

5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de

l'eau

100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE

Comprendre les interactions entre climat et géologie pour décrire la résilience des ressources en eau face au changement climatique



Creseb



Géosciences pour une Terre durable

brgm

UNIVERSITÉ DE
RENNES 1

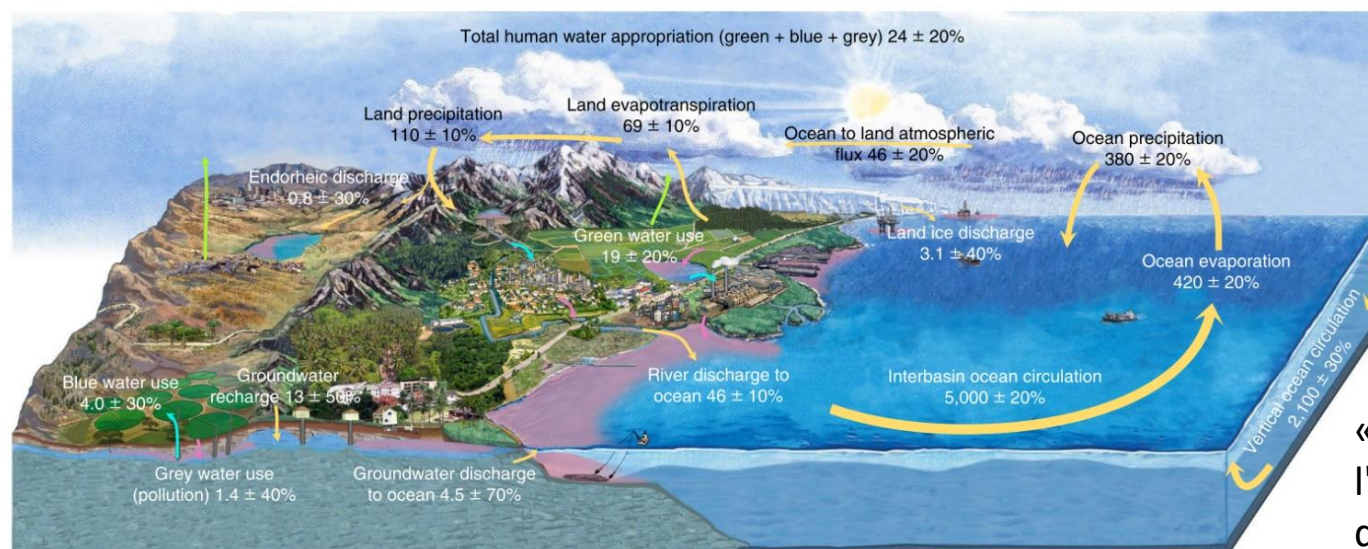
EAU DU BASSIN
RENNAIS
COLLECTIVITÉ

METROPOLE
rennes

FONDATION
RENNES 1

Clément Roques, Université Rennes 1, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes

Nicolas Cornette, Ronan Abhervé, Virginie Maret, Jean Raynald de Dreuzy, Alexandre Boisson, Luc Aquilina, Laurent Longuevergne, Josette Launay et Guillaume Pajot



« [...] l'appropriation de l'eau douce par l'homme équivaut désormais à la moitié du débit mondial des rivières (Abbott et al. 2019). »

Anthropogenic stresses on the world's big rivers

Jim Best

(* *les pressions anthropiques sur les grands fleuves du monde*)

The world's big rivers and their floodplains were central to development of civilization and are now home to c. 2.7 billion people. They are economically vital whilst also constituting some of the most diverse habitats on Earth. However, a number of anthropogenic stressors, including large-scale damming, hydrological change, pollution, introduction of non-native species and sediment mining, challenge their integrity and future, as never before. The rapidity and extent of such change is so great that large-scale, and potentially irreparable, transformations may ensue in periods of years to decades, with ecosystem collapse being possible in some big rivers. Prioritizing the fate of the world's great river corridors on an international political stage is imperative. Future sustainable management, and establishment of environmental flow requirements for the world's big rivers, must be supported through co-ordinated international funding, and trans-continental political agreement to monitor these rivers, finance their continual upkeep and help ameliorate increasing anthropogenic pressures. To have any effect, all of these must be set within an inclusive governance framework across scales, organizations and local populace.

100%
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE

Anthropogenic stresses on the world's big rivers

(* les pressions anthropiques sur les grands fleuves du monde)

Jim Best

LETTER

The world's big rivers are under increasing anthropogenic pressures. They are essential for global food security, and their degradation is a major environmental and economic problem. Addressing these challenges requires a paradigm shift in water management, from a focus on supply to a focus on demand management and ecosystem health. This is a global challenge that requires international cooperation and leadership. The world's big rivers are under increasing anthropogenic pressures. They are essential for global food security, and their degradation is a major environmental and economic problem. Addressing these challenges requires a paradigm shift in water management, from a focus on supply to a focus on demand management and ecosystem health. This is a global challenge that requires international cooperation and leadership.

<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1594-4>

Environmental flow limits to global groundwater pumping

(*limites du flux environnemental disponible au pompage de l'eau souterraine)

Inge E. M. de Graaf^{1,2,3*}, Tom Gleeson⁴, L. P. H. (Rens) van Beek², Edwin H. Sutanudjaja² & Marc F. P. Bierkens^{2,5}

Groundwater is the world's largest freshwater resource and is critically important for irrigation, and hence for global food security^{1–3}. Already, unsustainable groundwater pumping exceeds recharge from precipitation and rivers⁴, leading to substantial drops in the levels of groundwater and losses of groundwater from its storage, especially in intensively irrigated regions^{5–7}. When groundwater levels drop, discharges from groundwater to streams decline, reverse in direction or even stop completely, thereby decreasing streamflow, with potentially devastating effects on aquatic ecosystems. Here we link declines in the levels of

affecting infrastructure and increasing flood risks in coastal cities¹. Last, declining groundwater levels reduce the groundwater discharge that is essential for sustaining river flows, lake levels, springs, groundwater-fed wetlands and related ecosystems, especially during droughts^{12,13}. The net result is a slow desiccation of the landscape, with the progression largely hidden by precipitation variability. The effect of groundwater pumping on groundwater discharge is our primary focus. The expected increase in groundwater dependence and the negative effects related to over-abstraction means we must urgently identify the limits to global groundwater pumping and determine where and when

Anthropogenic stresses on the world's big rivers

Jim Best

(* les pressions anthropiques sur les grands fleuves du monde)

LETTER

The world's big rivers are under increasing anthropogenic pressures. They are essential for large-scale, sustainable development, and being possible to manage them is an imperative. For rivers, financial and political support must be set with

<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1594-4>

Environmental flow limits to global groundwater pumping

(*limites du flux environnemental disponible au pompage de l'eau souterraine)

Inge E. M. de Graaf^{1,2,3*}

Groundwater is the world's critically important freshwater security¹⁻³. Already, unsustainable recharge from precipitation drops in the levels of groundwater from its storage, especially when groundwater levels to streams decline, thereby decreasing stream effects on aquatic ecosystems.

Water Resources Research

(*Hydrologie dans un contexte de changements globaux)

COMMISSIONED
MANUSCRIPT

10.1029/2018WR023903



Hillslope Hydrology in Global Change Research and Earth System Modeling

Y. Fan¹ , M. Clark² , D. M. Lawrence² , S. Swenson² , L. E. Band³, S. L. Brantley⁴ , P. D. Brooks⁵ , W. E. Dietrich⁶, A. Flores⁷ , G. Grant⁸ , J. W. Kirchner⁹ , D. S. Mackay¹⁰ , J. J. McDonnell¹¹, P. C. D. Milly¹² , P. L. Sullivan¹³ , C. Tague¹⁴ , H. Ajami¹⁵ , N. Chaney¹⁶ , A. Hartmann^{17,18}, P. Hazenberg¹⁹ , J. McNamara⁷ , J. Pelletier²⁰ , J. Perket² , E. Rouholahnejad-Freund²¹ , T. Wagener¹⁸ , X. Zeng¹⁸ , E. Beighley²², J. Buzan²³ , M. Huang²⁴ , B. Livneh²⁵ , B. P. Mohanty²⁶ , B. Nijssen²⁷ , M. Safeeq^{28,29} , C. Shen³⁰ , W. van Verseveld³¹, J. Volk³² , and D. Yamazaki³³

Anthropogenic stresses on the world's big rivers

Jim Best

(* les pressions anthropiques sur les grands fleuves du monde)

LETTER

The world's big rivers are under increasing anthropogenic stress. They are essential for large-scale, sustainable development, and being possible to manage them is an imperative. Full rivers, must be sustainable, finance must be set with

<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1594-4>

Environmental flow limits to global groundwater pumping

(*limites du flux environnemental disponible au pompage de l'eau souterraine)

Inge E. M. de Graaf^{1,2,3*}

Groundwater is the world's critically important freshwater security¹⁻³. Already, unsustainable recharge from precipitation drops in the levels of groundwater from its storage, especially when groundwater levels to streams decline, revealing thereby decreasing stream effects on aquatic ecosystems.

COMMISSIONED
MANUSCRIPT

10.1029/2018WR023903



Water Resources Research

(*Hydrologie dans un contexte de changements globaux)

Hillslope Hydrology in Global Change Research and Earth System Modeling

Y. Fan¹ , M. Clark² , D. M. Lawrence² , S. Swenson² , L. E. Band³, S. L. Brantley⁴ , P. D. Brooks⁵ , J. J. McDonnell⁶, N. Chaney¹⁶ , J. Perket² , E. J. Buzan²³ , C. Shen³⁰ , V. ...



OPEN ACCESS

RECEIVED
16 October 2018REVISED
24 April 2020

Environmental Research Letters

(*Durabilité de la ressources en eau souterraine: interactions entre science et politique)

TOPICAL REVIEW

Groundwater sustainability: a review of the interactions between science and policy

Ahmed S Elshall^{1,2,10} , Aida D Arik³ , Aly I El-Kadi^{1,4}, Suzanne Pierce^{5,6}, Ming Ye², Kimberly M Burnett^{1,7} , Christopher A Wada^{1,7}, Leah L Bremer^{1,7} and Gregory Chun^{8,9}



5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE

Harnessing the Mississippi to
rebuild vanishing land p. 334

Scarless wound healing in
mouse skin pp. 346 & 362

Tackling racial inequities
in medicine p. 348

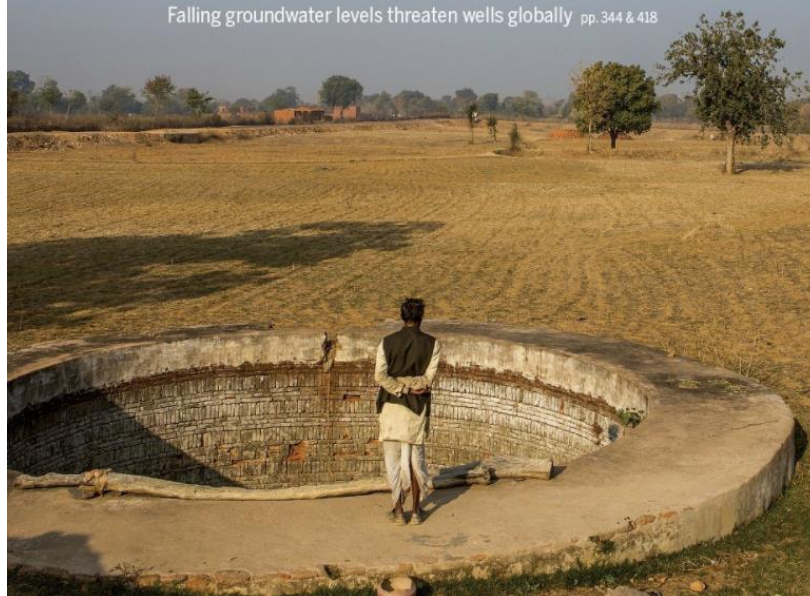
Science

\$15
23 APRIL 2021
sciencemag.org

AAAS

DRY WELLS

Falling groundwater levels threaten wells globally pp. 344 & 418



« la baisse du niveau des eaux
souterraines menace les puits du
monde entier »



5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des **GESTIONS**
LOCALES de

