

Une démarche de modélisation hydrogéologique innovante pour prédire les ressources en eau du bassin rennais sous l'effet du changement climatique

Thèse de Ronan ABHERVÉ

Sous la direction de Luc Aquilina et Jean-Raynald de Dreuzy

Présentation par Virginie VERGNAUD

Barrage de la Chèze

1) Contexte et évolution hydro(géo)climatique

Mieux comprendre le passé pour anticiper le futur

2) Modélisation hydrogéologique et calibration à partir des cours d'eau

Représenter au mieux les données observées sur le terrain

3) Simulation et prédiction des cours d'eau intermittents

Vers un nouvel indicateur de la résilience des bassins-versants

4) Application des outils aux bassins-versants stratégiques du territoire

Projections hydro(géo)logiques en amont d'ouvrages de captage ou de rejet en rivière

Conclusion et perspectives

Changement climatique, modification des écoulements d'eau souterraine et qualité de l'eau

1) Contexte et évolution hydro(géo)climatique

Mieux comprendre le passé pour anticiper le futur

2) Modélisation hydrogéologique et calibration à partir des cours d'eau

Représenter au mieux les données observées sur le terrain

3) Simulation et prédiction des cours d'eau intermittents

Vers un nouvel indicateur de la résilience des bassins-versants

4) Application des outils aux bassins-versants stratégiques du territoire

Projections hydro(géo)logiques en amont d'ouvrages de captage ou de rejet en rivière

Conclusion et perspectives

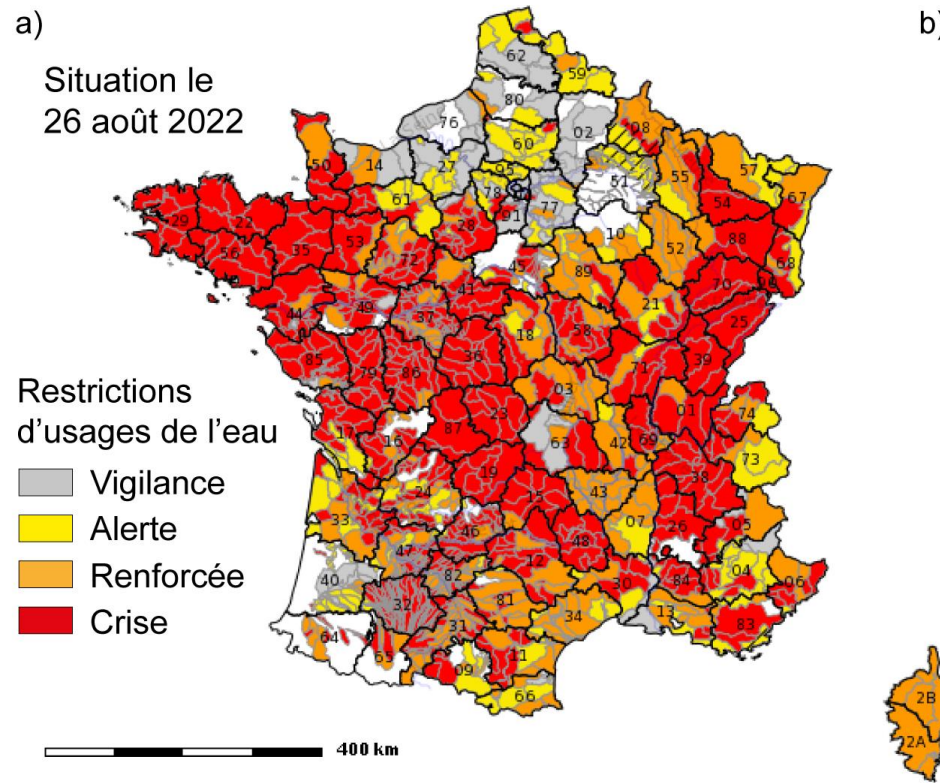
Changement climatique, modification des écoulements d'eau souterraine et qualité de l'eau

Quelles perturbations du cycle de l'eau sur le territoire ?

Sécheresses. « Le climat breton pourrait devenir méditerranéen », menaçant les stocks d'eau potable



Avril 2022



b)

Juillet 2020



Juillet 2022



« Les sécheresses extrêmes de 2018 et 2019 appelées à se **répéter** en Europe »

natureresearch

(Hari et al., 2020)

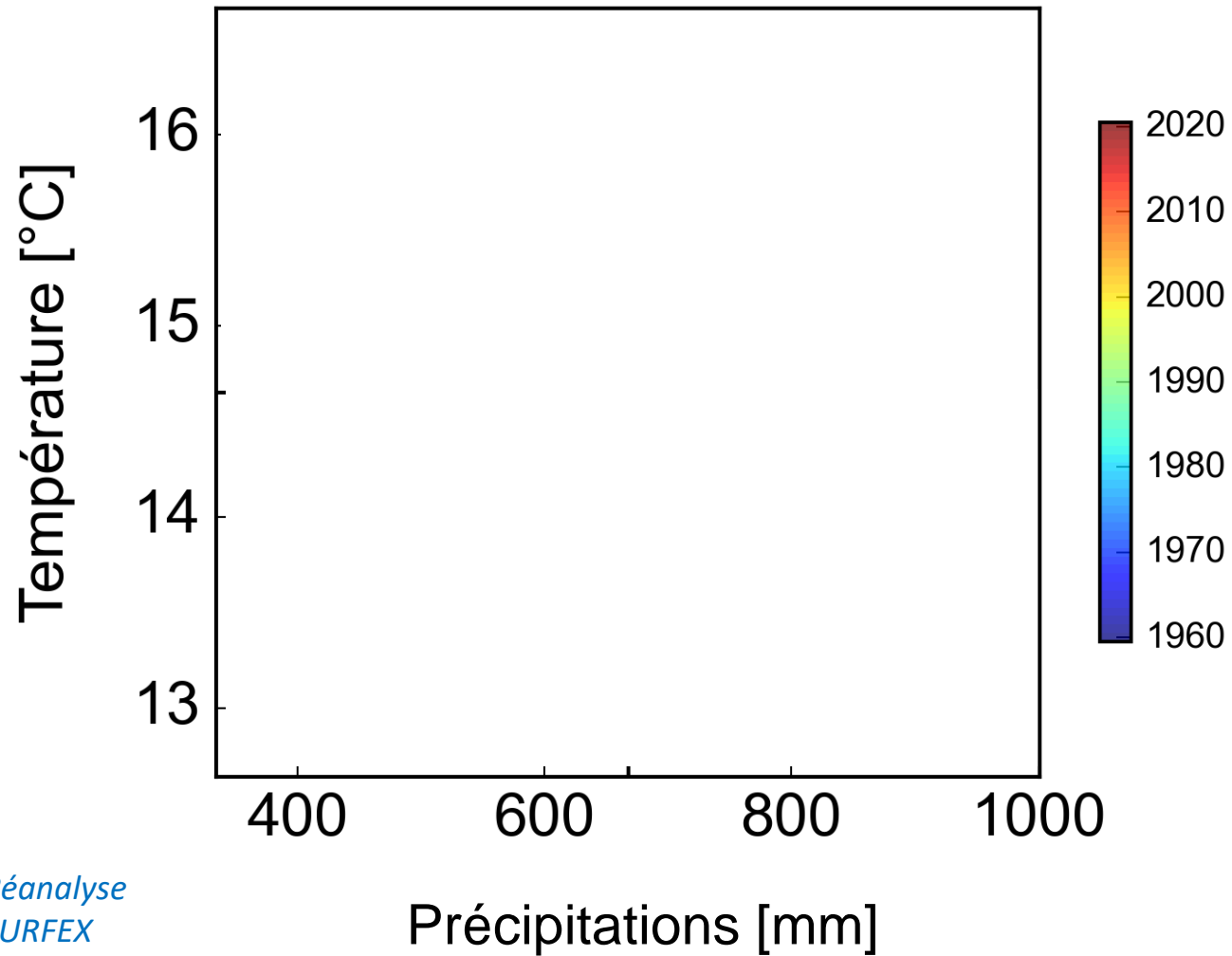


Quelle quantité d'eau **disponible dans le futur** en amont des **ouvrages de captage** destinés à l'alimentation en eau potable ?

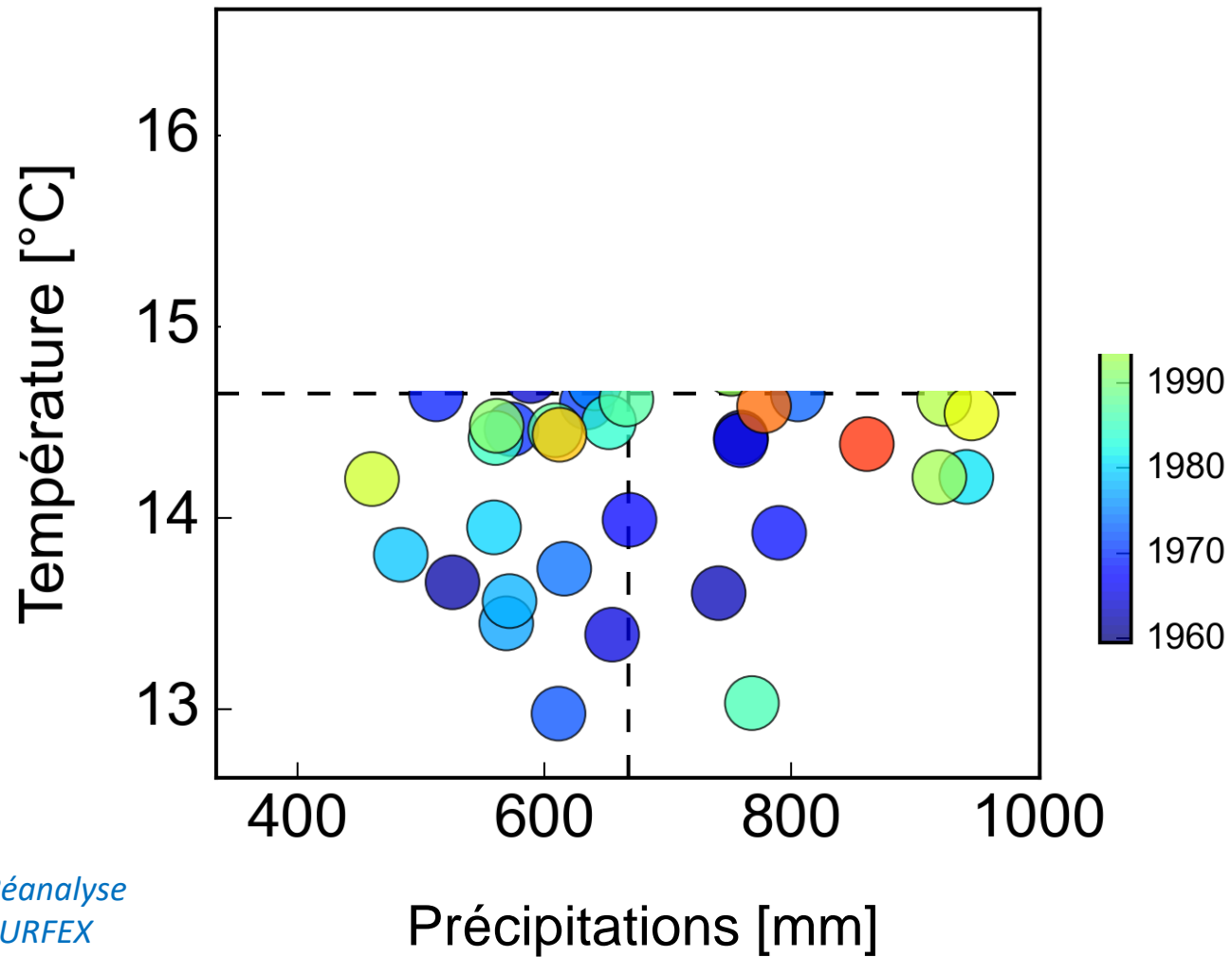
Comment les **caractéristiques du paysage** contrôlent la **dynamique hydrologique** et la **capacité de stockage** en eau des bassins-versants ?

Besoin d'**outils** pour concevoir un **système durable** qui tiennent compte de la **nouvelle répartition spatio-temporelle** de la ressource en eau ?

