

# Quelles clés pour l'eau demain? Contribution de l'agriculture à la résilience hydrologique

Aurore Degré, Cebedeau, 9 mai 2025

## Profoundly changing water cycle

The assessment, published in the journal [Nature Reviews Earth & Environment](#), is based on evidence of widespread changes in soil moisture relative to mid-Holocene and pre-industrial conditions and green-water driven destabilization of ecological, atmospheric, and biogeochemical processes.

*“ Water is the bloodstream of the biosphere. But we are profoundly changing the water cycle. This is now affecting the health of the entire planet. ”*

Lan Wang-Erlandsson, lead author

Un cycle de l'eau qui s'intensifie,  
Une variabilité qui atteint des seuils inédits

... Sous le double effet de **l'anthropisation du territoire** et de **l'évolution climatique**

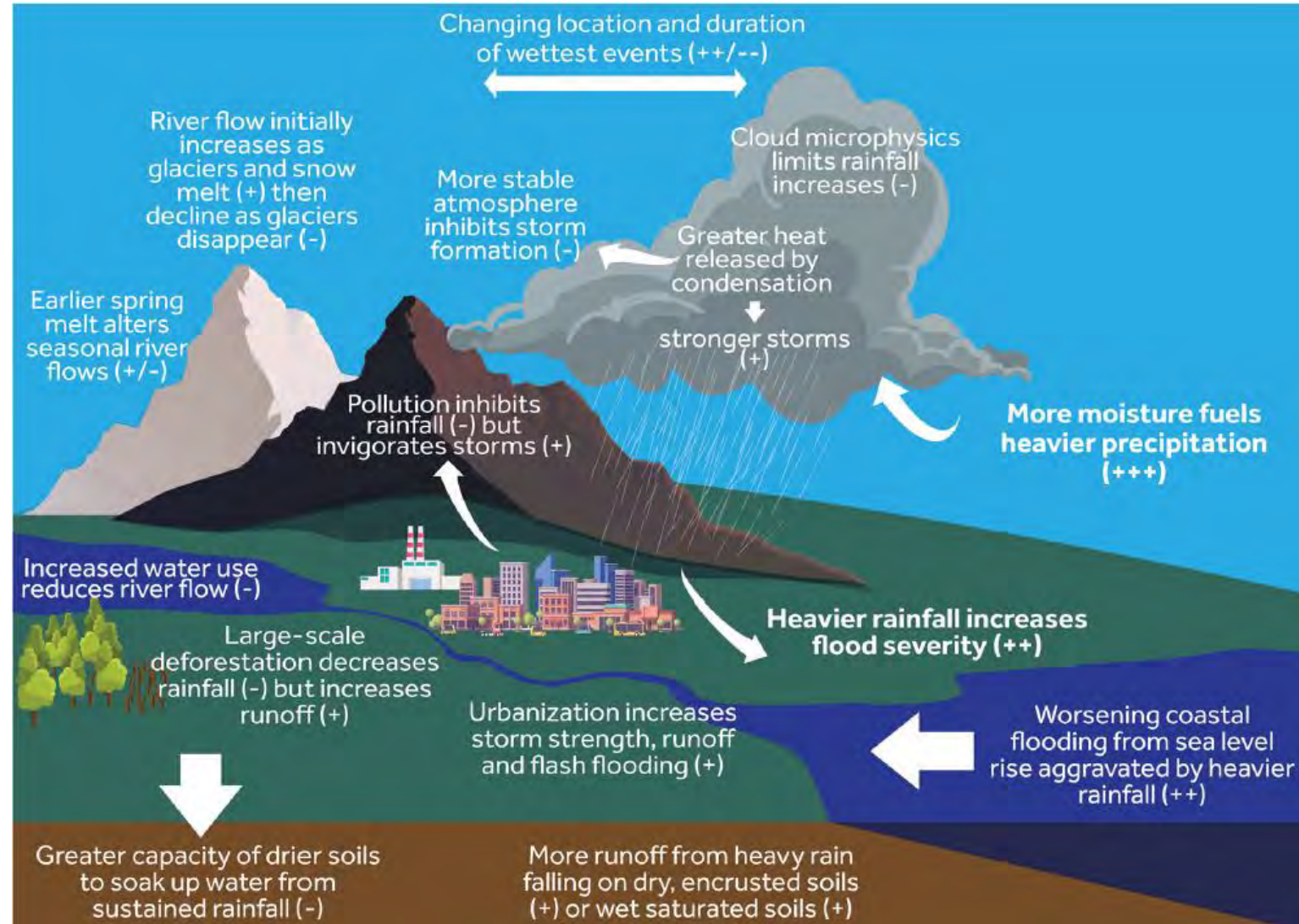


9 boundaries assessed,  
6 crossed



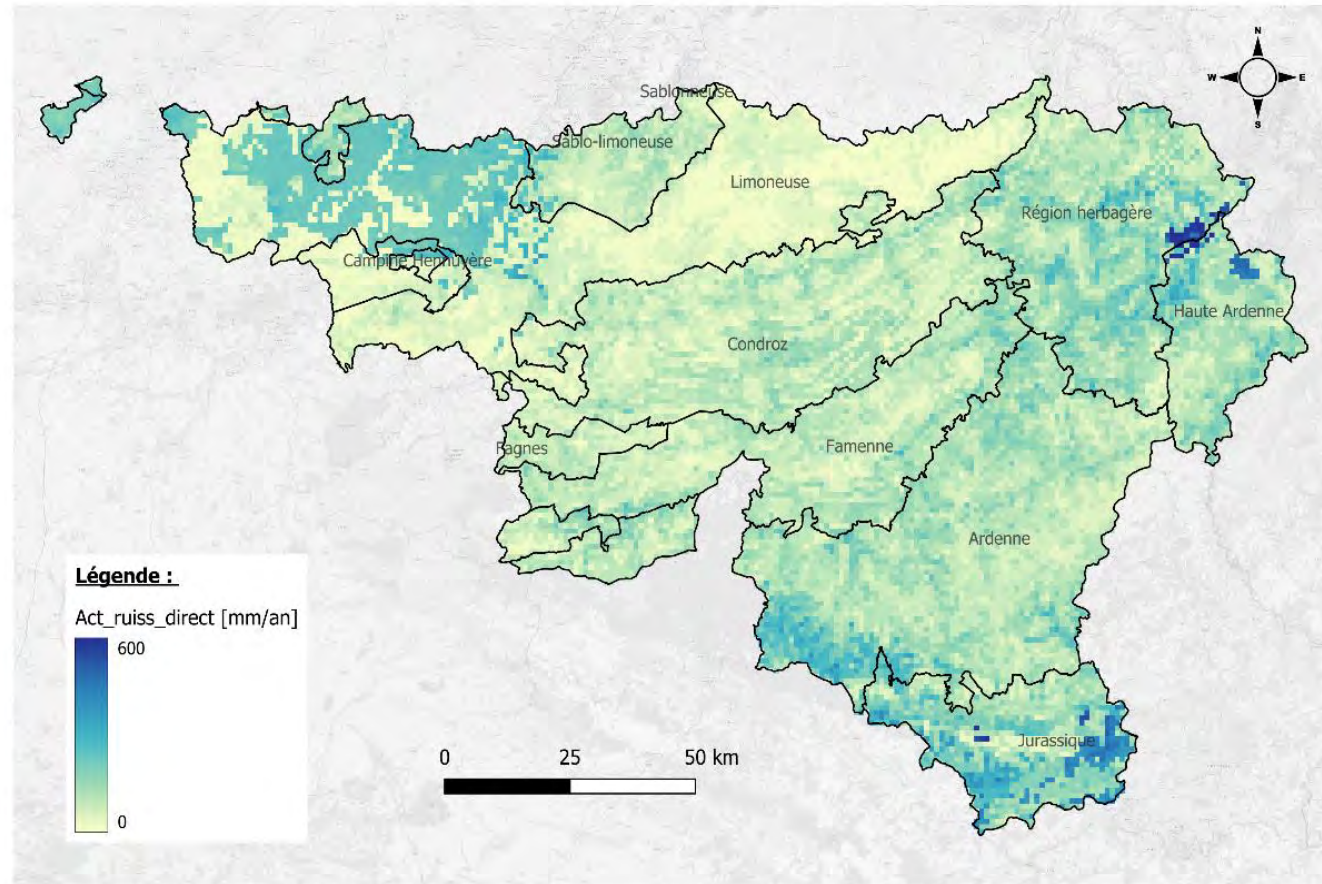


# Evolution du cycle hydrologique dans un contexte de changement climatique





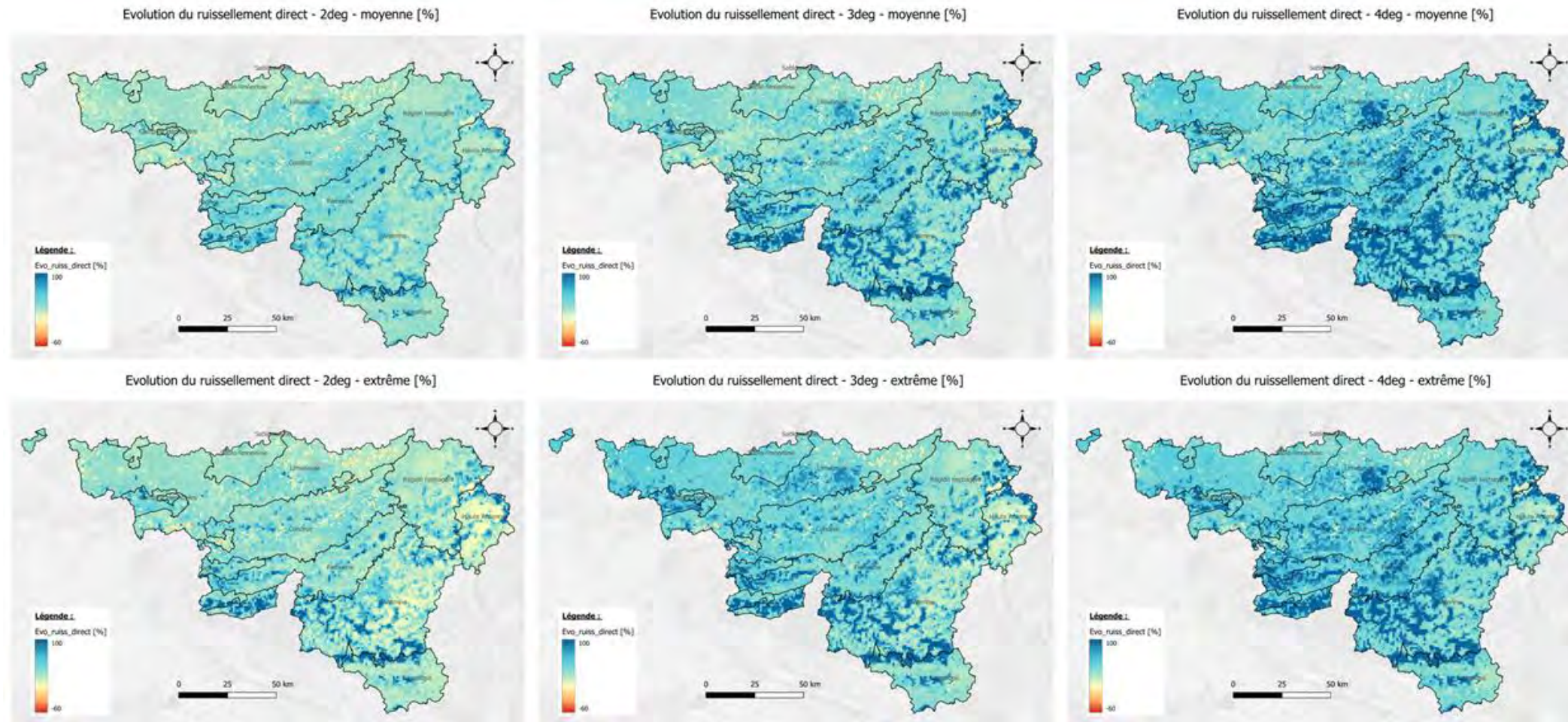
# Evolution de la production du ruissellement



