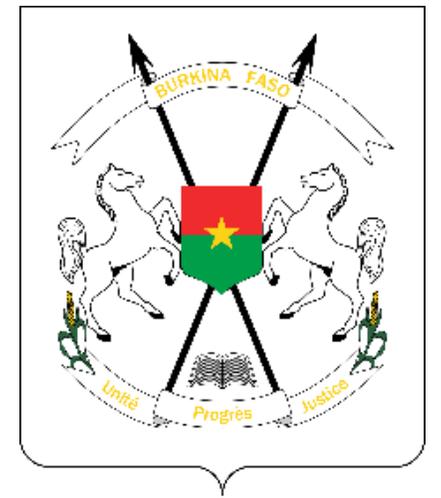




LIÈGE
université

Défense de thèse de doctorat



« Caractérisation de l'impact des seuils d'épandage sur la recharge des eaux souterraines dans un contexte de bas-fonds semi-aride: application au sous bassin de Nariaré (Burkina Faso) »

Présentée par:

Fatoumata KABORE

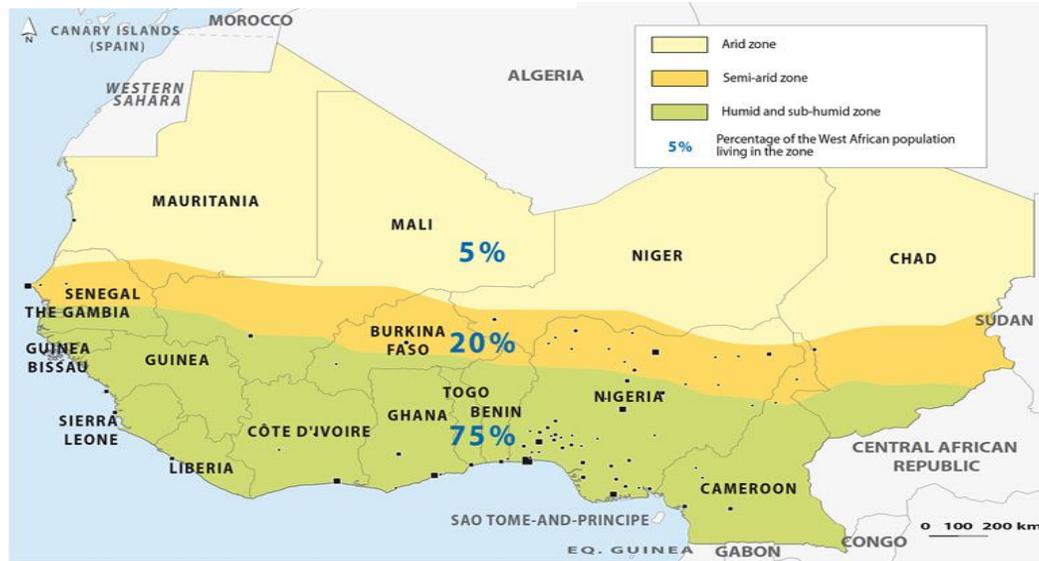
Promoteur:

Serge BROUYERE

Co-promoteur:

Philippe ORBAN

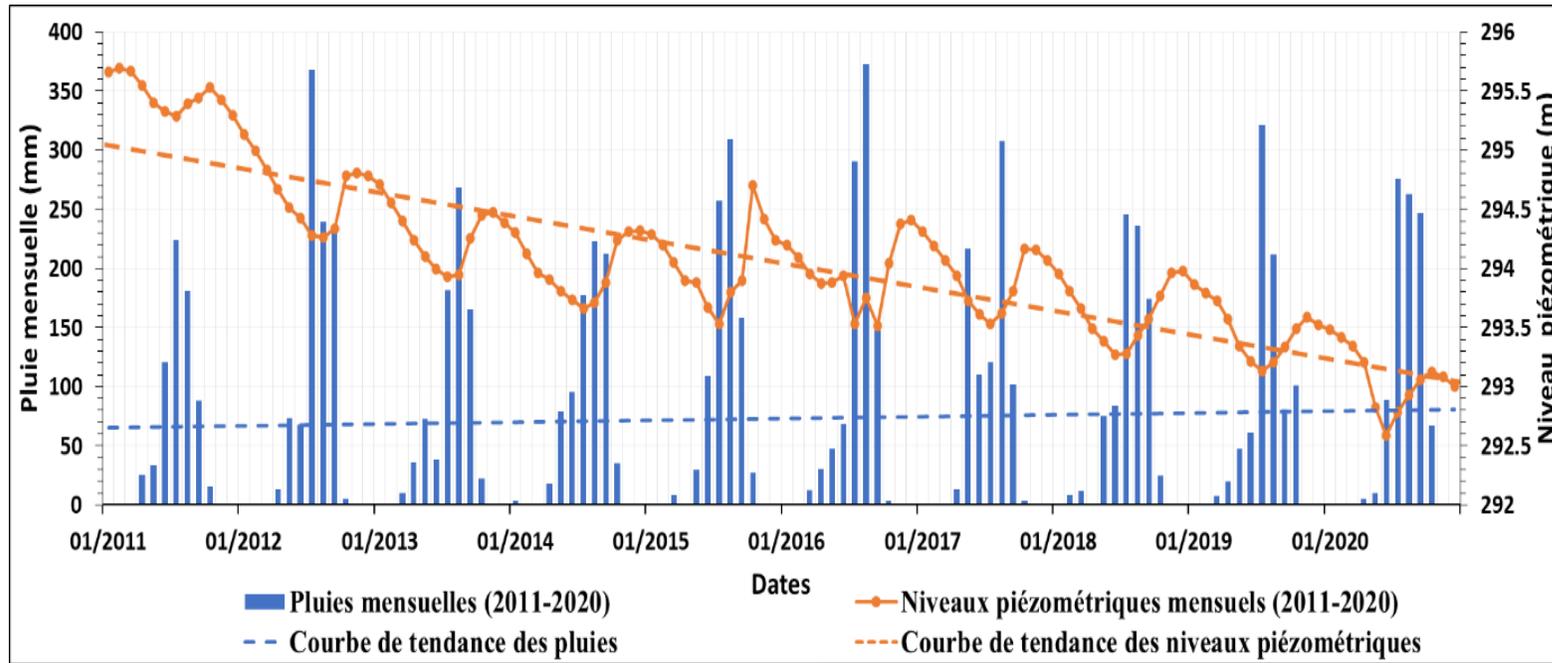
27/11/2024



➤ Changements climatiques

➤ Actions anthropiques





➤ Baisse continue du niveau de la nappe

➤ Assurer l'AEP et la sécurité alimentaire

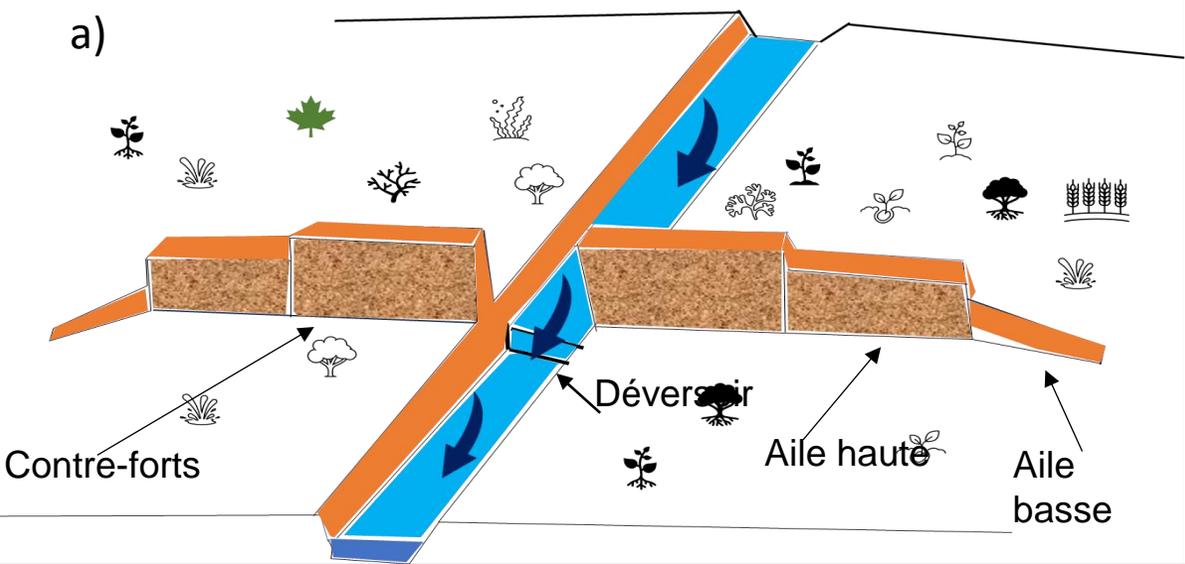




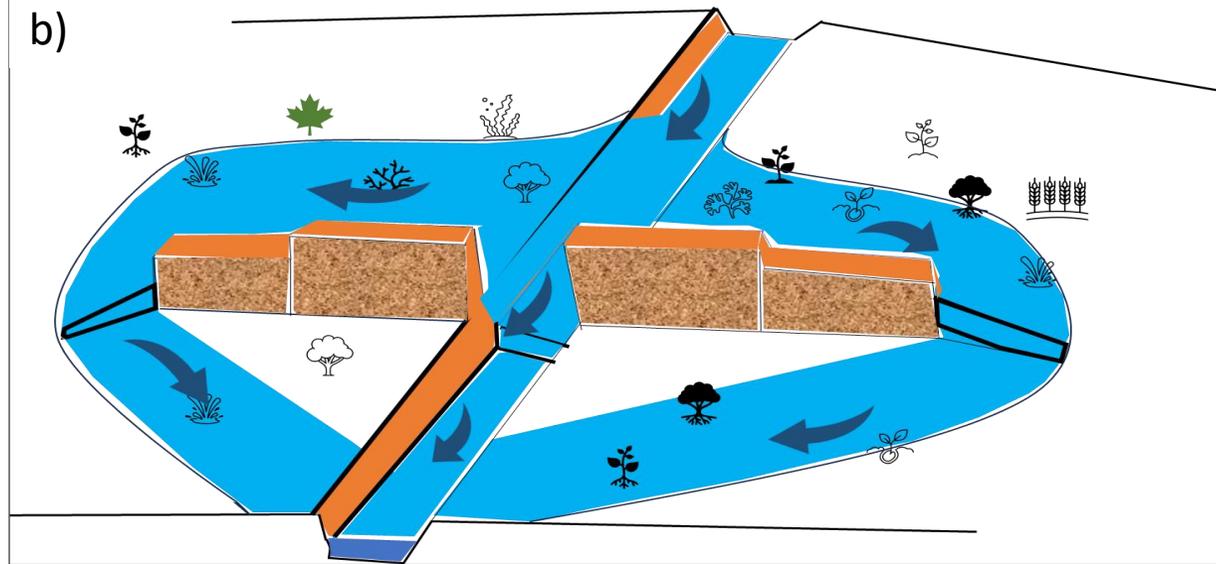
- Techniques simples et peu coûteuses: seuils d'épandage
- Seuils d'épandage au sahel, Burkina Faso
- PNSA, PNGIRE, ODD



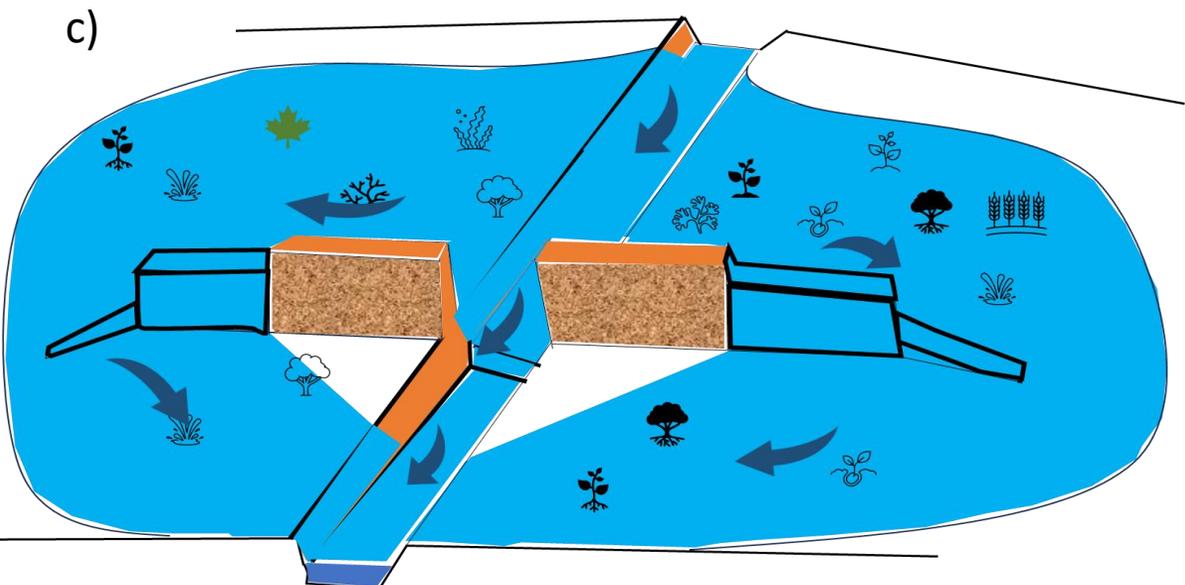
a)



b)



c)



Objectifs de l'étude

Objectif principal

- Evaluer l'impact des seuils d'épandage sur la recharge des eaux souterraines

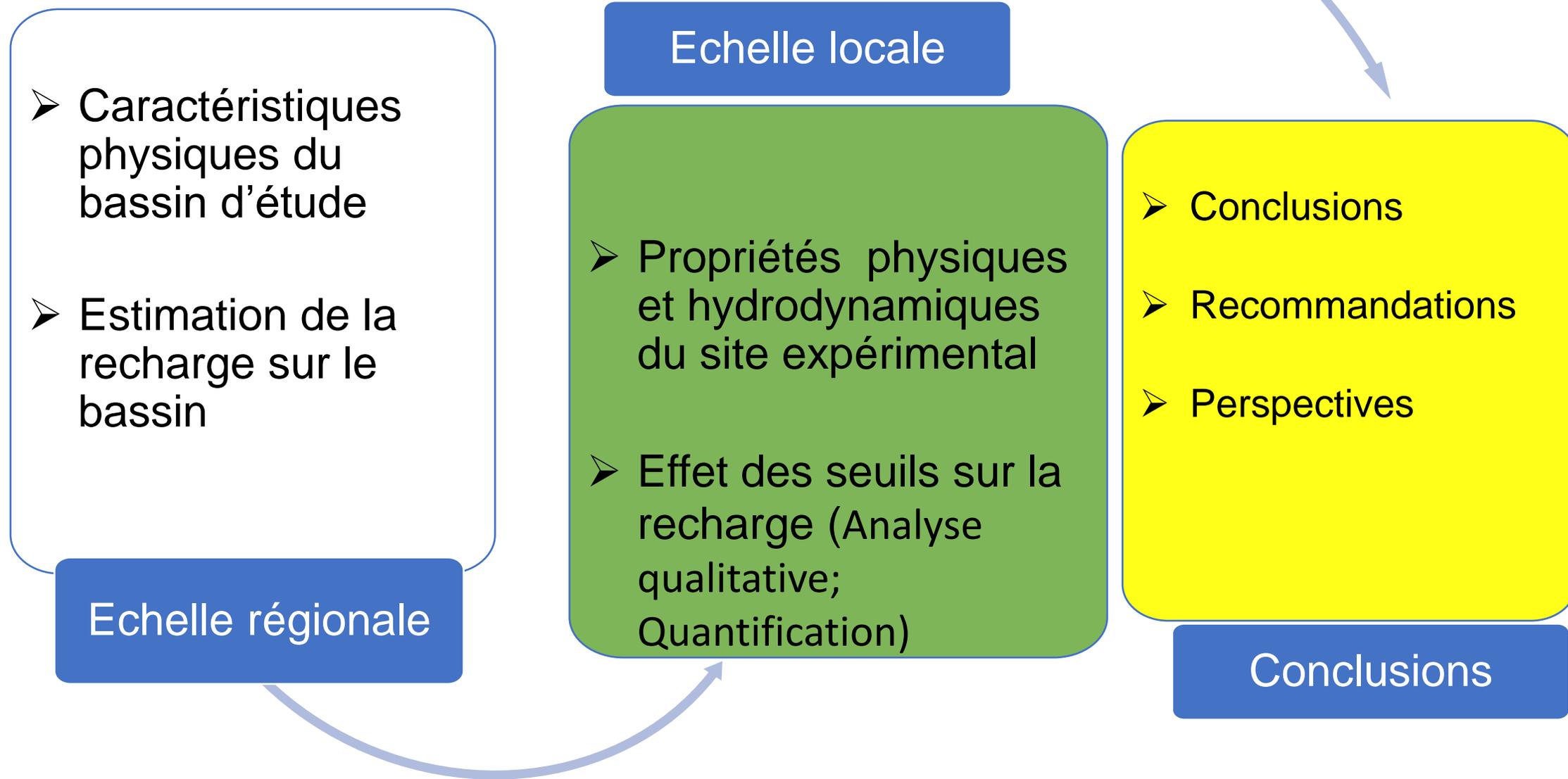
Spécifiques

- Contribuer à la caractérisation physique du bassin d'étude
- Étudier les interactions eau de surface – eau souterraine
- Estimer la recharge induite par les seuils d'épandage sur la nappe superficielle

