



Retour sur le séminaire « Les chemins de l'eau et le changement climatique, outils et gestion adaptative des forêts méditerranéennes » (avril 2023)

## **Cycle « Forêt, sol et eau, des alliés naturels**

*12 Novembre 2025.*

DUHEN Louis-Michel - VP Forêt Méditerranéenne

Colloque « Regards sur les sols forestiers méditerranéens » – 12-13 novembre 2025

# Sommaire

- > Quelques résultats des chercheurs exposés lors du colloque « Les chemins de l'eau ». N. Martin
- > Les premiers enseignements du cycle « Forêt, sol et eau, des alliés naturels » L.M. Duhen



Colloque « Regards sur les sols forestiers méditerranéens » – 12 novembre 2025

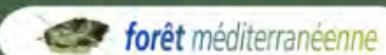
[www.foret-mediterraneenne.org](http://www.foret-mediterraneenne.org)

# Les chemins de l'eau et le CC



**Retour sur les présentations  
des chercheurs lors du  
séminaire du 23 Avril 2025**

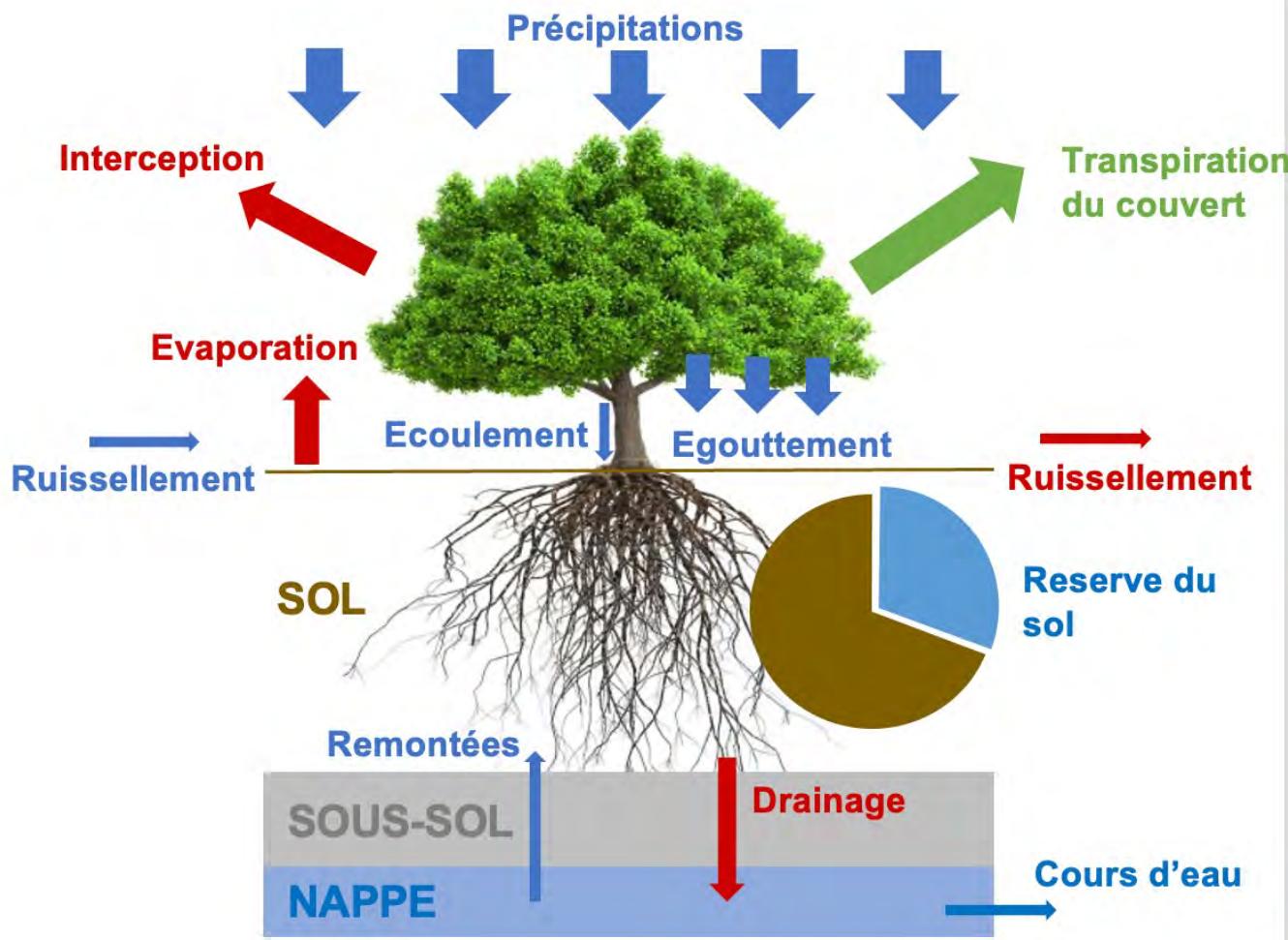
**Nicolas Martin (INRAE, Avignon)**



Colloque « Regards sur les sols forestiers méditerranéens » – 12 novembre 2025

[www.foret-mediterraneenne.org](http://www.foret-mediterraneenne.org)

## (1) Cycle de l'eau en forêt (Limousin et al.)



- Les arbres ont besoin d'eau pour croître, stocker du carbone, produire du bois
- Rôle de filtre et de protection des ressources
- 60% de évapotranspiration revient sous forme de pluie

Espèce	Diamètre (cm)	Hauteur (m)	Transpiration (l/jour)
Chêne sessile	9	15	10
Épicéa	15	14	19
Épicéa	16	12	27
Épicéa	23	15	33
Épicéa	36	25	175
Hêtre	54	35	137
Mélèze	—	20	74
Pin d'Alep	—	9	49
Pin maritime	34	20	161
Pin maritime	35	26	125

# (1) Cycle de l'eau en forêt : Le réseau ICOS France de sites forestiers (Limousin et al., 2018)

## BARBEAU

Peuplement de chêne sessile et charmes



# ICOS

Integrated  
Carbon  
Observation  
System

ICOS France Stations Networks

- Atmospheric
- ▲ Ecosystem
- Ocean
- ★ Laboratory
- Certified stations

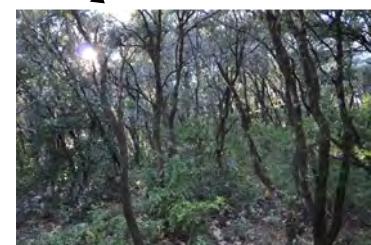
## BILOS

Peuplement de pin maritime



## PUECHABON

Peuplement de chêne vert



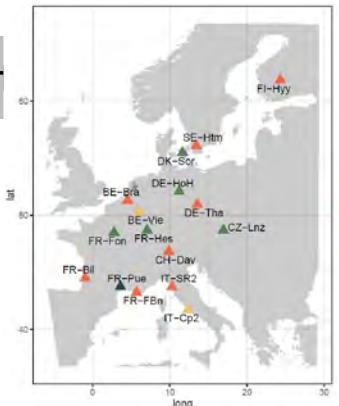
## HESSE

Hêtreia

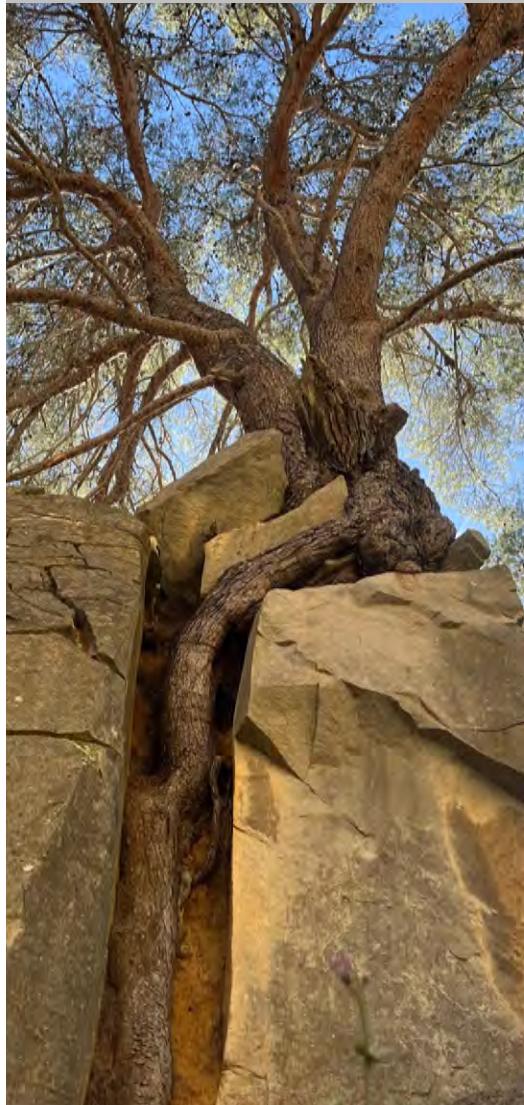


## FONT-BLANCHE

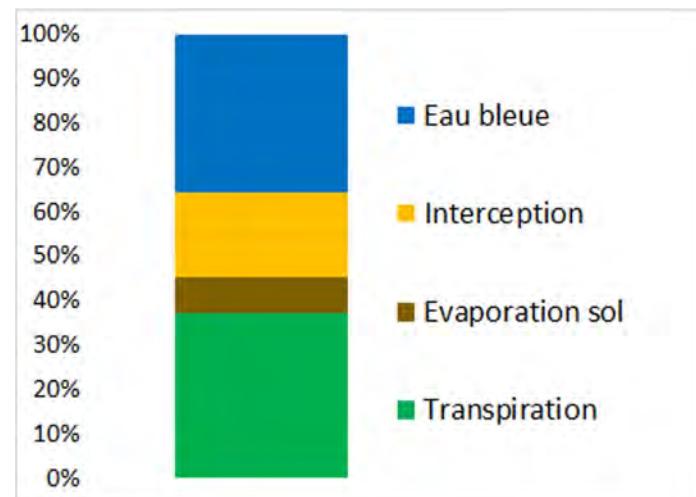
Peuplement mixte de pin d'Alep et chêne vert