Période de « basses eaux »
avril à septembre

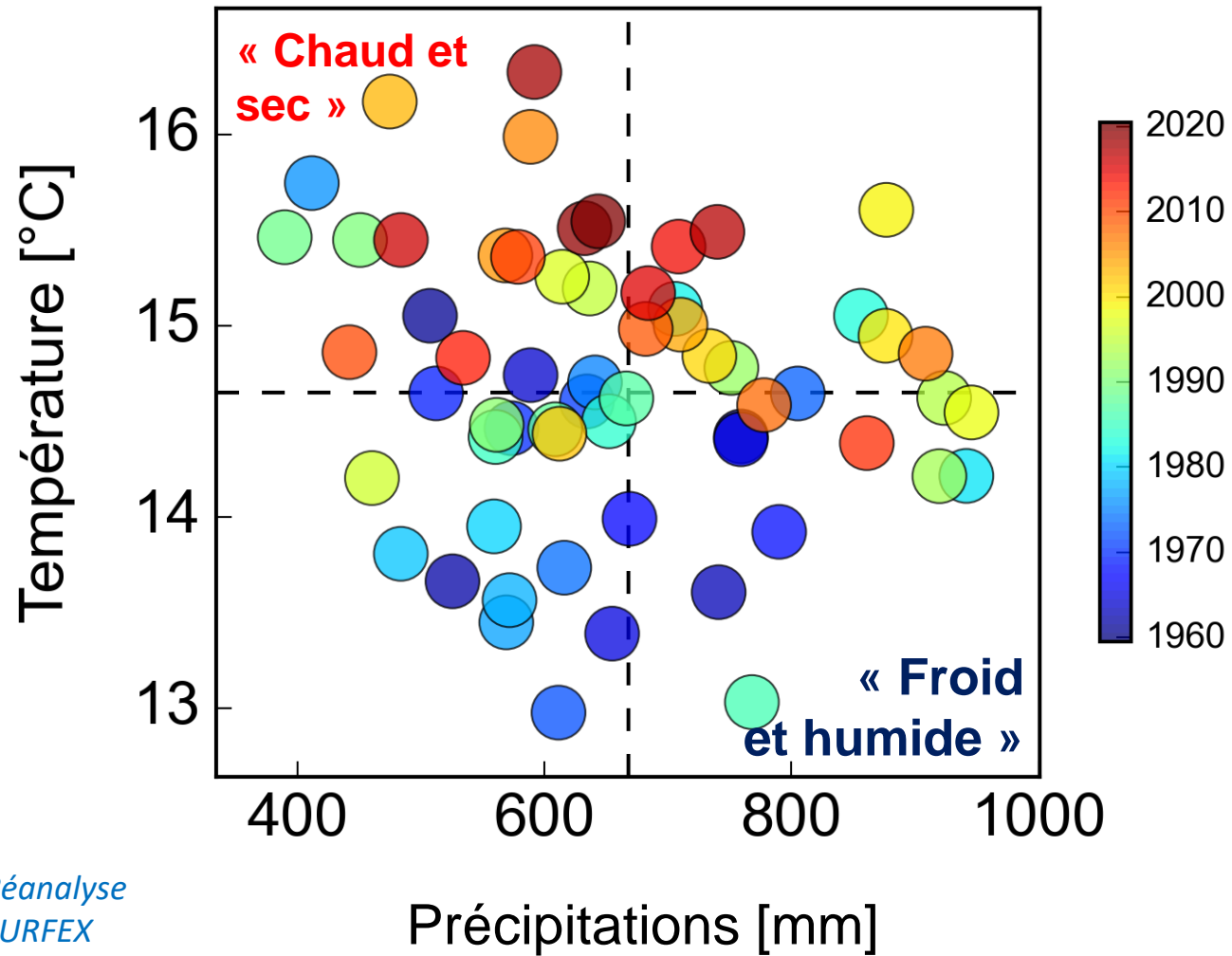


Période de « basses eaux »
avril à septembre



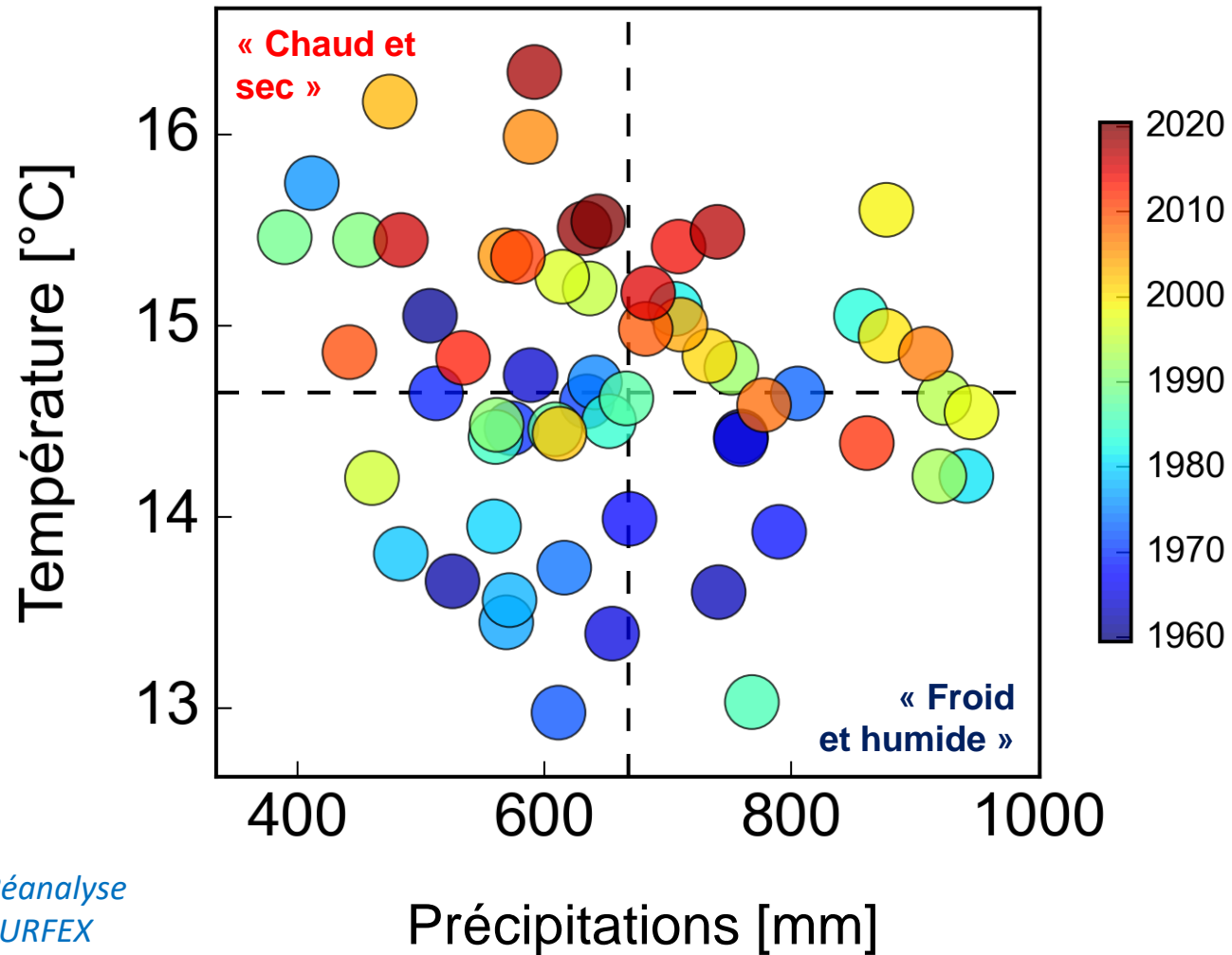
Analyse du climat passé à l'échelle du bassin rennais

Période de « basses eaux »
avril à septembre



Analyse du climat passé à l'échelle du bassin rennais

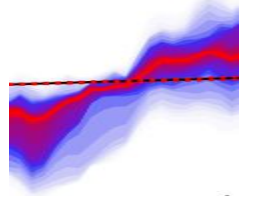
Période de « basses eaux »
avril à septembre



Réanalyse
SURFEX
Météo-France

Températures

Nette augmentation



Évapotranspiration

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

(Pascolini-Campbell et al., 2021)

Précipitations

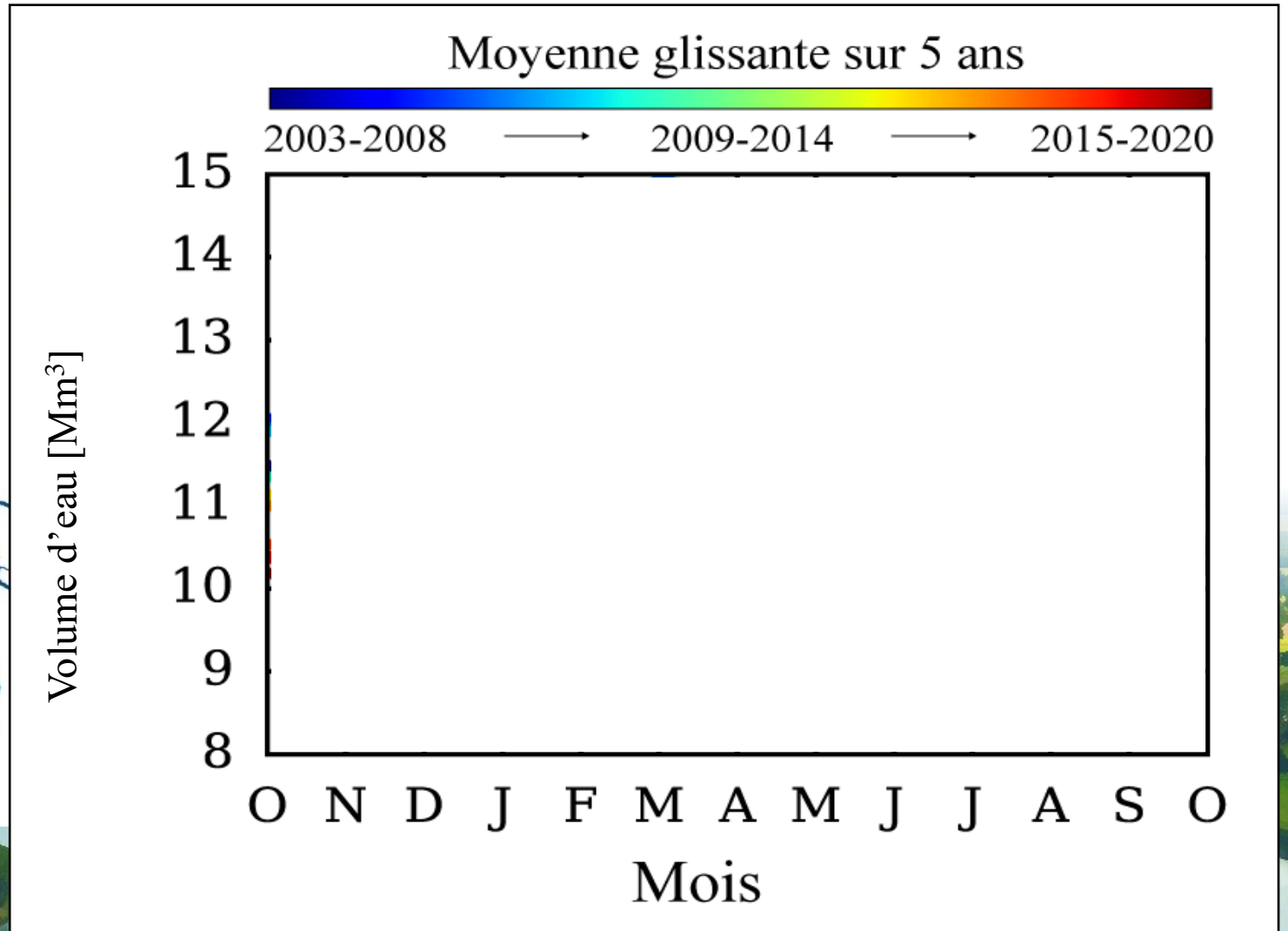
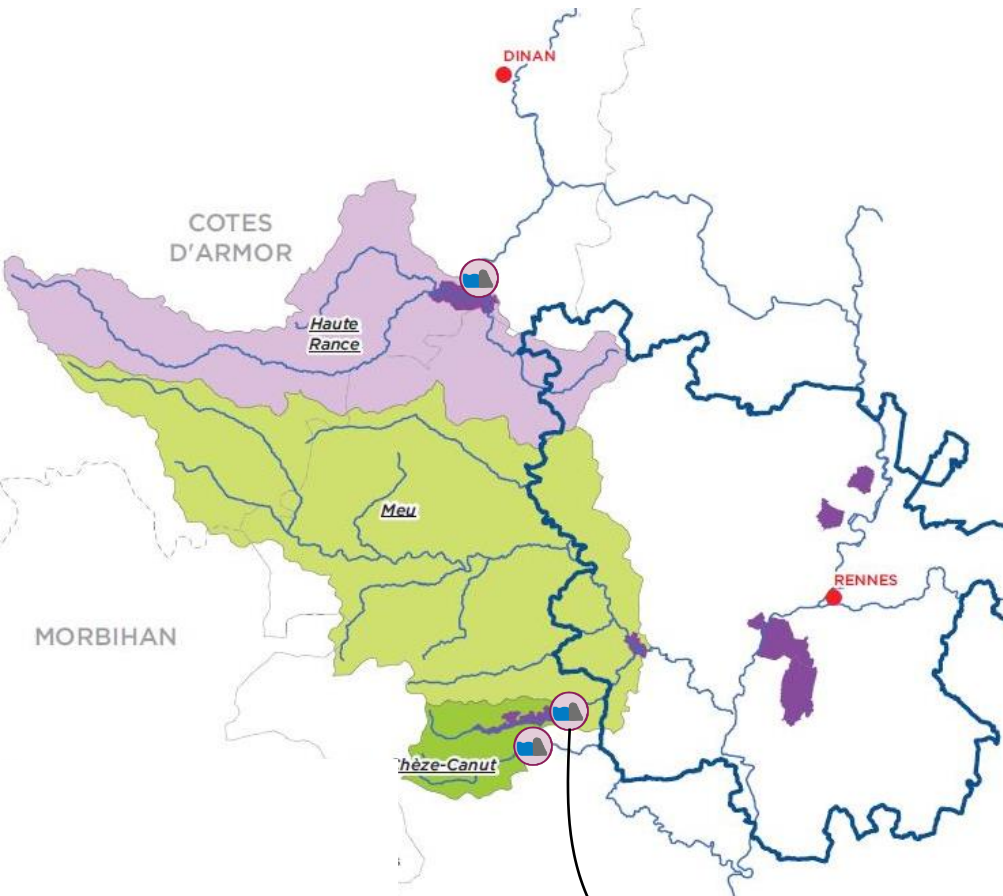
Baisse en basses eaux
Augmentation en hautes eaux
Modification des régimes

