# Cartographie des états hydrologiques de la zone critique

Vers une approche modèle - données



## Sylvain Kuppel

I. Braud, S. Anquetin, F. Habets, J. Gaillardet

D. Tetzlaff, M. Maneta, C. Soulsby

L. Kergoat, J. Riotte, Y. Goddéris, M. Grippa, L. Ruiz









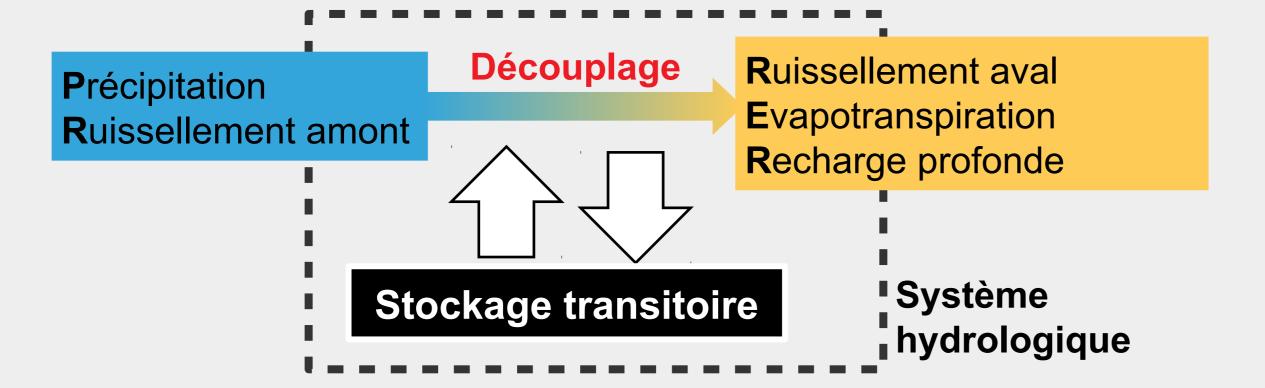


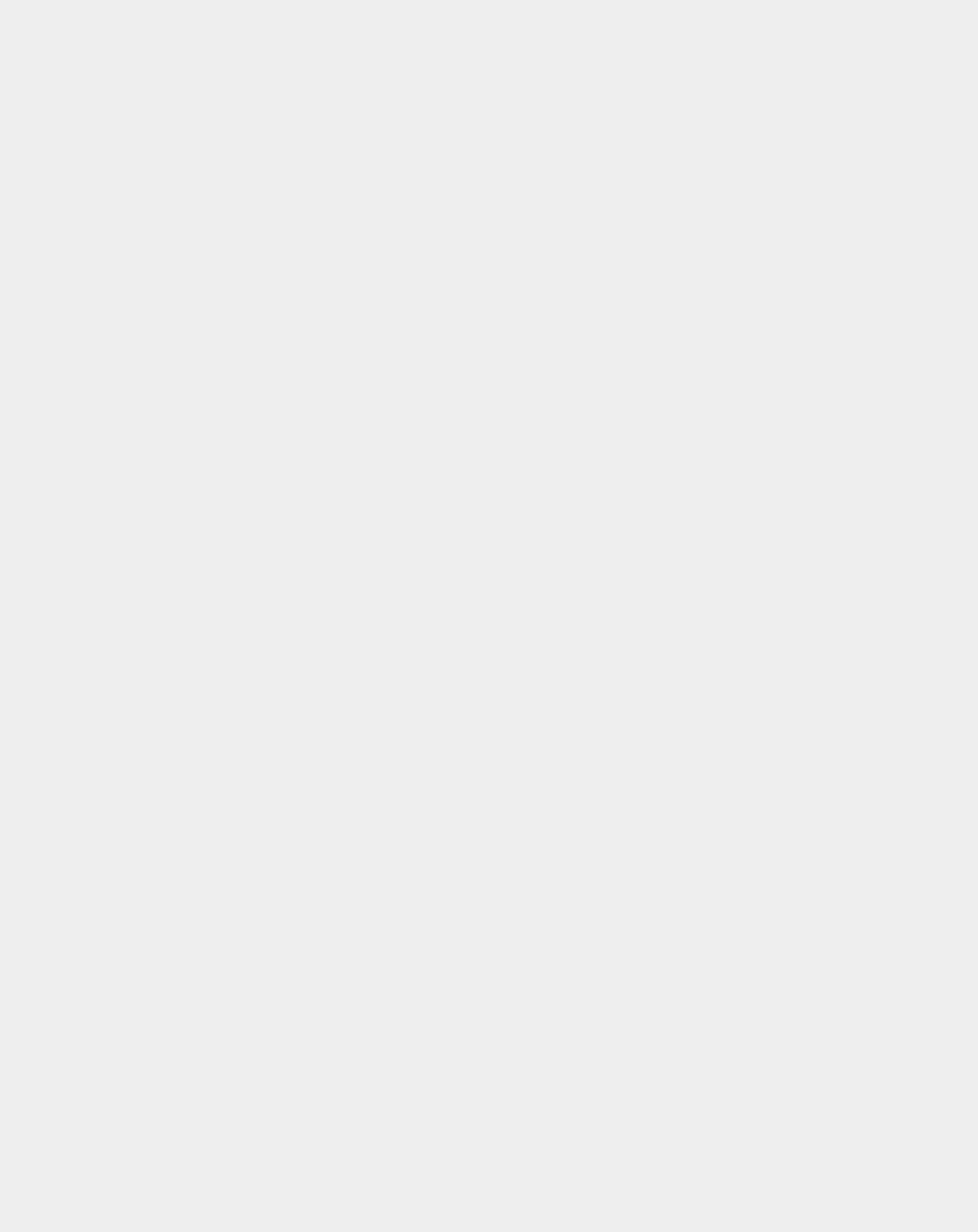




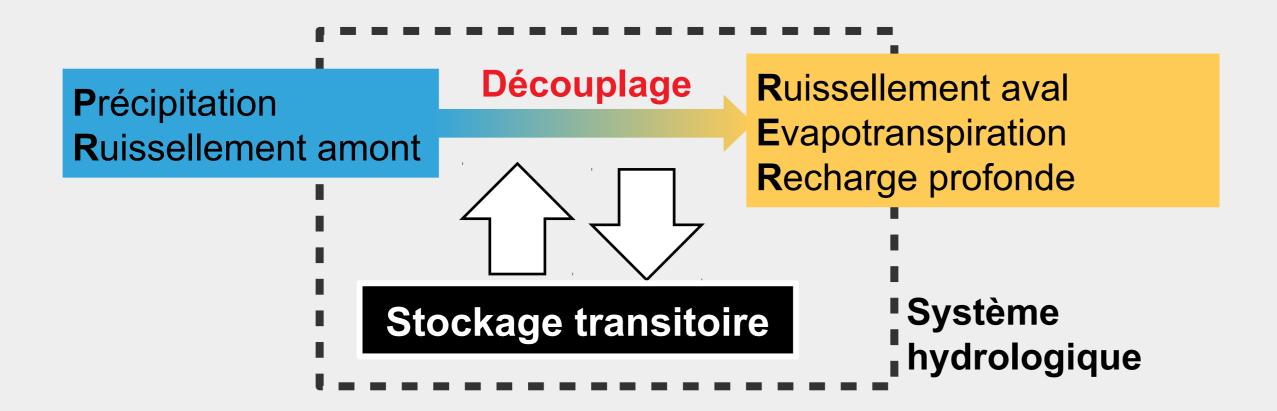


#### Motivation



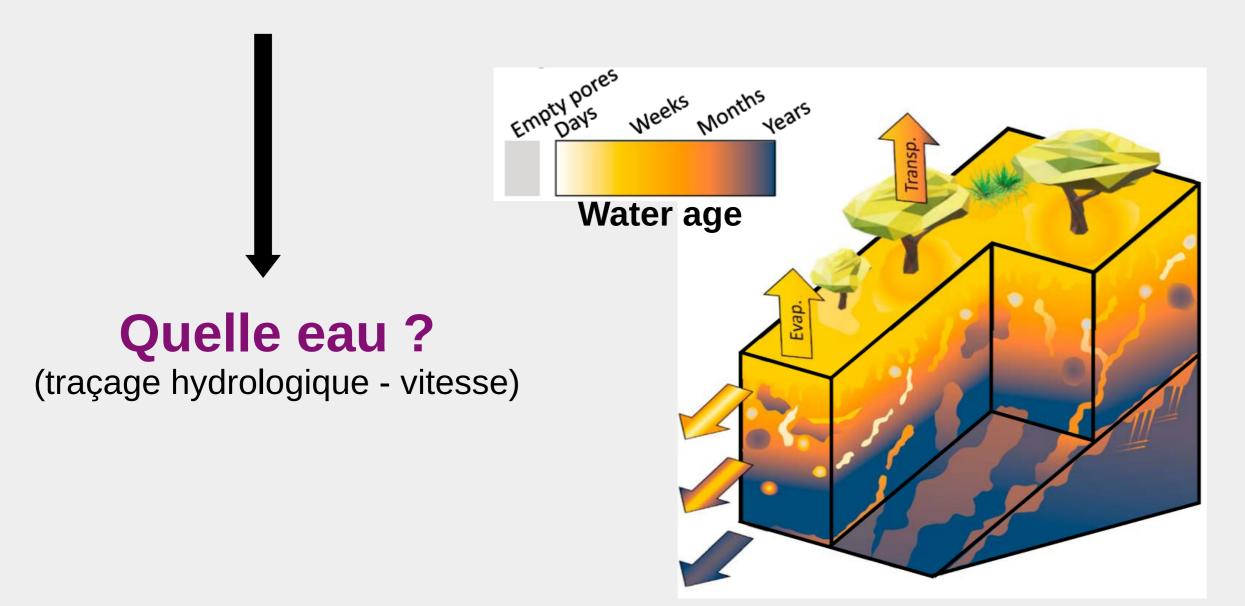


#### Motivation

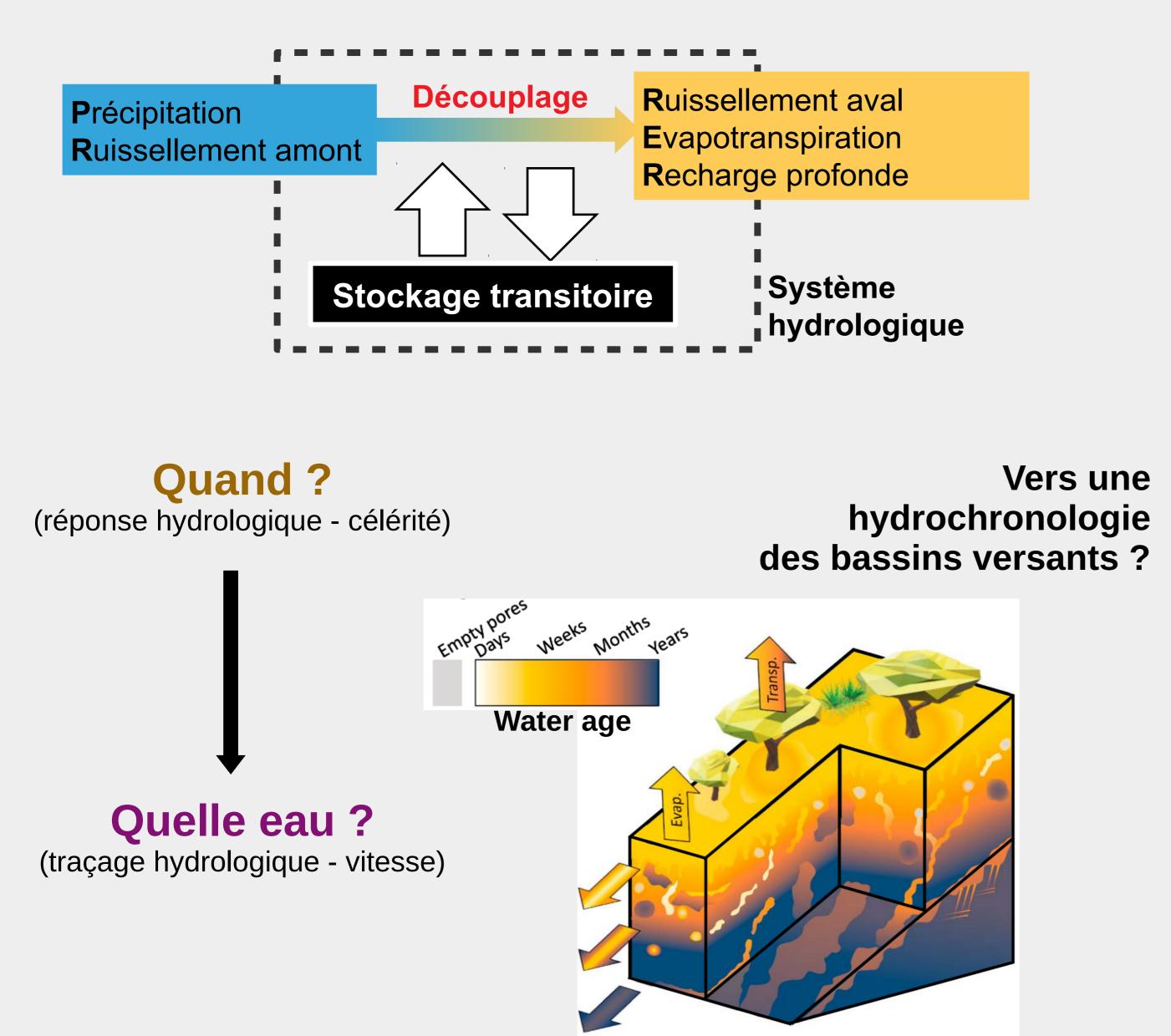


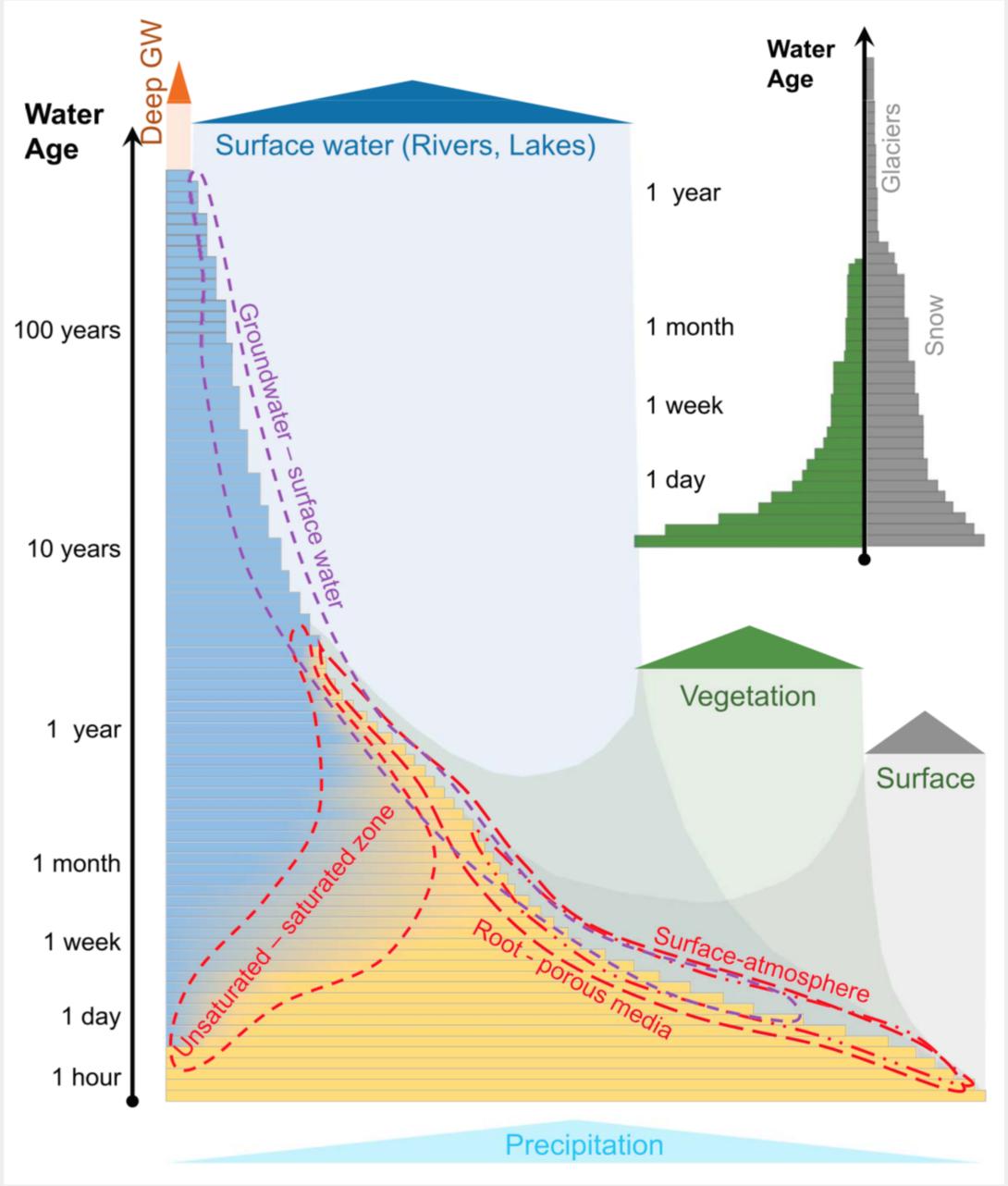
#### Quand?

(réponse hydrologique - célérité)



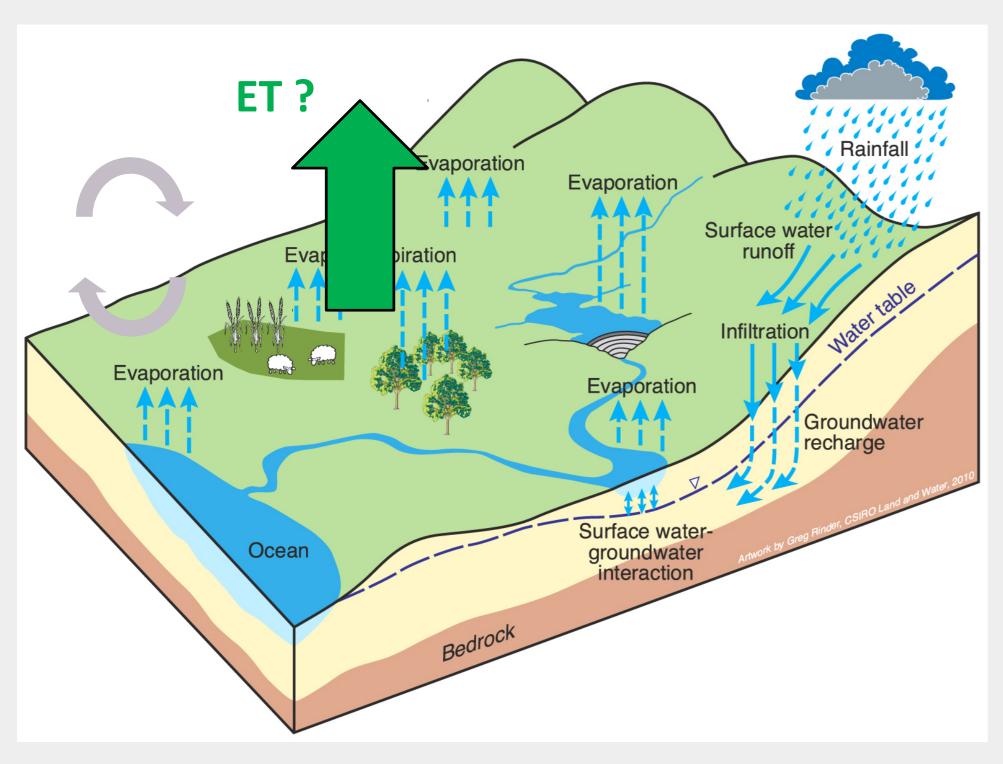
#### Motivation





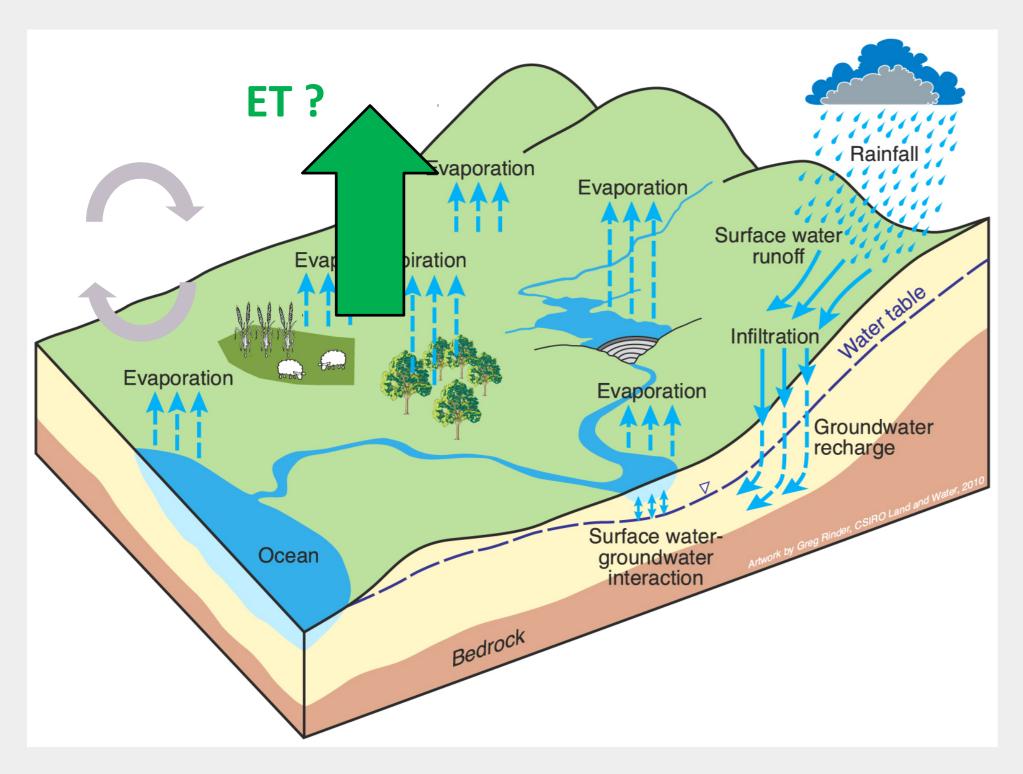
(Sprenger et al., RoG, 2019)

