

# Dans un monde à +3°C ou à +4°C, quelles seront nos ressources en eau?

Aurore Degré, Clémence Pirlot, Catherine Sohier, Serge Brouyere

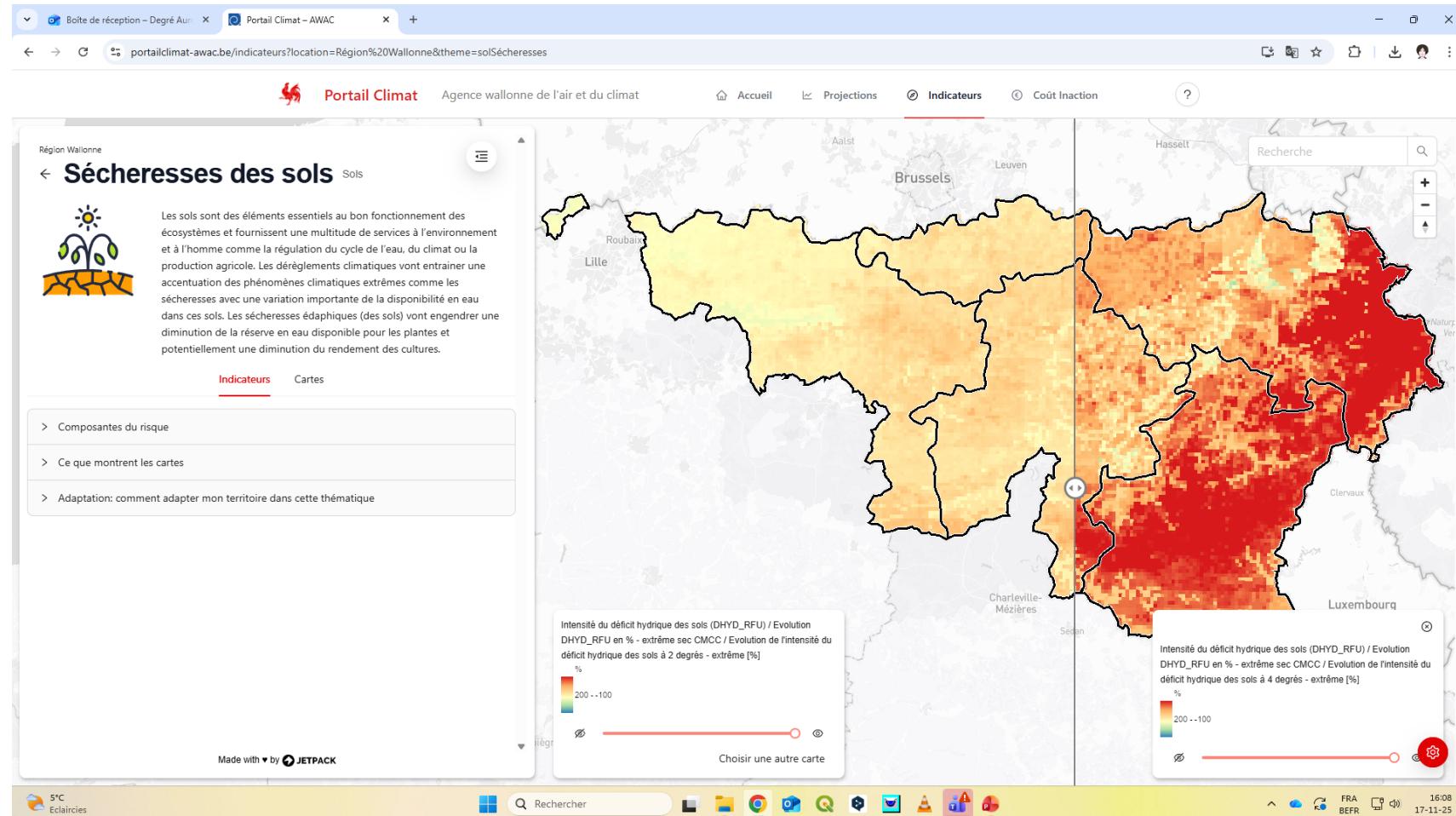


# Projet AWAC : diagnostic des vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne au changement climatique à travers l'adaptation

- ▶ Projet multidisciplinaire
  - Tourisme, infrastructure, ville (logements, îlots de chaleur, arbres), économie, énergie, ...
  - Ressources naturelles
    - › Eau-sols, biodiversité-arbres et agriculture-élevage