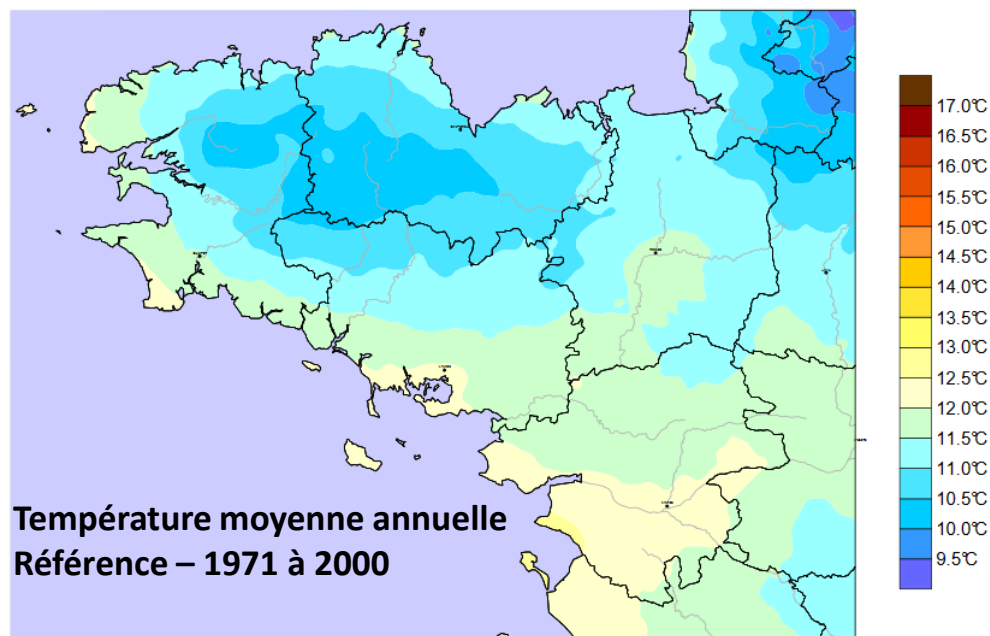


**100 %
DIGITAL**

@CarrefourEau
#CGLE



Impact du changement climatique





5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de

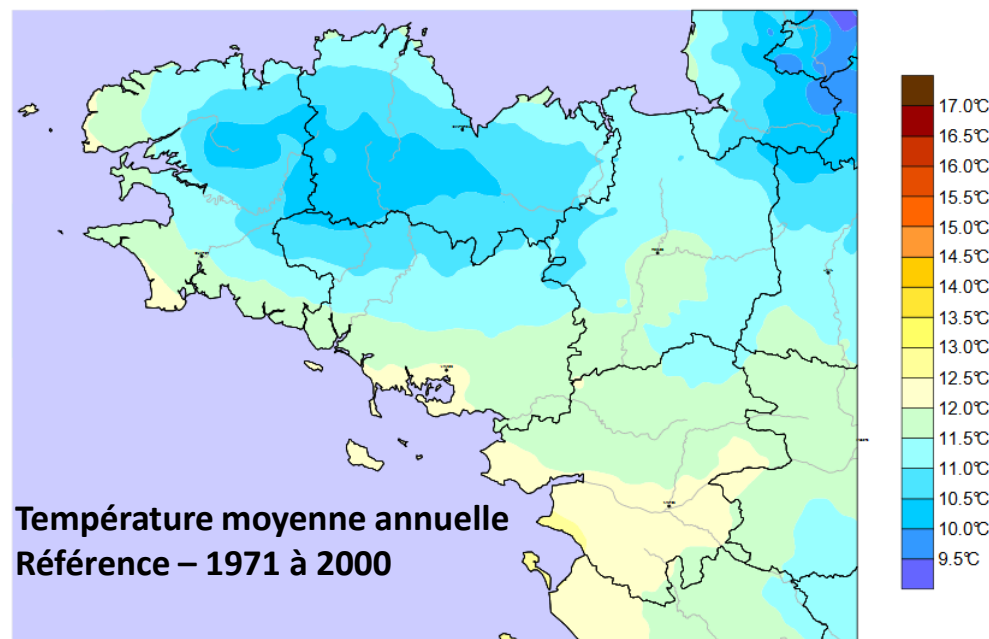


100%
DIGITAL

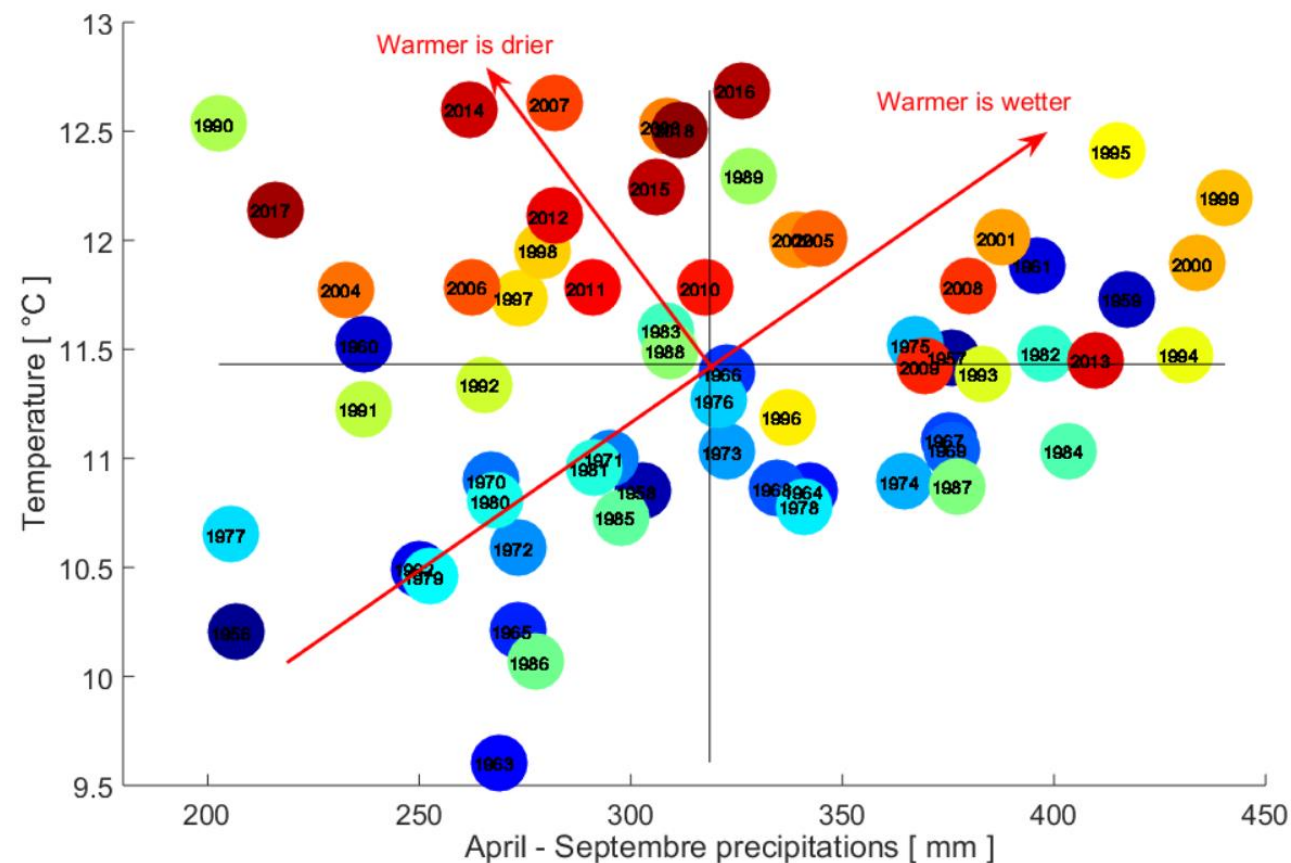
@CarrefourEau
#CGLE



Impact du changement climatique



Travaux de Laurent Longuevergne





5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de

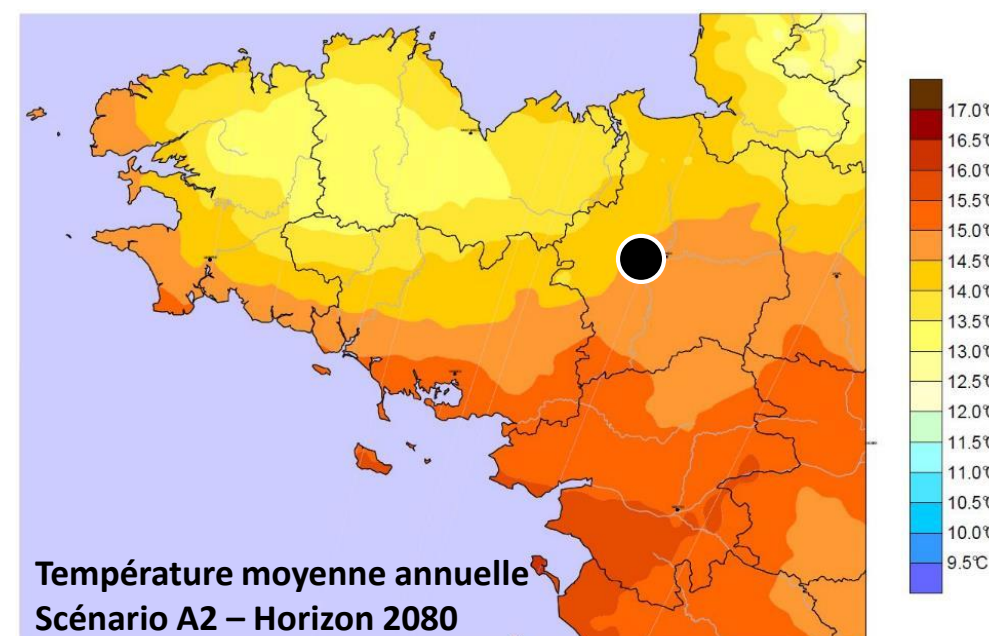
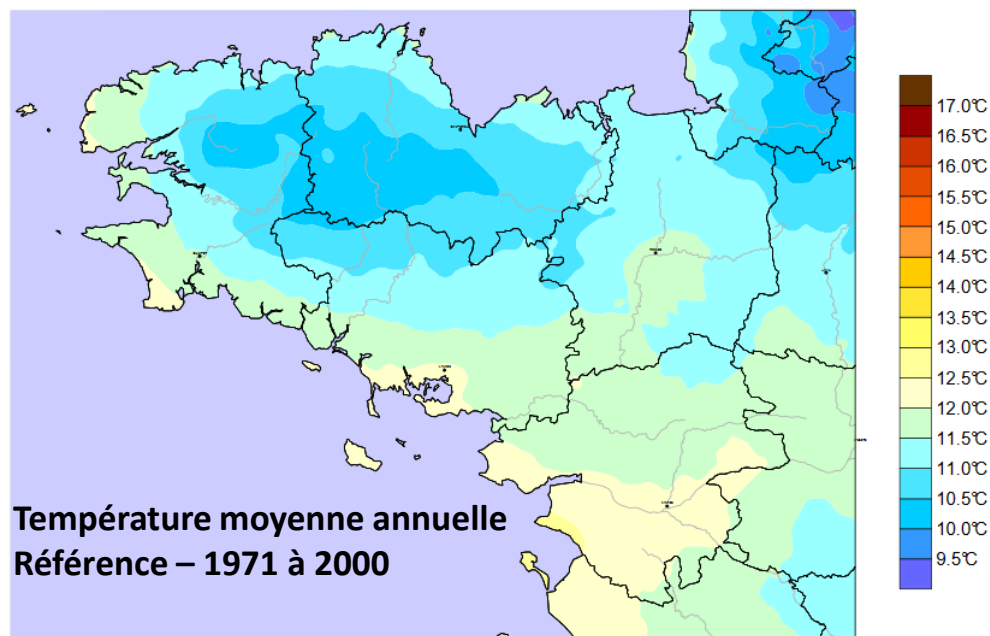


