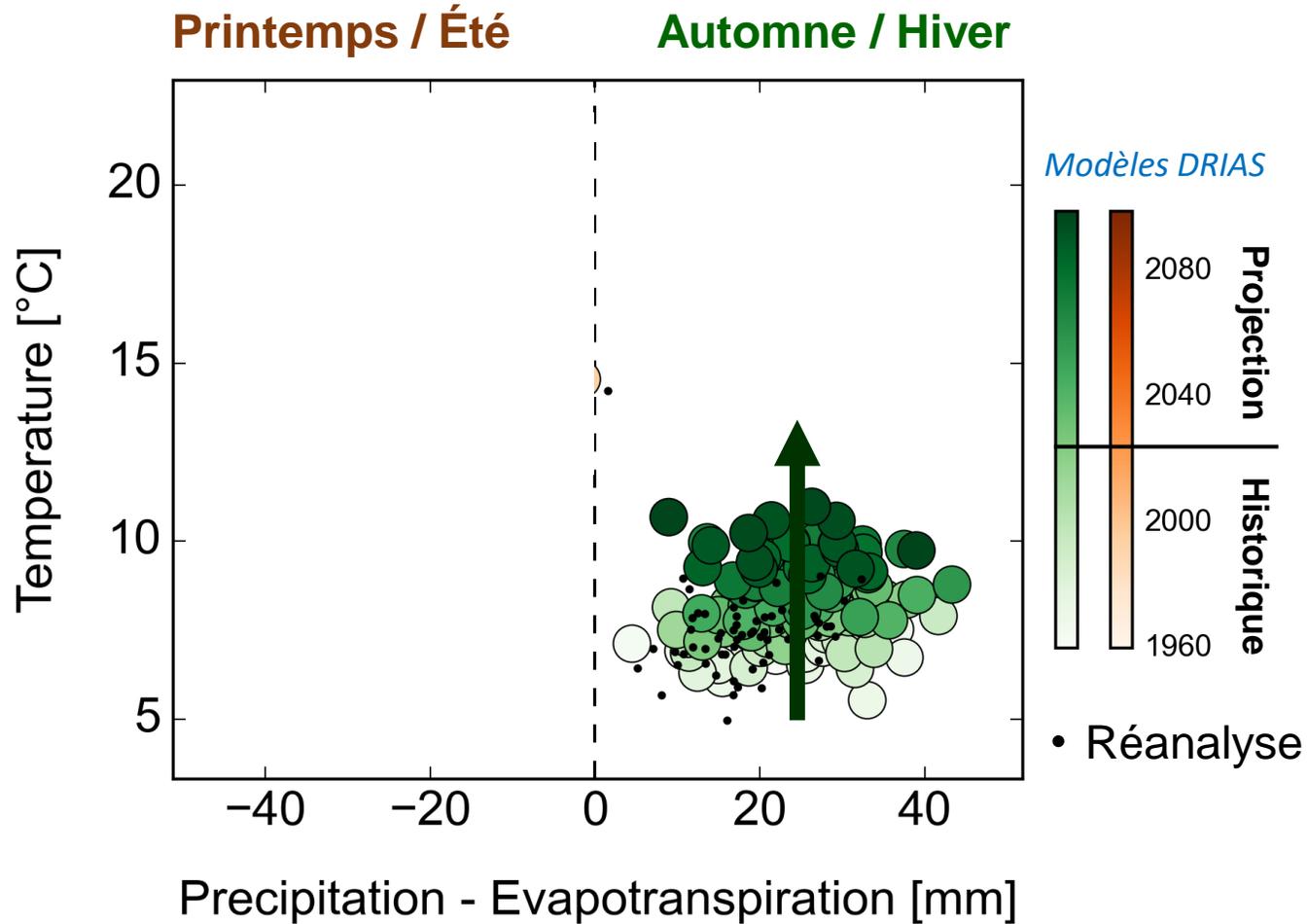


Prédiction de l'évolution des ressources en eau

Analyse des données prospectives : entrées des modèles hydrogéologiques

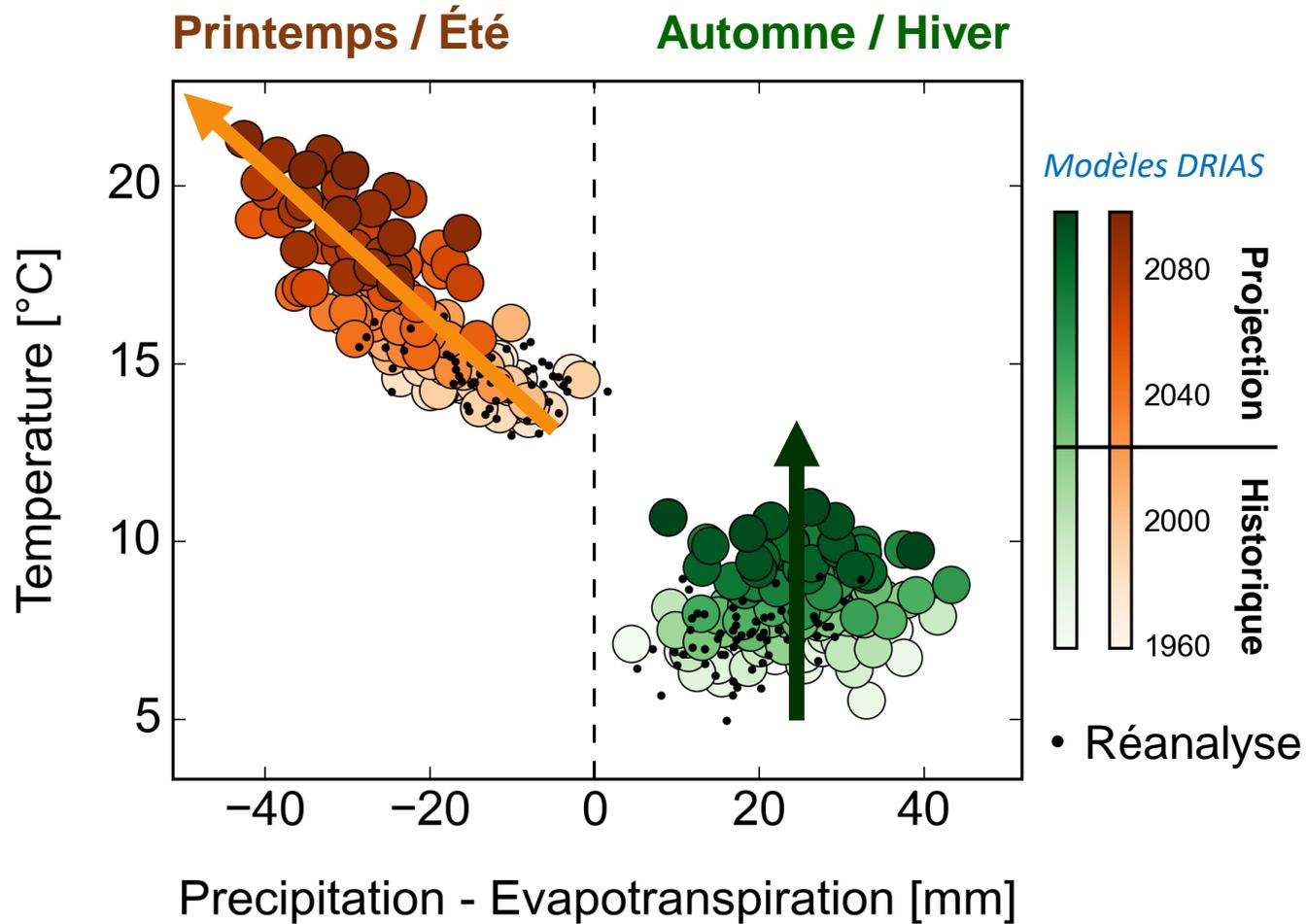


Analyse des données prospectives : entrées des modèles hydrogéologiques



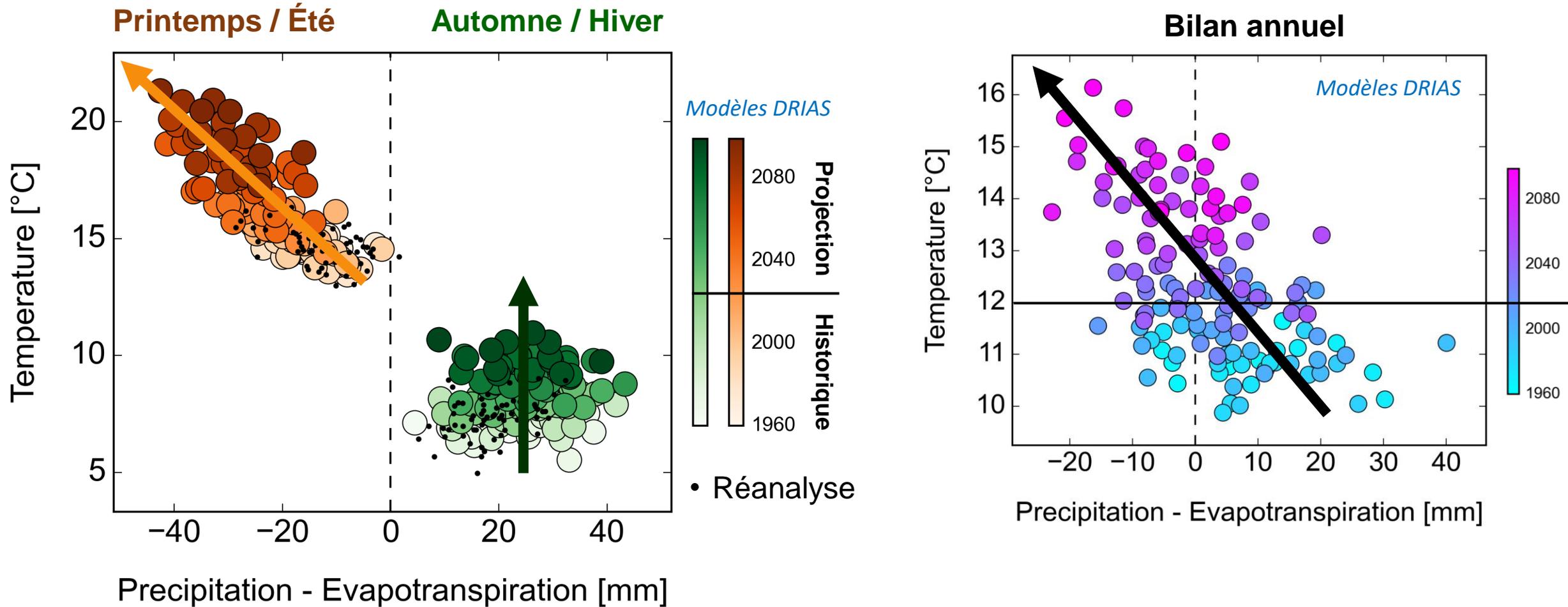
- Bilan constant en hautes eaux

Analyse des données prospectives : entrées des modèles hydrogéologiques



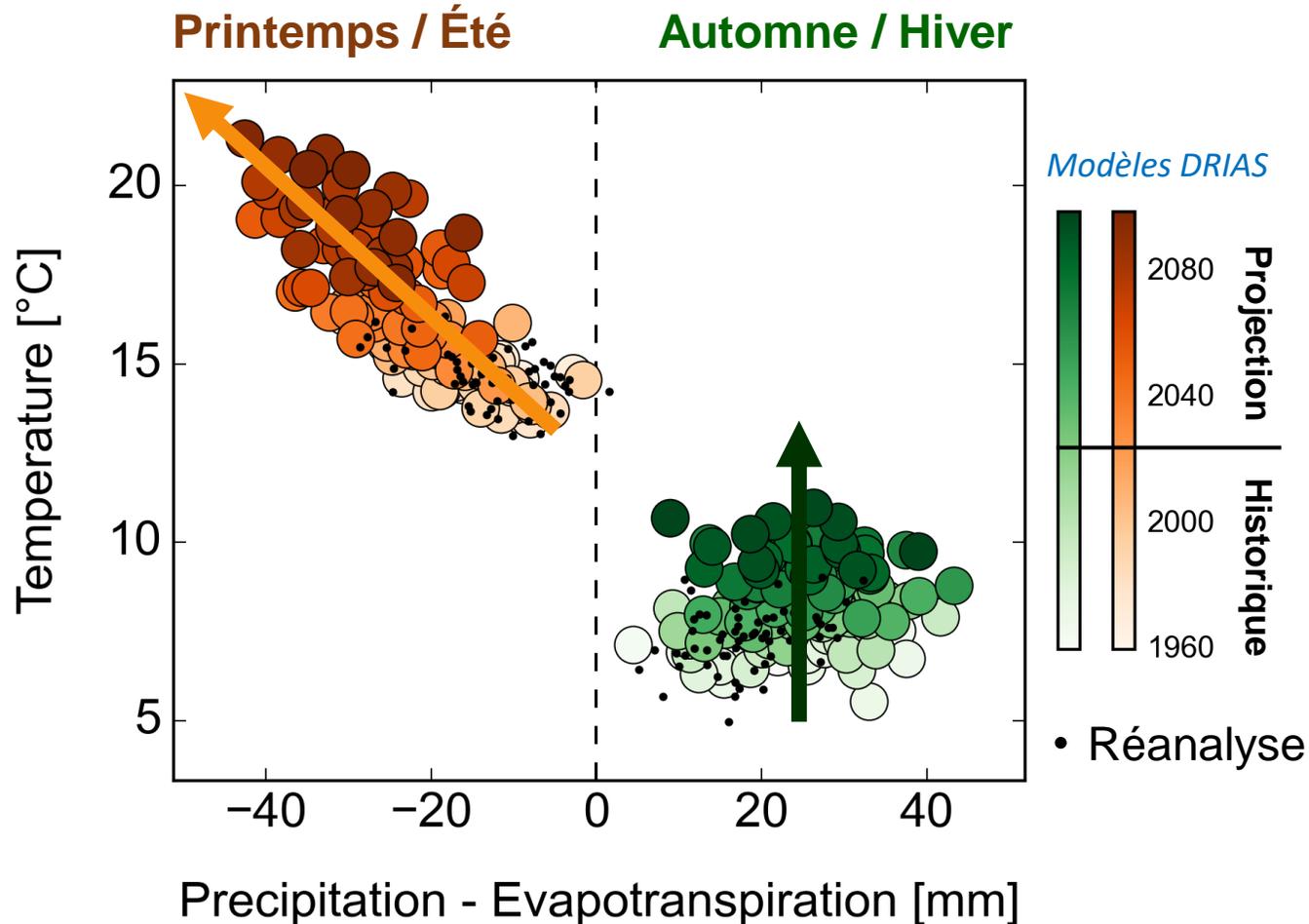
- Bilan constant en hautes eaux
- Bilan de plus en plus négatif en basses eaux