# Portail AWAC

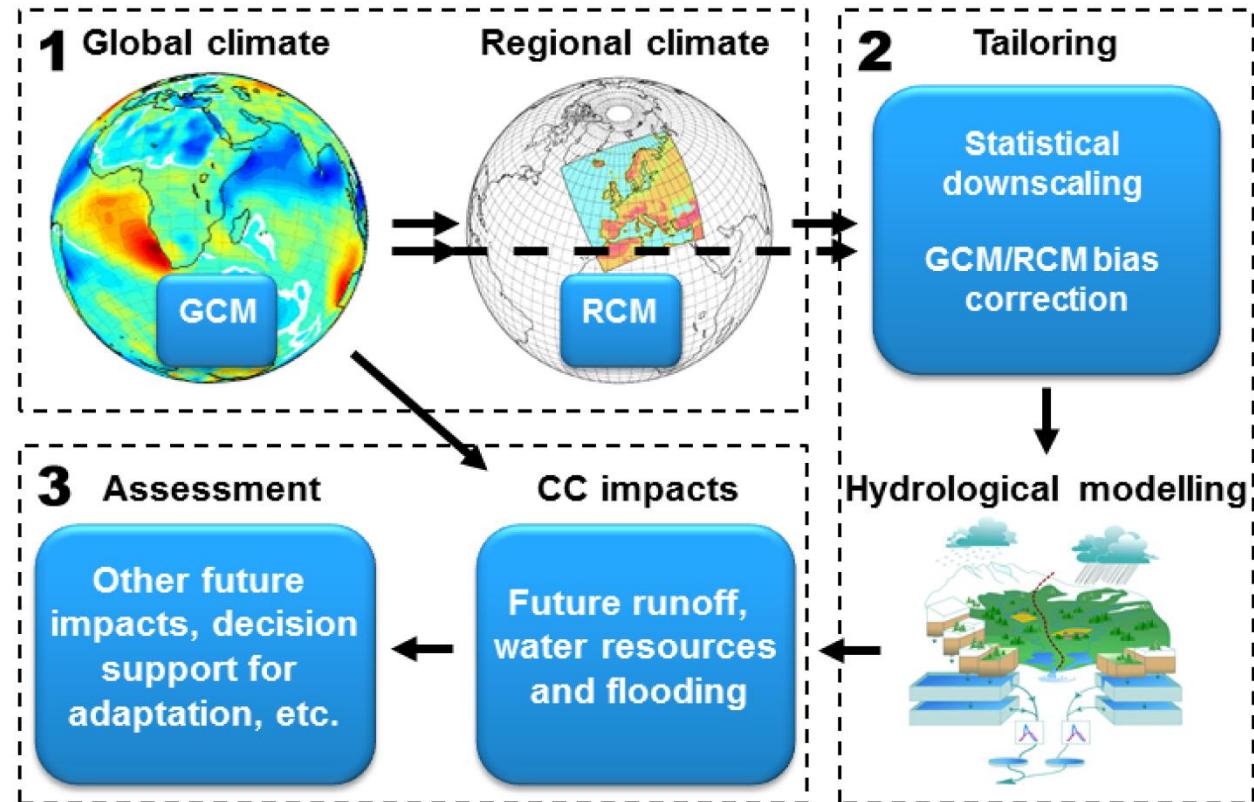


<https://portailclimat-awac.be>



# Projections climatiques

- ▶ Projections climatiques futures :
  - modèles globaux (GCM) 100 km monde
  - modèles régionaux (RCM) 5km Belgique
- ▶ Modèle régional MAR version 3.14 forcé par six modèles globaux
  - MIROC6,
  - NOR,
  - MPI,
  - EARTH3,
  - CMCC
  - IPSL
- ▶ 3 « situations »
  - monde à +2, +3 et +4°C
- ▶ 2 ssp = ssp370 (+2 et +3°C) et ssp585 (+4°C)
  - ssp (shared socioeconomic pathways)