Ruissellement direct actuel pour la période de référence  
de 1971 à 2022



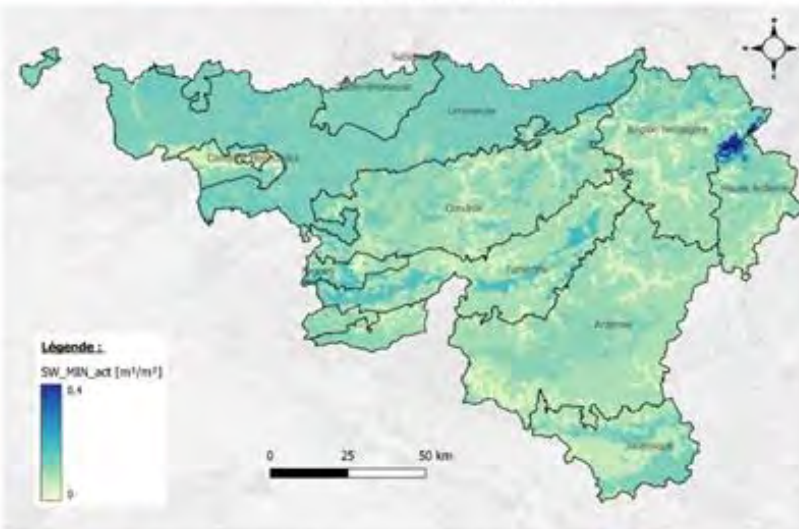
# Evolution de la production de ruissellement



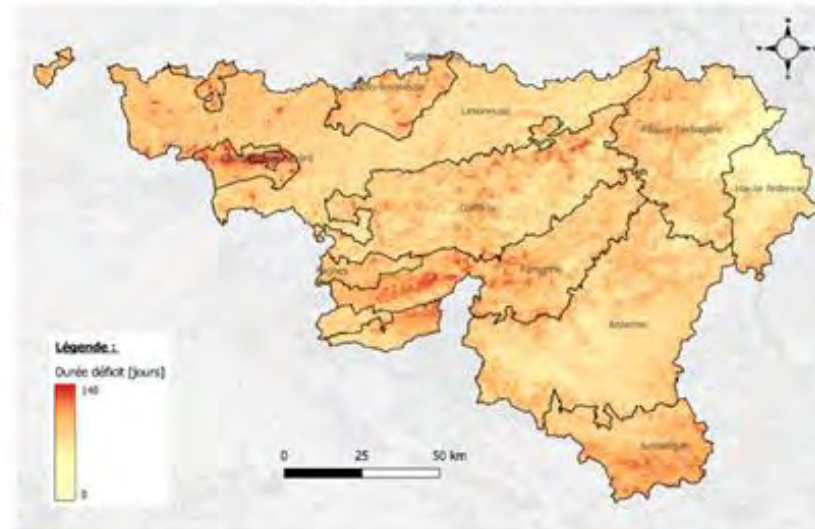
Evolution relative du ruissellement direct en pourcentage dans un monde à +2, +3 et +4°C pour la moyenne des modèles ainsi que pour le modèle extrême humide MIROC6

# Evolution des sécheresses édaphiques

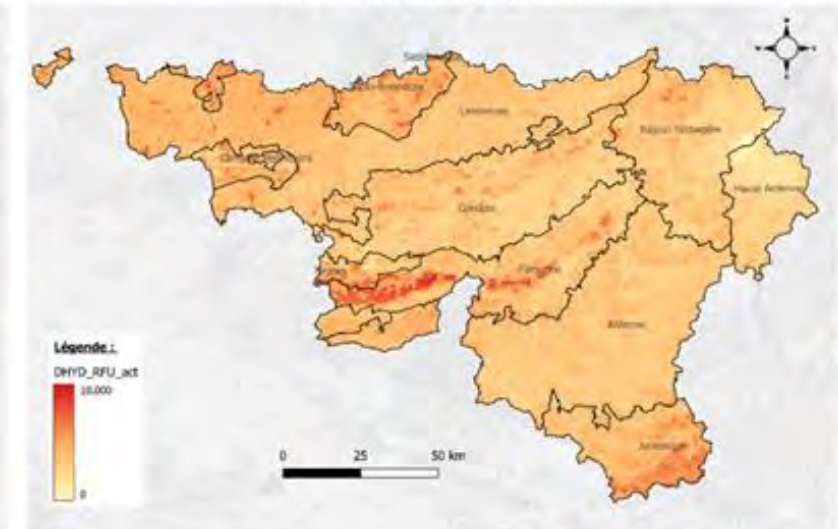
Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Teneur en eau min actuelle



Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Durée du déficit hydrique actuelle



Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Intensité du déficit hydrique actuelle



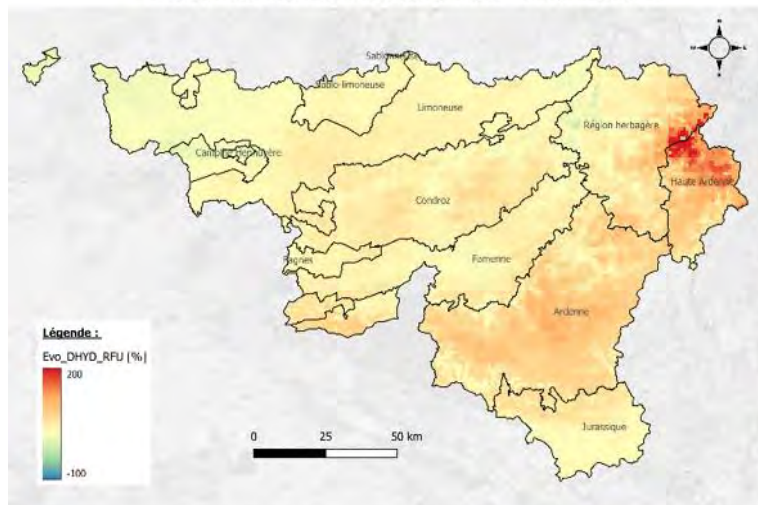
Teneur en eau minimale, durée du déficit hydrique et intensité  
du déficit hydrique actuelles pour la période de référence de  
1971 à 2022



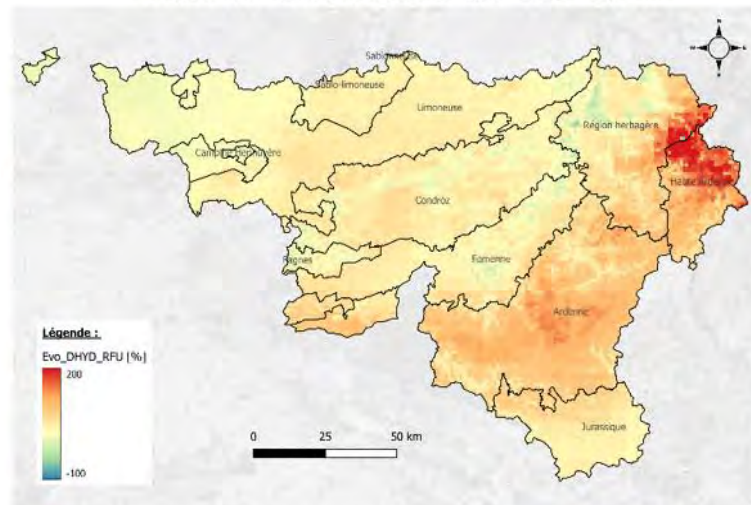
# Evolution des sécheresses édaphiques



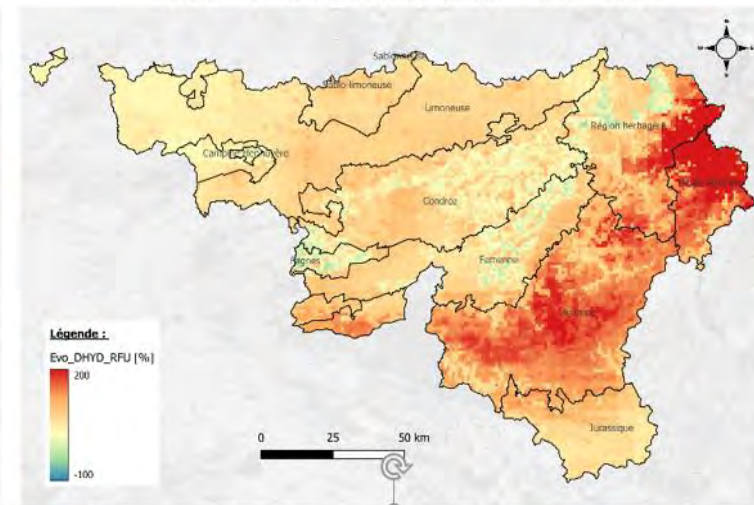
Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Evolution de l'intensité du déficit hydrique - 2deg - moyenne



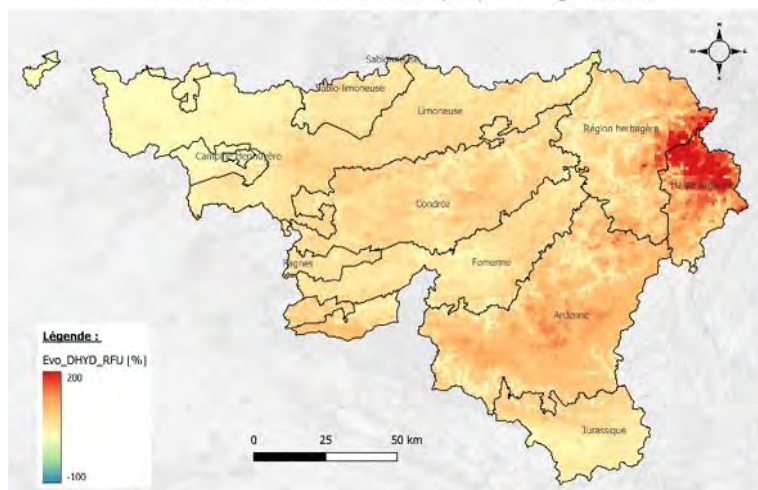
Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Evolution de l'intensité du déficit hydrique - 3deg - moyenne



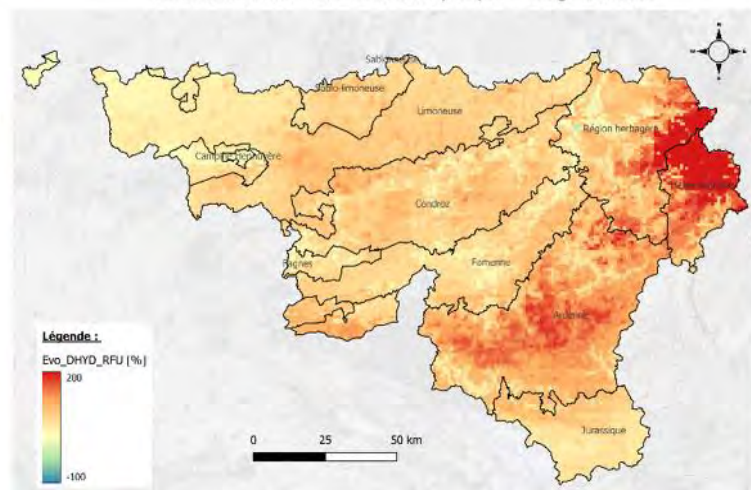
Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Evolution de l'intensité du déficit hydrique - 4deg - moyenne