Questions de recherche

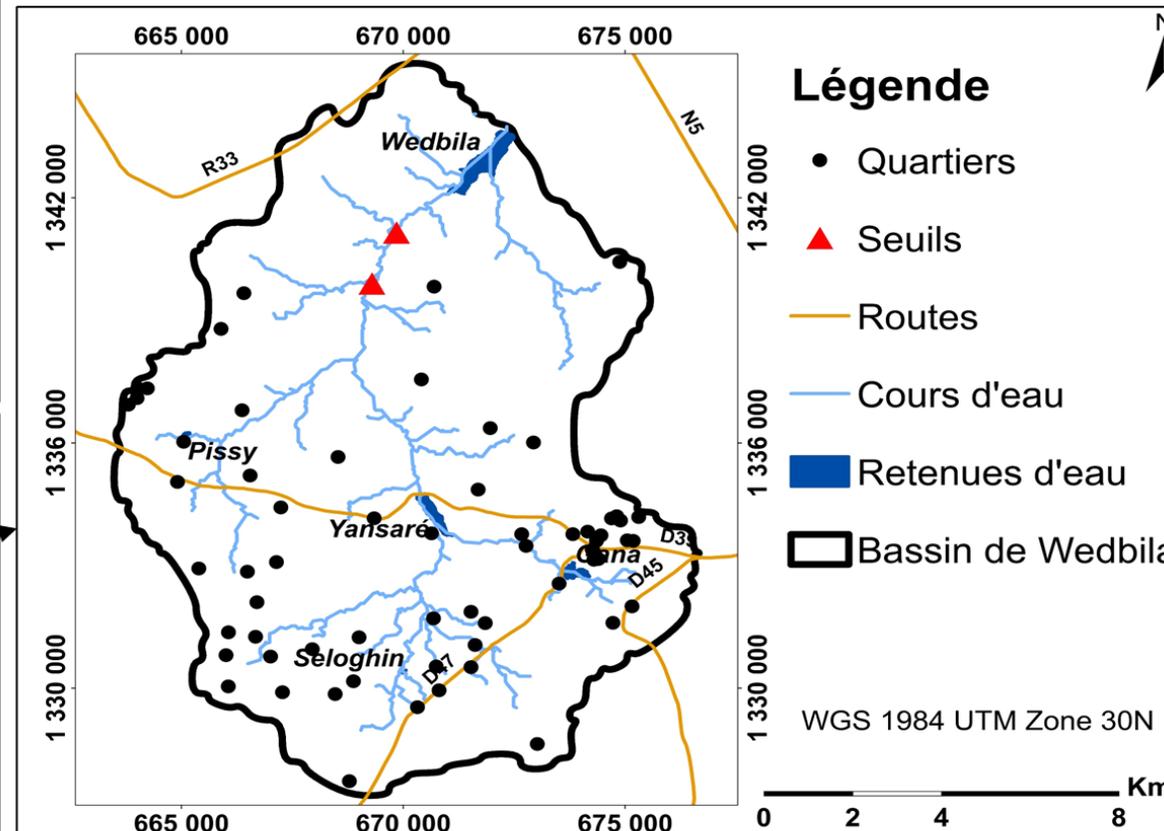
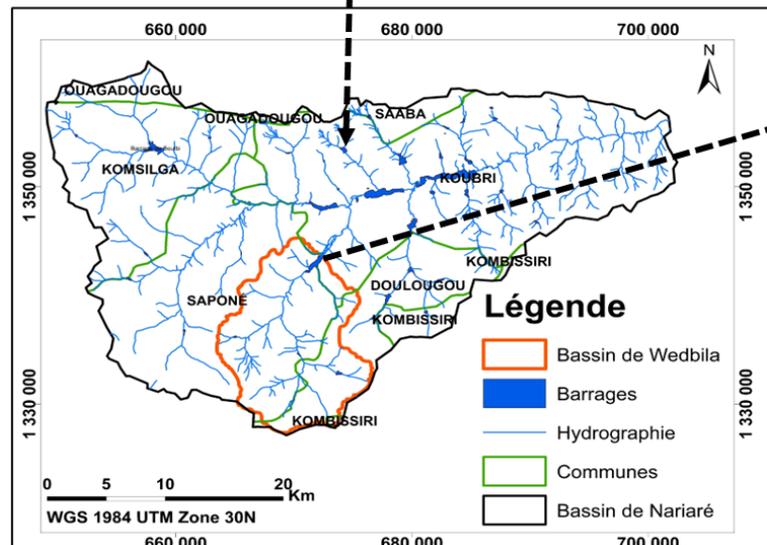
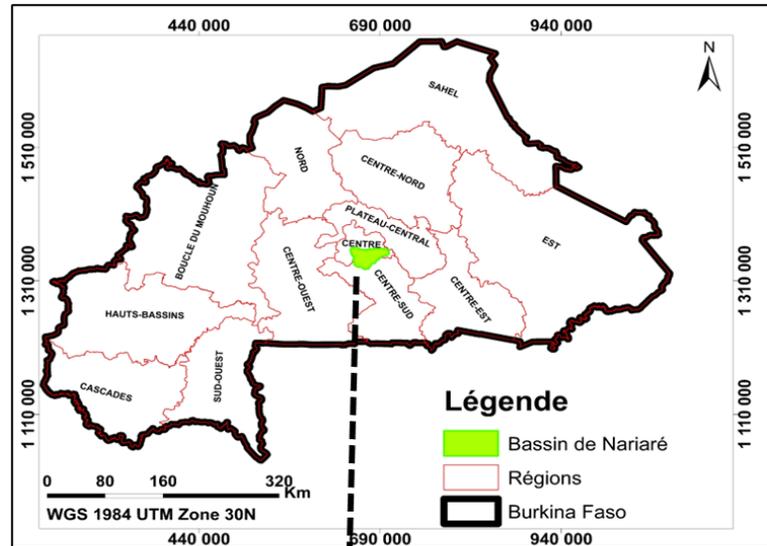
- Effet de l'épandage instantané sur l'infiltration ?
- Effet de l'épandage instantané sur la remontée des niveaux d'eau souterraine ?
- Effet des seuils sur la quantité de recharge dans la zone locale et sur le bassin?
- Impact des seuils d'épandage sur les réserves d'eau ?

Approche méthodologique



Investigation régionale

Localisation du bassin

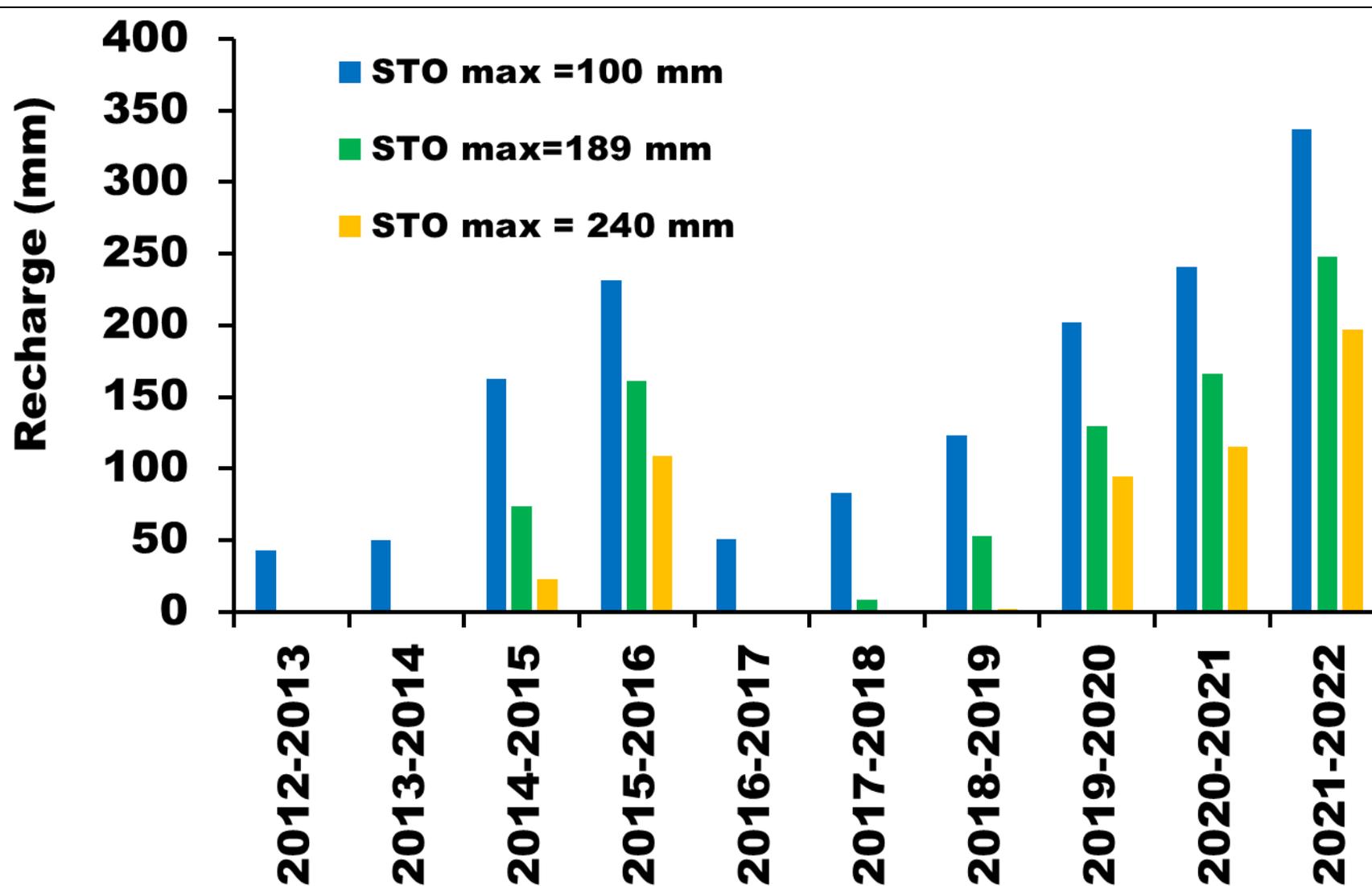


➤ 2 seuils d'épandage,

➤ 5 retenues d'eau

➤ 139 points d'accès à l'eau souterraine

Estimation de la recharge sur le bassin versant de Wedbila



➤ $P = ETR + \Delta S + R + R_{off}$

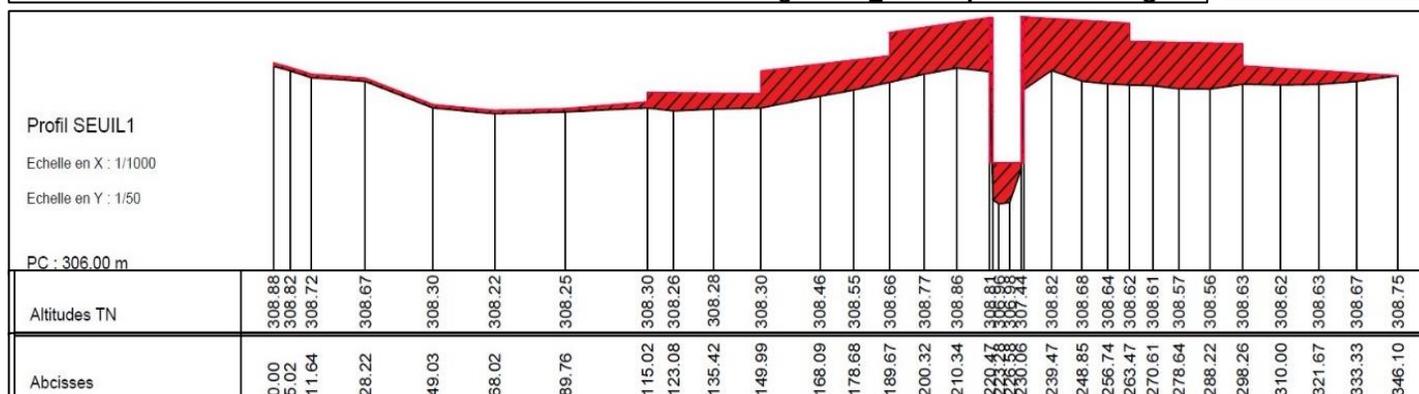
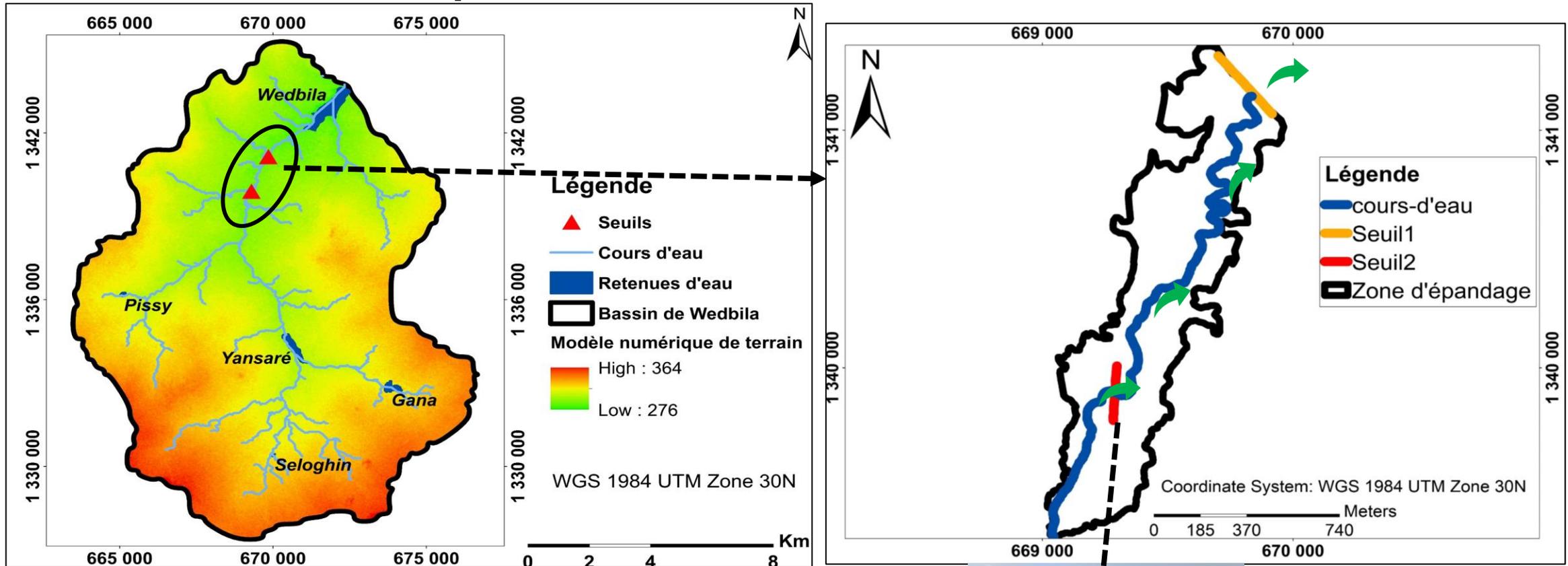
➤ R (moyenne 10 ans): ~84 mm/an

