

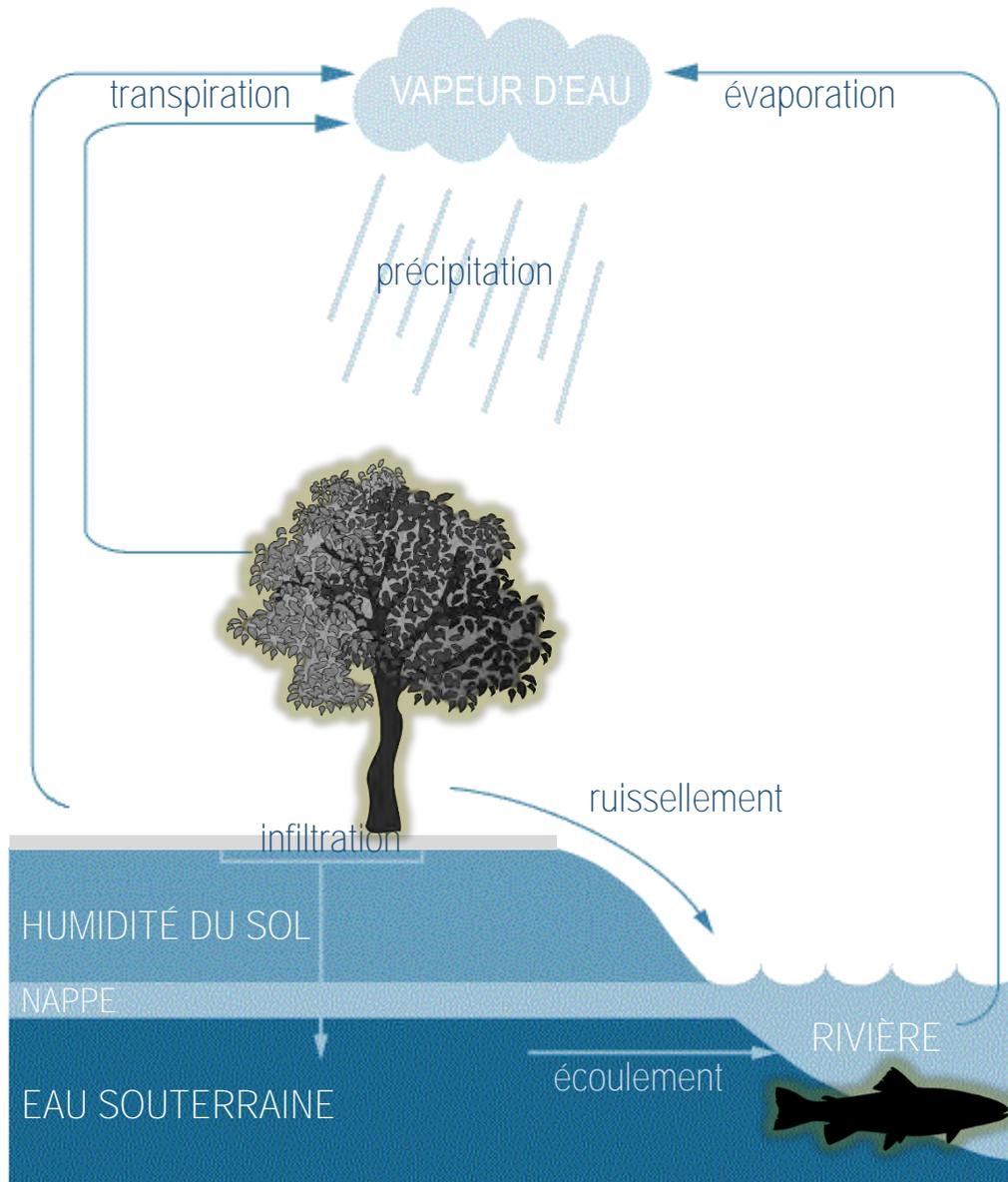
# Comment les changements climatiques affecteront la disponibilité de l'eau en milieu forestier ?

**Audrey Maheu**

Professeur, Université du Québec en Outaouais  
Chercheur, Institut des sciences de la forêt tempérée



# Thème de recherche : écohydrologie



COMMENT L'EAU ET L'ÉNERGIE  
CIRCULENT DANS L'ENVIRONNEMENT ?

COMMENT CELA INFLUENCE LES  
ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS ET  
AQUATIQUES ?

# Thème de recherche : écohydrologie



**Écosystèmes aquatiques :** habitat du poisson,  
température de l'eau



# Thème de recherche : écohydrologie



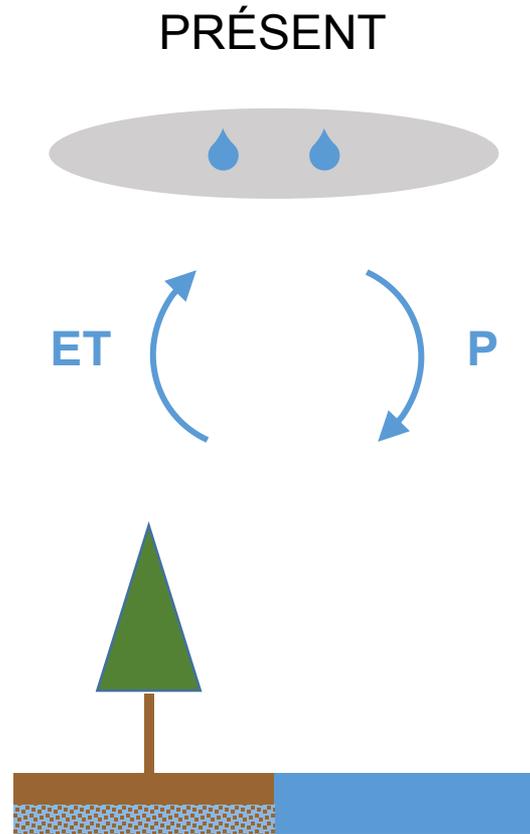
**Écosystèmes aquatiques :** habitat du poisson,  
température de l'eau