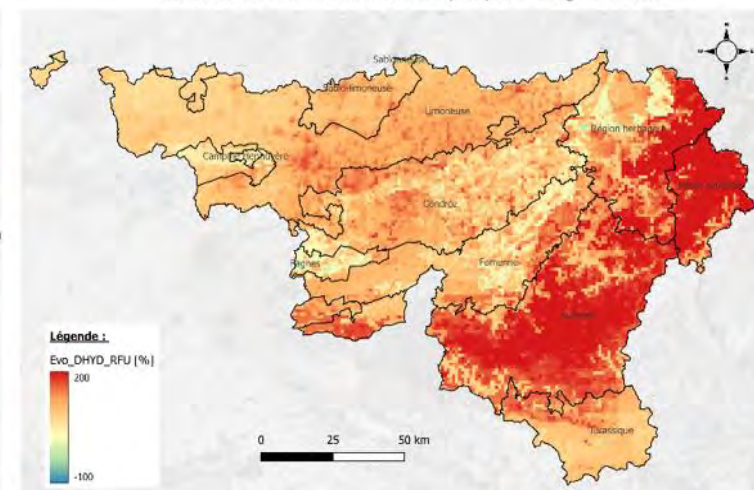
Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Evolution de l'intensité du déficit hydrique - 2deg - extrême



Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Evolution de l'intensité du déficit hydrique - 3deg - extrême



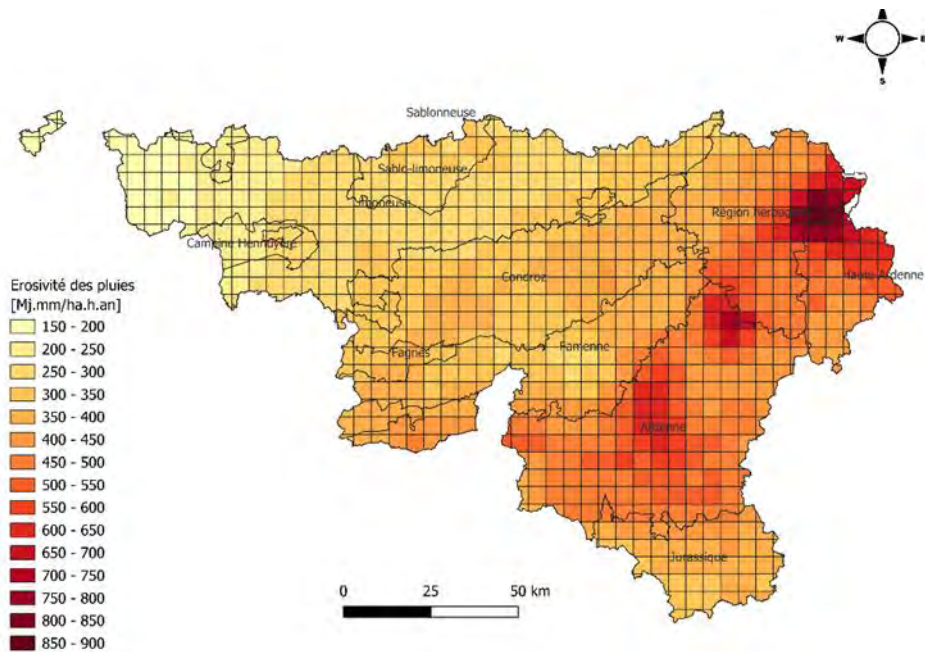
Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Evolution de l'intensité du déficit hydrique - 4deg - extrême



Evolution relative de l'intensité du déficit hydrique des sols entre 0 et 40 cm, en pourcentage dans un monde à +2, +3 et +4°C pour la moyenne des modèles ainsi que pour le modèle extrême sec CMCC

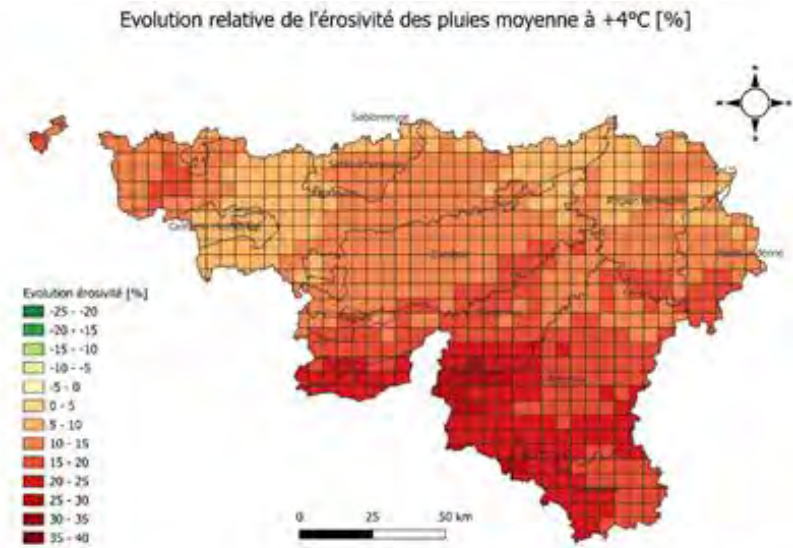
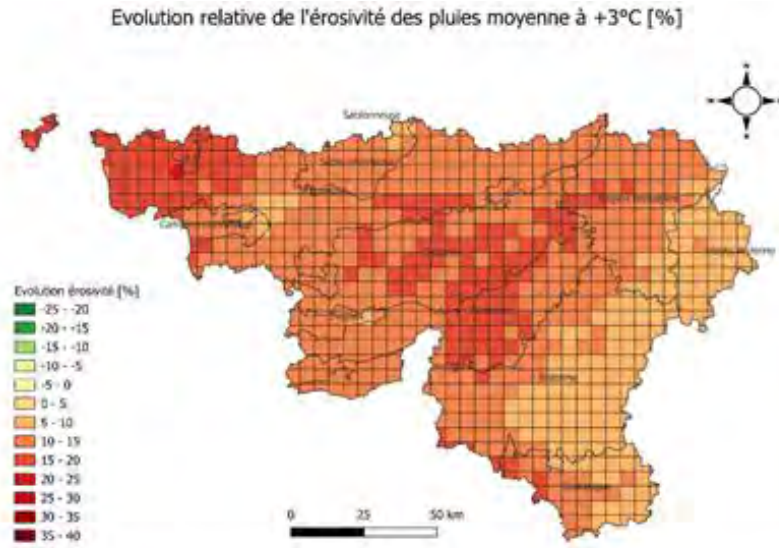
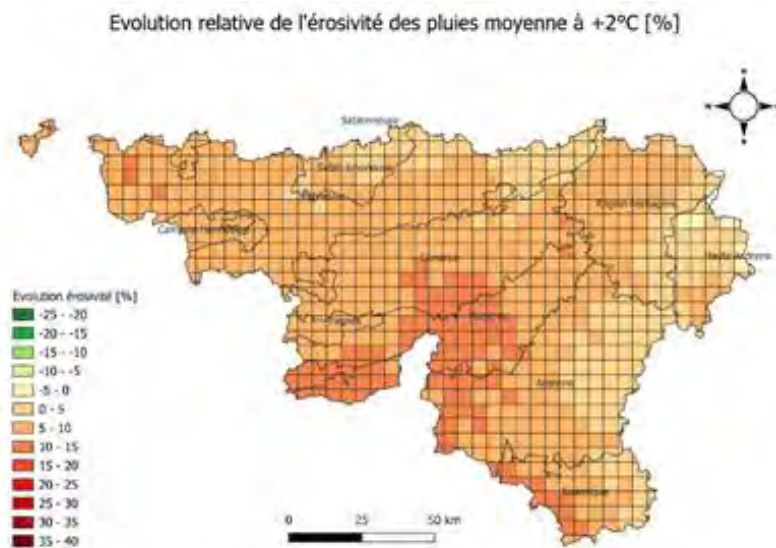


# Evolution de l'érosivité des pluies



Erosivité actuelle des pluies pour la période de référence de 1981 à 2010 (Données MIROC!)

Evolution relative de l'érosivité des pluies en pourcentage dans un monde à +2, +3 et +4°C pour la moyenne des modèles



Evolution relative de l'érosivité des pluies extrême humide à +2°C [%]

Evolution relative de l'érosivité des pluies extrême humide à +3°C [%]

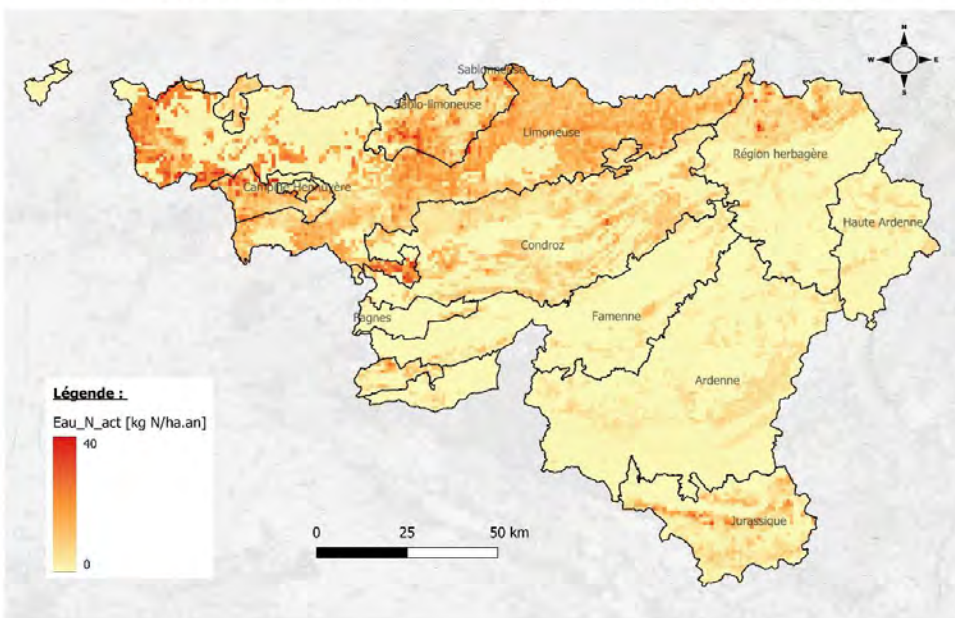
Evolution relative de l'érosivité des pluies extrême humide à +4°C [%]



# Evolution de la pression en nitrate sur les ESO



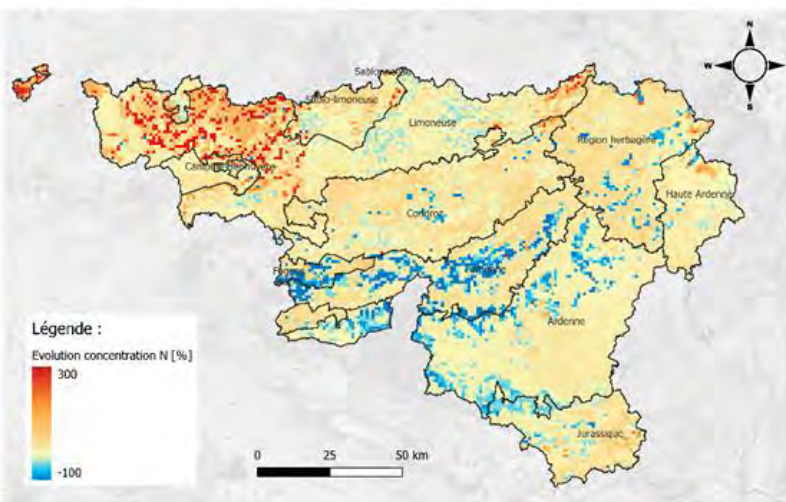
Pollution en nitrate des eaux vers les nappes - actuel [kg N/ha.an]