➤ R (moyenne 30 ans): 37 mm/an

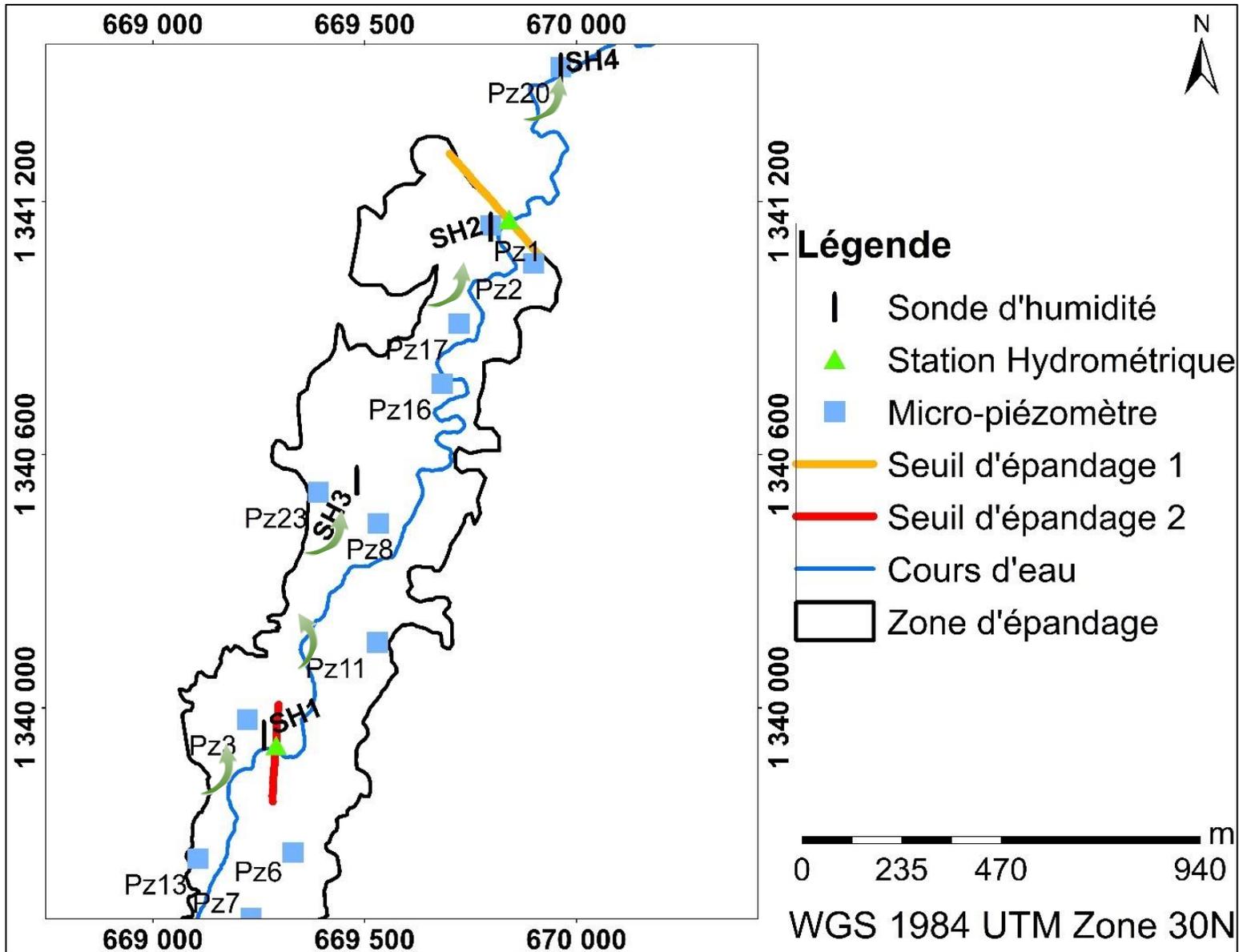
➤ R (2021-2022): ~ 248 mm/an

Focus zone locale (site expérimental des seuils)

Localisation du site expérimental

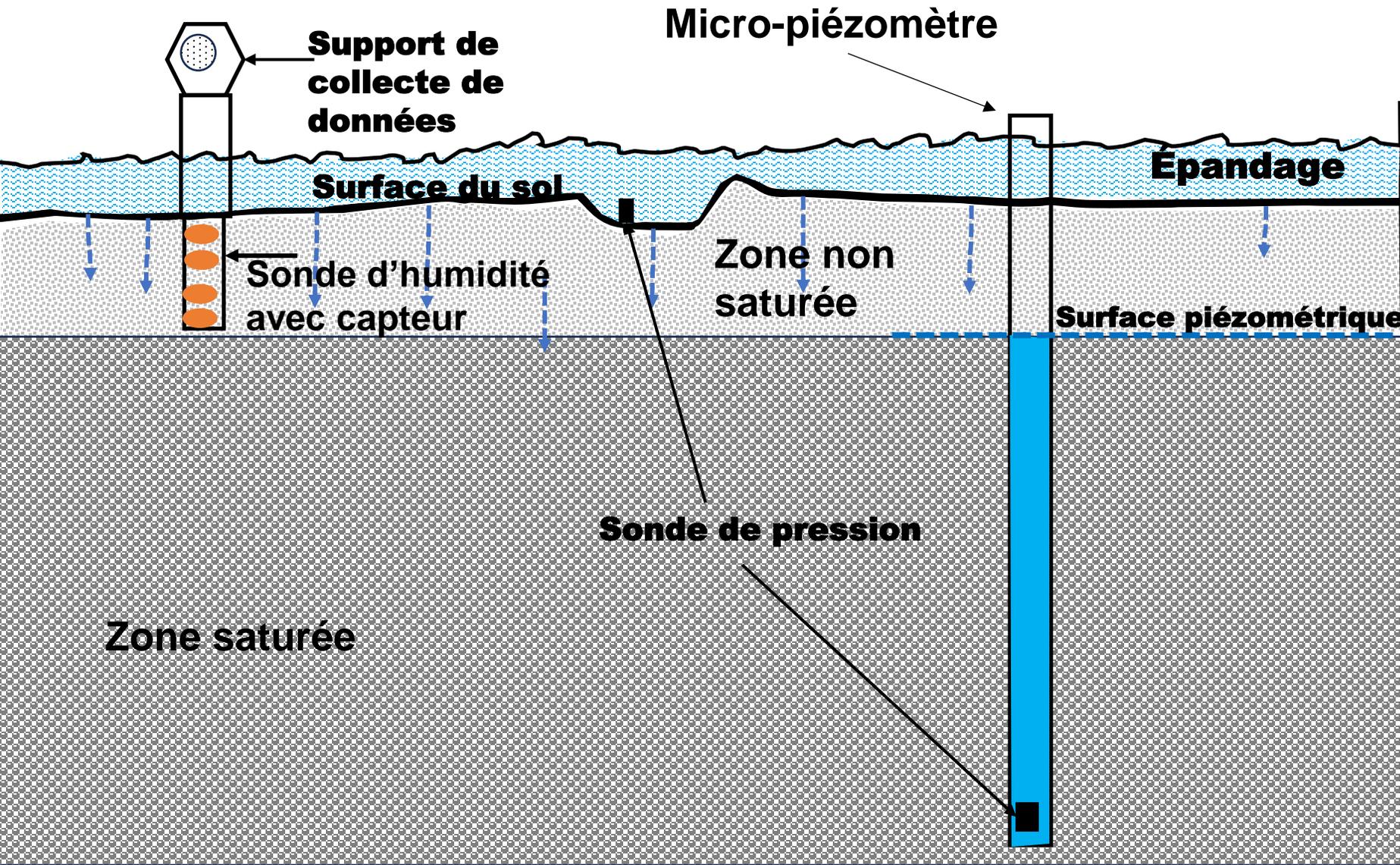


Dispositif expérimental mis en place



- Analyse morpho-pédologique des sols
- Mesure K_s , D_a , HCC, HPF
- Estimation K , S de l'aquifère

Coupe schématique du dispositif



- Suivi de la teneur en eau
- Suivi des niveaux d'eau de surface
- Suivi piézométrique

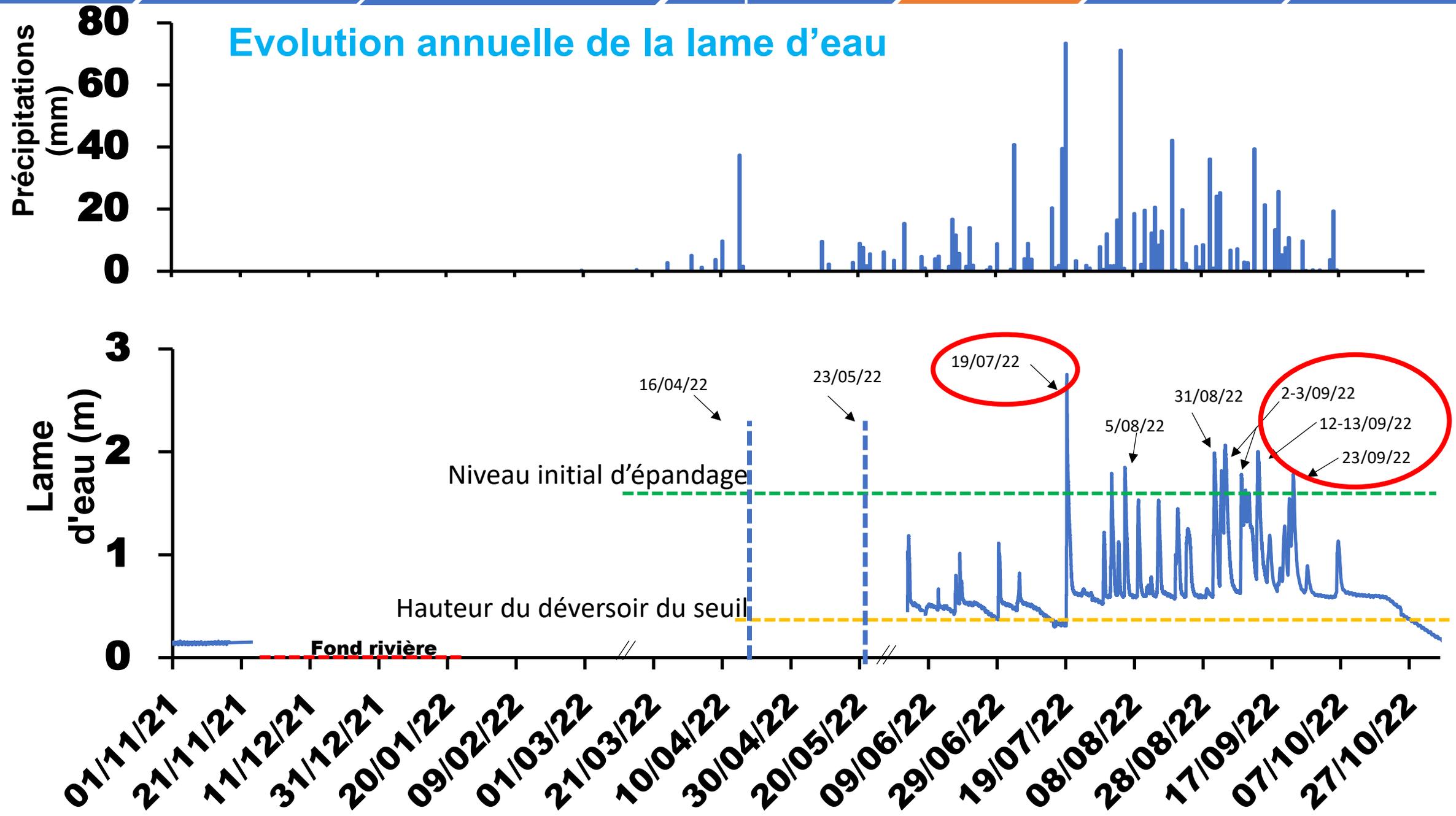
Résultats

- Evolution des paramètres suivis (lame d'eau, teneur en eau, niveau d'eau souterraine)
- Analyse qualitative de l'effet des seuils
- Quantification de l'infiltration et de la recharge induite par les seuils d'épandage (bilan d'eau et modèle)