Analyse des données prospectives : entrées des modèles hydrogéologiques

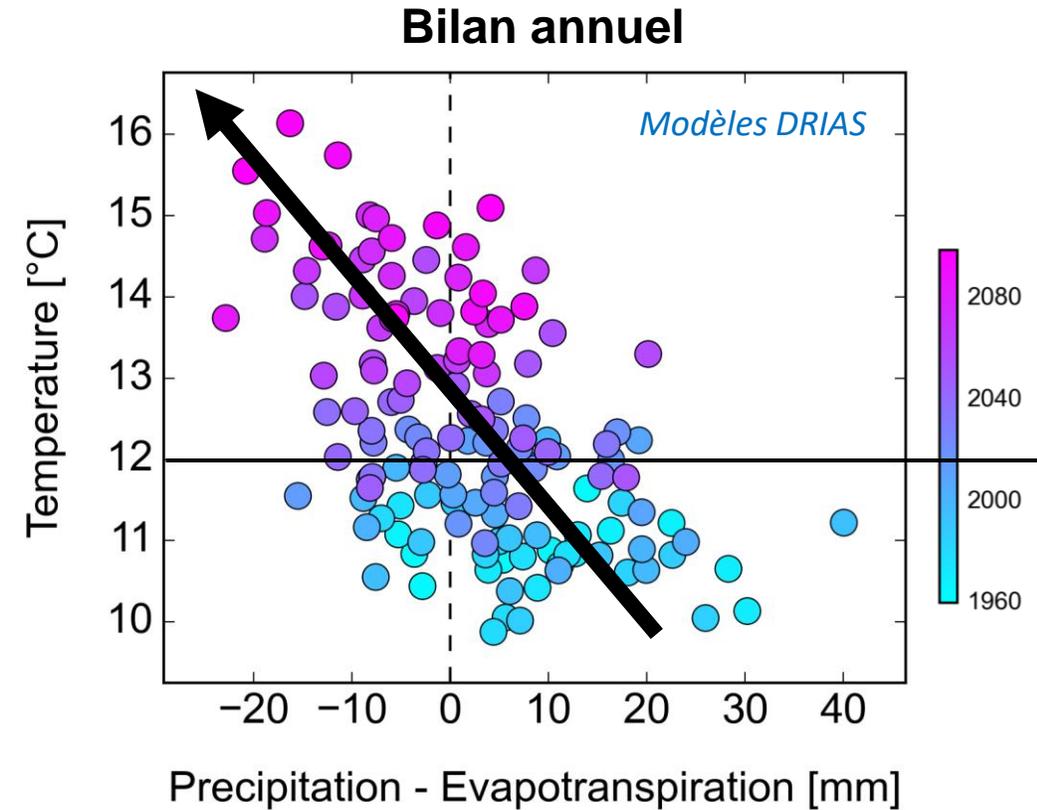


- Bilan constant en hautes eaux
- Bilan de plus en plus négatif en basses eaux

Analyse des données prospectives : entrées des modèles hydrogéologiques



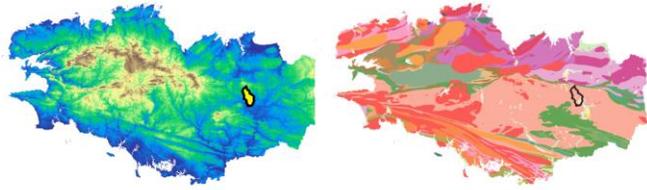
- Bilan constant en hautes eaux
- Bilan de plus en plus négatif en basses eaux



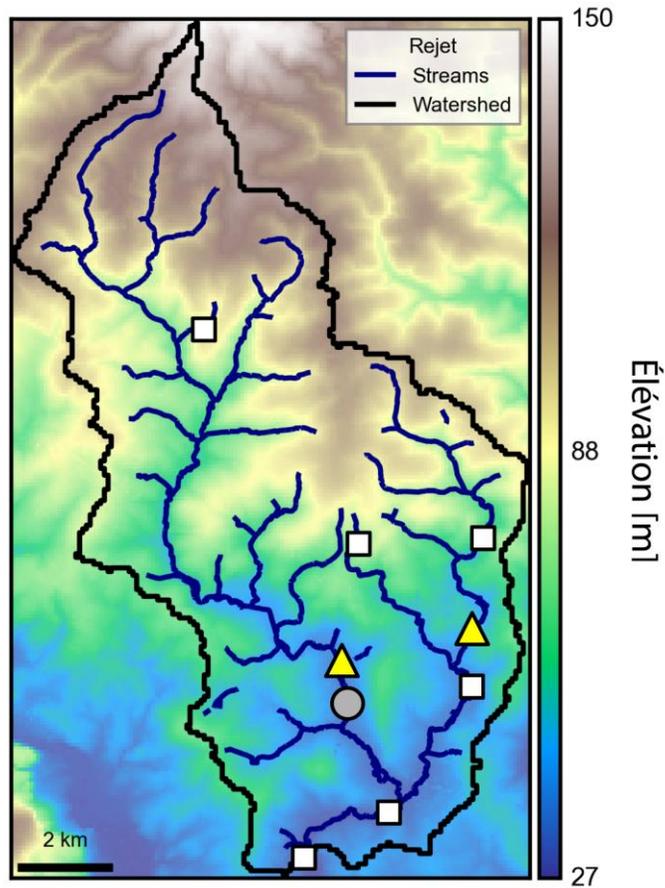
- Bilan annuel systématiquement négatif

Quel impact sur la répartition de la quantité d'eau dans l'espace et le temps ?

Un site d'étude sensible aux étiages en amont des stations de rejets

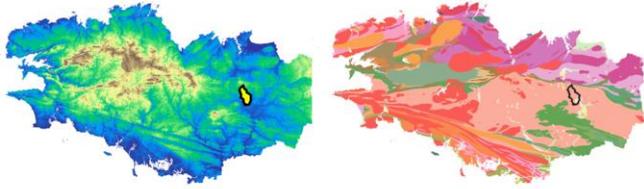


Bassin versant de La Vaunoise (Rennes Métropole et Eau du Bassin Rennais)

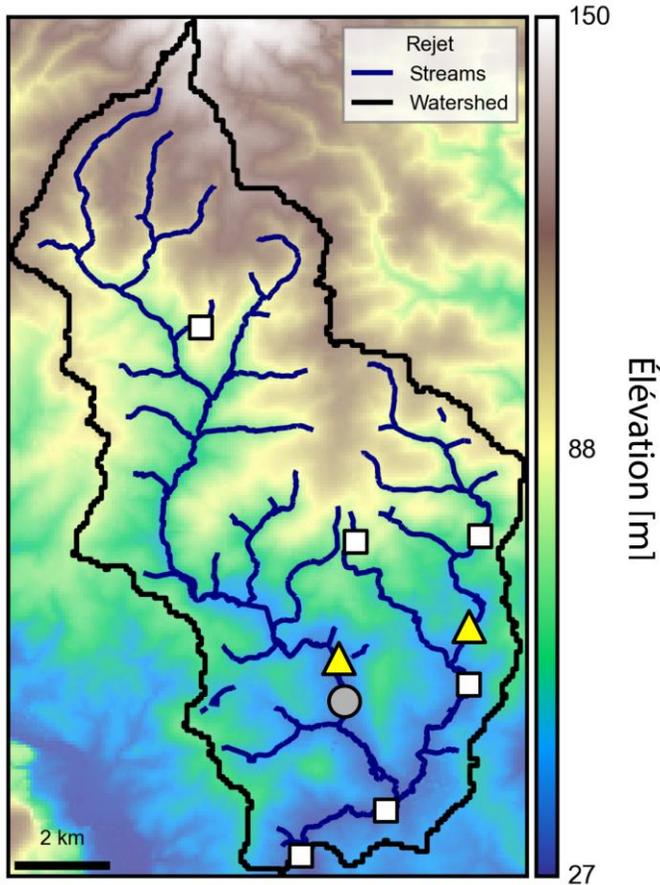


- Station de débit ▲ Station d'écoulement
- Stations de rejets des eaux traitées

Un site d'étude sensible aux étiages en amont des stations de rejets

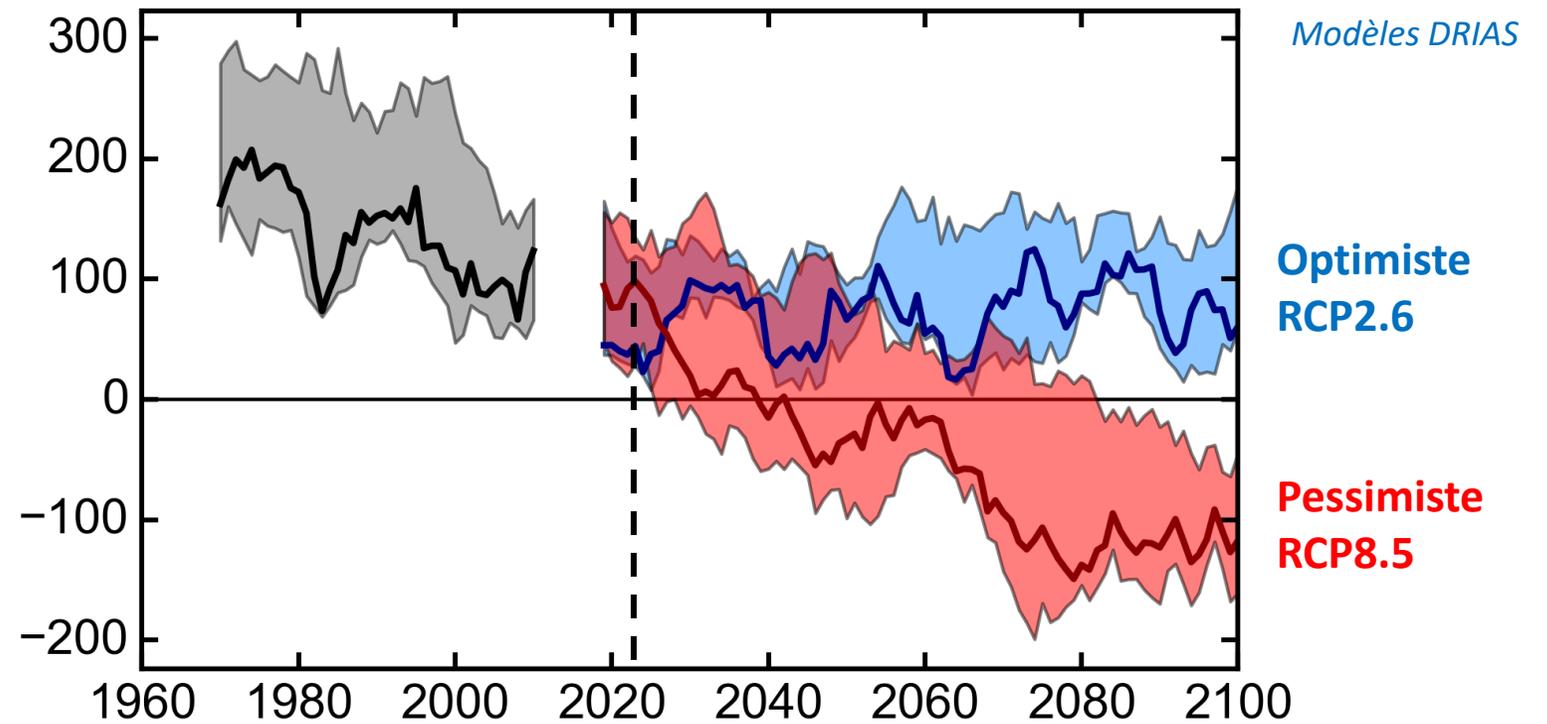


Bassin versant de La Vaunoise (Rennes Métropole et Eau du Bassin Rennais)



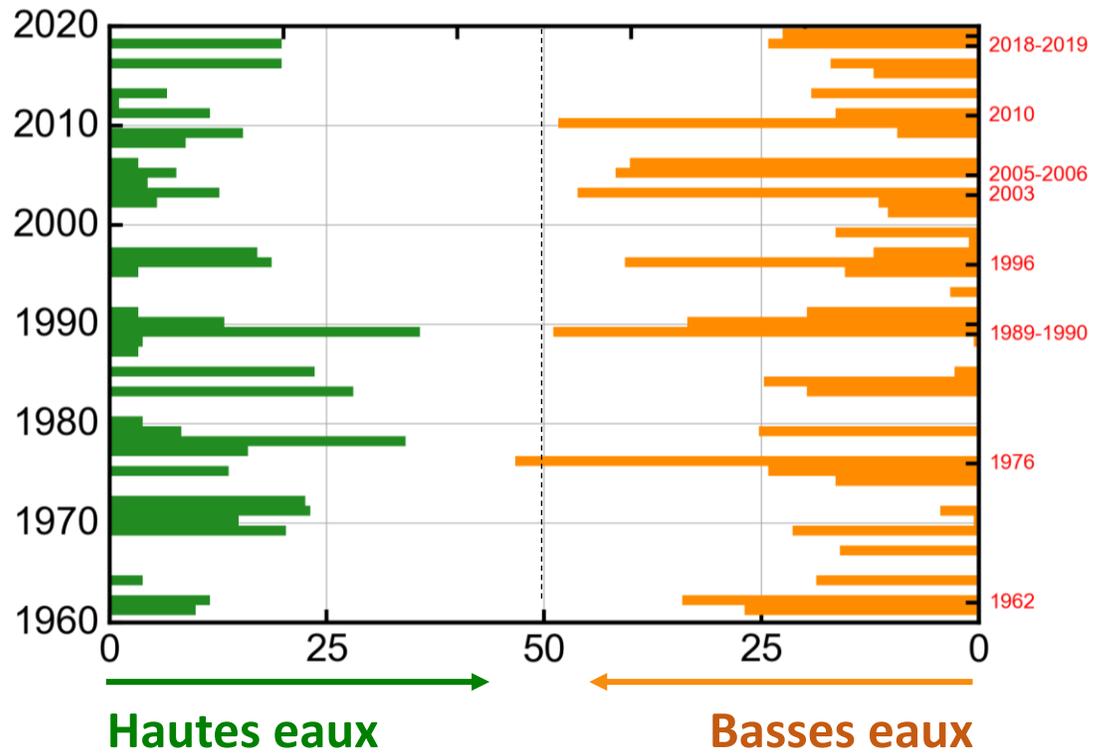
- Station de débit ▲ Station d'écoulement
- Stations de rejets des eaux traitées