<u>Vegetation</u> = acteur dynamique du partitionnement entre eau "verte" et "bleue"

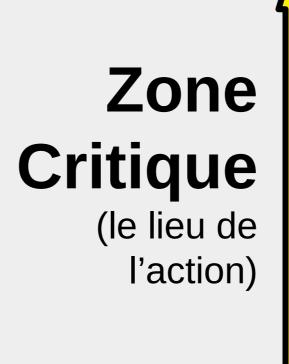


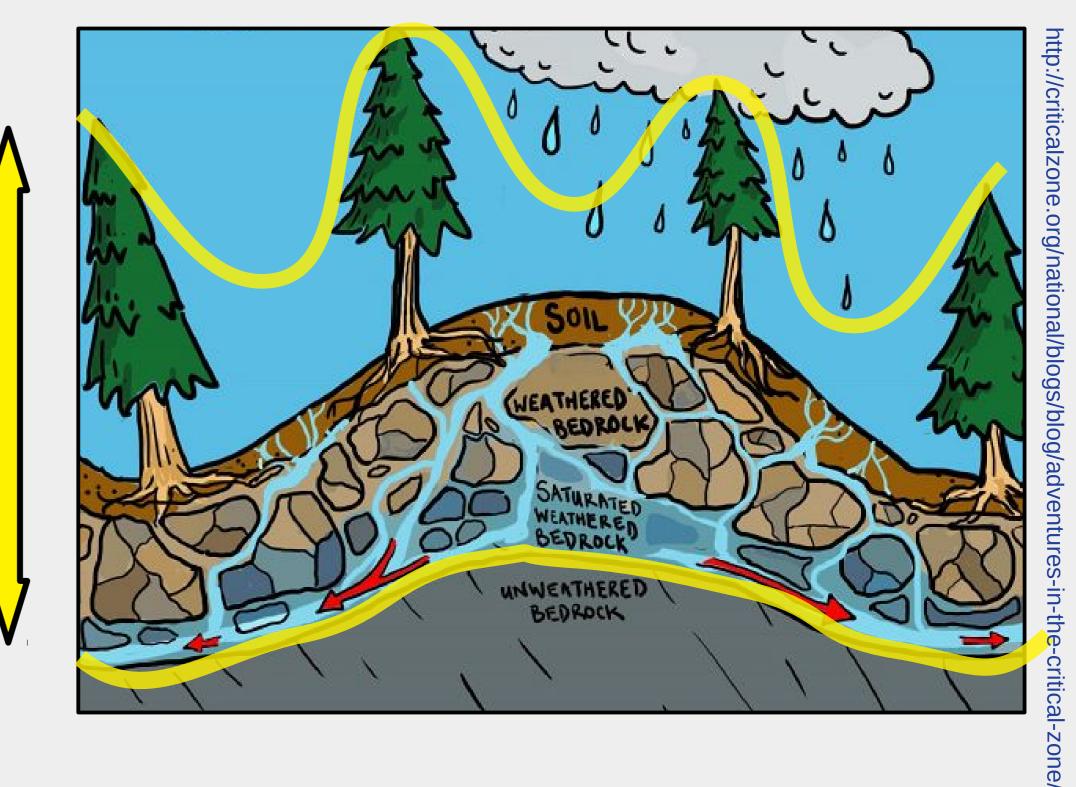
(Rinder, CSIRO L&W, 2010)

<u>Vegetation</u> = acteur dynamique du partitionnement entre eau "verte" et "bleue"

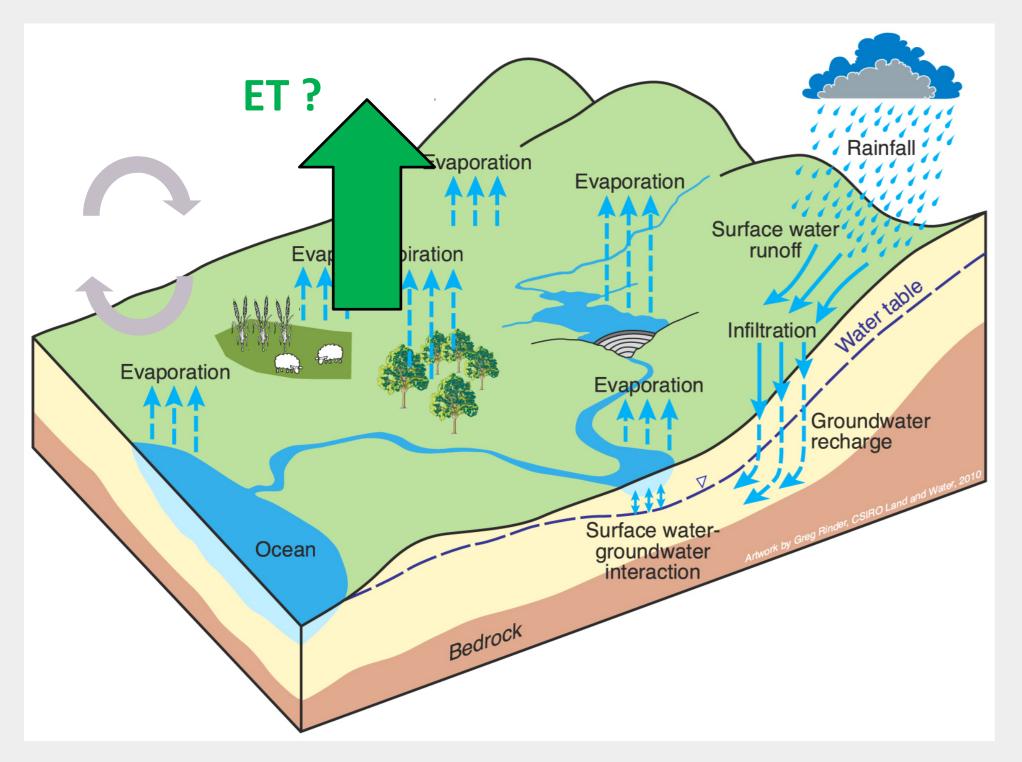


(Rinder, CSIRO L&W, 2010)



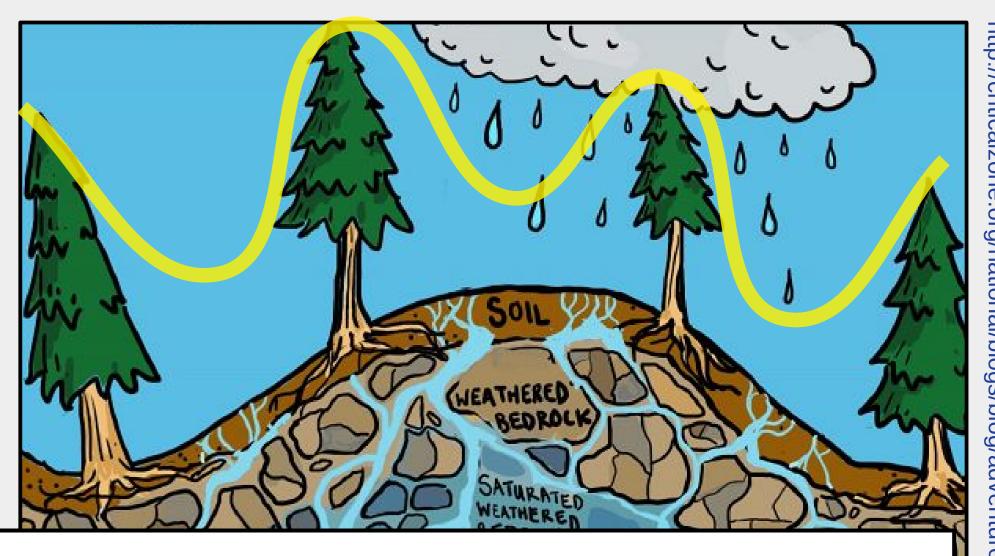


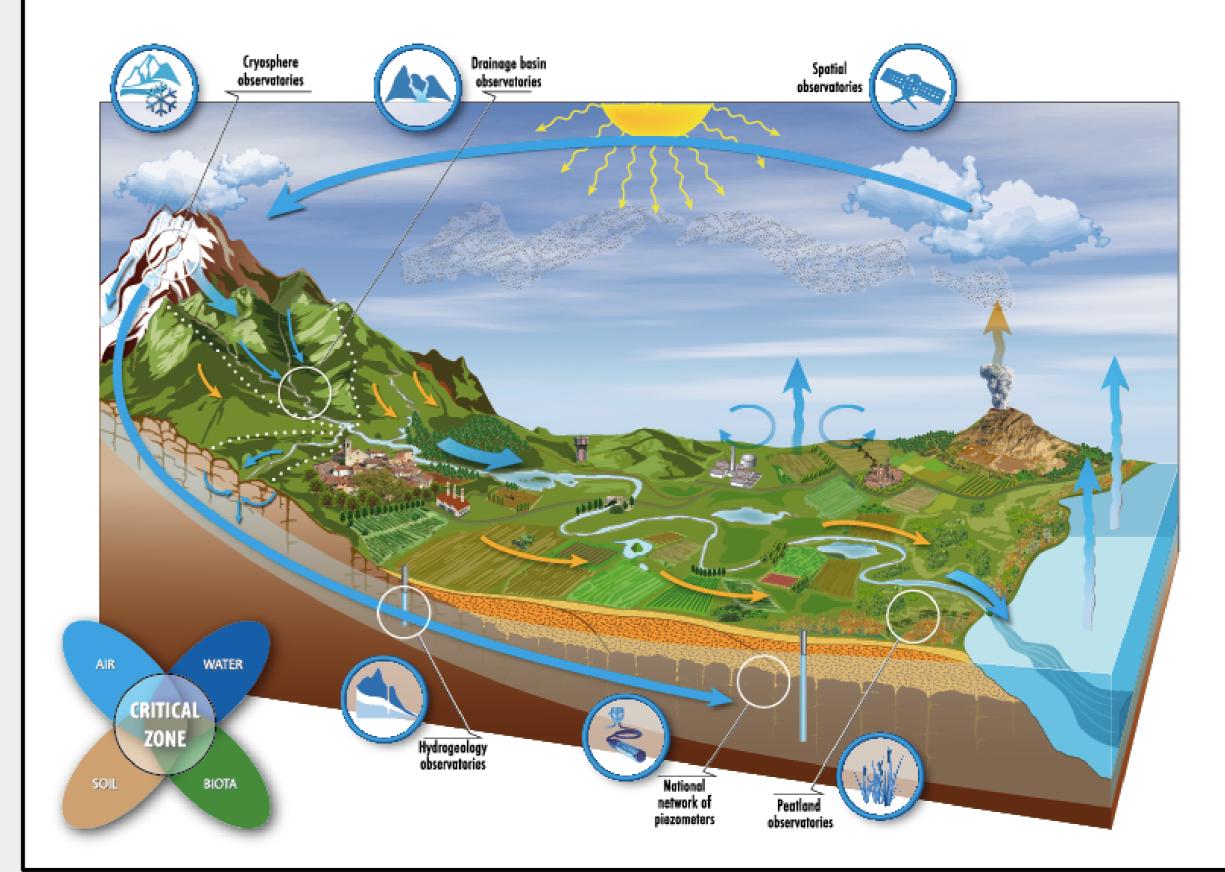
<u>Vegetation</u> = acteur dynamique du partitionnement entre eau "verte" et "bleue"



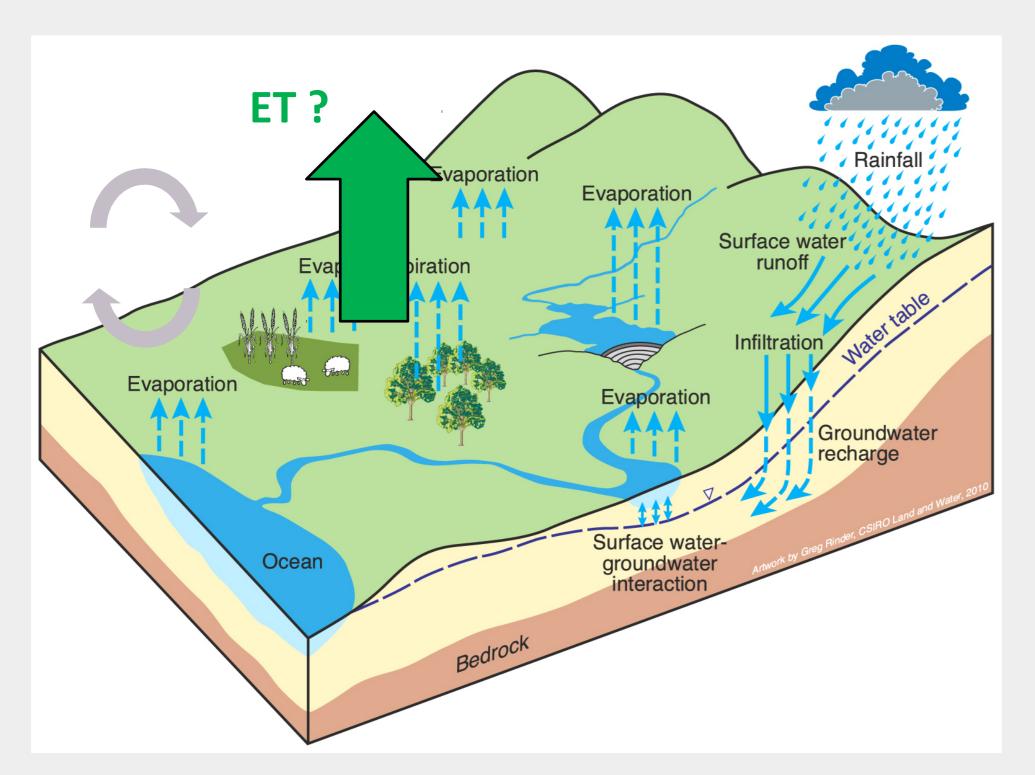
(Rinder, CSIRO L&W, 2010)

Zone
Critique
(le lieu de l'action)



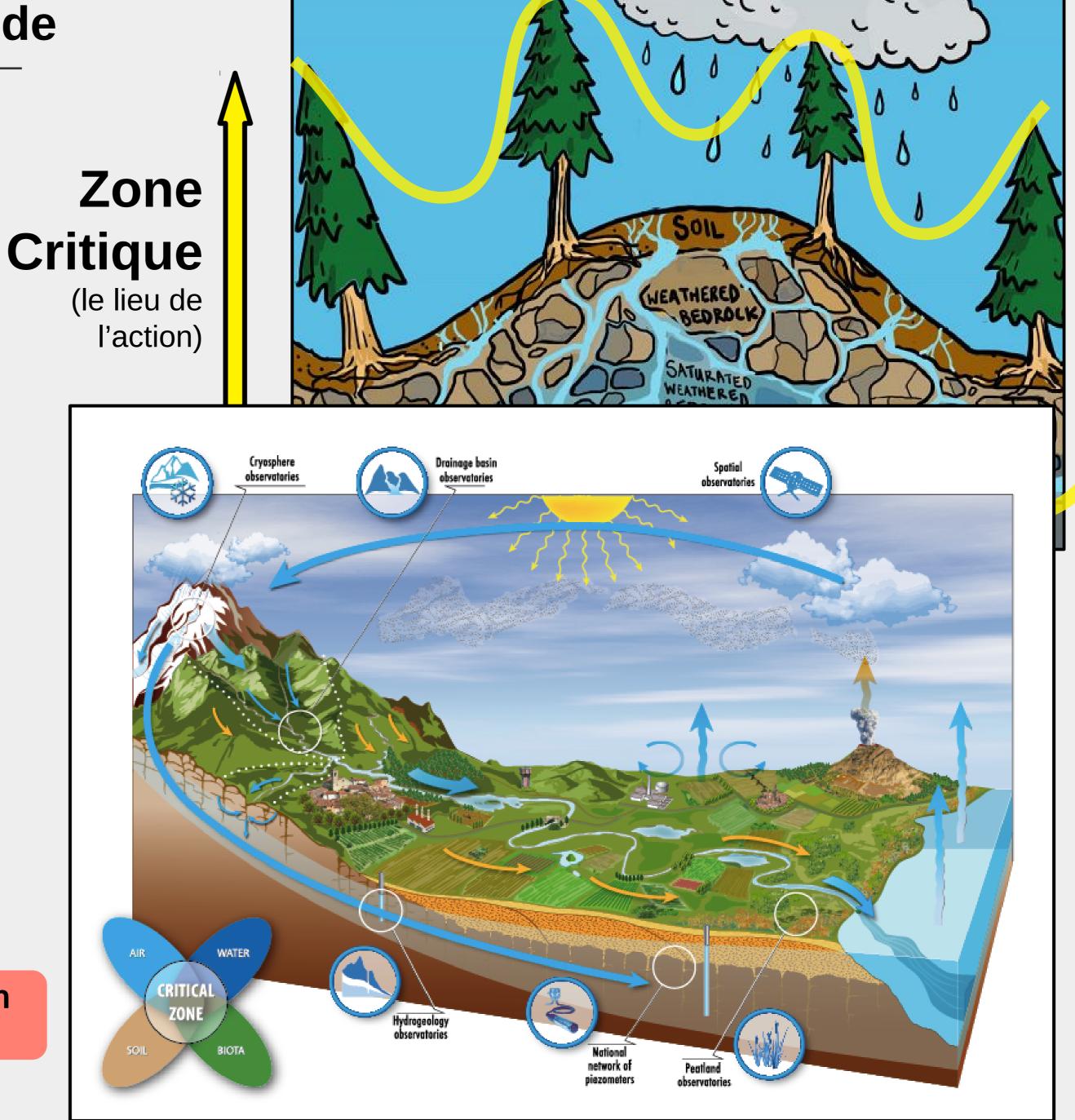


<u>Vegetation</u> = acteur dynamique du partitionnement entre eau "verte" et "bleue"