Saisonnalité

Allongement de la saison estivale
Décalage des saisons dans le temps

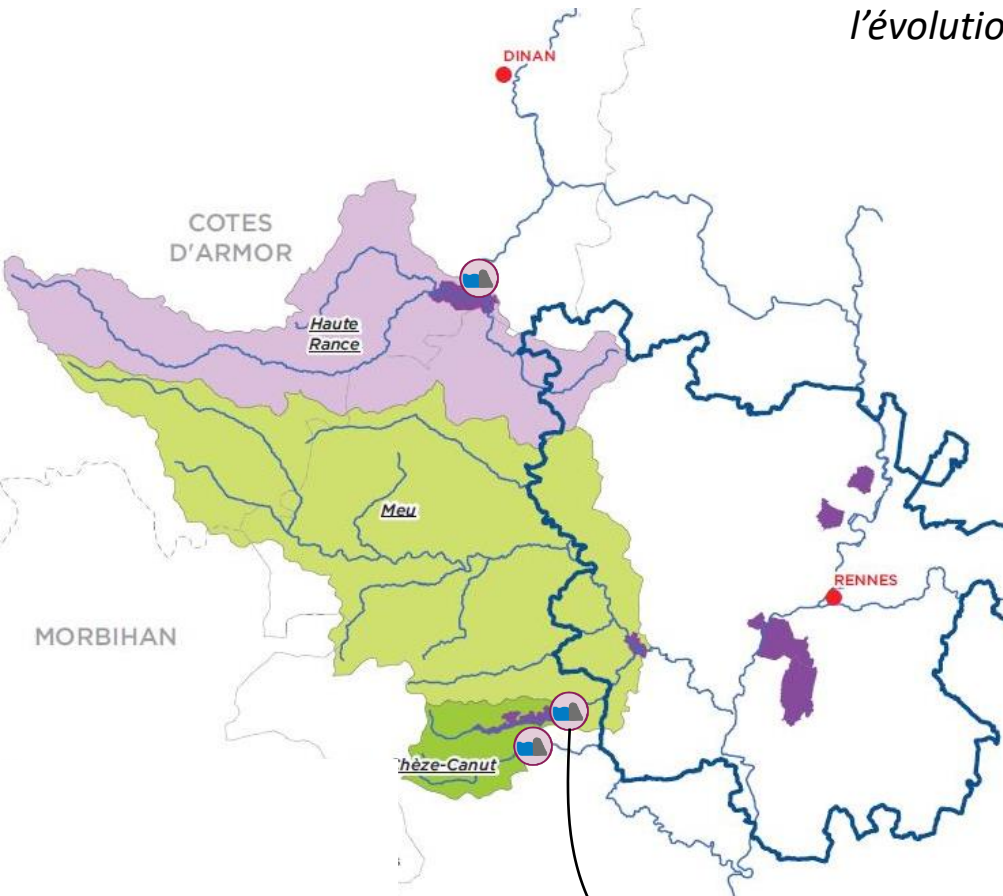
Conclusions similaires aux travaux antérieurs
sur le changement climatique en Bretagne :
(Dubreuil et al., 2018, Lamy 2013)

Évolution du niveau du barrage de la Chèze

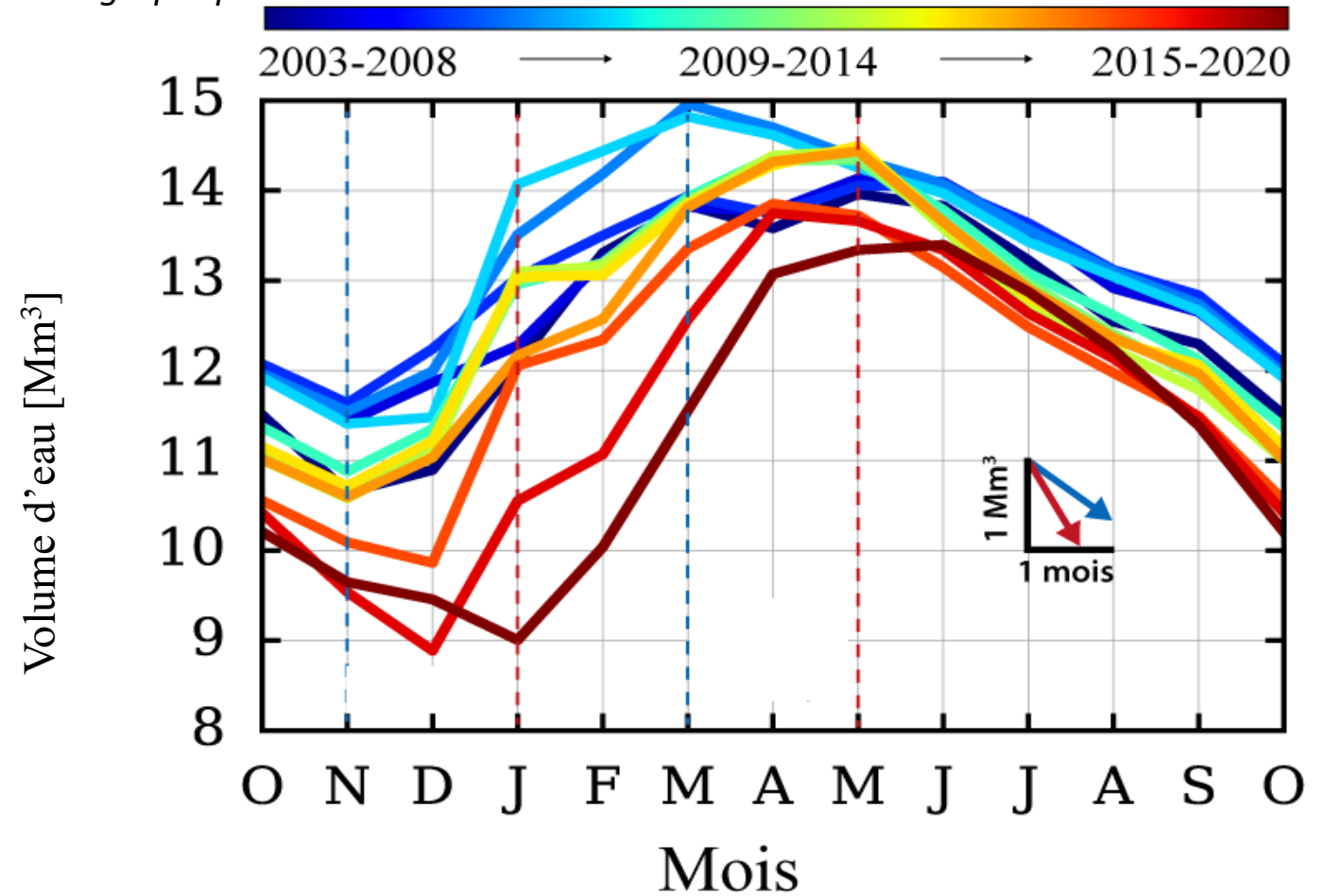


Évolution du niveau du barrage de la Chèze

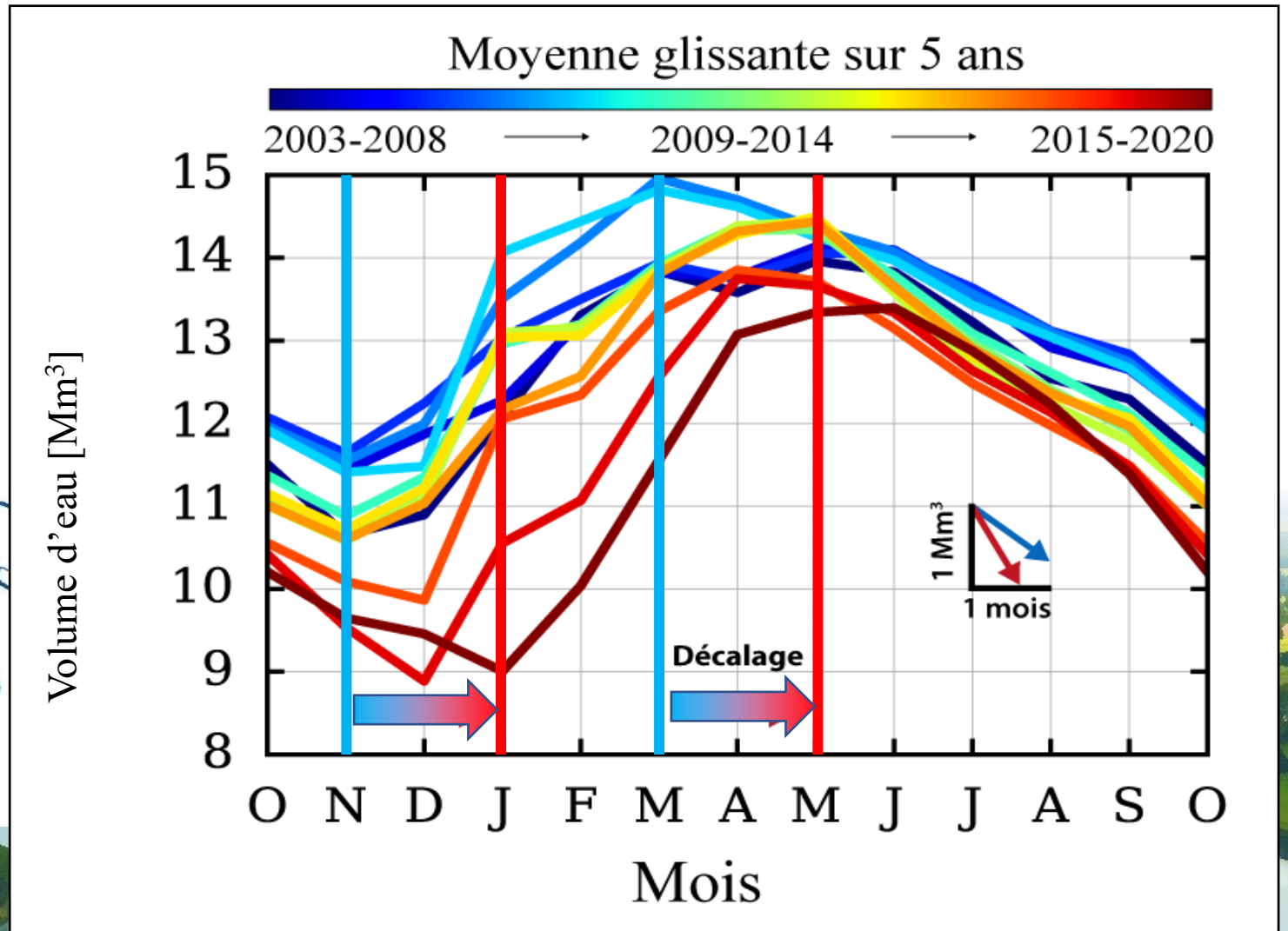
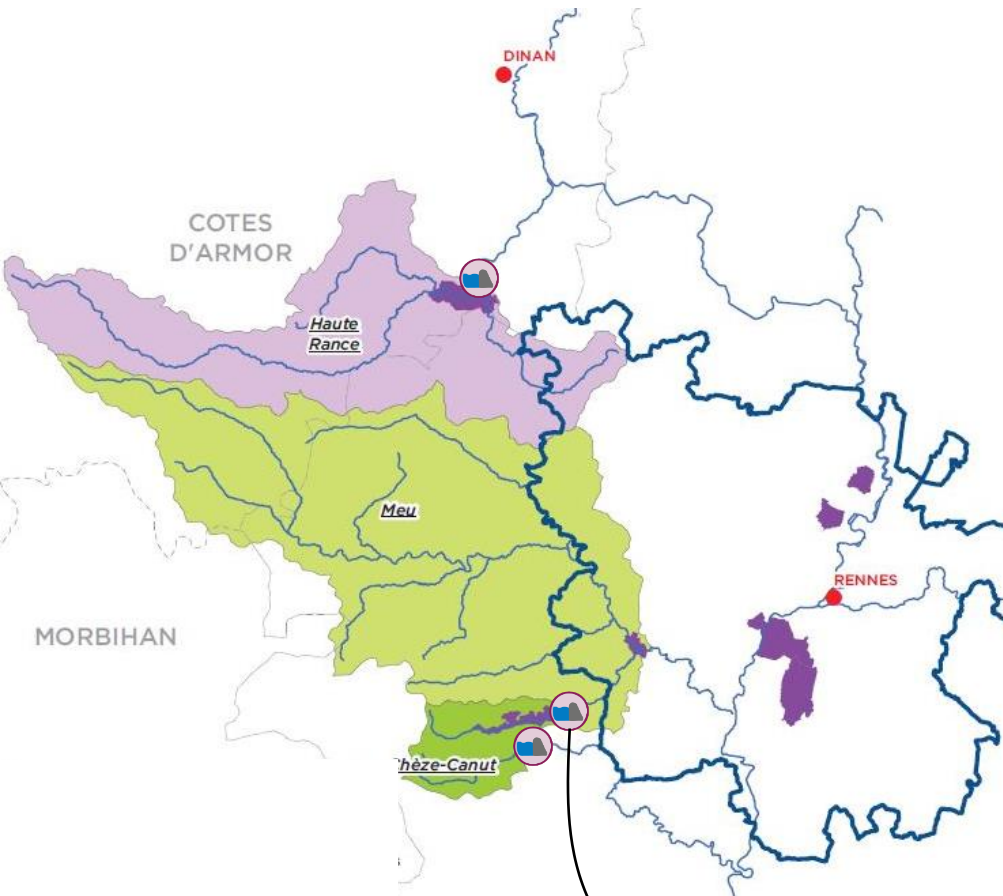
Données corrigées de
l'évolution démographique



Moyenne glissante sur 5 ans



Évolution du niveau du barrage de la Chèze



Un décalage dans le temp des bas niveaux et du maximum de remplissage
+ un niveau qui baisse plus bas et monte moins haut