## (1) Cycle de l'eau en forêt : La consommation d'eau des forêts (Limousin et al.)



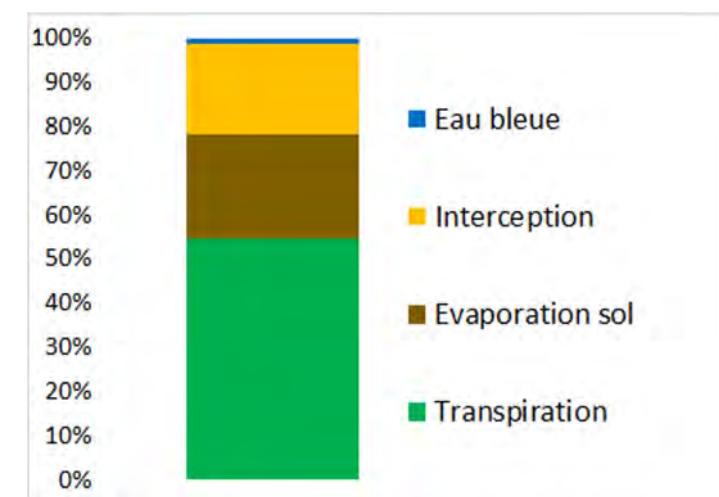
Forêt méditerranéenne de chêne vert à Puéchabon (Hérault)



Pluie annuelle = 955 mm

Transpiration arbres  $\simeq$  40% de la pluie  
Interception feuillage  $\simeq$  20% de la pluie  
Evaporation du sol  $\simeq$  8% de la pluie

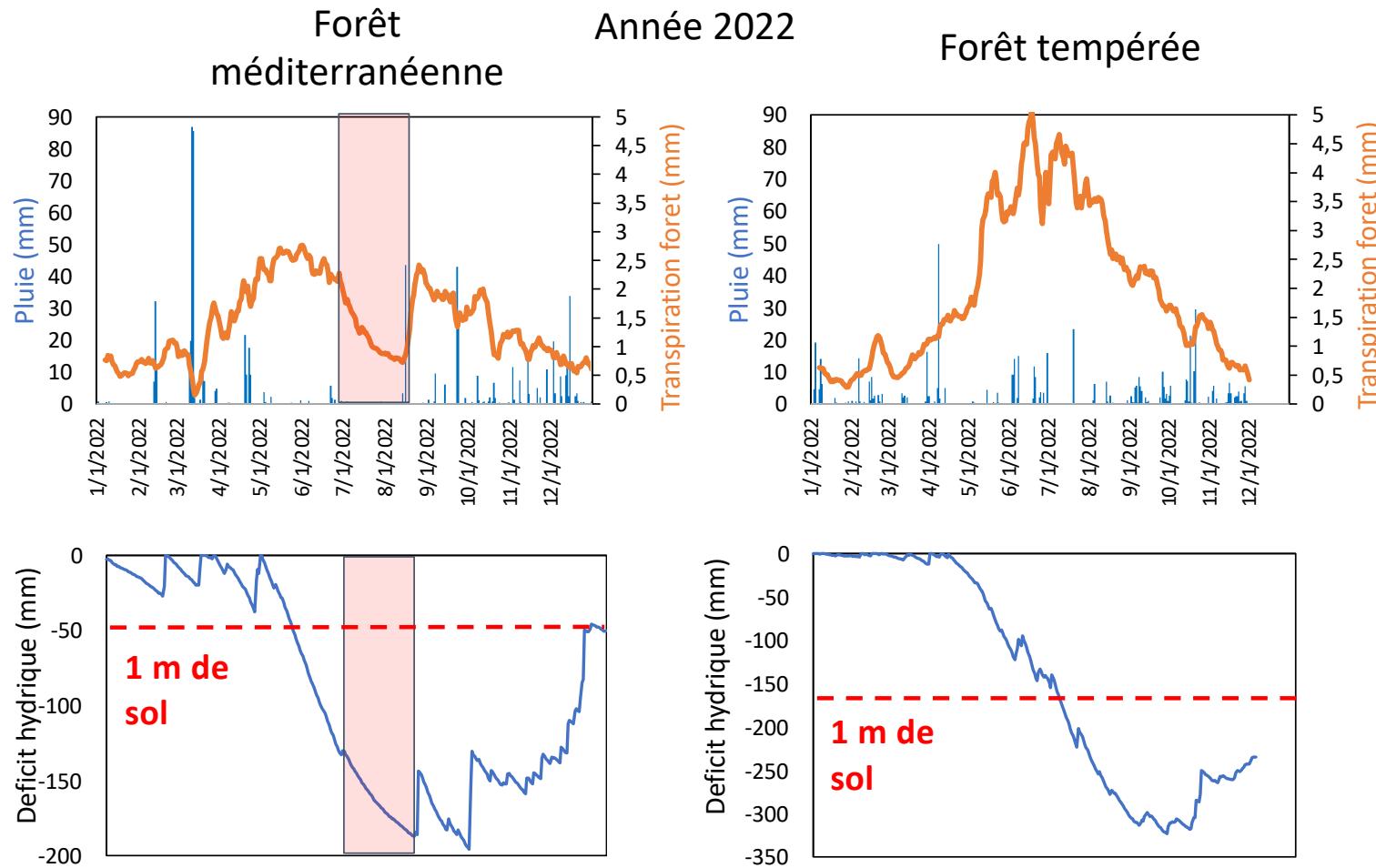
Forêt tempérée de chêne sessile à Barbeau-Fontainebleau (77)



Pluie annuelle = 684 mm

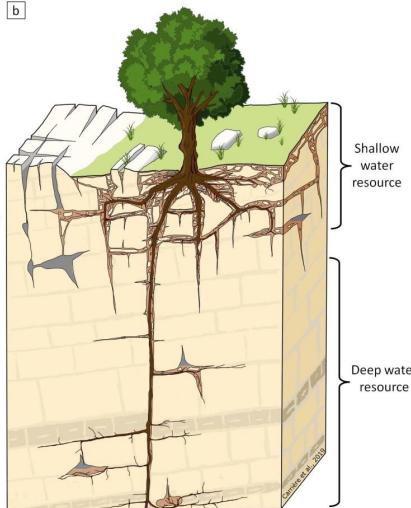
Transpiration arbres  $\simeq$  55% de la pluie  
Interception feuillage  $\simeq$  20% de la pluie  
Evaporation du sol  $\simeq$  23% de la pluie

(1) Cycle de l'eau en forêt : Le déficit hydrique et la réserve en eau du sol (Limousin et al.)



## (2) L'eau profonde une ressource pour les arbres ? (Carrière et al.)

b



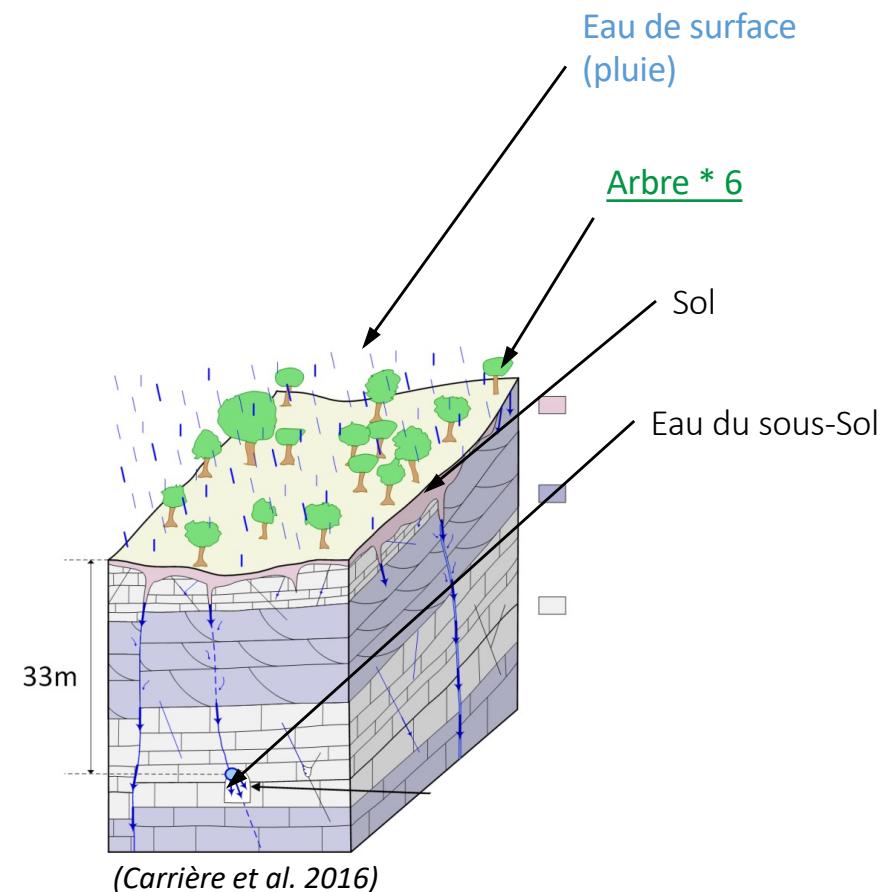
$^{18}\text{O}$  – traçage isotopique informe sur l'origine de l'eau prélevée (e.g. Ellsworth et Williams 2007; Barbeta et al. 2015)