Résultats

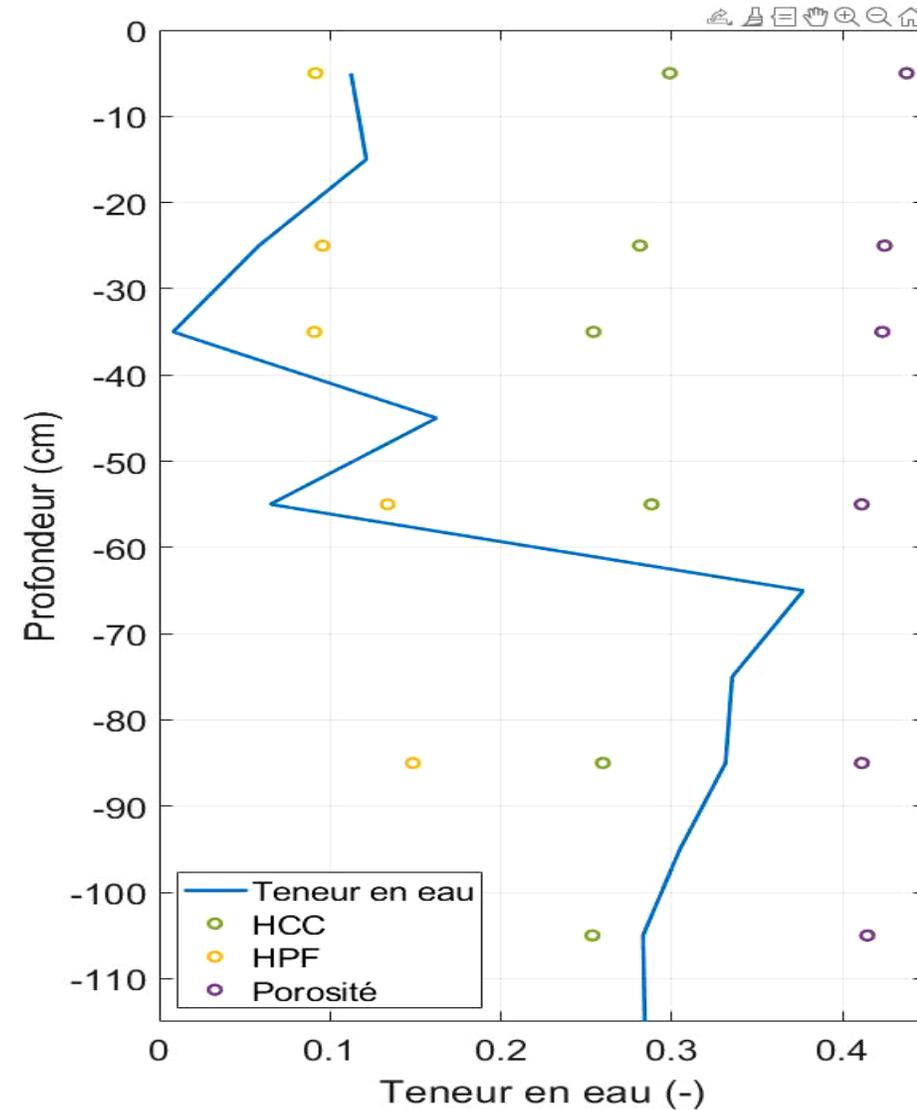
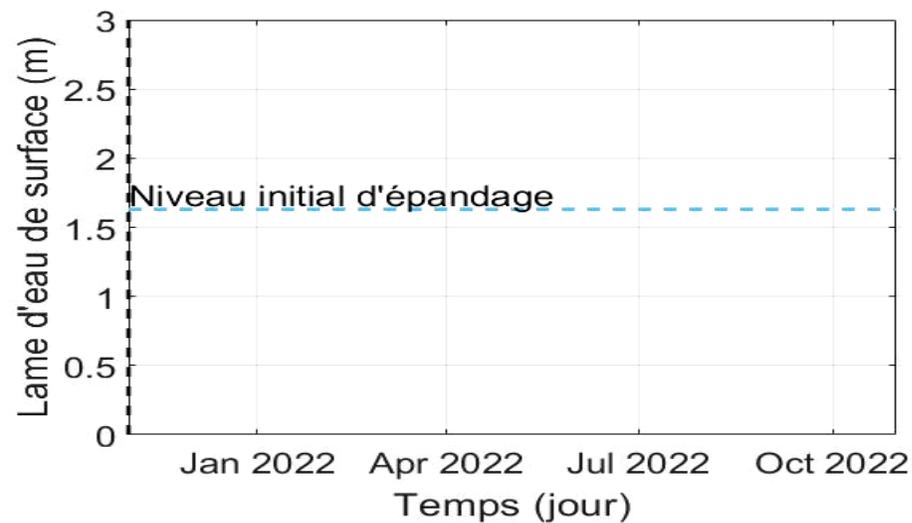
- Evolution des paramètres suivis (lame d'eau, teneur en eau, niveau d'eau souterraine)

Evolution annuelle de la lame d'eau

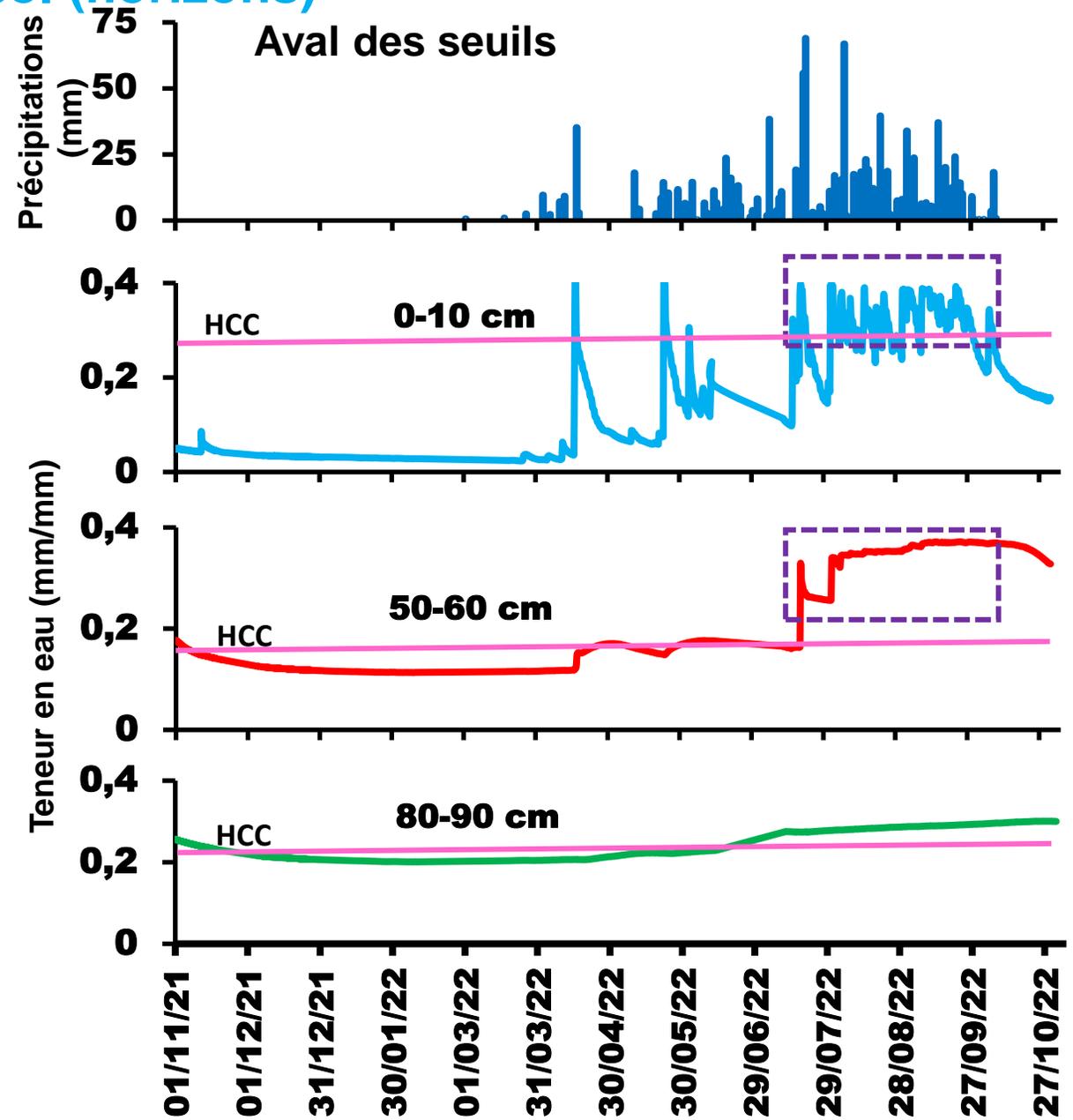
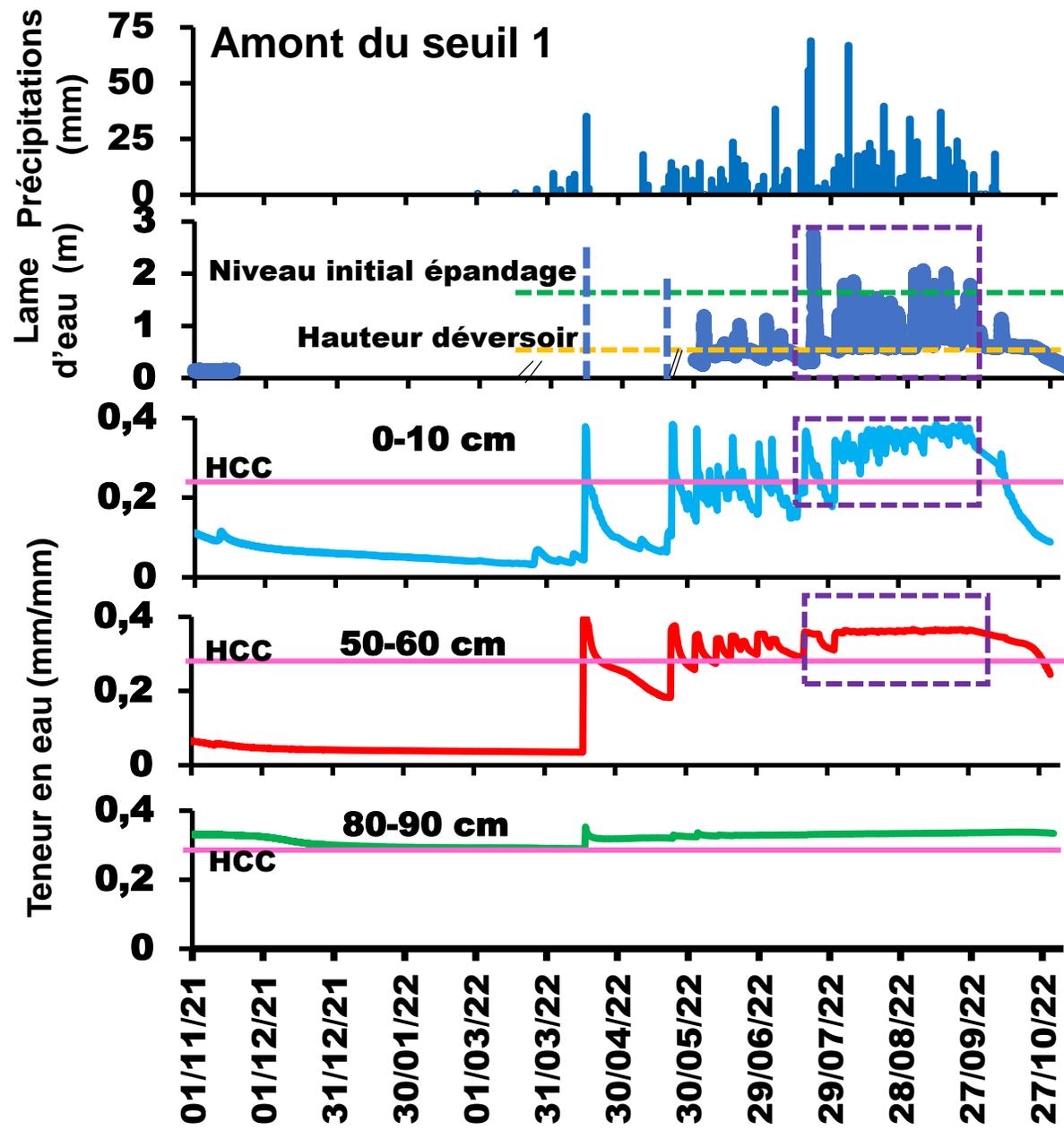


Evolution annuelle de la teneur en eau du sol (profil)

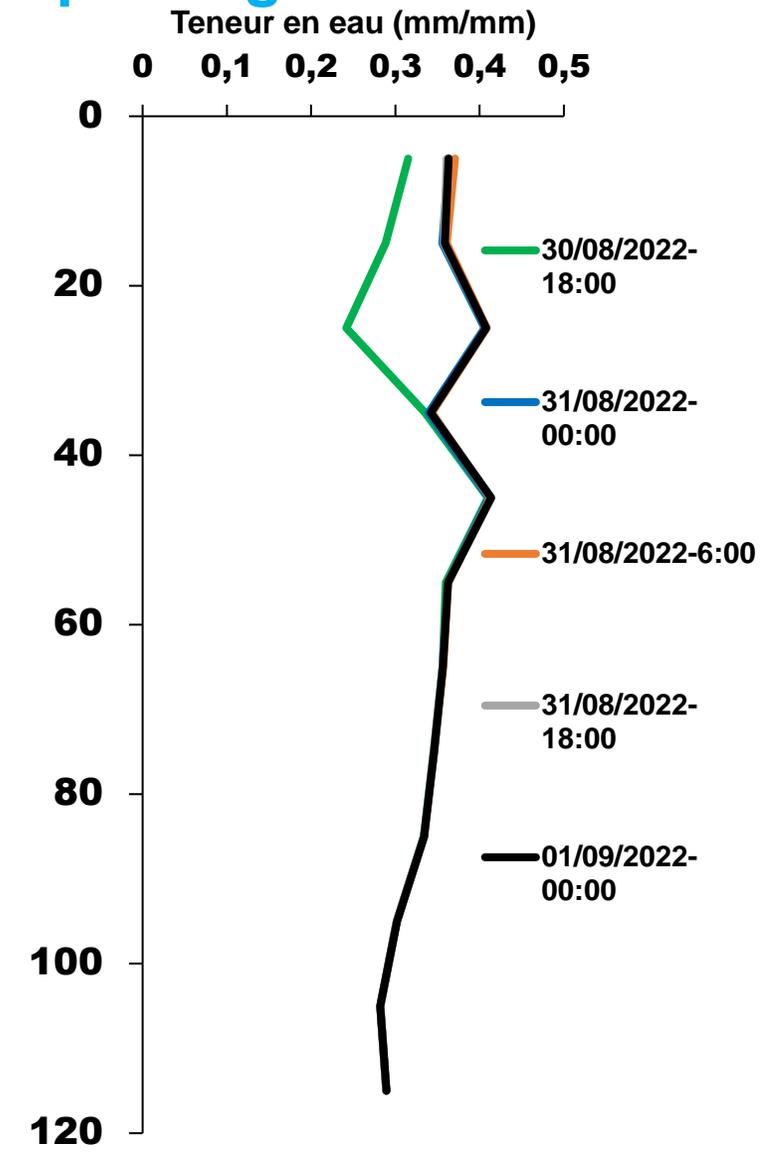
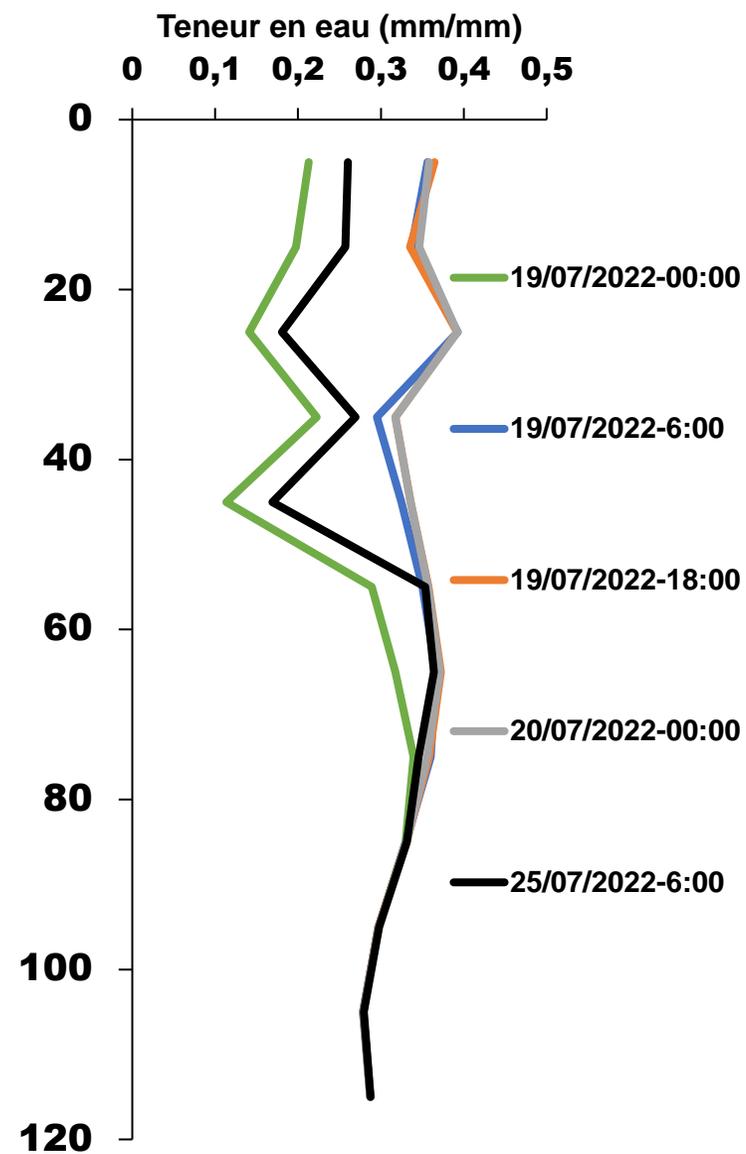
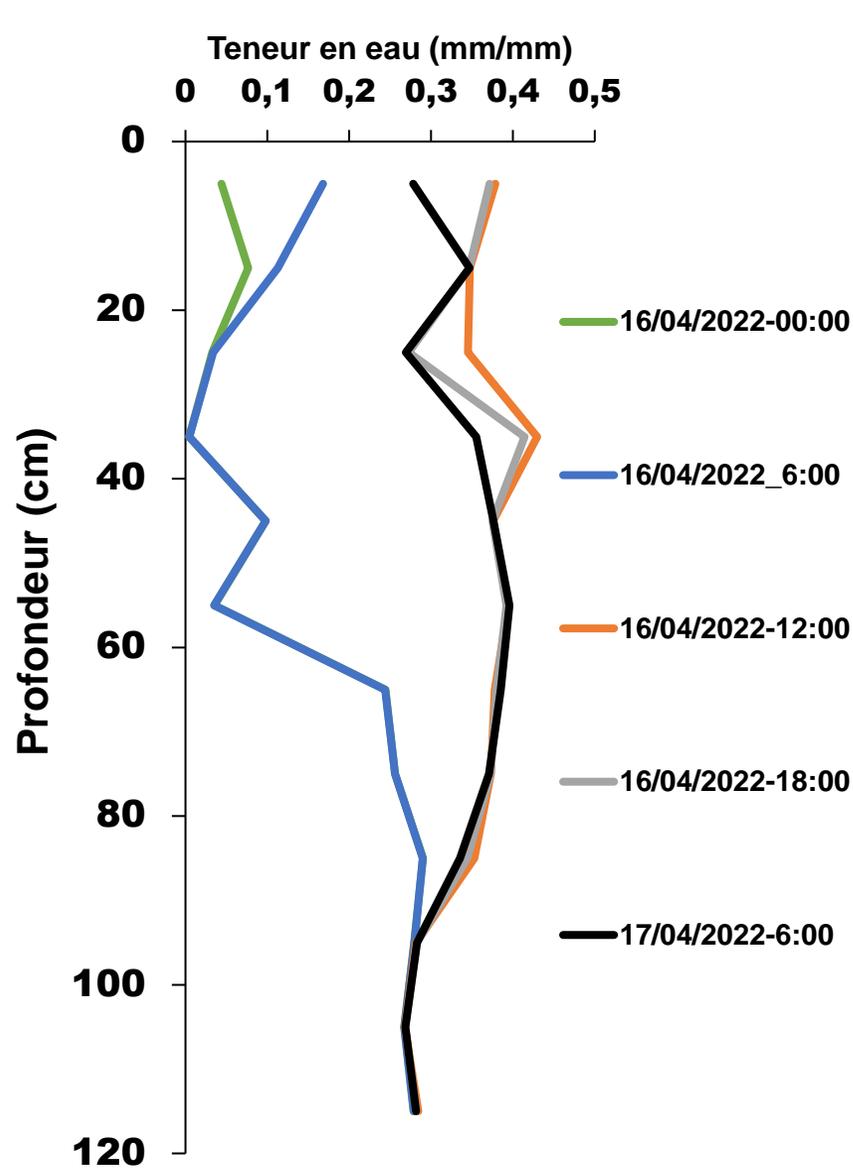
Amont du seuil1