Bilan annuel Précipitations – Evapotranspiration [mm]



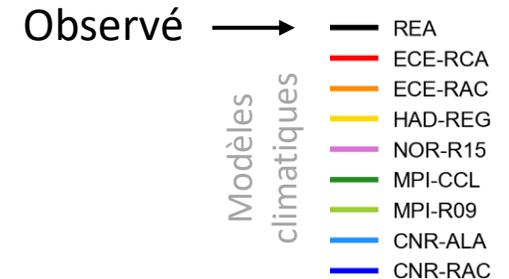
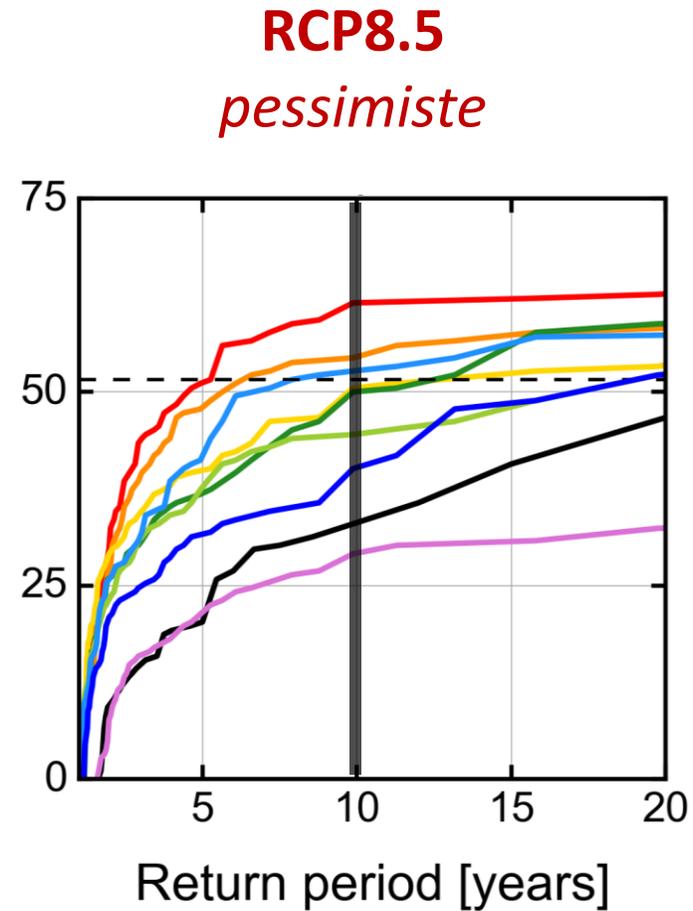
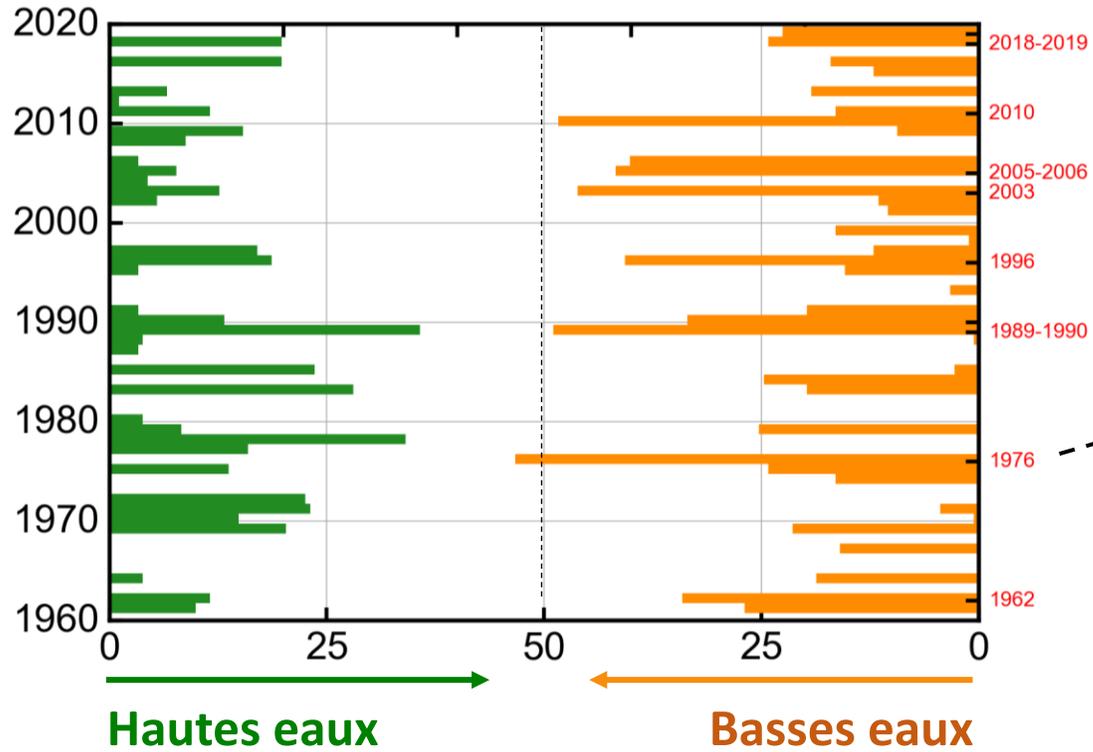
Évolution des sécheresses

Indicateur : proportion du nombre de jours [%] où ==> Recharge < 5^{ème} quantile historique



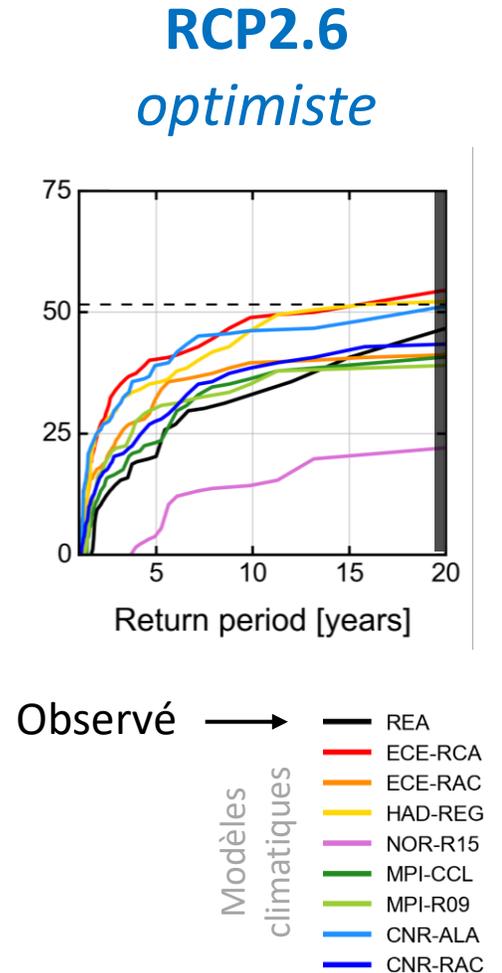
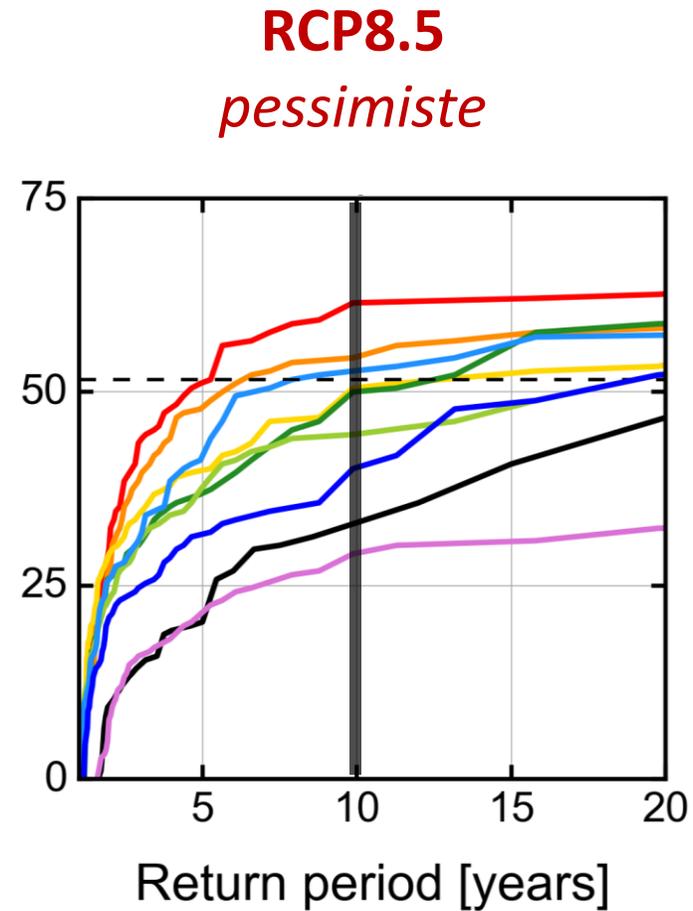
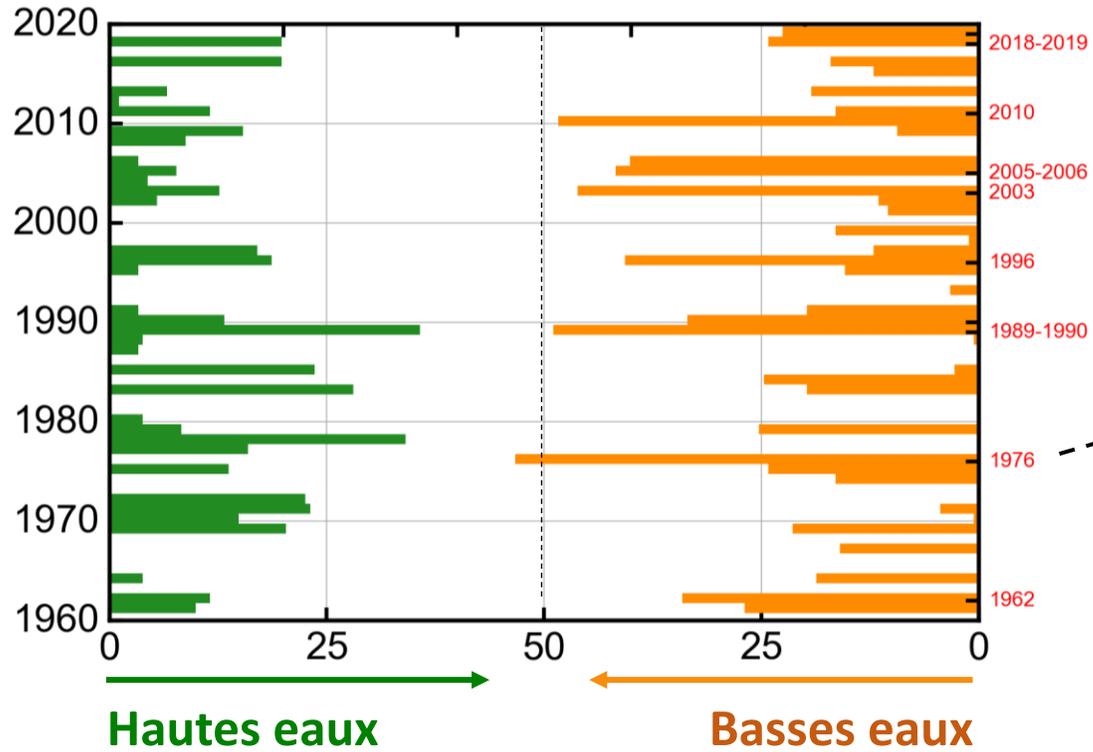
Évolution des sécheresses

Indicateur : proportion du nombre de jours [%] où ==> Recharge < 5^{ème} quantile historique



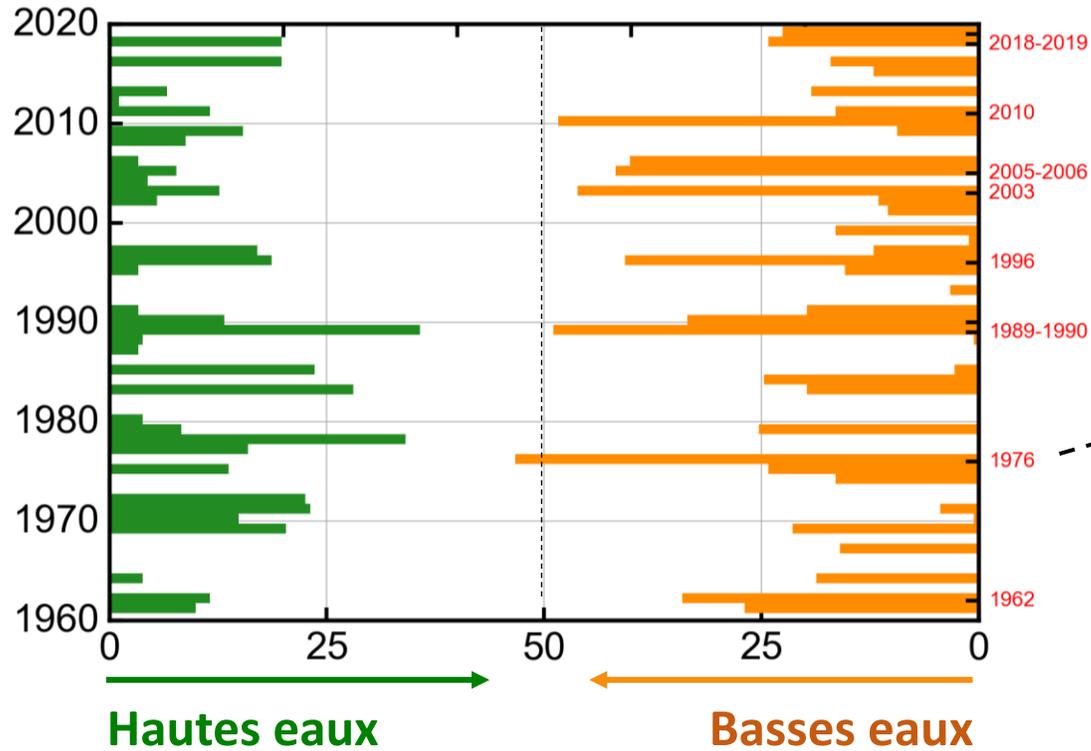
Évolution des sécheresses

Indicateur : proportion du nombre de jours [%] où ==> Recharge < 5^{ème} quantile historique