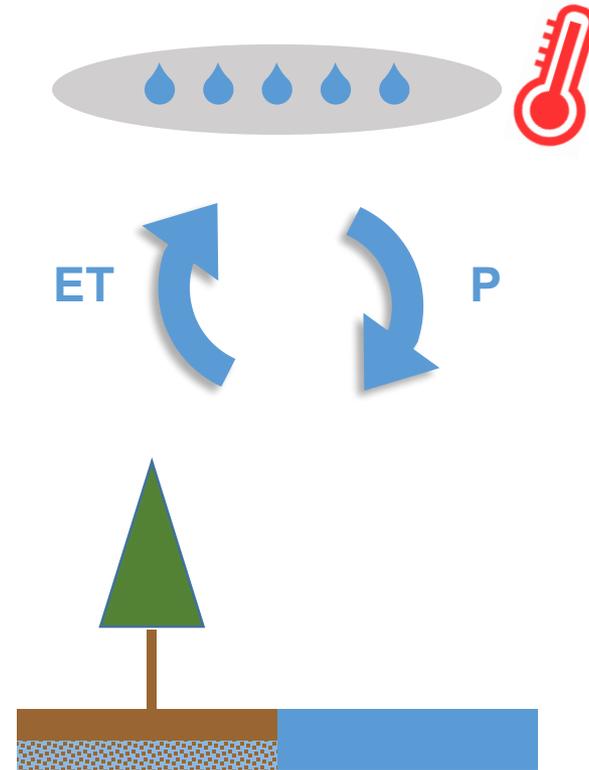
**Écosystèmes forestiers :** humidité du sol,  
changements climatiques

# Problématique

- Les changements climatiques modifient le cycle hydrologique.



## CHANGEMENTS CLIMATIQUES



# Problématique

- Comment les changements climatiques affecteront la disponibilité en eau pour les arbres ?

**Défi #1 :** Modéliser l'**évapotranspiration** de manière robuste.

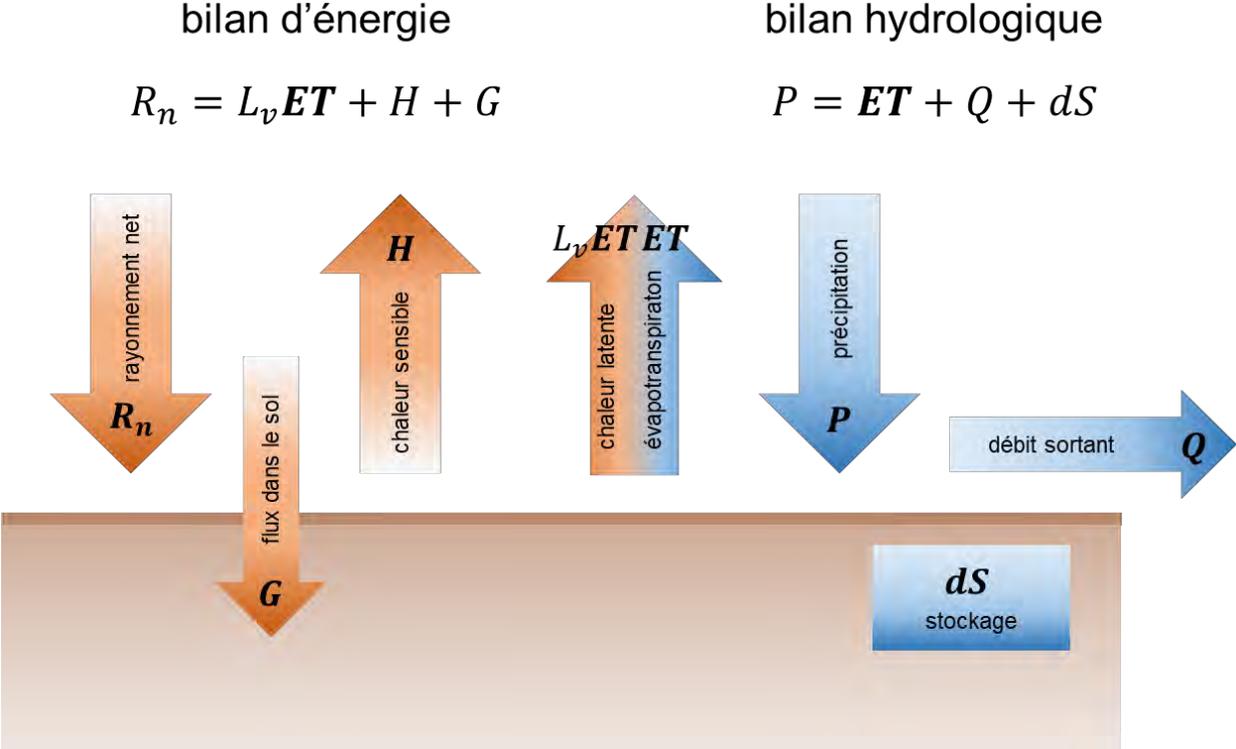
**Défi #2 :** Caractériser la **variabilité spatiale**.