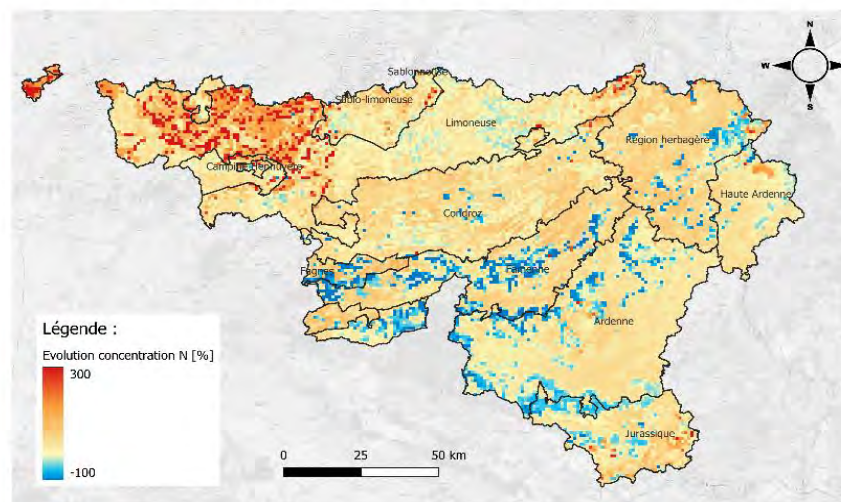
Apport de nitrate aux eaux souterraines pour la période de référence de 1981 à 2010 (Données MIROC!)

Evolution relative de l'apport de nitrate aux eaux souterraines en pourcentage dans un monde à +2, +3 et +4°C – modèle MIROC

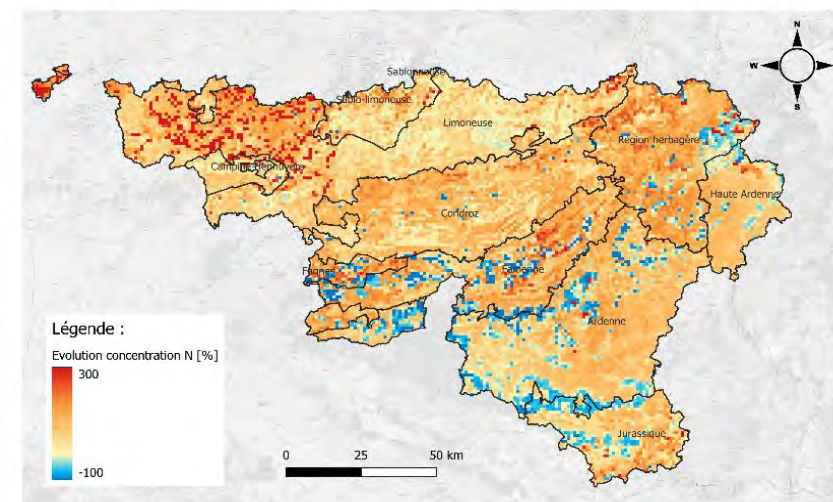
Evolution de la pollution en nitrate vers les nappes - 2 degrés



Evolution de la pollution en nitrate vers les nappes - 3 degrés



Evolution de la pollution en nitrate vers les nappes - 4 degrés



# Les couts actuels : Inondations

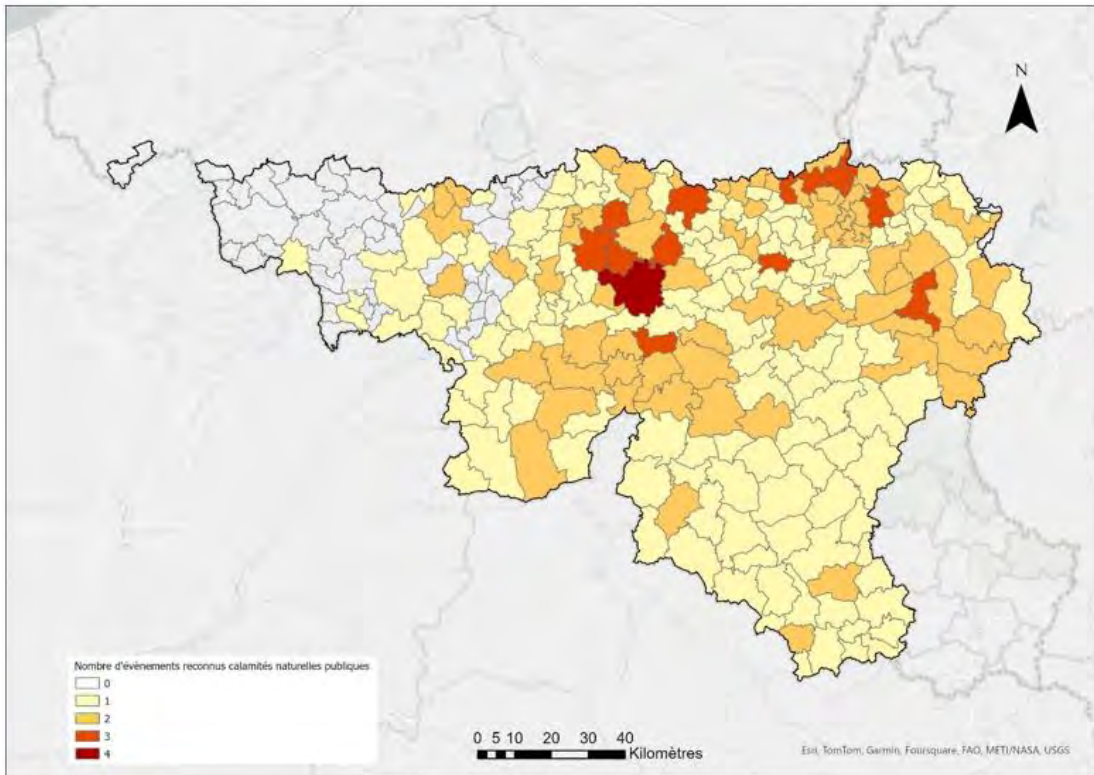
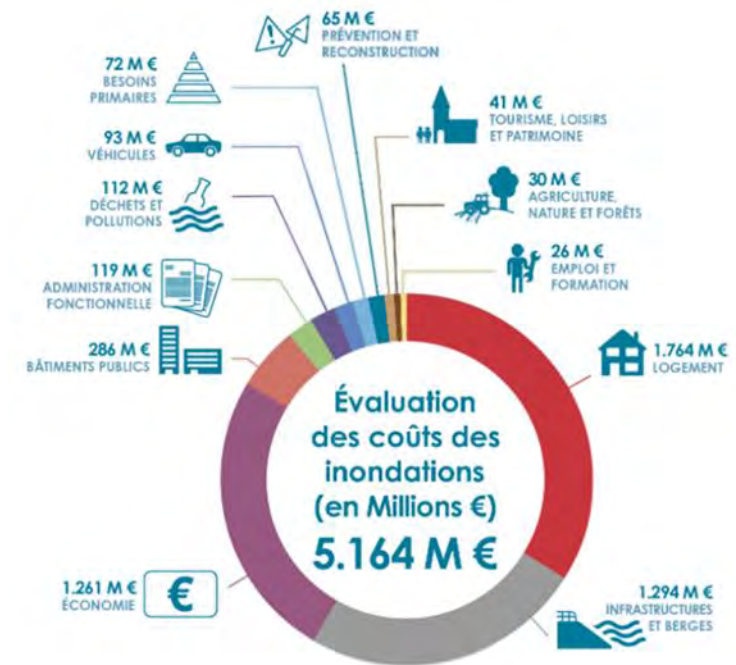


FIGURE 2 : CARTE REPRÉSENTANT LE NOMBRE D'ÉVÈNEMENTS RECONNUS COMME CALAMITÉS NATURELLES PUBLIQUES PAR COMMUNE ENTRE 2017 ET 2023

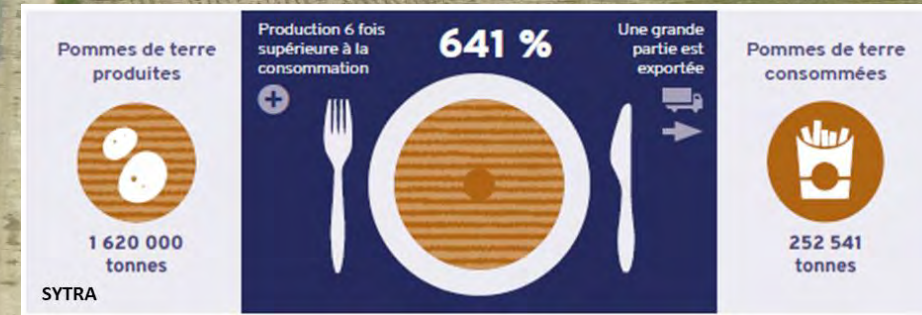


Secrétariat général à la reconstruction,  
Évaluation des couts des inondations de 2021



# Les couts actuels : Erosion des sols

- ▶ Des cultures de printemps peu couvrantes (ex ici, pommes de terre, betteraves, ...)
- ▶ Taux de matière organique dans les sols en baisse, accentué par l'augmentation des t°
- ▶ Taille des parcelles en hausse, effet pervers de l'intégration de certaines cultures



- ▶ Imperméabilisation, écoulements excessifs, érosion en période humide, ...
- ▶ et en période sèche.... Stress hydrique

Et en mesure palliative, des ballots mis dans l'urgence...



# Les couts actuels (encore)

- Système alimentaire
- Biodiversité
- Logistique, transport
- ...