Évolution des sécheresses

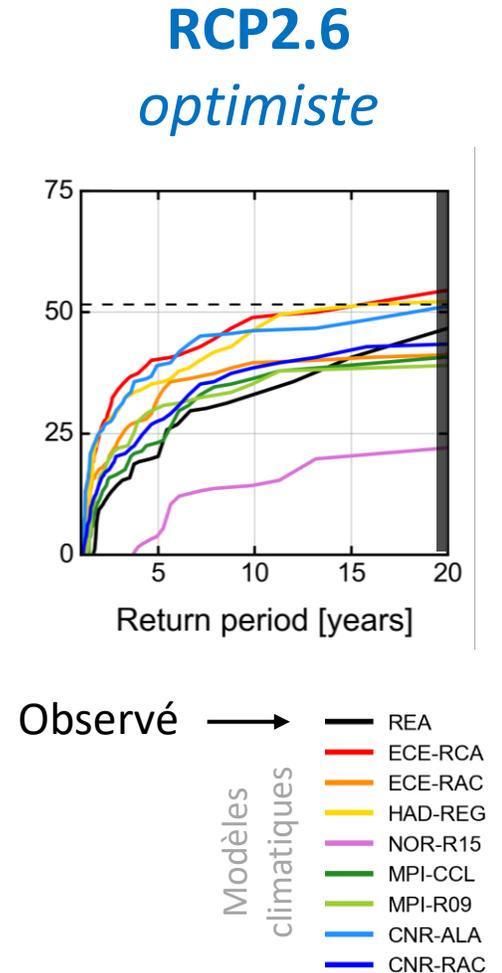
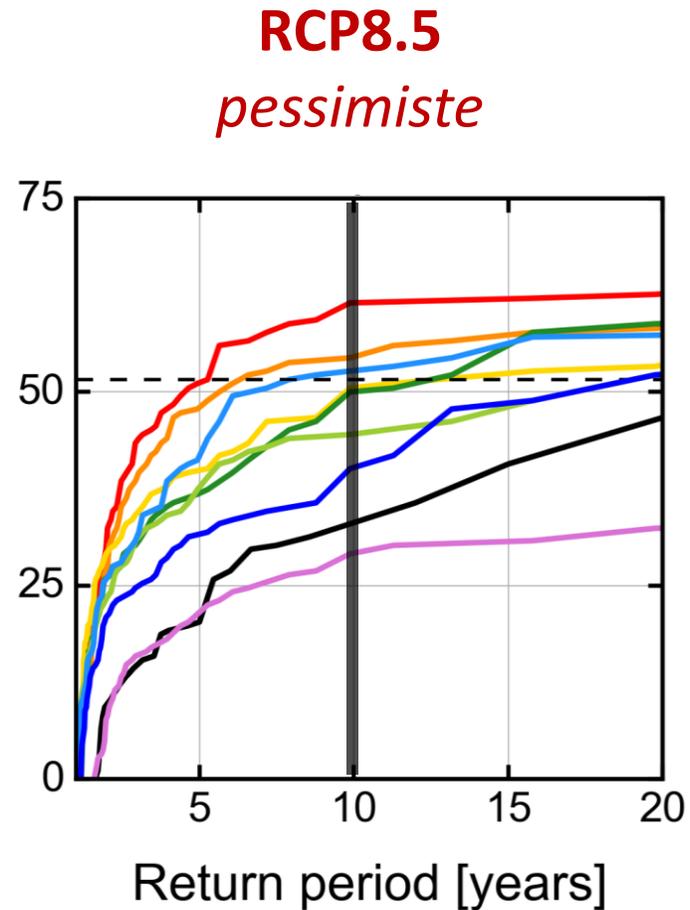
Indicateur : proportion du nombre de jours [%] où ==> Recharge < 5^{ème} quantile historique



Conditions type 1976 en basses eaux (2020-2100) :

RCP2.6 > 1 année sur 20

RCP8.5 ≈ 1 année sur 10



Observé →

Modèles climatiques

- REA
- ECE-RCA
- ECE-RAC
- HAD-REG
- NOR-R15
- MPI-CCL
- MPI-R09
- CNR-ALA
- CNR-RAC

Modélisation de la quantité des ressources en eau dans le futur

Moyenne glissante sur 10 ans

Recharge moyenne (mm/jours)

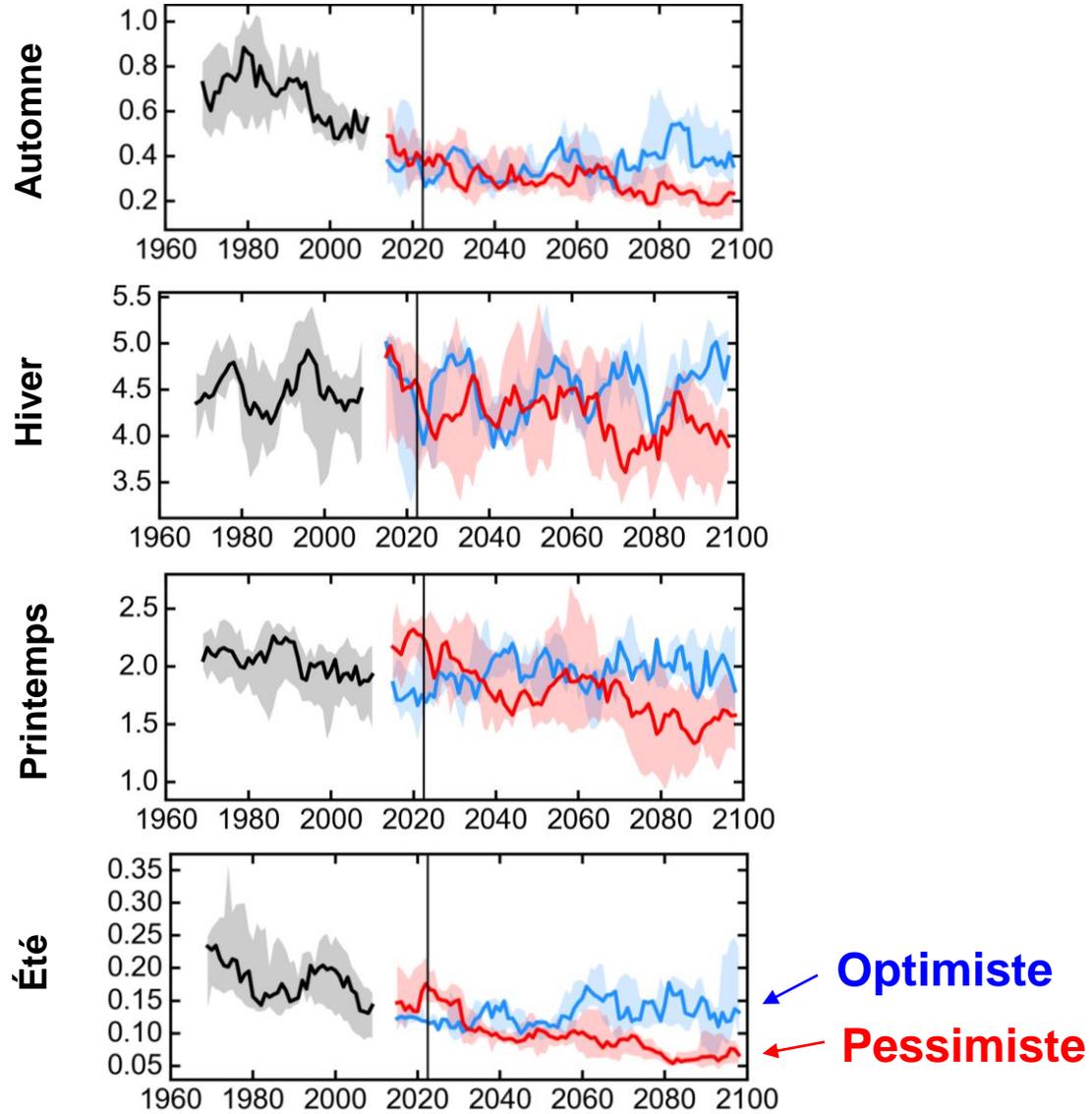
Automne
Hiver
Printemps
Été

← Optimiste
← Pessimiste

Modélisation de la quantité des ressources en eau dans le futur

Moyenne glissante sur 10 ans

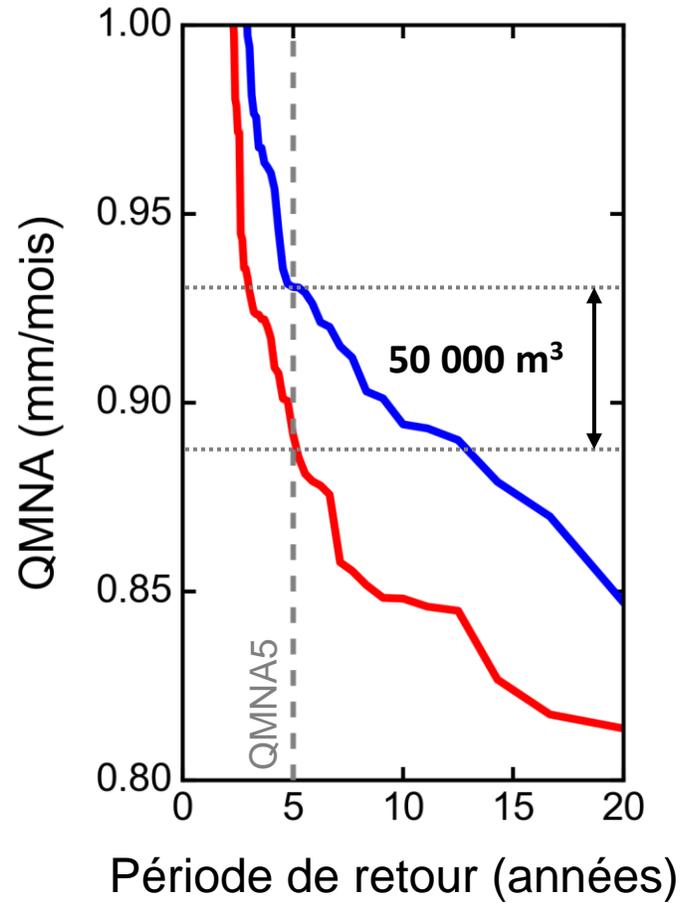
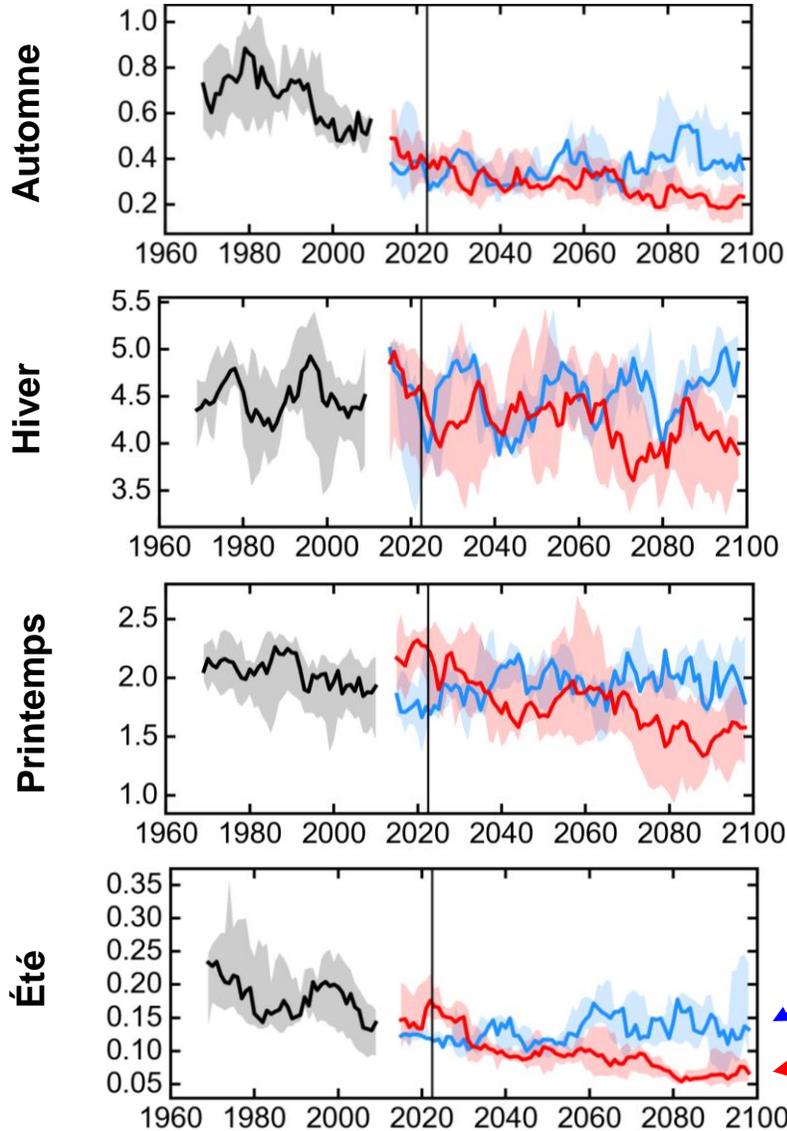
Recharge moyenne (mm/jours)



Modélisation de la quantité des ressources en eau dans le futur

Recharge moyenne (mm/jours)