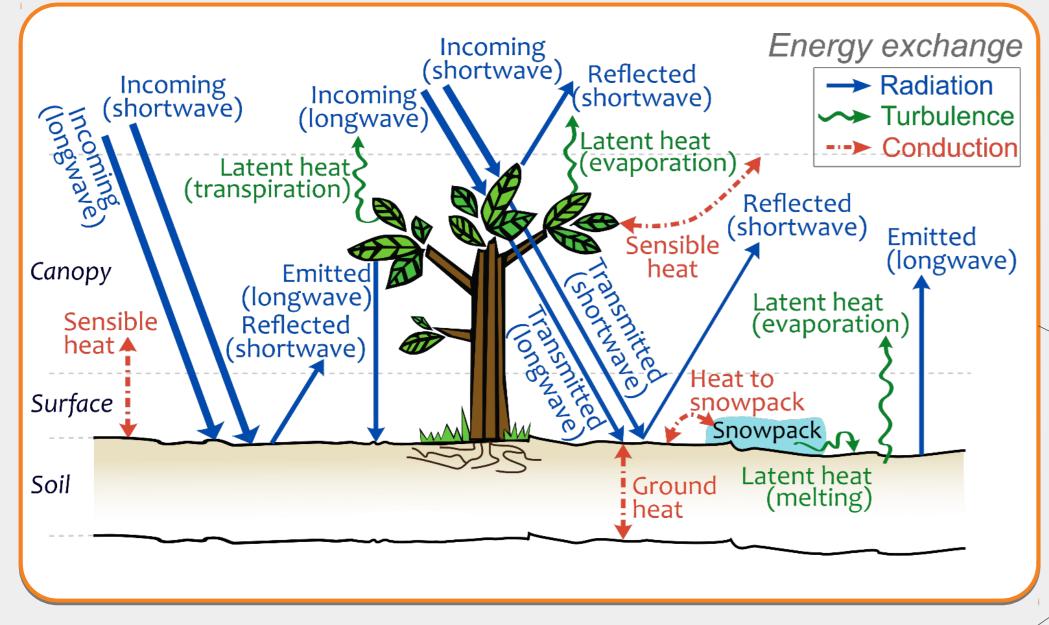


(Rinder, CSIRO L&W, 2010)

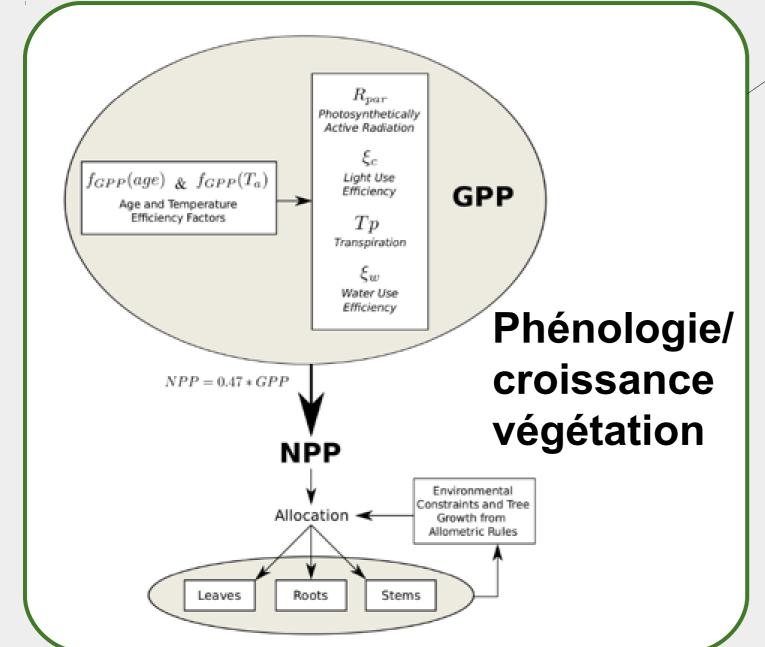
Vers une quantification des couplages écohydrologiques en zone critique et de leur temps caractéristiques ?

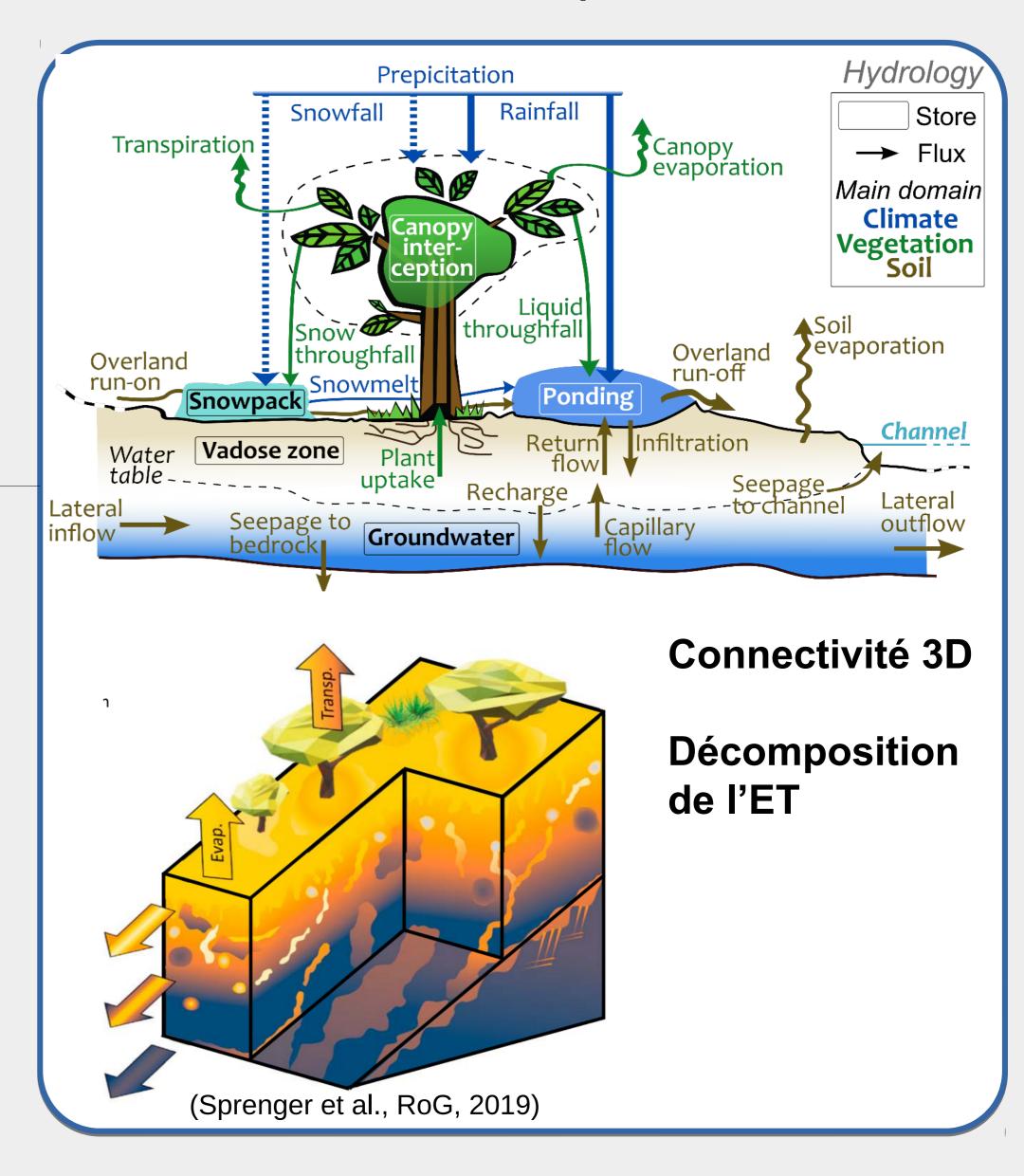


### Modélisation hydrologique de la Zone Critique – un outil basé sur les processus



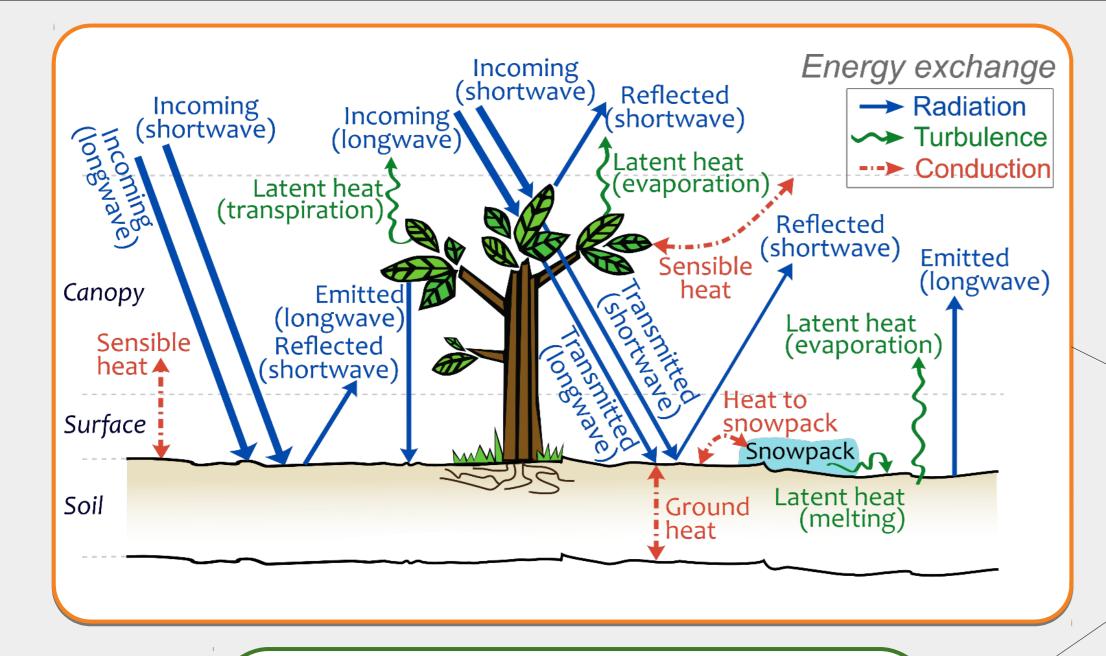
EcH<sub>2</sub>0



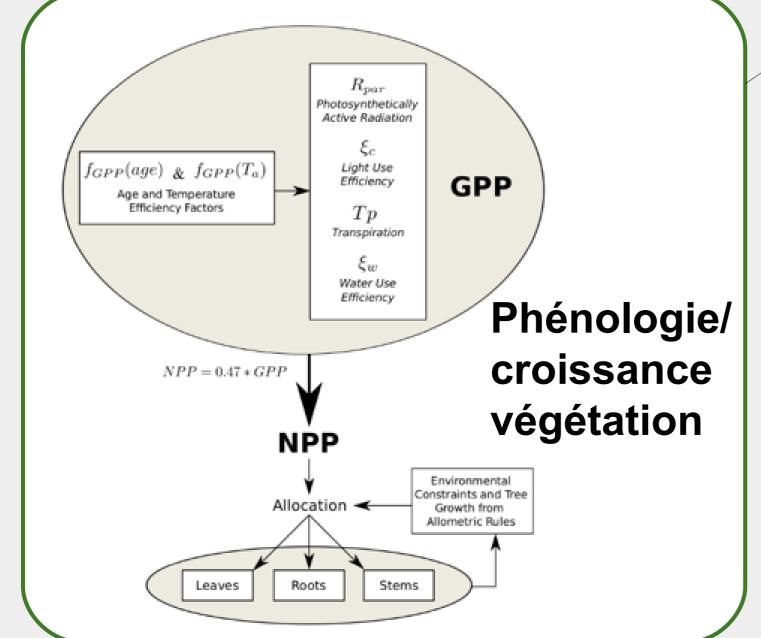


(Maneta & Silvermann, *Earth Int.* 2013) (Kuppel et al., *Env. Mod. & Soft.,* 2018)

#### Modélisation hydrologique de la Zone Critique – un outil basé sur les processus



EcH<sub>2</sub>0



EcH<sub>2</sub>0-iso

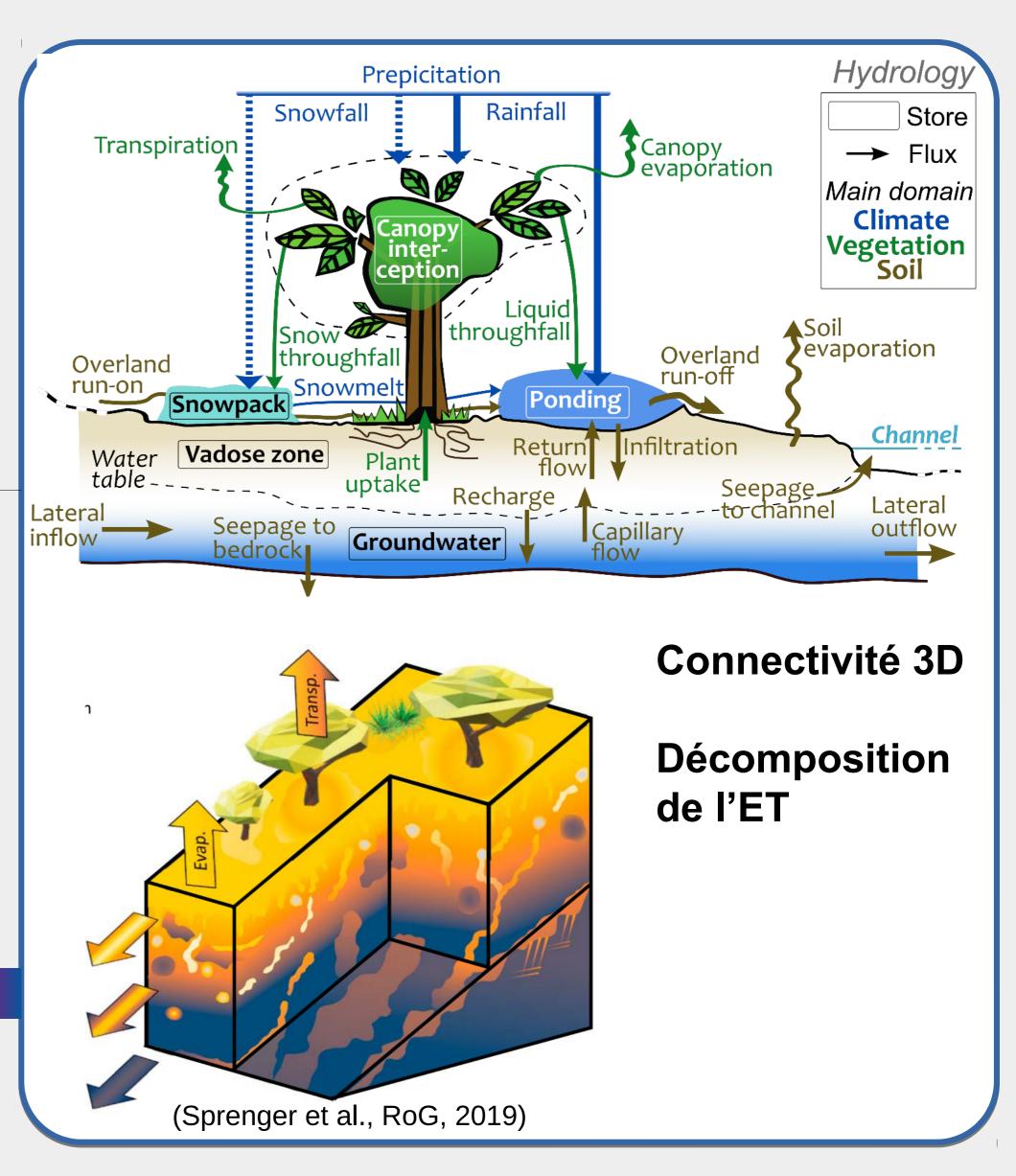
Suivi de l'eau : Traceurs conservatifs

(isotopes stables <sup>2</sup>H, <sup>18</sup>O)

Âge de l'eau

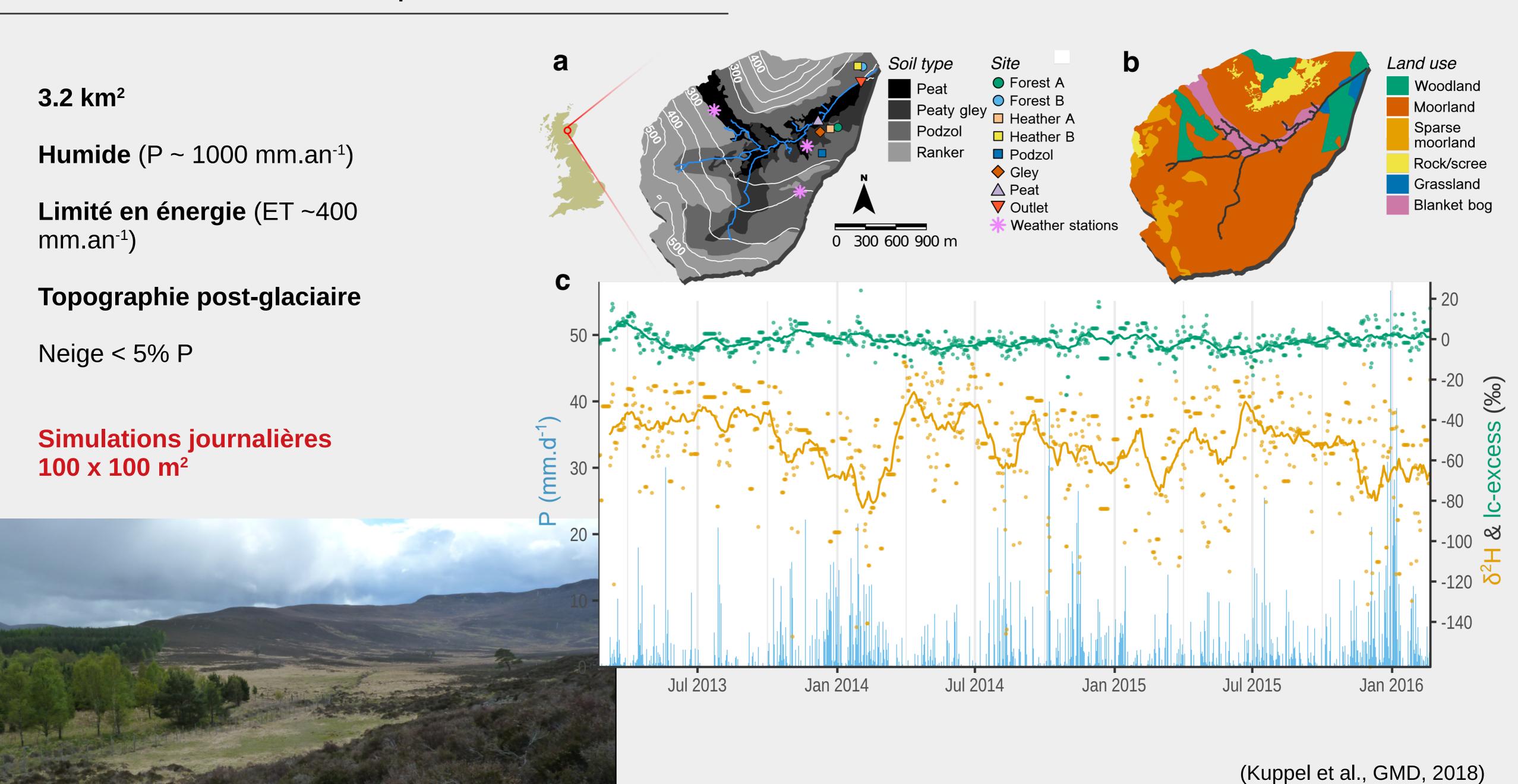
(temps de transit et de résidence)

(Kuppel et al., *GMD*, 2018)