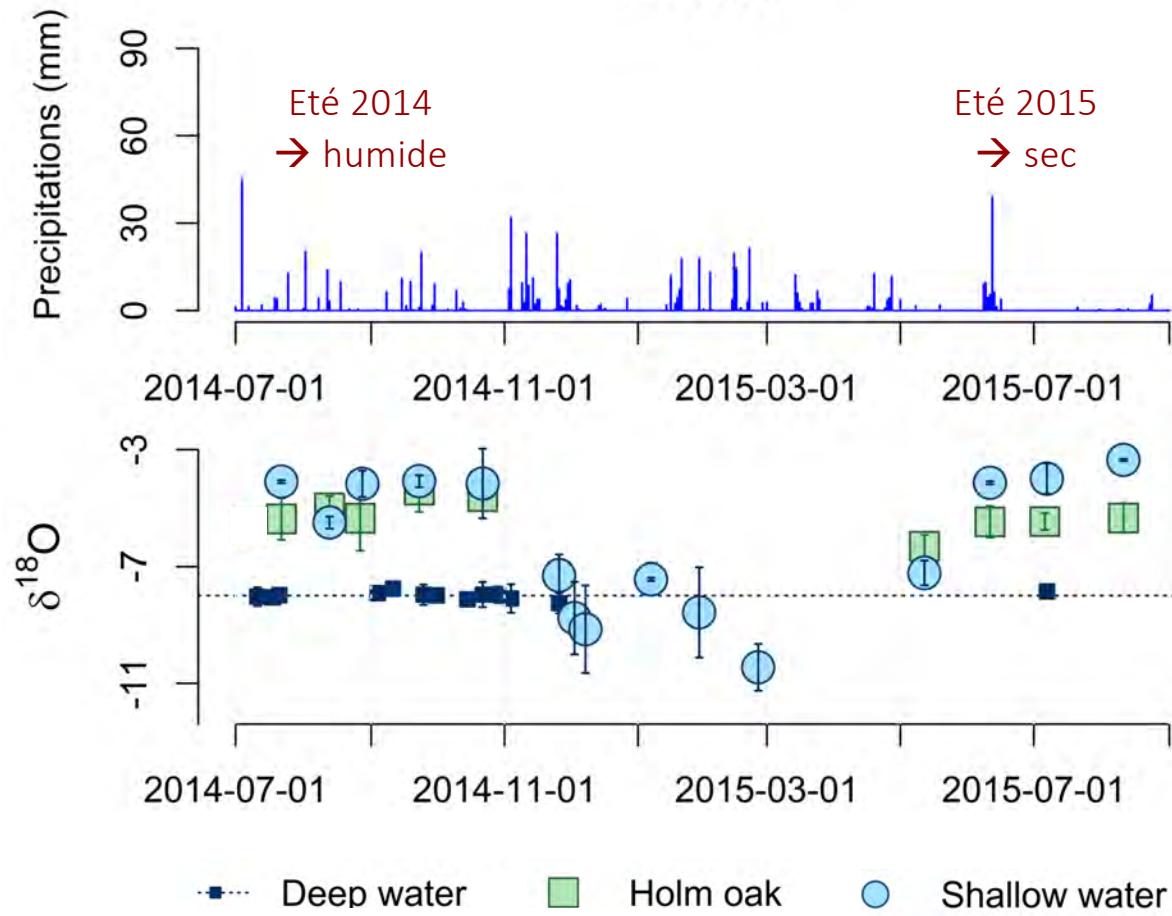
Site de Rustrel



Chêne vert

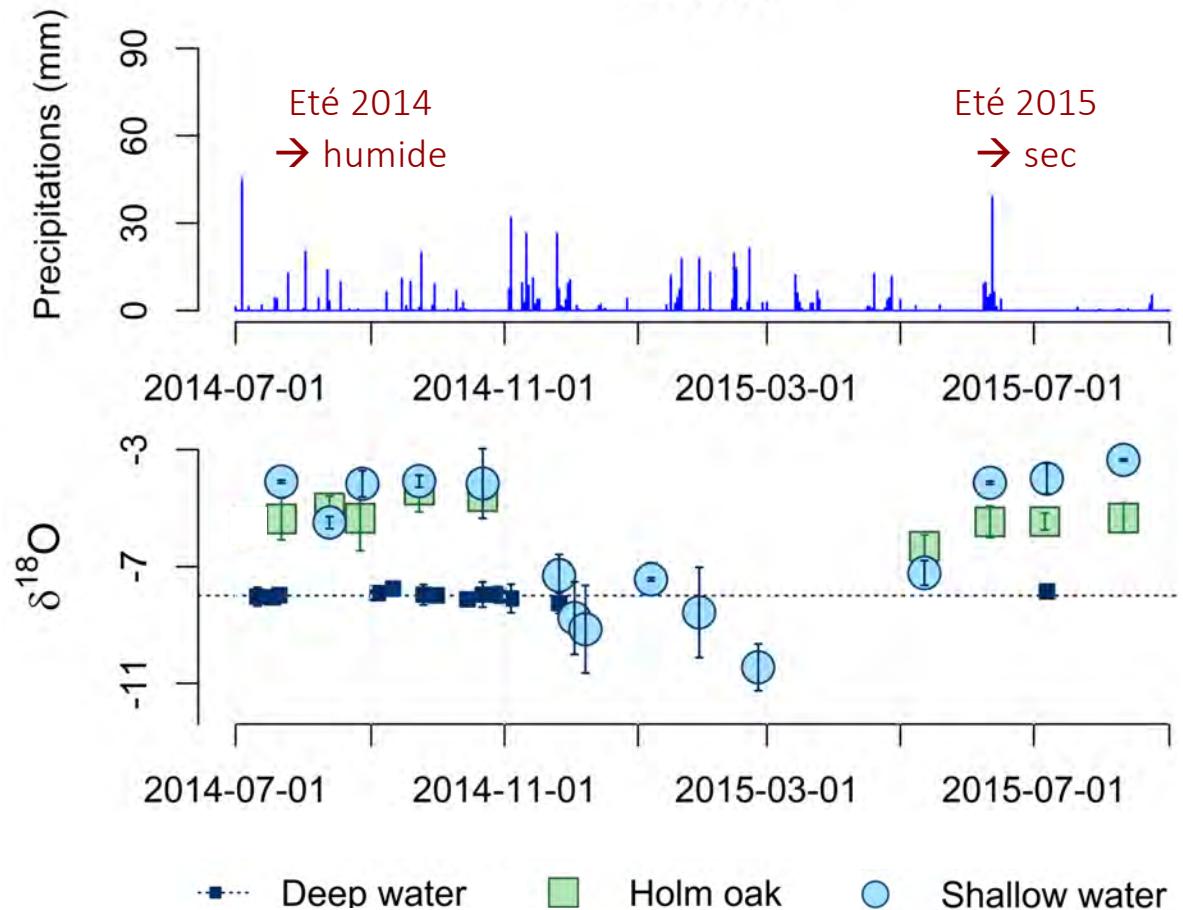


## (2) L'eau profonde une ressource pour les arbres ? (Carrière et al.)



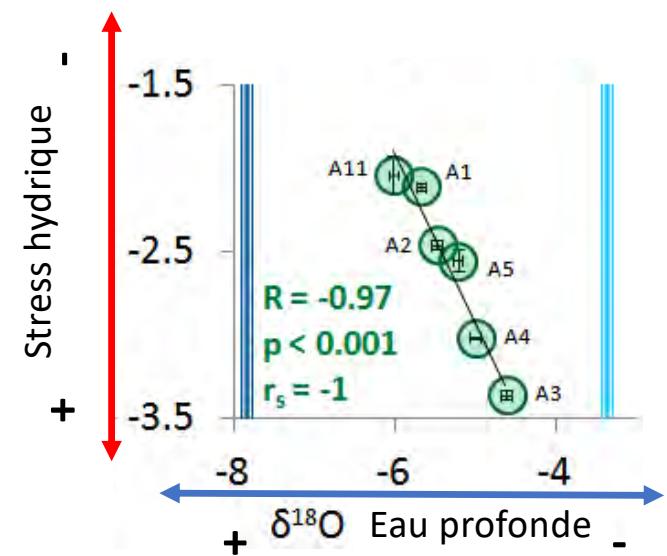
- Les arbres prélèvent l'eau dans la zone vadoze du karst