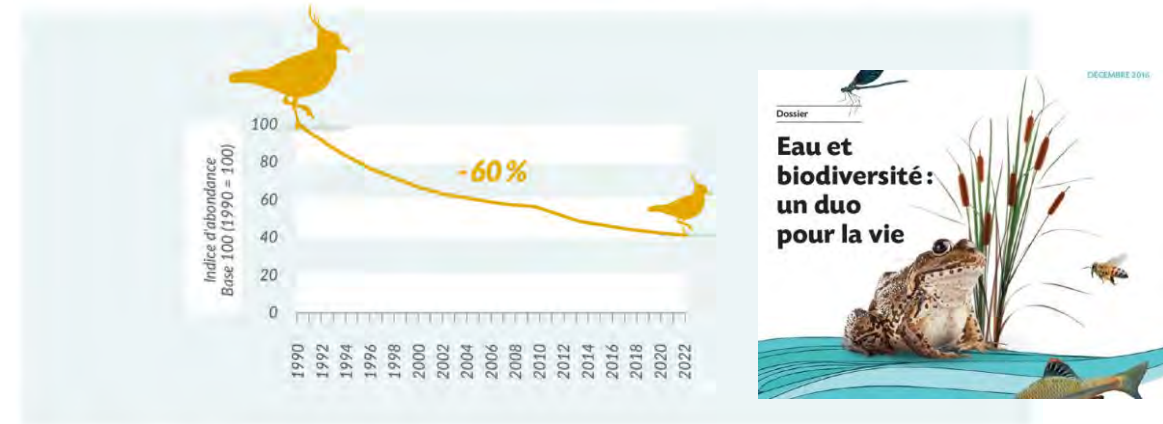


Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-023-38906-7>

## Risks of synchronized low yields are underestimated in climate and crop model projections

Évolution des effectifs des populations d'oiseaux communs en Wallonie, espèces des milieux agricoles (17 espèces) (1990 - 2022)



SPWARNE - DEMNA - DEE (2024)

- Dragage du canal Condé-Pommereul
- 1 million de m<sup>3</sup> de sédiments
- 80 millions EUR



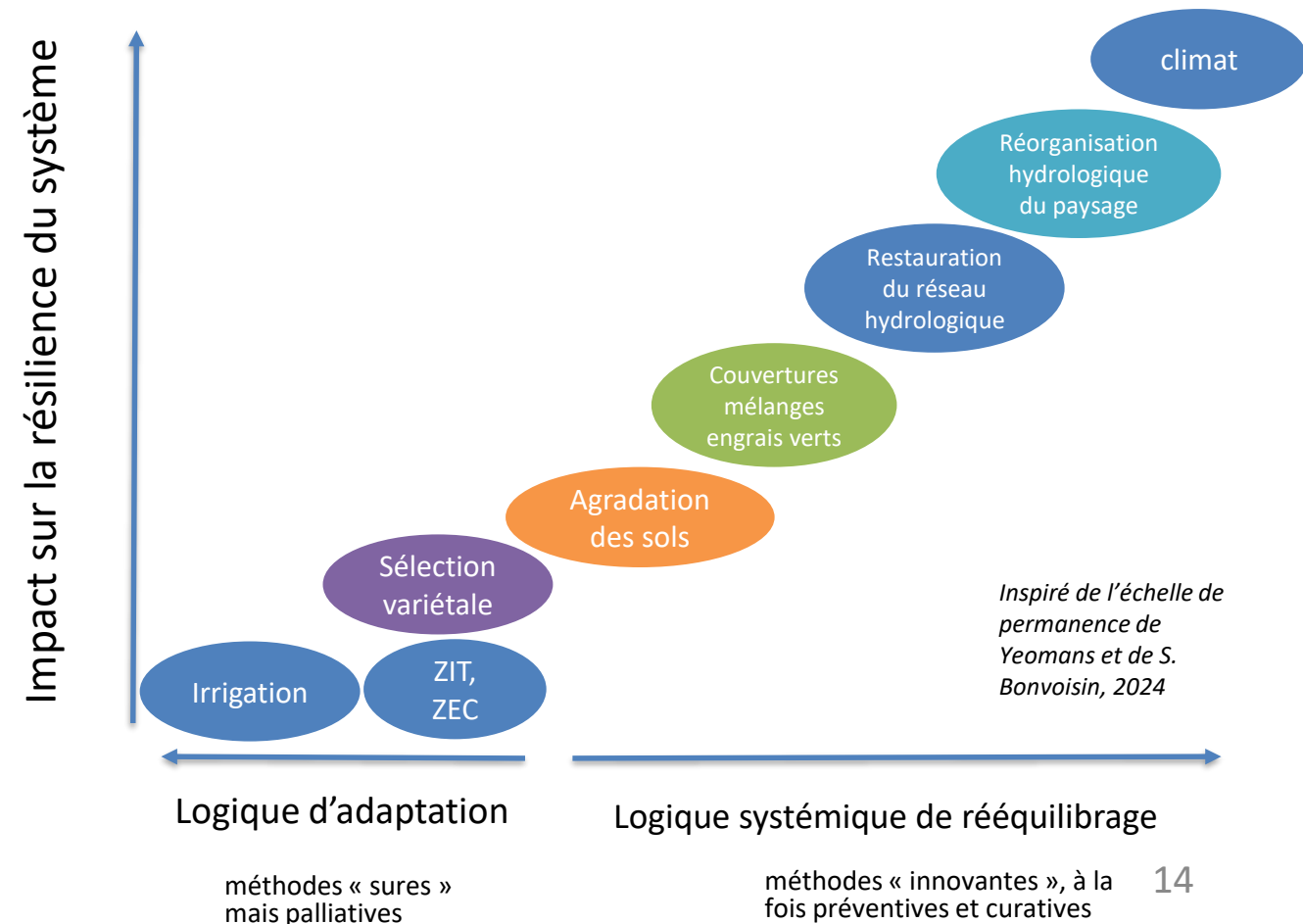
# Amortir le cycle hydrologique

Explorer les solutions...



# Se préparer au monde à +3°C

- ▶ Max 20% de l'énergie en adaptation
  - Irrigation
  - ZIT, ZEC protection qui ne restaure pas le cycle hydro
  - ...
- ▶ Miser 80% de l'énergie en solution structurelle
  - Agrader les sols
  - Choix des (mélanges de) cultures, rotations
  - Patron parcellaire
  - Espaces de biodiversité
  - ...





# Approche locale :

## Restaurer la fertilité globale des sols

- ▶ (non-)travail du sol
- ▶ Couverture des sols, gestion des résidus, sous-semis, mélanges, rotations, prairies
- ▶ Des changements de systèmes qui impactent l'eau







# Ex : Ordre de grandeur des capacités d'infiltration

Table 3-4 : Saturated infiltration capacities in  $\text{mm h}^{-1}$  for each combination of soil surface properties in the catchment of Chastre (Values in brackets relate to standard deviation of measurements).

Roughness [cm]	Soil surface crusting [-]				
	Vegetation cover [%]	F0	F11	F12	F2
R5	C3	75			
	C2				
	C1				
R4	C3		75		
	C2	74 (35.0)			
	C1	50			
R3	C3			25 (28.2)	
	C2		18		
	C1	25	18	15	
R2	C3			18 (3.2)	
	C2		18	12 (3.0)	
	C1	18	10	9 (1.4)	6 (2.5)
R1	C3		18	15 (1.9)	10 (4.4)
	C2		14 (4.1)	11 (0.4)	
	C1	15	8 (2.2)	6 (1.2)	6 (2.1)
R0	C3		10	10 (2.6)	4 (1.0)
	C2		8 (2.4)	5 (2.0)	4 (1.6)
	C1			6 (2.3)	4 (1.9)

(Cantreul, 2020)

- Sol limoneux (luvisol/cambisol)
- Mesures de capacité d'infiltration ( $\text{mm/h}$ ) pour différentes combinaisons d'états de surface du sol
  - C1 → C3 : couverture végétale ↑ ⇒ Cap. Inf. ↑
  - R0 → R5 : rugosité ↑ ⇒ Cap. Inf. ↑
  - F0 → F2 : (faciès) encrouement ↑ ⇒ Cap. Inf. ↓
- BV expérimental de Chastre





# EcofoodSystem

- ▶ Quatre SYSTEMES, gradient de ruptures agronomiques, suivi interdisciplinaire
- ▶ Mesures hydrologiques (teneur en eau, potentiel, lixiviation)

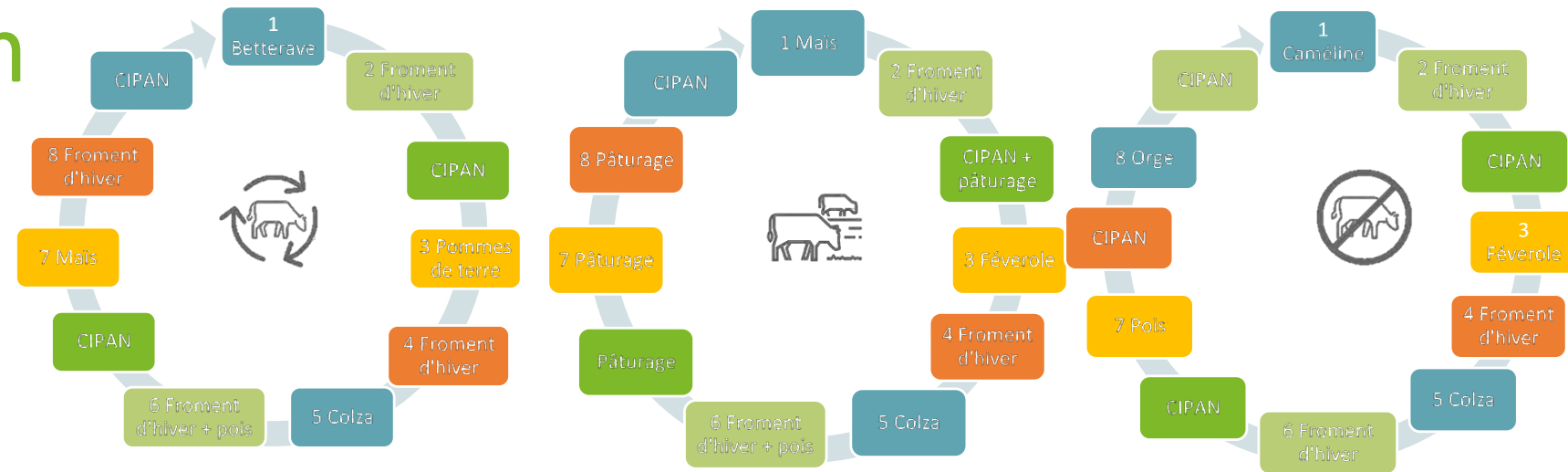
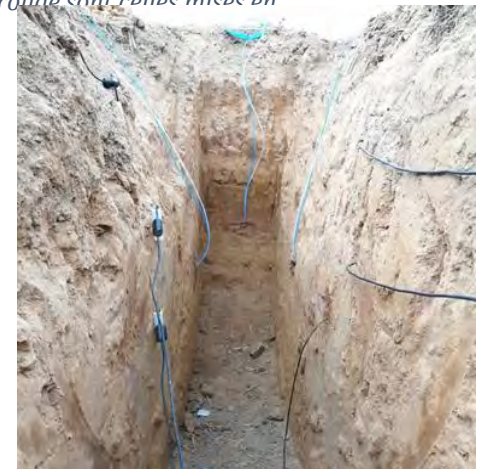
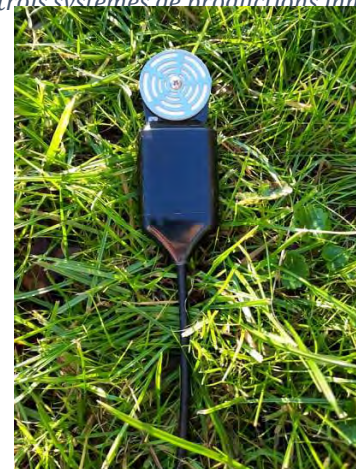
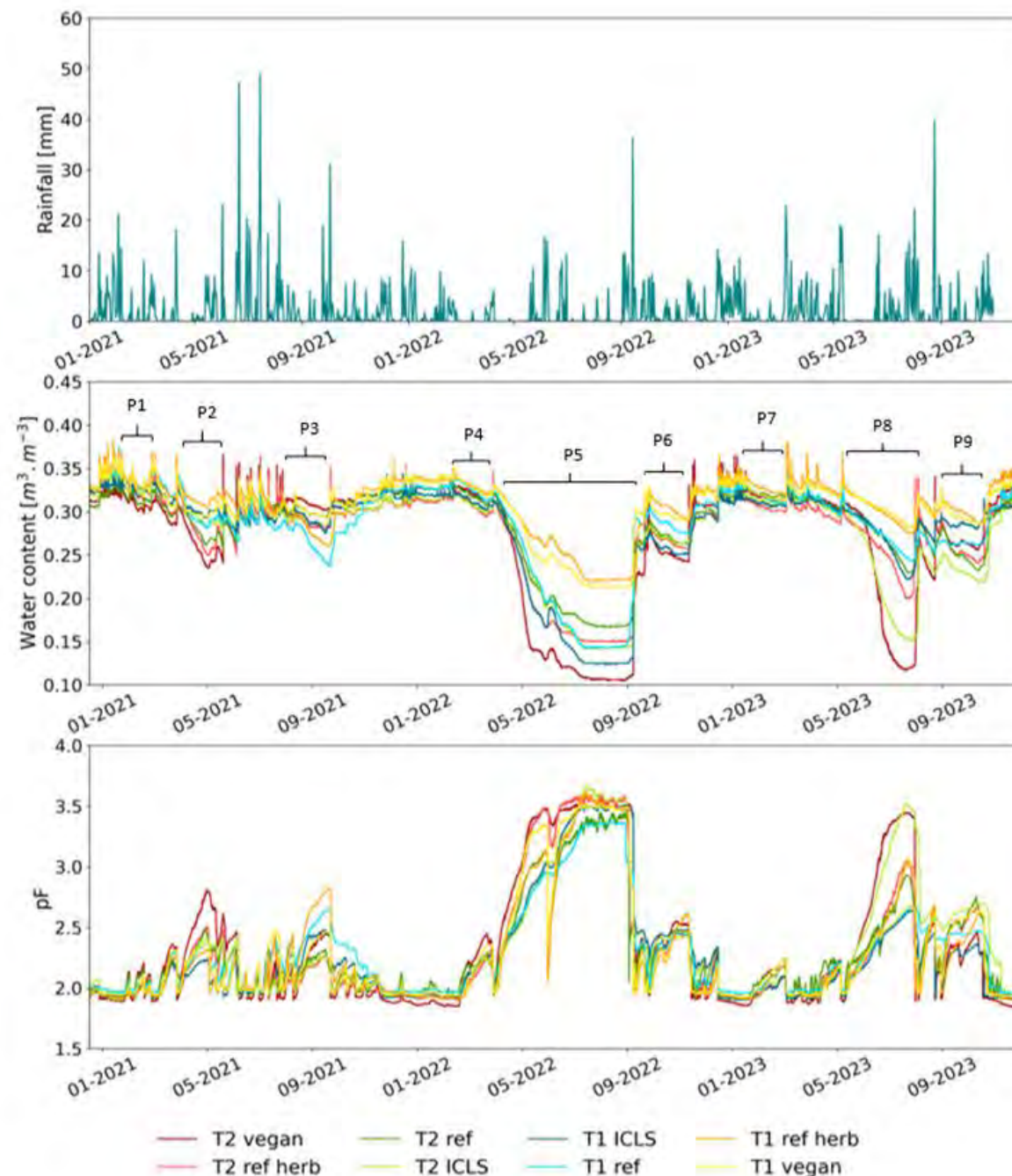
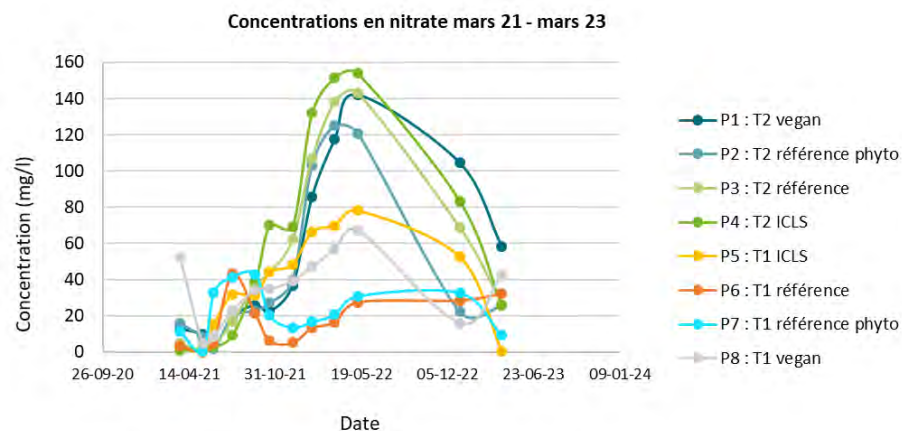