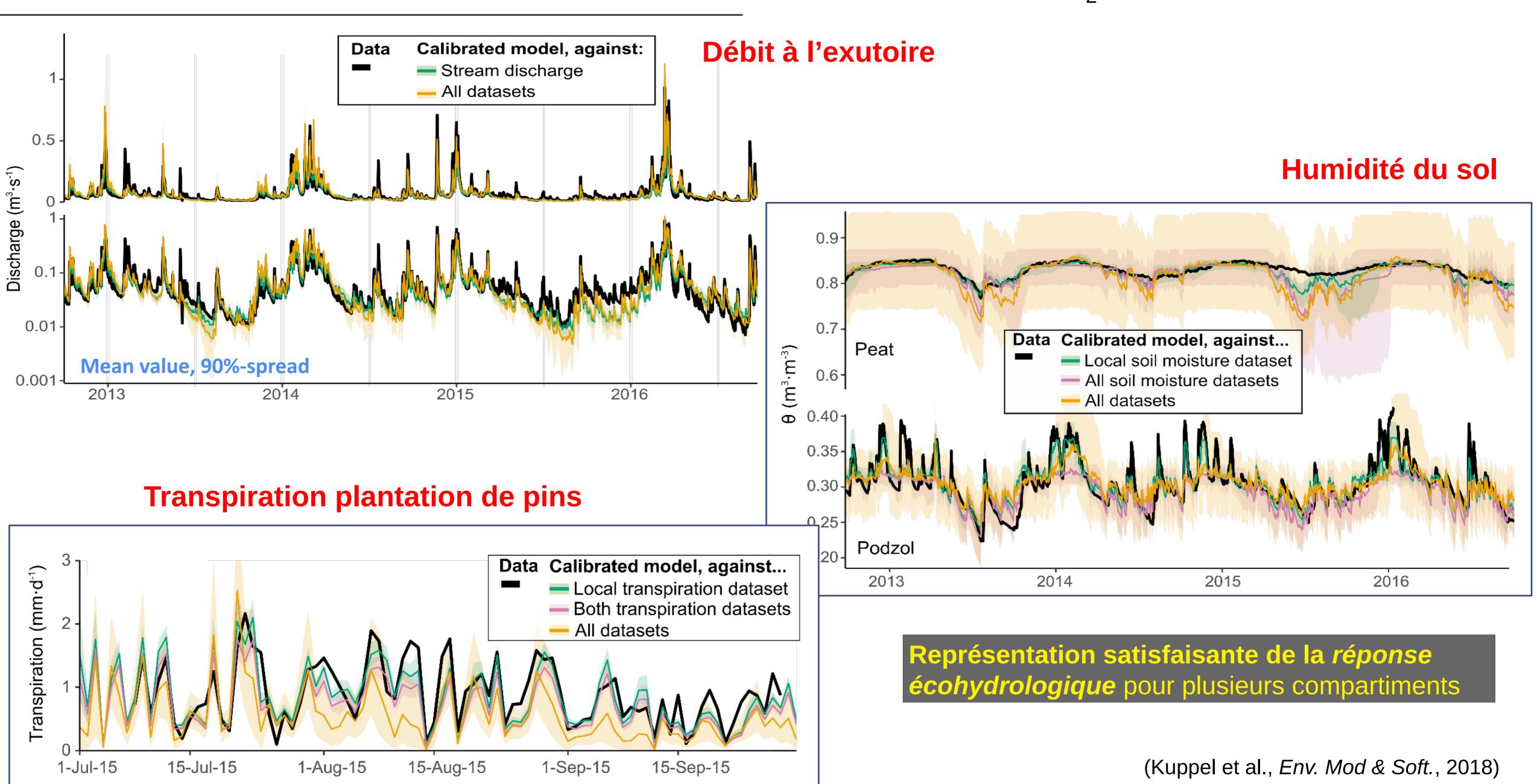


(Maneta & Silvermann, *Earth Int.* 2013) (Kuppel et al., *Env. Mod. & Soft.,* 2018)

#### Un cas d'étude – Le petit BV de Bruntland Burn

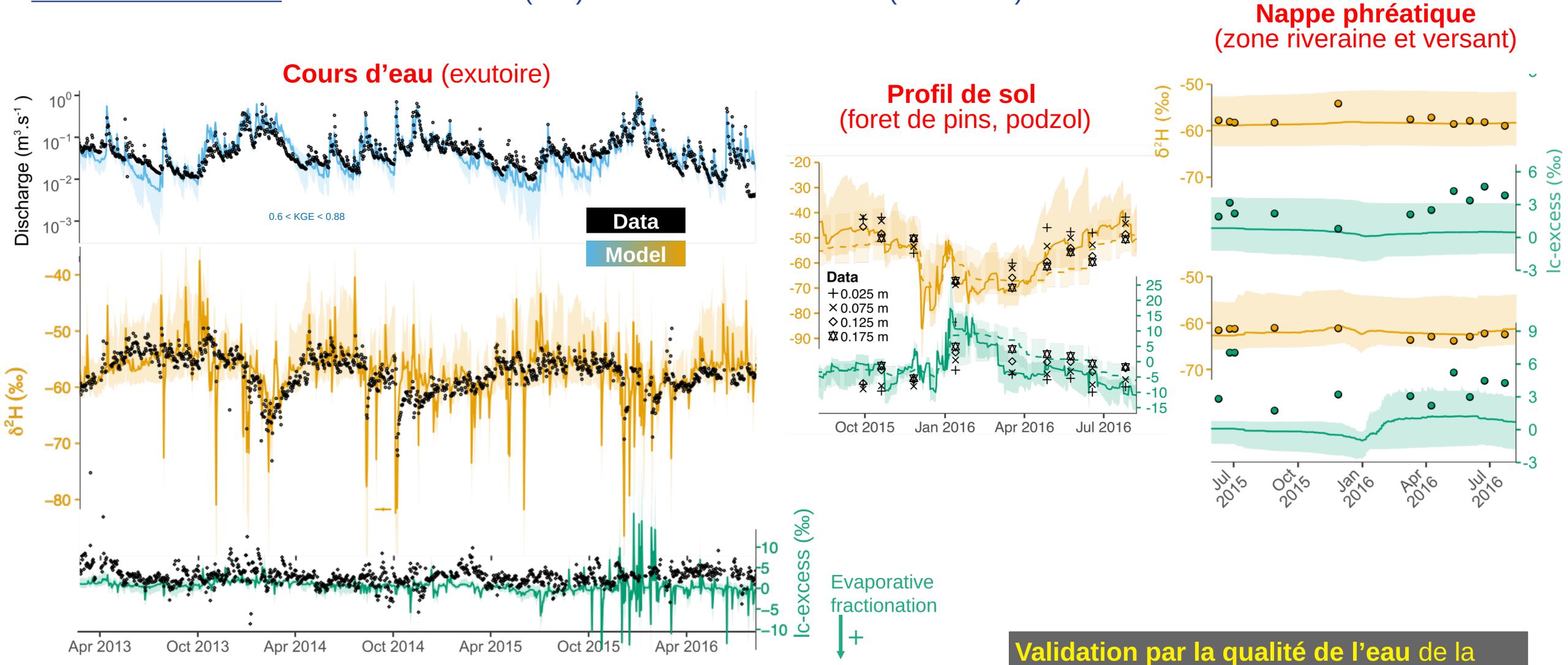


## Cas d'étude à Bruntland Burn – Performance du modèle EcH,O



## Cas d'étude à Bruntland Burn – Performance du modèle EcH,O

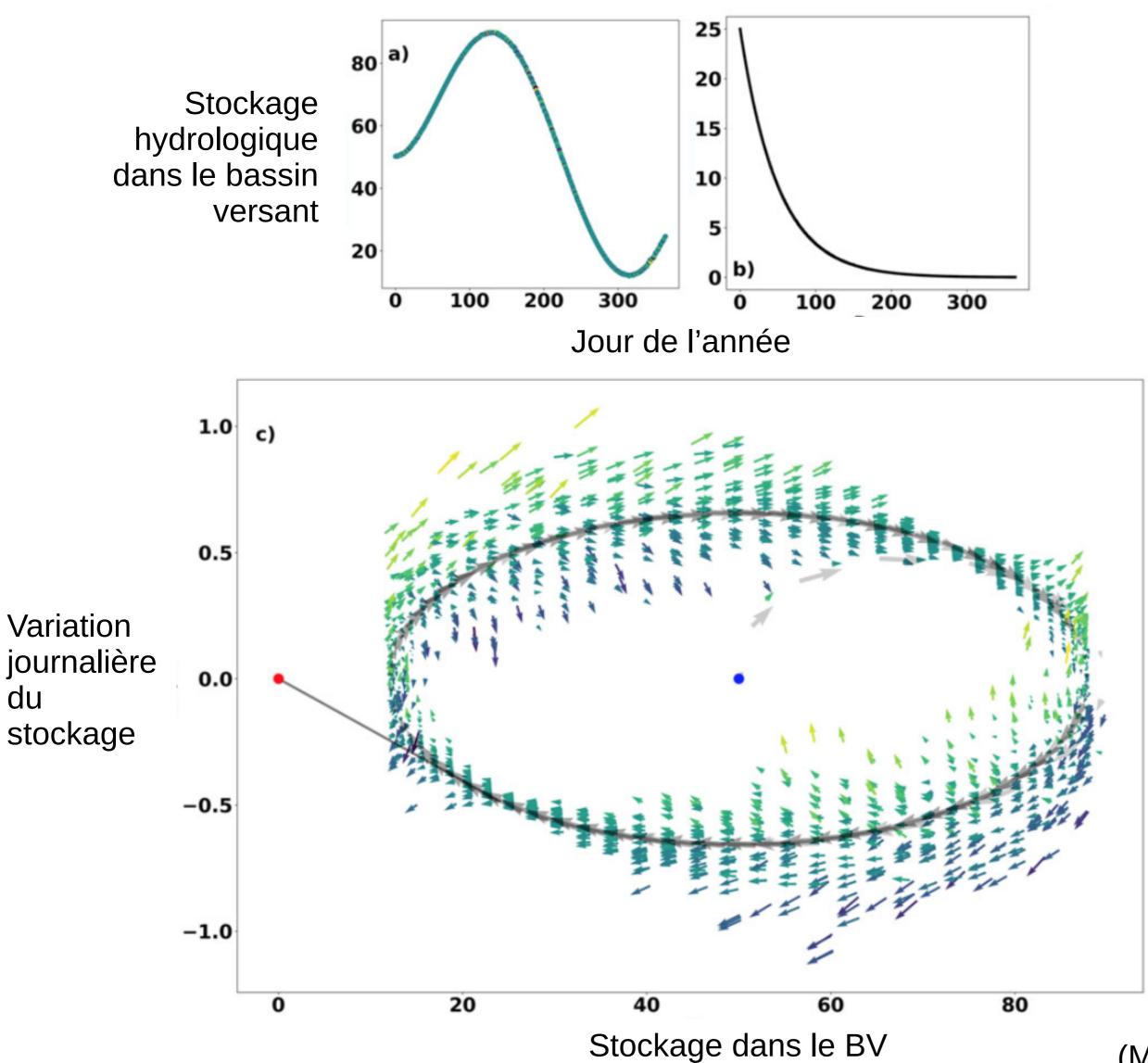
<u>Traceur conservatifs</u>: concentration en <sup>2</sup>H (δ<sup>2</sup>H) et relation entre <sup>2</sup>H et <sup>18</sup>O (**Ic-excess**)



simulation des chemins de l'eau contributifs

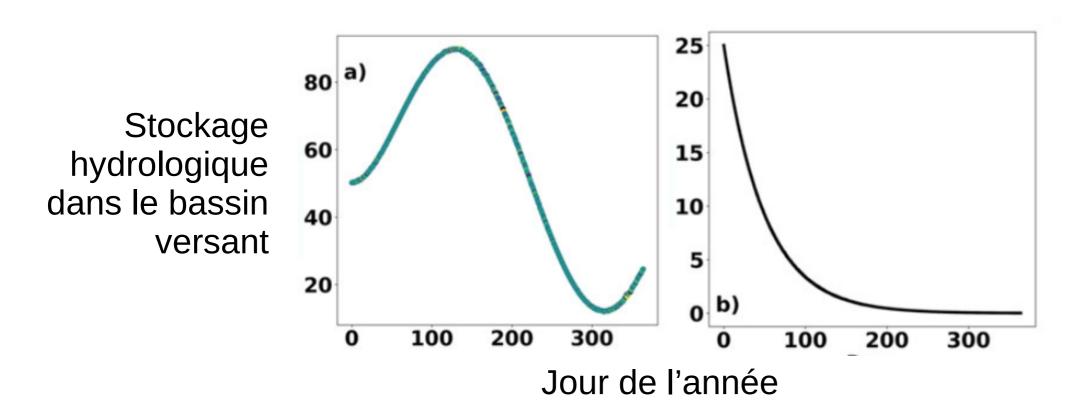
(Kuppel et al., *GMD*, 2018)

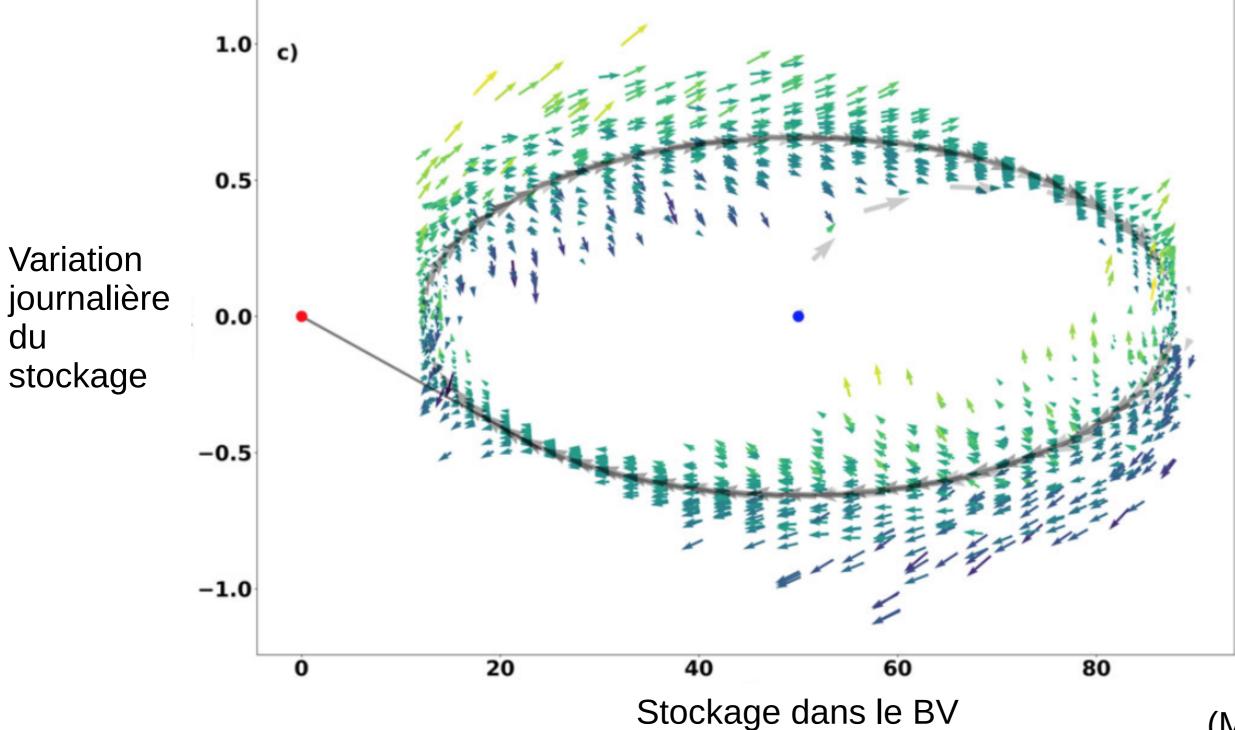
Si les bassins versants étaient des <u>réservoirs linéaires</u> sous un <u>hydroclimat sinusoïdal</u>...



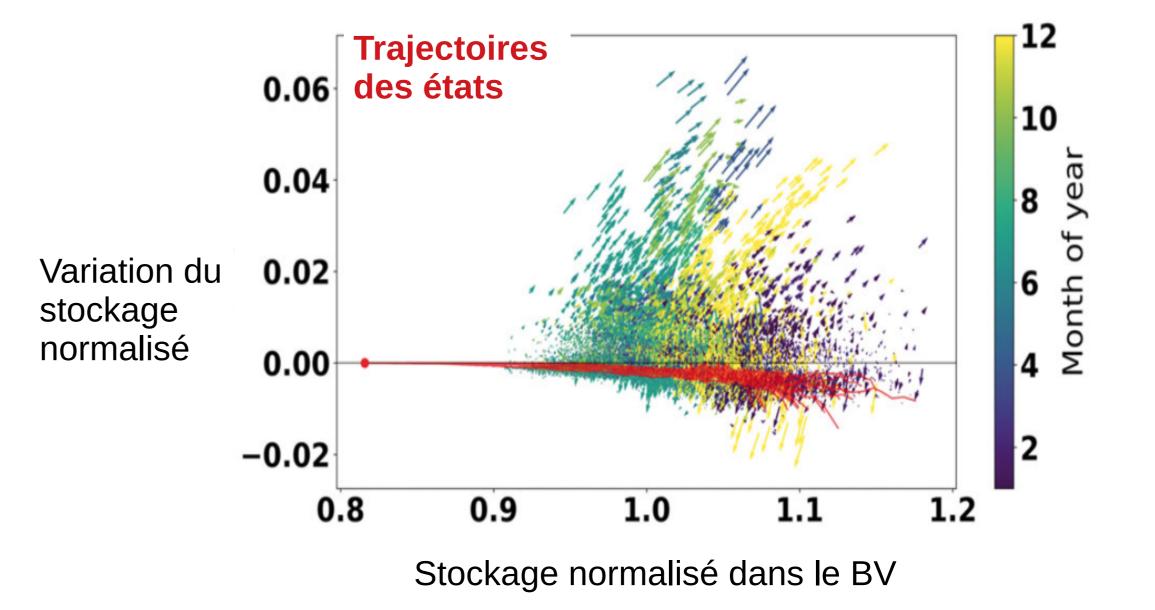
(Maneta et al., HP, 2018)

Si les bassins versants étaient des <u>réservoirs linéaires</u> sous un <u>hydroclimat sinusoïdal</u>...



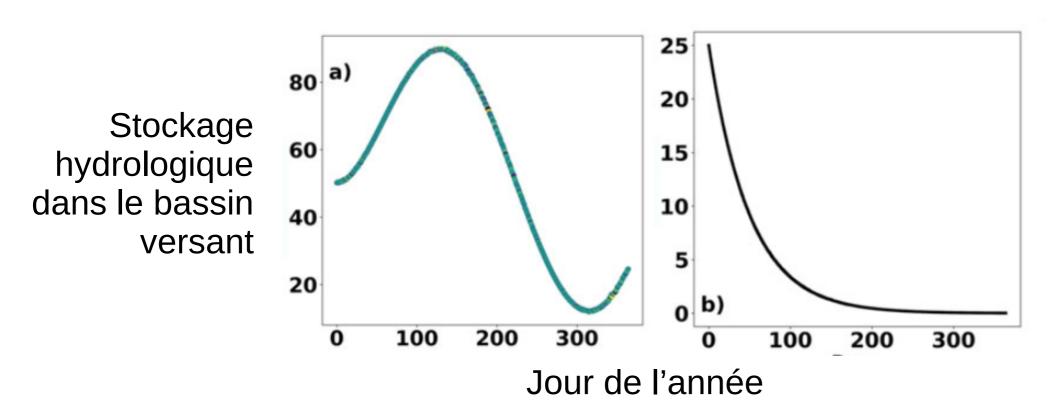


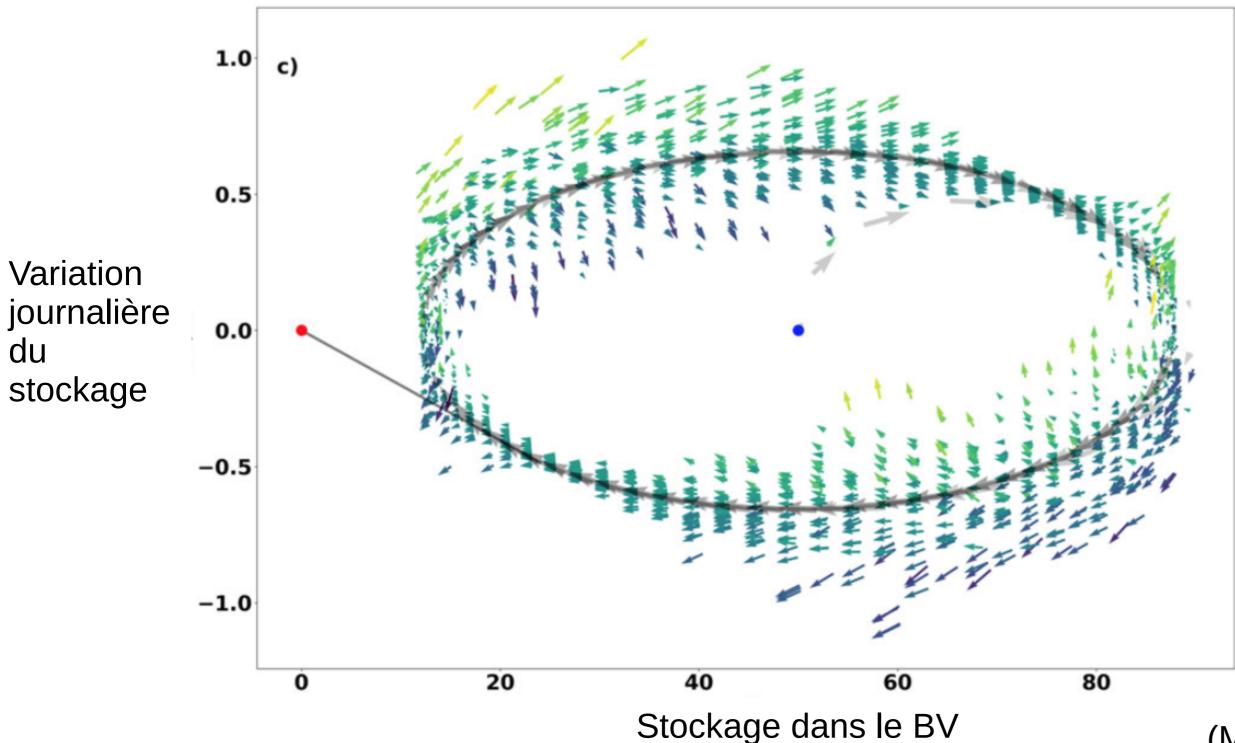
#### ...Ensemble de simulations à Bruntland Burn