1) Contexte et évolution hydro(géo)climatique

Mieux comprendre le passé pour anticiper le futur

2) Modélisation hydrogéologique et calibration à partir des cours d'eau

Représenter au mieux les données observées sur le terrain

3) Simulation et prédiction des cours d'eau intermittents

Vers un nouvel indicateur de la résilience des bassins-versants

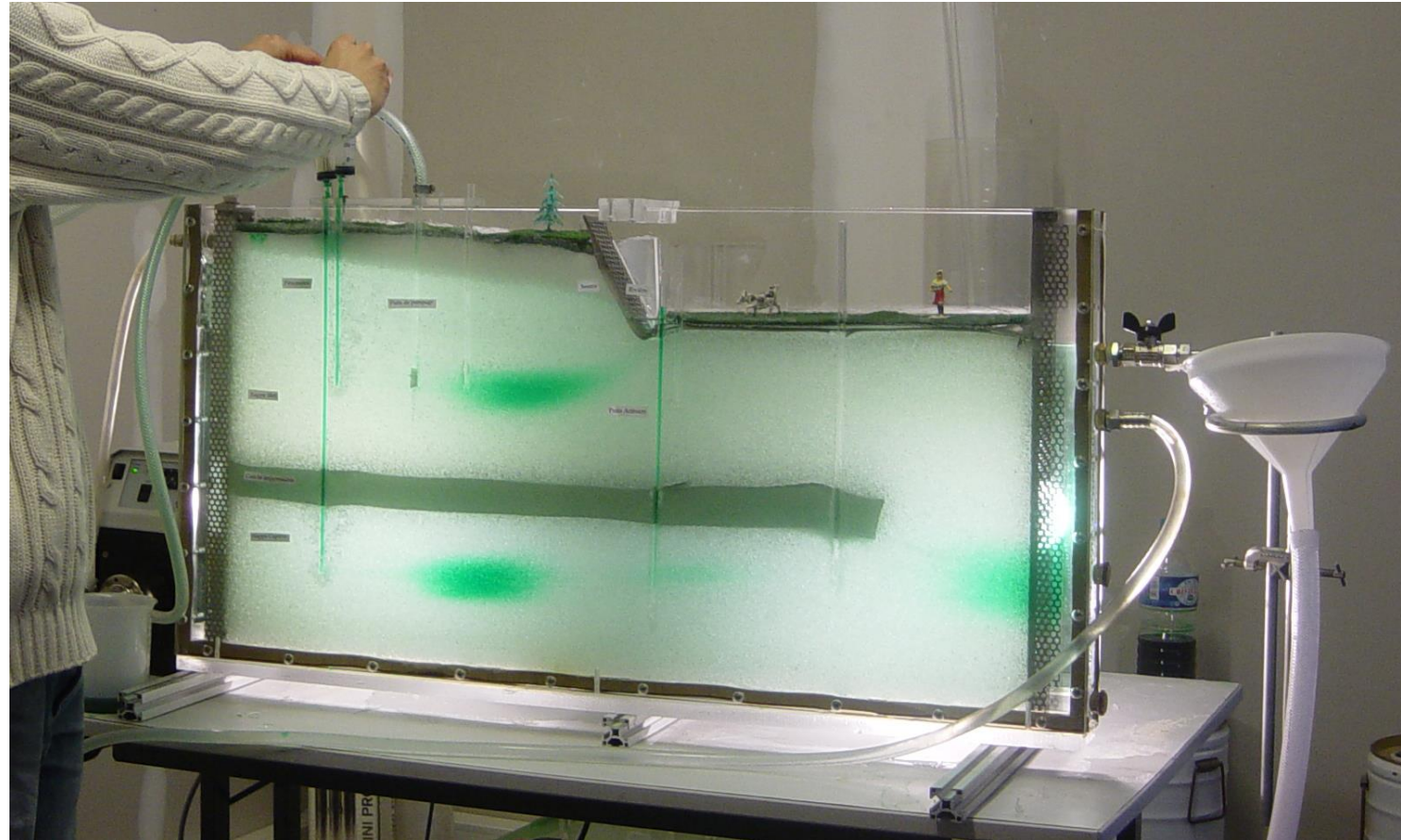
4) Application des outils aux bassins-versants stratégiques du territoire

Projections hydro(géo)logiques en amont d'ouvrages de captage ou de rejet en rivière

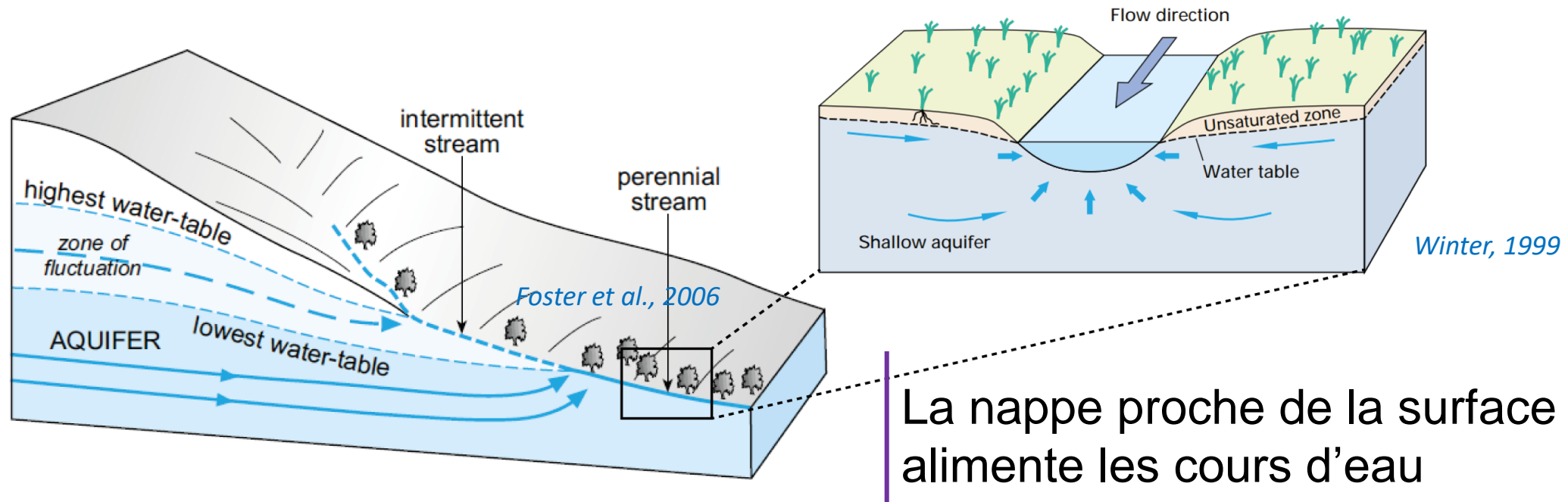
Conclusion et perspectives

Changement climatique, modification des écoulements d'eau souterraine et qualité de l'eau

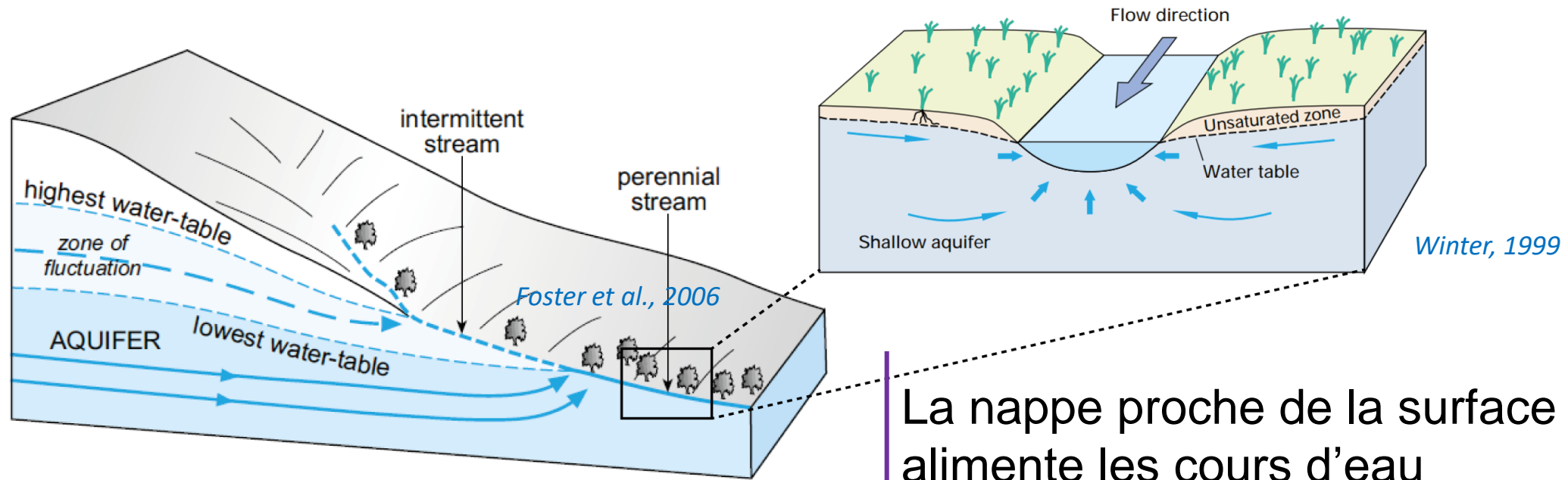
L'hydrogéologie du Massif Armoricain : les interactions surface-subsurface



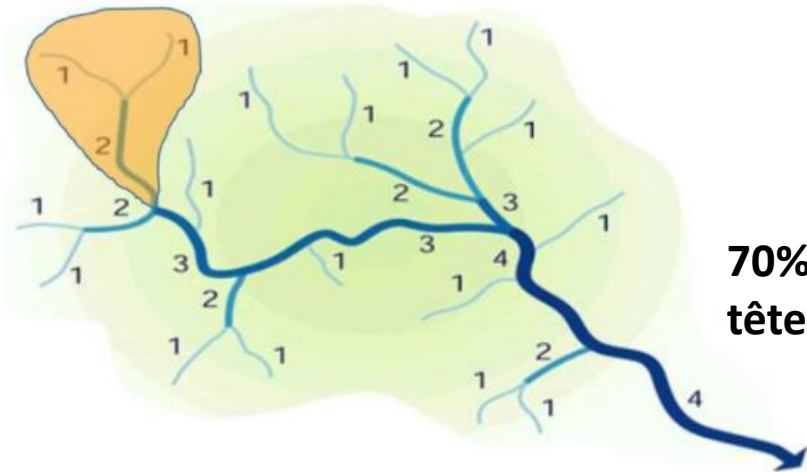
L'hydrogéologie du Massif Armoricain : les interactions surface-subsurface



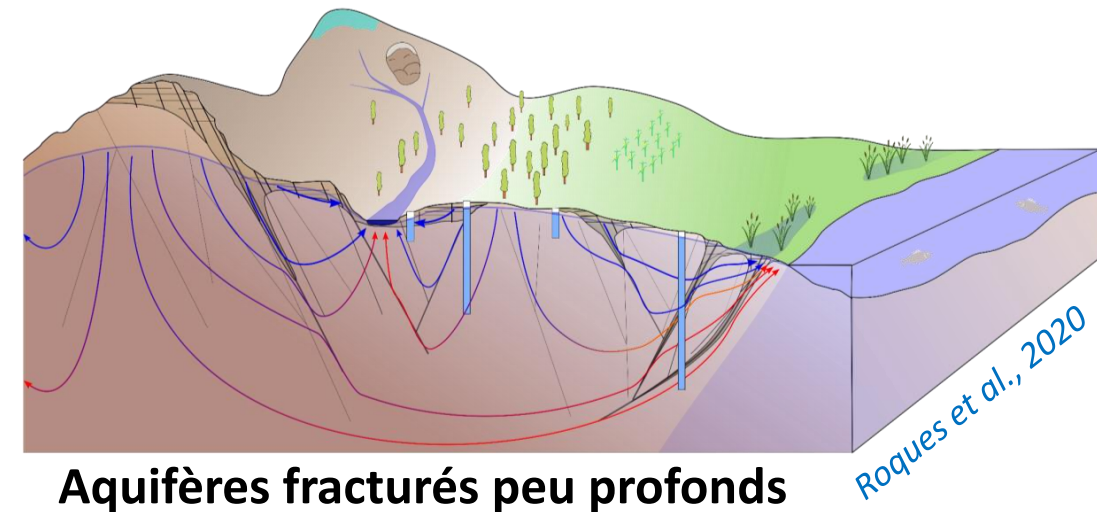
L'hydrogéologie du Massif Armoricain : les interactions surface-subsurface