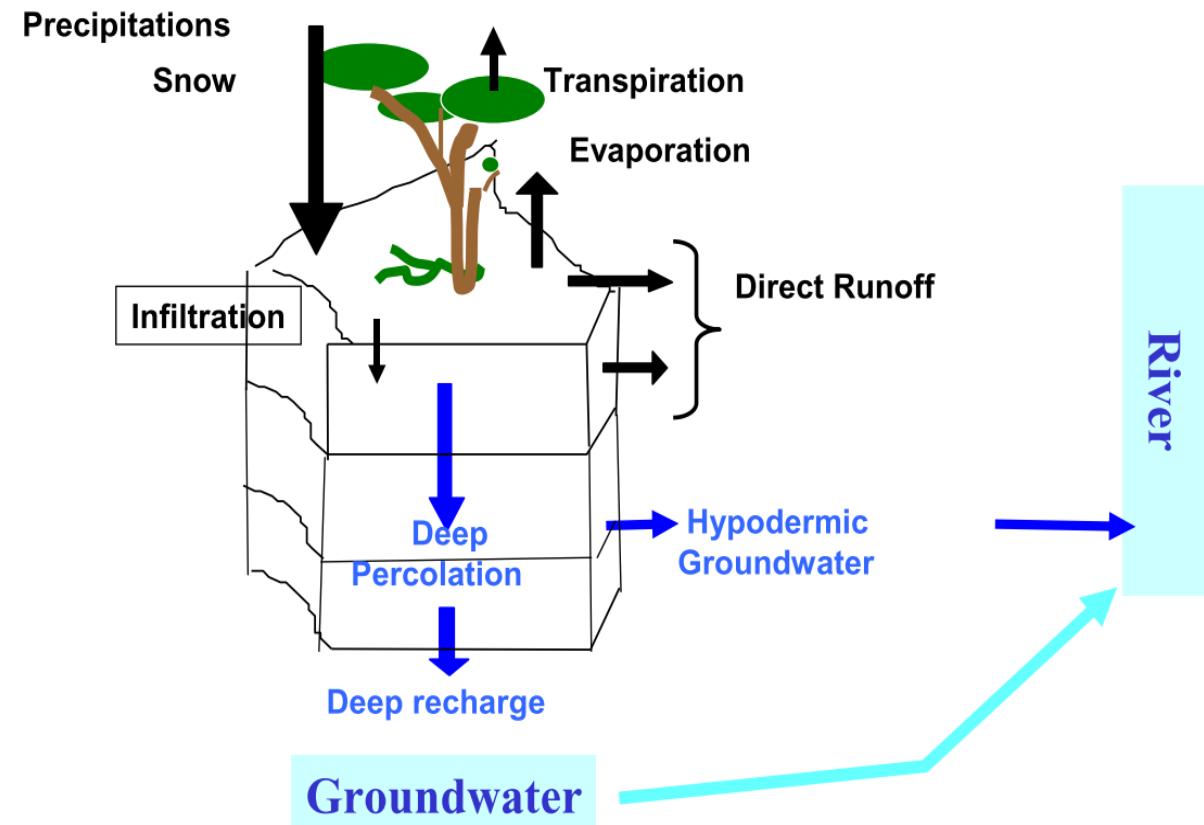
# Eau : indicateurs

- ▶ Evolution des inondations
  - ruissellement direct
  - imperméabilisation des sols
- ▶ Evolution de la recharge des nappes
- ▶ Cours d'eau à risques de sécheresse
- ▶ Risques de pollution en nitrate des cours d'eau et des nappes

## Modèle EPICgrid

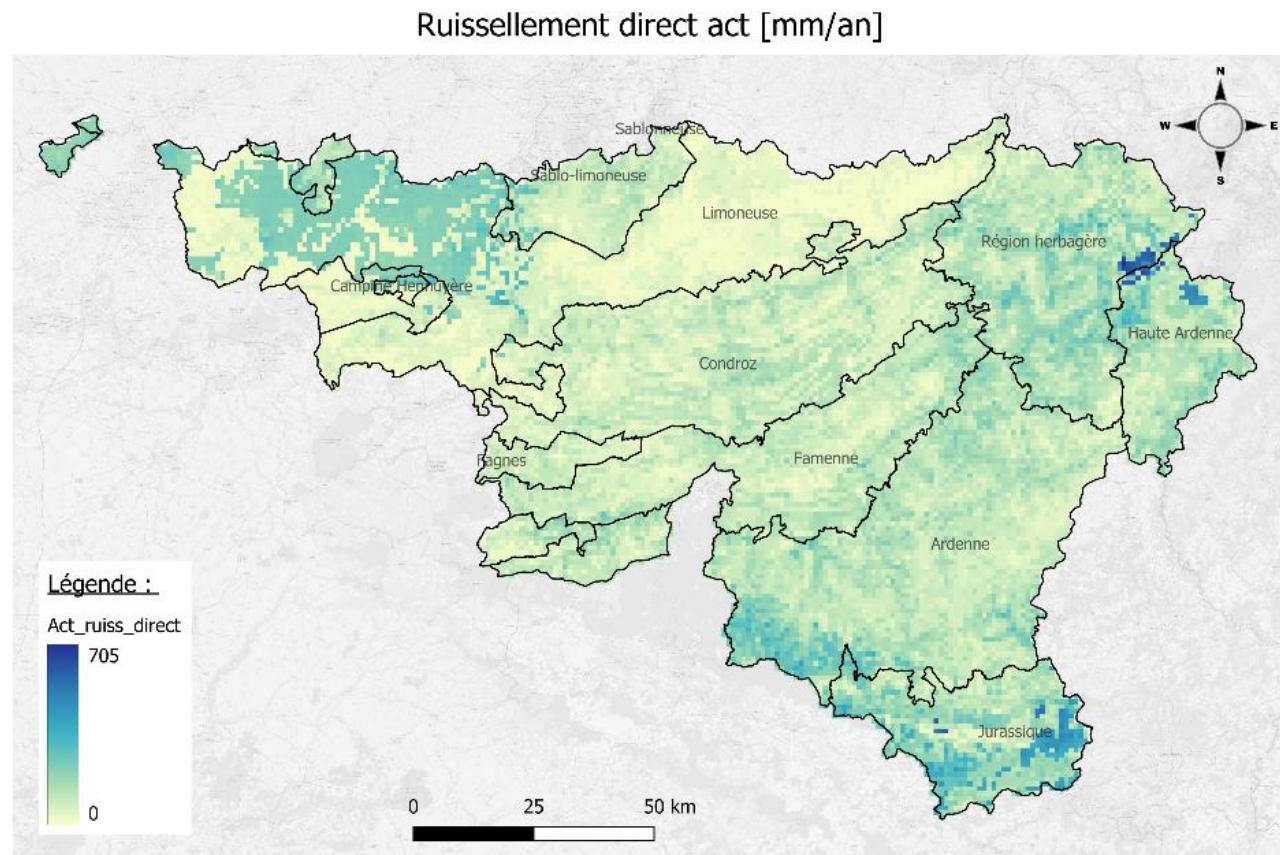
- Modèle hydrologique à 1 km<sup>2</sup> pour la Wallonie