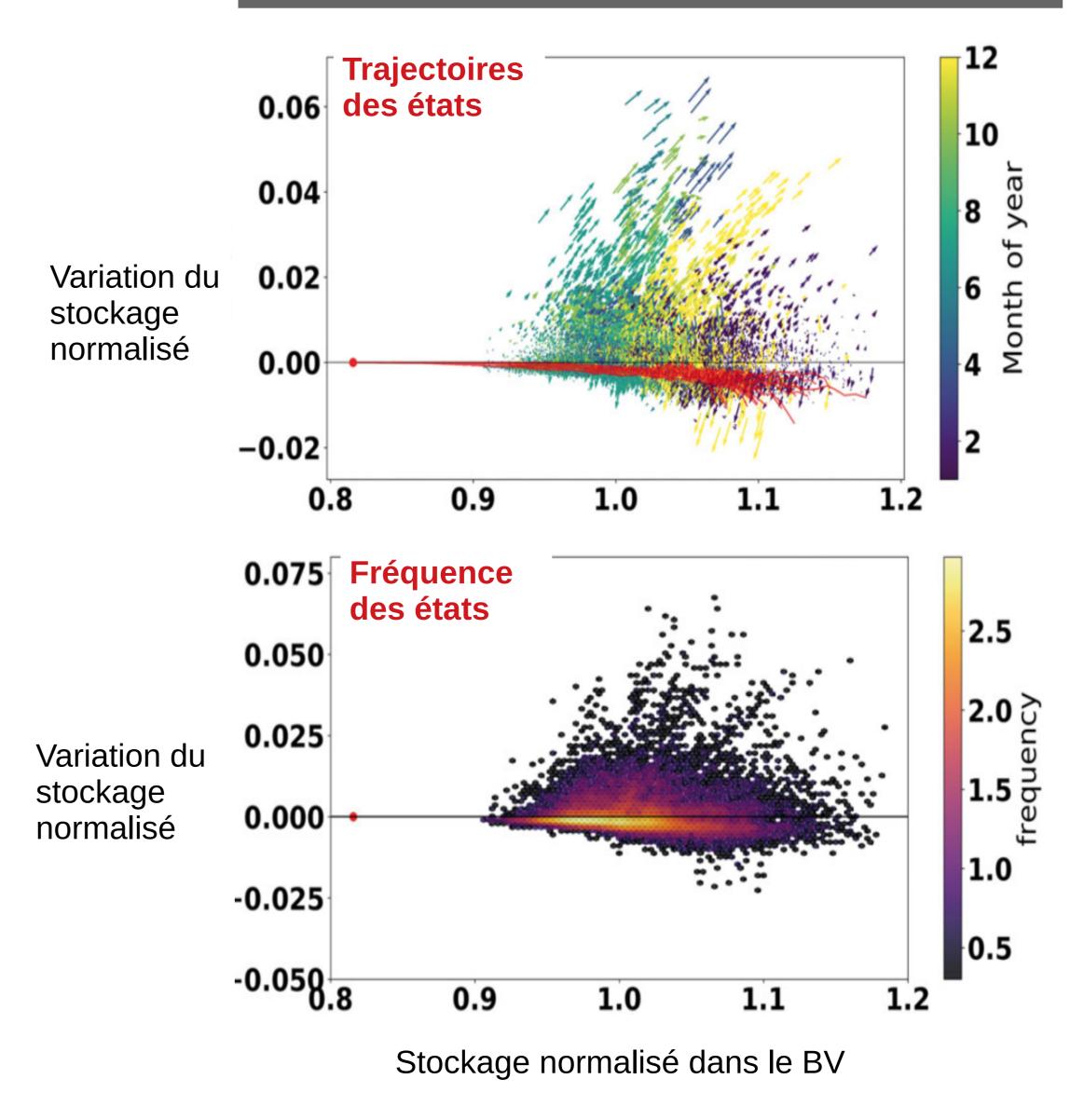
(Maneta et al., HP, 2018)







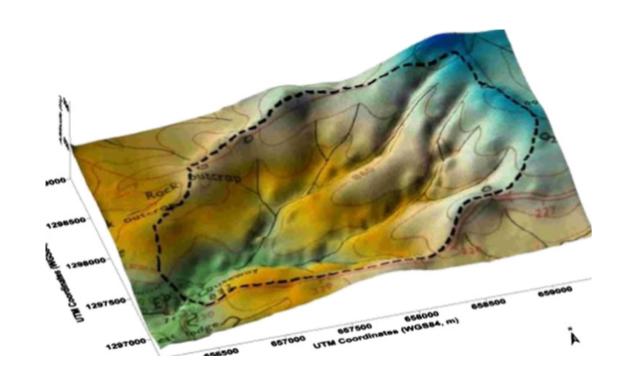
#### ...Ensemble de simulations à Bruntland Burn



(Maneta et al., HP, 2018)

#### Mule Hole (Inde)

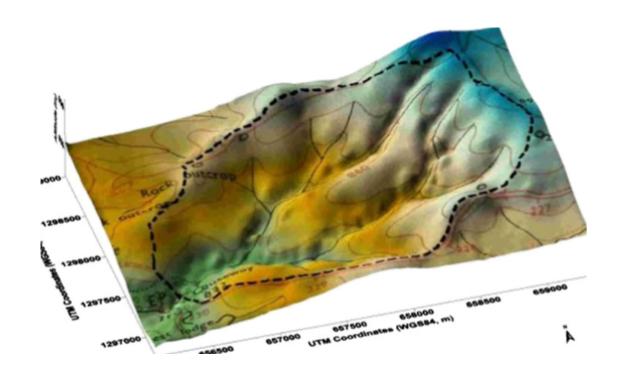




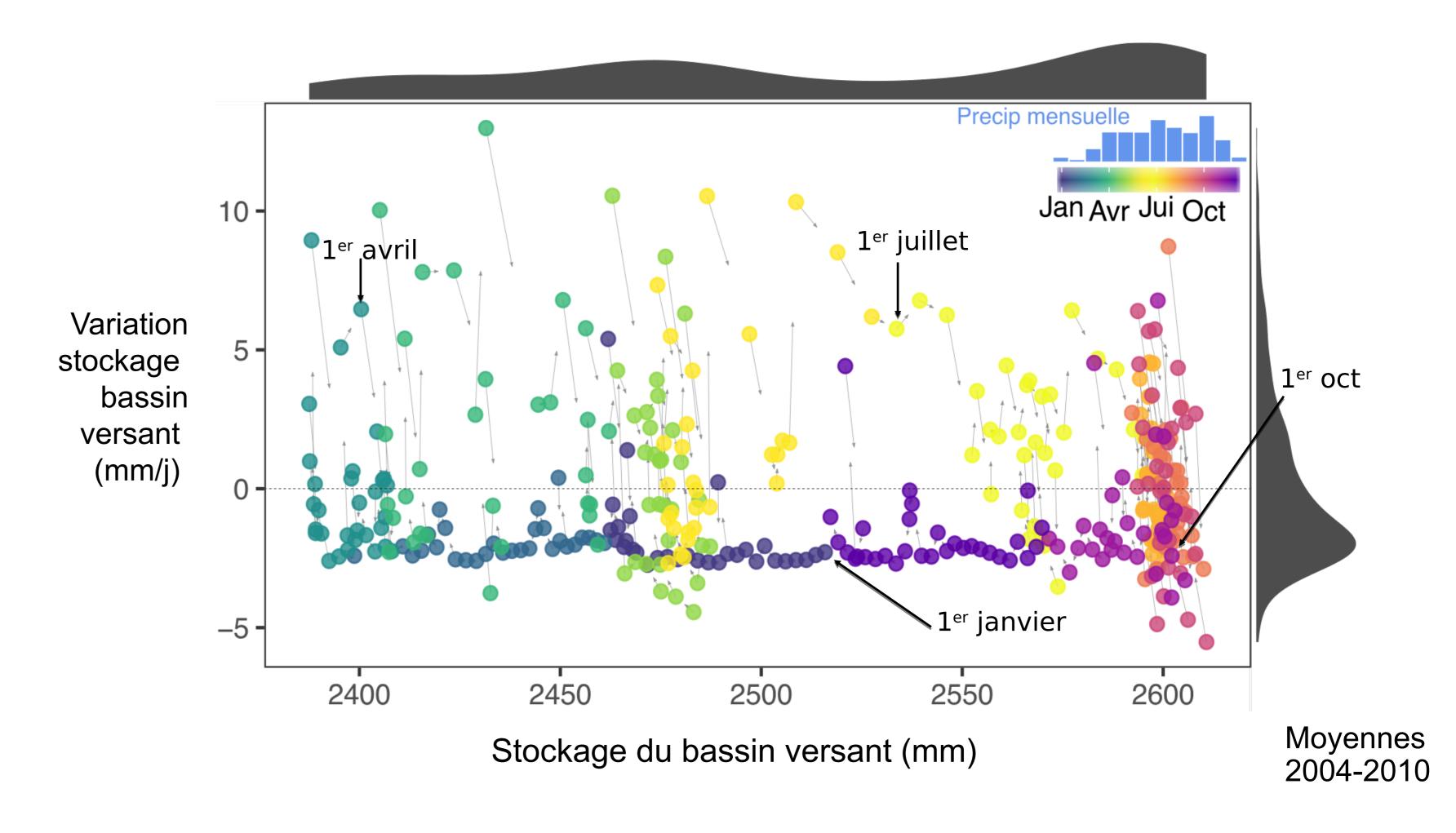
Audry et al. (2014)

#### Mule Hole (Inde)



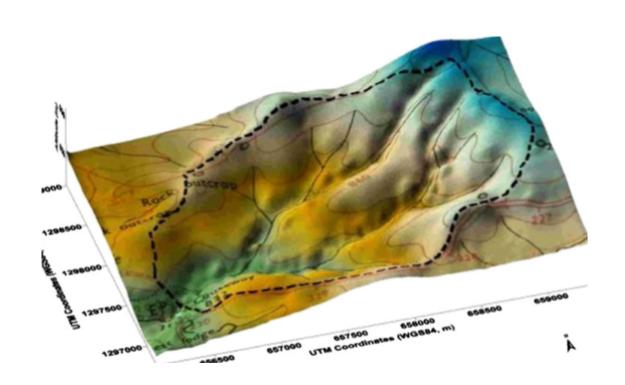


Audry et al. (2014)

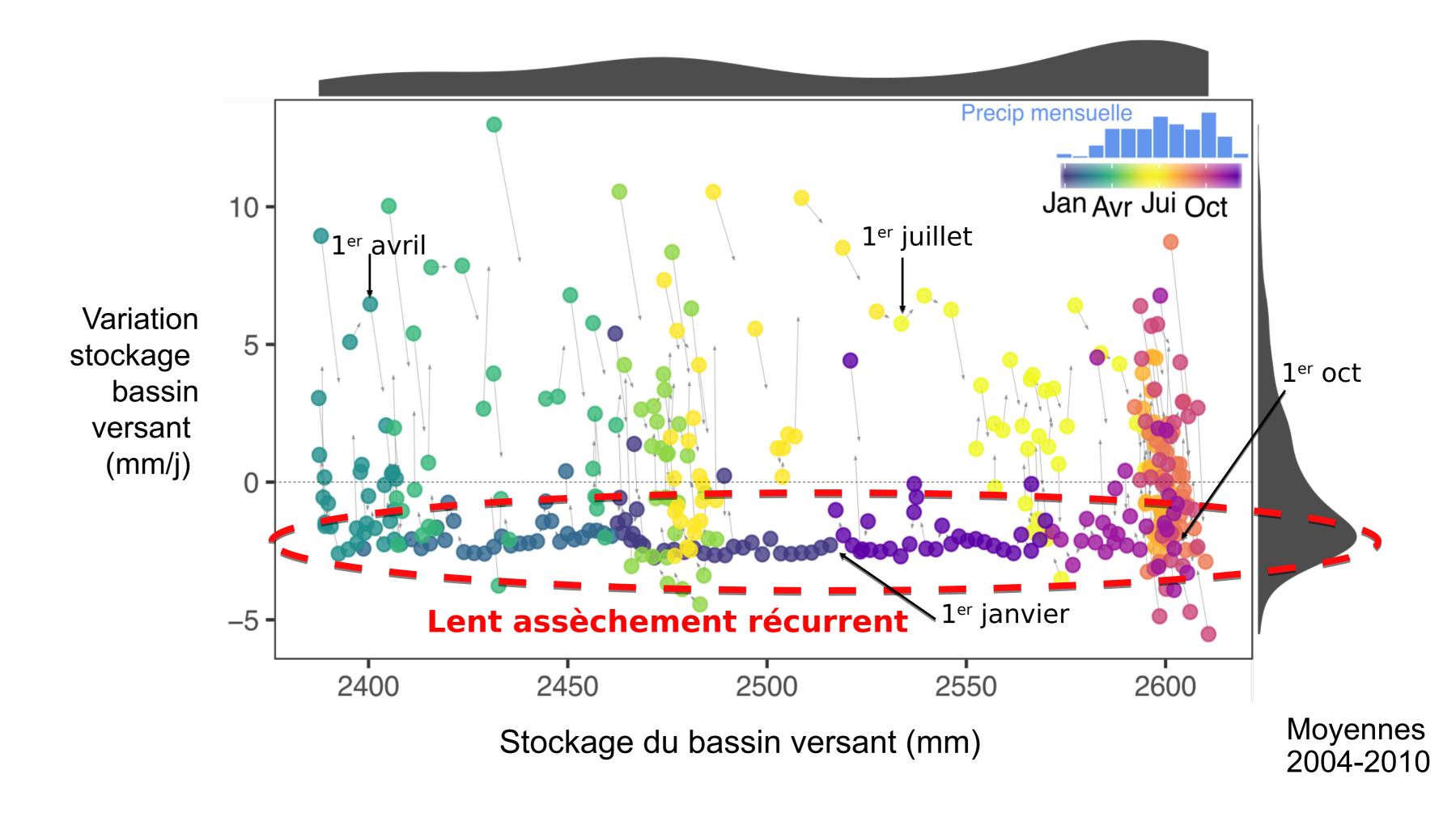


#### Mule Hole (Inde)



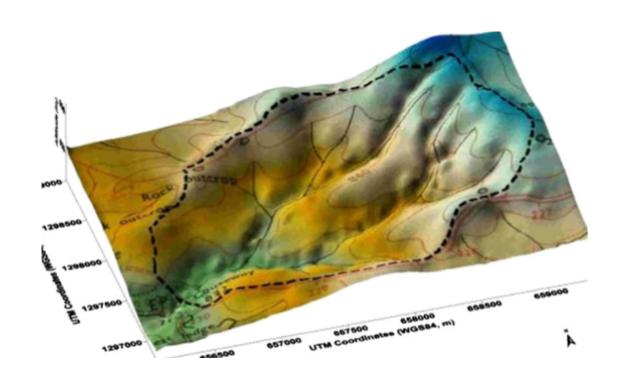


Audry et al. (2014)

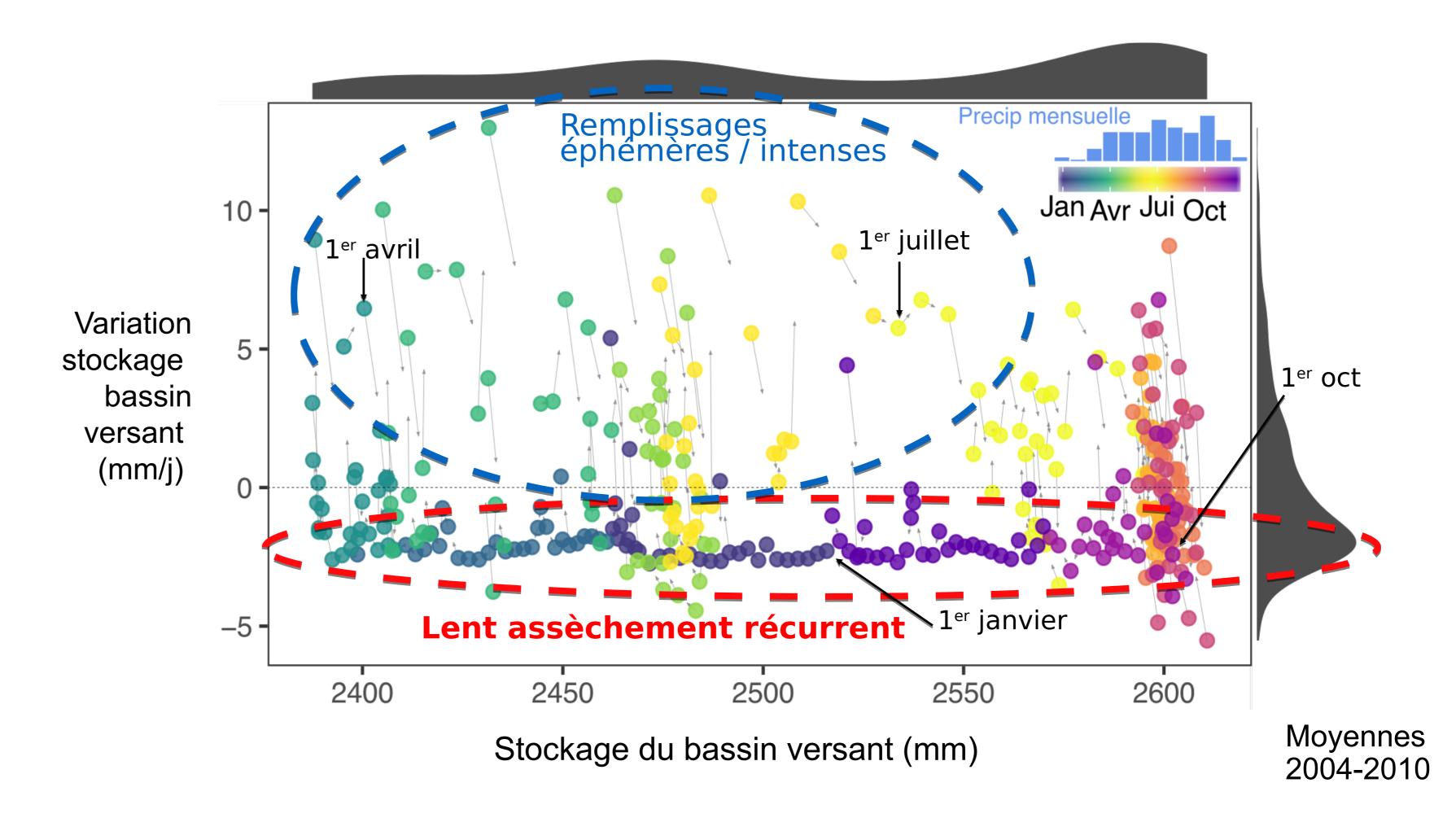


#### Mule Hole (Inde)





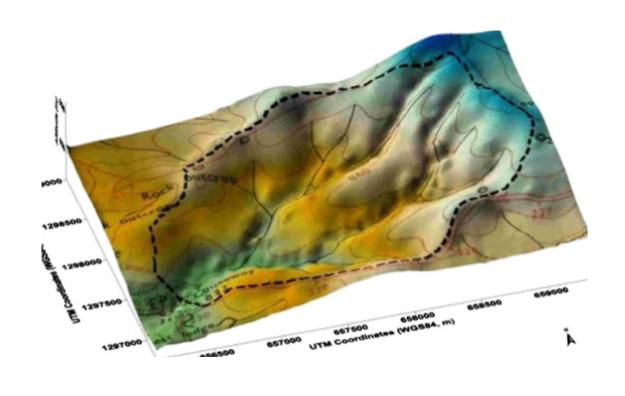
Audry et al. (2014)