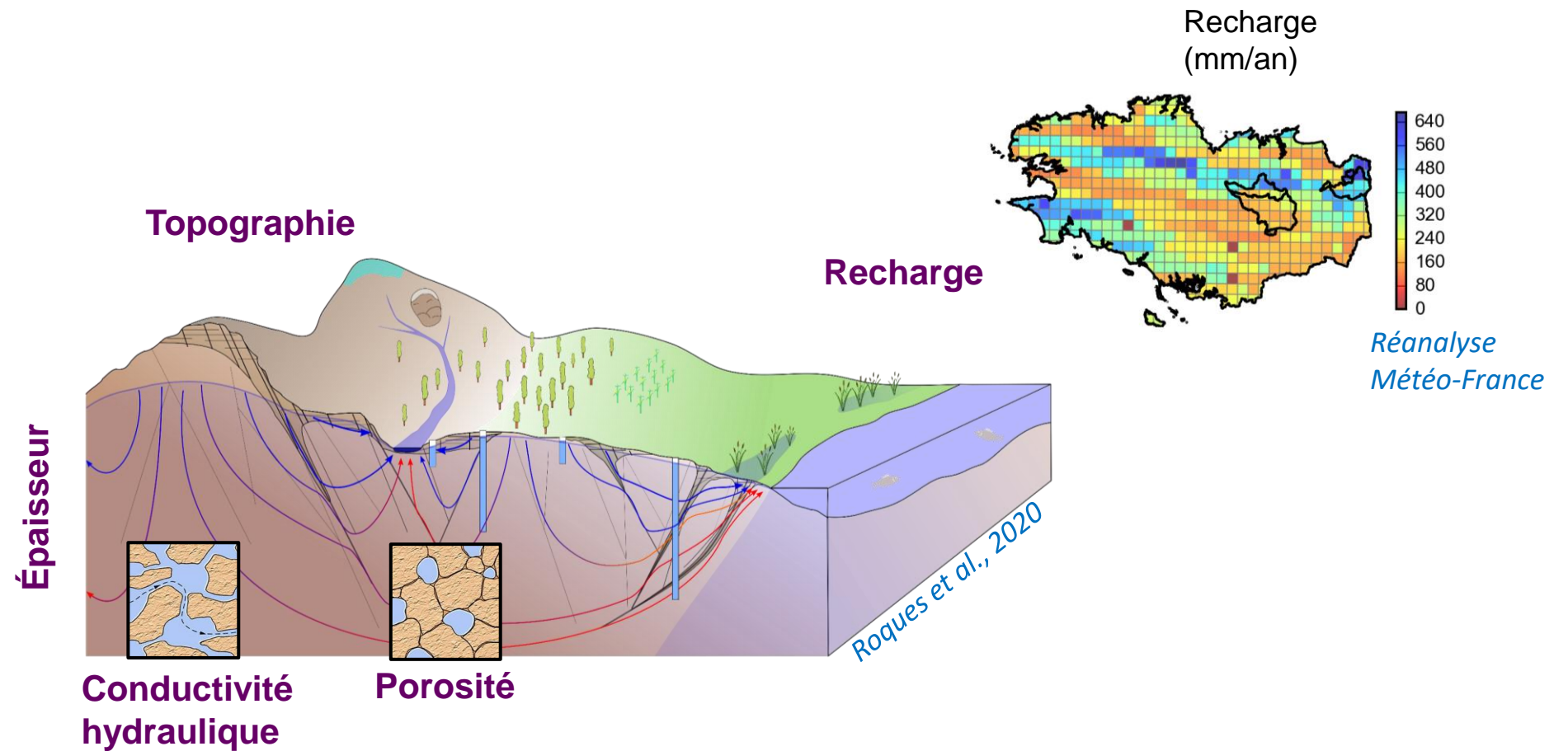
La nappe proche de la surface alimente les cours d'eau



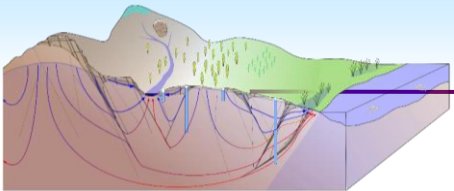
70% du linéaire =
têtes de BV



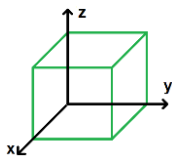
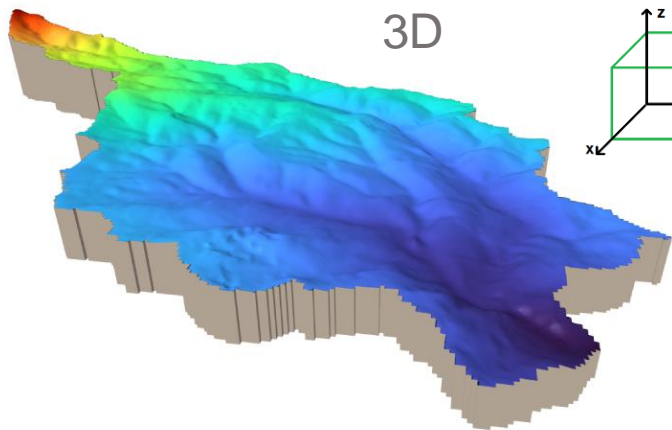
L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



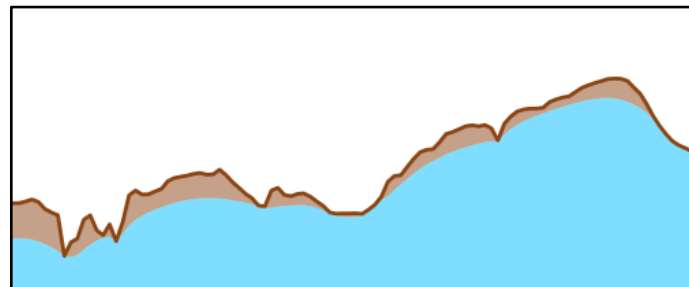
L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



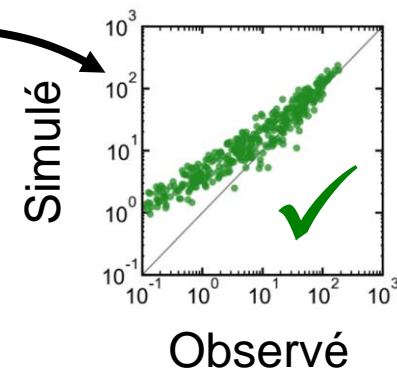
Développement
3D



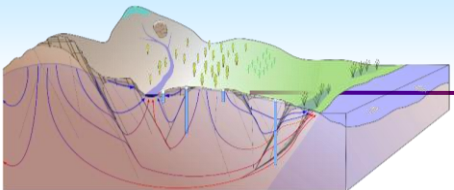
1) Evolution du niveau de la nappe



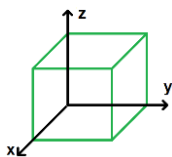
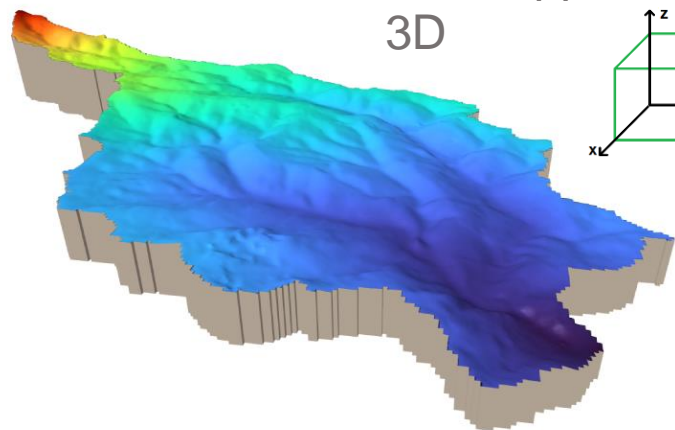
Calibration



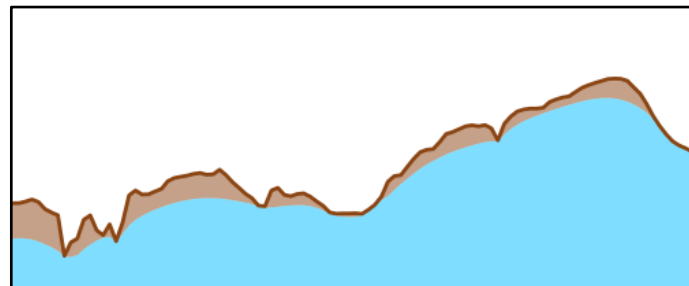
L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



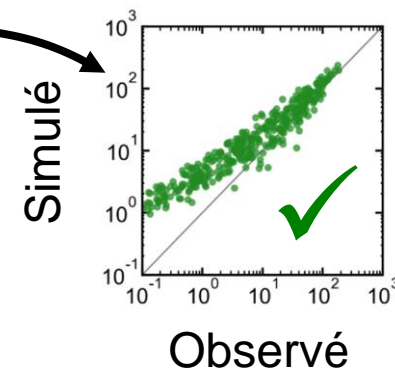
Développement
3D



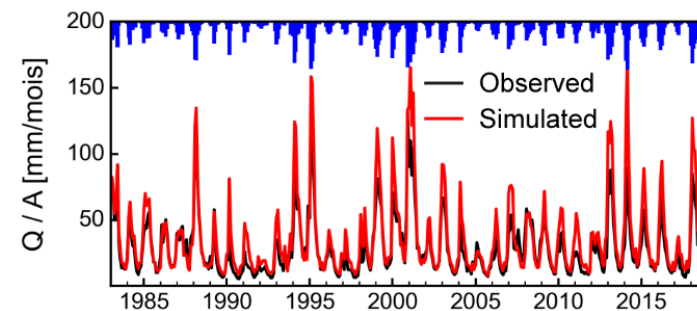
1) Evolution du niveau de la nappe



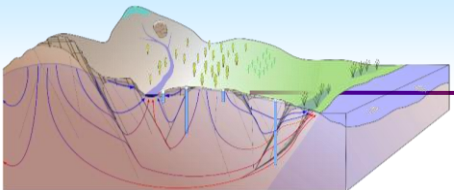
Calibration



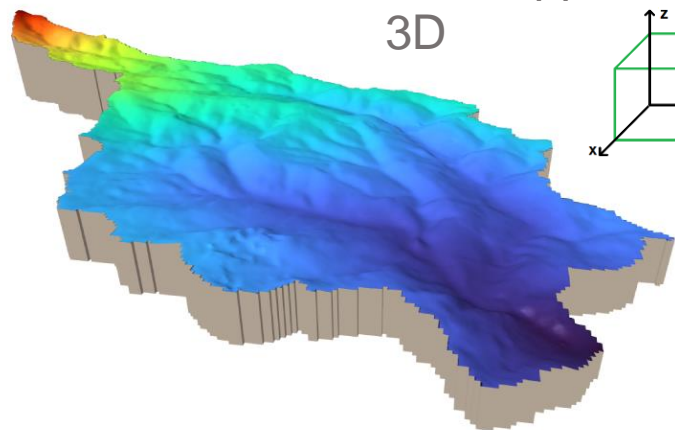
2) Débit des rivières



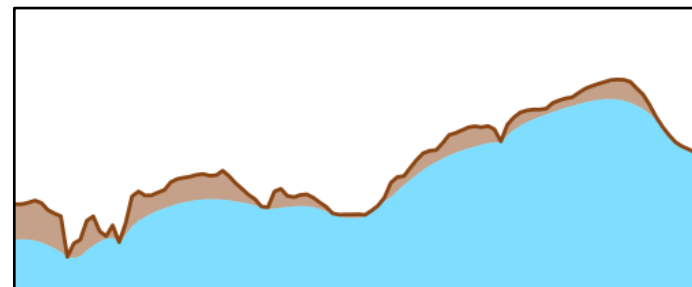
L'approche générale de modélisation hydrogéologique appliquée



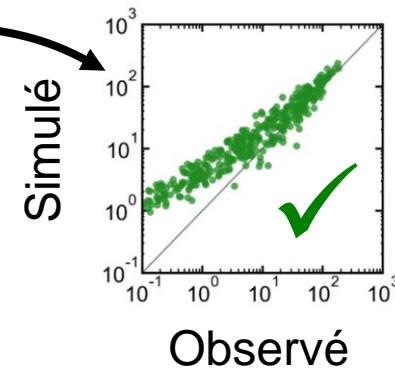
Développement
3D



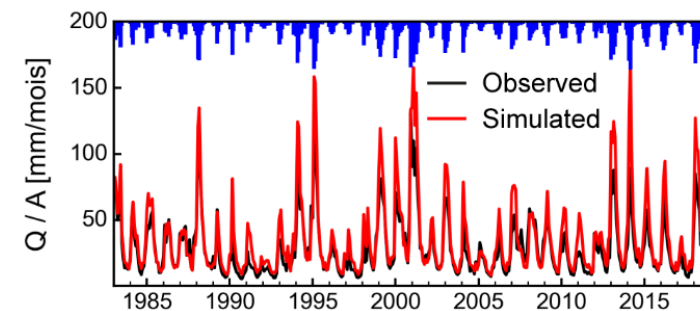
1) Evolution du niveau de la nappe



Calibration

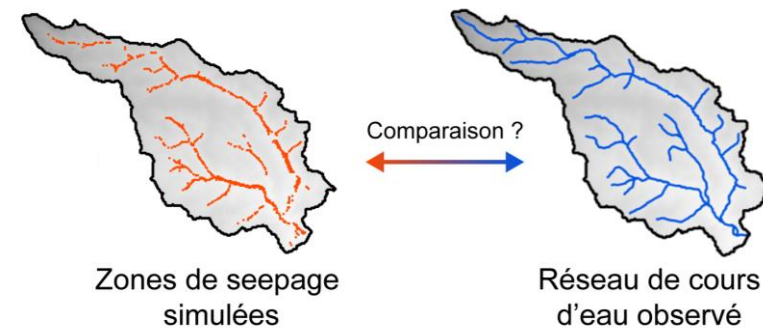


2) Débit des rivières



3) Réseau hydrographique

Abhervé et al, 2022



1) Contexte et évolution hydro(géo)climatique du bassin rennais

Mieux comprendre le passé pour anticiper le futur

2) Modélisation hydrogéologique et calibration à partir des cours d'eau

Représenter au mieux les données observées sur le terrain

3) Simulation et prédiction des cours d'eau intermittents

Vers un nouvel indicateur de la résilience des bassins-versants

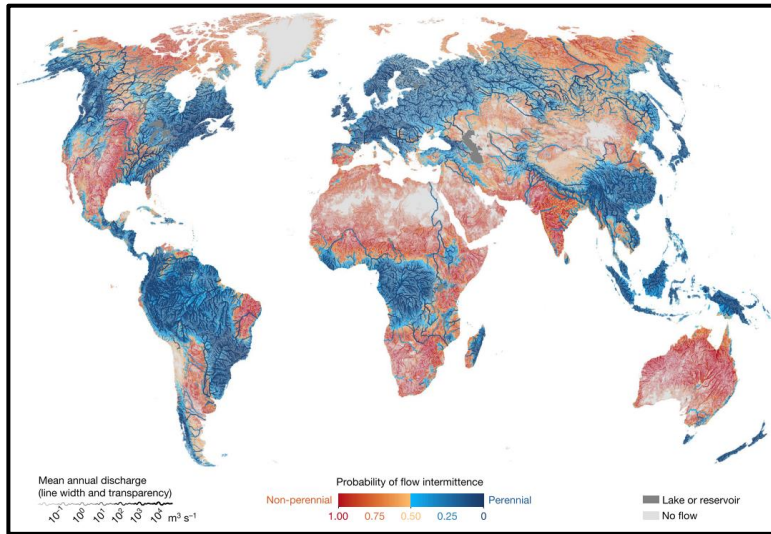
4) Application des outils aux bassins-versants stratégiques du territoire