Moyenne glissante sur 10 ans



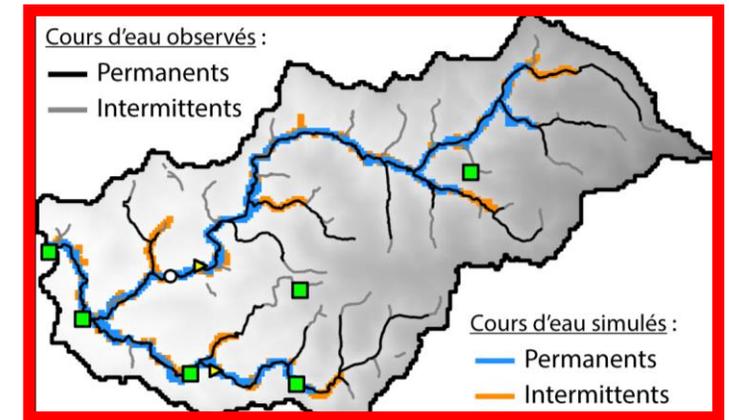
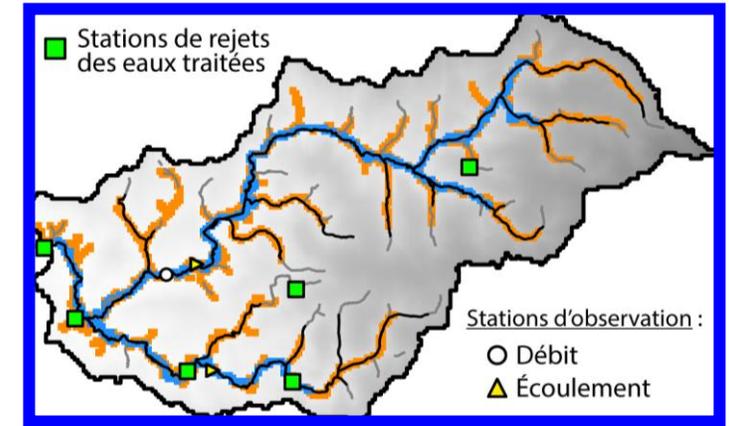
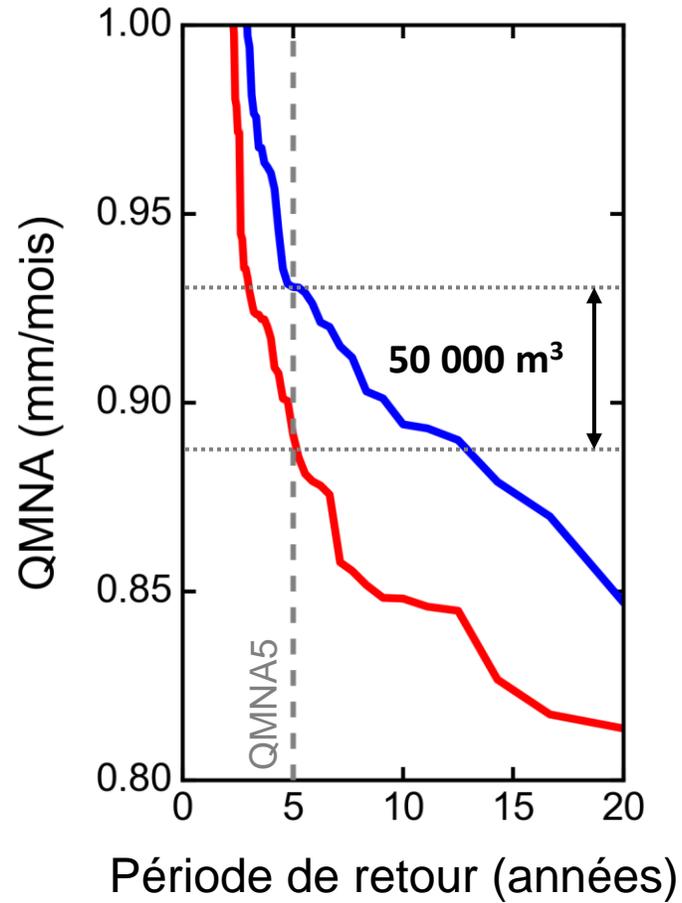
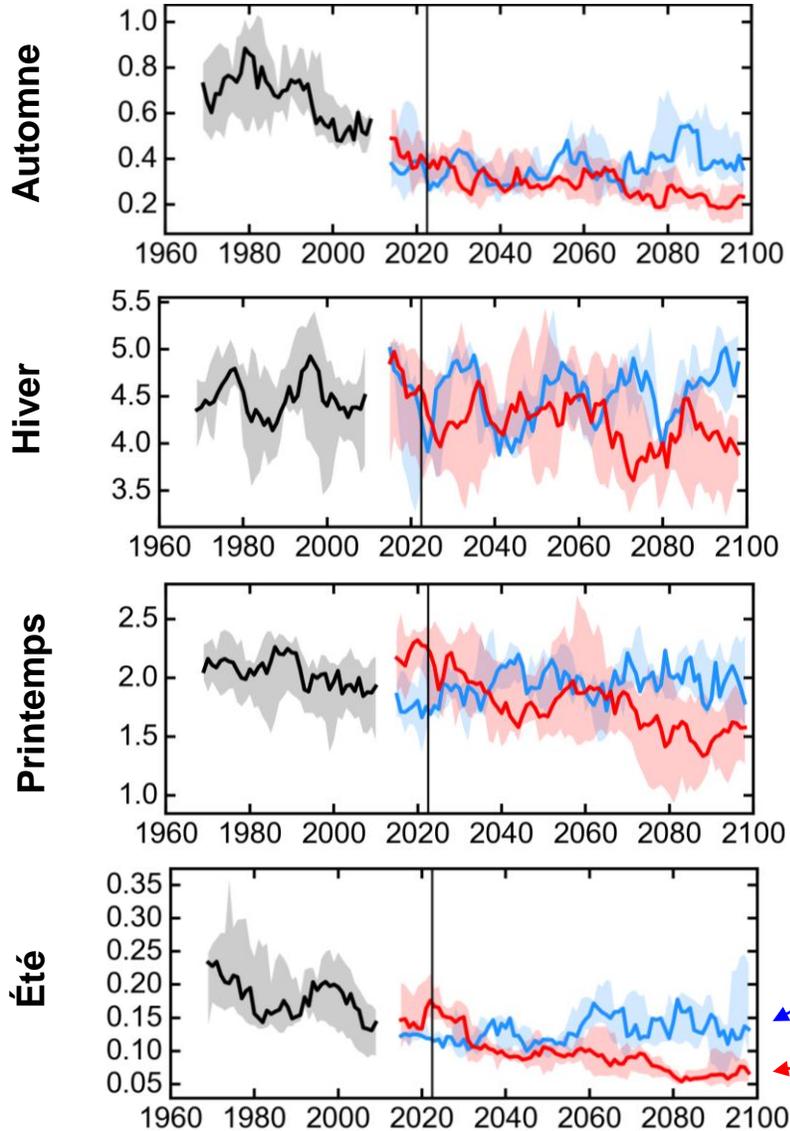
Optimiste

Pessimiste

Modélisation de la quantité des ressources en eau dans le futur

Recharge moyenne (mm/jours)

Moyenne glissante sur 10 ans



Hiver 2050

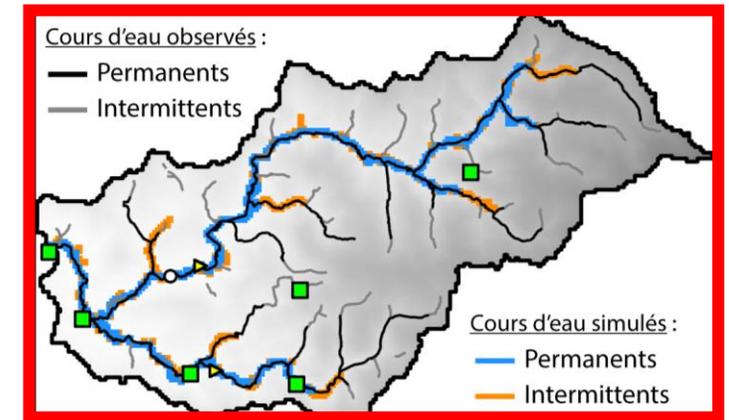
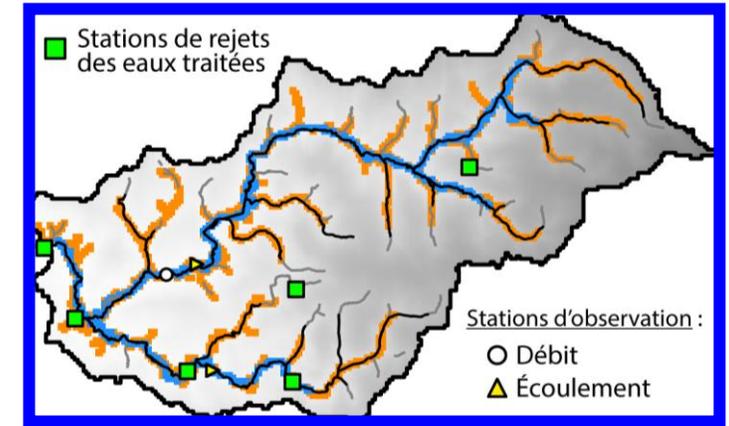
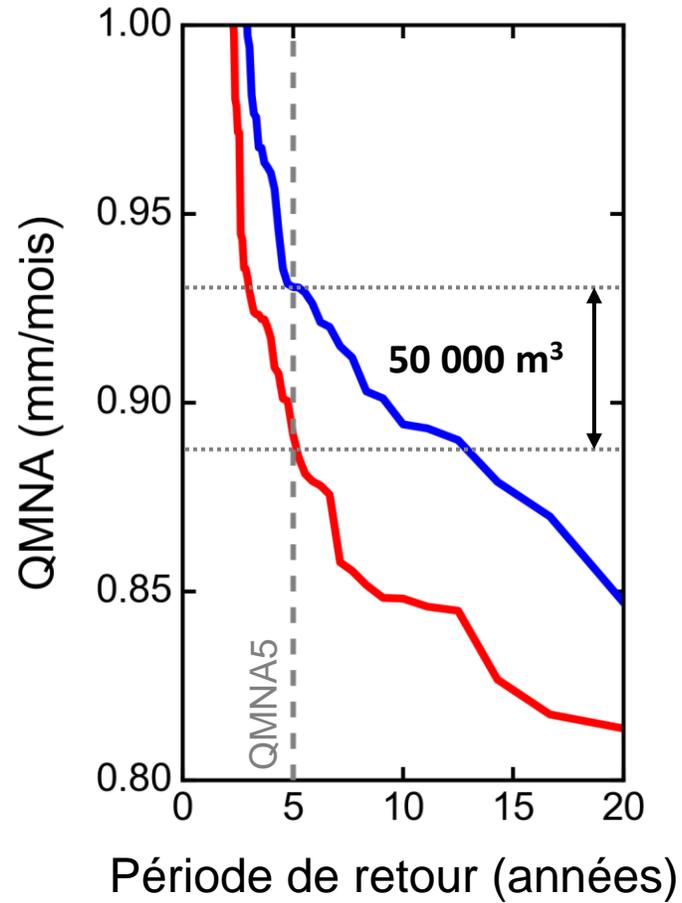
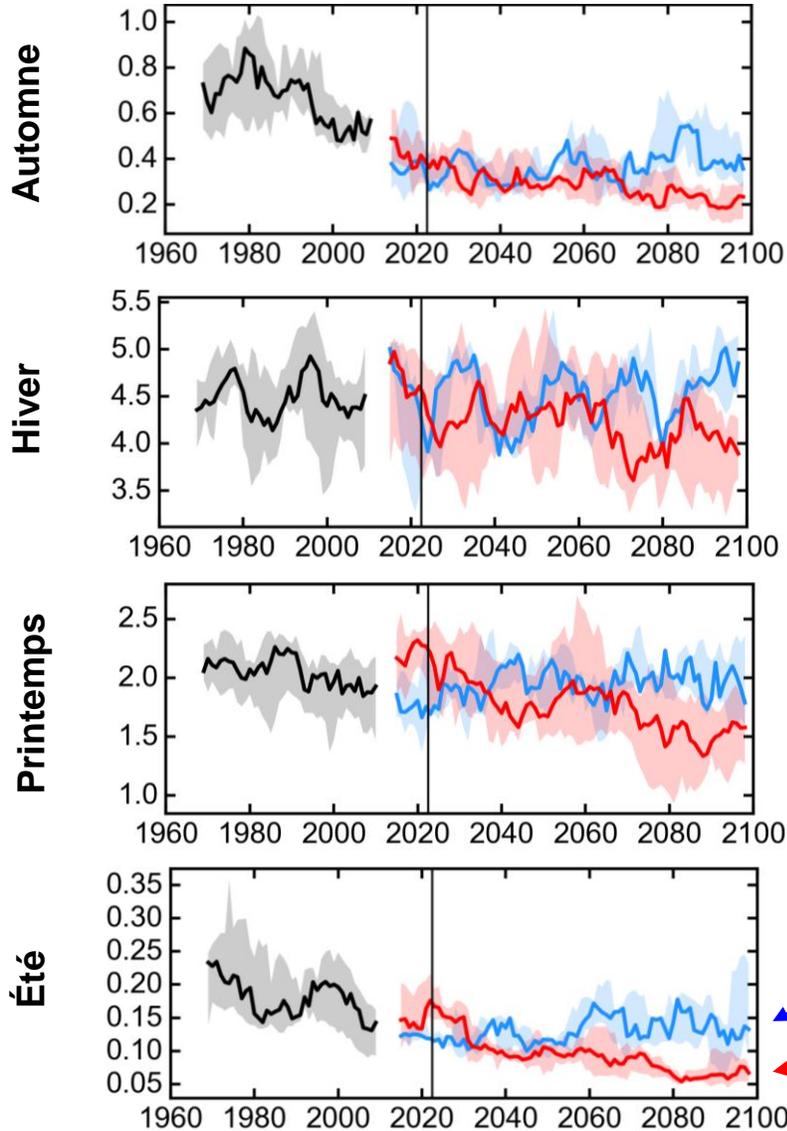
Optimiste

Pessimiste

Modélisation de la quantité des ressources en eau dans le futur

Recharge moyenne (mm/jours)

Moyenne glissante sur 10 ans



Hiver 2050

Optimiste
Pessimiste



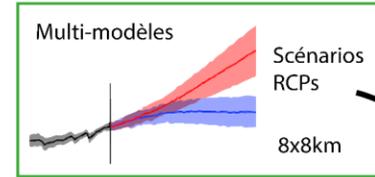
Modification spatio-temporelle
de la distribution des ressources en eau