100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



Impact du changement climatique





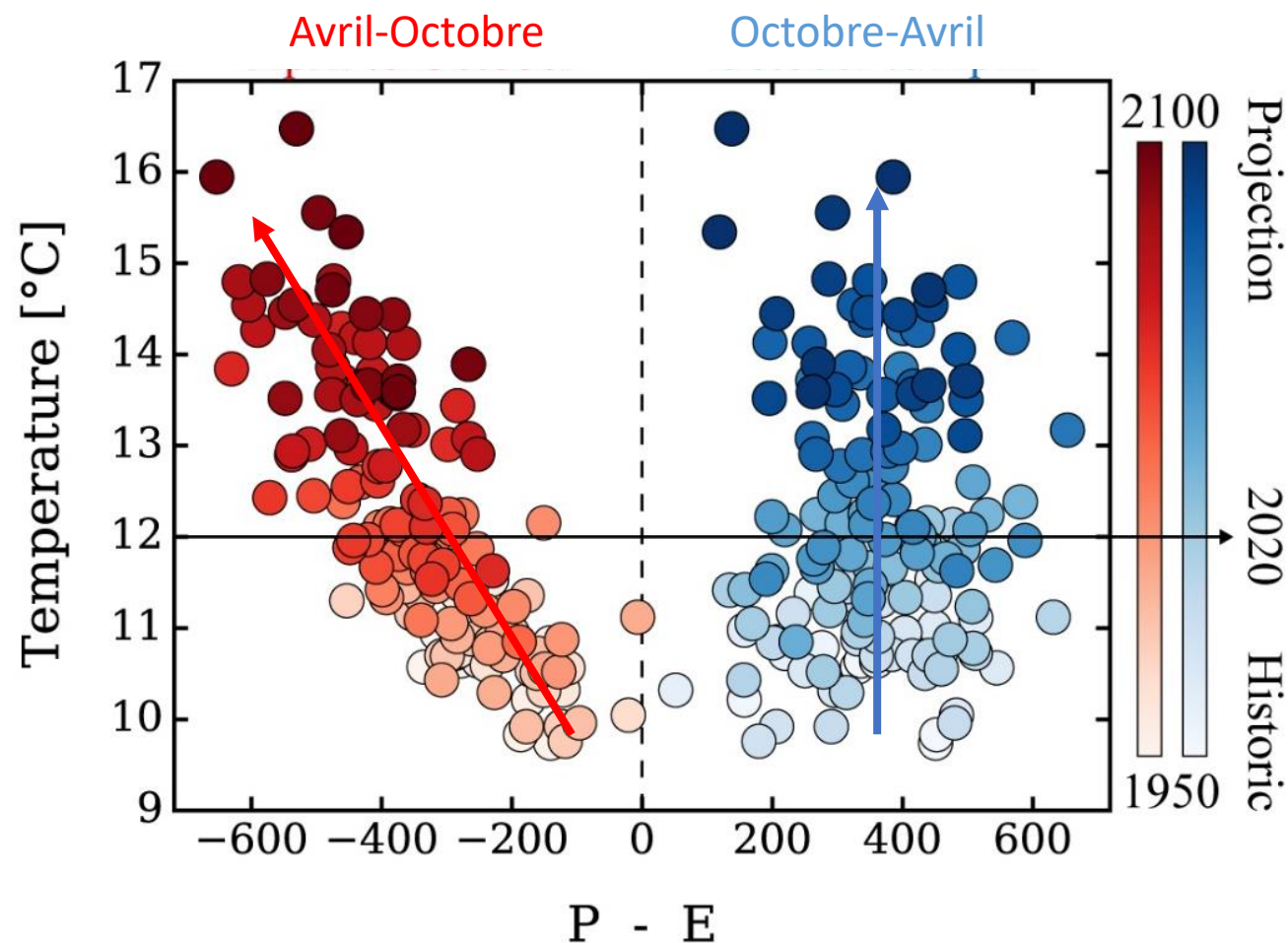
5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



Historique et projection sur le bassin versant Meu-Chèze-Canut (modèle IPSL, RCP8.5)



5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de

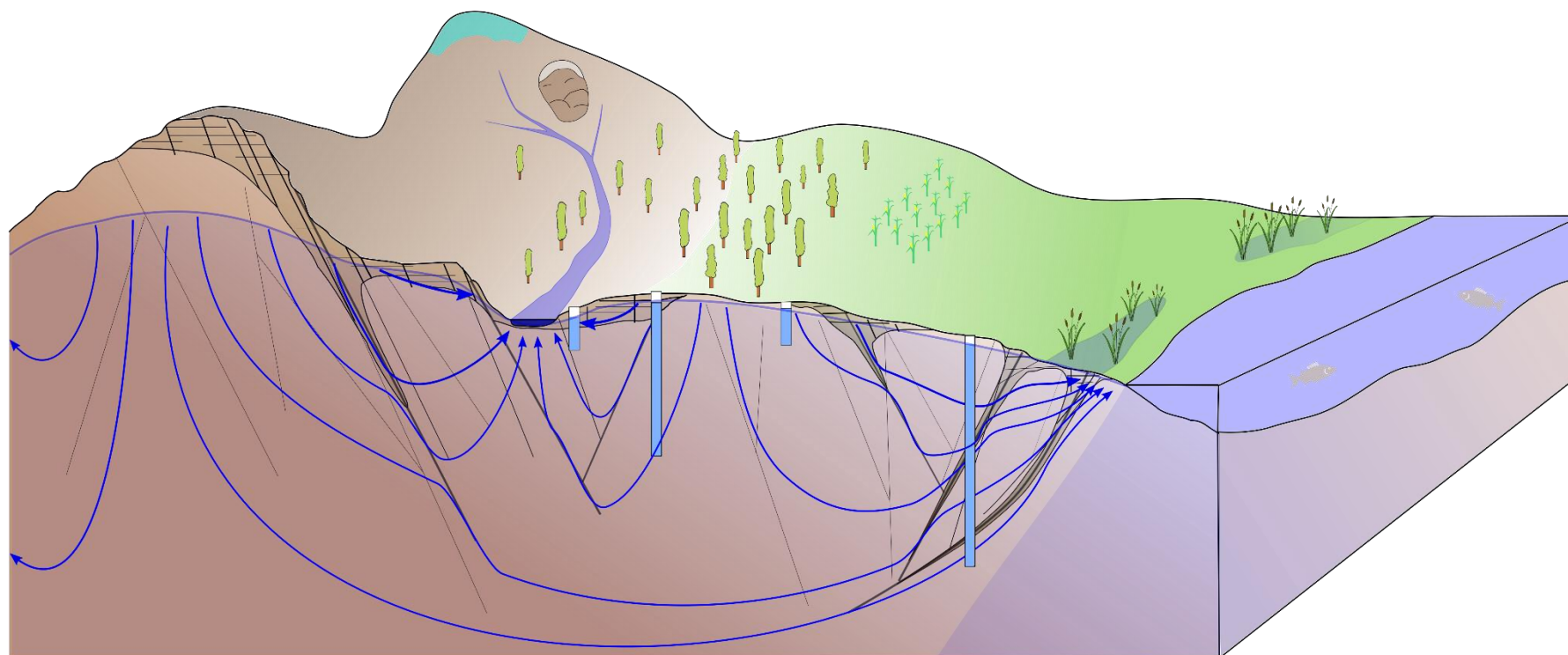


100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



Disponibilité de la ressource : Rôle de l'architecture géologique





**5&6
MAI
2021**

22^e ÉDITION
**CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de**



**100 %
DIGITAL**

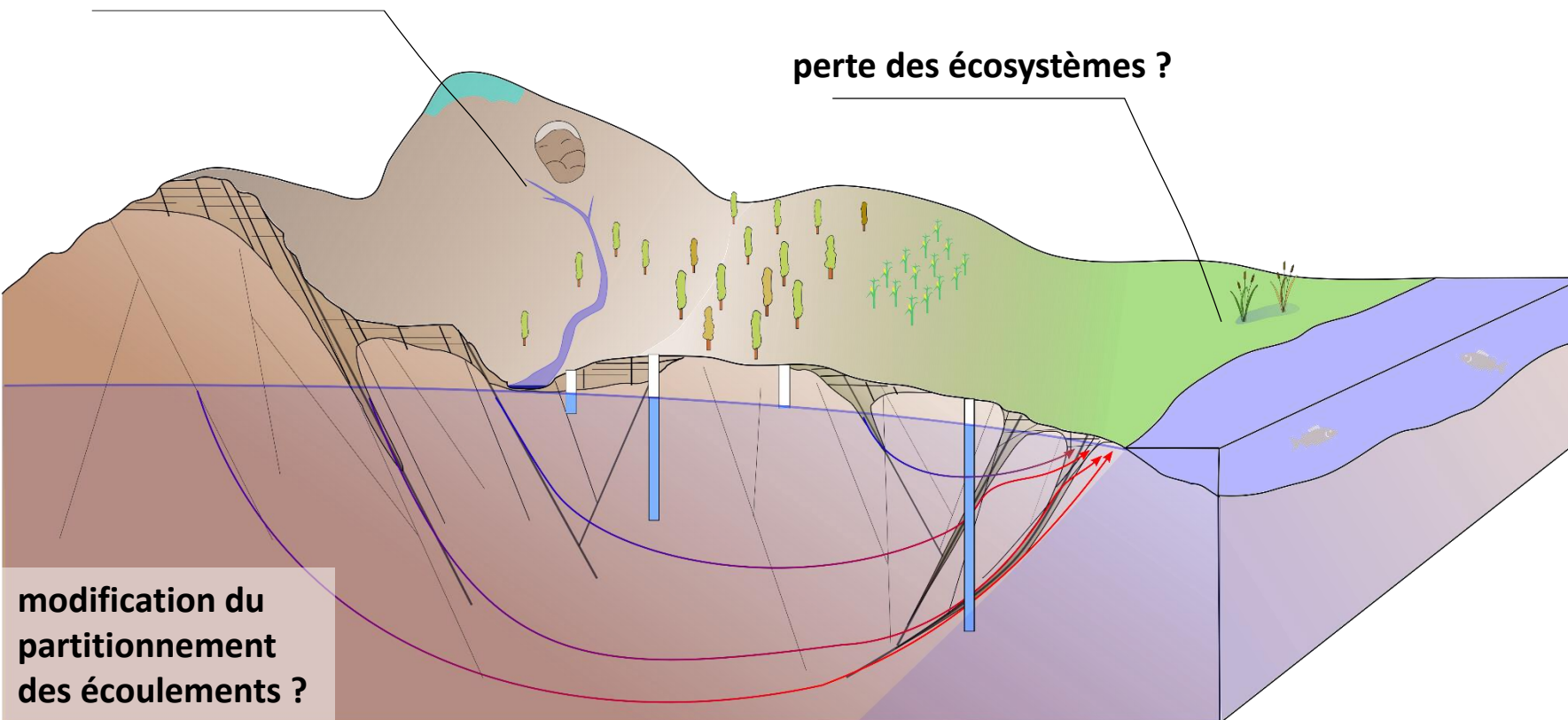
@CarrefourEau
#CGLE



Disponibilité de la ressource : Rôle du climat

contraction du réseau
hydrographique de surface ?

perte des écosystèmes ?





5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



Défis scientifiques (projet Eaux 2050) :

Quels sont les facteurs géomorphologiques, géologiques et climatiques qui contrôlent la variabilité spatiale et temporelle des comportements hydrologiques ?

Comment transposer nos connaissances sur le milieu naturel dans des modèles de prédiction ?

Comment évolueront les systèmes hydrologiques dans les prochaines décennies en réponse aux forçages climatiques et anthropiques toujours plus fréquents et intenses ?