Evolution annuelle de la teneur en eau du sol (horizons)



Evolution de la teneur en eau du sol lors des périodes d'épandage

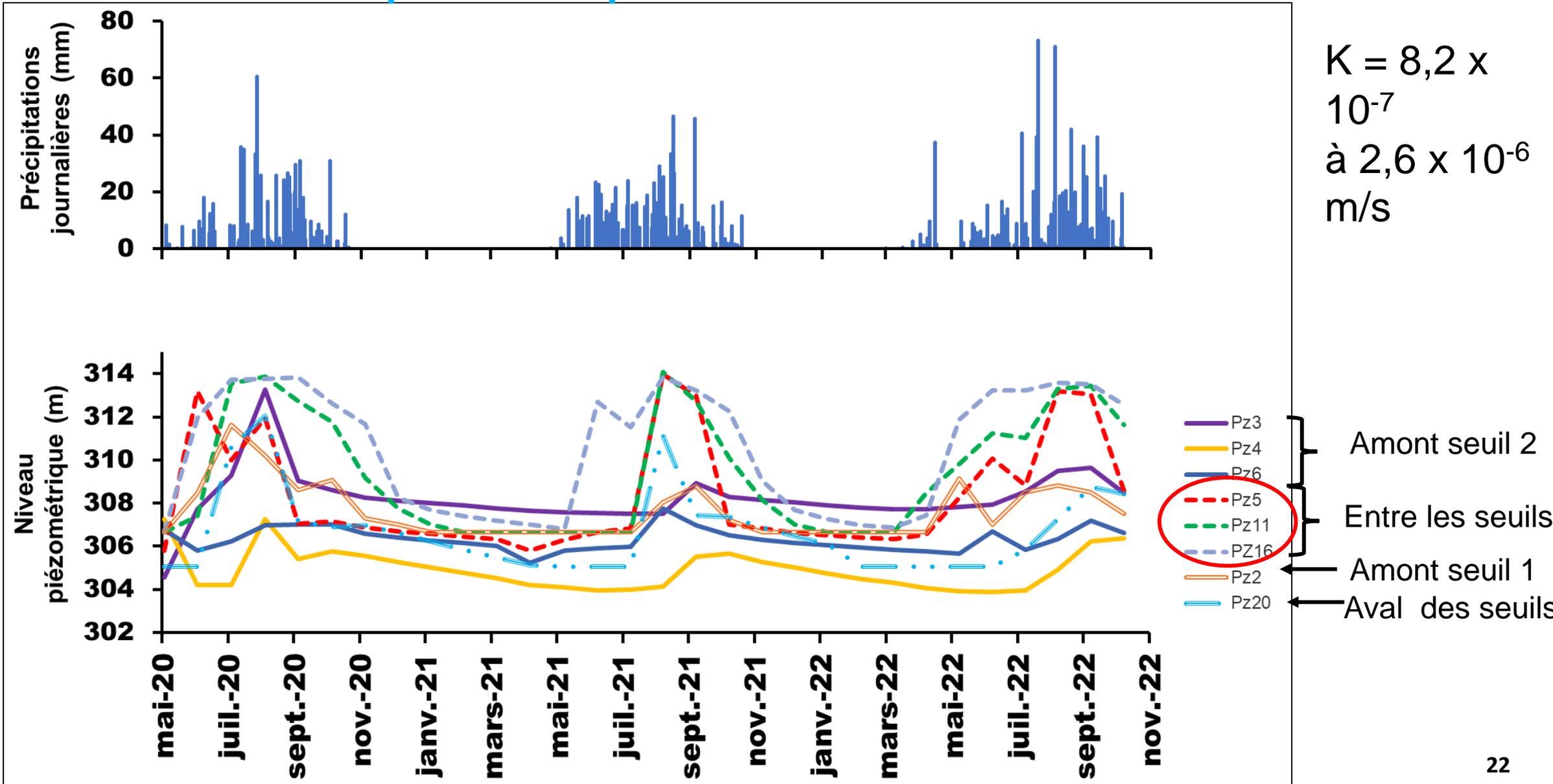


a)

b)

c)

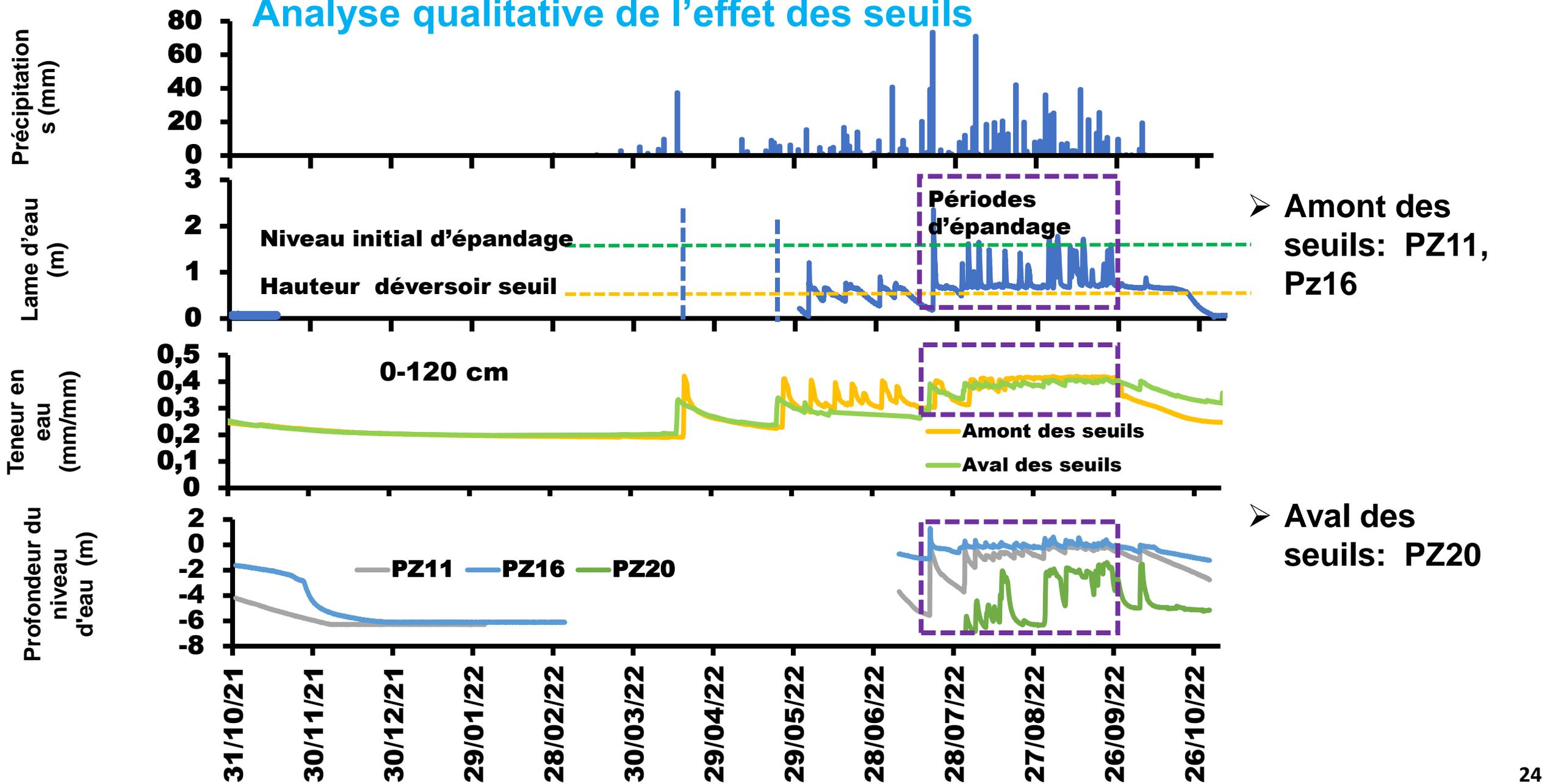
Evolution du niveau piézométrique



Résultats

➤ Analyse qualitative de l'effet des seuils

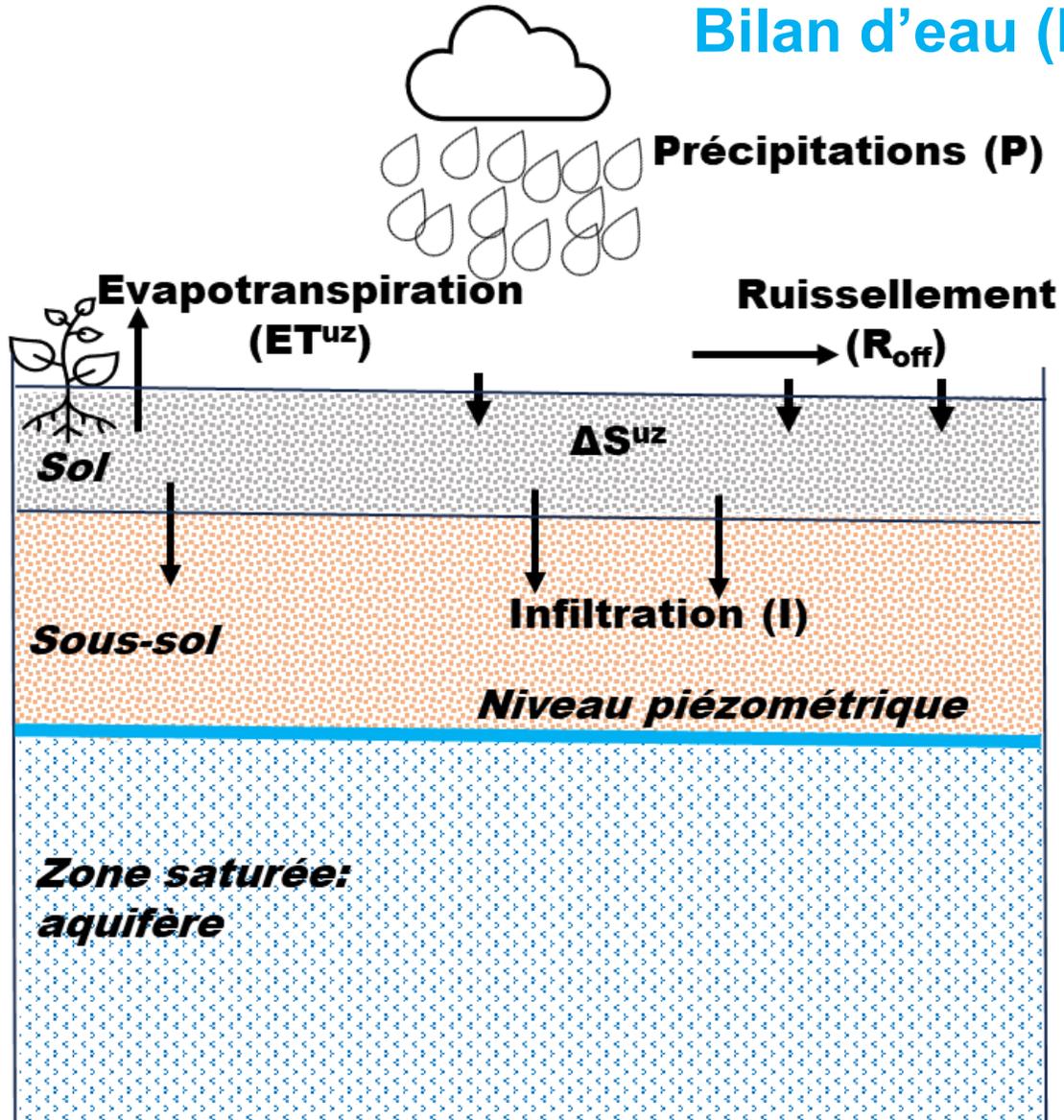
Analyse qualitative de l'effet des seuils



Quantification de l'infiltration et de la recharge induite par les seuils d'épandage