## (2) L'eau profonde une ressource pour les arbres ? (Carrière et al.)



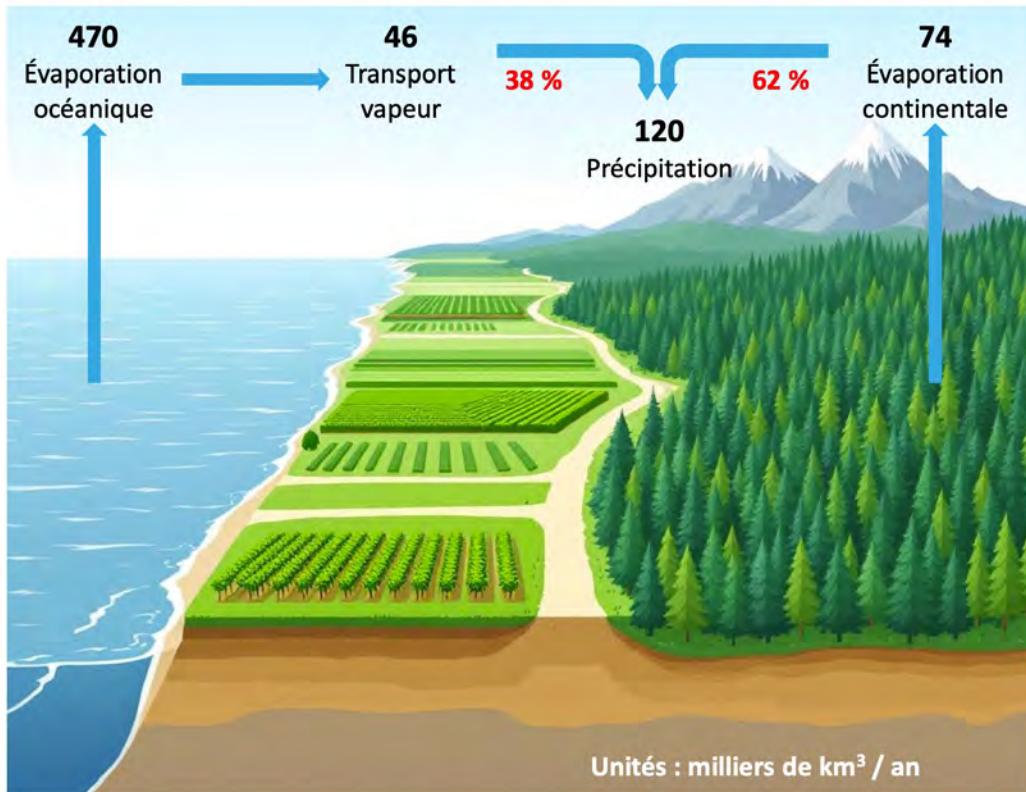
➤ Les arbres prélèvent l'eau dans la zone vadoze du karst

Carrière et al. 2020 - STOTEN



Carrière et al. 2020 - JoH

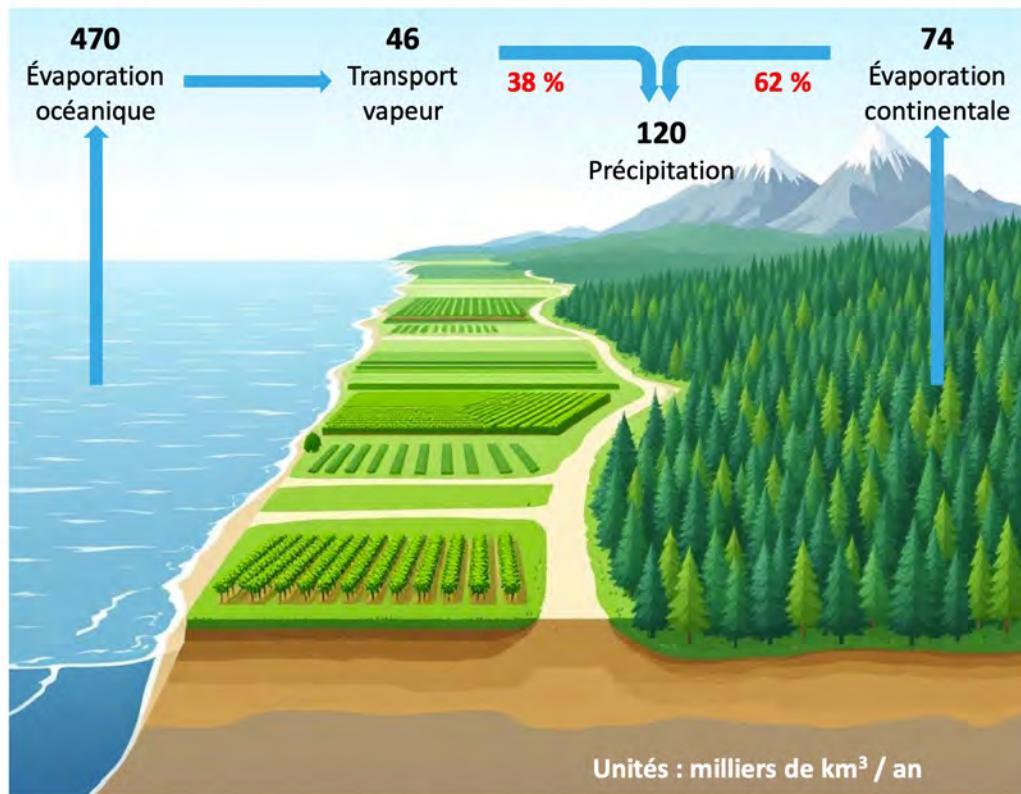
### (3) Cycle de l'eau continental (Doussan)



Douville et al. 2021: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-8/>

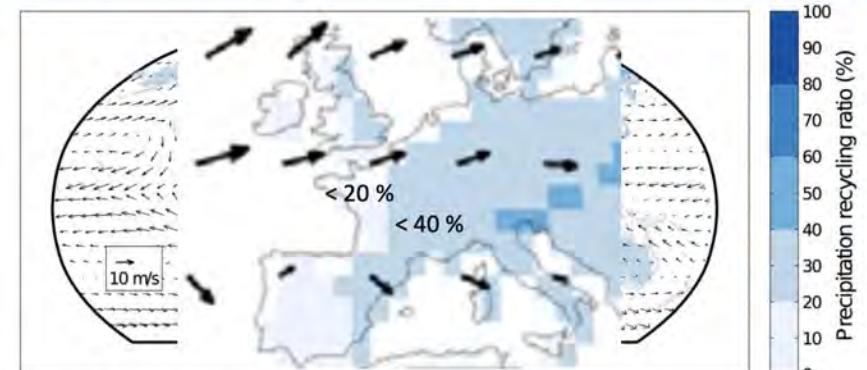
Aux échelles régionales et continentales, l'évapotranspiration est « recyclée » sous forme de pluie

### (3) Cycle de l'eau continental (Doussan)



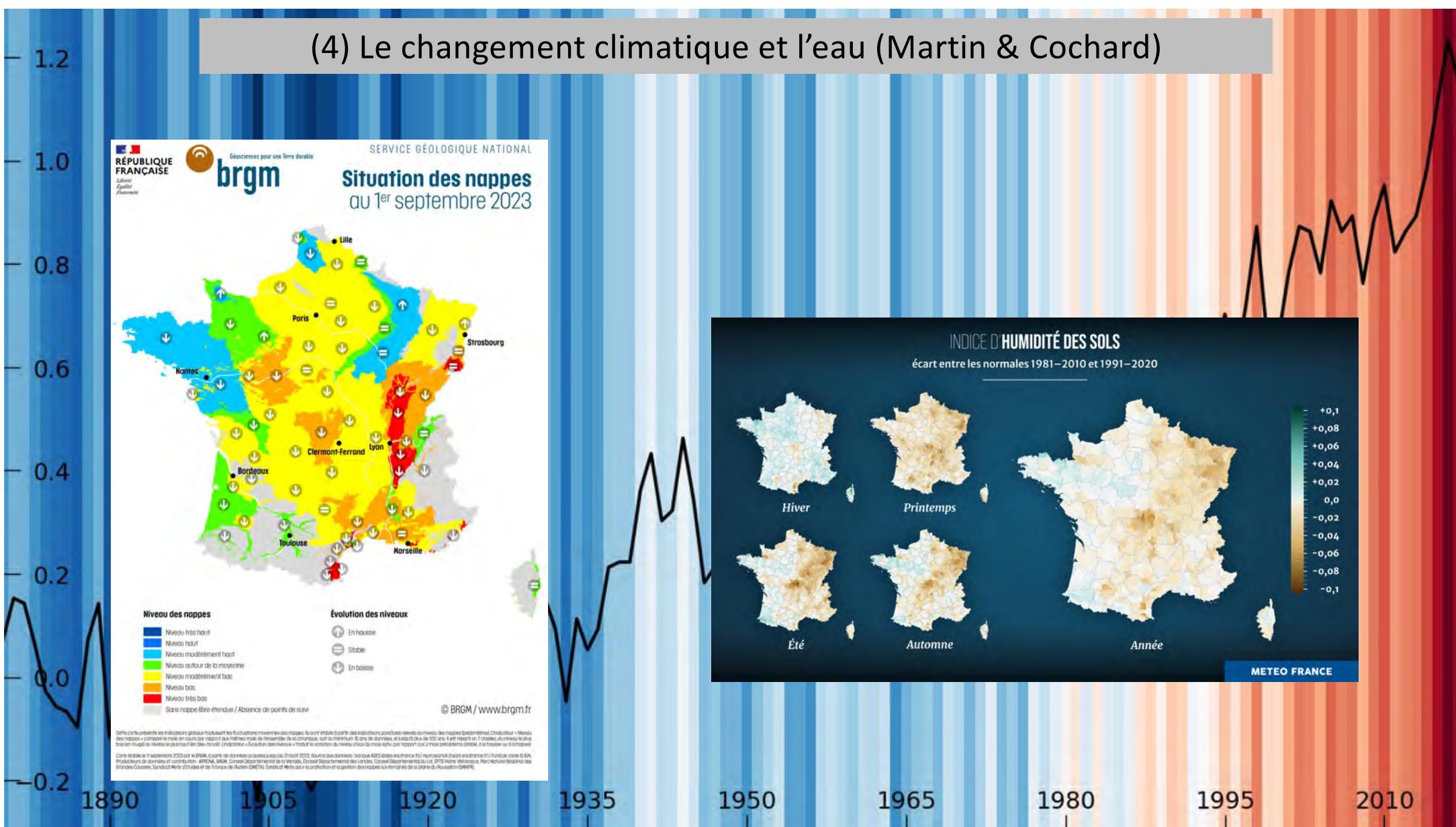
Douville et al. 2021: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-8/>