**5&6
MAI
2021**

22^e ÉDITION
**CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de**

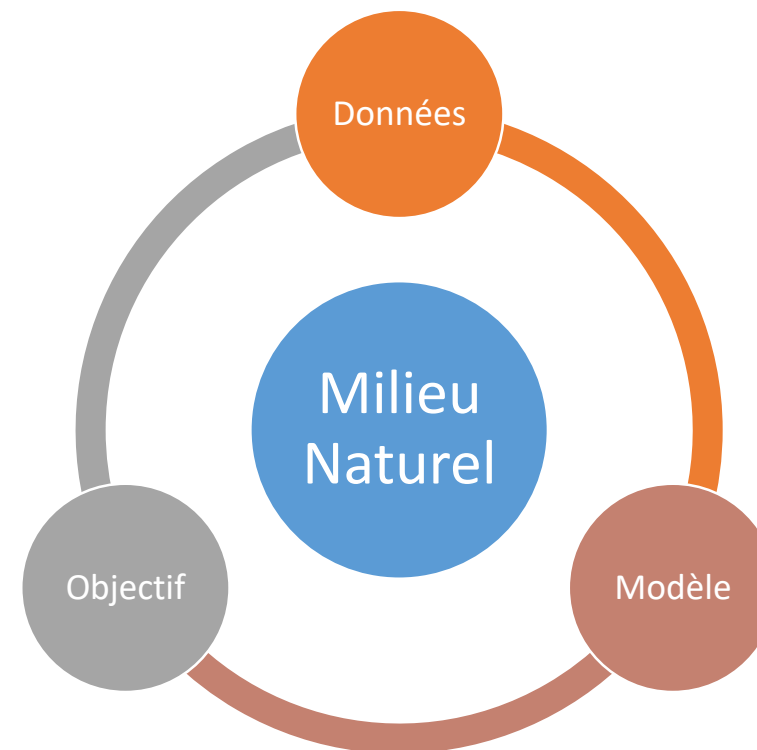


**100 %
DIGITAL**

@CarrefourEau
#CGLE



**Développement de connaissances et de
modèles adaptés aux problématiques liées à la
gestion de la ressource en eau**





5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de

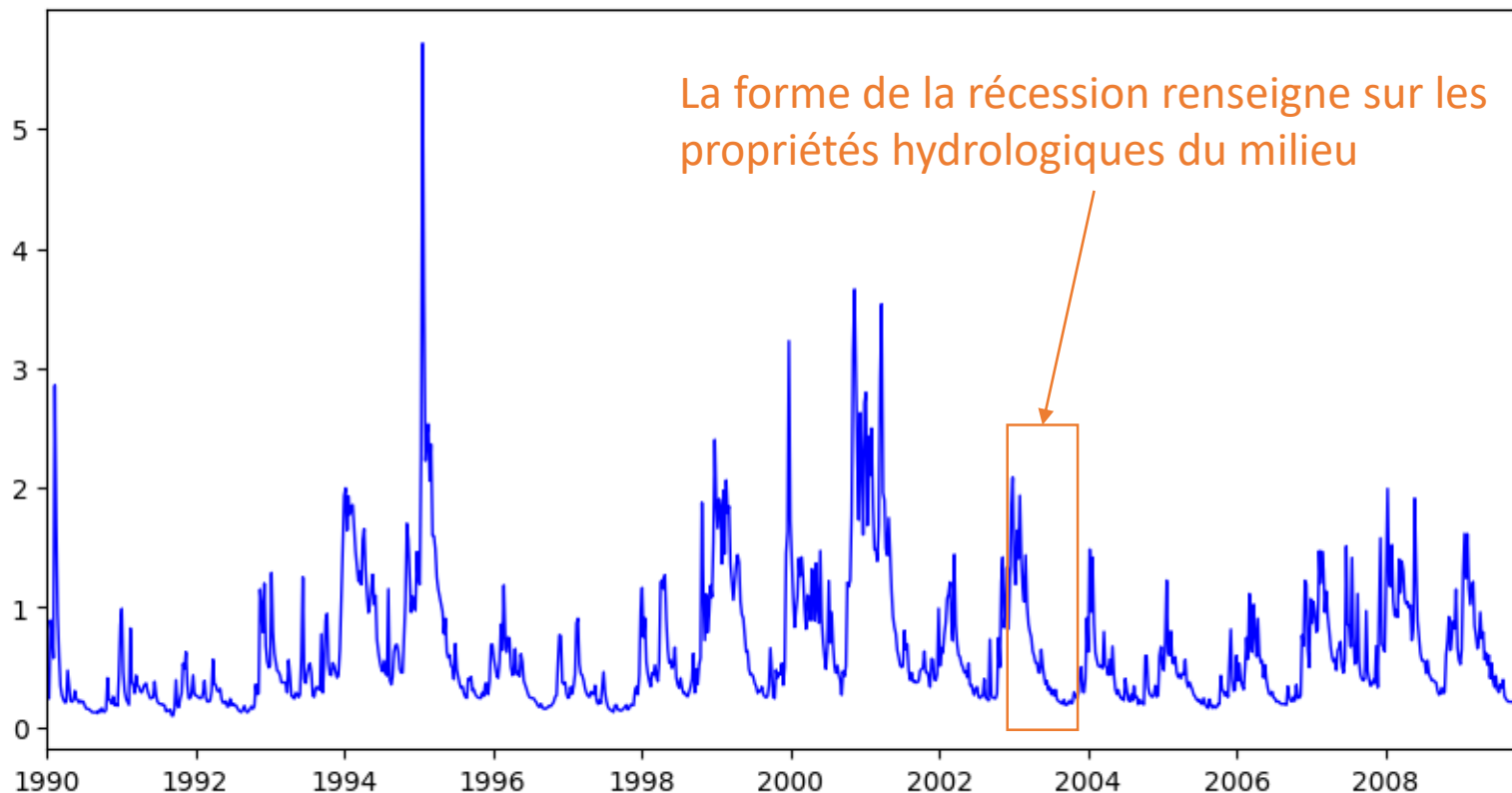


100%
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



Débit [m^3/s]



Méthodologie : Analyse des chroniques de débits - intégrateur des processus souterrains et de surface à l'échelle du bassin versant



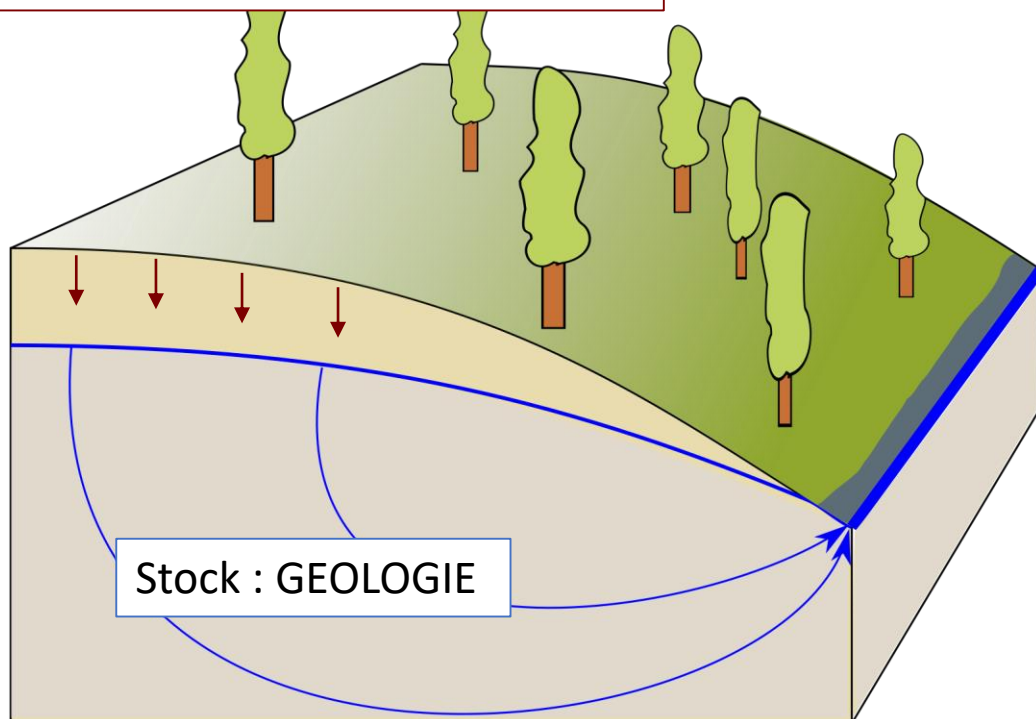
22^e ÉDITION
CARREFOUR
des **GESTIONS**
LOCALES de



100% DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE

Recharge vers l'aquifère : CLIMAT



Flux vers la rivière : GEOMORPHOLOGIE ET GEOLOGIE



5&6
MAI
2021

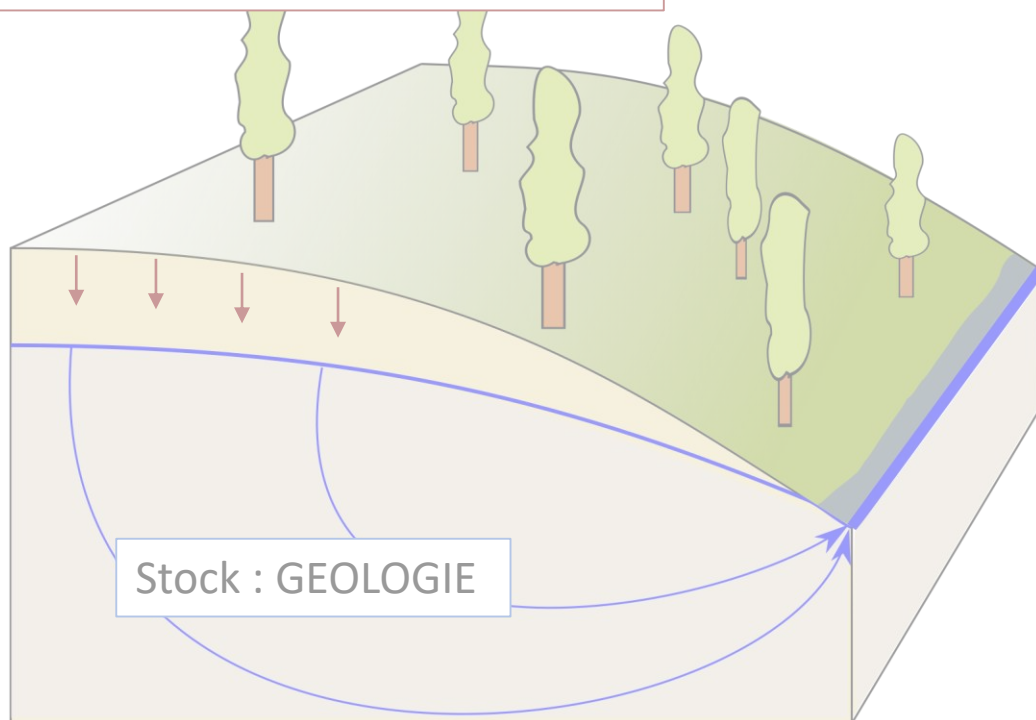
22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



100%
DIGITAL

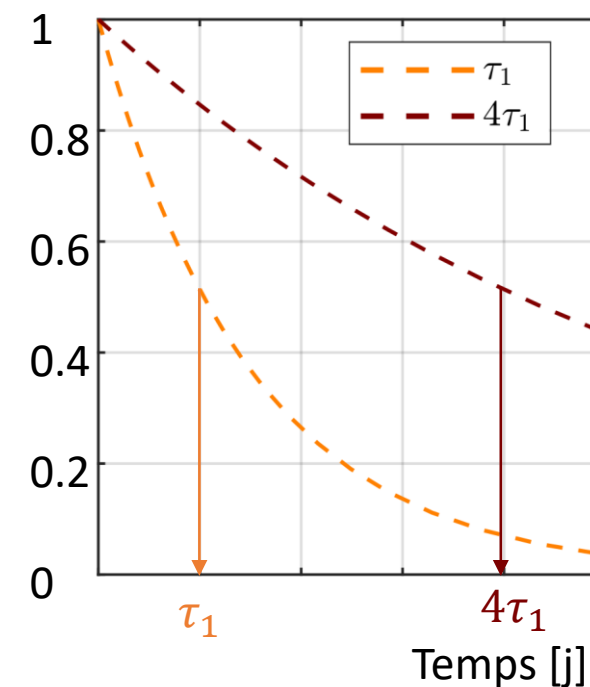
@CarrefourEau
#CGLE

Recharge vers l'aquifère : CLIMAT



Flux vers la rivière :
GEOMORPHOLOGIE
ET GEOLOGIE

Débit [m^3/j]



τ , temps caractéristique de récession ou la demi-vie
du débit -> indicateur de la resilience du système

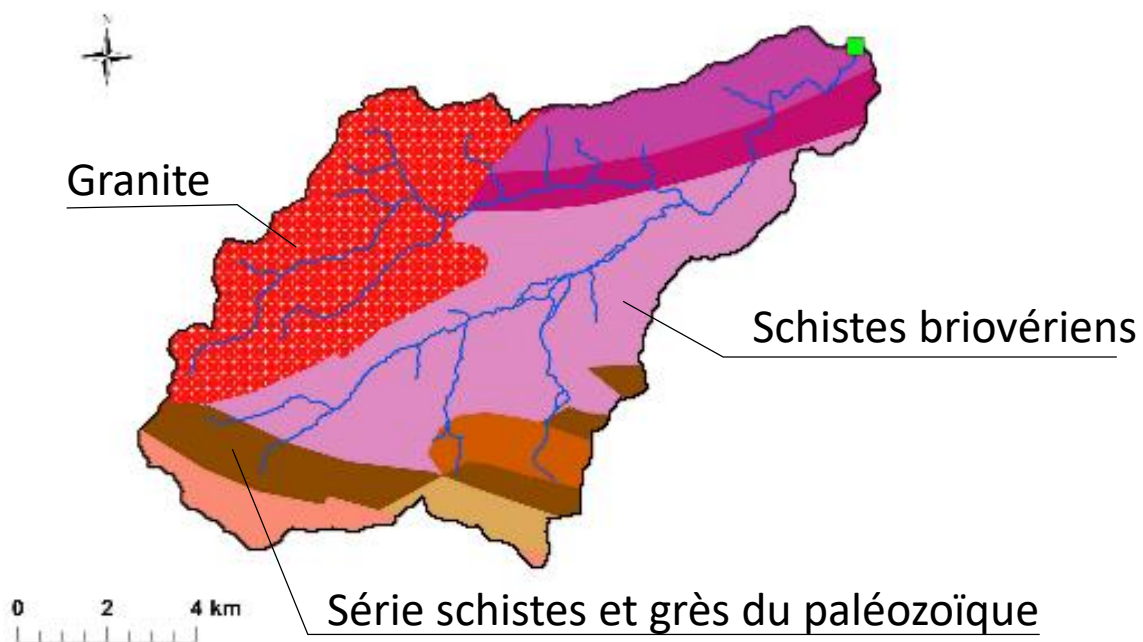
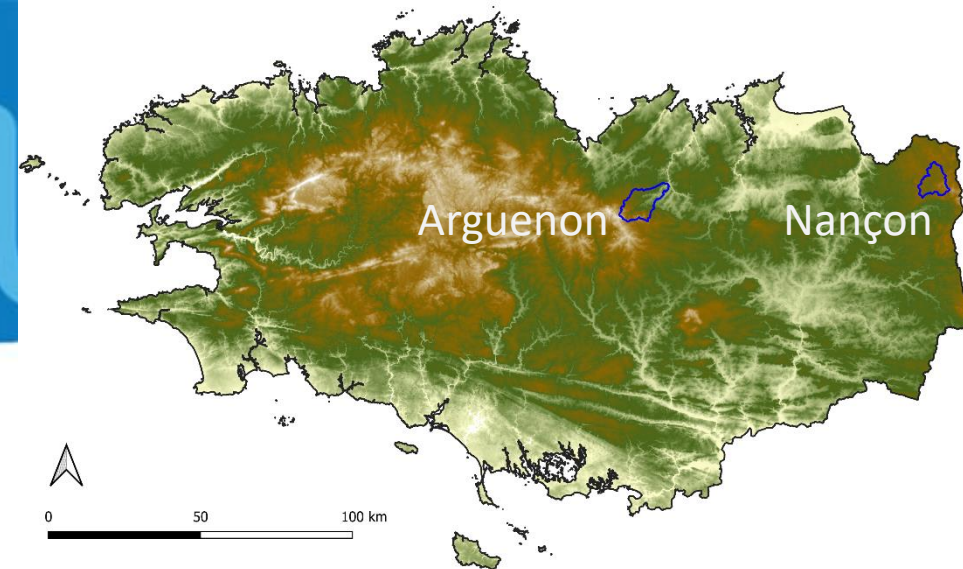