**Défi #3 :** Représenter la **végétation** dans les modèles hydrologiques.

# Défi #1 : Modéliser l'évapotranspiration

## Projet ÉVAP : Modélisation hydrologique avec bilan énergétique

(PI : F. Anctil, co-PI: D. Nadeau, S.Jutras, B. Music)



# Défi #1 : Modéliser l'évapotranspiration

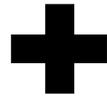
**Méthodologie** : modèle Maximum Entropy Production (MEP)

**évaporation**  
surface = sol nu

$$R_n = G + Ev + H$$

$$Ev = B(\sigma)H$$

$$G = \frac{B(\sigma)}{\sigma} \frac{I_s}{I_0} H |H|^{-\frac{1}{6}}$$

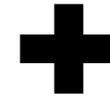


**transpiration**  
surface = végétalisée

$$Tr = \frac{R_n}{1 + B^{-1}(\sigma)}$$

$$H = \frac{R_n}{1 + B(\sigma)}$$

$$G = 0$$



**modèle hydrologique**



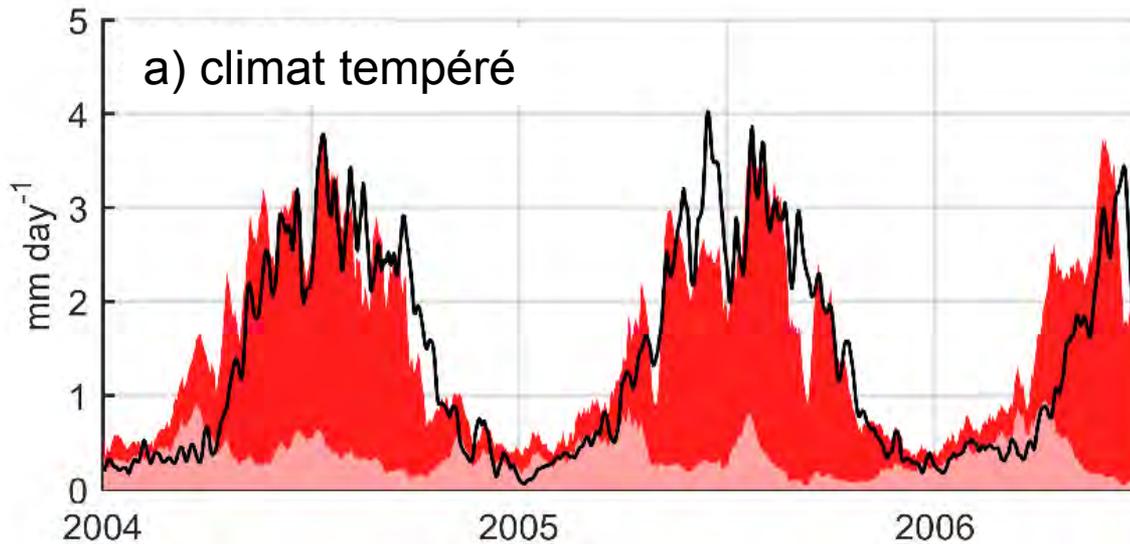
$$\sigma = \frac{L_v^2}{C_p R_v} \frac{q_s}{T_s^2}$$

$$B(\sigma) = 6 \left( \sqrt{1 + \frac{11}{36} \sigma} - 1 \right)$$

$$\eta = \frac{\theta_{fc} - \theta}{\theta_{fc} - \theta_{wp}}$$

# Défi #1 : Modéliser l'évapotranspiration

## Résultats

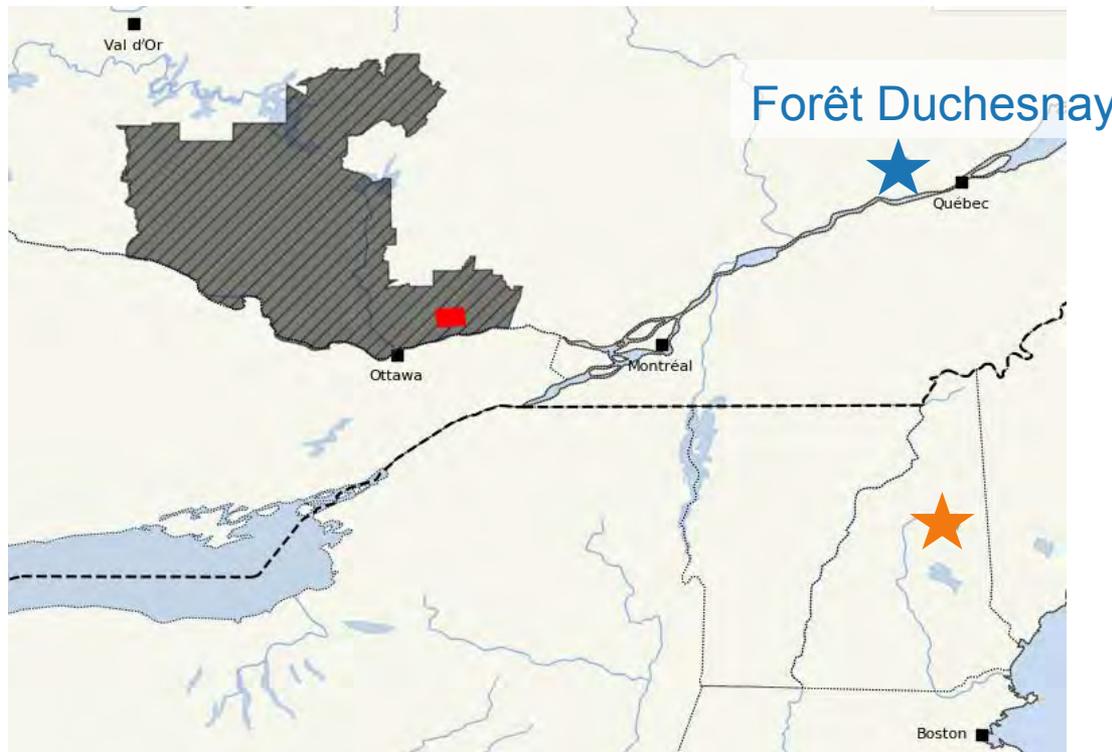


# Défi #2 : Caractériser la variabilité spatiale

**Projet MFFP** - Analyse du stress hydrique et des facteurs prédisposant la mortalité des arbres dans la forêt tempérée de l'Outaouais