% de précipitation provenant de l'évaporation continentale

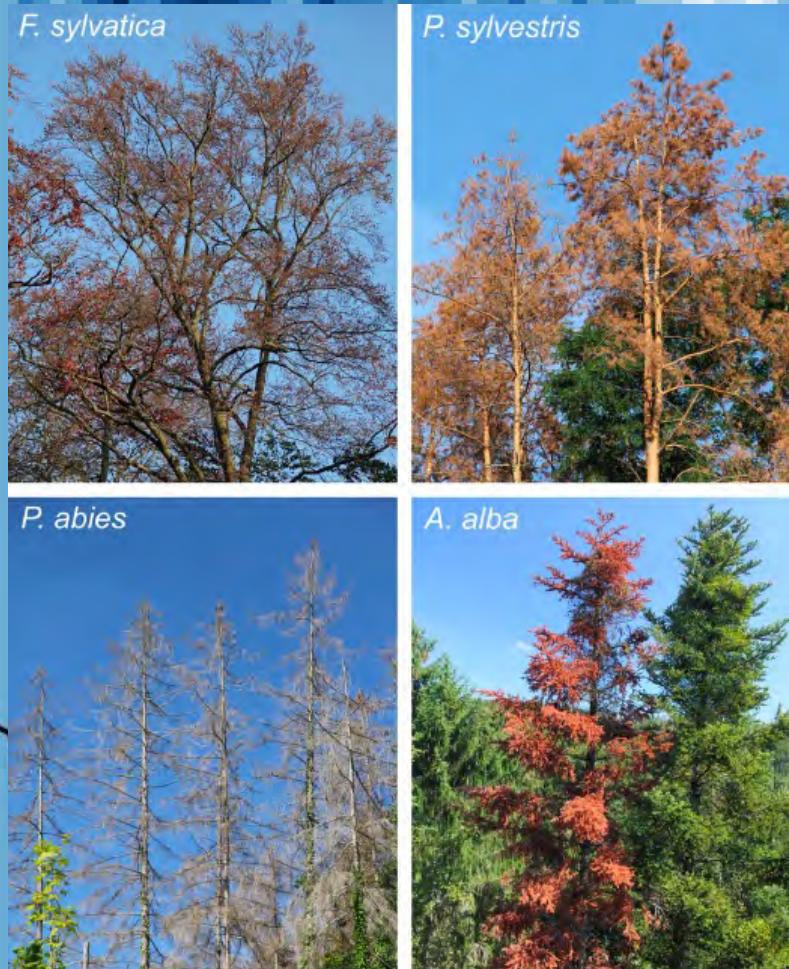


Aux échelles régionales et continentales, l'évapotranspiration est « recyclée » sous forme de pluie

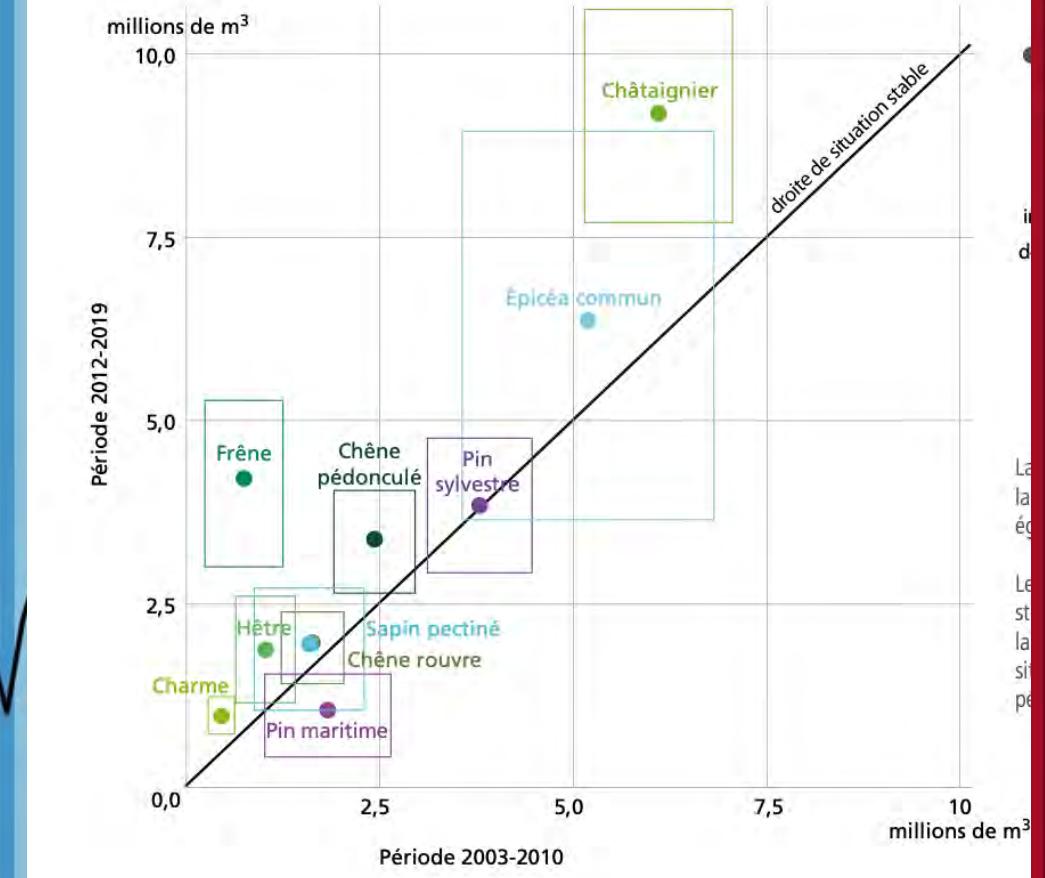
## (4) Le changement climatique et l'eau (Martin & Cochard)