Conclusion finale

Analyse rétrospective des données hydroclimatiques

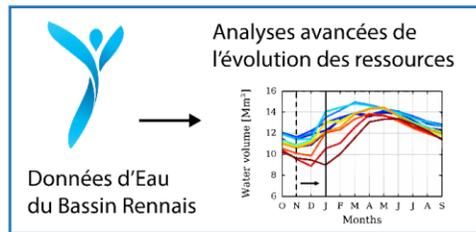
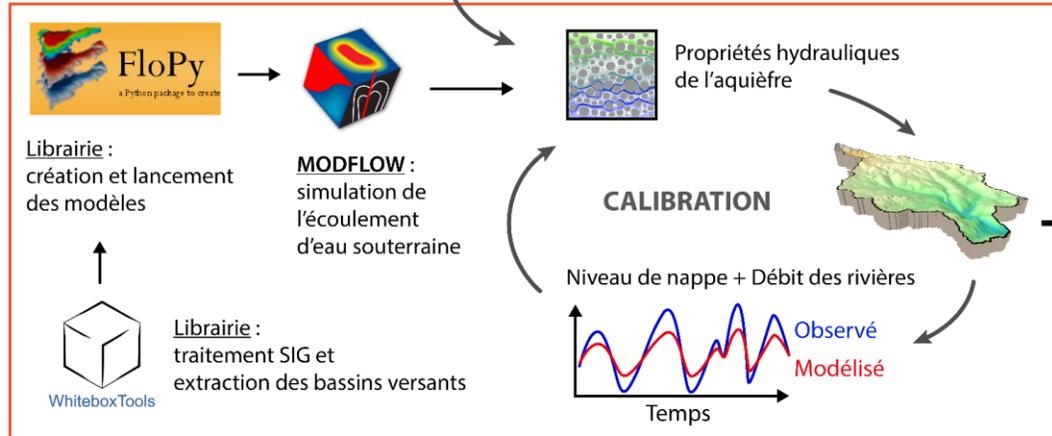


Projections climatiques futures



Granularité temporelle :
simulations mensuelles
--> tendances saisonnières

Modélisation hydrogéologique



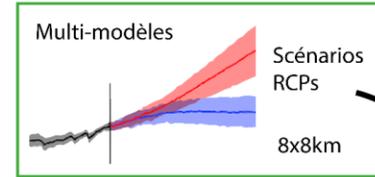
Approvisionnement en eau potable

Conclusion finale

Analyse rétrospective des données hydroclimatiques

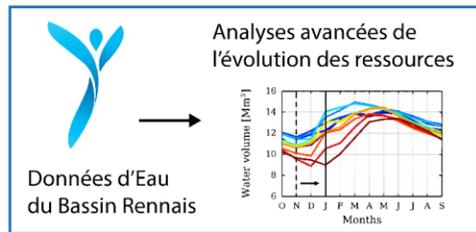
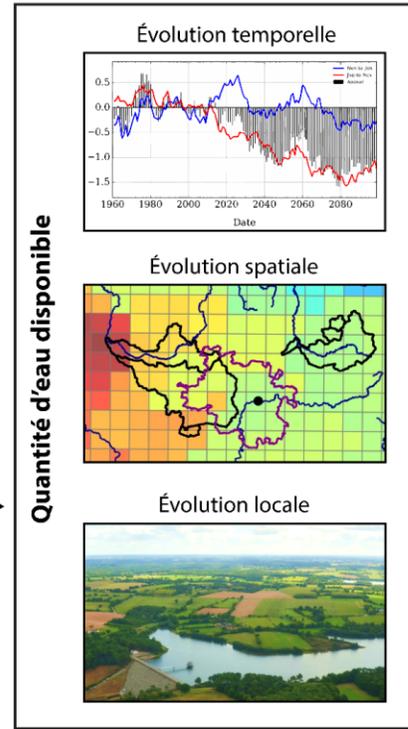
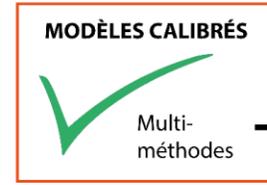
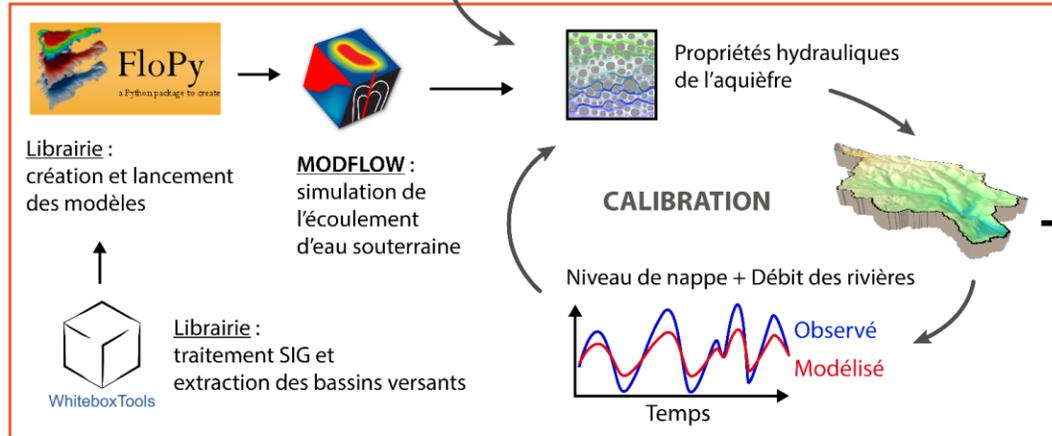


Projections climatiques futures



Granularité temporelle : simulations mensuelles --> tendances saisonnières

Modélisation hydrogéologique



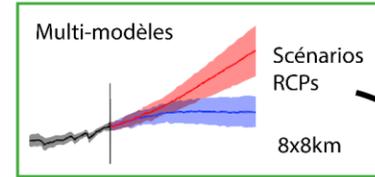
Approvisionnement en eau potable

Conclusion finale

Analyse rétrospective des données hydroclimatiques

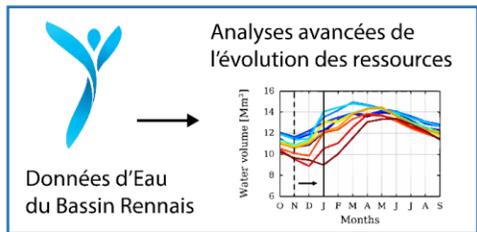
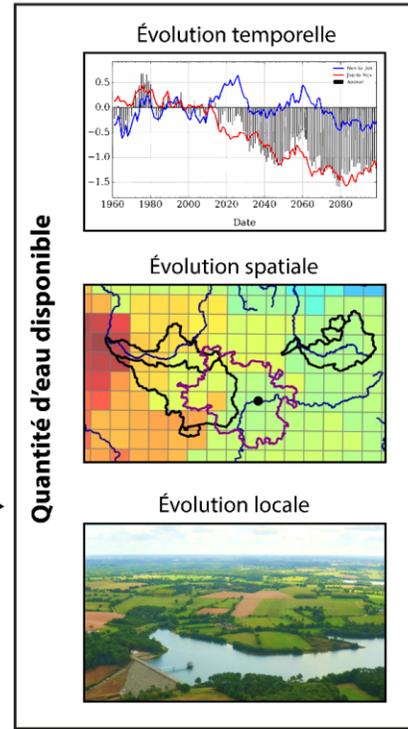
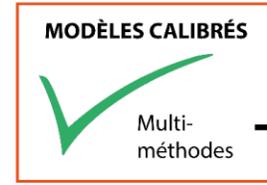
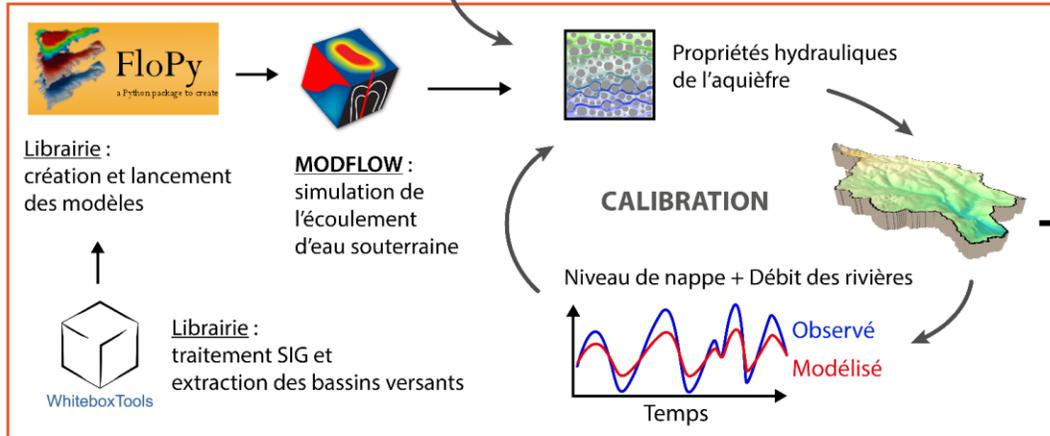


Projections climatiques futures

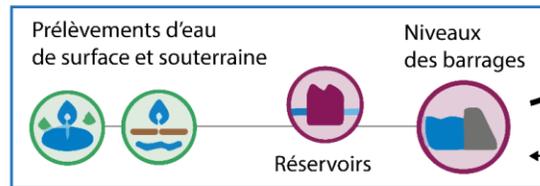


Granularité temporelle :
simulations mensuelles
--> tendances saisonnières

Modélisation hydrogéologique



Approvisionnement en eau potable



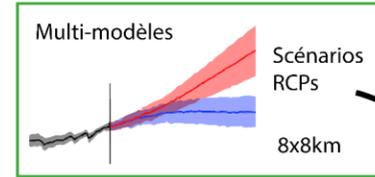
Couplage aux ouvrages et à la production

Conclusion finale

Analyse rétrospective des données hydroclimatiques

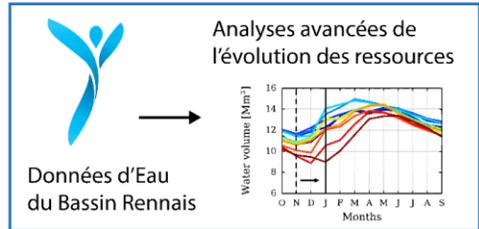
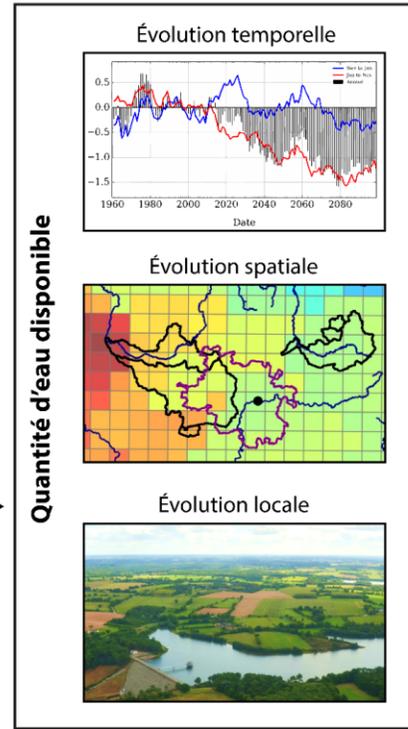
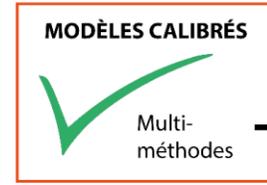
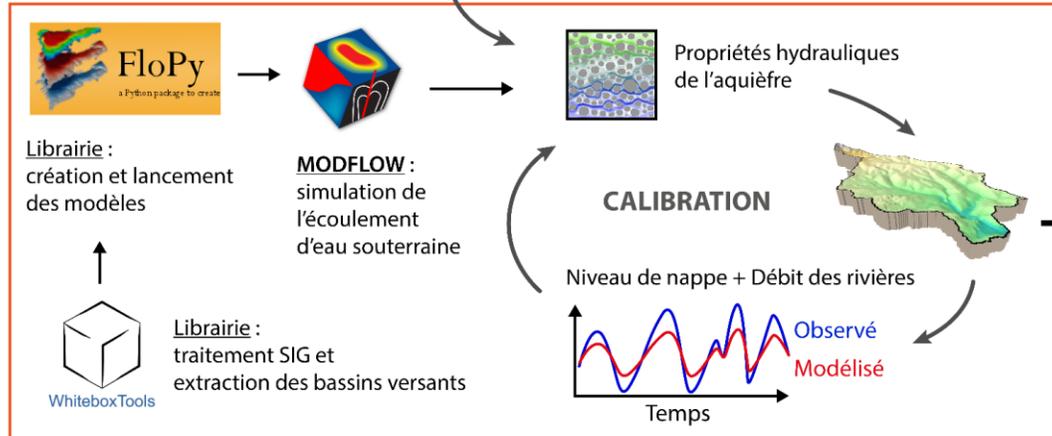