PI: F. Doyon, A. Maheu coll: D. Houle, J-D Sylvain, G. Drolet, L. Duchesne, S. Meunier

Modélisation du stress hydrique en climat contemporain et futur



Cybèle Cholet

# Défi #2 : Caractériser la variabilité spatiale

## Méthodologie :

CLASS (Canadian Land Surface Scheme)

climat  
contemporain

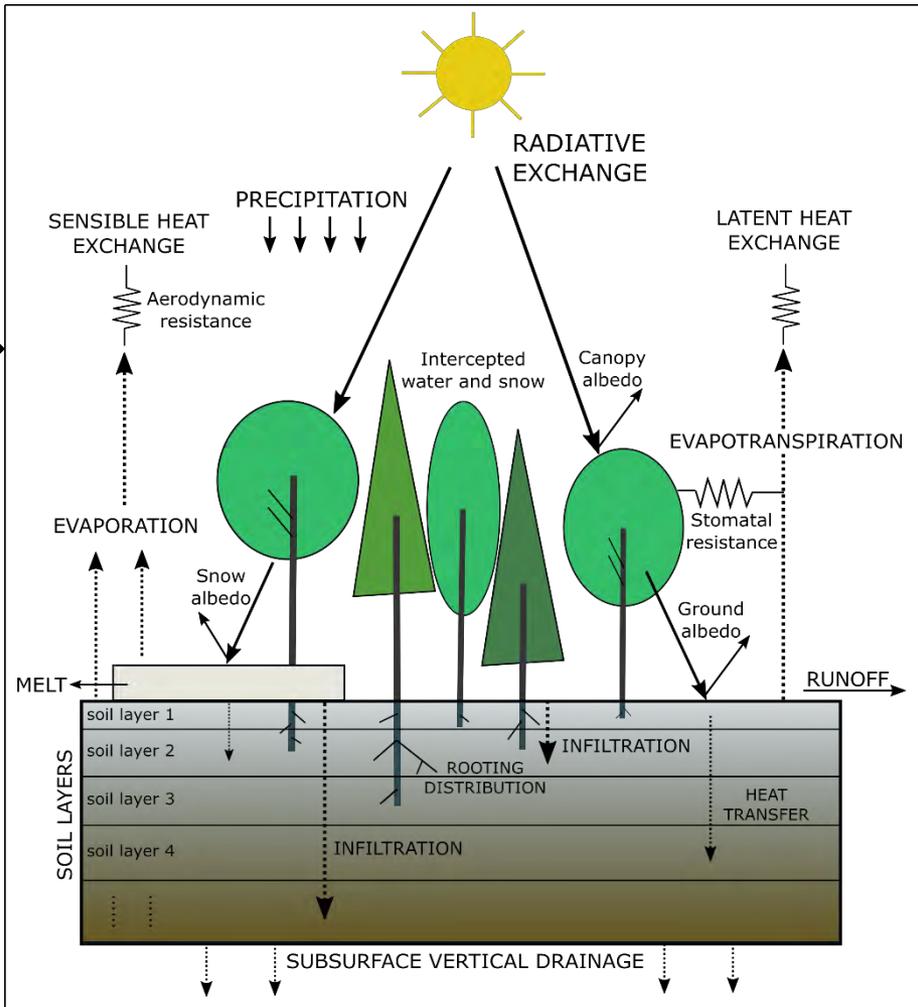
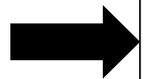
données de  
réanalyse ERA 5

climat futur

8 simulations  
climatiques MRCC  
RCP 4.5 et 8.5

végétation  
MODIS-LAI

sol  
SIIGSOL (JD Sylvain)



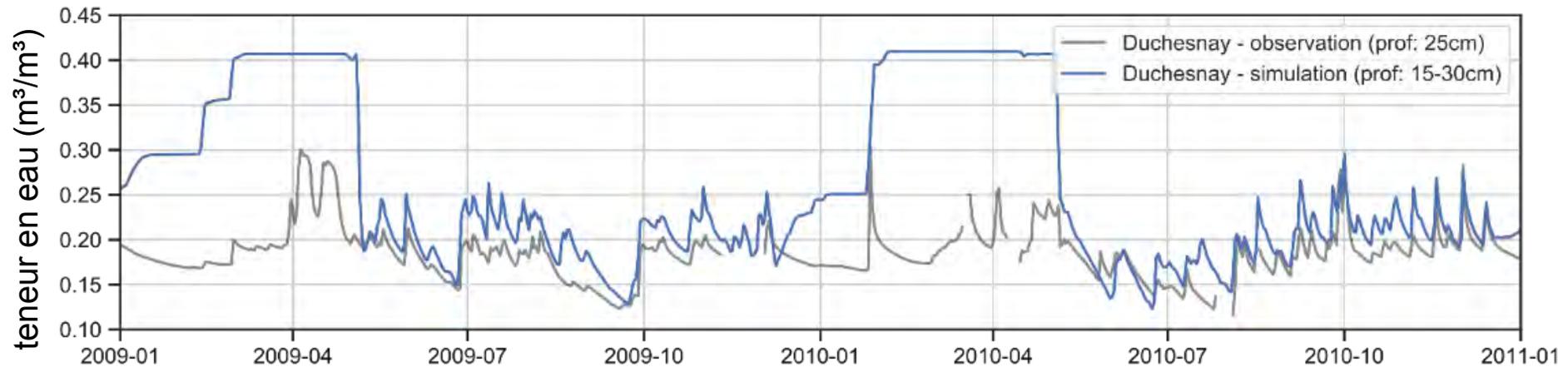
teneur en  
eau du sol  
( $m^3/m^3$ )

tension de  
succion  
(hPa)