Approche bilan d'eau du sol

Bilan d'eau (Modèle conceptuel)



$$\text{➤ } P = I + ET^{uz} + \Delta S^{uz} + R_{off} \text{ (Healy)}$$

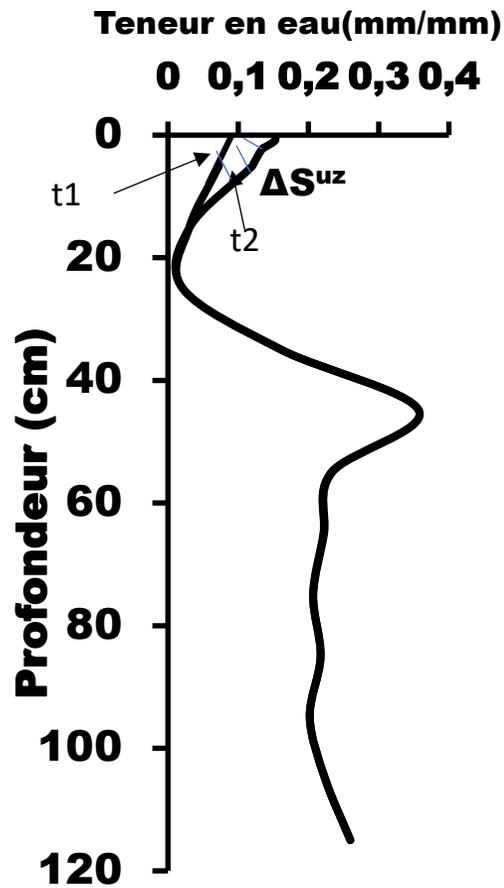
$$\text{➤ } \Delta S^{uz} = (\theta t_n - \theta t_0) \times Z$$

$$\text{➤ } ET^{uz} = ET_0 \text{ ou } \Delta S^{uz}$$

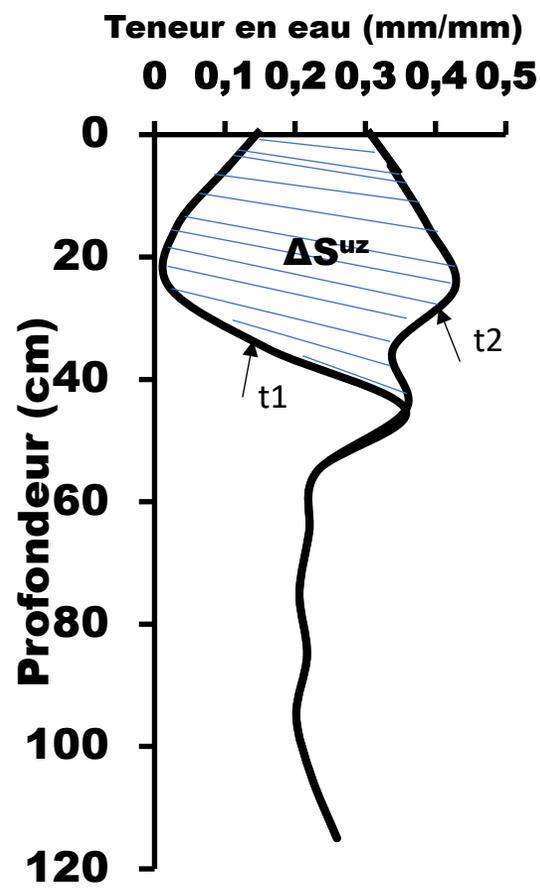
$$\text{➤ } R_{off} = (P - 0.2S)^2 \div (P + 0.8S)$$

$$\text{➤ } S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25.4$$

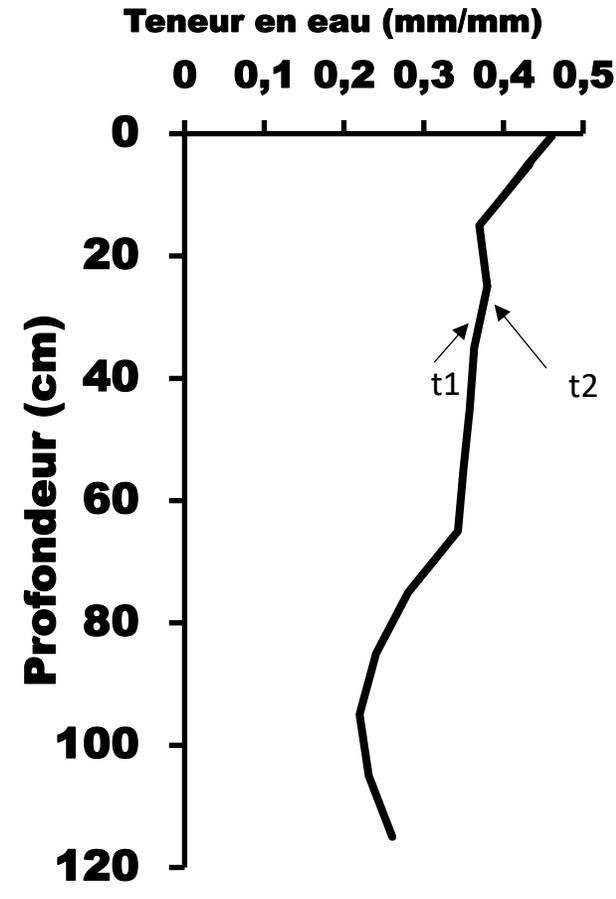
Approche d'estimation de l'infiltration selon l'évènement pluvieux



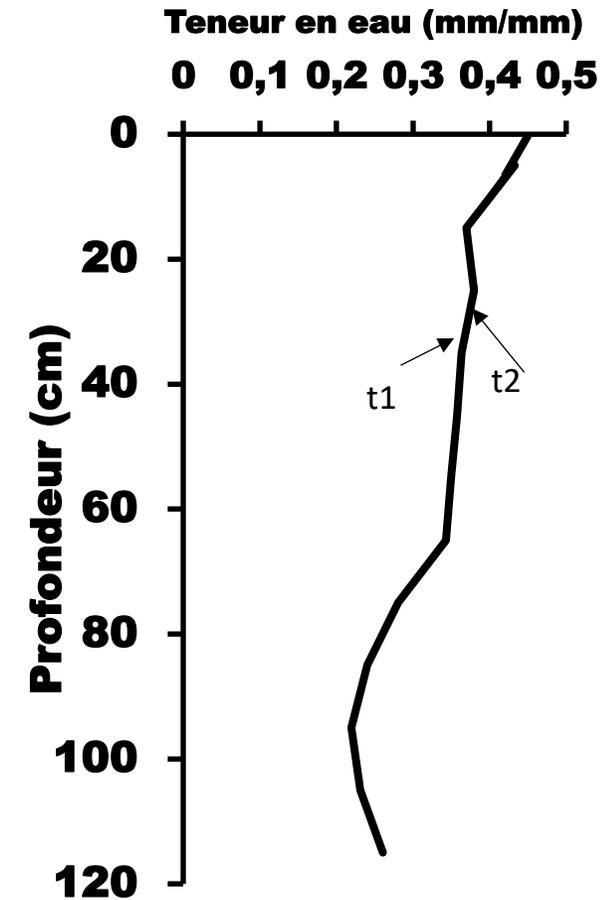
ΔS^{uz} lors d'une pluie



ΔS^{uz} lors d'un épandage



ΔS^{uz} lors d'une pluie



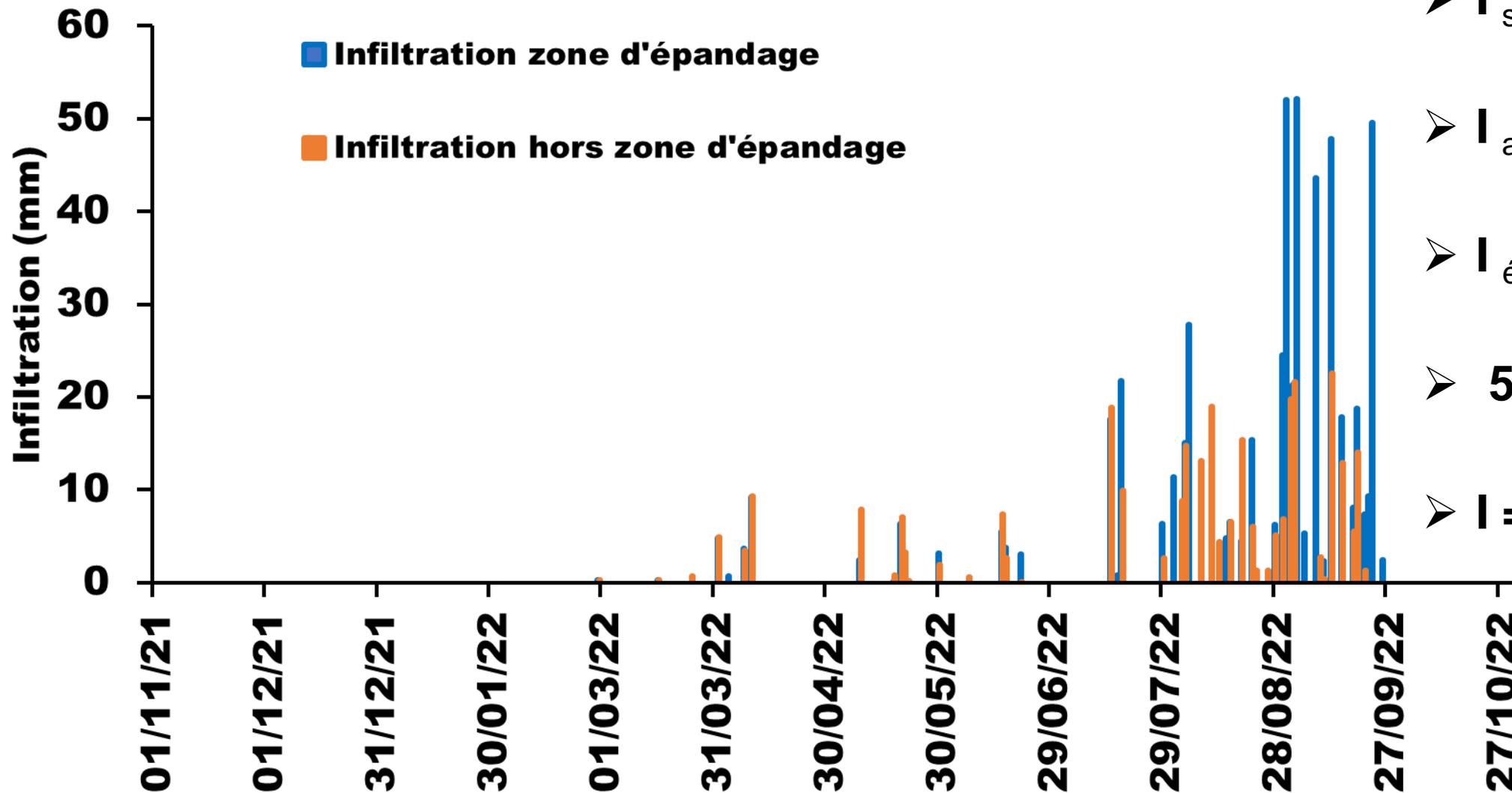
ΔS^{uz} lors d'un épandage

$$I = P - ET^{uz} - \Delta S^{uz} - R_{off} \quad I = H_{max} - ET^{uz} - \Delta S^{uz} - R_{off}$$

$$I = P - ET^{uz} - R_{off}$$

$$I = H_{max} - ET^{uz} - R_{off}$$

Infiltration journalière estimée



➤ $I_{\text{seuils}} = 568 \text{ mm/an}$

➤ $I_{\text{aval}} = 286 \text{ mm/an}$

➤ $I_{\text{épandage}} = 327 \text{ mm}$

➤ $57\% I_{\text{seuils}}$

➤ $I = R \text{ potentielle}$

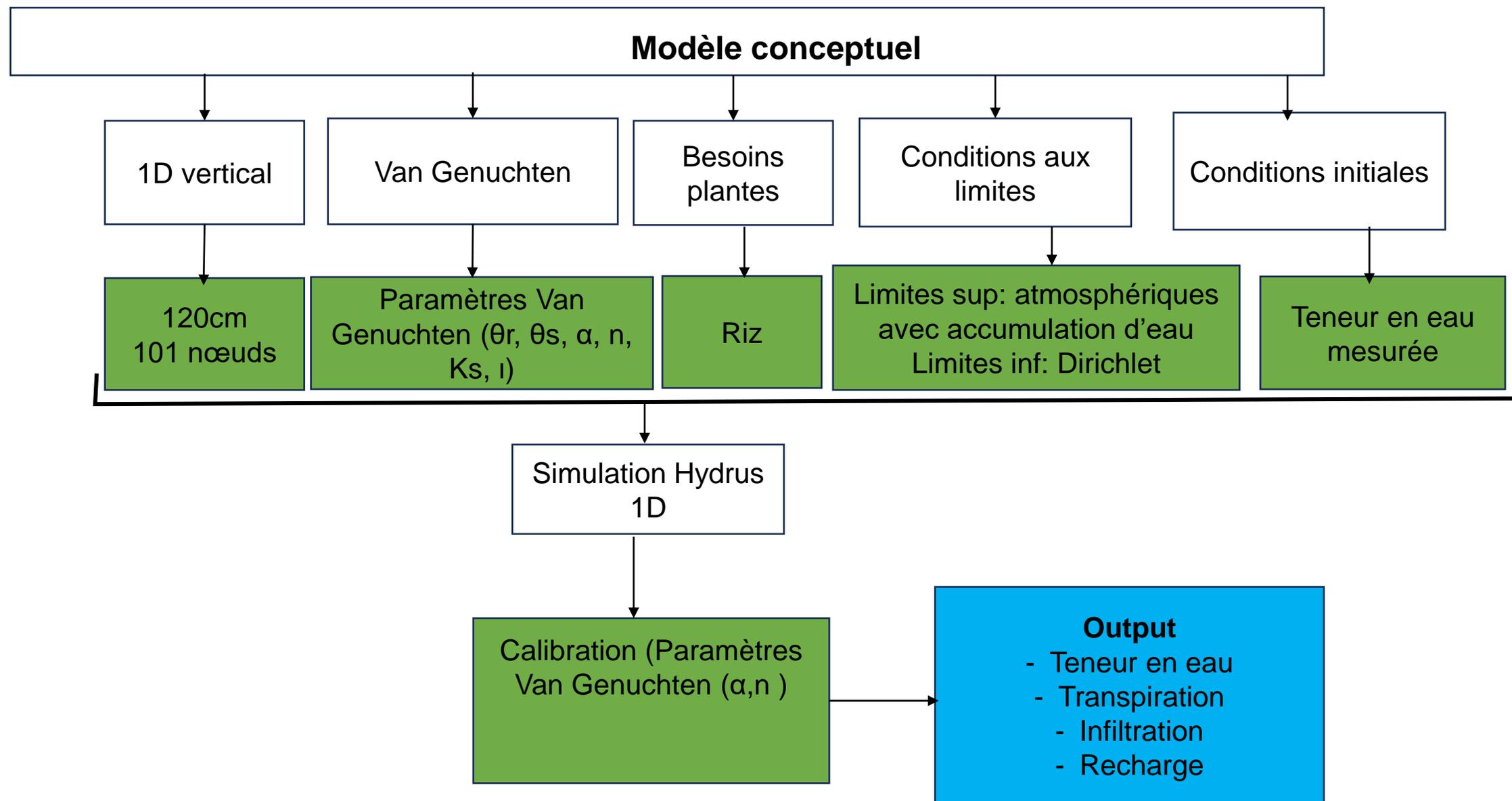
Estimation de l'infiltration et de la recharge induite par les seuils d'épandage