Sohier, 2011  
<https://hdl.handle.net/2268/86912>



# Eau - inondations

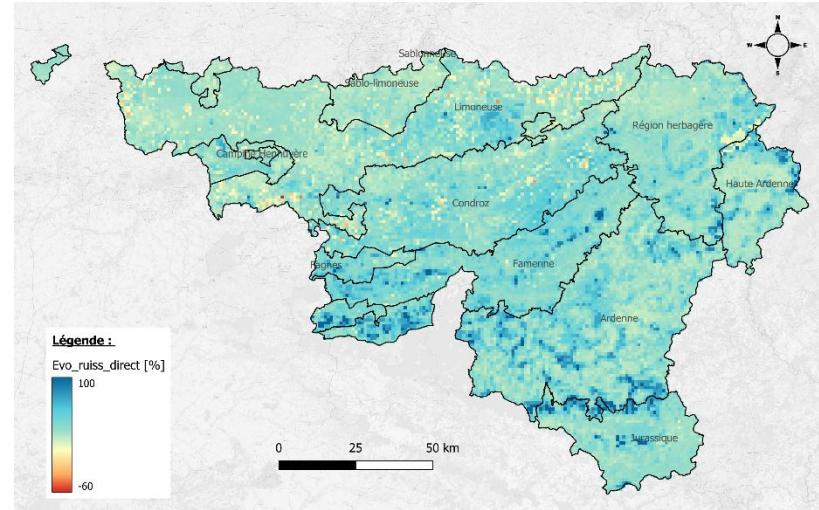
- ▶ Ruissellement direct = de surface et dans le sol à faible profondeur = ce qui influe le plus sur les inondations
- ▶ EPICgrid : 6 modèles + 3 scénarios
  - Scénarios de 30 années = moyenne
  - Actuel + évolution en % pour +2, +3 et +4°C
- ▶ Imperméabilisation des sols = scénario ReCover de l'ISSeP avec industries, commerces, résidentiel et services



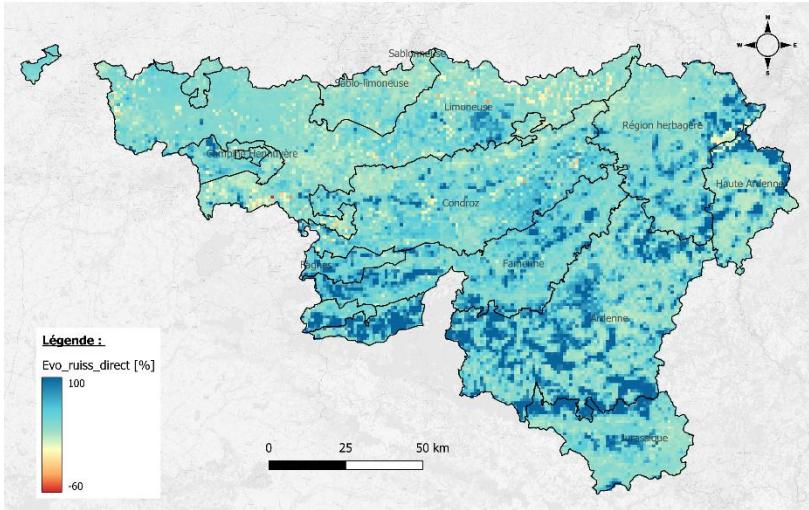


# Eau - inondations

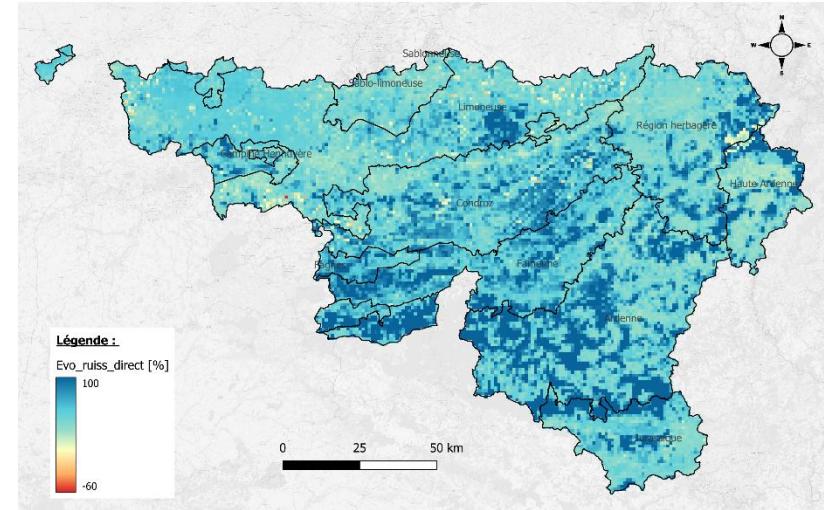
Evolution du ruissellement direct - 2deg - moyenne [%]



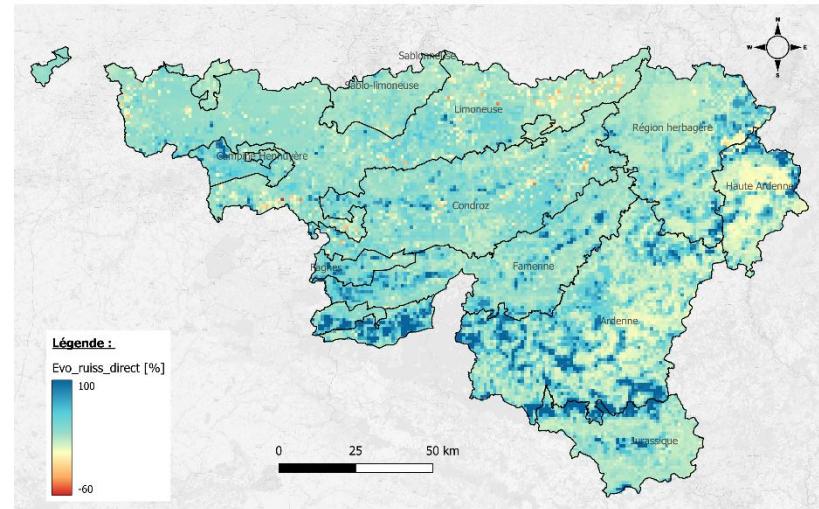
Evolution du ruissellement direct - 3deg - moyenne [%]