# Défi #2 : Caractériser la variabilité spatiale

**Résultats** : Simulation de l'humidité du sol à 2 sites

## 1) Validation du modèle



# Défi #2 : Caractériser la variabilité spatiale

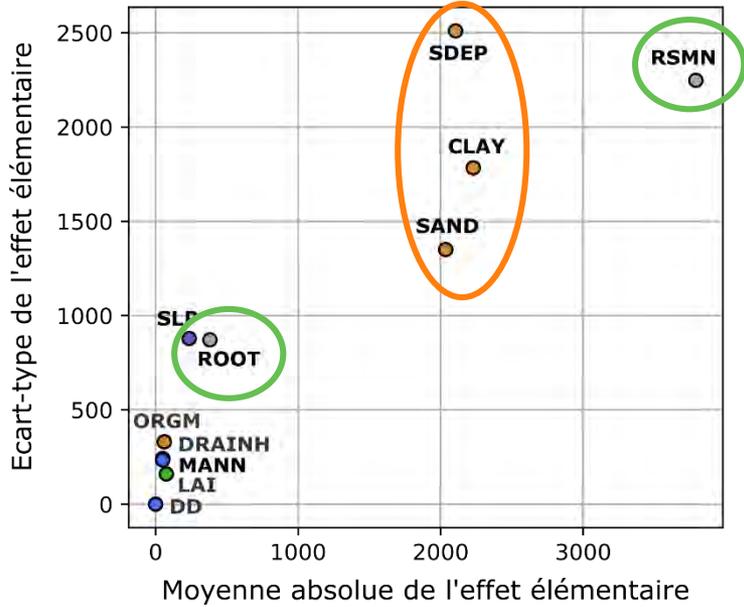
## Résultats : Simulation de l'humidité du sol à 2 sites

### 2) Analyse de sensibilité

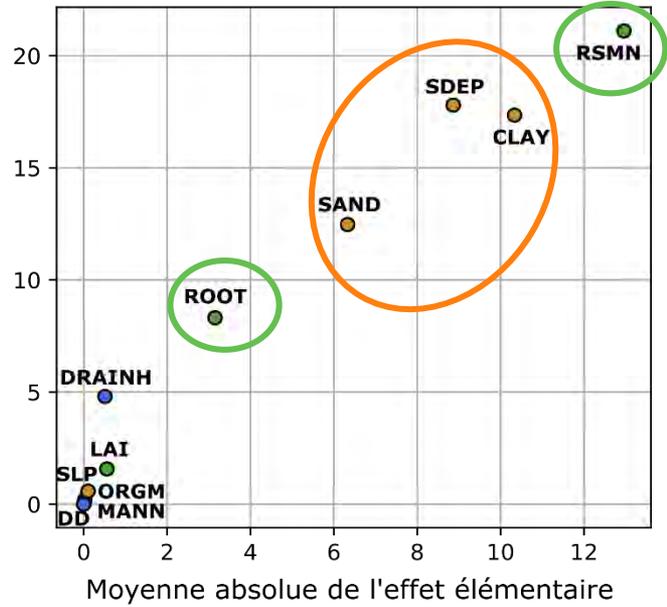
Analyse de sensibilité  
Méthode de Morris  
Paramètres analysés :

- RSMN** Résistance stomatique minimale ( $s.m^{-1}$ )
  - ROOT** Profondeur racinaire maximale (m)
  - LAI** Indice de surface foliaire maximal (-)
- 
- ORGM** Teneur en matière organique (%)
  - SAND** Teneur en sable (%)
  - CLAY** Teneur en argile (%)
  - SDEP** Profondeur de sol (m)
- 
- SLP** Pente (-)
  - DRAINH** Anisotropie de la conductivité hydraulique du sol (-)
  - MANN** Coefficient de rugosité de Manning (-)
  - DD** Densité de drainage ( $km^{-1}$ )

Sévérité du stress hydrique  
tension de succion minimale (hPa)