5&6
MAI
2021

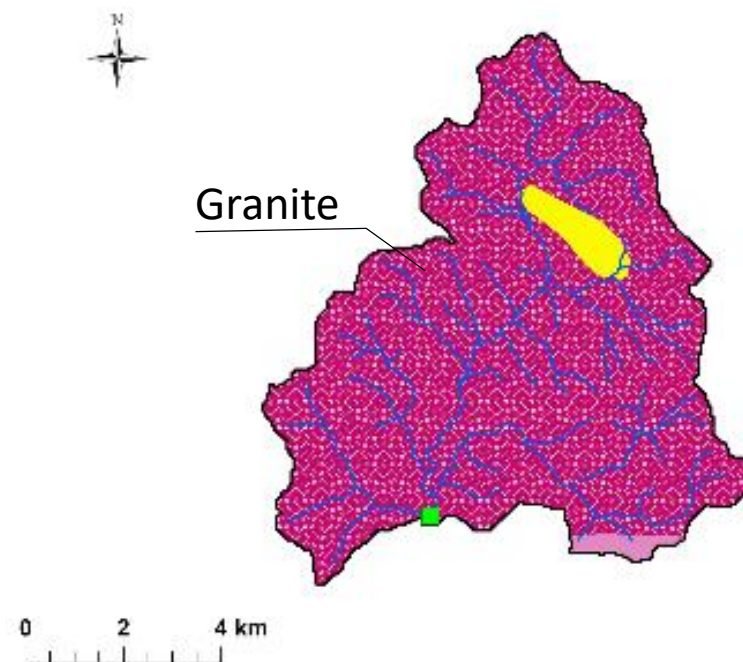
22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



Exemples des bassins versants Arguenon et Nançon : diversité géologique, conditions climatiques similaires



Bassin versant de l'Arguenon



Bassin versant du Nançon



5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de

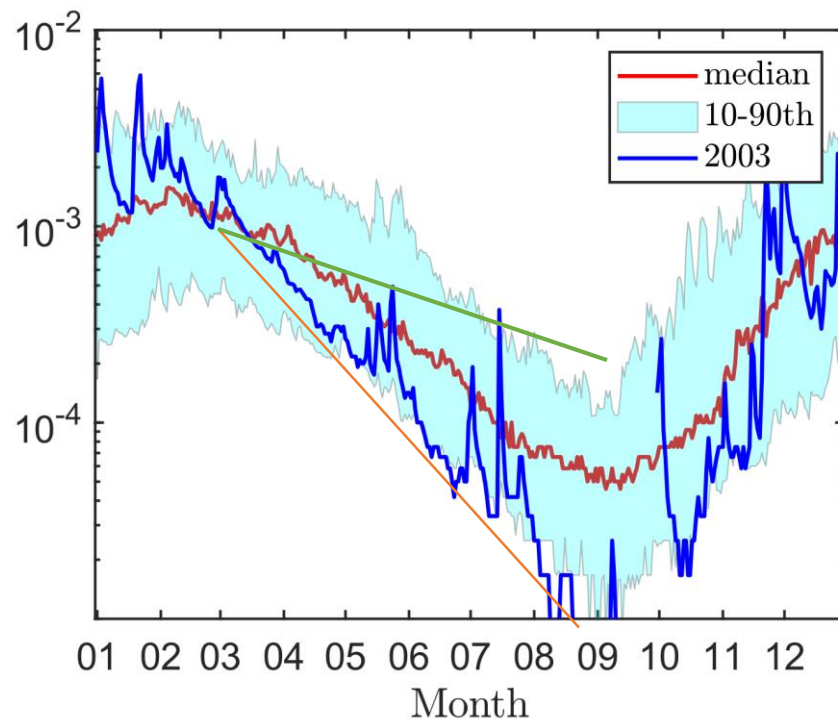


100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE

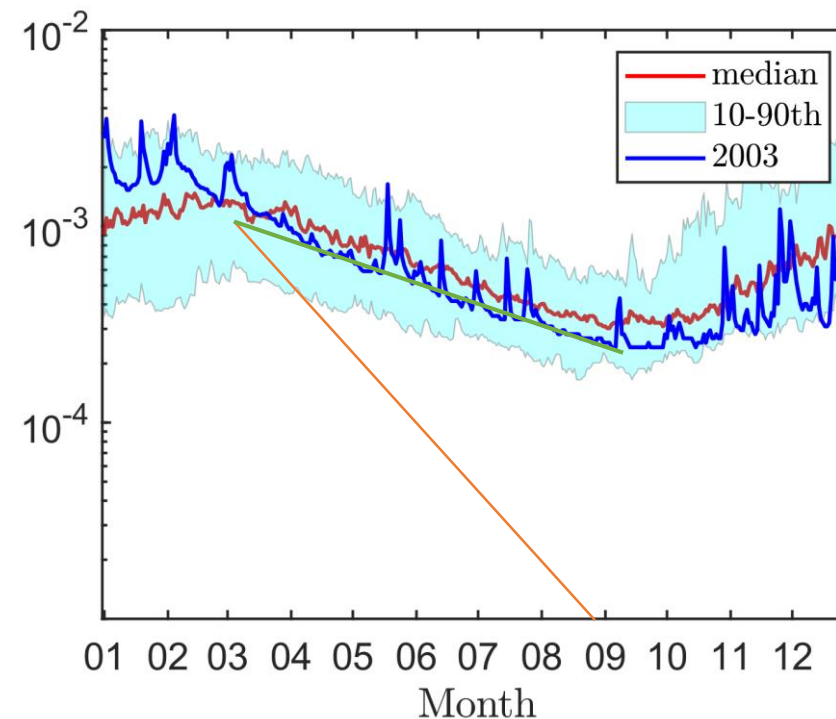


Débit [m³/j]



Bassin versant de l'Arguenon

Débit [m³/j]



Bassin versant du Nançon

Faible résilience pour l'Arguenon -> temps caractéristique plus court et étiages faibles



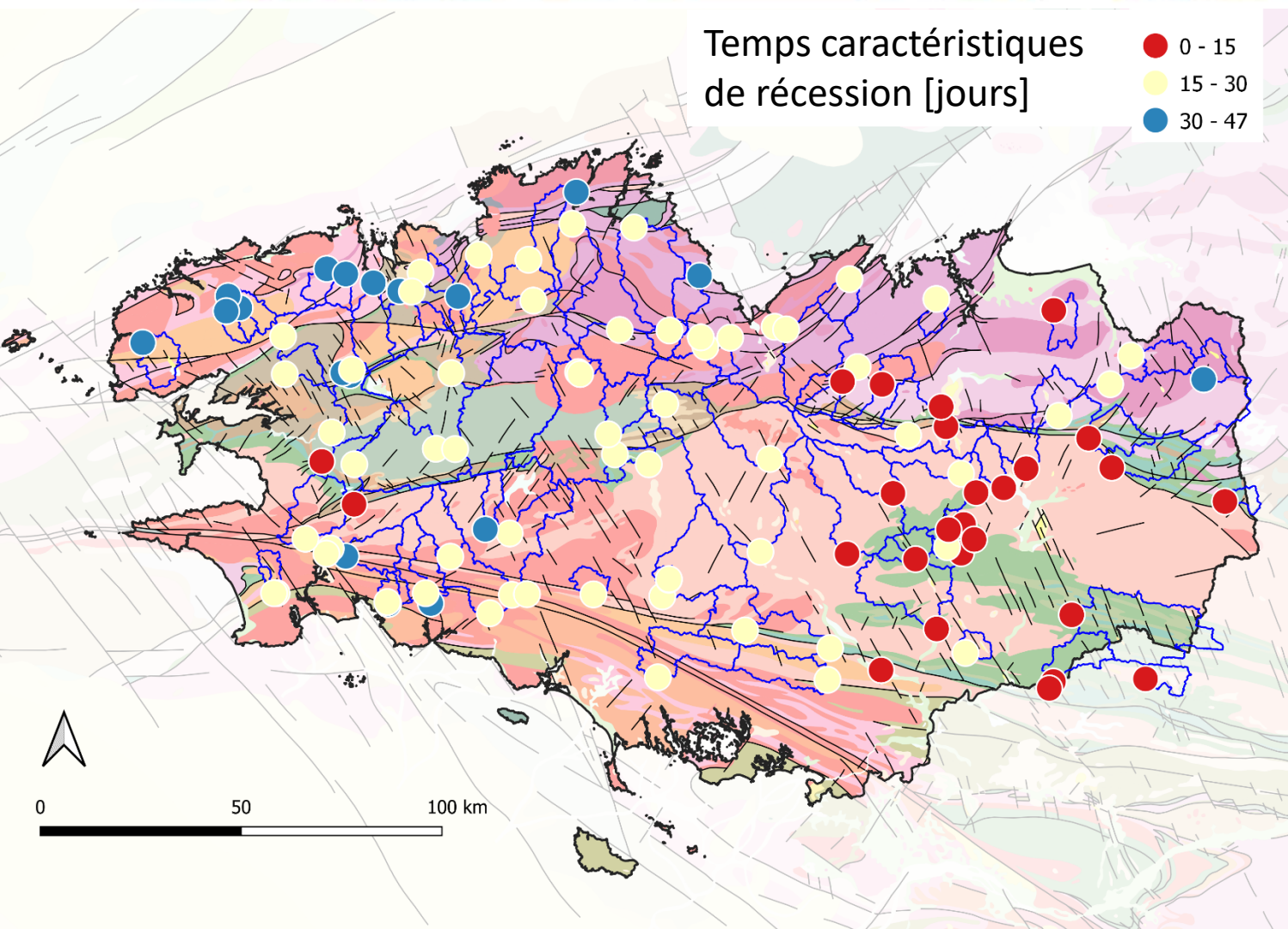
5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



**Distribution spatiale des temps
caractéristiques contrôlée par le
climat et la géologie**

Nécessité de filtrer le climat



**5&6
MAI
2021**

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des **GESTIONS**
LOCALES de



**100 %
DIGITAL**



@CarrefourEau
#CGLE

Quelle disponibilité de la ressource en eau à l'échelle régionale ? (thèse Nicolas Cornette, coll. BRGM)
Développement de modèles simplifiés



5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des **GESTIONS**
LOCALES de