#### Mule Hole (Inde)

4.1 km<sup>2</sup>
Subtropical
Mousson



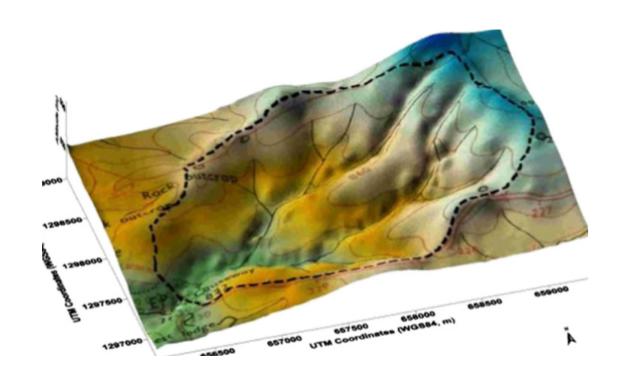


Audry et al. (2014)

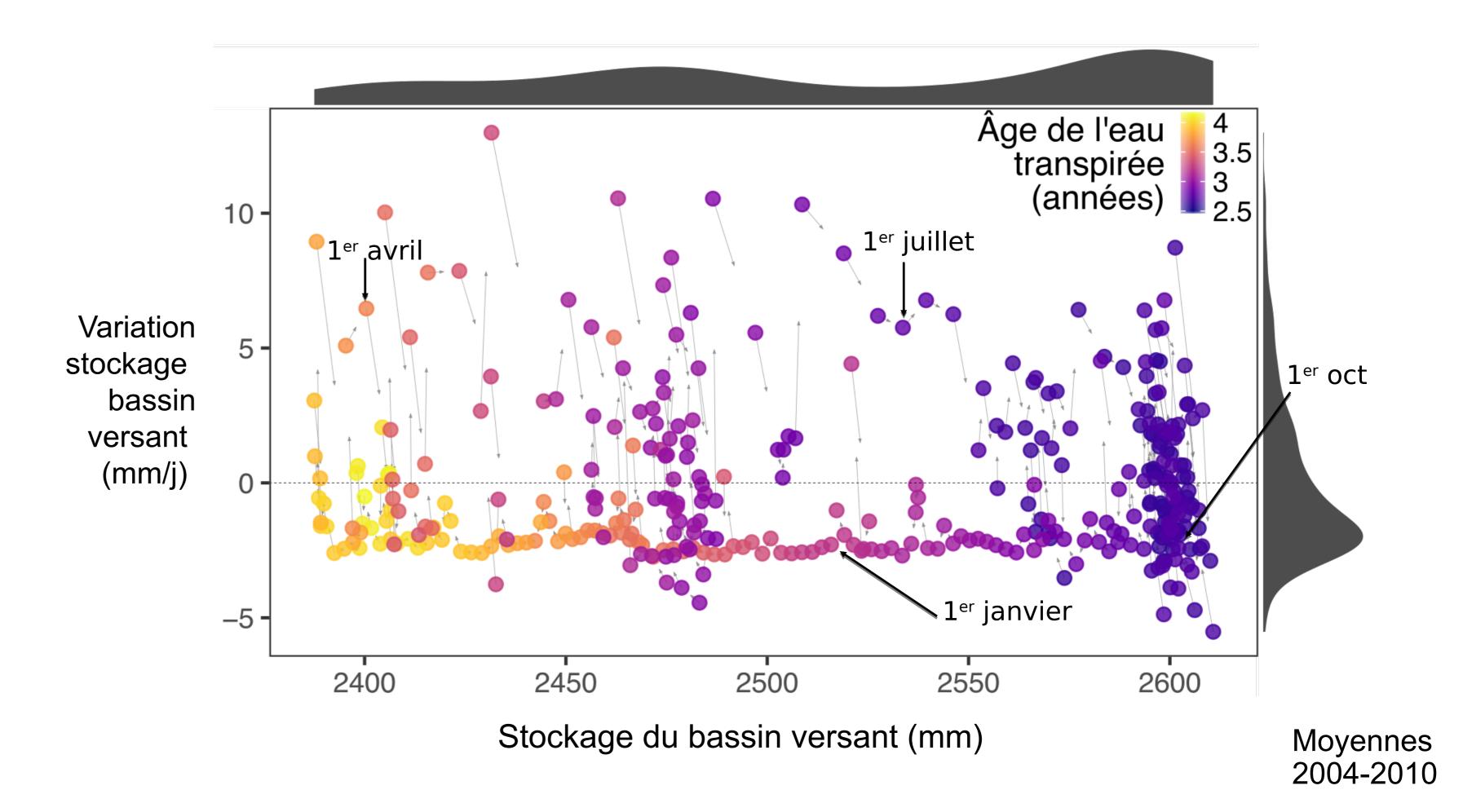
Precip mensuelle Remplissages éphémères / intenses Jan Avr Jui Oct 10 -1<sup>er</sup> juillet ¶1<sup>er</sup> 'avril Variation stockage 1<sup>er</sup> oct bassin versant (mm/j) Lent assèchement récurrent 1er janvier -5 2400 2450 2500 2550 2600 Moyennes Stockage du bassin versant (mm) 2004-2010 Stockage transitoire ~ 220 mm

#### Mule Hole (Inde)



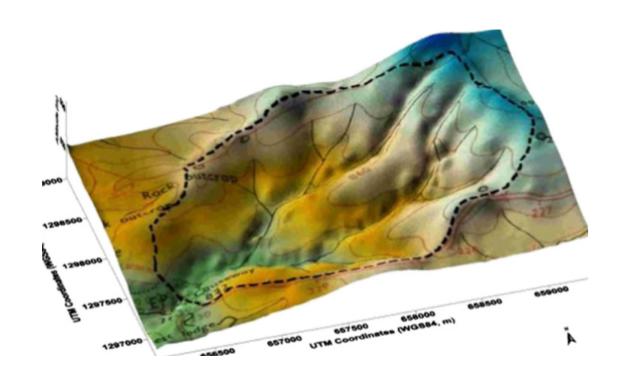


Audry et al. (2014)

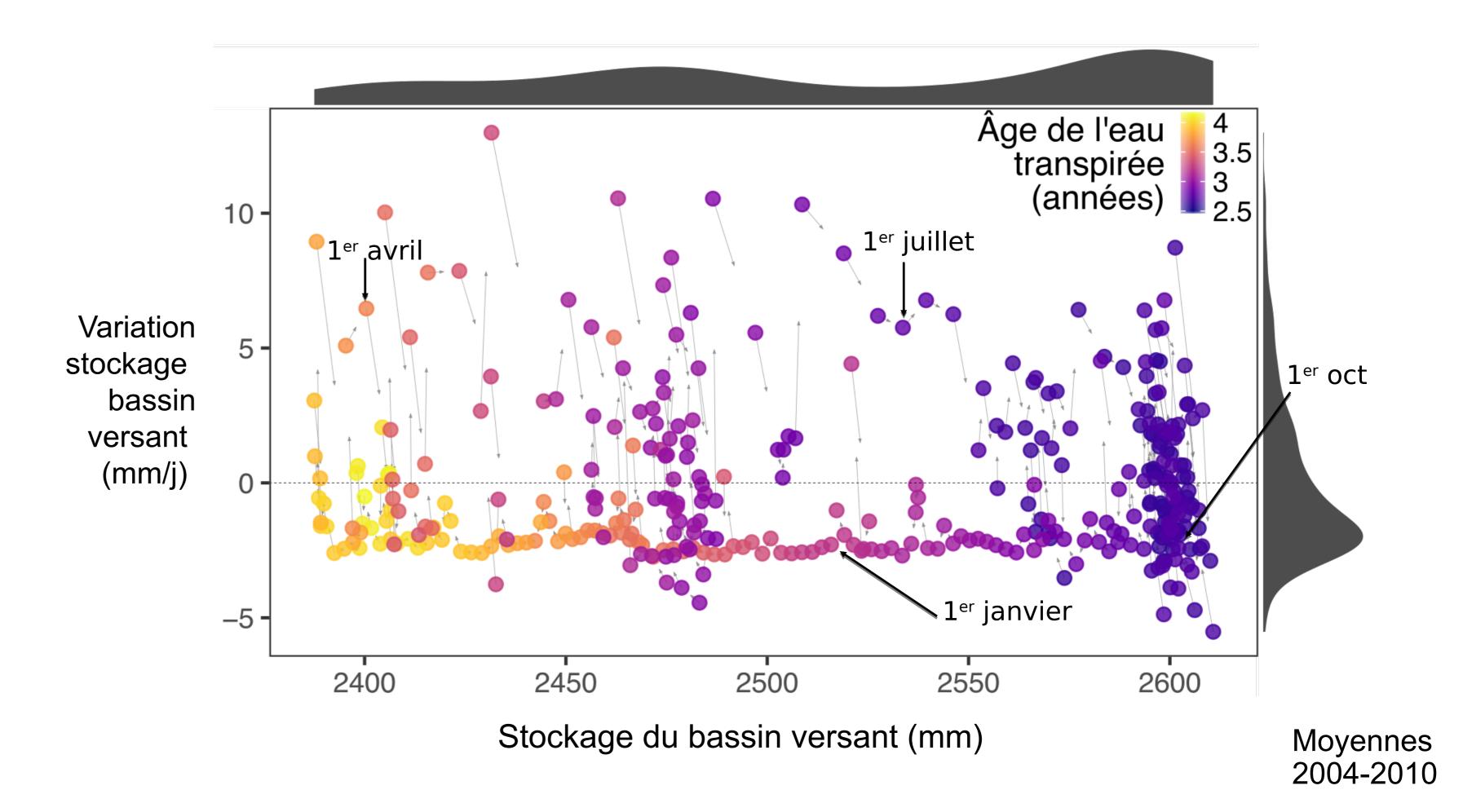


#### Mule Hole (Inde)



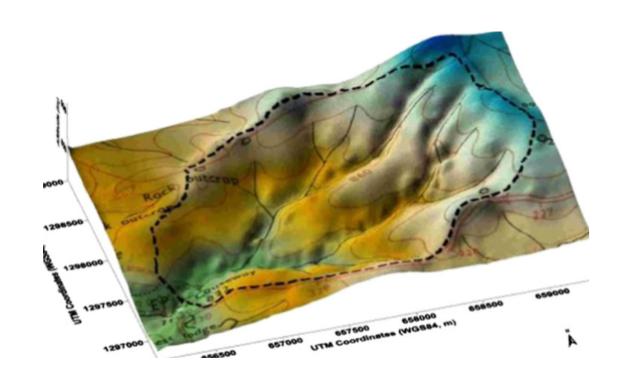


Audry et al. (2014)

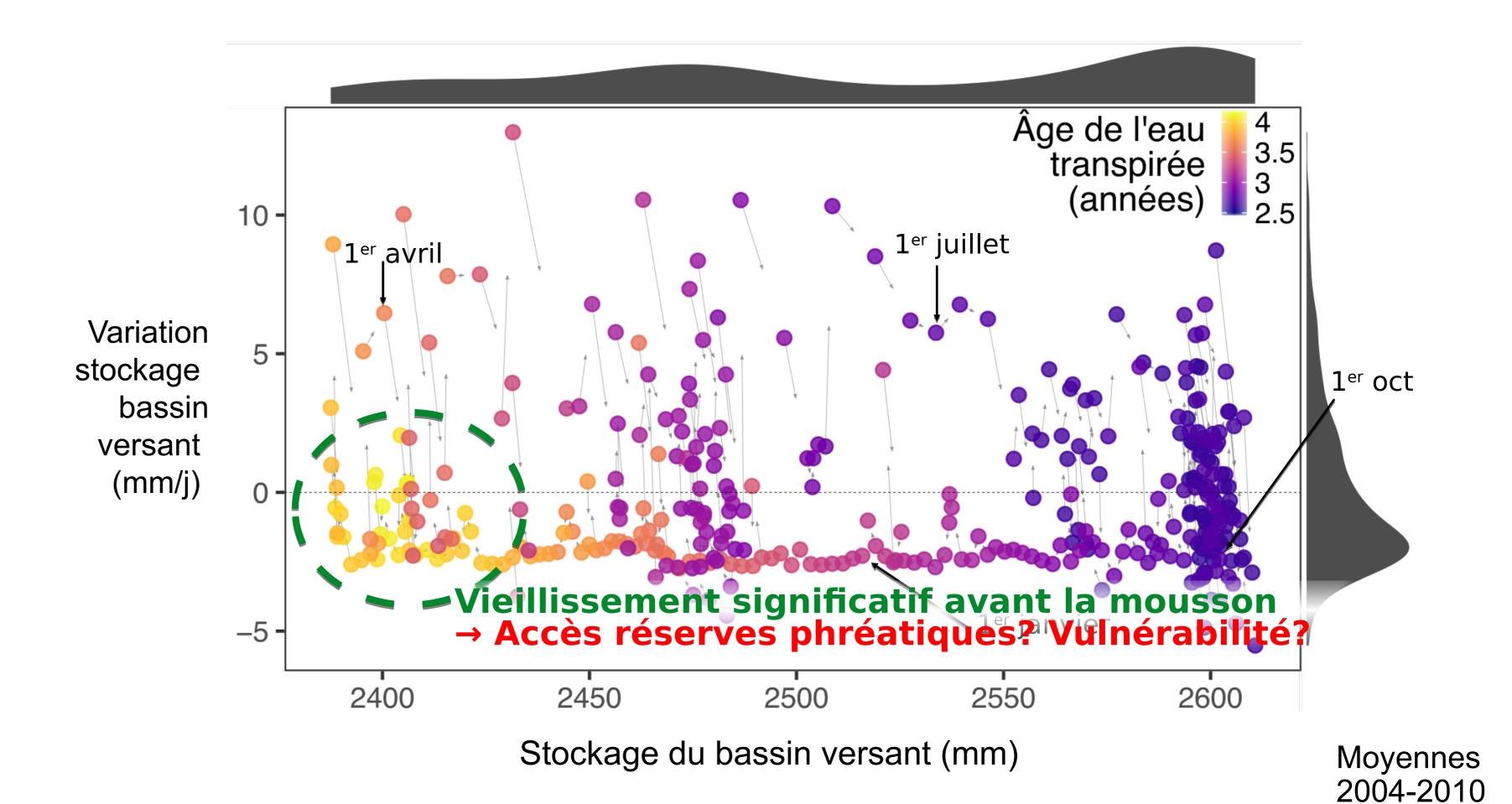


#### Mule Hole (Inde)





Audry et al. (2014)



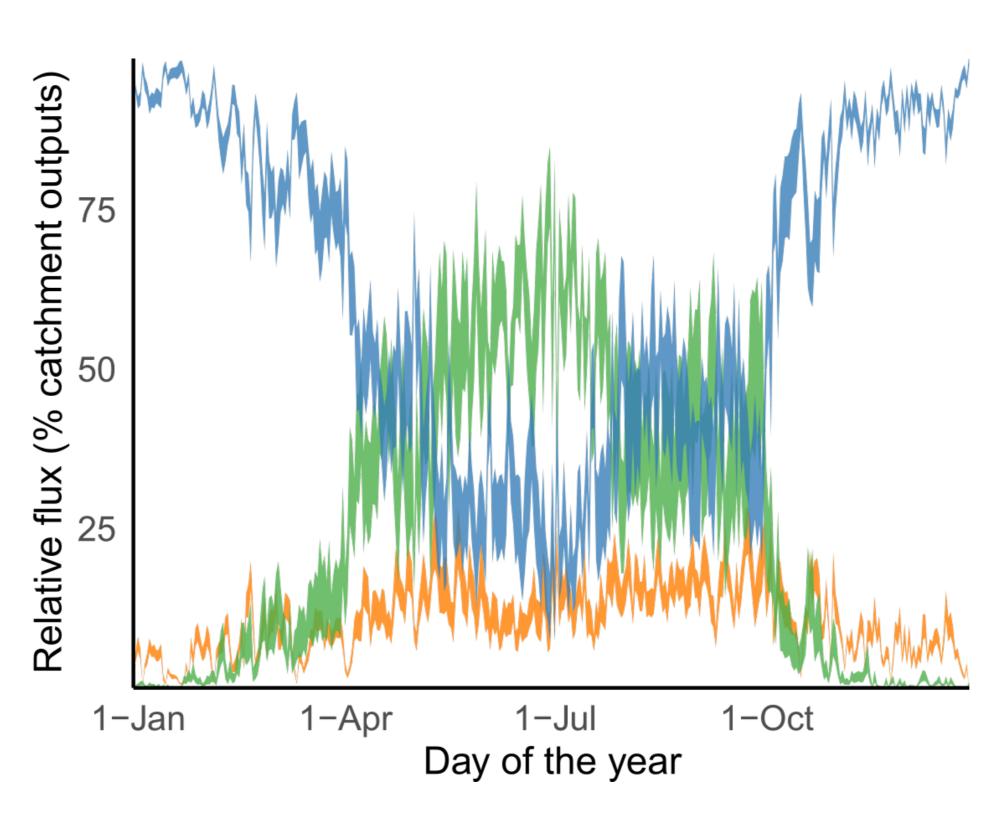
## Les états hydrologiques – décomposition par flux de sortie

@Bruntland Burn, focalisation sur la dynamique saisonnière

Cours d'eau à l'exutoire

**Transpiration des plantes** 

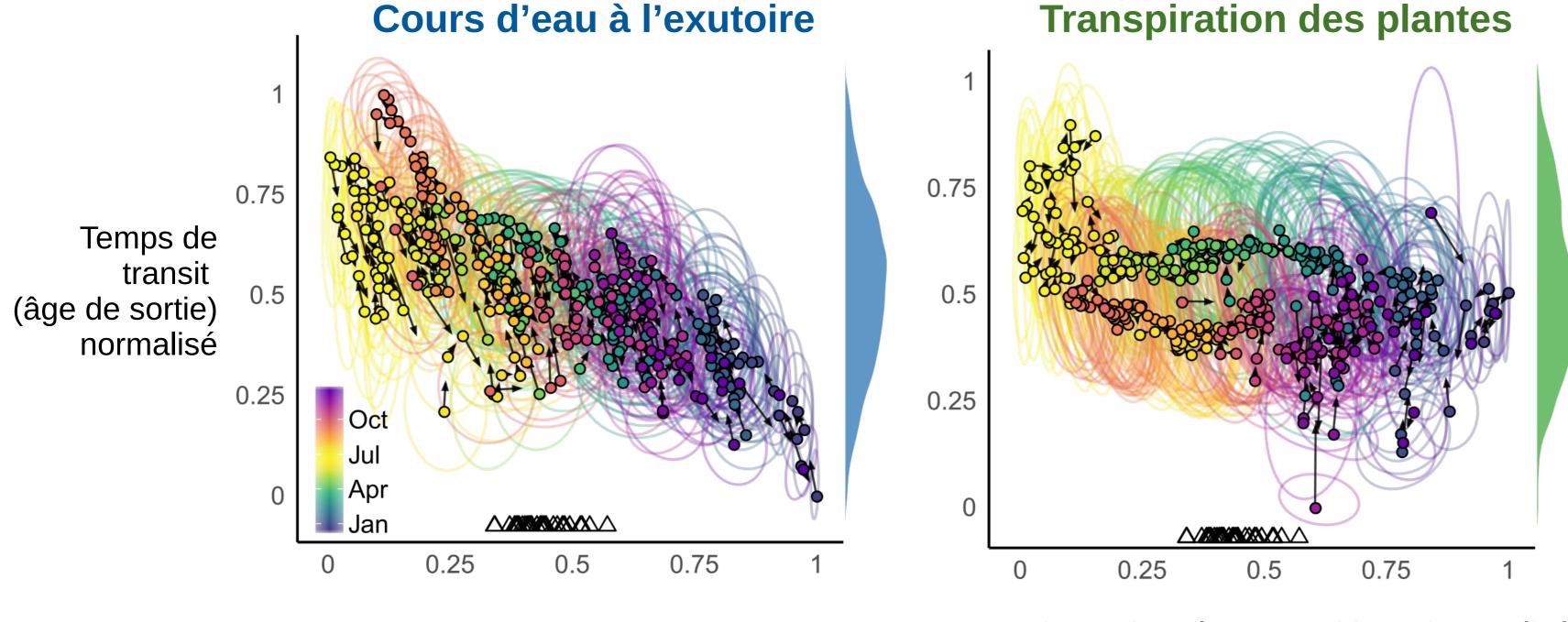
**Evaporation du sol** 

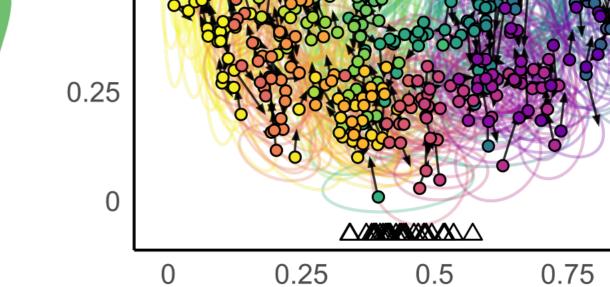


(Kuppel et al., in prep. a)