Projections climatiques futures

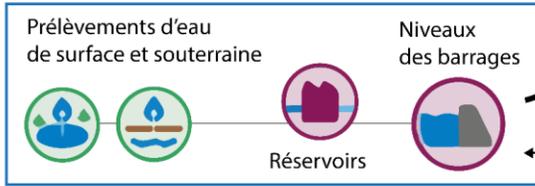


Granularité temporelle :
simulations mensuelles
--> tendances saisonnières

Modélisation hydrogéologique



Approvisionnement en eau potable



Couplage aux ouvrages et à la production

Environnement de développement

spyder

python

Language de programmation informatique

jupyter

Partage et exécution de codes

Ensemble des codes open-source



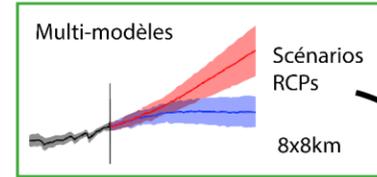
Documentés et réutilisables

Conclusion finale

Analyse rétrospective des données hydroclimatiques

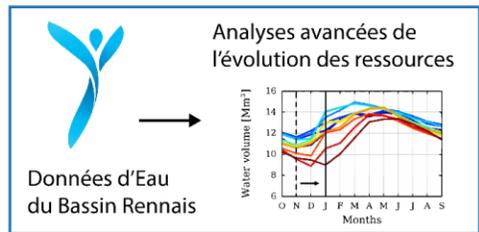
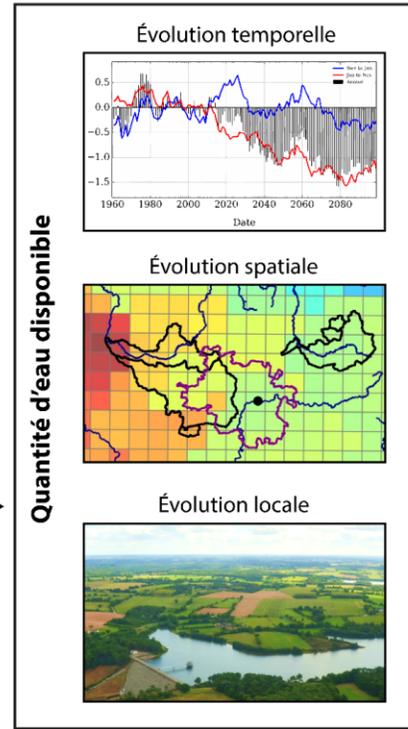
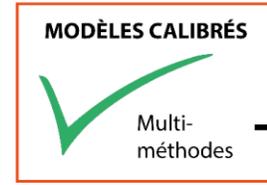
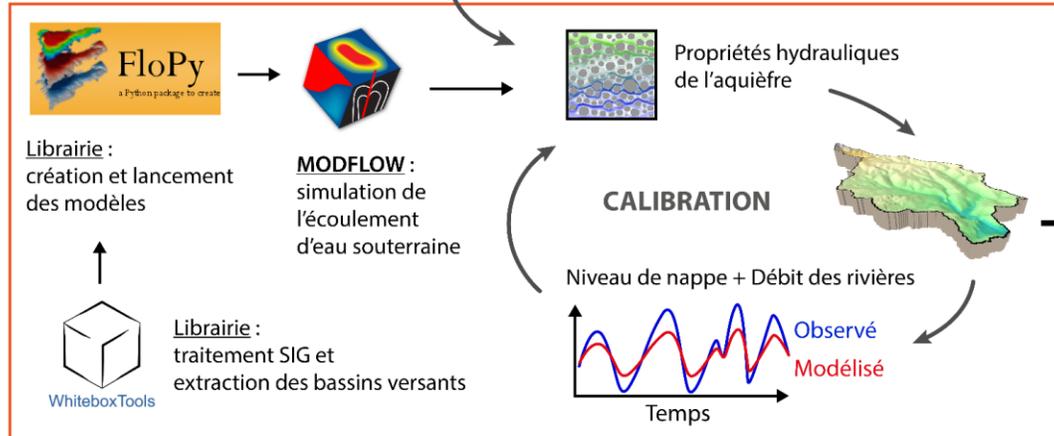


Projections climatiques futures

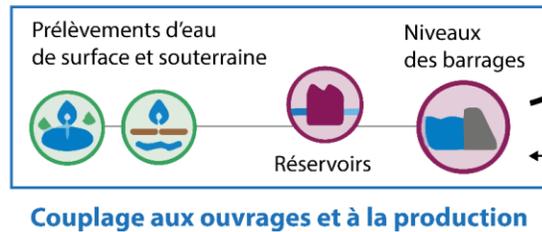


Granularité temporelle :
simulations mensuelles
--> tendances saisonnières

Modélisation hydrogéologique



Approvisionnement en eau potable



Couplage aux ouvrages et à la production



Chaire Rennes Métropole : Ressources en eau du futur

Environnement de développement



Langage de programmation informatique



Partage et exécution de codes

Ensemble des codes open-source

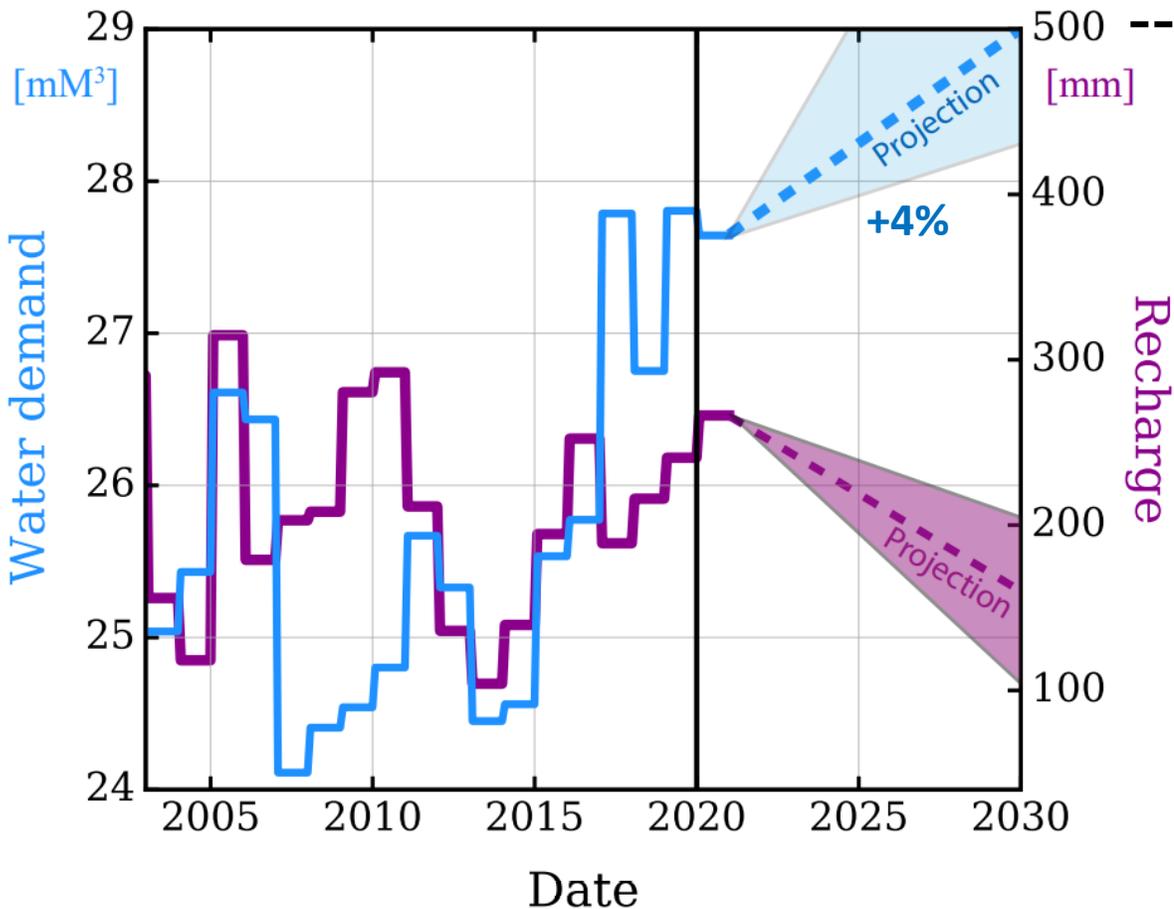


Documentés et réutilisables

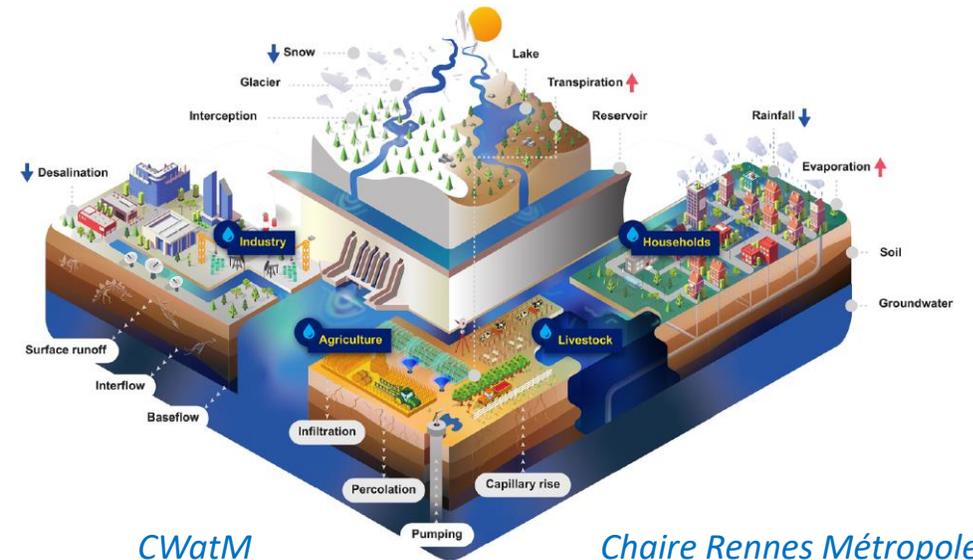
Vers quel avenir socio-économique ?

Changement « global »

l'ensemble des modifications rapides du système Terre en cours



- accroissement population
- besoins accrus en eau (tous secteurs)
- ...
- aménagement du territoire
- choix des cultures et modes d'agriculture
- ...

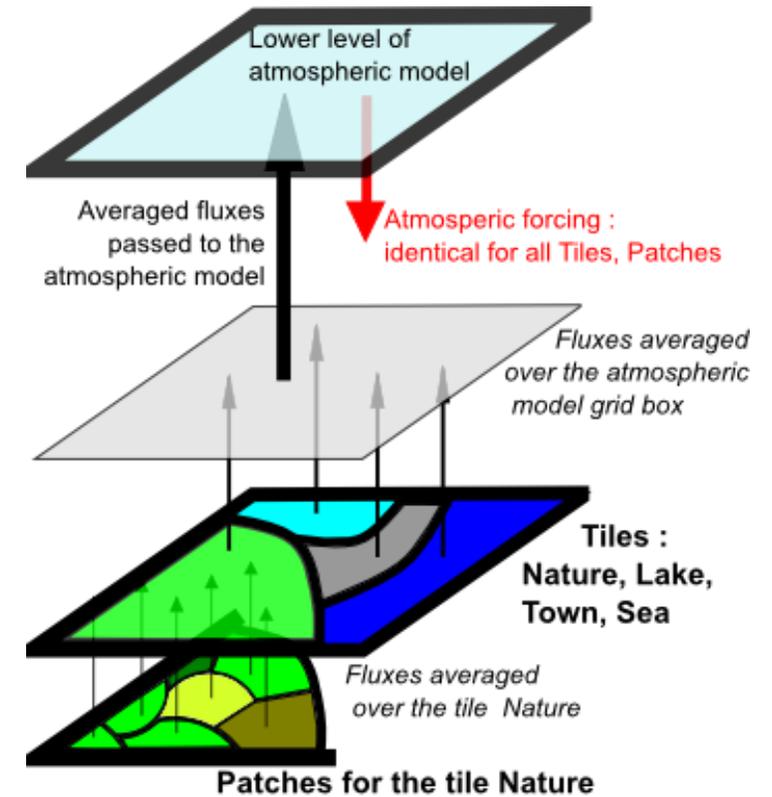
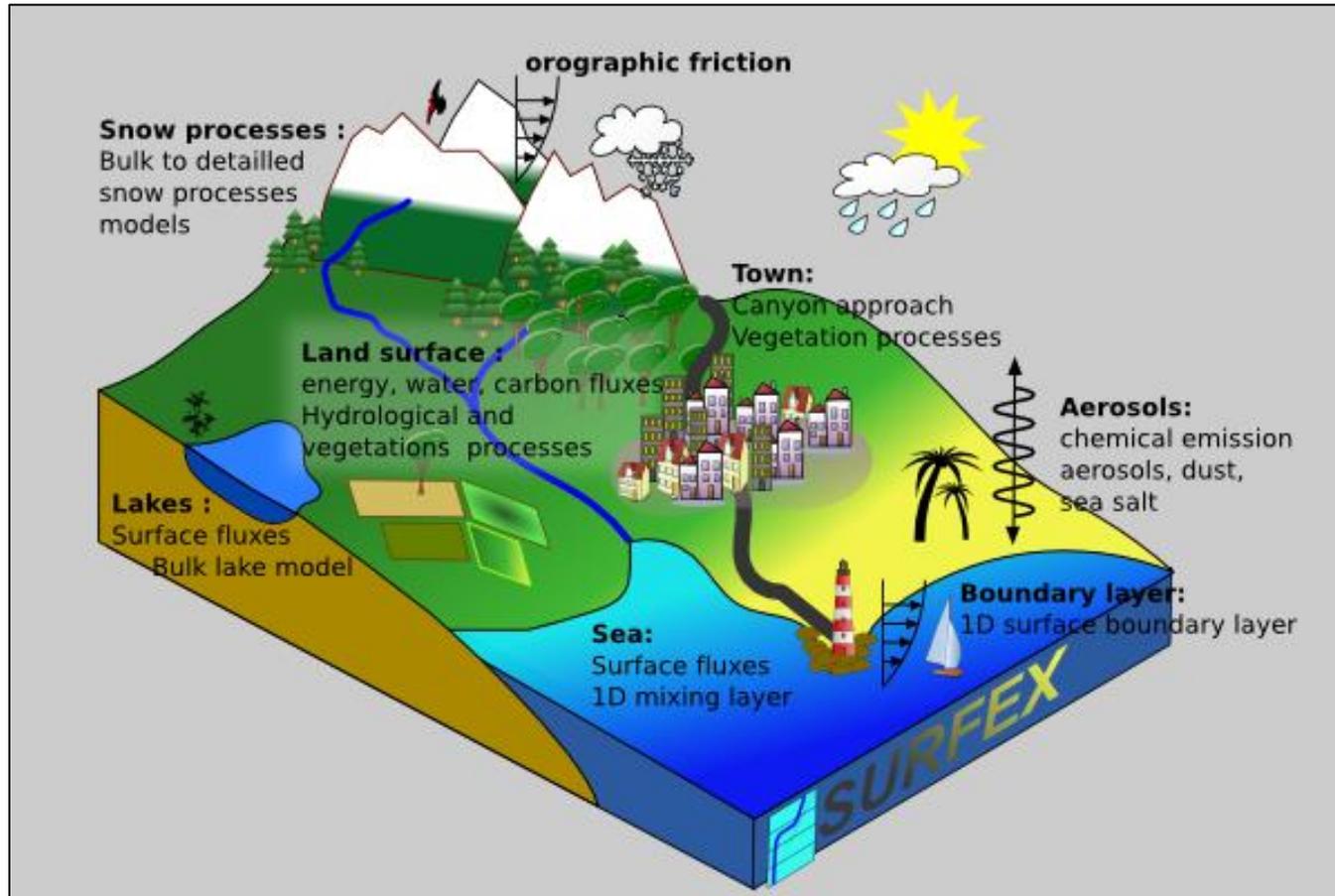