Approche modélisation des transferts hydriques

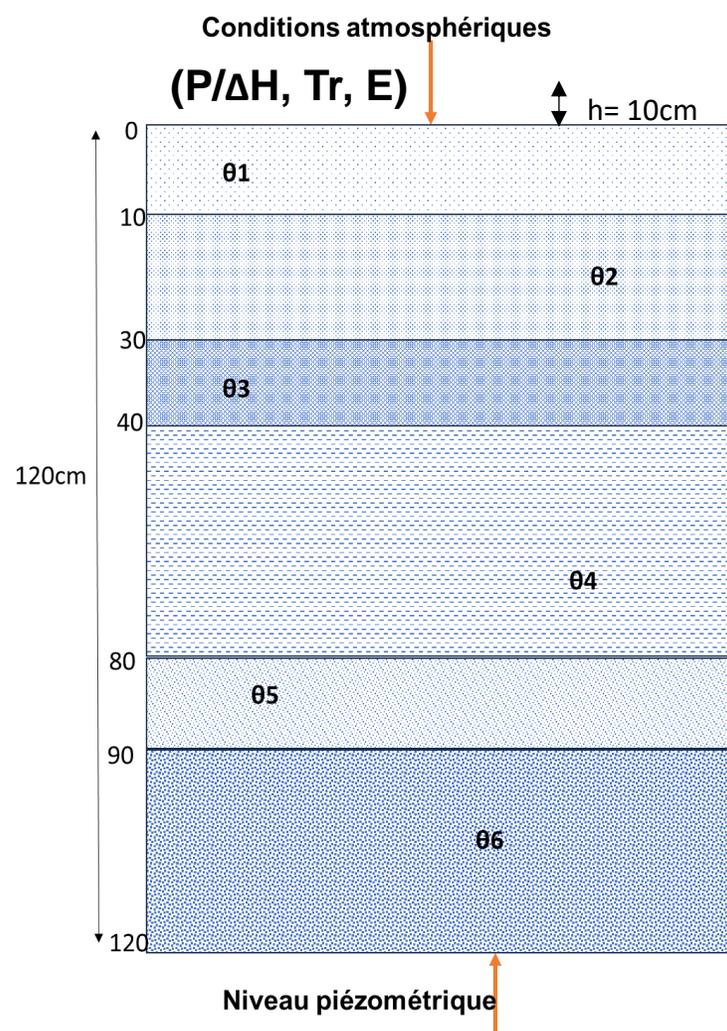
Objectifs de la modélisation

- Affiner les résultats du bilan
- Estimer la part contributive des seuils à la recharge
- Estimer l'effet instantané de l'épandage sur la recharge

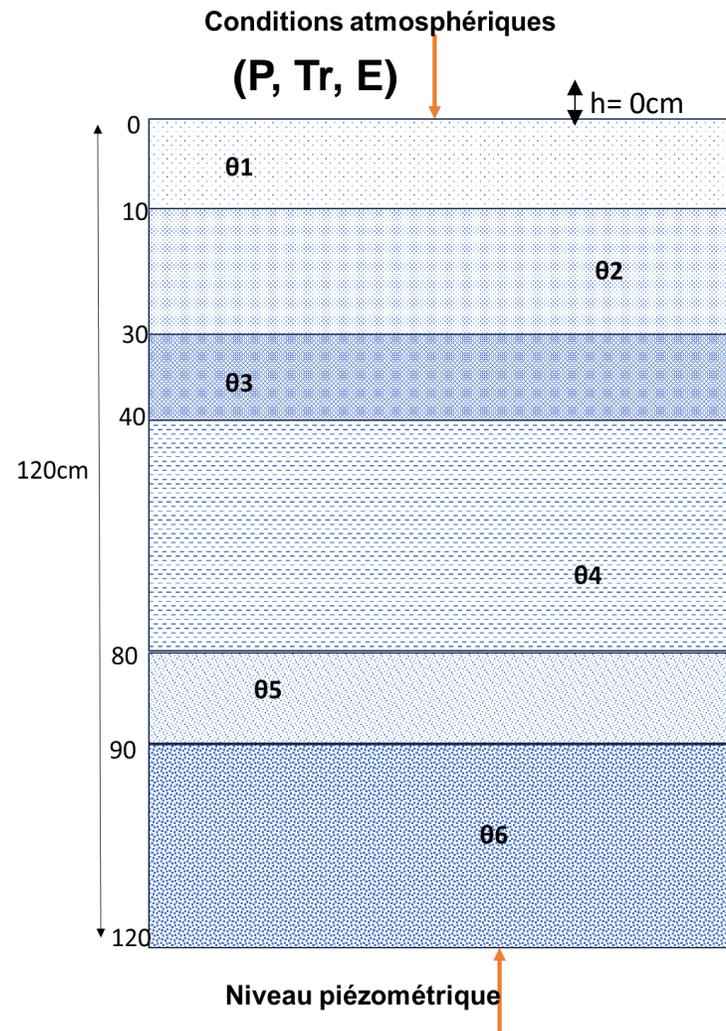
Approche de modélisation



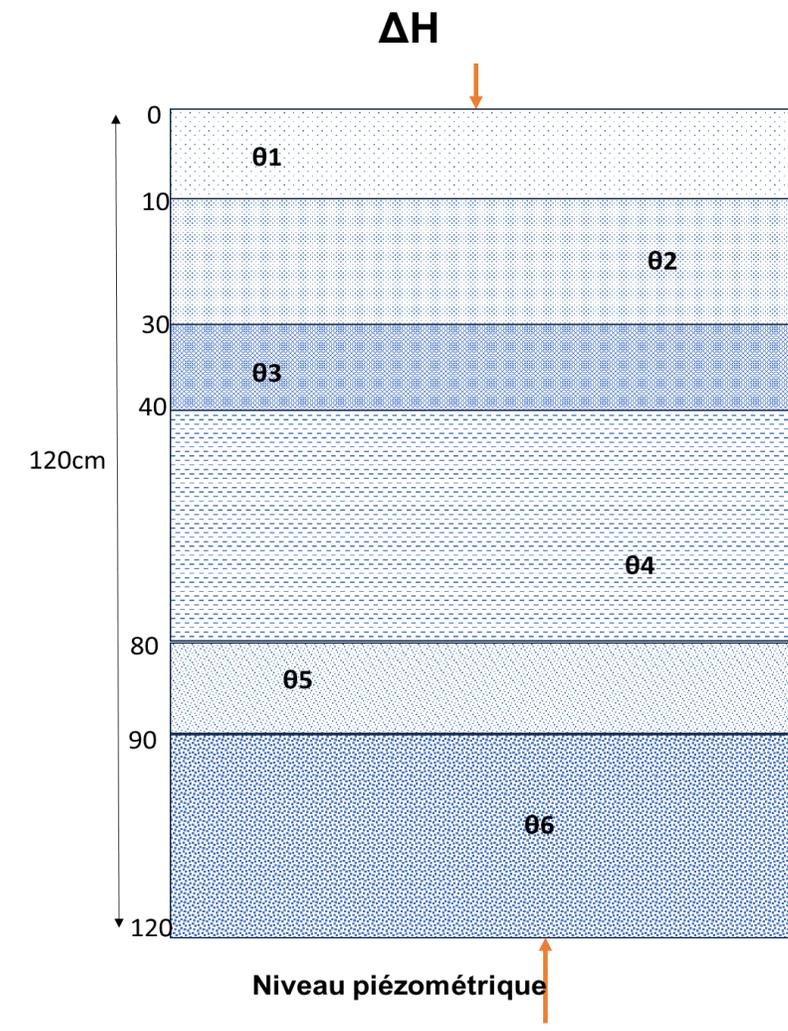
Scénarii d'estimation de la recharge



Scénario avec seuils:
1/11/2021 - 31/10/2022

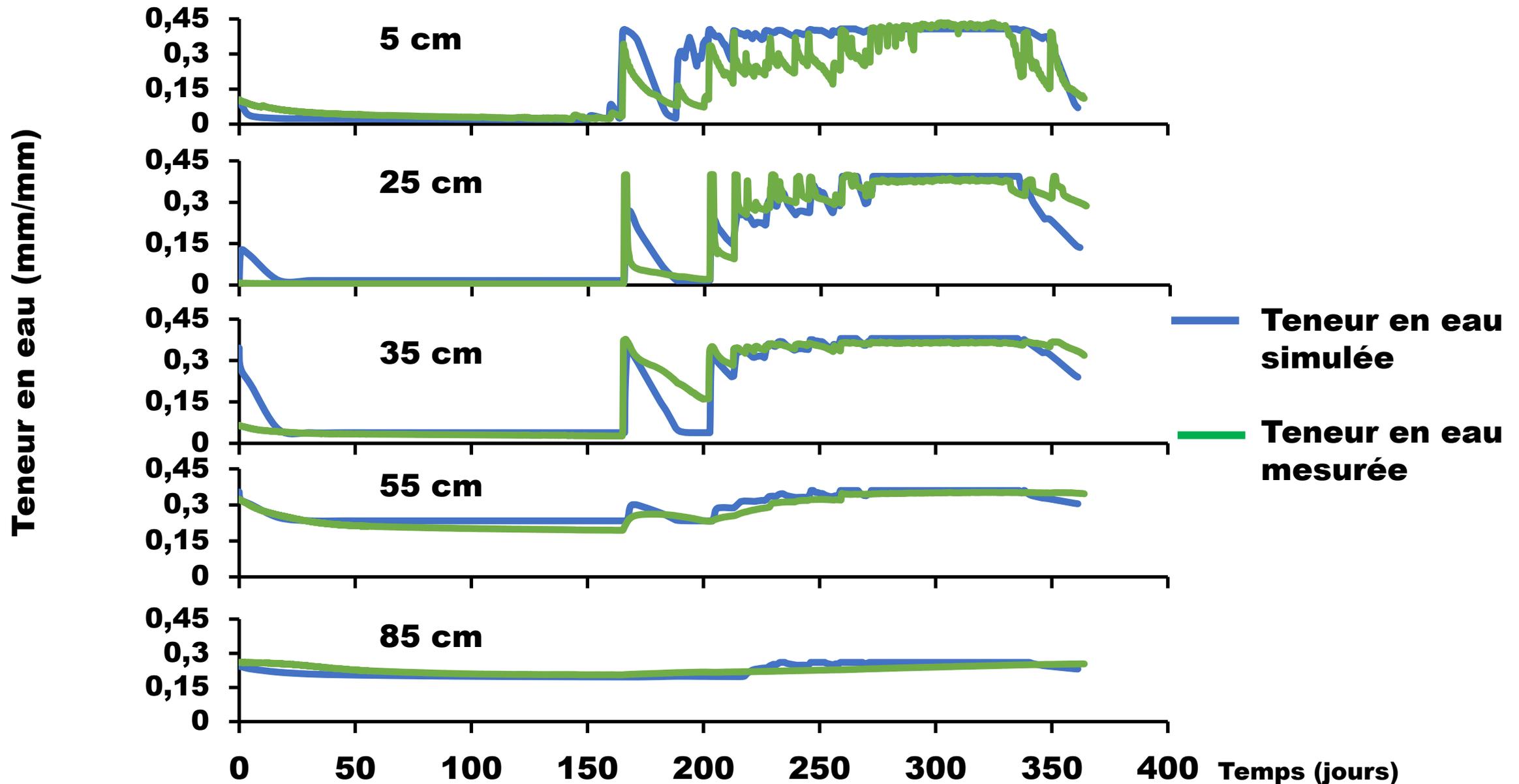


Scénario sans seuils:
1/11/2021 - 31/10/2022

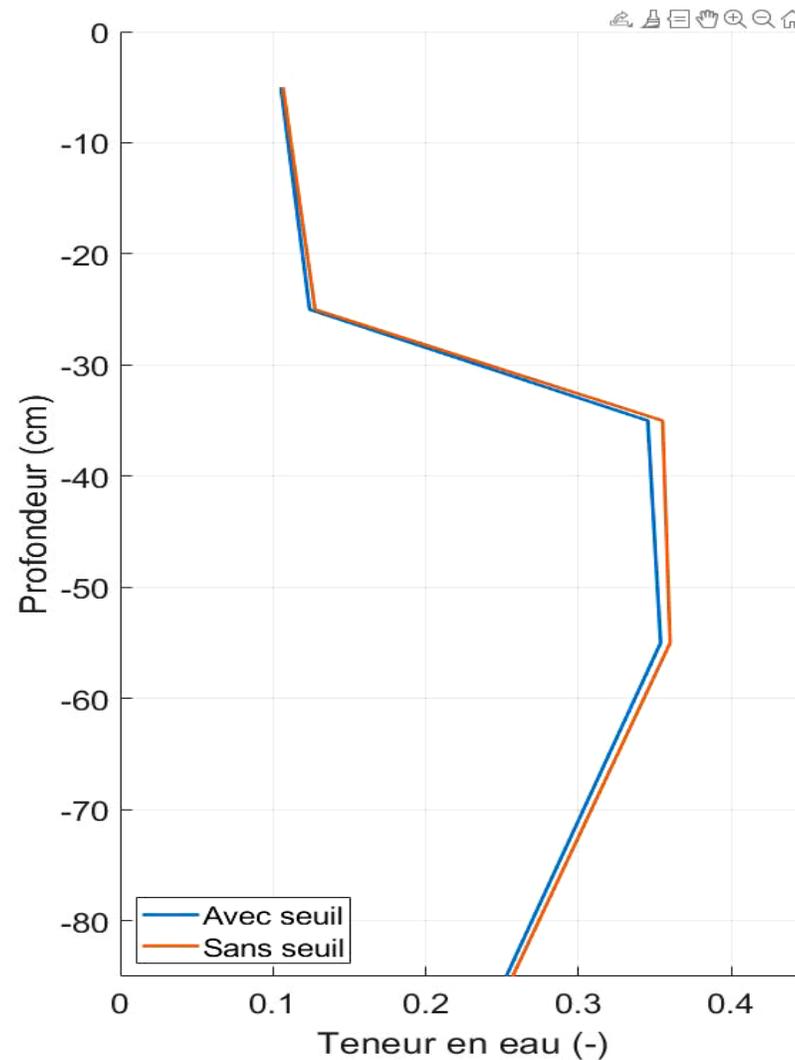
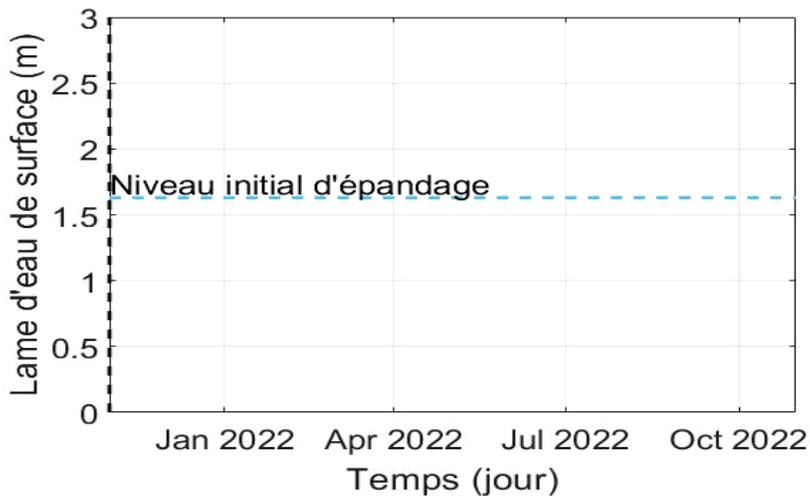
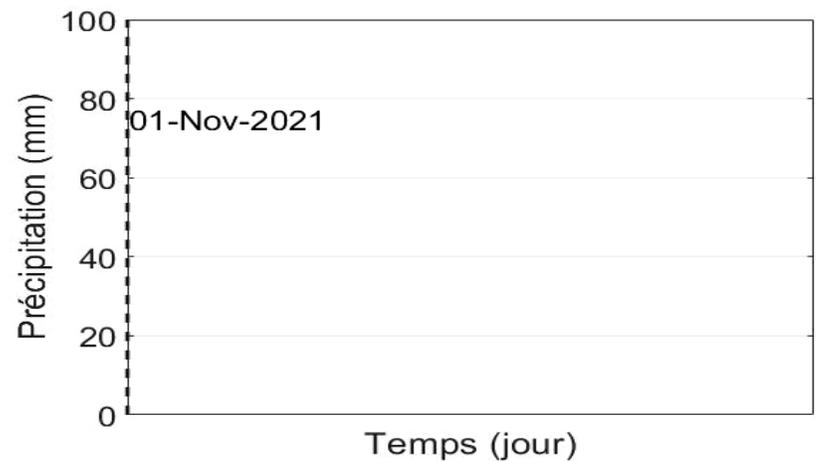