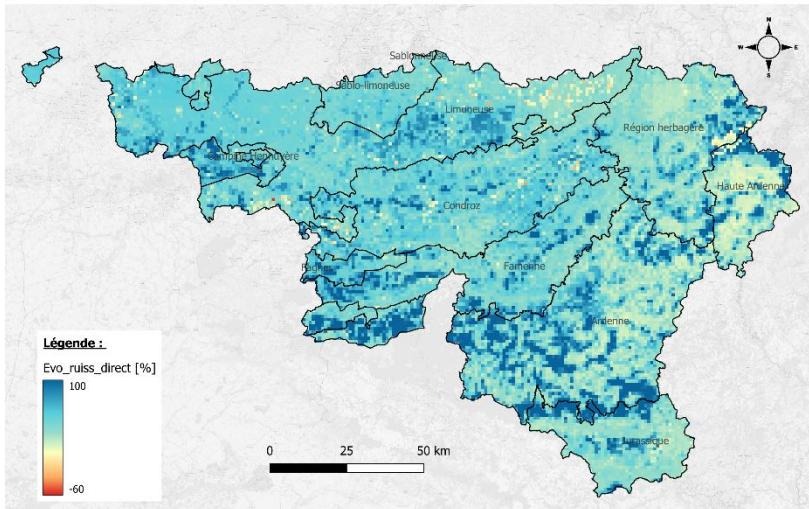
Evolution du ruissellement direct - 4deg - moyenne [%]



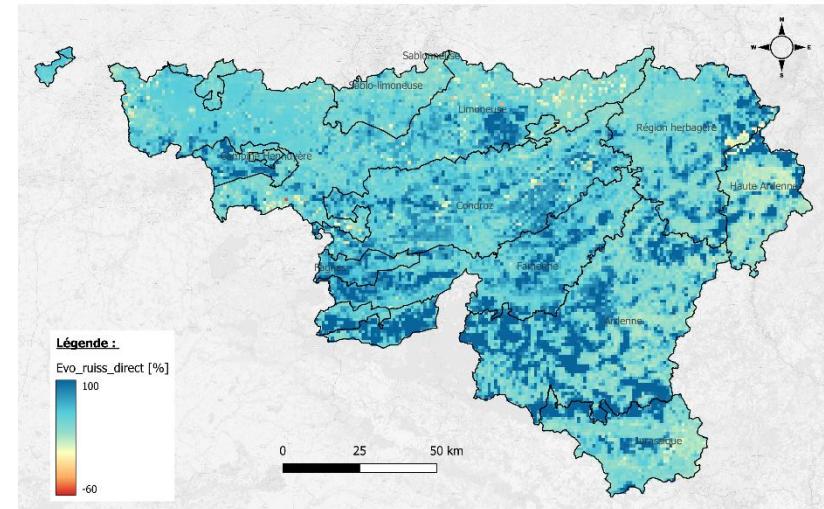
Evolution du ruissellement direct - 2deg - extrême [%]



Evolution du ruissellement direct - 3deg - extrême [%]



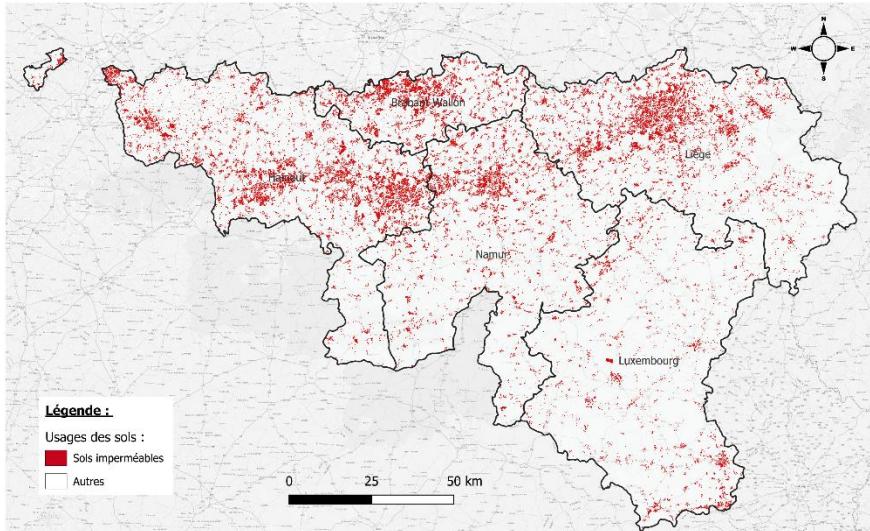
Evolution du ruissellement direct - 4deg - extrême [%]