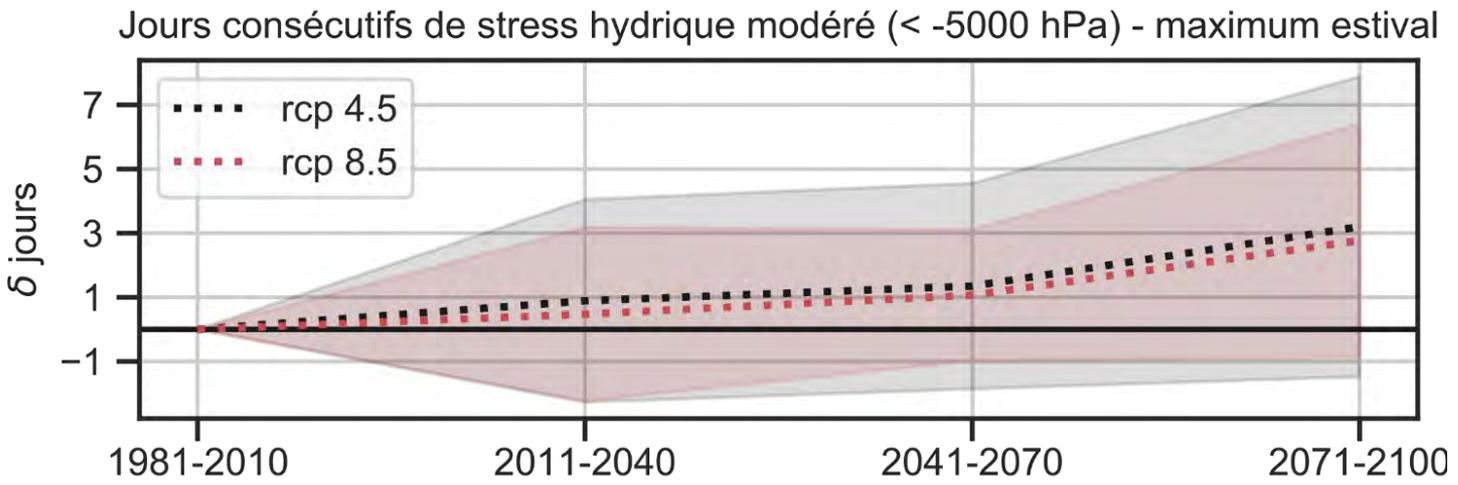
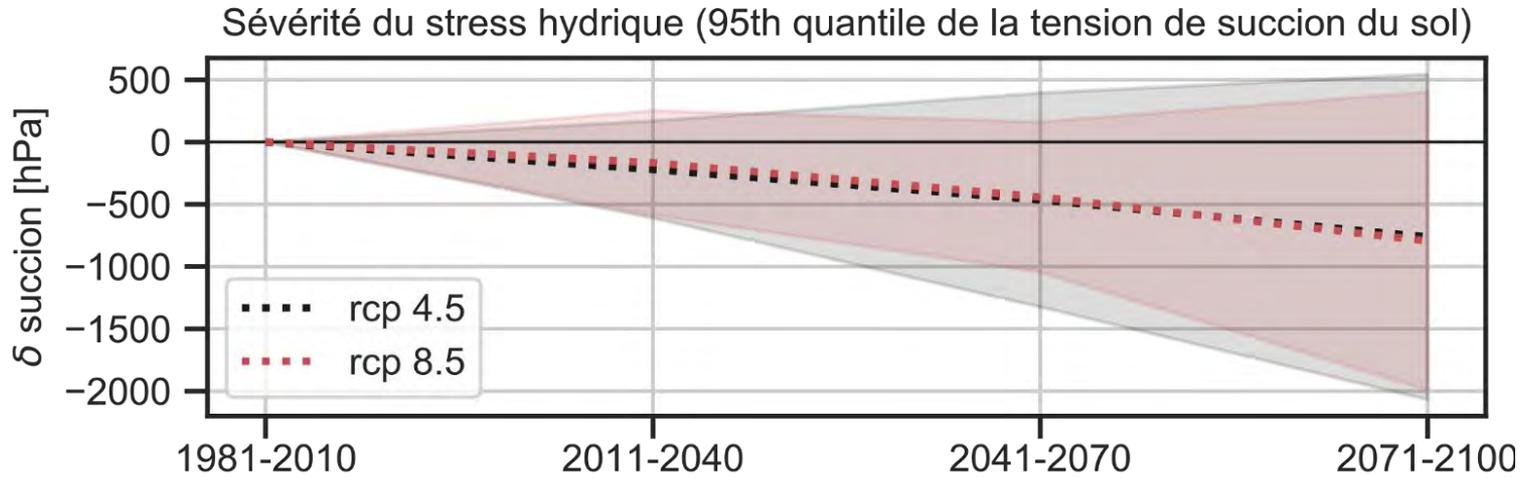


Durée du stress hydrique  
Jours consécutifs de stress modéré (<5000hPa)



# Défi #2 : Caractériser la variabilité spatiale

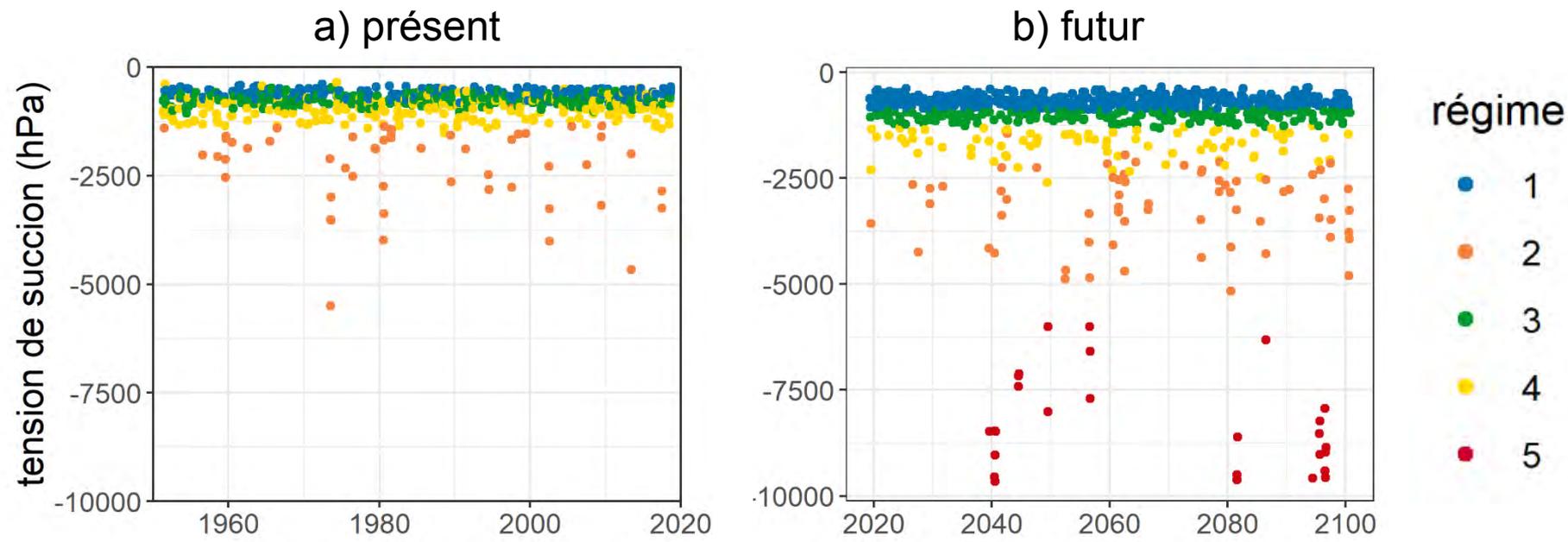
## 3) Effet des changements climatiques (site Duchesnay)



# Défi #2 : Caractériser la variabilité spatiale

## 3) Effet des changements climatiques

approche par « regime-switching » – 1 simulation climatique RCP 4.5 à Duchesnay



# Défi #3 : Représenter la végétation

La végétation est généralement représentée de manière simplifiée au sein des modèles hydrologiques.