Figure 1. Rotations des trois systèmes de productions innovants. Les cultures entourées en rouge sont celles mises en place.



# EcofoodSystem

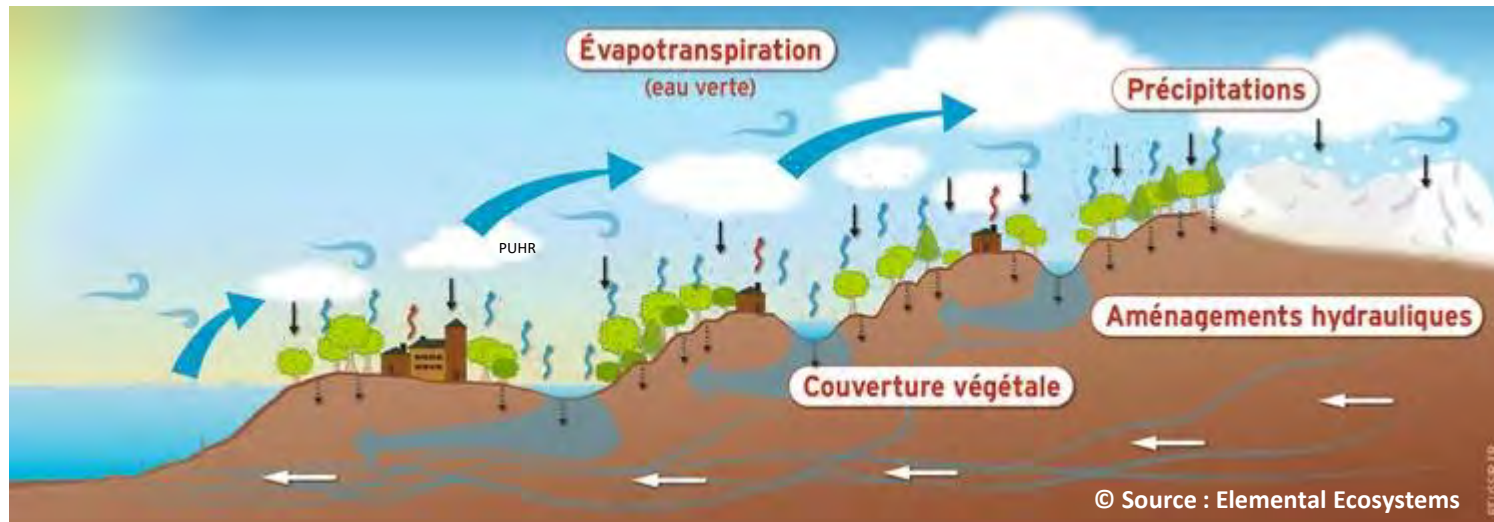
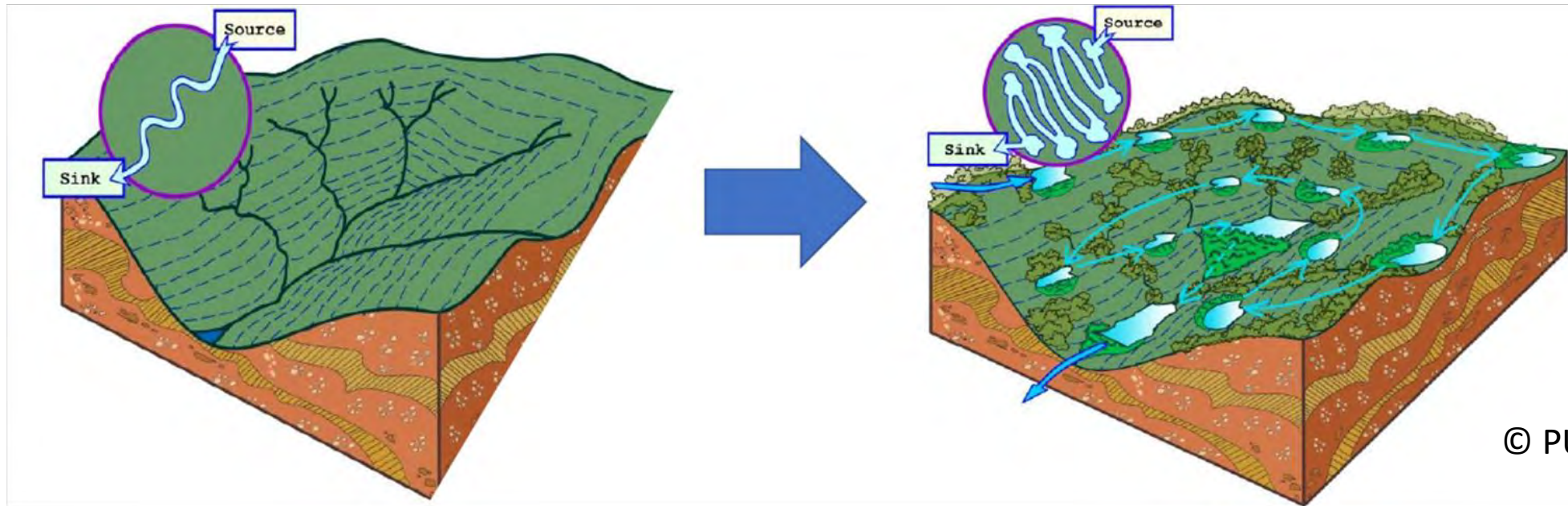
- ▶ Enracinement (type et profondeur), type de travail du sol, durée d'implantation, résidus, ....
- ▶ Autant de facteurs de changement pour la **structure**, l'**hydrodynamique** et le **transfert** de solutés