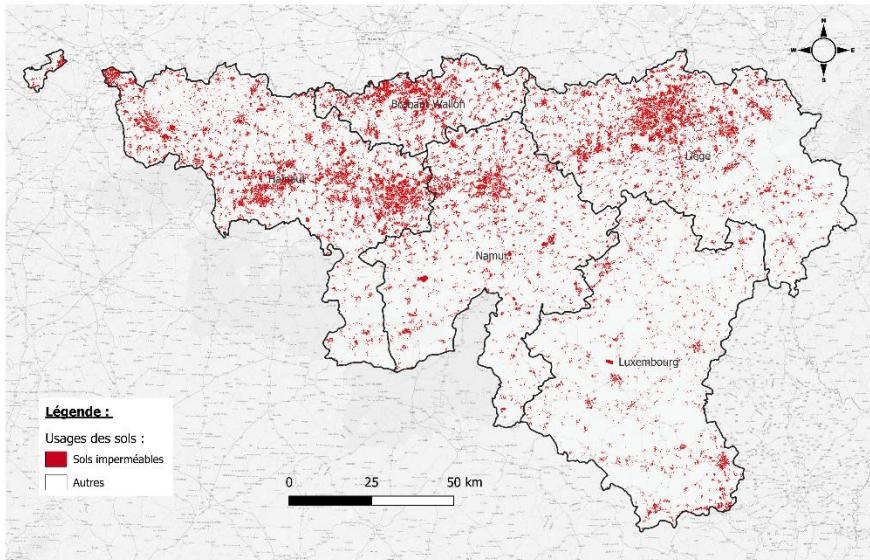


# Eau - inondations

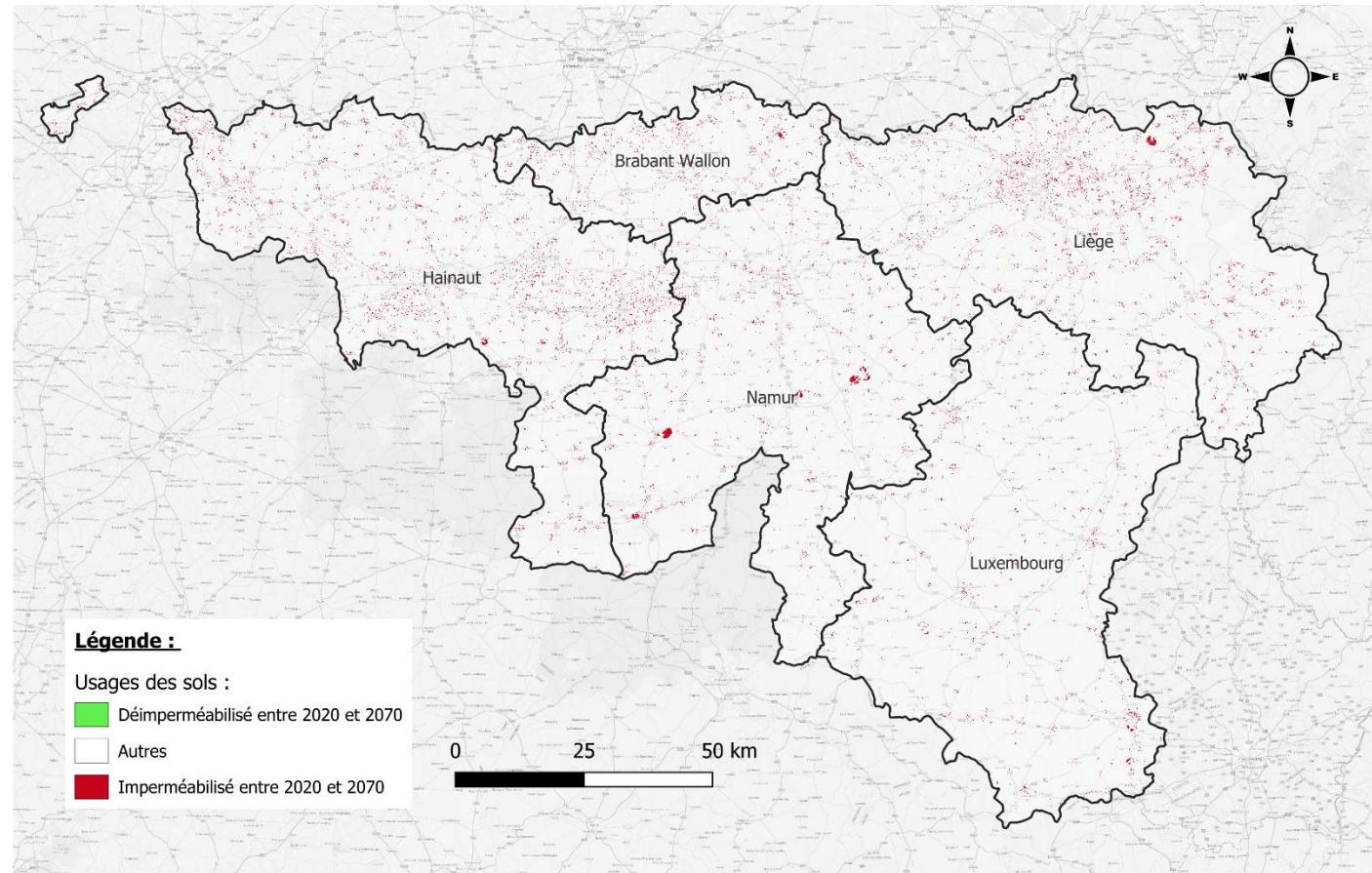
Sols imperméables 2020



Sols imperméables 2070



Evolution de l'imperméabilisation entre 2020 et 2070