Parameters associated with land cover categories used in CLASS

	Code	Visible albedo [ ]	Near-IR albedo [ ]	Roughness length [m]	Maximum LAI	Minimum LAI	Max. mass [kg m <sup>-2</sup> ]	Rooting depth [m]
Evergreen needleleaf forest	1	0.03	0.19	1.5	2.0	1.6	12.0	1.0
Evergreen broadleaf forest	2	0.03	0.23	3.5	10.0	10.0	50.0	5.0
Deciduous needleleaf forest	1	0.03	0.19	1.0	2.0	0.5	15.0	1.0
Deciduous broadleaf forest	2	0.05	0.29	2.0	6.0	0.5	20.0	2.0
Tropical broadleaf forest	2	0.03	0.23	3.0	10.0	10.0	40.0	5.0
Drought deciduous trees	2	0.05	0.29	0.8	4.0	4.0	15.0	5.0
Evergreen broadleaf shrub	4	0.03	0.19	0.05	2.0	2.0	2.0	0.2
Deciduous shrub	2	0.05	0.29	0.15	4.0	0.5	8.0	1.0

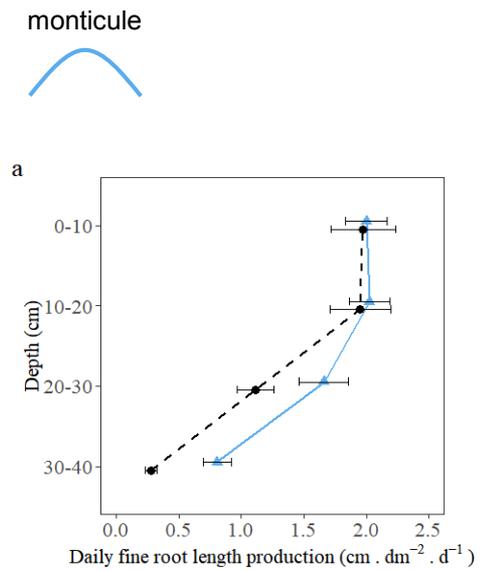
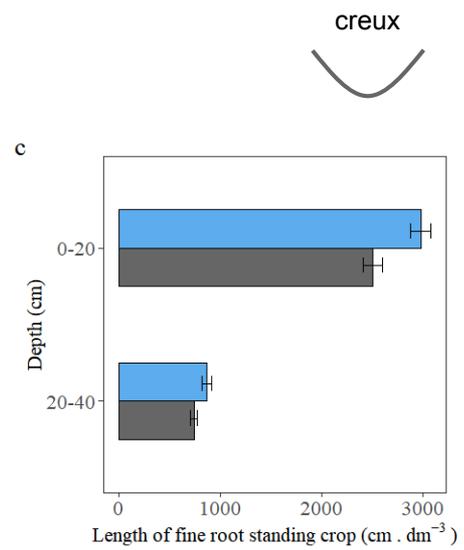
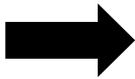
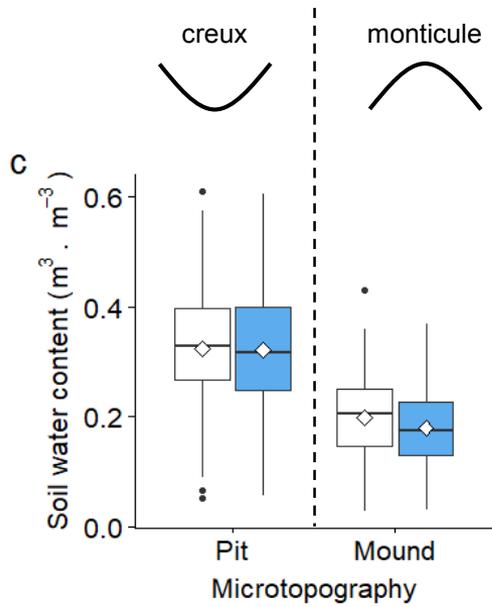
# Défi #3 : Représenter la végétation

Comment la microtopographie et l'exclusion des précipitations influencent-elles la production en racines fines en forêt tempérée ?

(directeur : F. Doyon, co-directeur : A. Maheu)