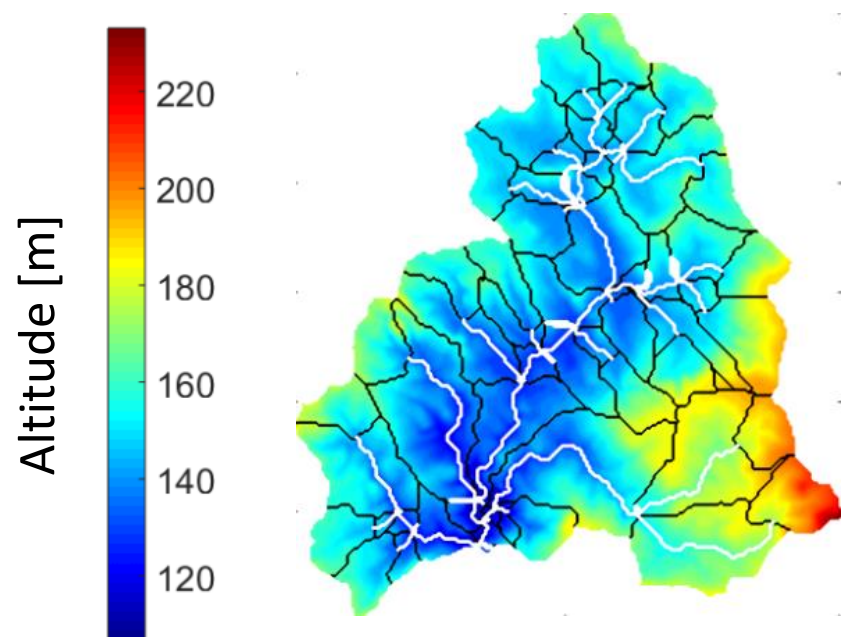
**100 %
DIGITAL**

@CarrefourEau
#CGLE

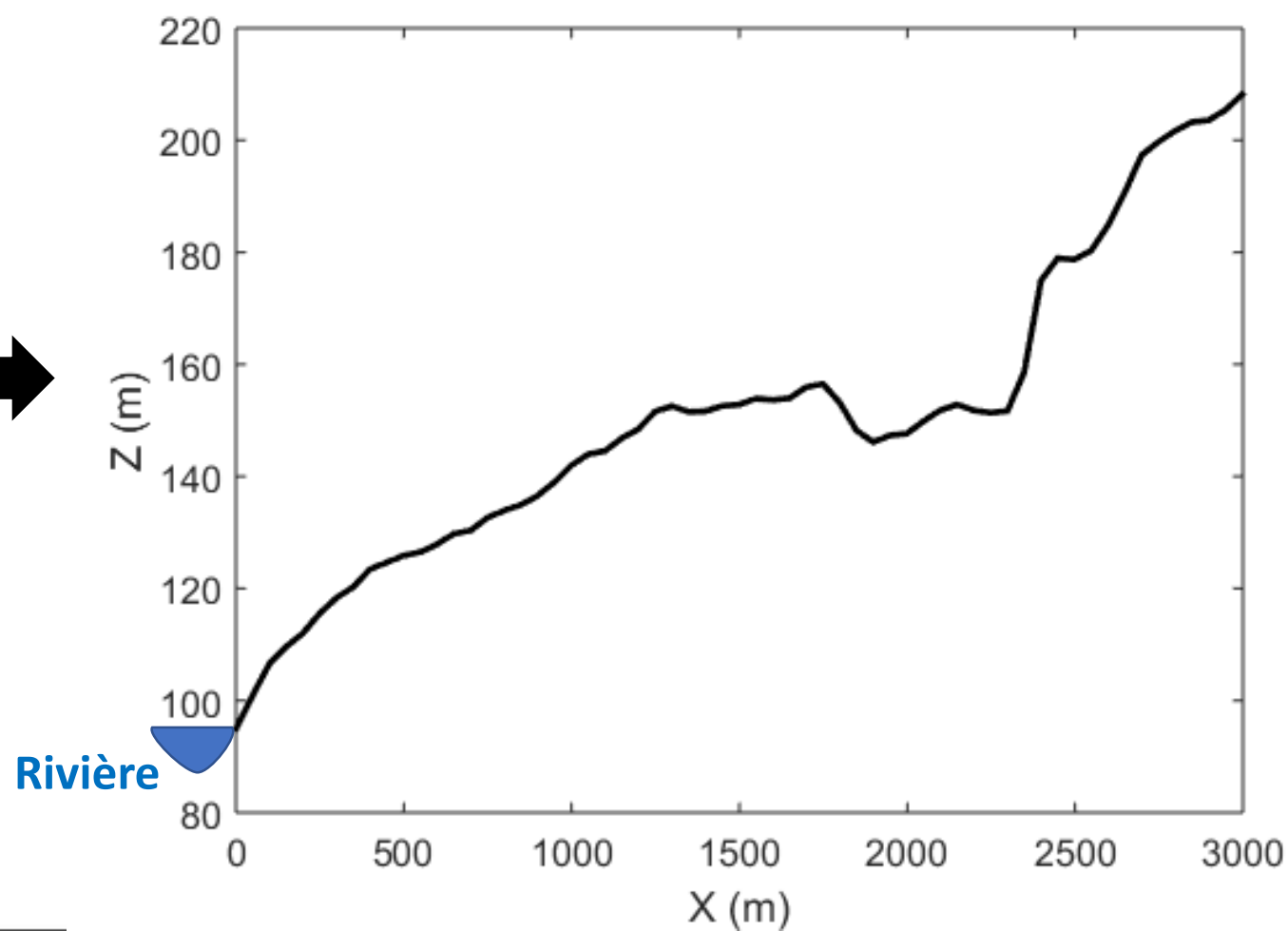


Quelle disponibilité de la ressource en eau à l'échelle régionale ?

Développement de modèles simplifiés



**Versant équivalent : Profil topographique moyen
de l'ensemble des versants.**





5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



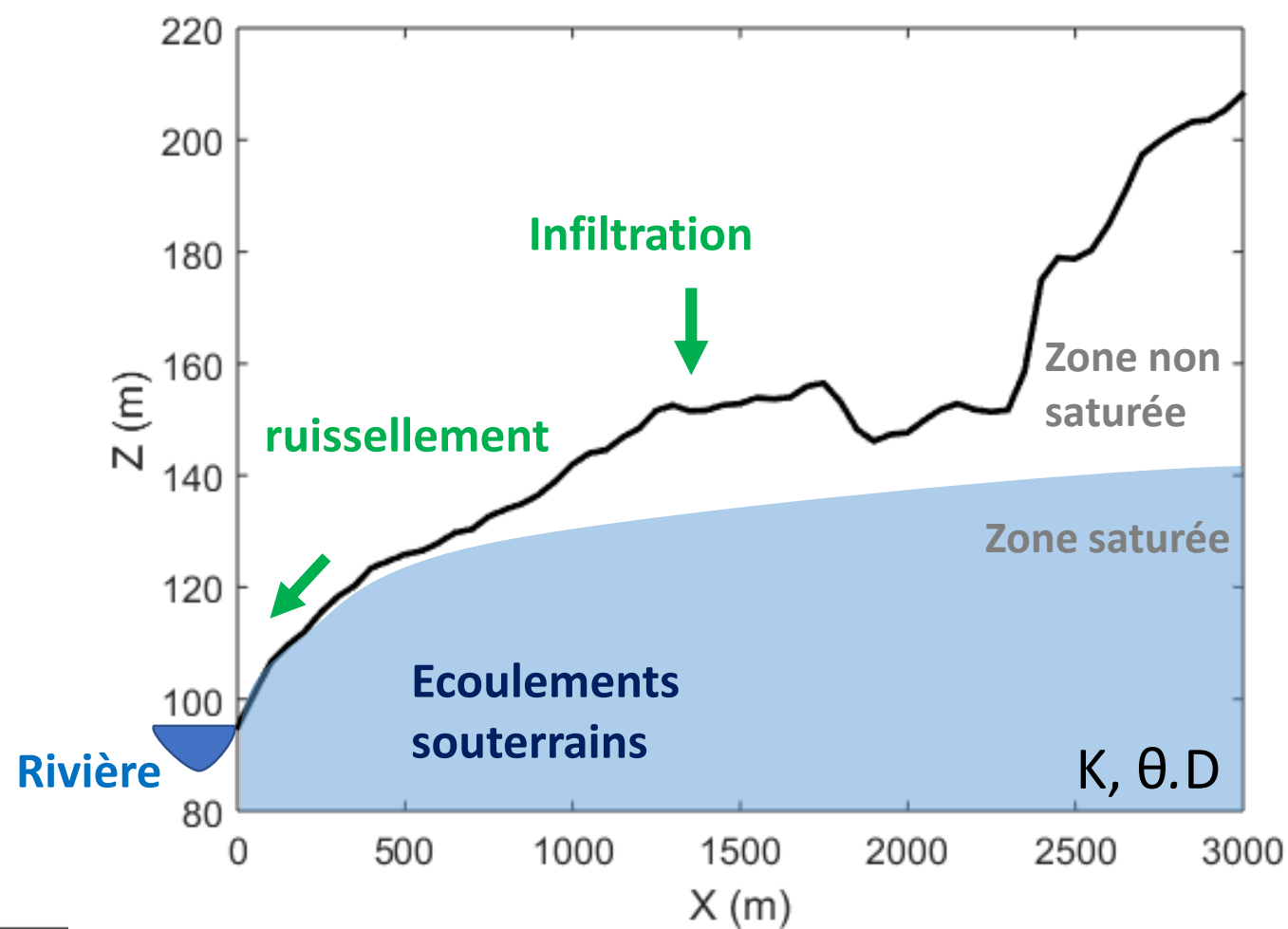
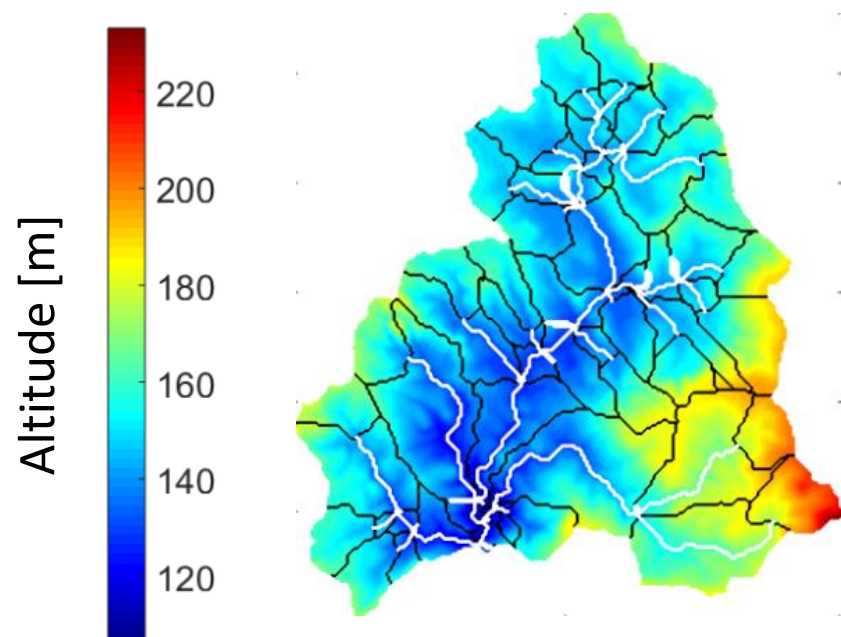
100%
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



Quelle disponibilité de la ressource en eau à l'échelle régionale ?

Développement de modèles simplifiés





5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



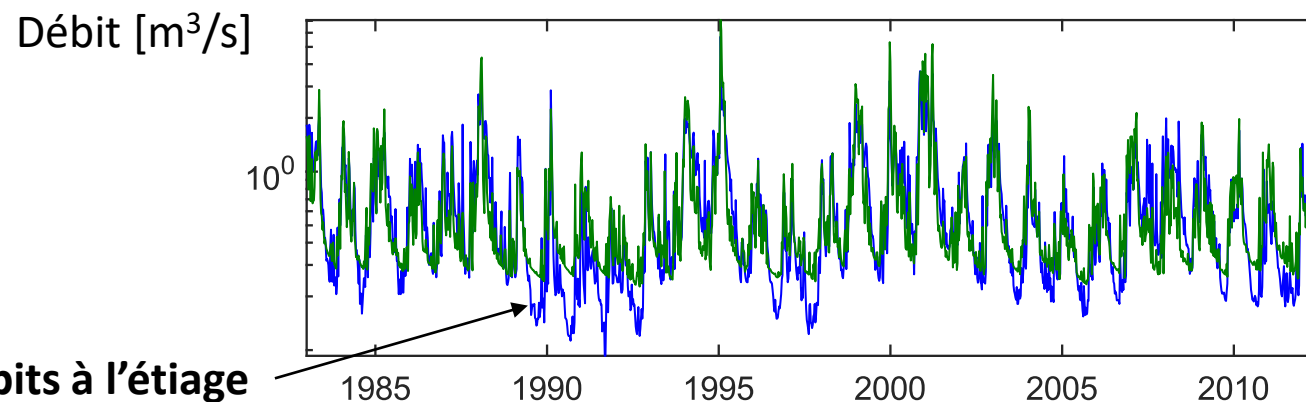
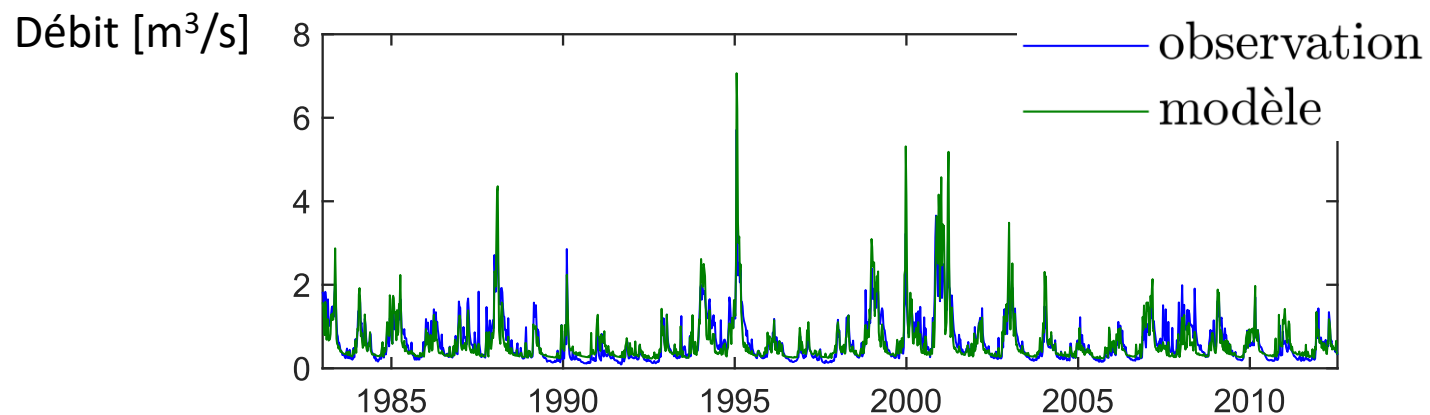
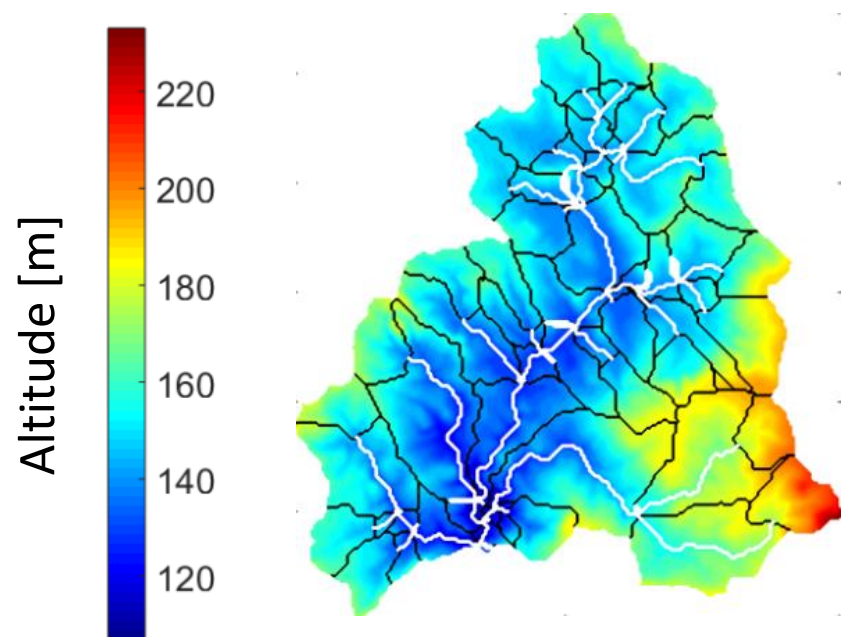
100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



Quelle disponibilité de la ressource en eau à l'échelle régionale ?