## (4) Le changement climatique, l'eau et les forêts (Martin & Cochard)

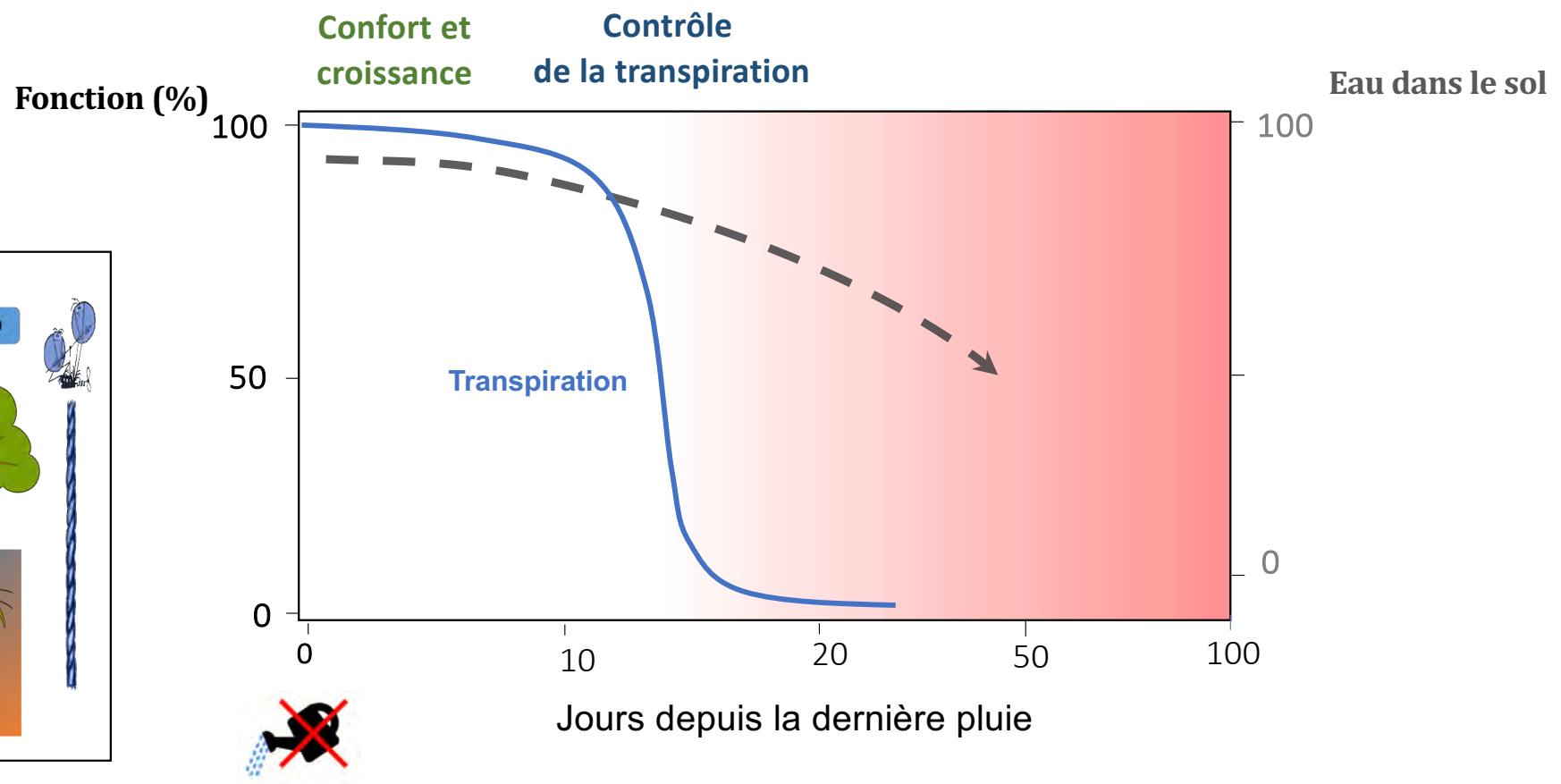


Evolution des volumes d'arbres morts en France

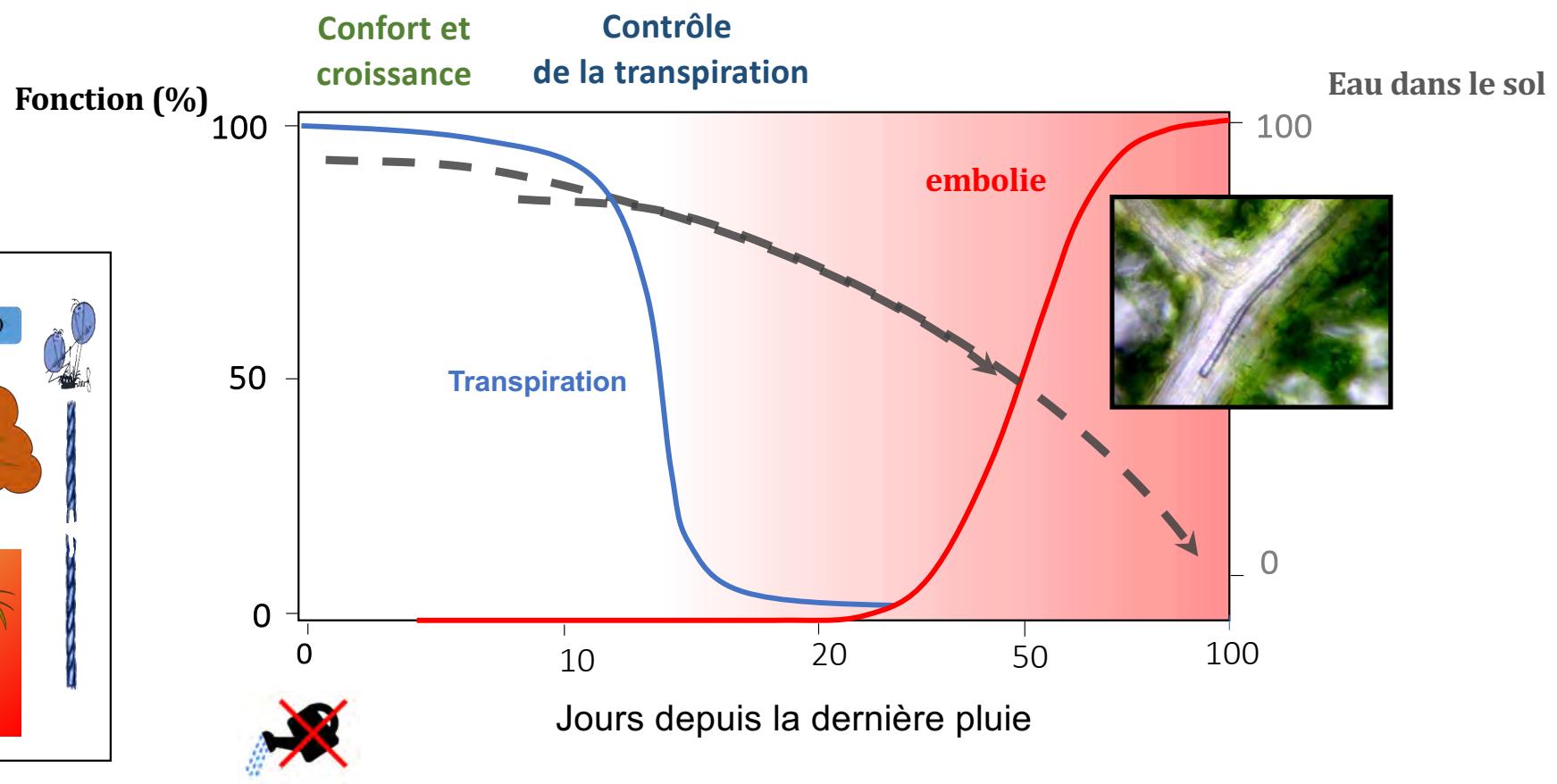


IF, IGN 2021

#### (4) Vulnérabilité des arbres à la sécheresse (Martin & Cochard)



#### (4) Vulnérabilité des arbres à la sécheresse (Martin & Cochard)



## (5) Des solutions développées par la recherche

### 1- Des outils de diagnostics (Bréda, Ruffault)

pour évaluer la consommation d'eau et le déficit d'eau des forêts :

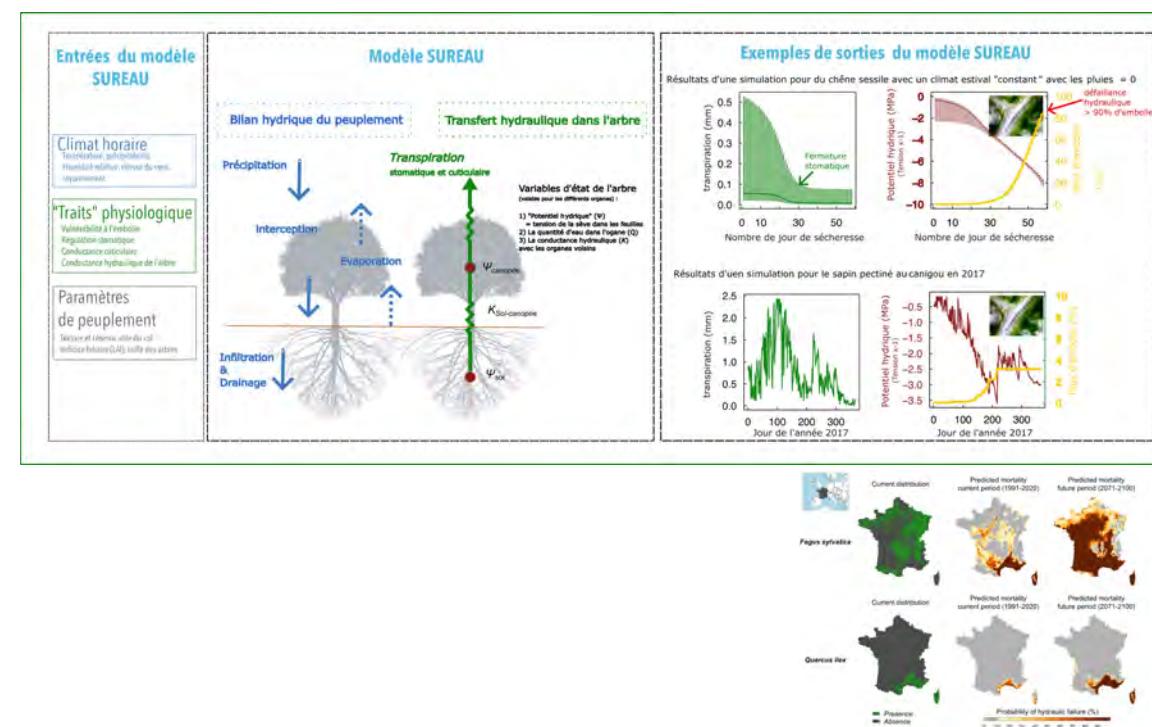
#### Le modèle Biljou



#### Modèles



pour évaluer la consommation d'eau et le stress hydrique des arbres :  
Le modèle SUREAU



## (5) Des solutions développées par la recherche

### 2- Des méthodes de gestion (Cailleret, Guillemot, Morin)

**Réduire la densité pour réduire la consommation d'eau et le stress hydrique**



**Mais attention au**  
-> **Microclimat plus chaud : régé et sol affectés !**  
-> **Sous-bois qui se développe : risque incendie augmenté !**

## (5) Des solutions développées par la recherche

### 2- Des méthodes de gestion (Cailleret, Guillemot, Morin)

## Utiliser des essences adaptées à la sécheresse et plus sobre en eau

*Quercus pubescens*



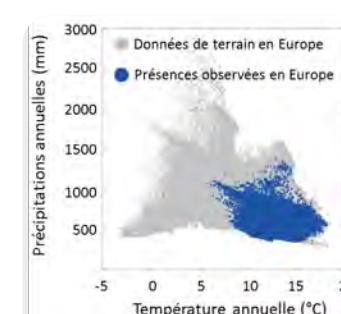
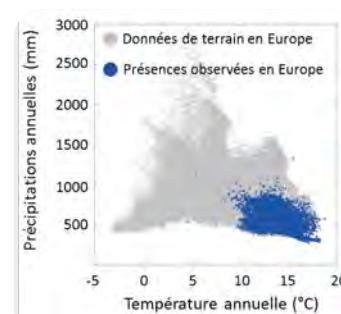
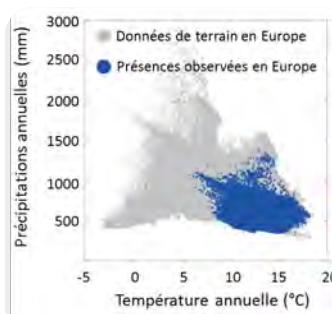
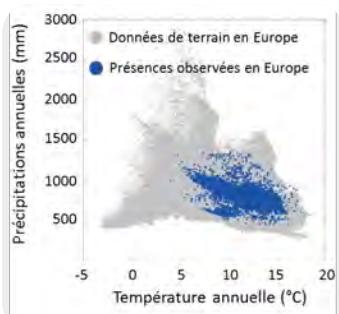
*Quercus ilex*