Scénario épandage:
1 h avant à 2h après épandage

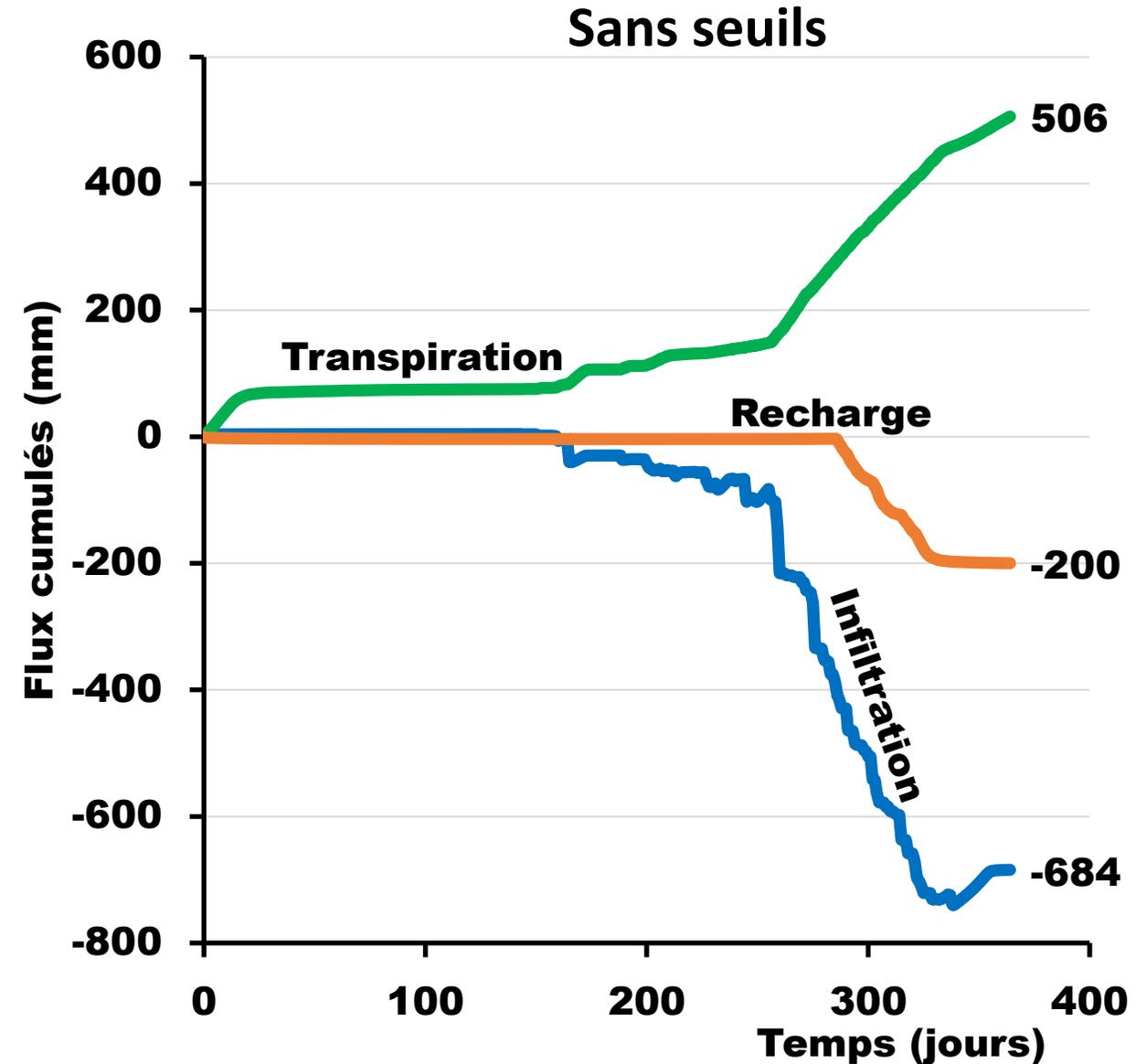
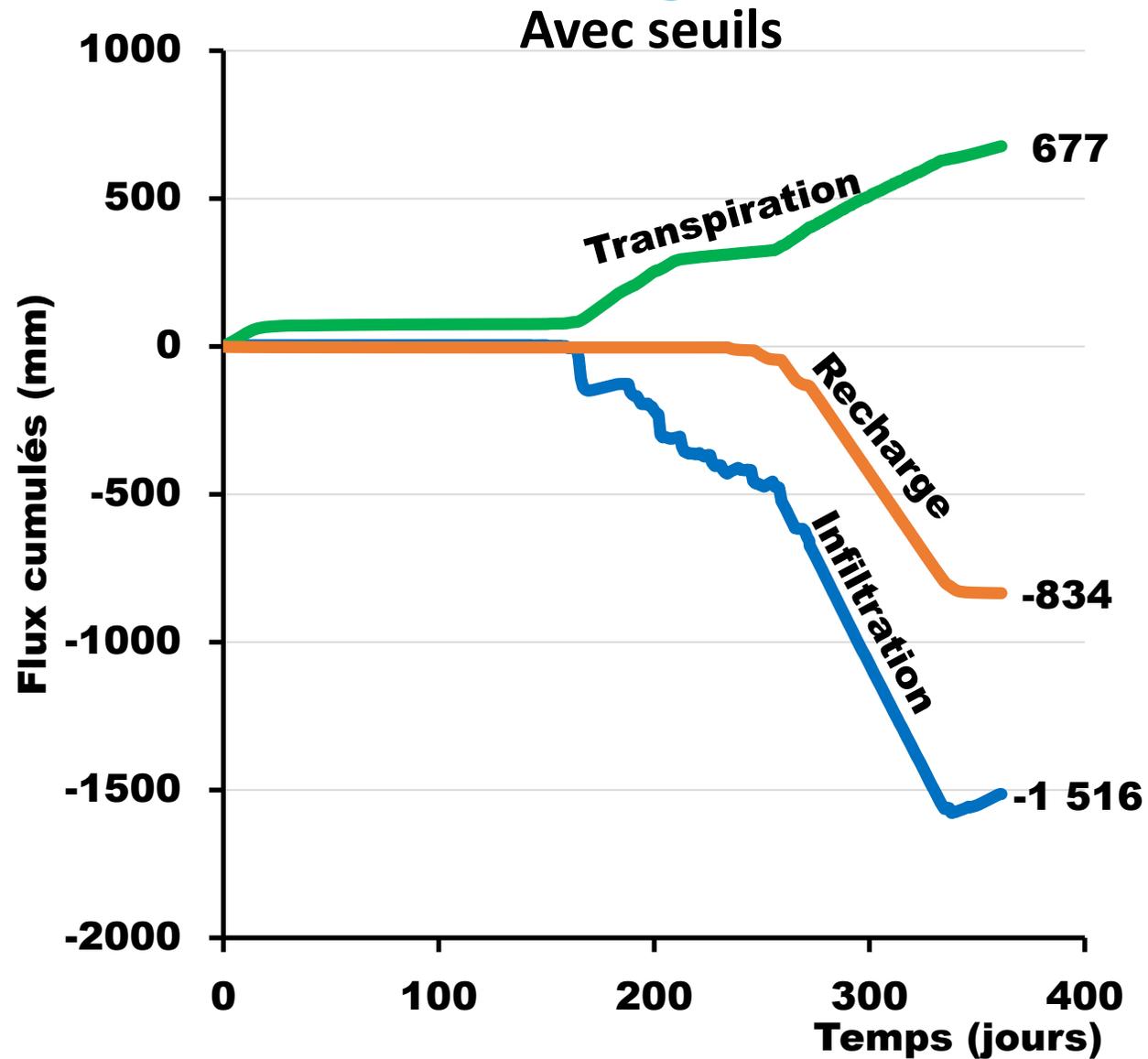
Teneurs en eau simulées versus teneurs en eau mesurées: scénario avec seuils



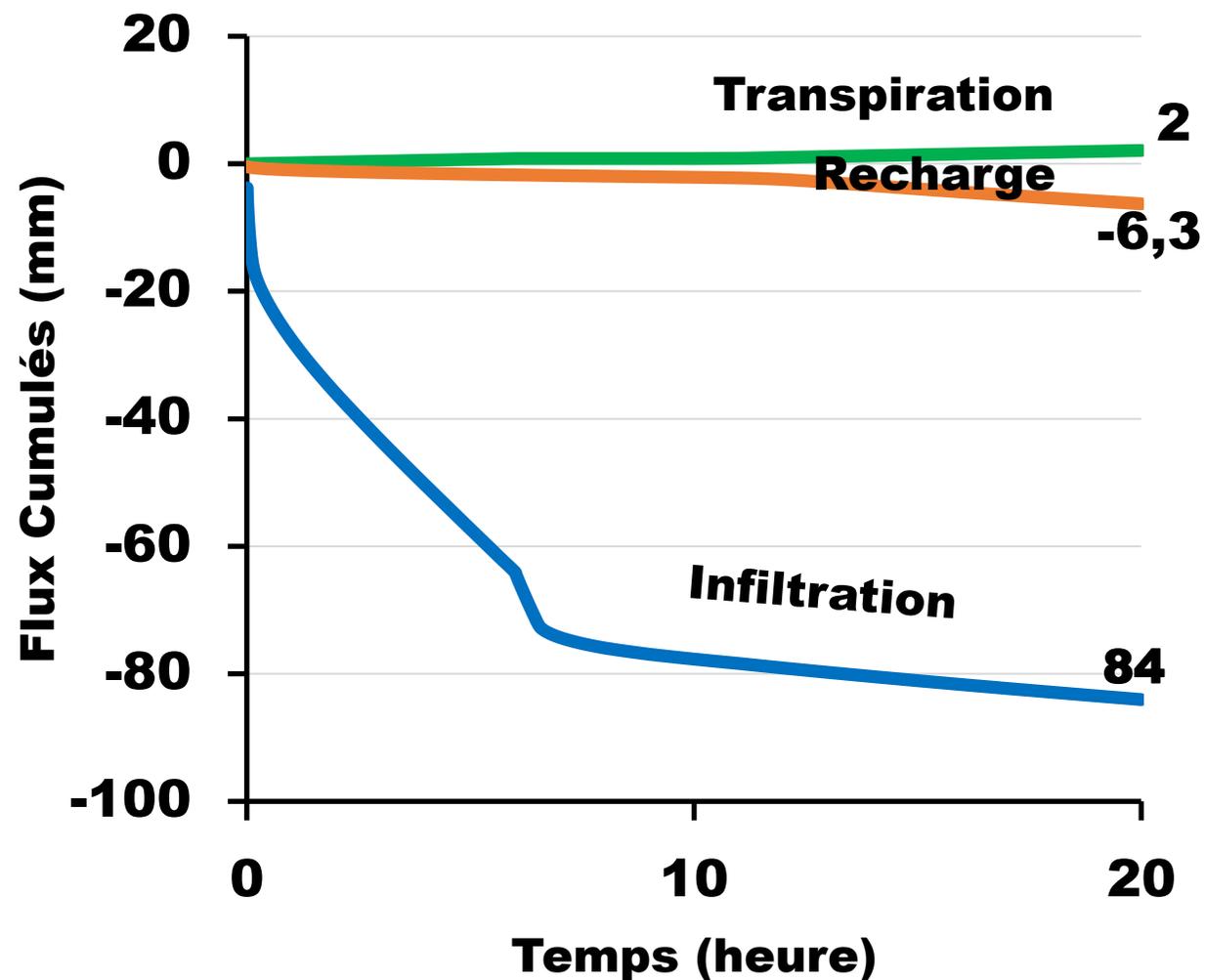
Teneurs en eau simulées seuils versus sans seuils



Estimation de la recharge annuelle



Estimation de la recharge en période d'épandage



Flux cumulés (19-07-2022)

Date d'épandage	Temps d'épandage	Infiltration (mm)	Transpiration (mm)	Recharge (mm)
19/07/2022	15h40mn	84	2	6,3
01/08/2022	9h	35	1,9	4,3
05/08/2022	10h20mn	33	1,9	4,6
31/08/2022	17h	30	2,6	8,9
02/09/2022	7h05mn	48	5,9	23,6
03/09/2022	20h			
08/09/2022	6h	24,5	1,8	3
12-13/09/2022	21h	32,5	3	12,5
22-23/09/2022	14h	23,4	1,9	6
Total		310,4	21	69,2

Contribution des seuils d'épandage à la recharge des eaux souterraines

Effet des seuils sur les réserves d'eau souterraine

Scénario	Recharge en mm		Recharge en Volume d'eau (m ³)	
	Bilan d'eau	modèle	Bilan d'eau	modèle
Seuils	568	834	454 400	667 200
Sans seuils	286	200	228 800	160 000
Périodes d'épandage	327	69	261 600	55 200

Impact local des seuils: augmentation des réserves souterraines 2 à 4 fois

Conclusions

Effet des seuils

- Épandage sur une plus grande superficie avec lame d'eau max de +1m
- Bonne infiltration et saturation en eau du sol en période d'épandage
- Remontée du niveau d'eau souterraine avec 1 m de plus en présence des seuils
- Recharge avec seuils nettement supérieure à la recharge sans seuils avec augmentation des réserves locales 2 à 4 fois
- Impact positif des seuils sur l'infiltration et la recharge

Conclusions

Implications/contributions

- Contribue à sécuriser les besoins en eau pour différents usages notamment l'agriculture
- Contribue à une gestion durable de la ressource en eau (PNGIRE, ODD)
- Améliore la productivité agricole et contribue à assurer la sécurité alimentaire
- Contribue à atténuer les effets du changement climatique
- Contribue à compléter les informations sur le fonctionnement des seuils

Conclusions

Mise à l'échelle

- Technique complémentaire de gestion durable des ressources en eau en régions semi-arides
- Alternative aux retenues d'eau lorsque les moyens sont limités
- Technique d'épandage modéré pour les petits bassins versants
- Technique de recharge artificielle des eaux souterraines

Recommandations et Perspectives

- Réaliser un suivi long terme et de manière plus rapprochée des niveaux d'eau pour cerner l'effet à long terme
- Évaluer l'exploitabilité des réserves quantifiées (forages et puits)
- Tester un modèle 2D pour estimer l'infiltration ou la recharge latérale
- Évaluer l'effet sur l'aquifère de fissure
- Elaborer une stratégie de gestion adaptative des seuils d'épandage
- Autres méthodes d'évaluation de la recharge à envisager

Merci pour votre attention !!!!