Développement de modèles simplifiés



Incertitudes sur les débits à l'étiage



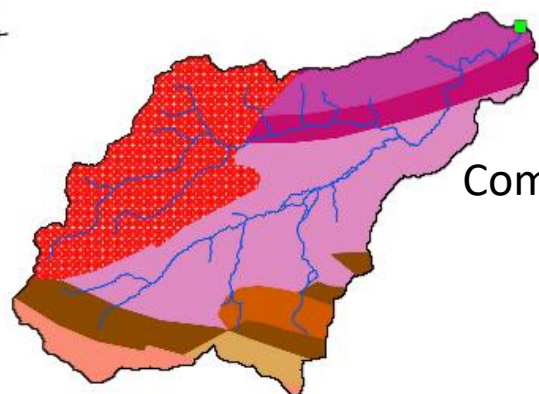
5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des **GESTIONS**
LOCALES de

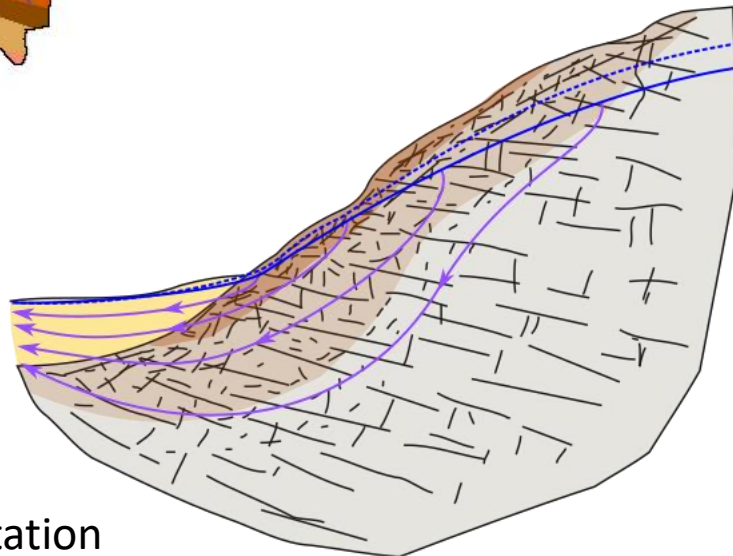


**100 %
DIGITAL**

@CarrefourEau
#CGLE



Compartmentation latérale
(géologie)



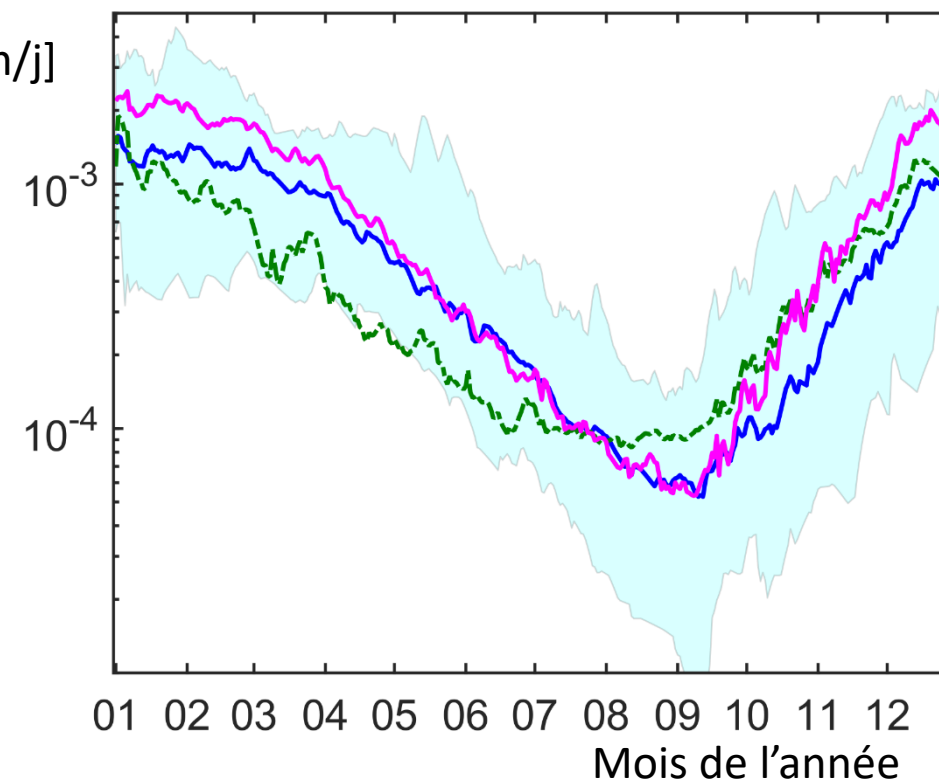
Compartmentation
verticale
(géomorphologie)

0 100 200 300 400 500m
H≈V for cross-sections

Amélioration des prédictions avec un modèle compartimenté

10-90th observation --- médiane modèle simple
— médiane observation — médiane modèle compartimenté

Débit [m/j]





**5&6
MAI
2021**

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des **GESTIONS**
LOCALES de



**100 %
DIGITAL**



@CarrefourEau
#CGLE

Quelle stratégie de gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant ?

Exemple Meu-Chèze-Canut (Ronan Abhervé)



5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de

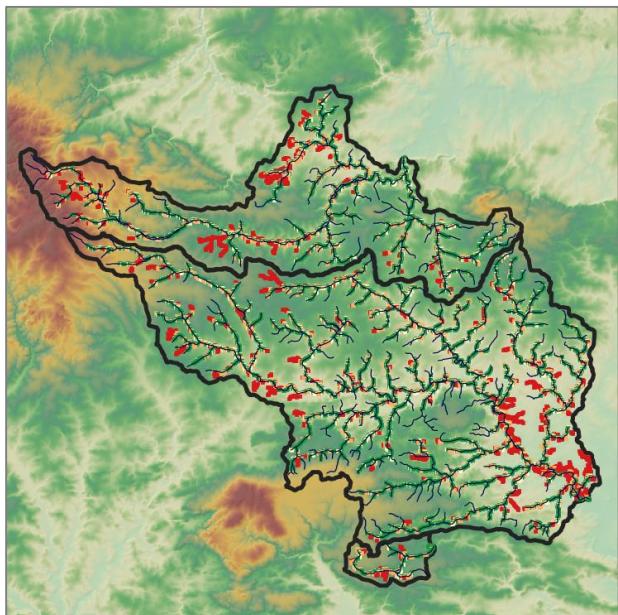


100 %
DIGITAL

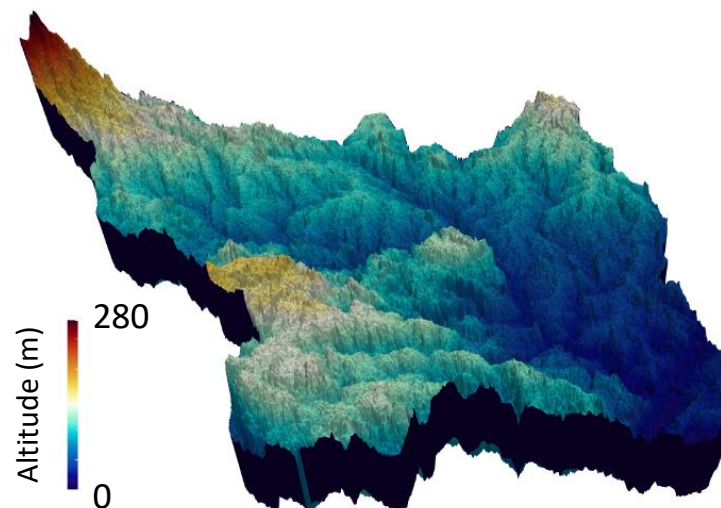
@CarrefourEau
#CGLE



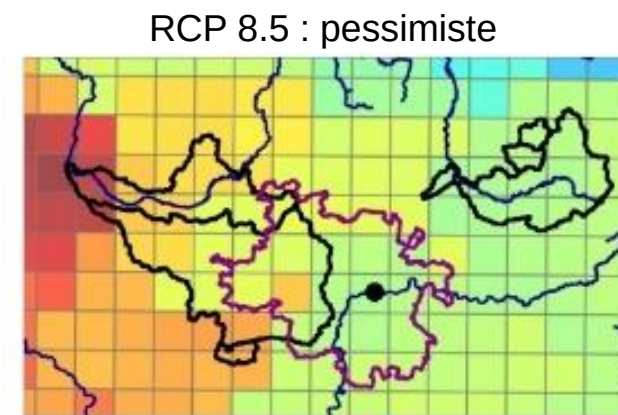
Quelle stratégie de gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant ? Exemple Meu-Chèze-Canut (Ronan Abhervé)



Données, modèle conceptuel



Discretisation fine 3D et calibration



Recharge (horizon 2035 – 2050)

*Données SURFEX
Modèle IPSL
(Météo-France)*

Tester des hypothèses d'évolution



5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



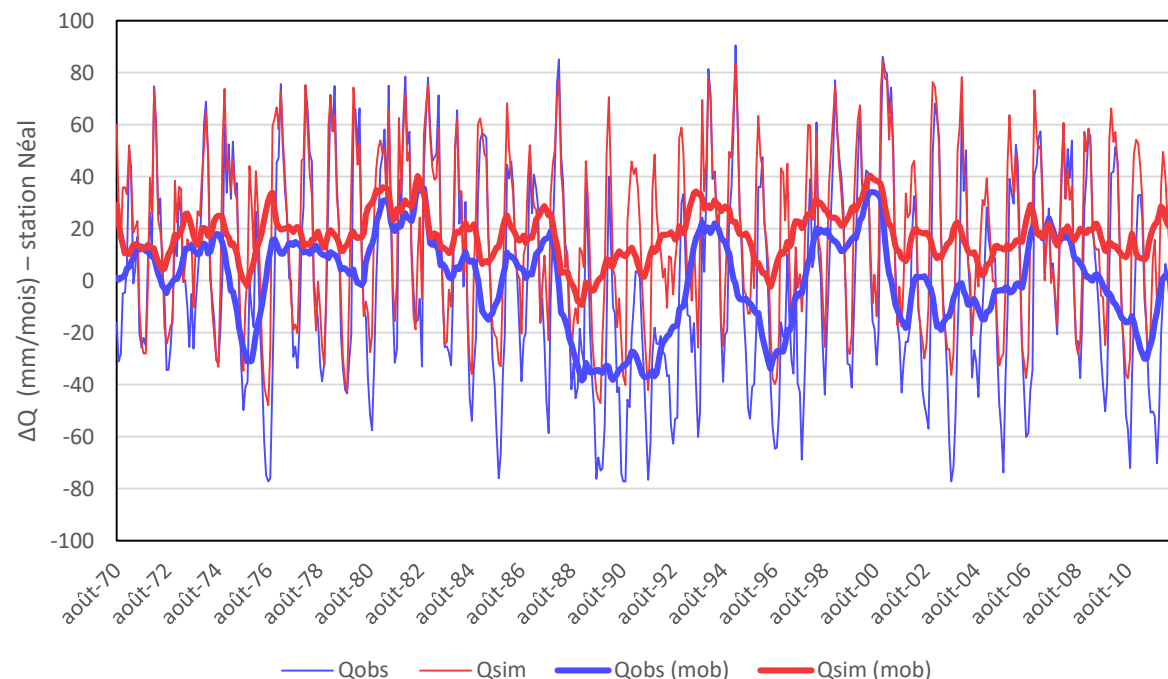
100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