*Pinus halepensis*



*Cedrus atlantica*

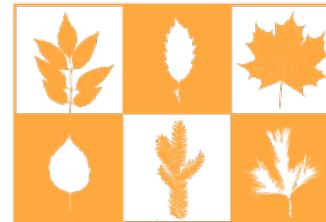


**Attention aux  
coupes de  
remplacement  
(microclimat) et aux  
espèces exotiques !**

## (5) Des solutions développées par la recherche

### 2- Peuplements mélangés (Cailleret, Guillemot, Morin)

**Diversifier les peuplements !**



**TreeDivNet**  

---

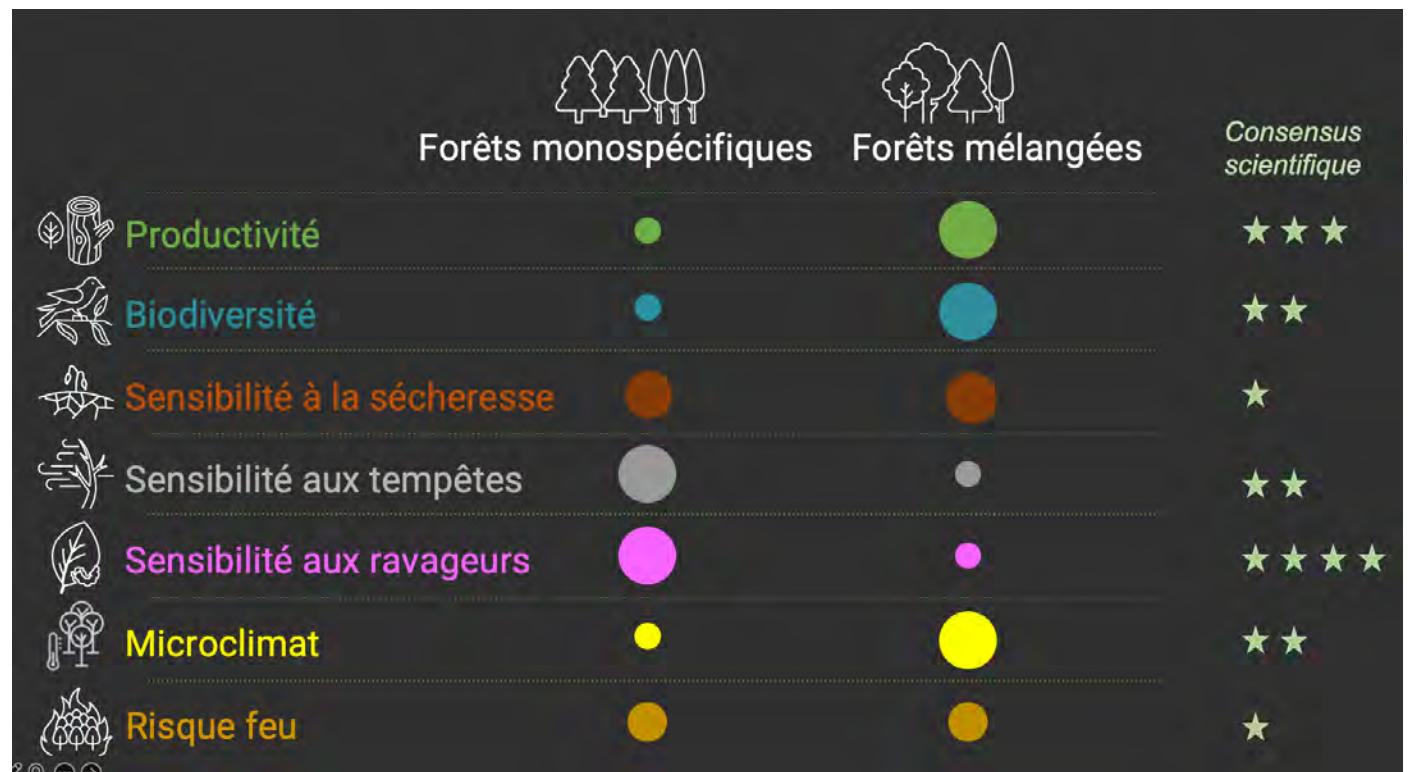
**MixForChange**



## (5) Des solutions développées par la recherche

### 2- Peuplements mélangés (Cailleret, Guillemot, Morin)

#### Diversifier les peuplements !



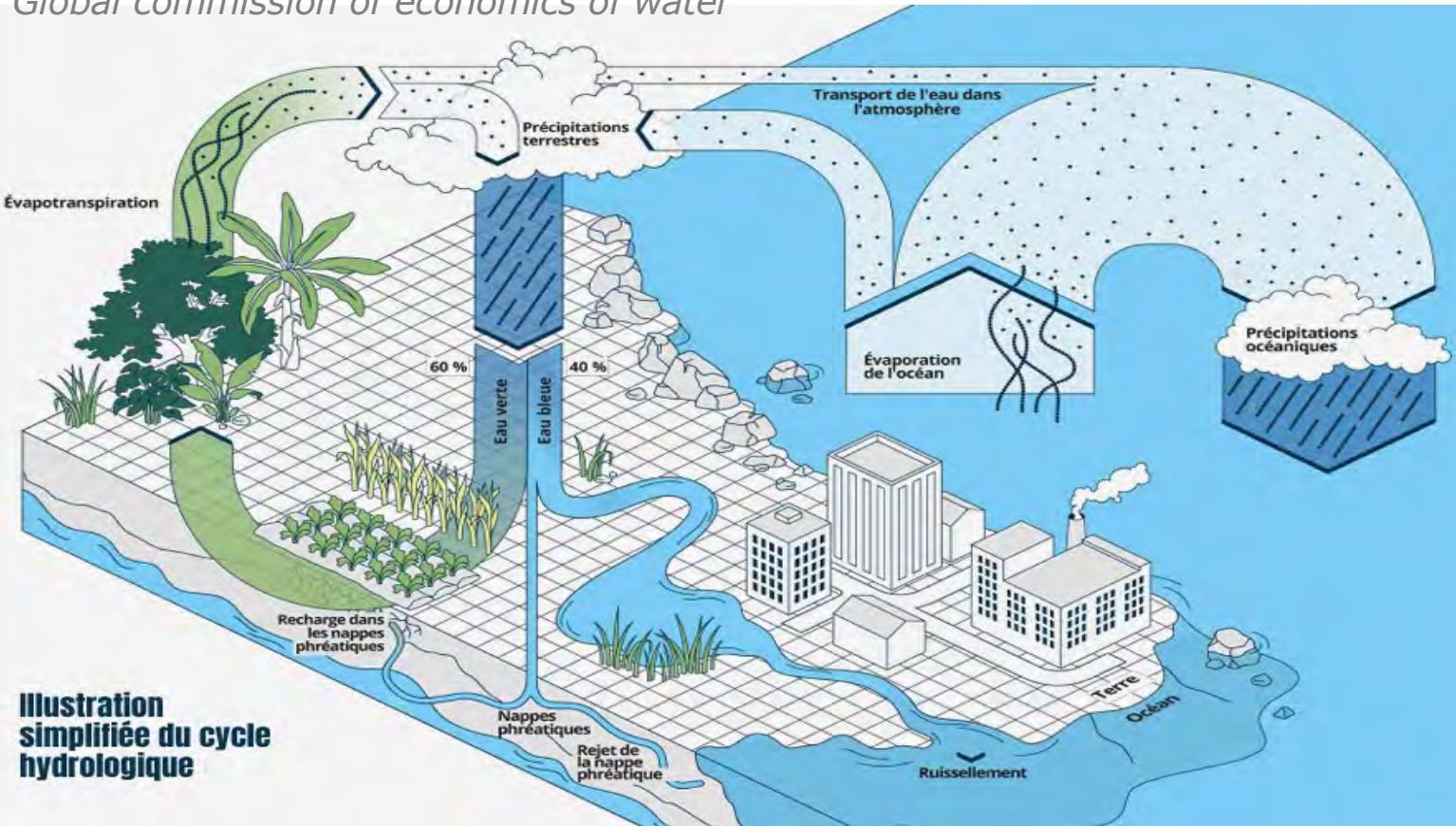
# Les premiers enseignements



5 visites sur le terrain

# Eau verte 60% - Eau Bleue 40%

*Global commission of economics of water*



**Considérer l'ensemble du cycle Eau verte + eau bleue**

Pour améliorer les quantités d'eau disponible

Pour disposer d'une eau de meilleure qualité

Par des solutions proches de la nature grâce aux arbres



forêt méditerranéenne

Colloque « Regards sur les sols forestiers méditerranéens » – 12 novembre 2025

[www.foret-mediterraneenne.org](http://www.foret-mediterraneenne.org)

# Eau verte, une notion partagée

Par les chercheurs travaillant sur l'adaptation des forêts face au Changement climatique = voir la synthèse du Colloque d'Avril 2023, mais aussi par