# Approche paysagère :

Répartir, ralentir, réinfiltrer & évapotranspirer



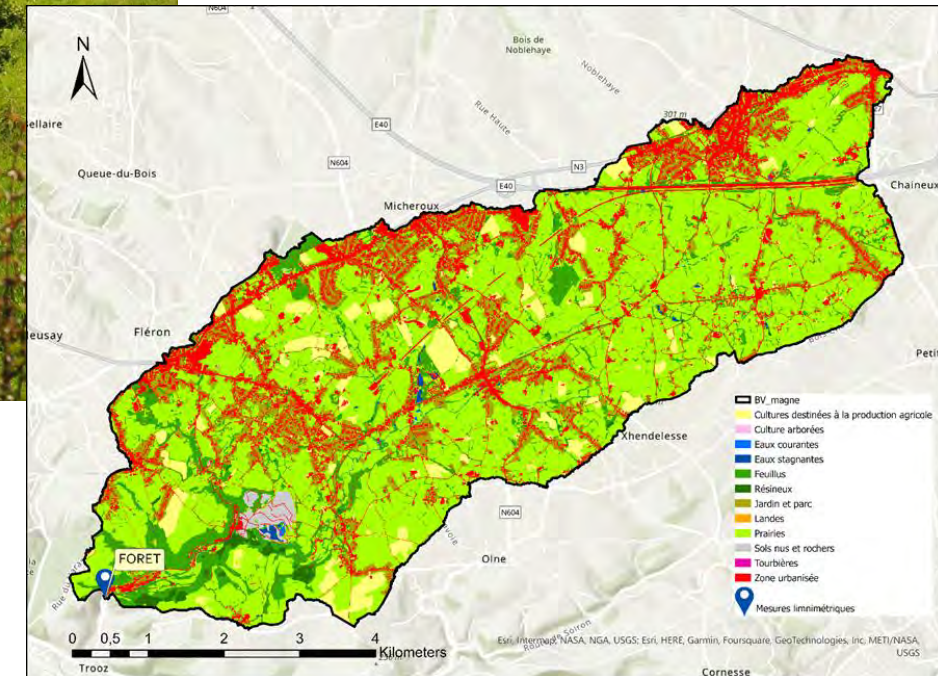




# Bv de la Magne – agriculture et habitat



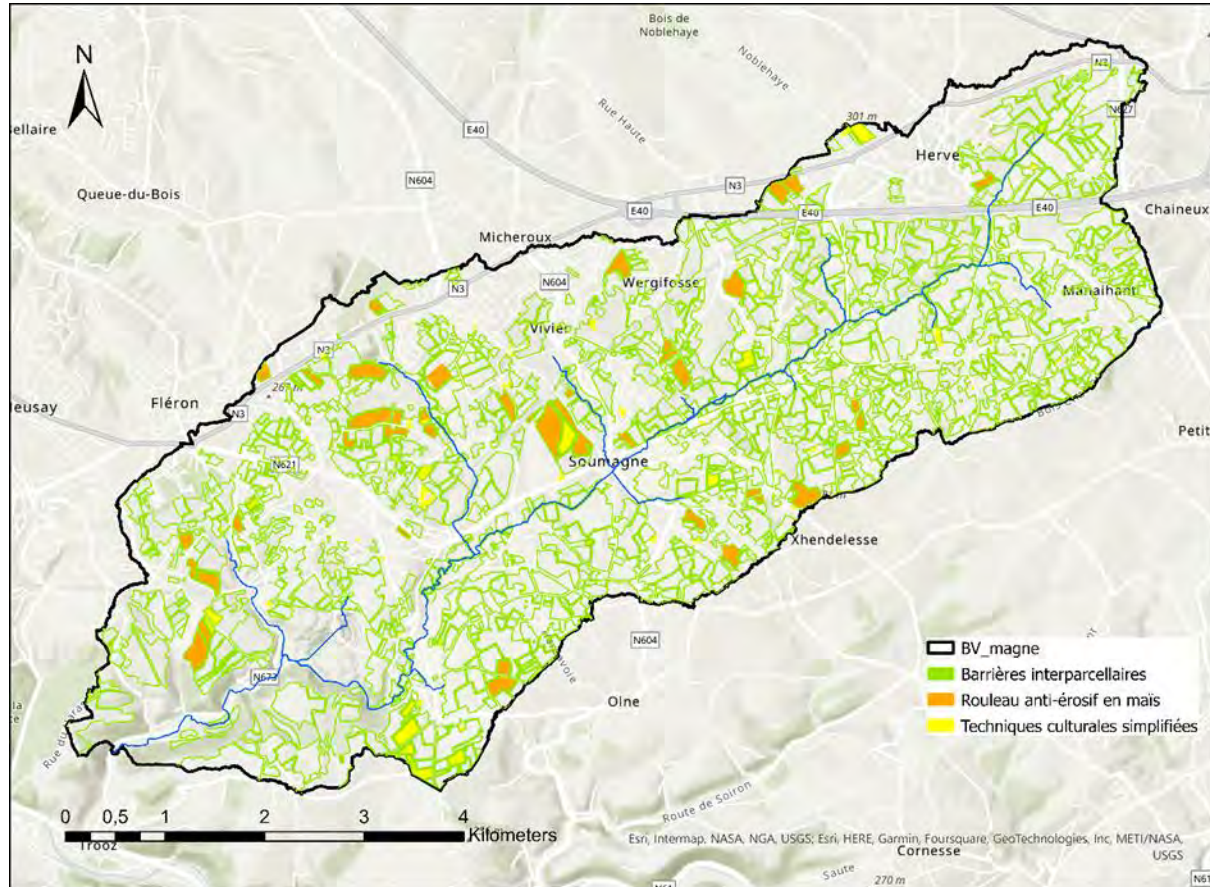
David Defourny







# Améliorations hydrologiques

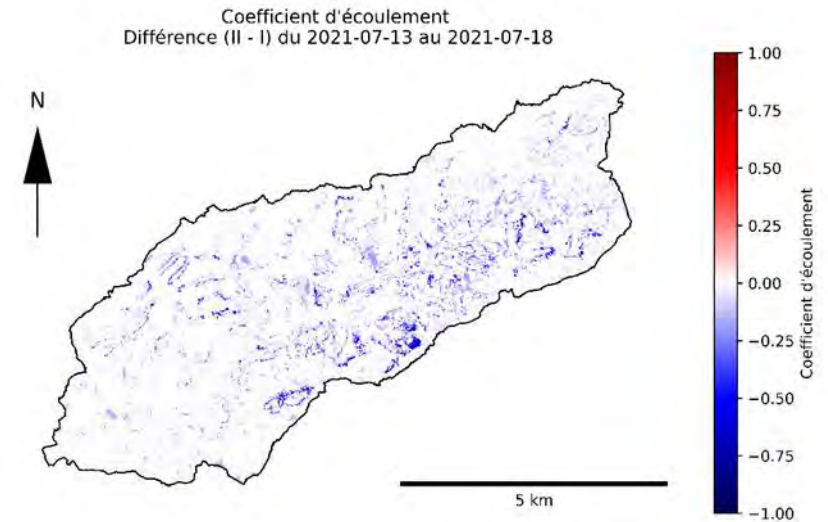
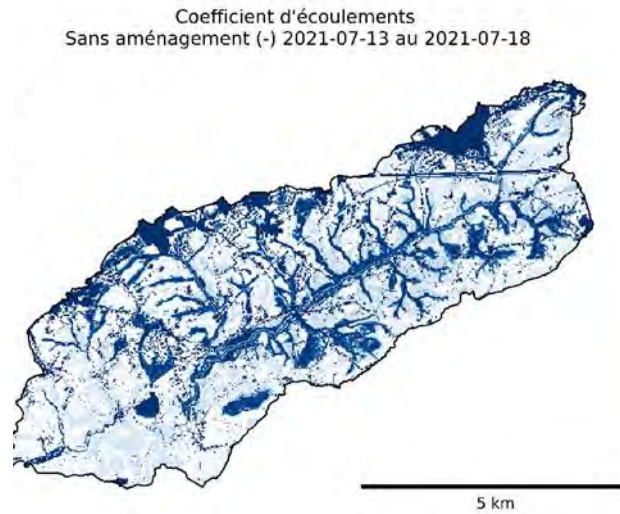
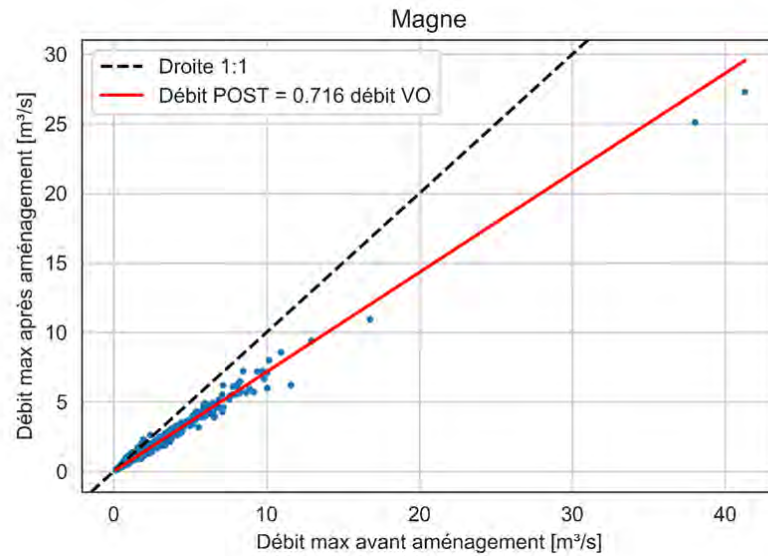


cipf

- $\pm 42$  ha en TCS
- $\pm 86$  ha de rouleau anti-érosif en maïs
- $\pm 700$  km de barrières interparcellaires



# Efficacité hydrologique







# Bilan hydrologique par type d'aménagement

Les barrières interparcellaires interceptent davantage de pluie et augmentent fortement l'évapotranspiration en été.

Les stocks d'eau dans le sol sont localement diminués, ce qui permet d'y infiltrer les pluies intenses.  
La recharge hivernale est quasiment inchangée

Autres cultures -	40	17	421	448	73	115	275	43	130	299	430	449
Mais -	41	18	400	440	33	59	274	44	123	309	410	430
barrieres interparcellaires -	70	32	416	480	261	339	391	53	50	263	387	418
Magne -	61	28	373	427	210	265	358	51	51	243	363	391
Autres cultures -	6	1	8	11	-7	-10	-4	-1	3	17	-1	-1
Mais -	6	1	7	7	-4	-6	-6	-1	7	9	-2	-2
barrieres interparcellaires -	26	4	-23	-8	-32	-29	173	16	-96	-71	-15	-11
Magne -	7	1	-2	3	-20	-20	38	3	-20	-8	-5	-3
Interception - été -												
Interception - hiver -												
Infiltration - été -												
Infiltration - hiver -												
Résurgence - été -												
Résurgence - hiver -												
Evapotranspiration - été -												
Evapotranspiration - hiver -												
Recharge - été -												
Recharge - hiver -												
Stock sol - été -												
Stock sol - hiver -												

Figure 1 : Valeur (VO : en haut) et différence (POST – VO : en bas) absolue moyenne sur 19 ans des flux et stocks d'eau exprimés en mm par semestre hydrologique (été - hiver) en fonction des différents aménagements et sur l'ensemble du bassin versant de la Magne.

# ModRec Vesdre

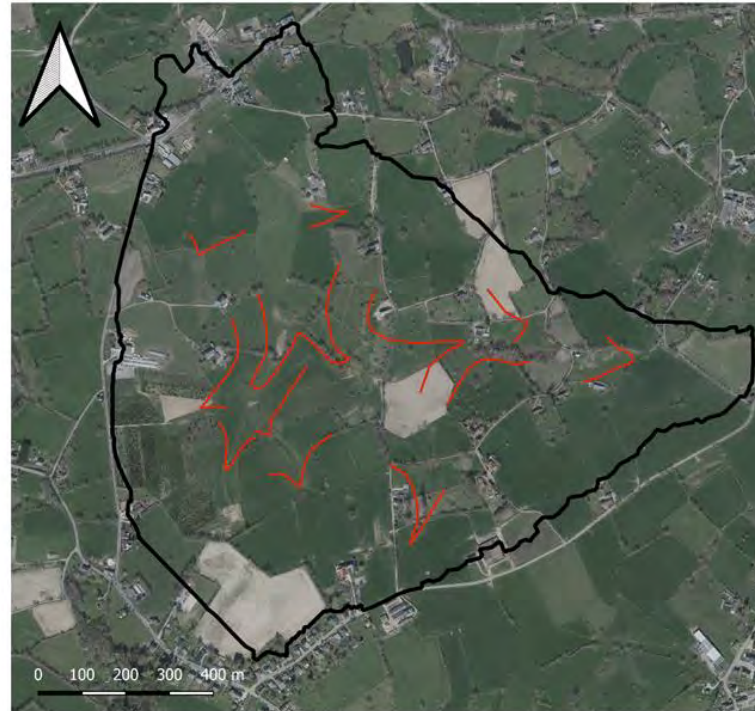
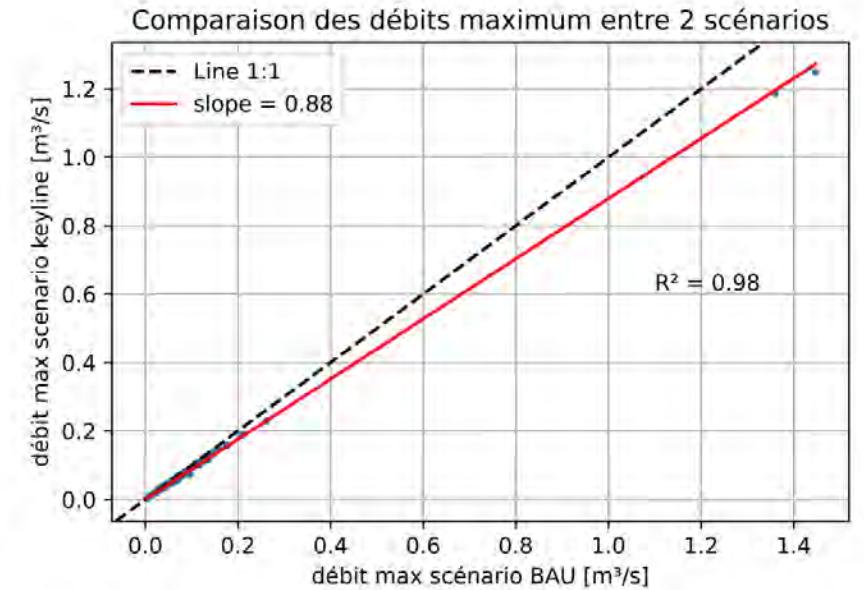
- Intégration à l'échelle du bassin versant de mesures de gestion de l'eau (domaine agricole) :