Projections hydro(géo)logiques en amont d'ouvrages de captage ou de rejet en rivière

Conclusion et perspectives

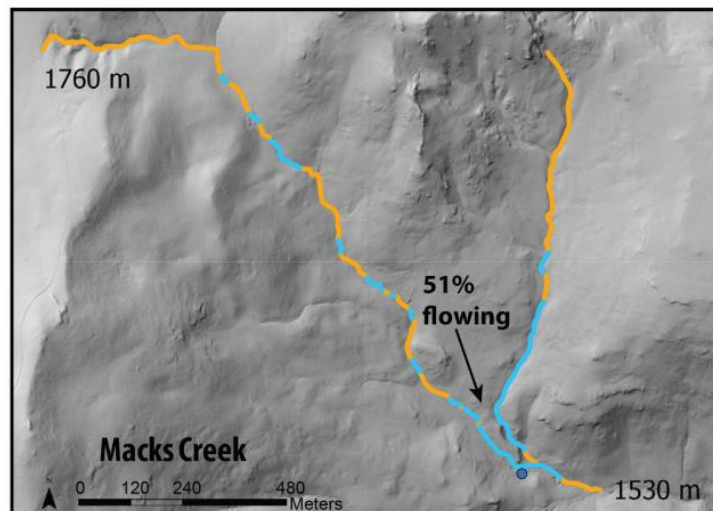
Changement climatique, modification des écoulements d'eau souterraine et qualité de l'eau

Modélisation de l'intermittence des cours d'eau



(Messenger et al., 2021)

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

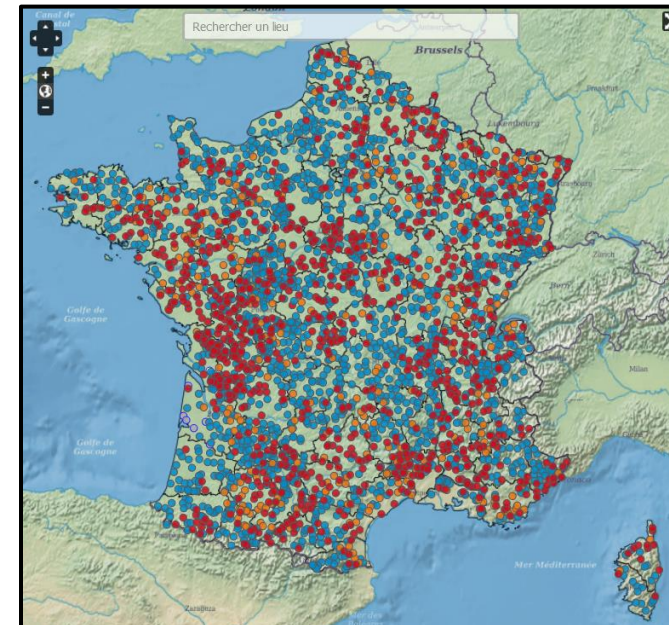


(Warix et al., 2021)

Mars



Juillet

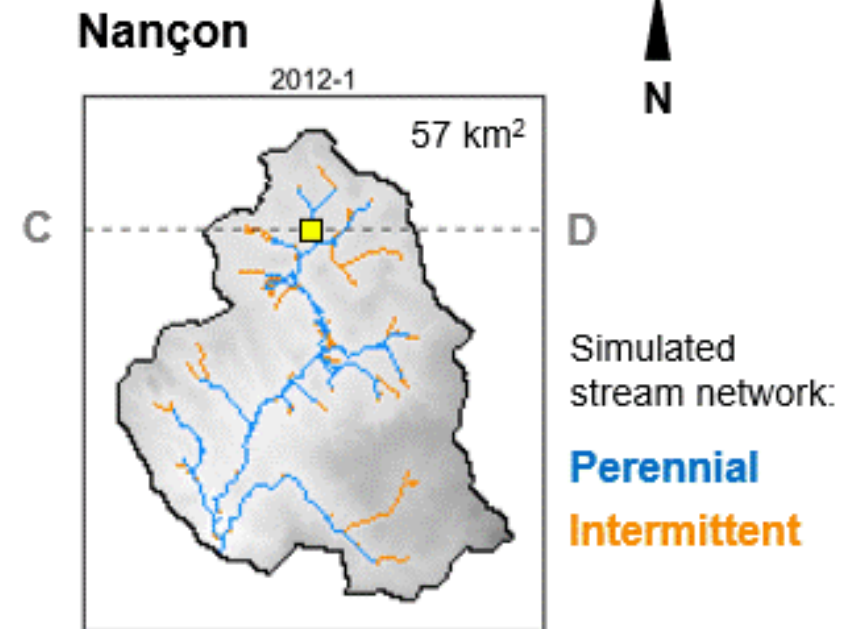
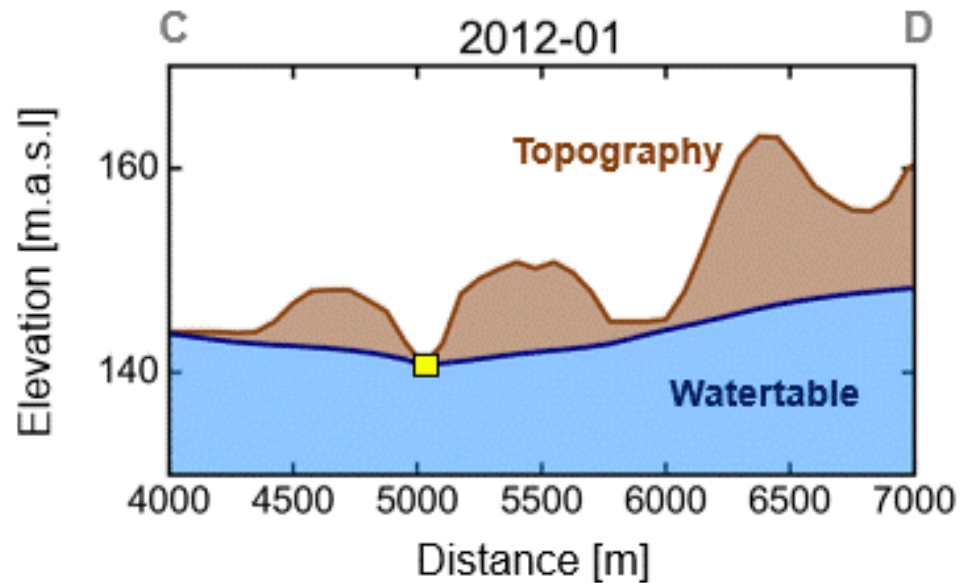
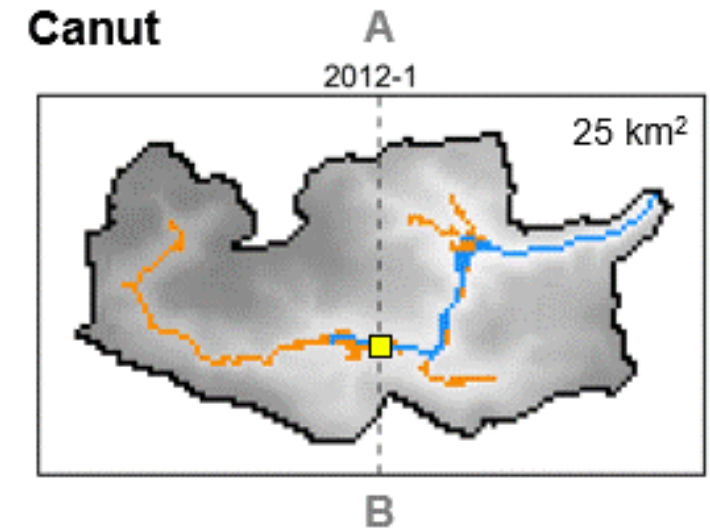
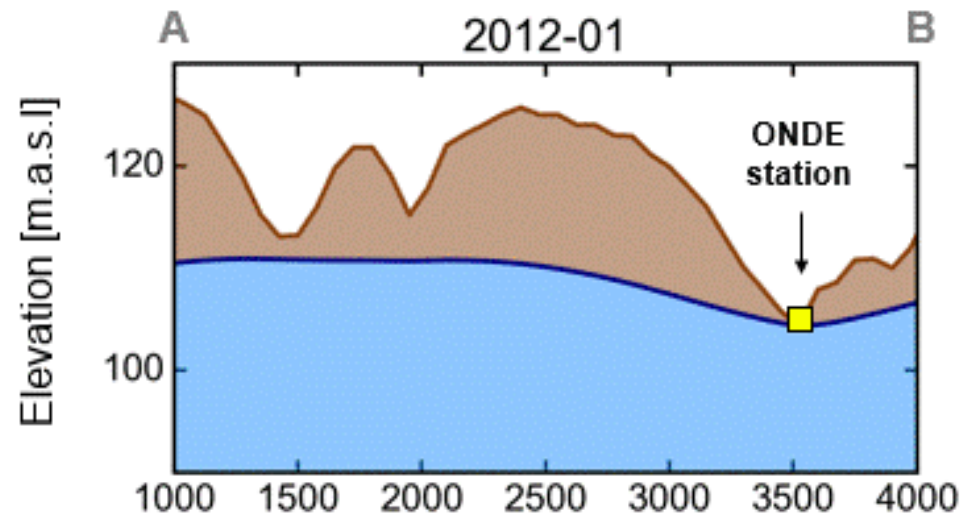
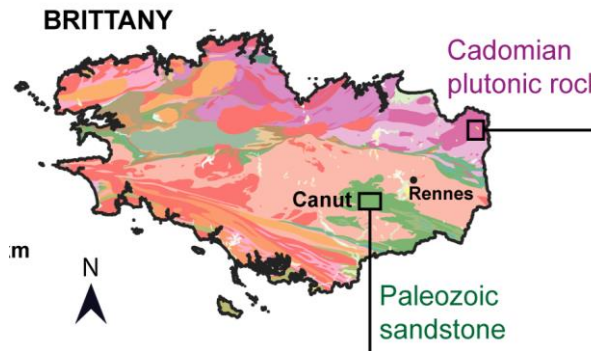


1 obs. par mois de mai à oct.

Écoulement
visible
non visible
assec

Observatoire National Des Étiages (ONDE) – OFB 2022

Contrôles hydrogéologiques et capacité de stockage des bassins-versants



Simulated stream network:

Perennial
Intermittent

Simulation mensuelle de 2012 à 2019

1) Contexte et évolution hydro(géo)climatique du bassin rennais

Mieux comprendre le passé pour anticiper le futur

2) Modélisation hydrogéologique et calibration à partir des cours d'eau

Représenter au mieux les données observées sur le terrain

3) Simulation et prédiction des cours d'eau intermittents

Vers un nouvel indicateur de la résilience des bassins-versants

4) Application des outils aux bassins-versants stratégiques du territoire

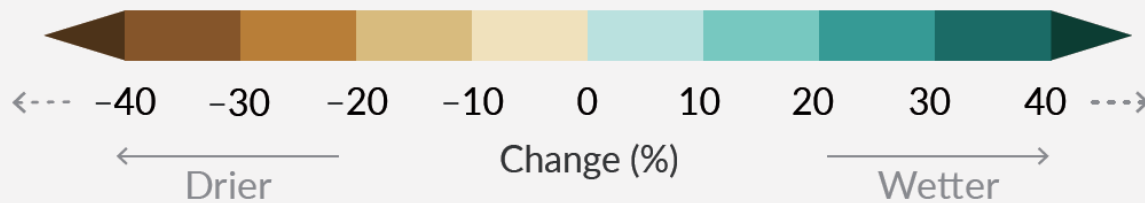
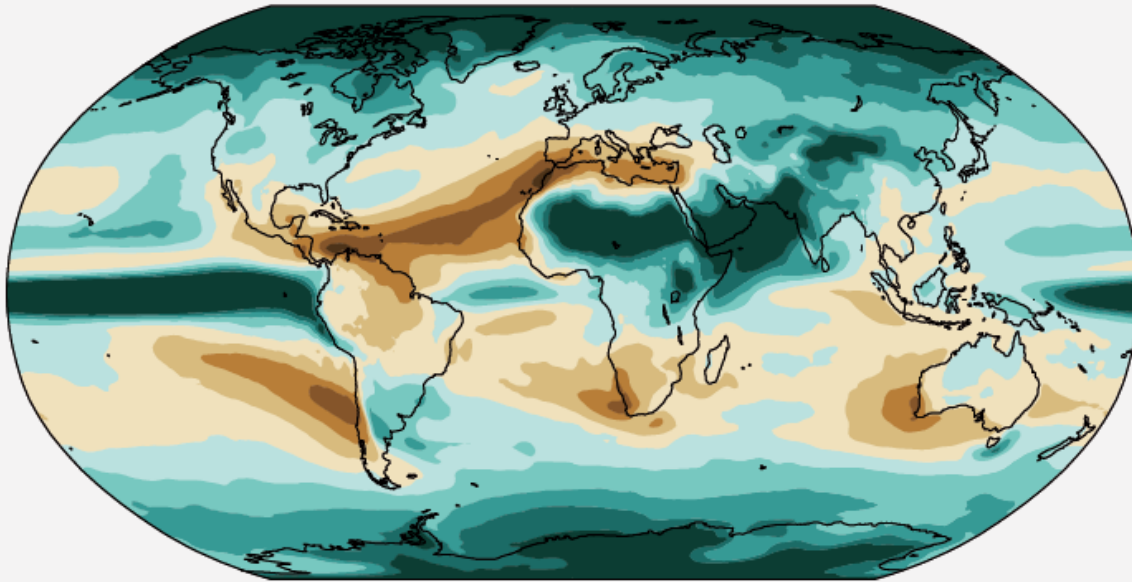
Projections hydro(géo)logiques en amont d'ouvrages de captage ou de rejet en rivière