## Les états hydrologiques – décomposition par flux de sortie

@Bruntland Burn, focalisation sur la dynamique saisonnière



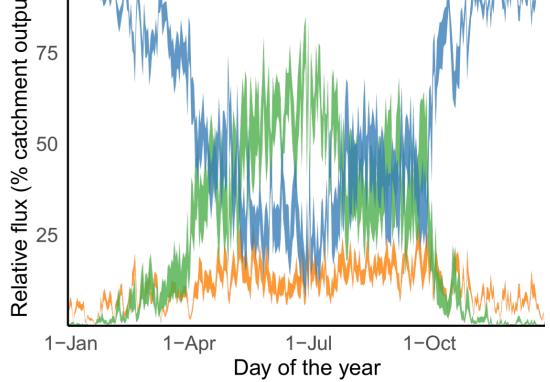


0.75

**Evaporation du sol** 

Stockage dans la zone critique (normalisé)

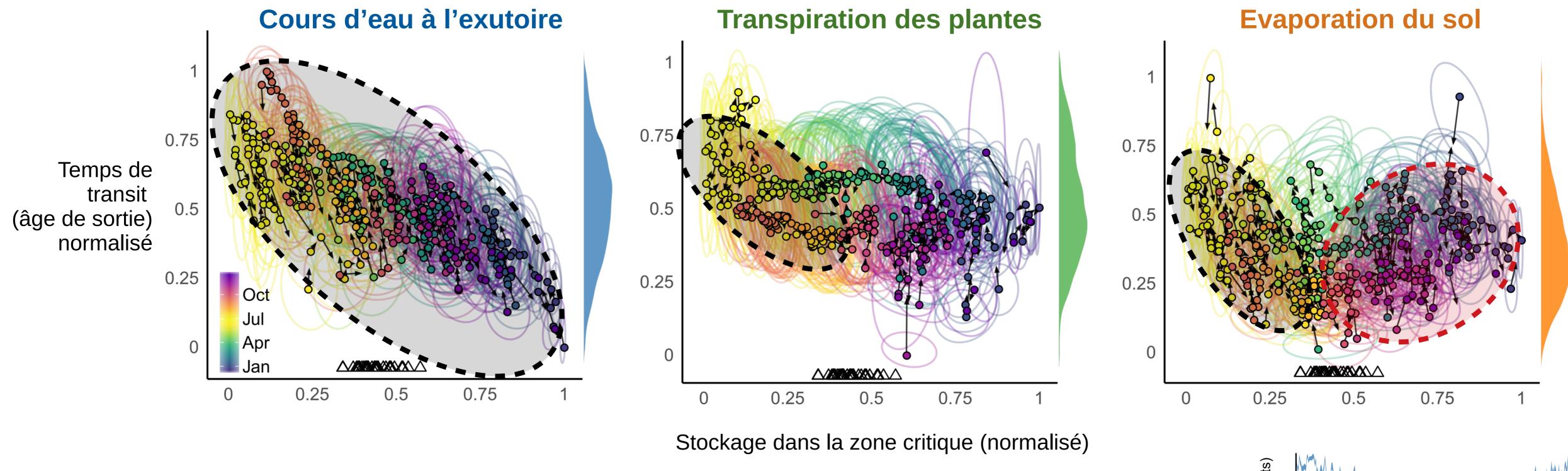
(Kuppel et al., in prep. a)



Moyennes 2013-2016 Normalisation pour chaque simulation d'ensemble:  $x^* = (x - x_{min})/(x_{max} - x_{min})$ 

#### Les états hydrologiques – décomposition par flux de sortie

@Bruntland Burn, focalisation sur la dynamique saisonnière



Moyennes 2013-2016 Normalisation pour chaque simulation d'ensemble:  $x^* = (x - x_{min})/(x_{max} - x_{min})$ 

(Kuppel et al., in prep. a)

(chemins préférentiels)

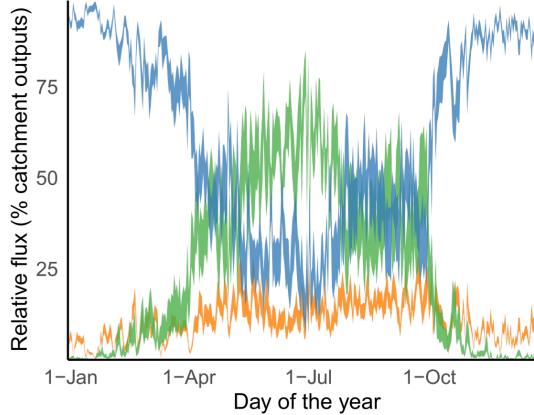
"Inverse storage effect"

Âge de sortie

Stockage

"Direct storage effect" (compartiments bien mélangés,

limitation du flux de sortie)



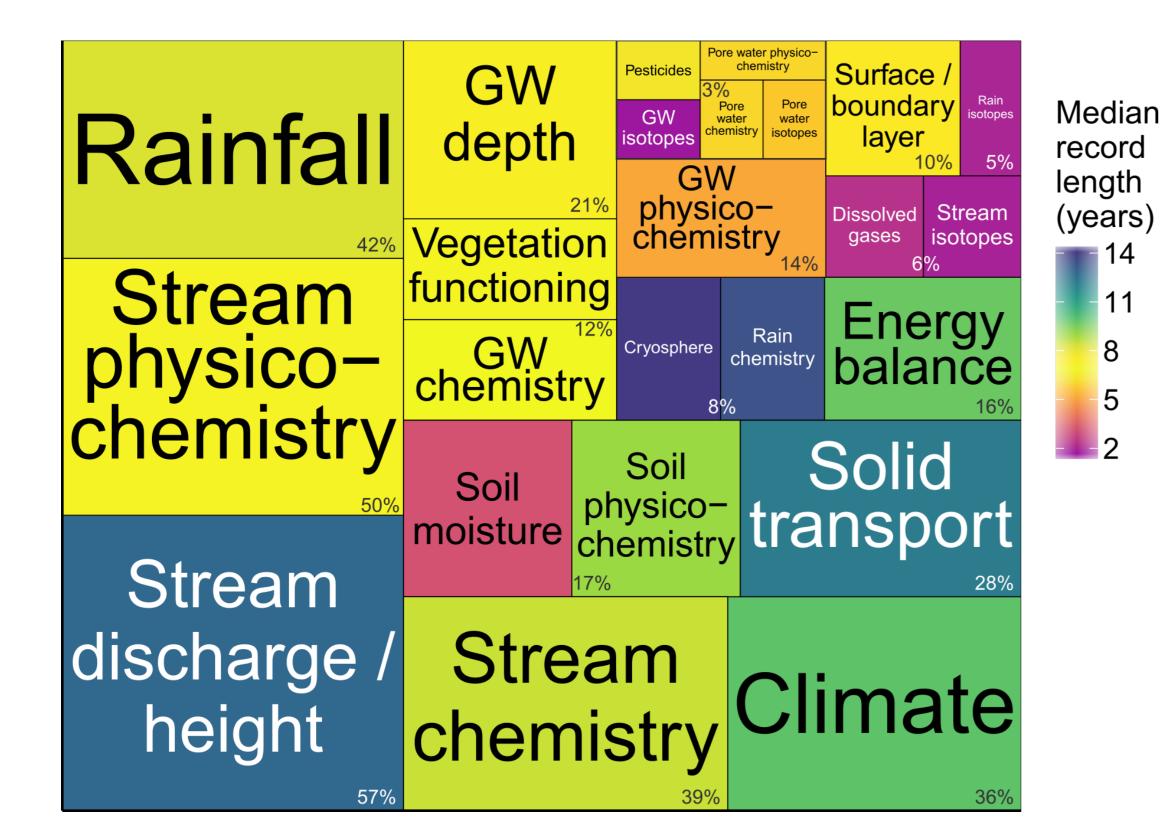
## Le réseau CAR

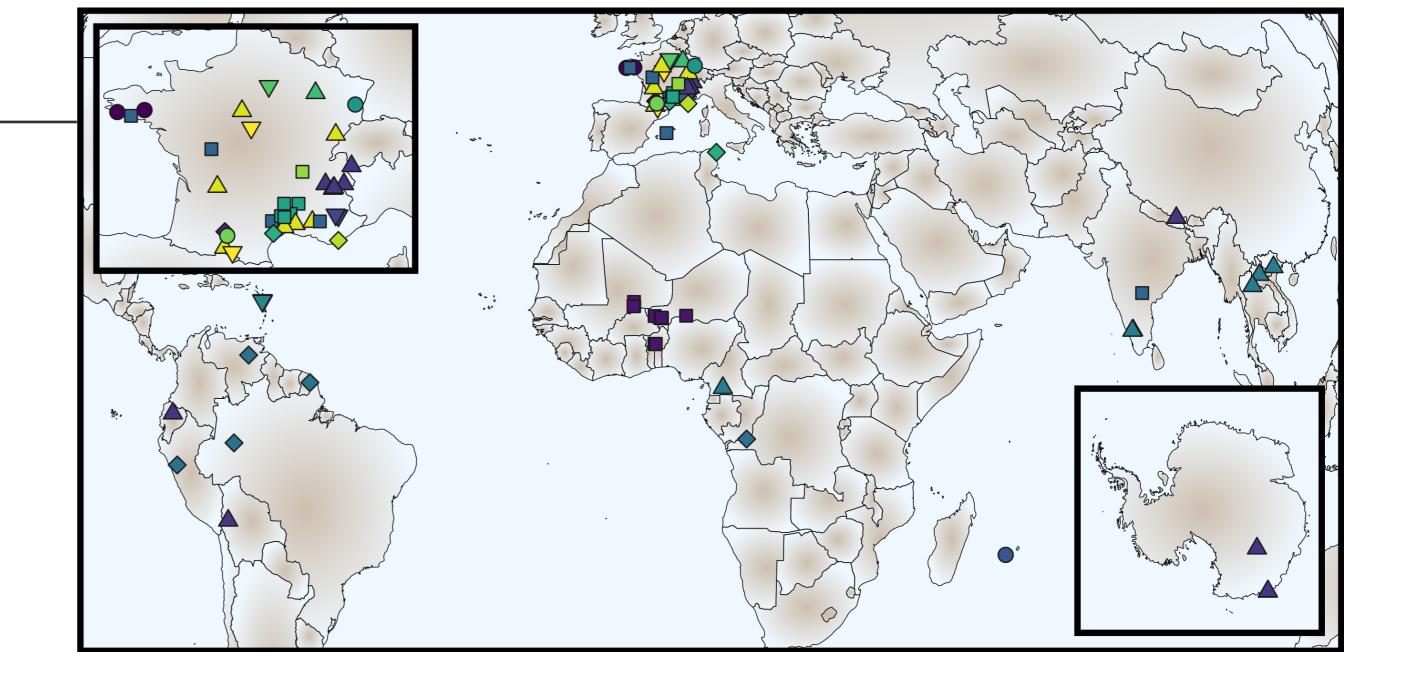
Réseau (de réseau) d'observatoires de la zone critique

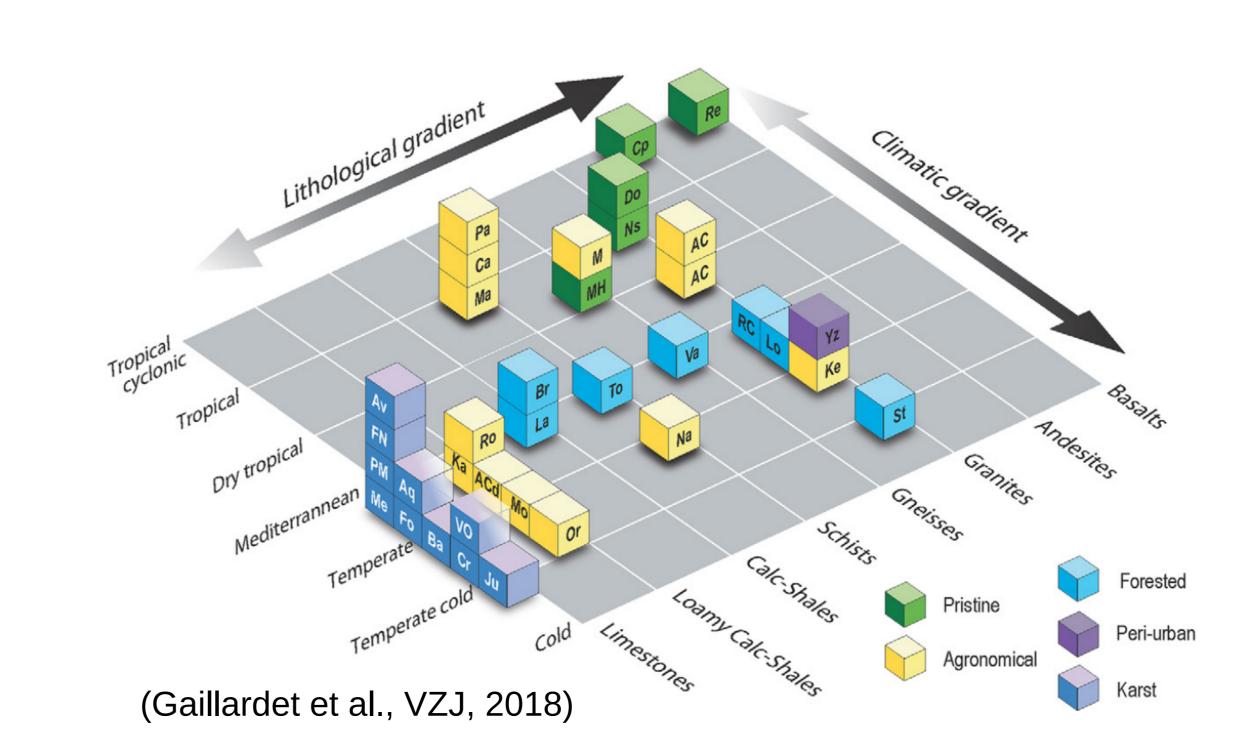
Environ 70 sites

Grande diversité de climat, géologies, couvert végétal, présence humaine

...donc d'hypothèses testables







## Le réseau CAR

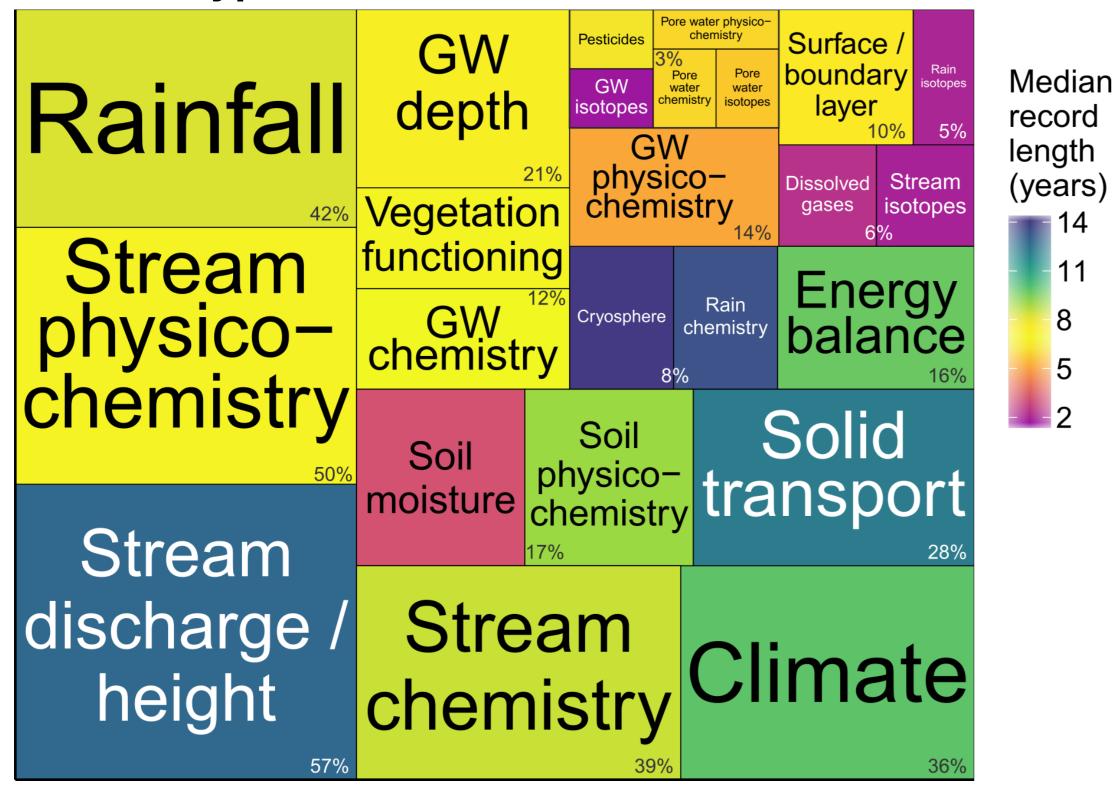
Réseau (de réseau) d'observatoires de la zone critique