Florence Tauc

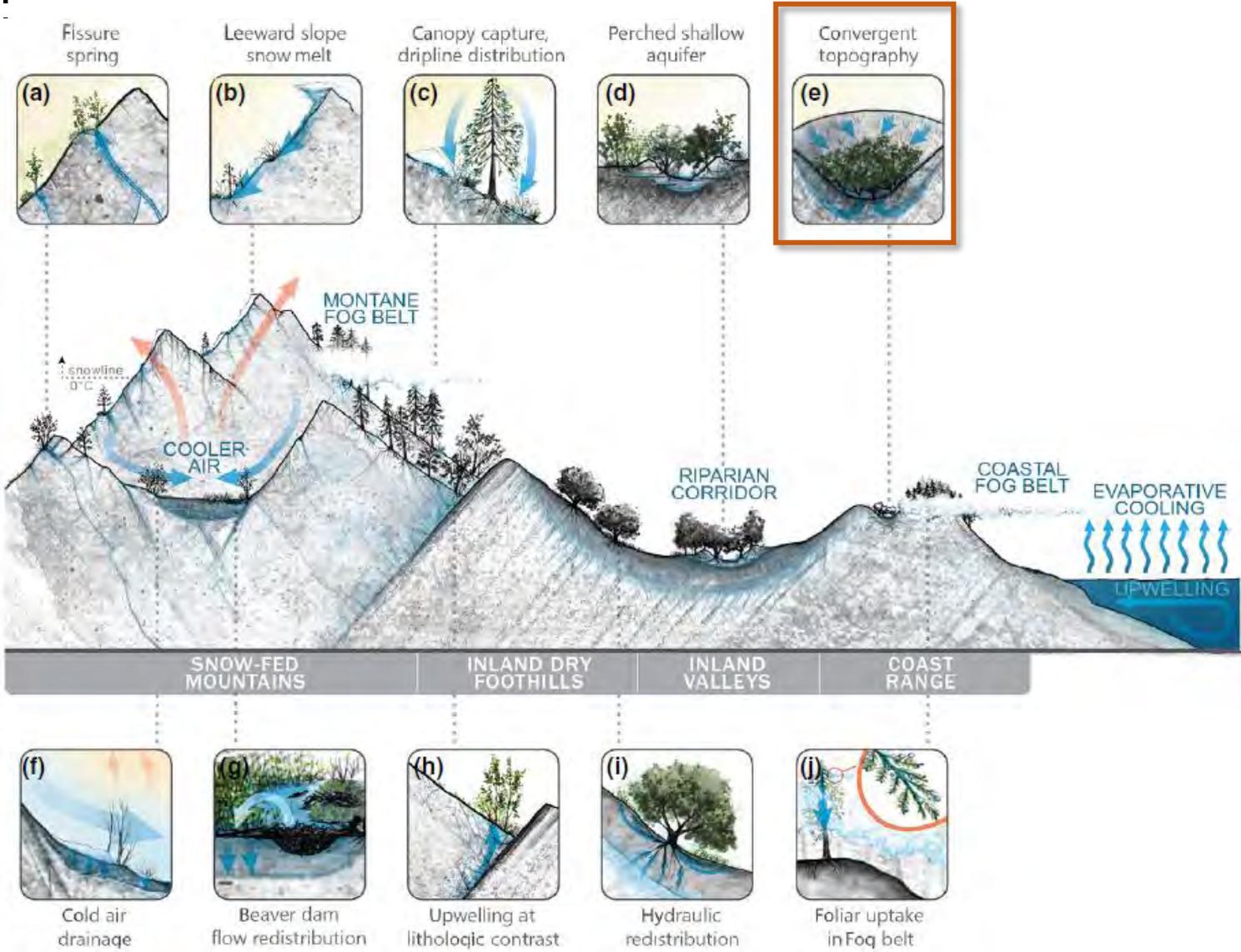


Les creux sont plus humides.

La biomasse et production racinaire sont moindres dans les creux.

# Défi #3 : Représenter la végétation

Microrefuge :

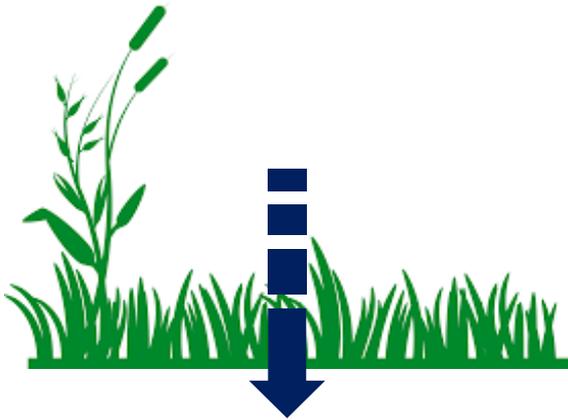


Source : McLaughlin et al. (2017) *Global Change Biol.*

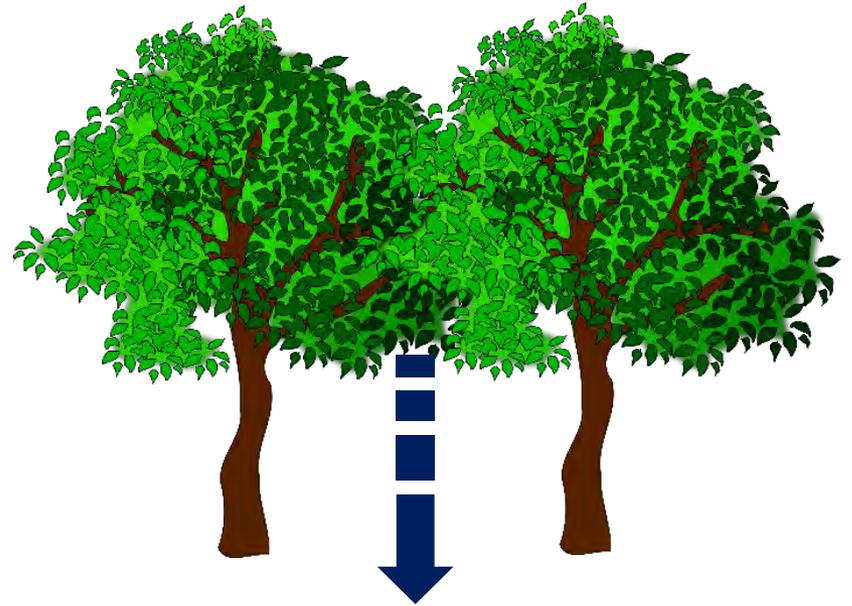
# Défi #3 : Représenter la végétation

- Projet de suivi des services écosystémiques des îlots forestiers et bandes riveraines en Outaouais (S. Delagrangé) :

**Comment la végétation influence l'infiltration ?**



VS.



# Conclusion

**Défi #1** : Modéliser l'**évapotranspiration** de manière robuste.

→ intégrer un modèle de bilan d'énergie aux modèles hydrologiques

**Défi #2** : Caractériser la **variabilité spatiale**.

→ modélisation de l'humidité du sol à fine échelle pour capter comment les propriétés du sol et de la végétation viennent moduler l'exposition au stress hydrique

**Défi #3** : Représenter la **végétation** dans les modèles hydrologiques.

→ études sur le terrain pour mesurer l'effet de la végétation sur les processus hydrologiques