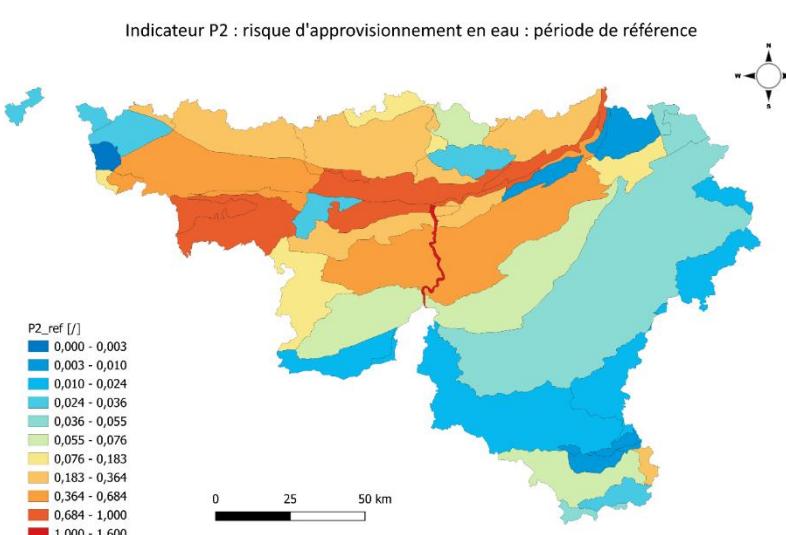
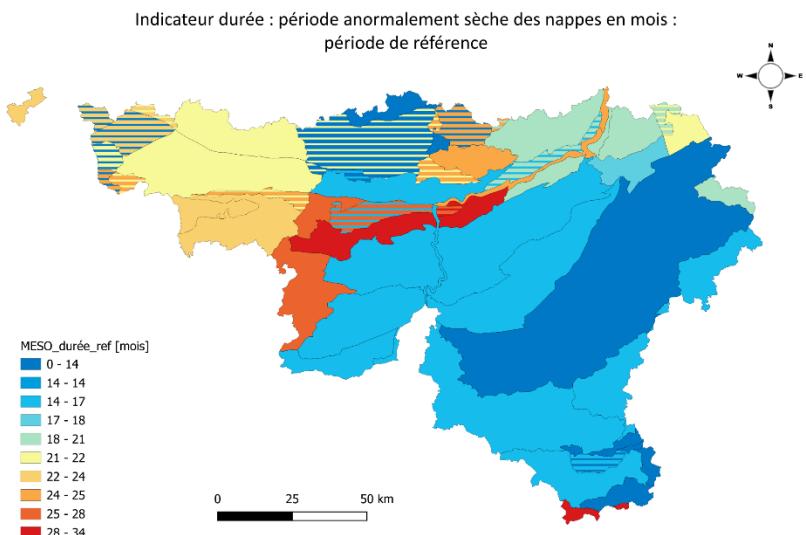
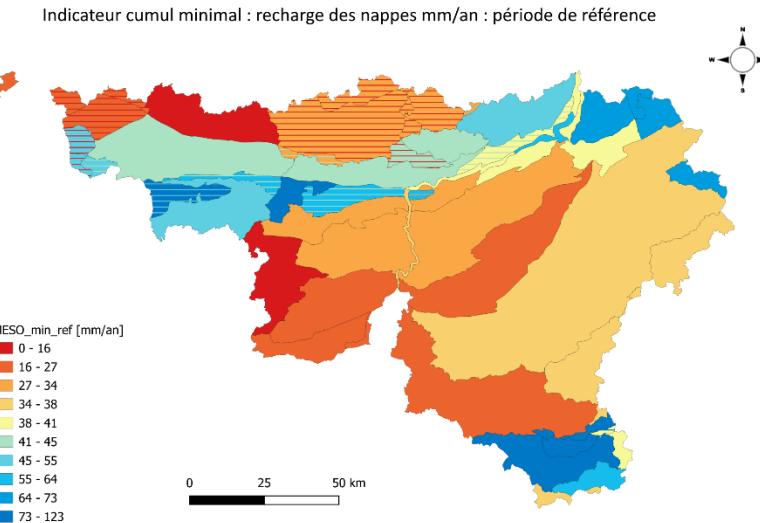
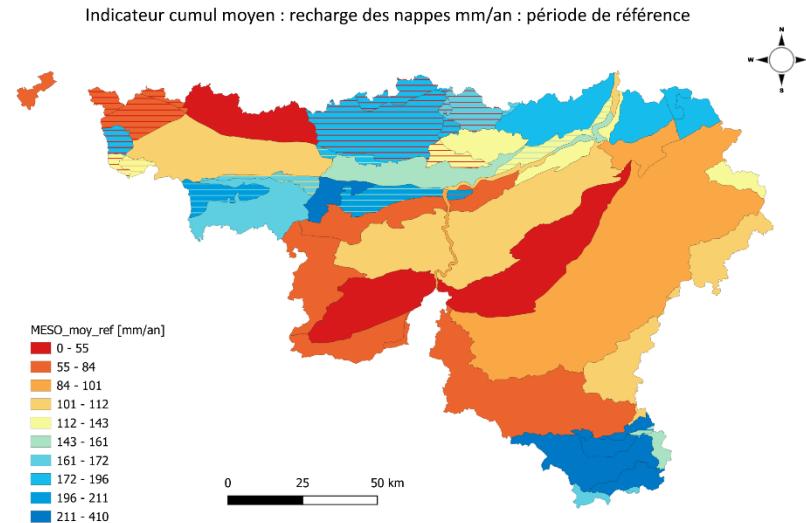