Quantification des impacts anthropiques sur la ressource en eau ?

couplage du compartiment souterrain avec la surface - aménagement du territoire, pressions sur la ressource,... (thèse Virginie Maret)



Ecarts des débits à la moyenne intermensuelle



5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



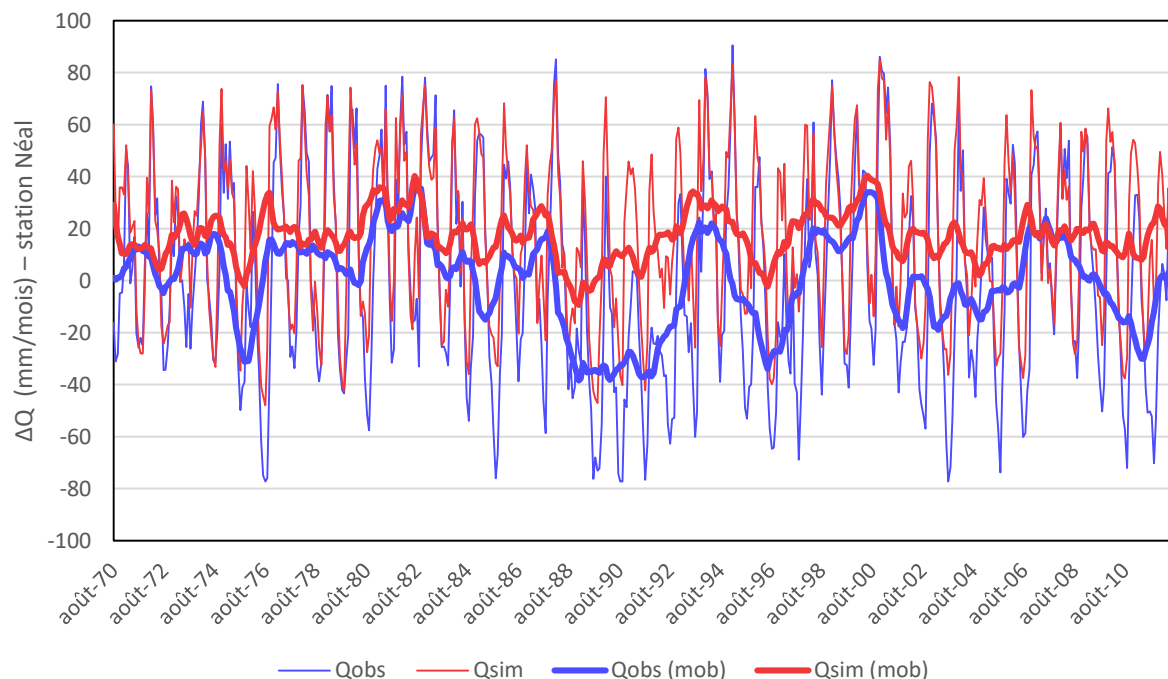
100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE

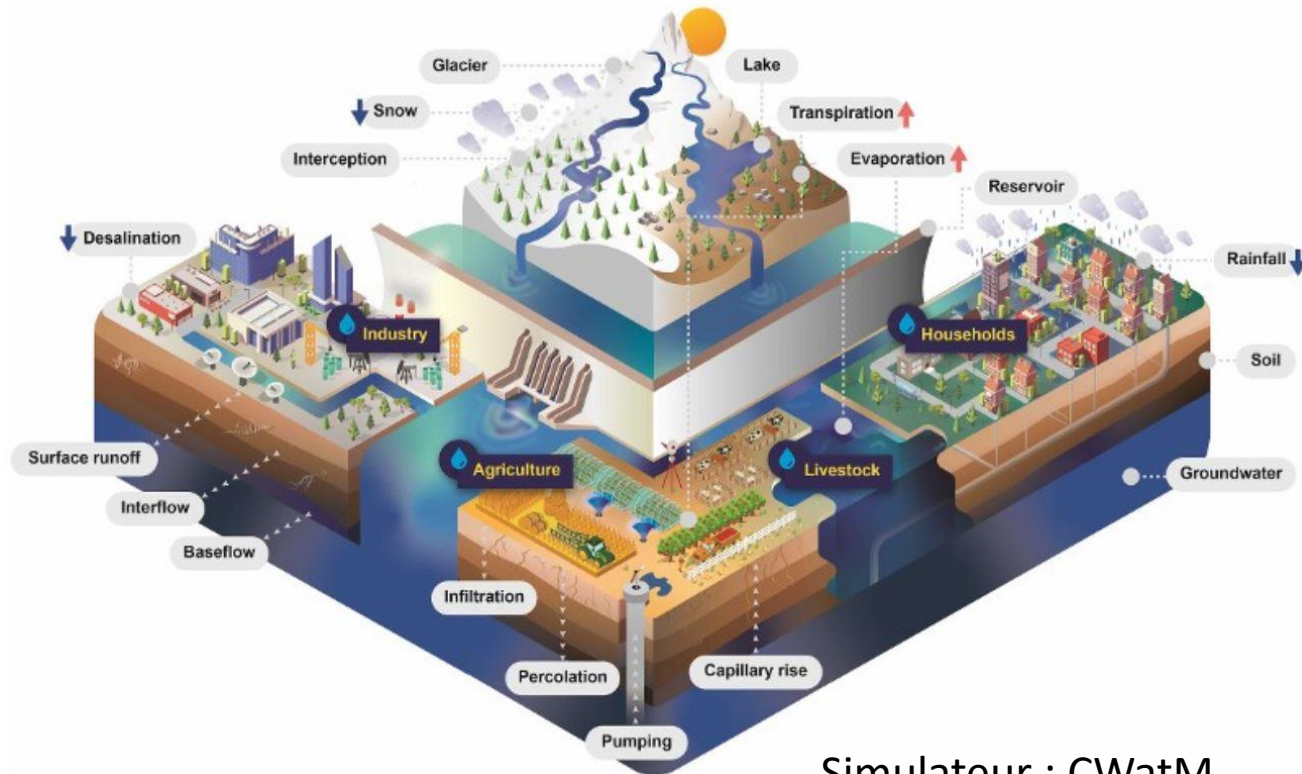


Quantification des impacts anthropiques sur la ressource en eau ?

couplage du compartiment souterrain avec la surface - aménagement du territoire, pressions sur la ressource,... (thèse Virginie Maret)



Ecart des débits à la moyenne intermensuelle



Simulateur : CWatM



5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



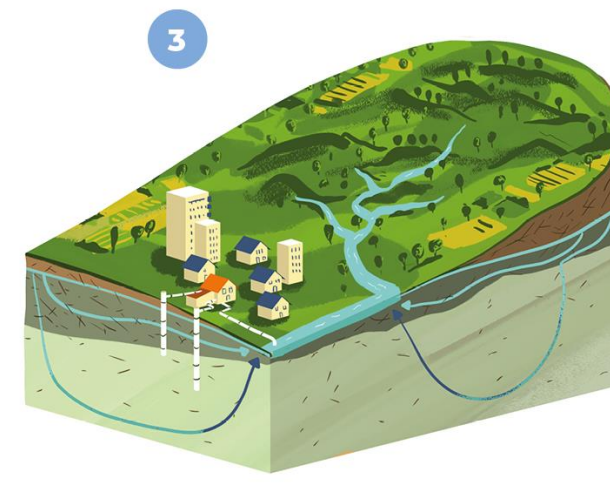
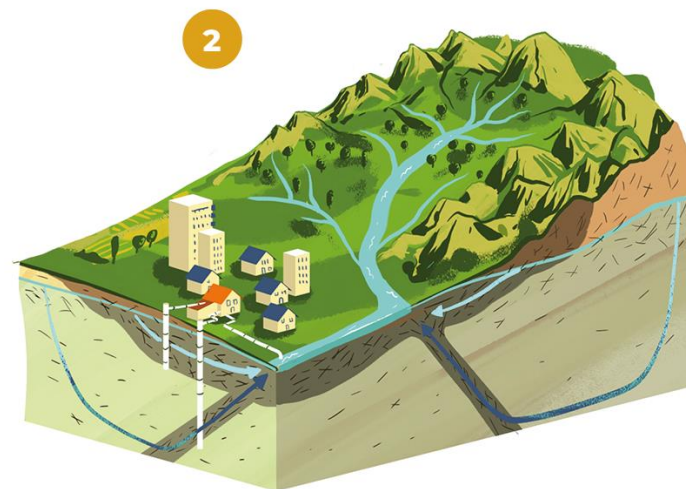
100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



Interactions climat – géologie dans le contrôle de la ressource en eau

- Stratégie de connaissance des territoires (site – régional)
- Cohérence observations-modèles-objectifs
- Des modèles adaptés aux enjeux locaux: incertitudes, échelle, maintenance





Virginie Maret



Nicolas Cornette



Ronan Abherve



Merci pour votre attention



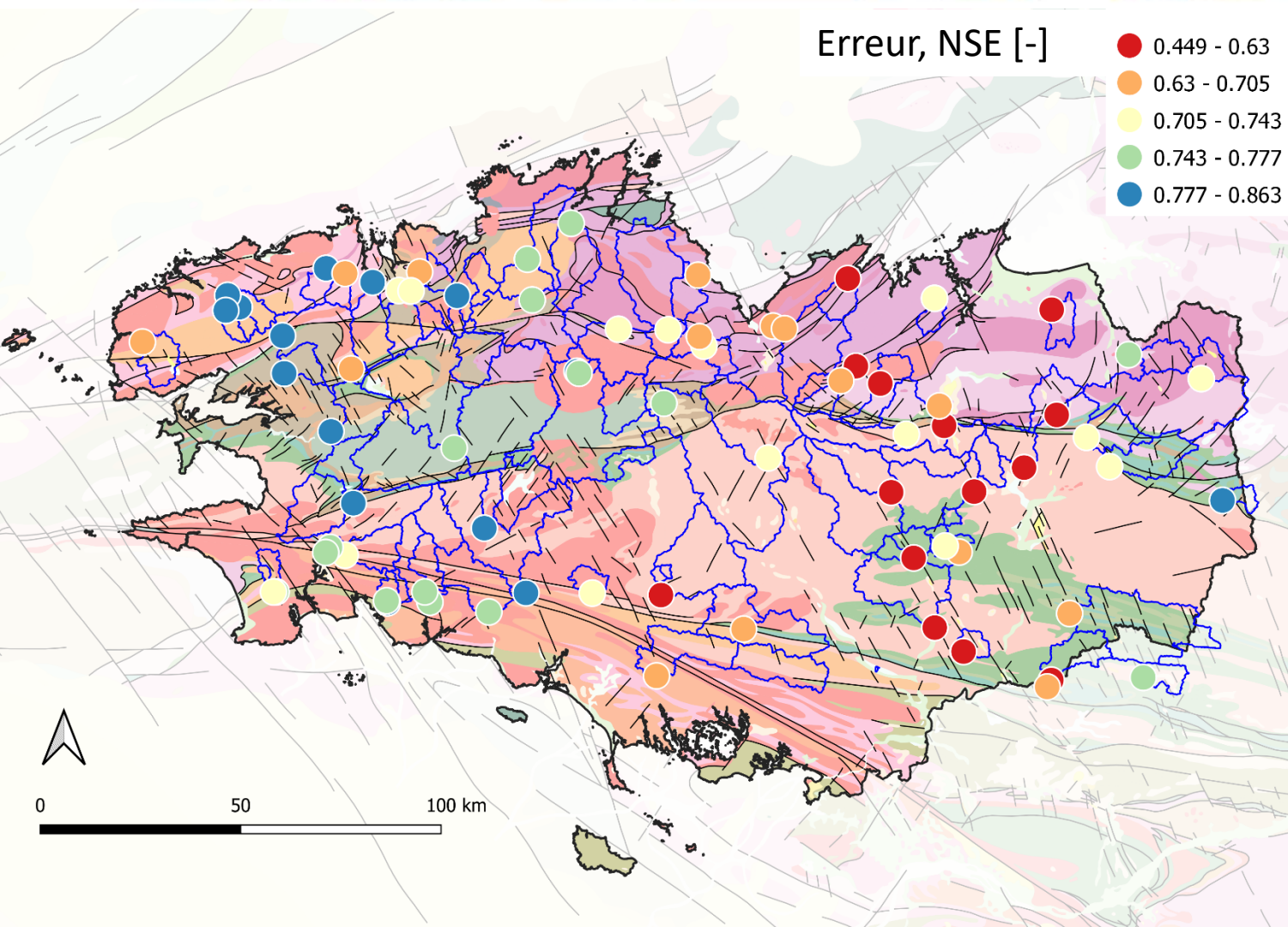
5&6
MAI
2021

22^e ÉDITION
CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de



100 %
DIGITAL

@CarrefourEau
#CGLE



**Incertitude spatialisée => quels
processus impliqués ?**

Rôle de la compartimentation ?