Merci de votre attention

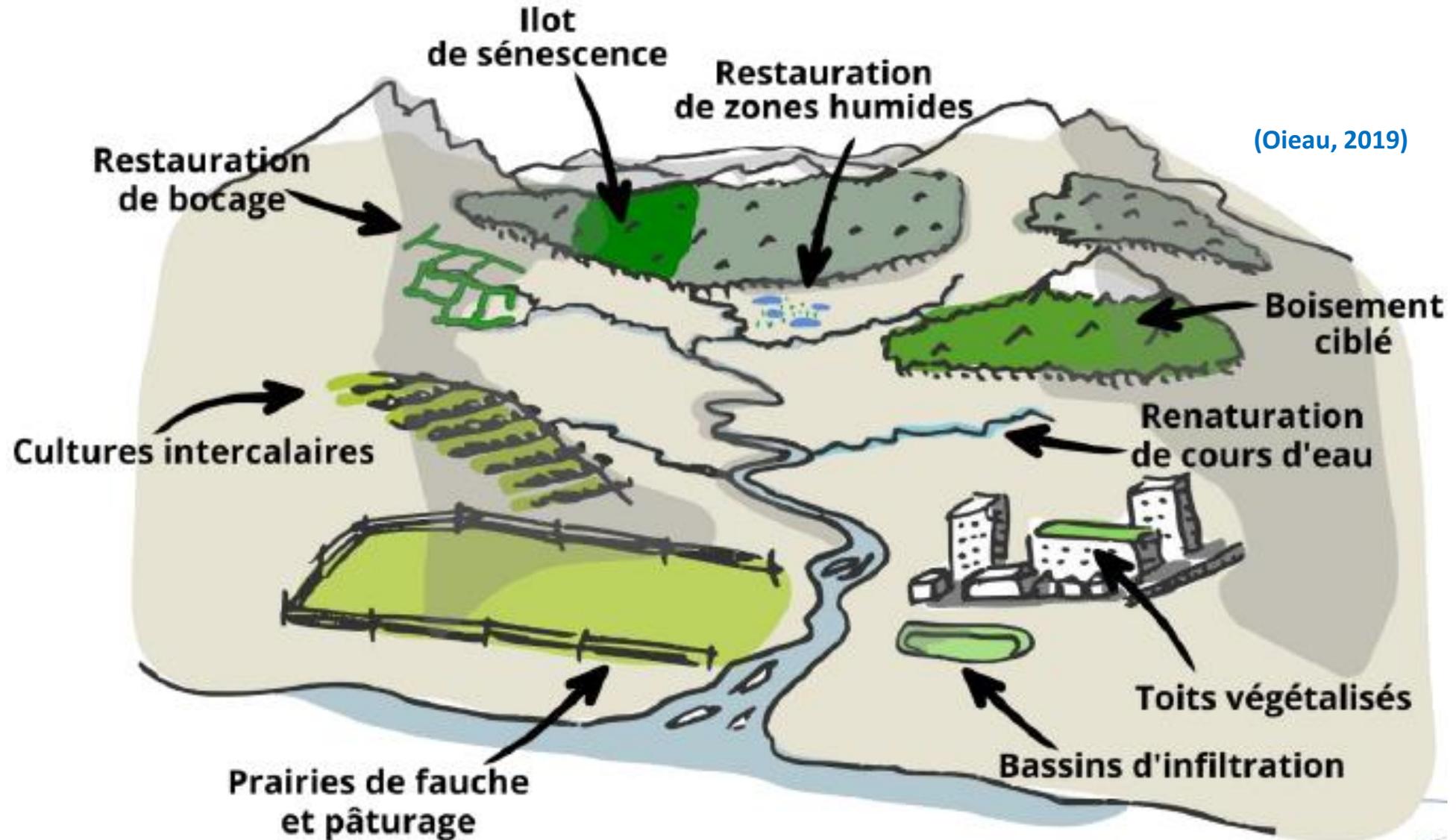
Bassin versant du Meu

Annexes



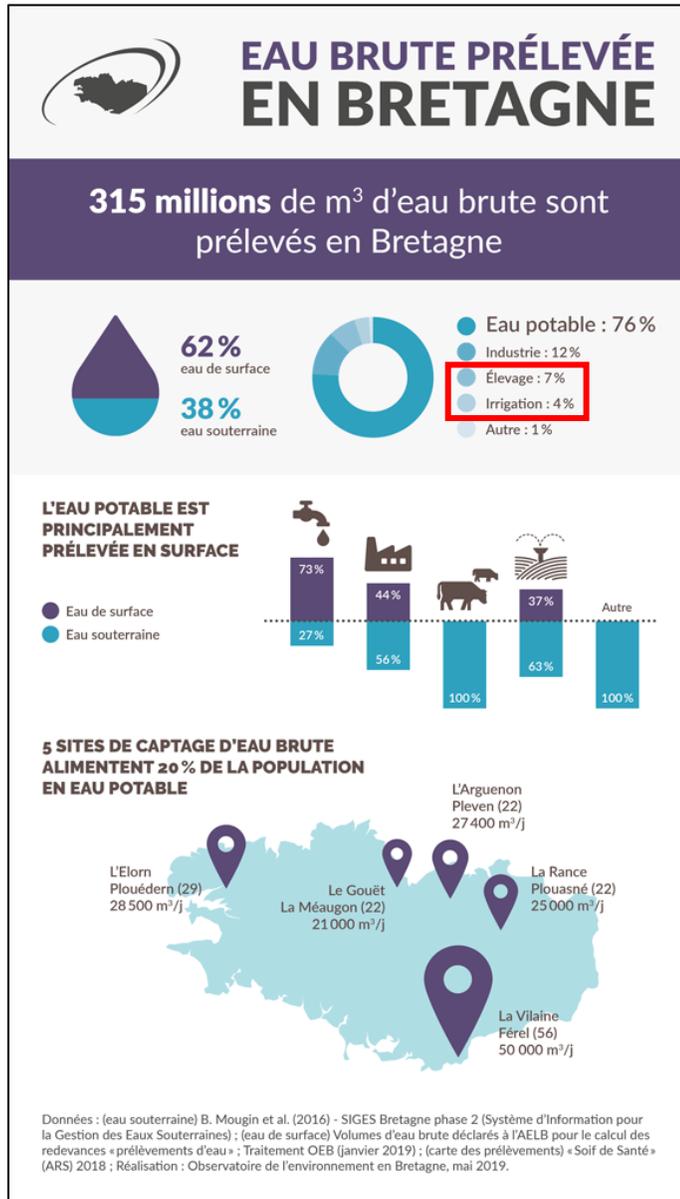
SURFEX tiling and coupling with an atmospheric model

Annexes

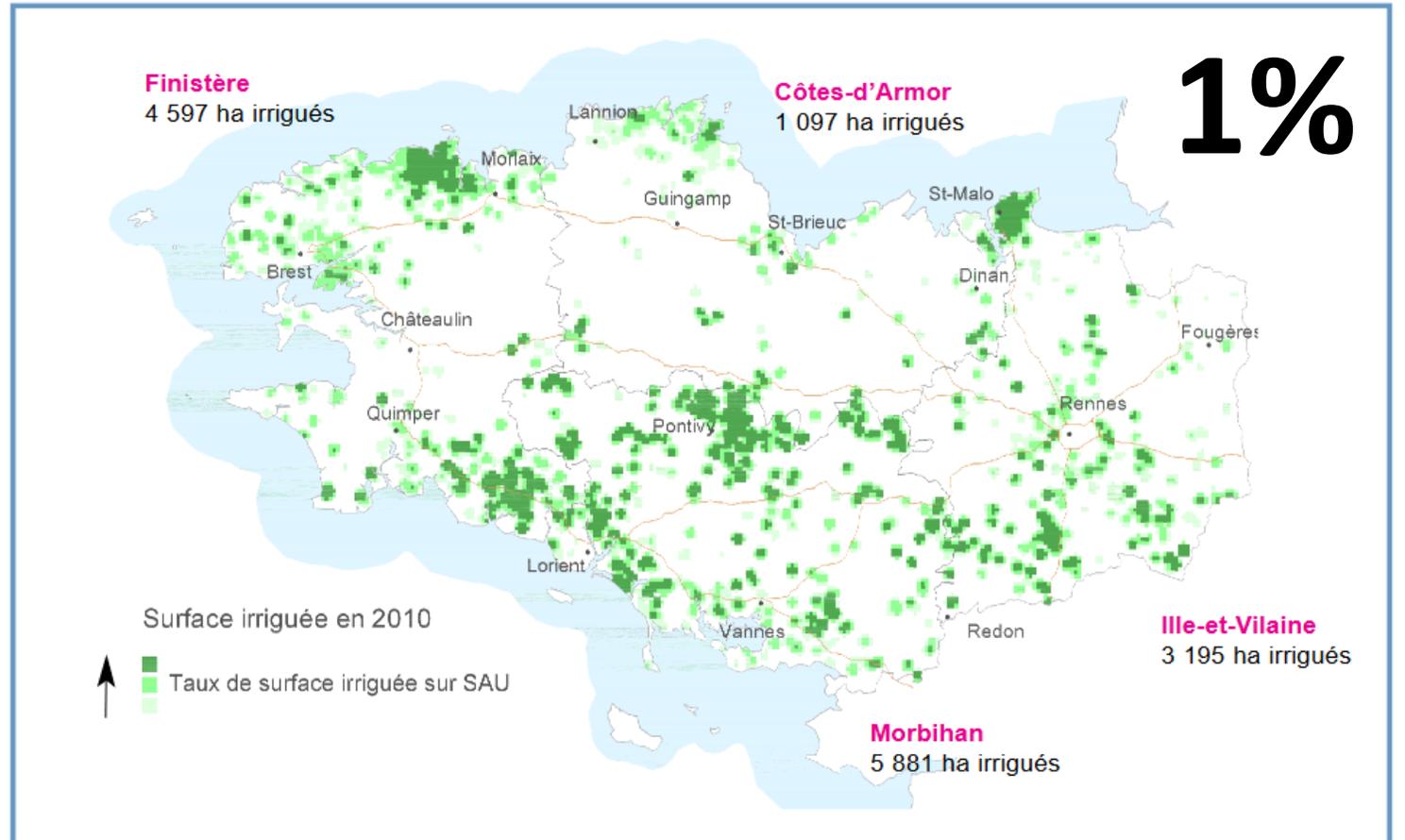


MNRE : mesures naturelles de rétention d'eaux

Annexes



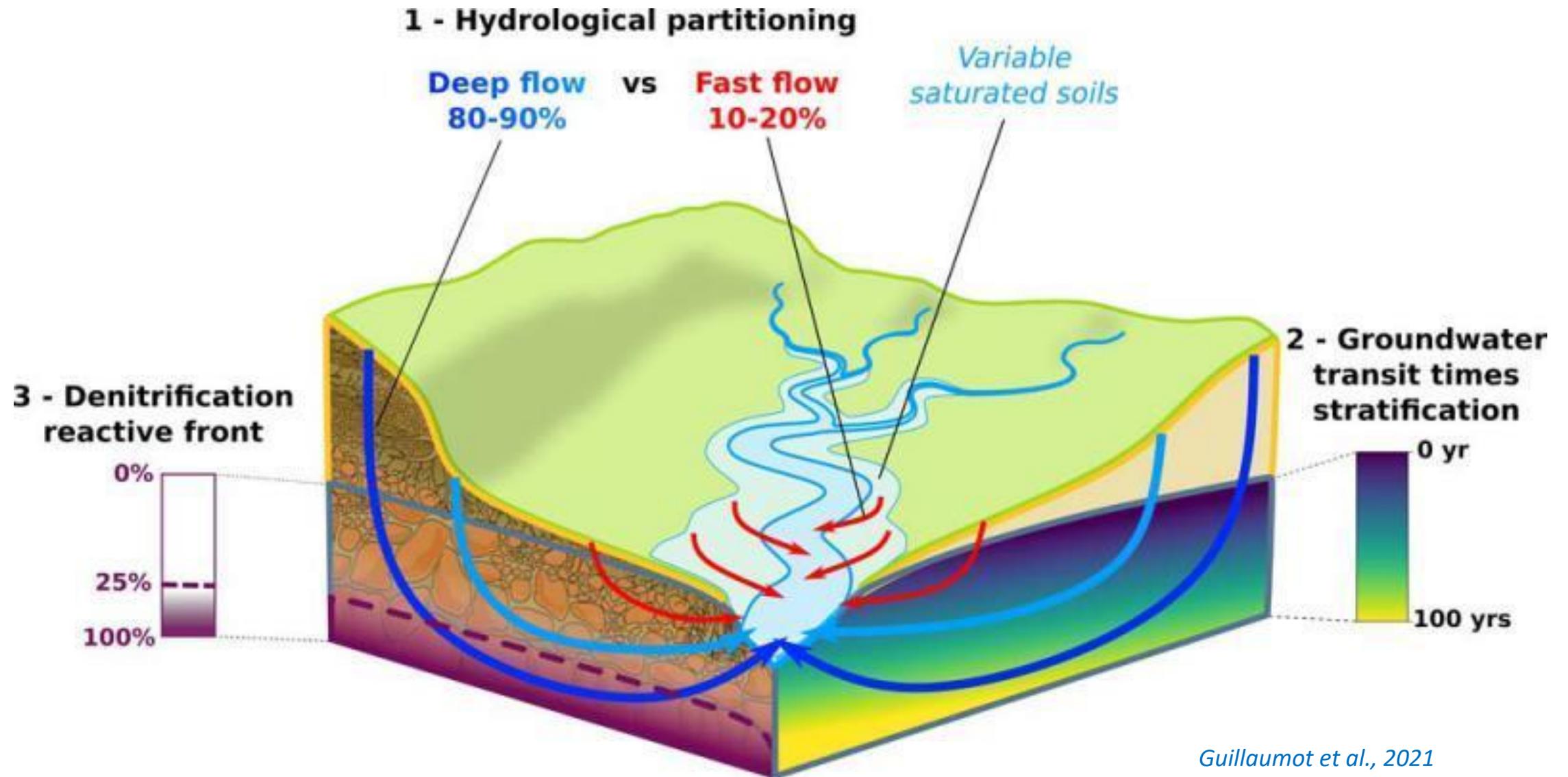
Les surfaces irriguées en Bretagne en 2010



Source : Agreste, Draaf Bretagne, recensement agricole 2010

Et à l'avenir ? Et cet été ?

Annexes





VISITE DE LA STATION D'EPURATION

Loïc OGER

Direction de l'assainissement – Rennes Métropole