- Scénario de keyline
- Respect des contraintes viaires

- Additivité des performances hydrologiques



Ponce-Rodríguez et al., 2021

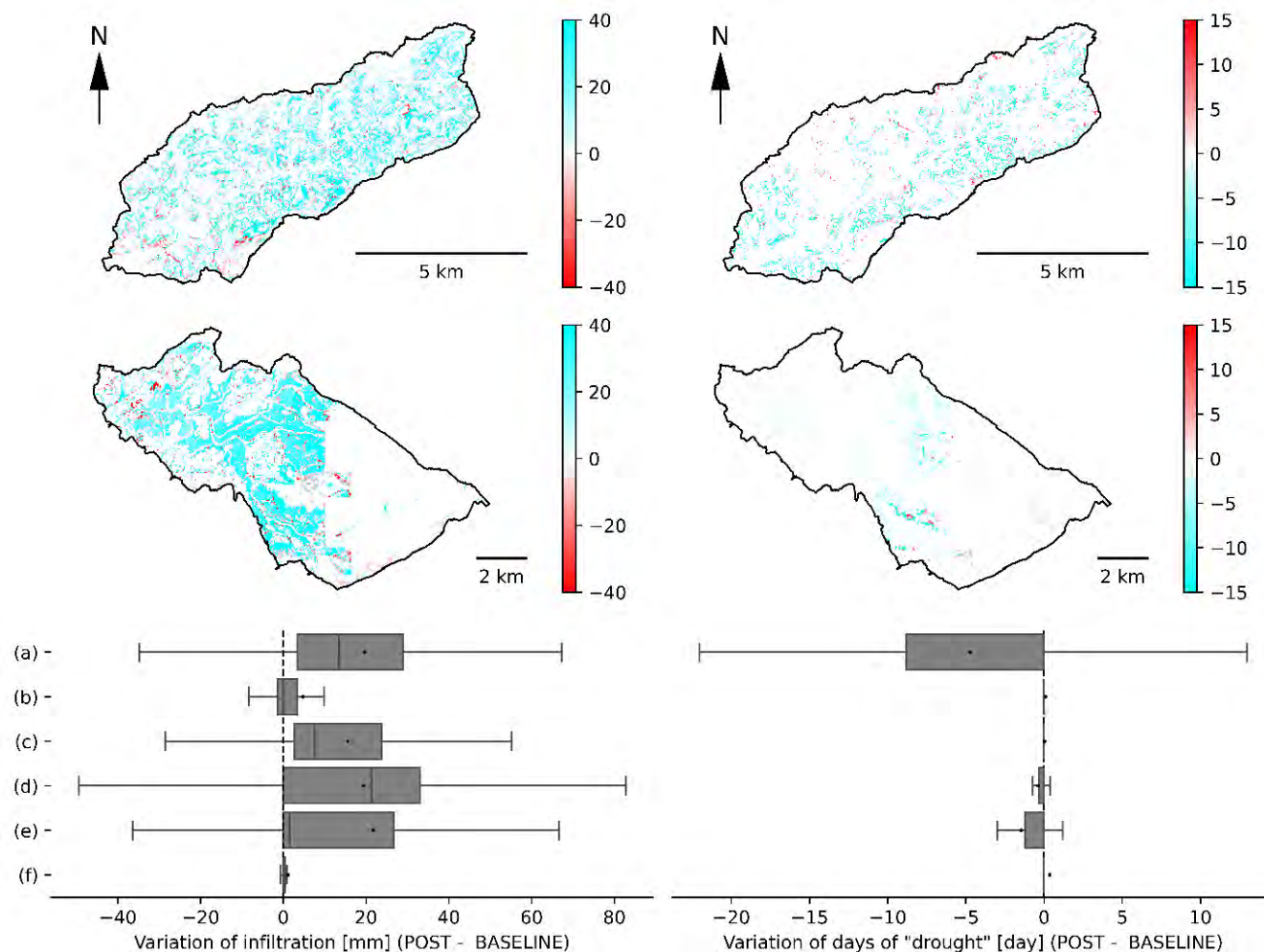


Légende  
□ Bassin versant  
— keylines  
Orthophotoplan 2021





# Synthèse dans les domaines agricole et forestier



Variation de  
**l'infiltration** cumulée (du 13 au  
18 juillet 2021) et des  
jours de **sécheresse** (potentiel  
matriciel de -30m et période  
de retour de 25 ans) sur les  
mailles du modèle avant  
(BASELINE) et après (POST) la  
mise en œuvre de NbS.

- a : Haies,
- b : Travail réduit du sol,
- c : Rouleau en maïs,
- d : Pratiques forestières visant à limiter le tassement du sol,
- e : Diversification forestière avec des pratiques visant à limiter le tassement du sol,
- f : Restauration des tourbières



# Synergies et antagonismes entre SBN

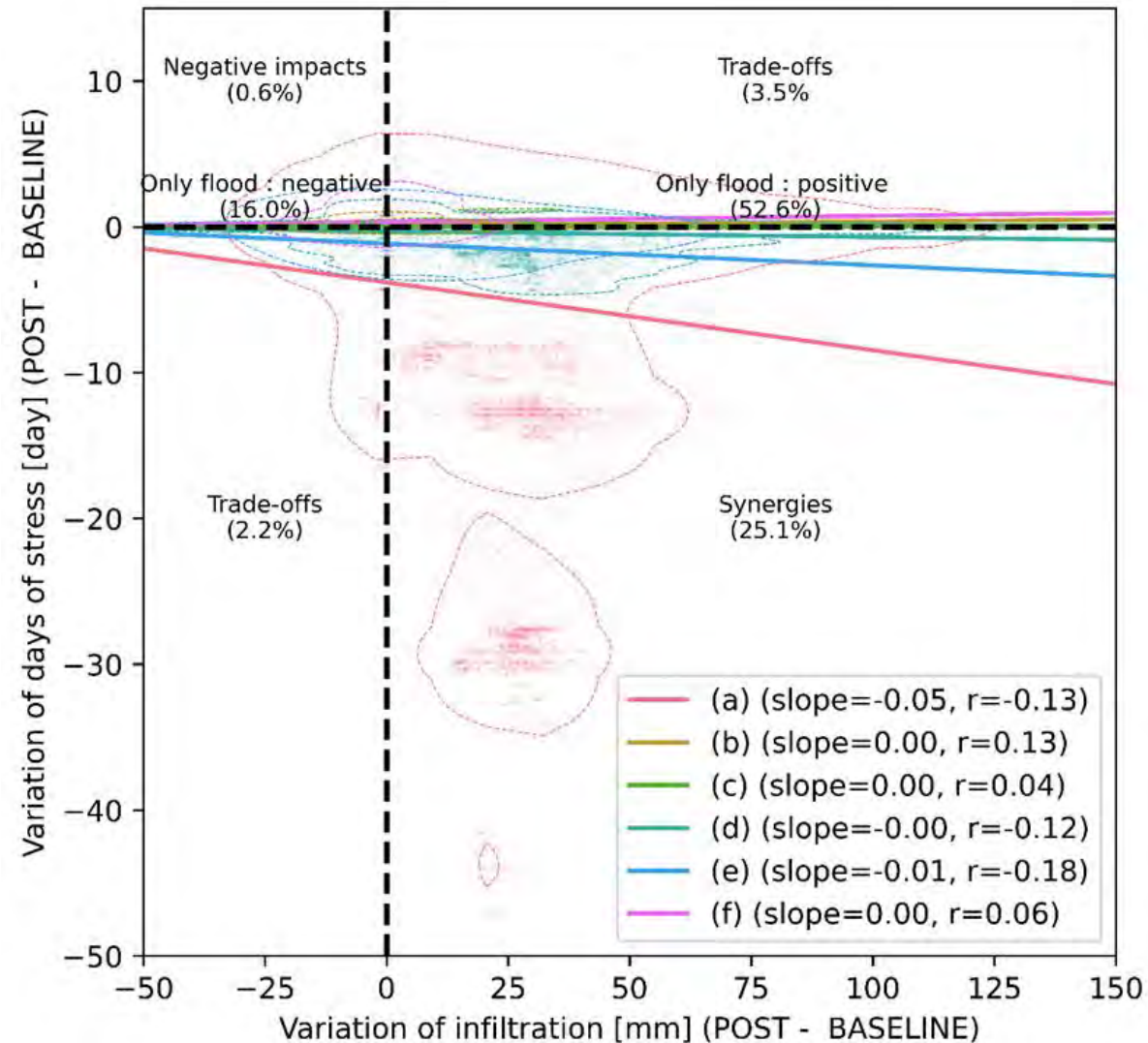


Diagramme de dispersion et lignes de régression de la variation de l'infiltration cumulée (du 13 au 18 juillet 2021) en fonction des jours de sécheresse (potentiel matriciel de -30 m et période de retour de 25 ans) sur les mailles du modèle avant (BASELINE) et après (POST) la mise en œuvre de SBN.

a : Haies,  
b : Travail réduit du sol,  
c : Rouleau en maïs,  
d : Pratiques forestières visant à limiter le tassement du sol,  
e : Diversification forestière avec des pratiques visant à limiter le tassement du sol,  
f : Restauration des tourbières).

Les lignes verticales et horizontales représentent les seuils entre les impacts négatifs et positifs sur les inondations et la sécheresse, respectivement. Les pourcentages représentent la proportion du nombre total de points (cellules de la grille du modèle) à l'intérieur et à l'extérieur de chaque quadrant.



# Nouvelles filières et chaînes de valeur



- ▶ Diversification des productions agricoles valorisées localement
- ▶ Production de biomasse locale



- ▶ Fin des exportations massives et de la dégradation des sols
- ▶ Forte limitation des dragages de rivières
- ▶ Restockage de carbone dans les sols





# Vers des sols fonctionnels et des paysages hydrologiquement résilients et désirables