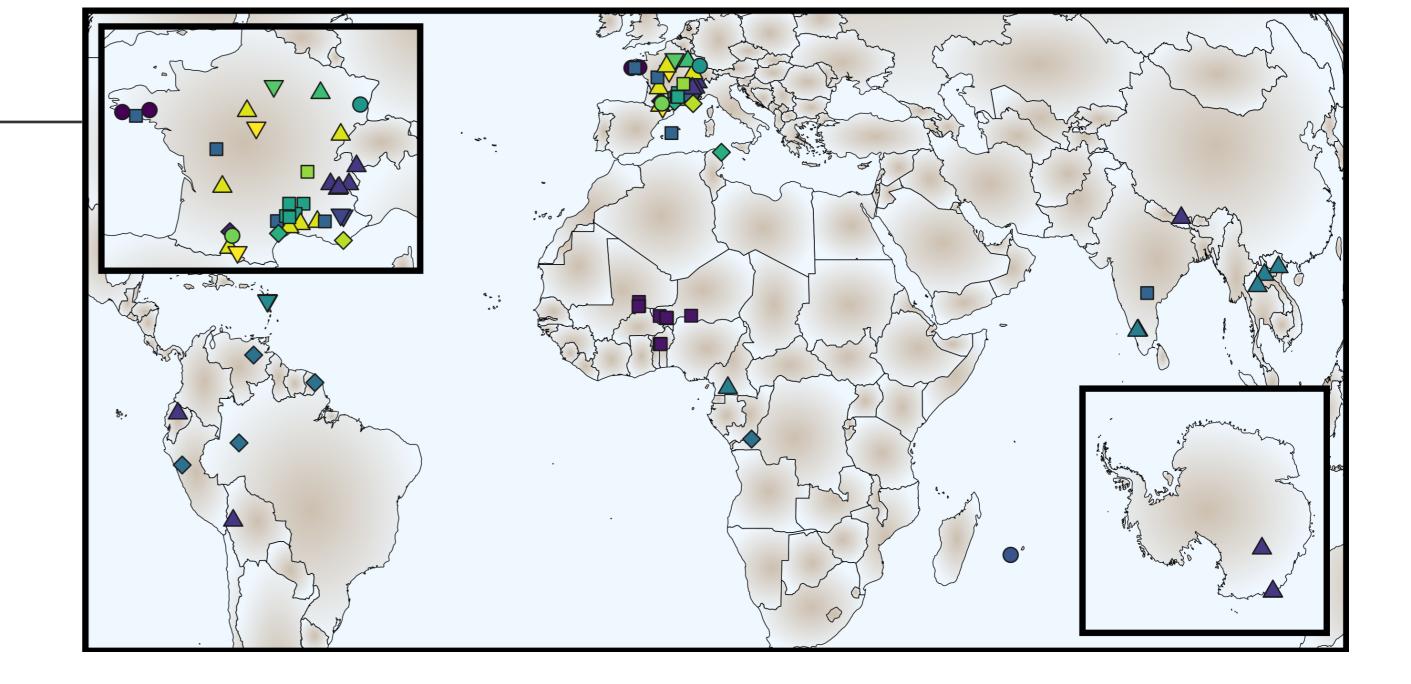
Environ 70 sites

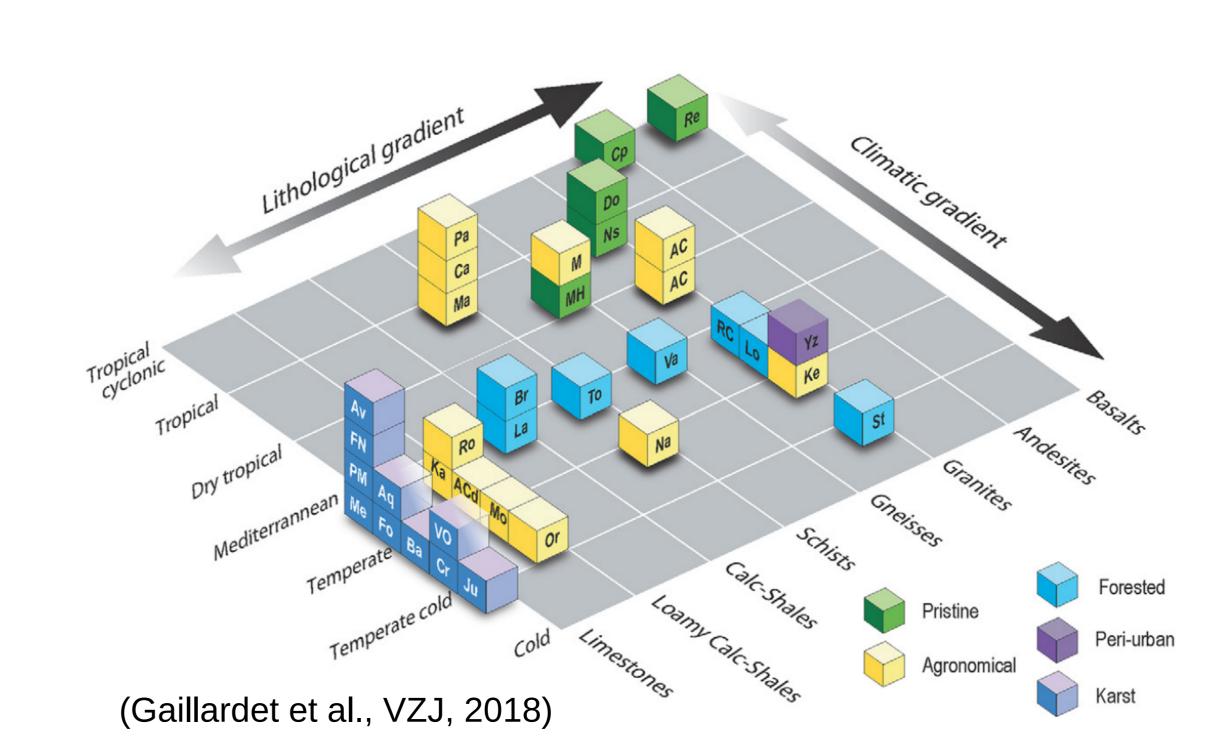
Grande diversité de climat, géologies, couvert végétal, présence humaine

...donc d'hypothèses testables

#### ...et de types d'observations!







#### Orientation du travail dans OZCAR

D'où vient l'eau disponible aux plantes ? Influence de la végétation sur le partitionnement dans la zone critique ?

<u>Hypothèse</u>: plus le climat est (saisonnièrement) limité en eau, plus la dynamique hydrologique (chimie de l'eau comprise) dépend de celle des pertes évaporatives (évaporation du sol et transpiration)

Est-ce le type/épaisseur de régolithe (sol+profil altéré) qui détermine le fonctionnement hydrologique de la végétation?

<u>Possibilité de méthode</u>: utiliser un groupe de sites OZCAR présentant un gradient de régolithe, climat et usage du sol, sur une géologie similaire (p. ex. socle)

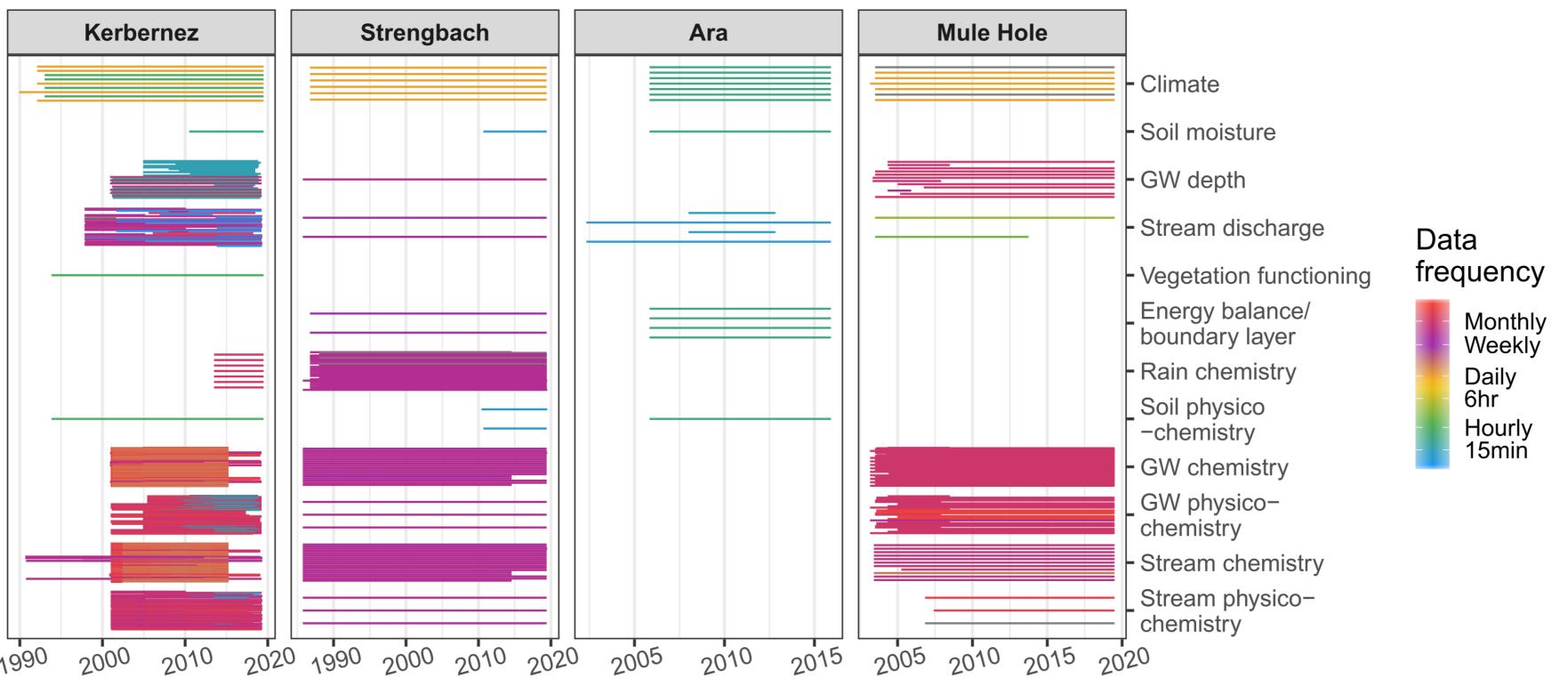
### Méthodologie – Sites d'étude

Petits bassins versants, géologie de socle

Kerbernez (1.3 km²)
Tempéré océanique
Agriculture intensive
Cours d'eau intermittent

**Strengbach** (0.8 km²) Océanique montagnard Forêt commerciale Ara (12 km²)
Soudanien
Agriculture / forêt clairsemée
Cours d'eau intermittent
Nappe perchée saisonnière

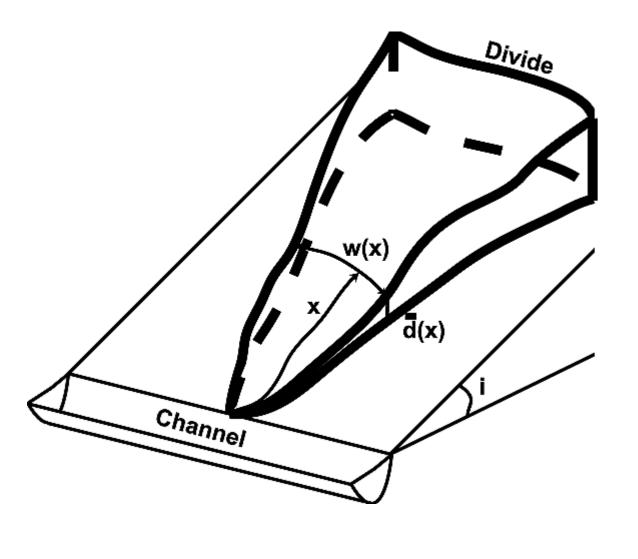
Mule Hole (4.1 km²)
Mousson, forêt décidue sèche
Cours d'eau intermittent, nappe déconnectée



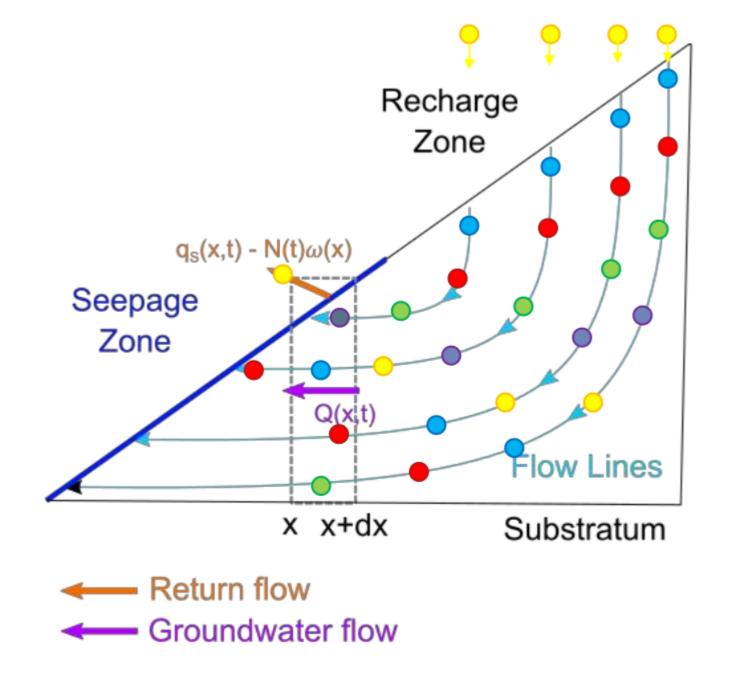
#### Méthodologie dans le réseau OZCAR – la géochimie pour comprendre l'hydrologie

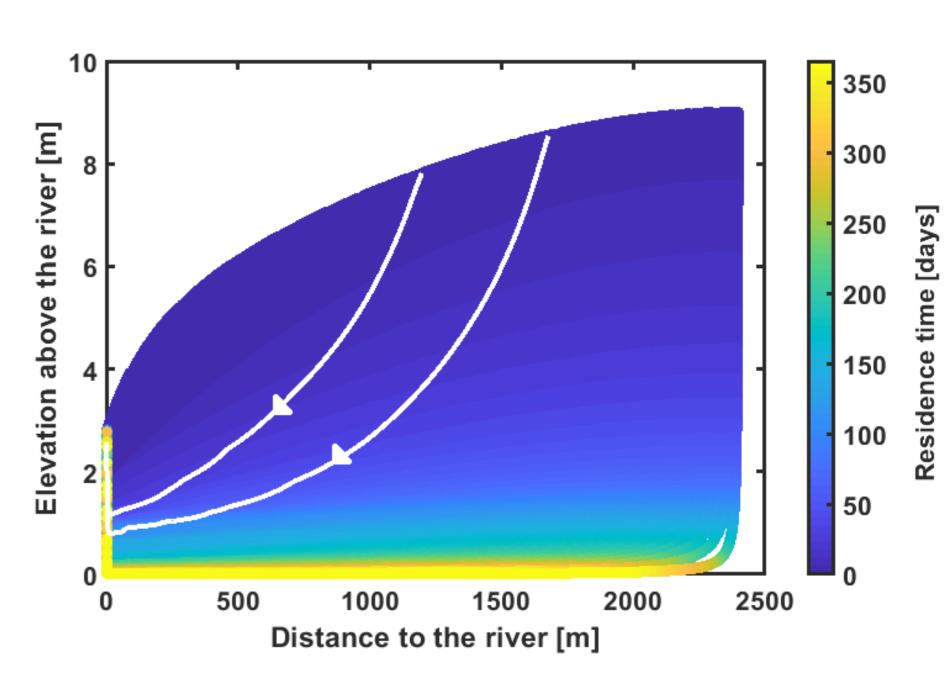
#### Modèle hs1D

- Versant équivalent unidimensionnel
- Ecoulement dans la zone saturée (Boussinesq)
- Suivi lagrangien des particules → temps de transit / résidence
- Transport réactif (nitrate et silice)



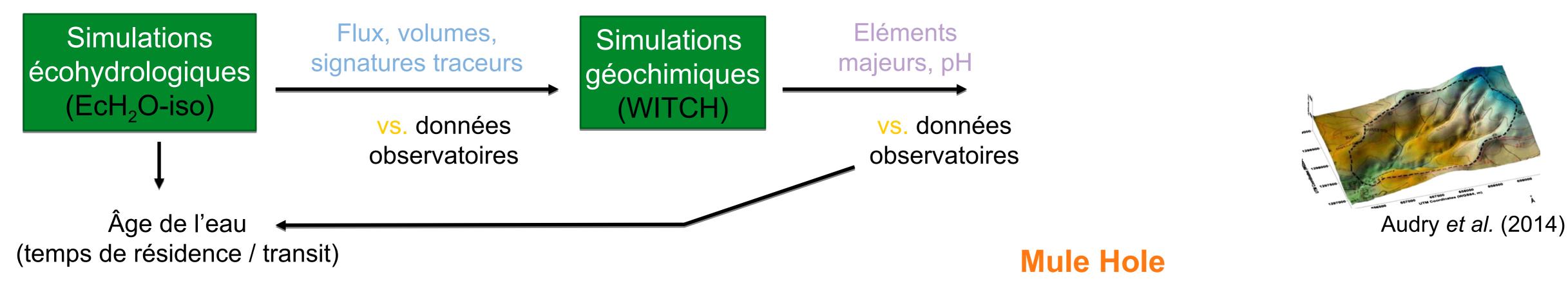
(Troch et al., WRR, 2003)





(Marçais et al., in prep)

## Méthodologie dans le réseau OZCAR – la géochimie pour comprendre l'hydrologie

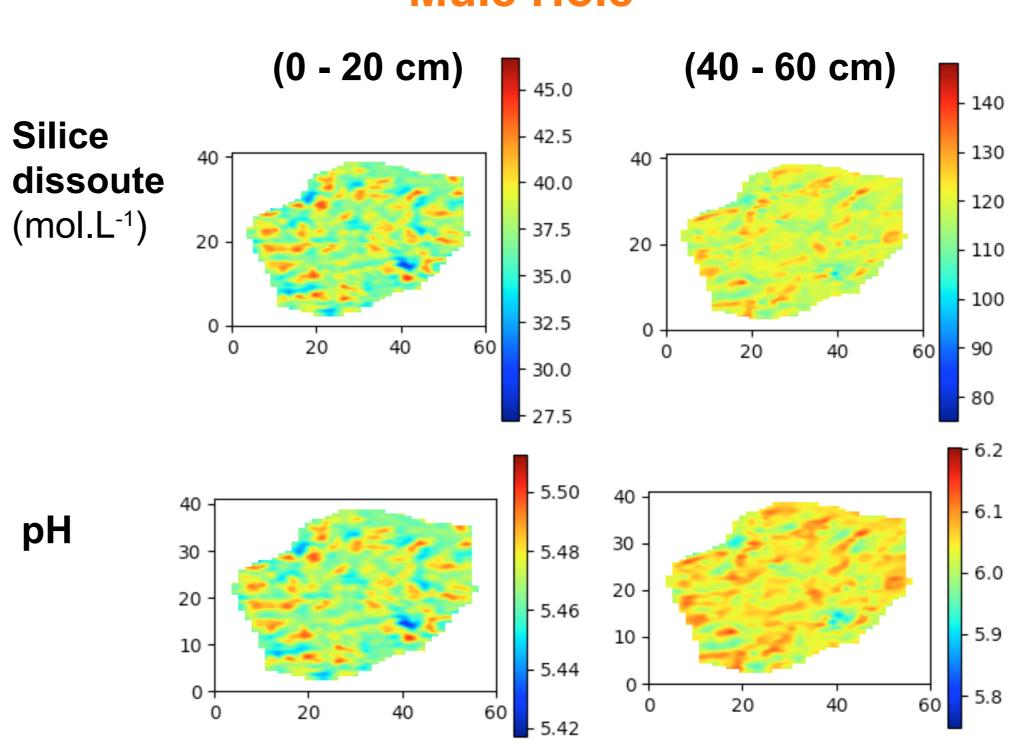


#### **Modèles EcH2O-iso**

#### + WITCH

- Altération chimique dans le profil de sol
- Element majeurs, pH
- Distribution spatiale

(Goddéris et al., GCA, 2006)





http://criticalzone.org/national/blogs/blog/adventures-in-the-critical-zone/

#### Merci de votre attention!

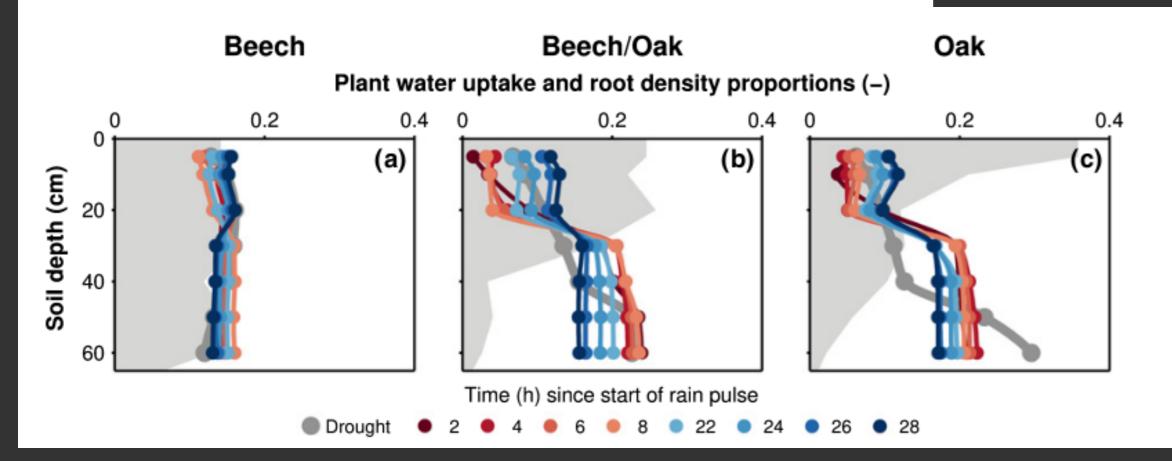
## About the dynamics of root water uptake potential



Full paper 🗎 🙃 Free Access

High-resolution isotope measurements resolve rapid ecohydrological dynamics at the soil-plant interface

First published: 10 February 2016 | https://doi.org/10.1111/nph.13868 | Citations: 36



https://doi.org/10.5194/hess-2019-528 Preprint. Discussion started: 21 October 2019 © Author(s) 2019. CC BY 4.0 License.





#### How plant water status drives tree source water partitioning

Magali F. Nehemy<sup>1</sup>, Paolo Benettin<sup>2</sup>, Mitra Asadollahi<sup>2</sup>, Dyan Pratt<sup>1</sup>, Andrea Rinaldo<sup>2,3</sup>, Jeffrey J. McDonnell<sup>1,4</sup>

- <sup>1</sup> Global Institute for Water Security, School of Environment and Sustainability, University of Saskatchewan, 11 Innovation Boulevard, Saskatoon, SK S7N 3H5, Canada
- <sup>2</sup> Laboratory of Ecohydrology, Institute of Environmental Engineering, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Station 2, GR C1 575, 1015 Lausanne, Switzerland
- <sup>3</sup> Dipartimento ICEA, Università di Padova, via Loredan 20, I-35131 Padova, Italy
- <sup>4</sup> School of Geography, Earth & Environmental Sciences, University of Birmingham, Birmingham, UK

Correspondence to: Magali Nehemy (magali.nehemy@usask.ca)