Conclusion et perspectives

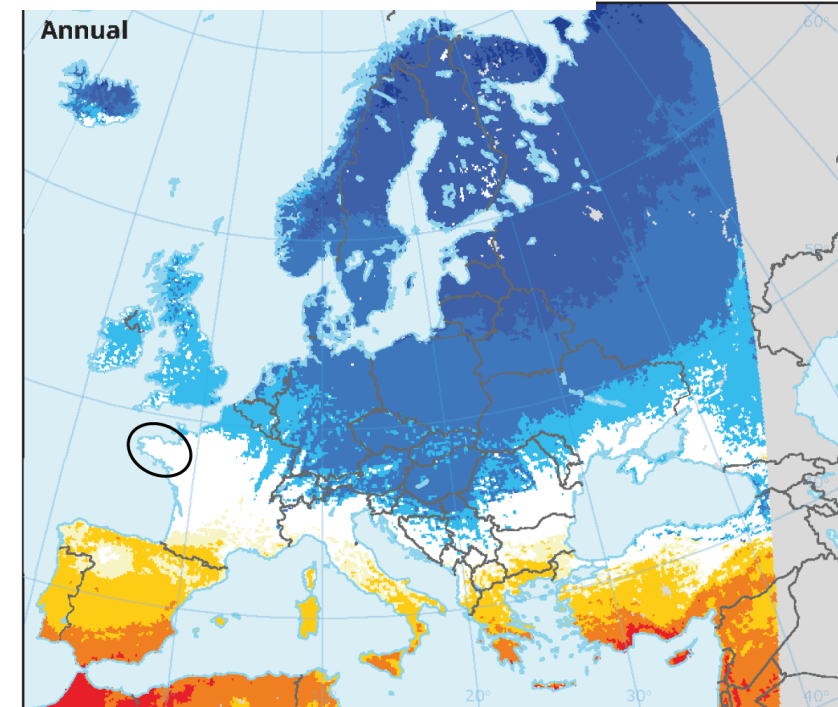
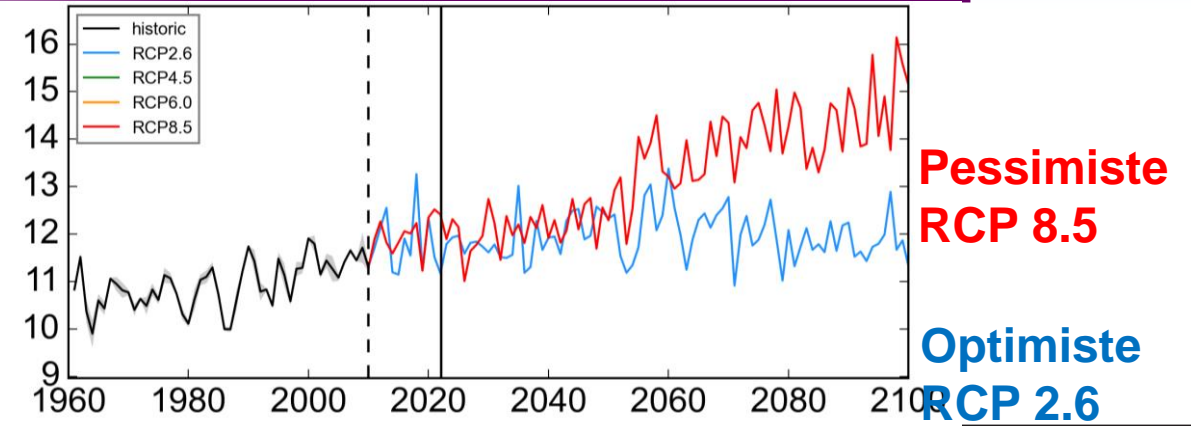
Changement climatique, modification des écoulements d'eau souterraine et qualité de l'eau

La Bretagne : une zone transition majeure

Simulated change at 4°C global warming



Source: IPCC, 2022



Projected change in annual (left) and summer (right) precipitation



Outside coverage

0 500 1 000 1 500 km

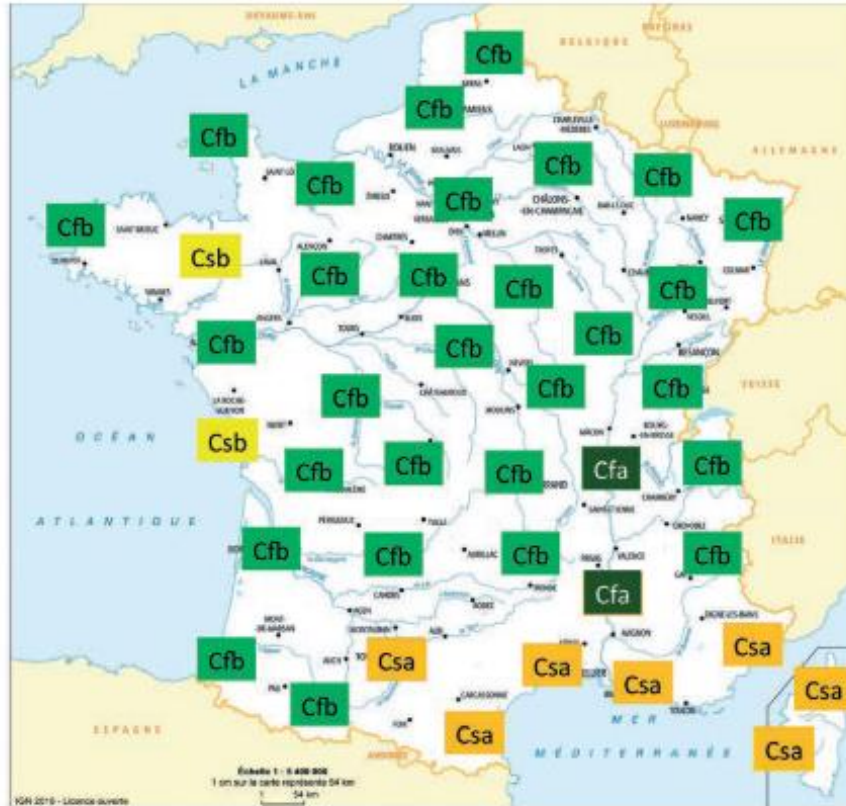
Vers un climat méditerranéen à Rennes

Dubreuil, 2022

(a)

Observé
Moyennes
1988-2017

- D Montagnard
- Cfb Breton
- Csb Charentais
- Cfa Danubien
- Csa Méditerranéen
- BSH Sicilien
- Cwb Mexicain
- Cwa Subtropical
- BSk Sarde
- BW Tunisien



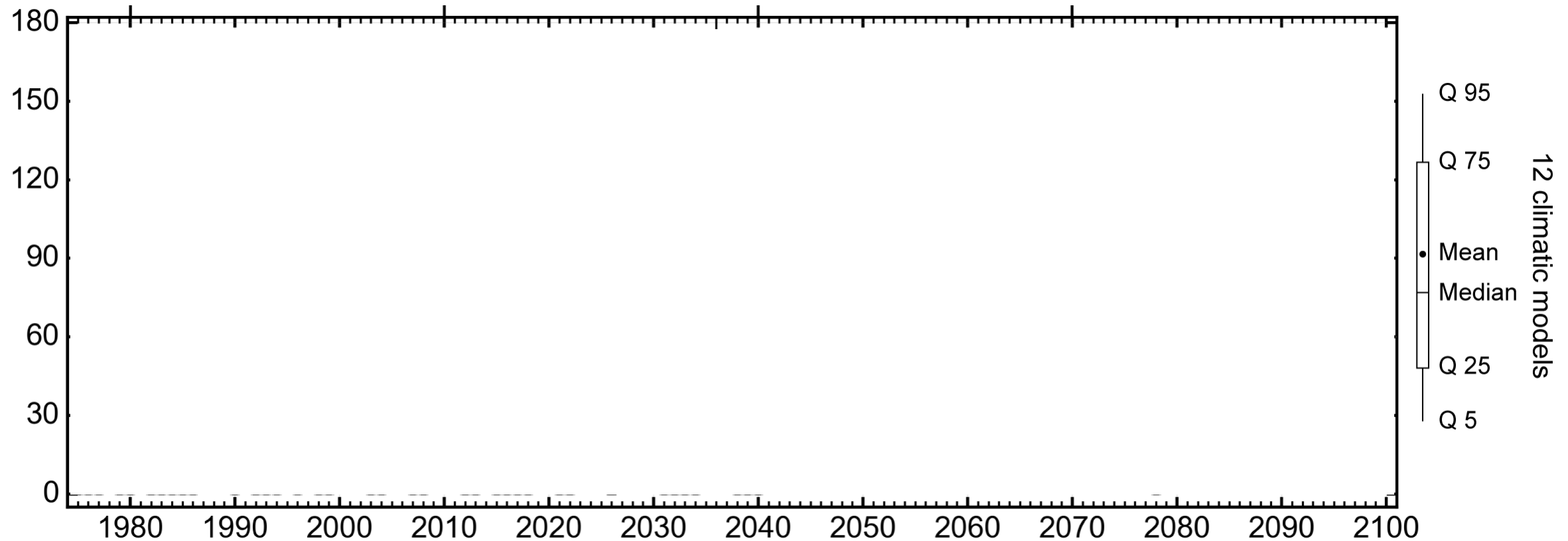
(a)