- > **Les climatologues : cf Livre de Katia Laval « Les pouvoirs de la forêt, de l'eau et des arbres » Edition Odile Jacob**
- > **Les écologues : la Fabrique Ecologique rapport n°58 "Refonder les politiques de l'eau » Proposition 1 : Intégrer la protection de l'eau verte dans les projets de territoire.**
- > **Les économistes . Rapport de la "Global commission of economics of water " L'économie de l'eau : Valoriser le cycle hydrologique en tant que bien commun mondial" Mission 2 : Conserver et restaurer les habitats naturels essentiels à la protection des eaux vertes.**
- > **Les acteurs des territoires (congrès ANEB) « Penser l'eau sous toutes ses formes pour mieux décider » – Acteurs de l'eau : cela commence !**

# Mieux connaître le rôle de la forêt et du sol dans le cycle de l'eau

Les arbres sont des ingénieurs des eaux polyvalents ( Bart Muys – KE Louvain)

- > **Parapluie géant – surface foliaire – érosion, ombrage**
- > **Pompe à eau – racines profondes = biomasse, transpiration, précipitation.**
- > **Climatiseur - refroidissement.**
- > **Réservoir et filtre de l'eau dans le sol**

**La forêt permet de retenir l'eau au plus près de l'endroit où elle tombe**

# Mieux connaître le rôle de la forêt et du sol dans le cycle de l'eau

- > **L'eau comme la forêt, deux ressources qui suivent des cycles à considérer dans leur globalité.**
  - > **Eau : eau verte + eau bleue**
  - > **Forêt : arbres + bois**
- > **La forêt ne consomme pas d'eau mais l'emprunte !**
  - > **Sans empreinte**
  - > **et en payant des intérêts (aménités) !**
- > **Dans les cycles d'eau bleue comme de l'eau verte, la forêt peut jouer le rôle d'un allié actif grâce à l'action des forestiers.**

# Préconisations pour les forestiers

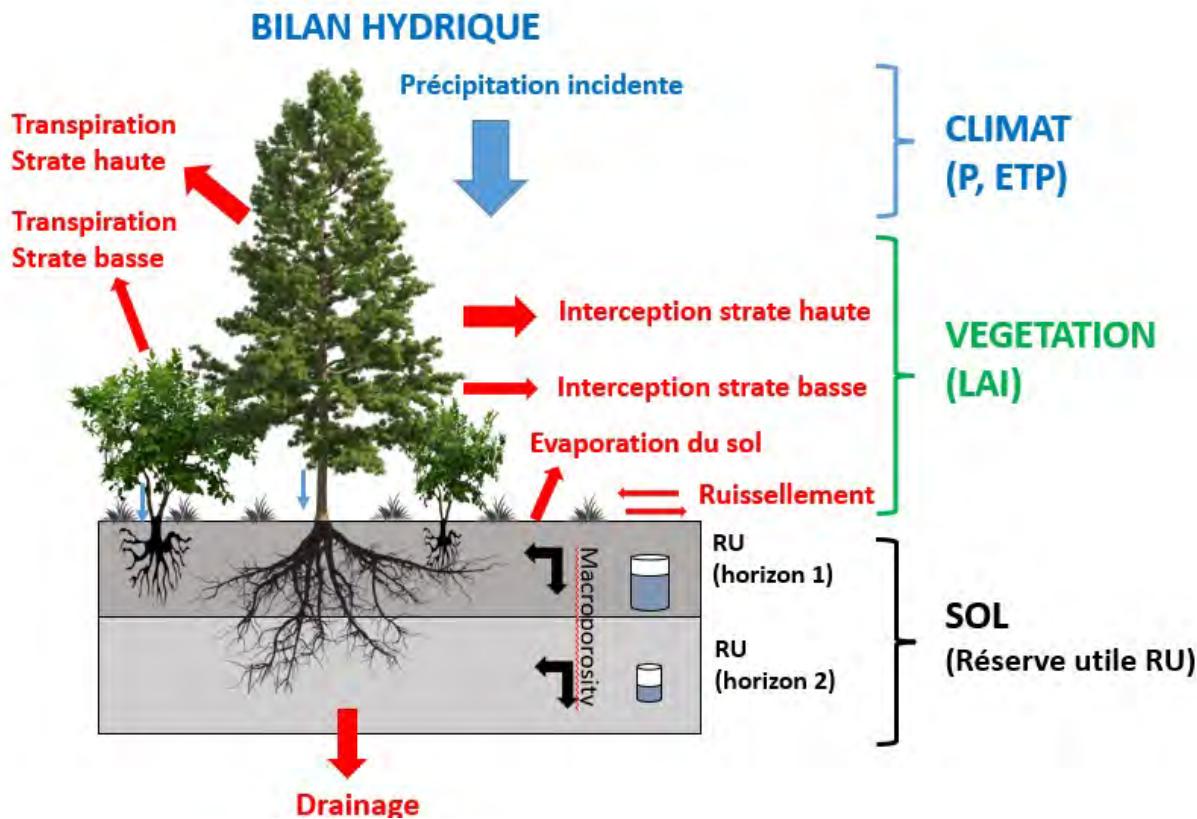
Il semble important que les forestiers s'informent des interrelations entre les cycles de l'eau et de la forêt pour adapter leurs pratiques (e learning de la FAO).

- > **Les zones humides et les cours d'eau jouent un rôle important dans le cycle de l'eau. Souvent situés en forêt, il est important d'en tenir compte lors des interventions sylvicoles. (voir notes d'étape des tournées organisées)**
- > **Equipements de terrains : terrasses, renvois d'eau, mares,**
- > **Le respect des sols lors des interventions en forêt (voir diverses interventions)**
- > **Mettre en place des sylvicultures raisonnées dans les territoires en tension selon le triptyque (voir intervention Michel Vénetier)**
  1. Eclaircir
  2. Régénérer
  3. Diversifier

# Préconisations pour tous les acteurs

- > Prendre en compte la gestion de l'eau et de la forêt dans les documents prospectifs et de gestion.
- > Documents relatifs à l'eau : Schéma d'aménagement et de gestion des eaux, projets de territoire pour la gestion de l'eau, contrats de rivière, ...
- > Documents relatifs à la forêt : aménagements en forêt publique et Plan de gestion en forêt privée encadrés par des directives
- > Documents relatifs aux territoires : chartes forestières, PLU, SCOT...

# Des outils existent, mais sont peu employés



Des modèles de bilans hydriques à l'échelle de bassins versants forestiers permettent de connaître les chemins de l'eau. On peut simuler l'effet d'interventions sylvicoles sur la disponibilité en eau bleue et en eau verte.

Les acteurs de l'eau ont leurs propres modèles pour simuler les chemins et la disponibilité en eau bleue

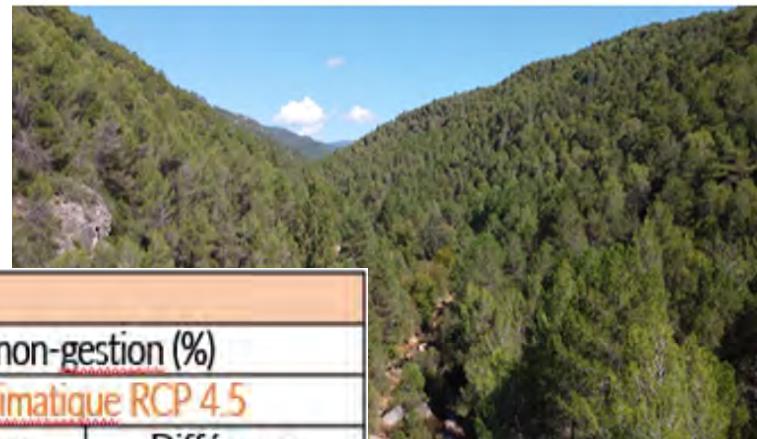
**Rapprochement des deux pour de bilans globaux à l'échelle d'un bassin versant ?**

# Des outils existent, mais sont peu employés

## Utilisation en Catalogne

Un gain en eau bleue de 20 à 55% à la suite d'éclaircie de pinèdes

Altitude: 538 (min) – 2310 (max) mètres  
Précipitation moyenne annuelle: 700-1050 mm  
Température moyenne annuelle: 4-12°C  
Type de rivière (DCFC): Rivière de montagne méditerranéenne calcaire  
Régime hydrologique (DCFC): Régime méditerranéen



Quercus ilex  
Pinus uncinata  
Pinus sylvestris

Aqua d'Ora (surface simulée = 108.11 km <sup>2</sup> )						
Eau bleue moyenne annuelle (Hm <sup>3</sup> ) et différence entre gestion forestière et non-gestion (%)						
	Changement climatique RCP 8.5			Changement climatique RCP 4.5		
Date	Non-gestion	Gestion	Déférence	Non-gestion	Gestion	Déférence
2001-2030	15.90	19.03	20%	16.17	19.17	19%
2031-2060	13.93	19.50	40%	13.33	18.47	39%
2061-2090	10.97	17.00	55%	13.53	22.07	63%

**« Les chemins de l'eau et le changement climatique » des 24  
et 25 avril 2023  
et notes d'étape des cinq sessions de terrain.  
<https://www.foret-mediterraneenne.org>**

**MERCI...**



Colloque « Regards sur les sols forestiers méditerranéens » – 12 novembre 2025

[www.foret-mediterraneenne.org](https://www.foret-mediterraneenne.org)



Informer, Échanger, Rassembler, Proposer

### Colloque organisé avec le soutien de



MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE,  
DE LA BIODIVERSITÉ,  
DE LA FORÊT, DE LA MER  
ET DE LA PÊCHE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA SOUVERAINETÉ  
ALIMENTAIRE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

[www.foret-mediterraneenne.org](http://www.foret-mediterraneenne.org)