RCP-8.5
2071-2100
Moyennes
DRIAS-2020
CNRM-CM5



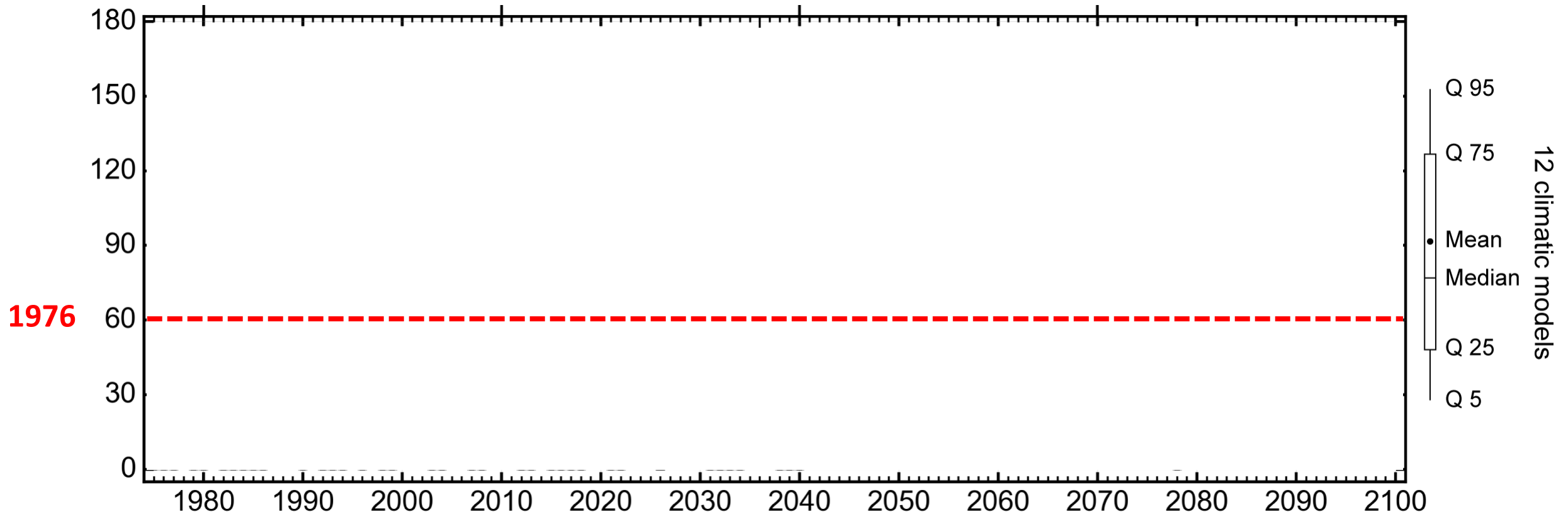
Succession des épisodes de sécheresses

Nombre de jours chaque année où la recharge est inférieure à 1 mm/jour



Succession des épisodes de sécheresses

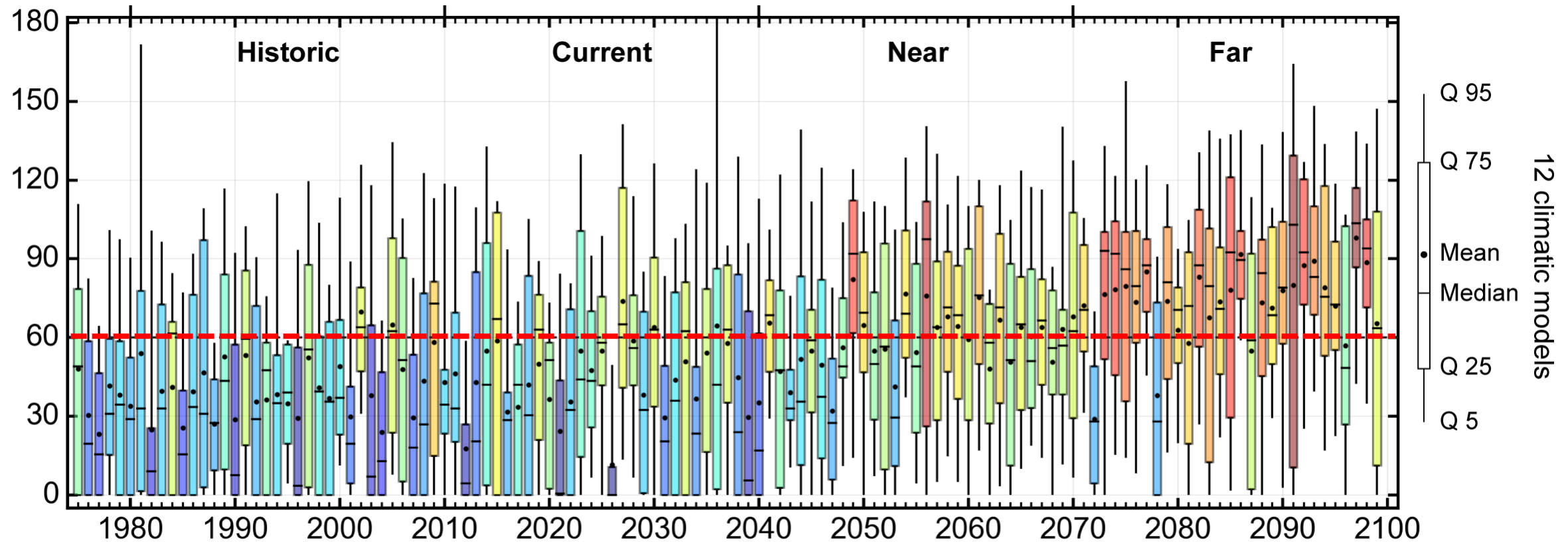
Nombre de jours chaque année où la recharge est inférieure à 1 mm/jour



Succession des épisodes de sécheresses

Nombre de jours chaque année où la recharge est inférieure à 1 mm/jour

1976



Succession des épisodes de sécheresses

Nombre de jours chaque année où la recharge est inférieure à 1 mm/jour

Combien d'années avec au moins **60 jours** sans recharge (ou sans pluie) ?

Et combien d'années **consécutives** ?

2 sur 30

1

3 sur 30

1

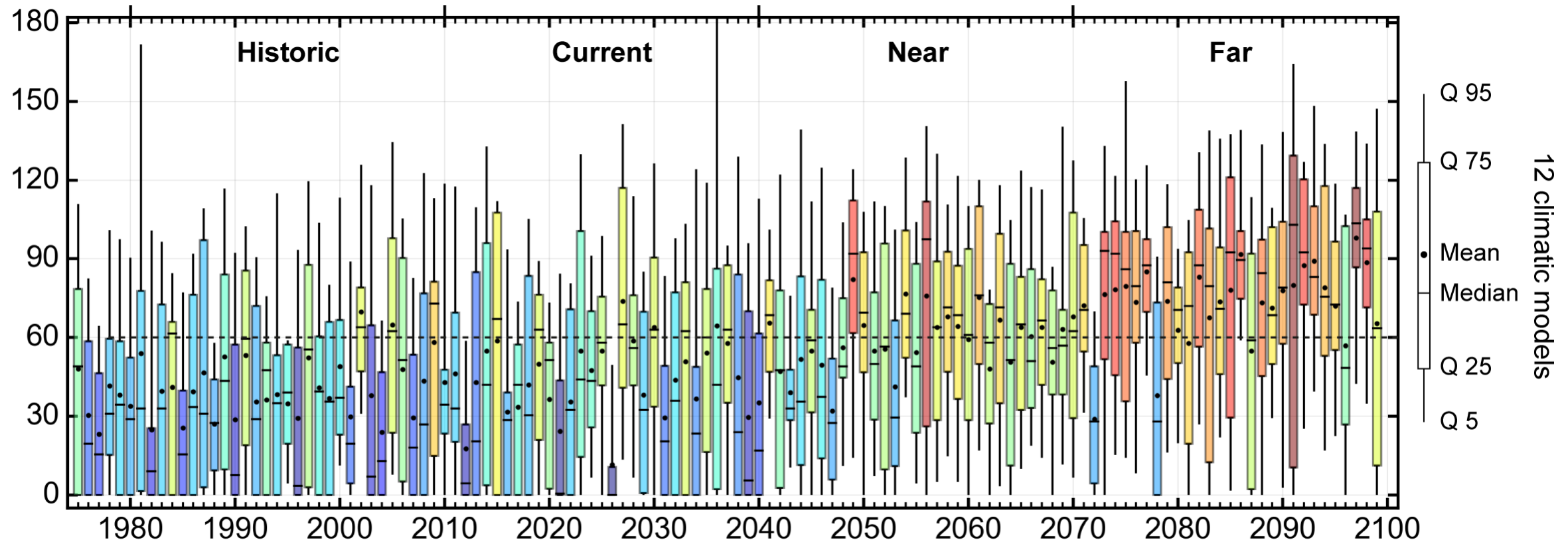
15 sur 30

4

25 sur 30

8

1976



1) Contexte et évolution hydro(géo)climatique du bassin rennais

Mieux comprendre le passé pour anticiper le futur

2) Modélisation hydrogéologique et calibration à partir des cours d'eau

Représenter au mieux les données observées sur le terrain

3) Simulation et prédiction des cours d'eau intermittents

Vers un nouvel indicateur de la résilience des bassins-versants

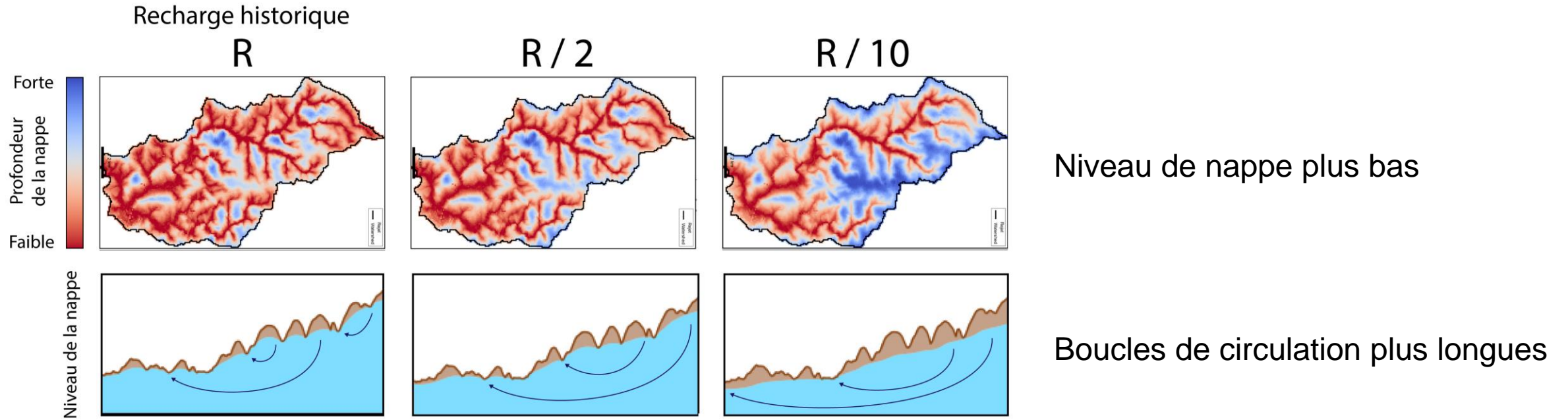
4) Application des outils aux bassins-versants stratégiques du territoire

Projections hydro(géo)logiques en amont d'ouvrages de captage ou de rejet en rivière

Conclusion et perspectives

Changement climatique, modification des écoulements d'eau souterraine et qualité de l'eau

Perspectives : impact potentiel sur la qualité de l'eau



Perspectives : impact potentiel sur la qualité de l'eau

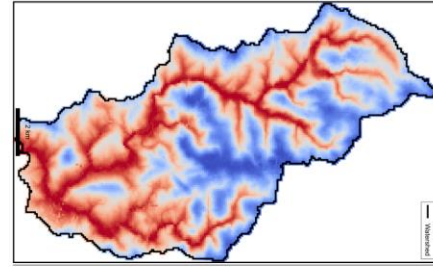
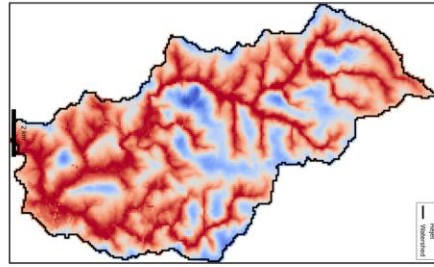
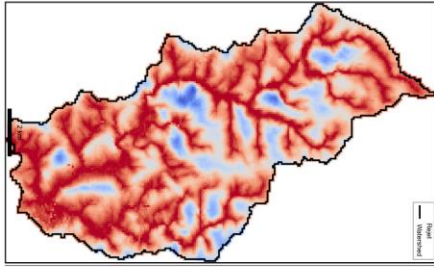
Recharge historique

R

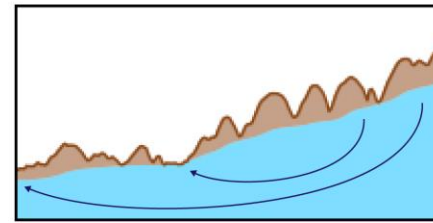
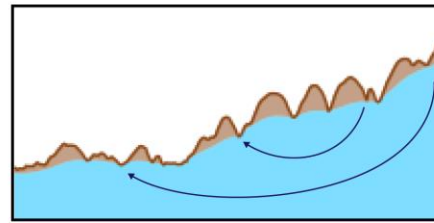
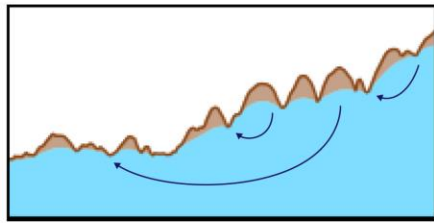
R / 2

R / 10

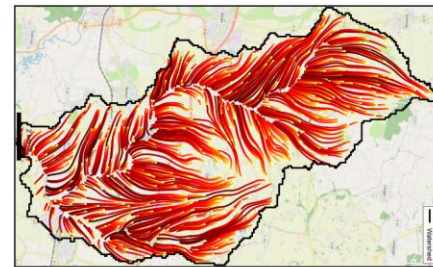
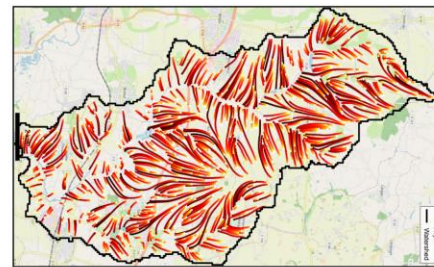
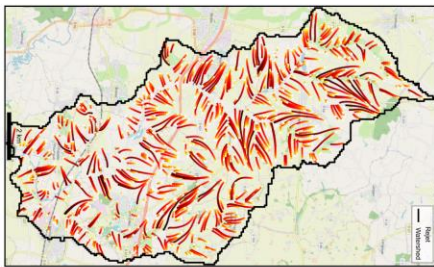
Forte
Profondeur
de la nappe
Faible



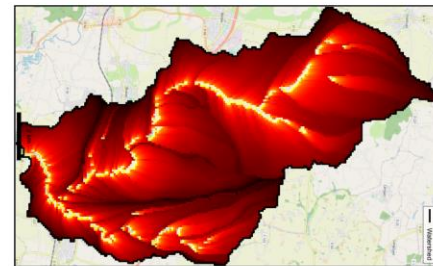
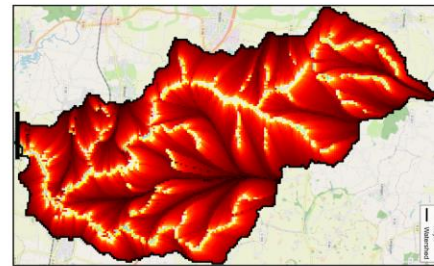
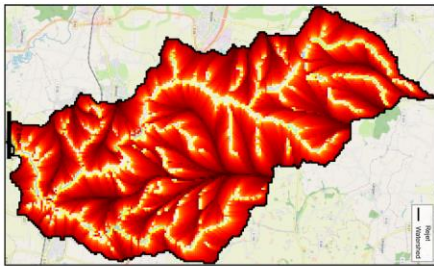
Niveau de la nappe



Lignes d'écoulement



Fort
Temps
de résidence
Faible



Niveau de nappe plus bas

Boucles de circulation plus longues

Trajectoire des écoulements modifiée

Temps de résidence moyen plus élevé

Une démarche de modélisation hydrogéologique innovante pour prédire les ressources en eau du bassin rennais sous l'effet du changement climatique

Merci de votre écoute

Barrage de la Chèze