# Nappes d'eau à risques de sécheresse

- ▶ Données = percolation profonde de l'eau
- ▶ Développement d'indicateurs avec l'équipe Serge Brouyère = Uliège Groundwater resources engineering
  - Recharge des nappes moyenne (mm/an)
  - Recharge minimale (mm/an)
  - Durée sécheresse anormalement des nappes (jours) => sur base de statistiques par masse d'eau
  - Risque pour l'approvisionnement (/) = volume capté/volume rechargé



# Nappes d'eau à risques de sécheresse



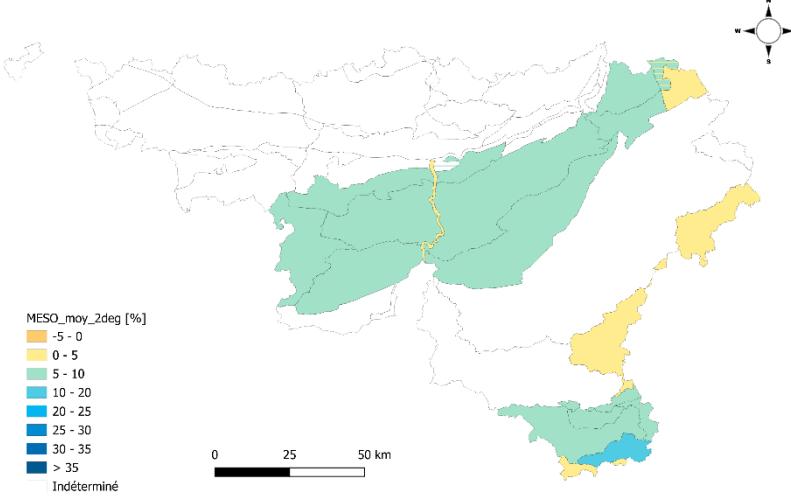
Land Use constant  
Qualité du sol constante  
Prélèvements constants

# Nappes d'eau à risques de sécheresse

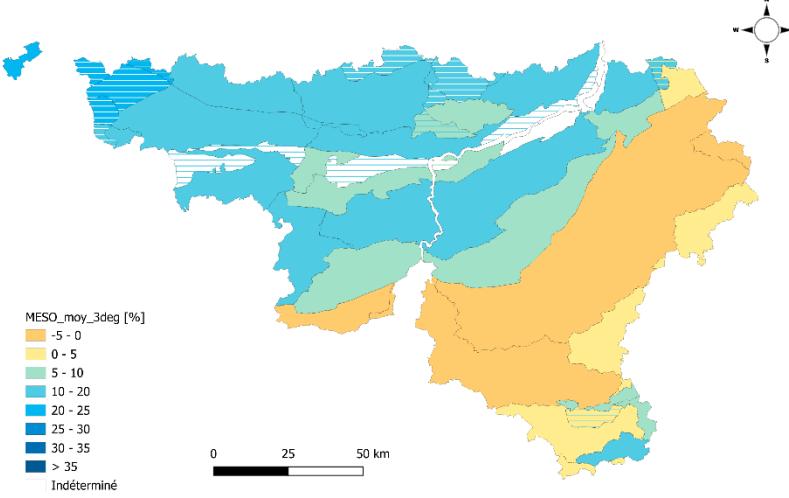


## Recharge moyenne : extrême et moyenne

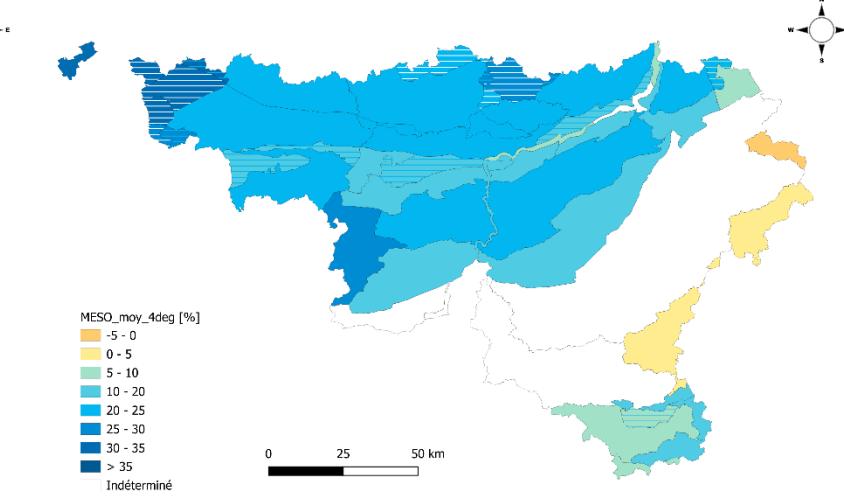
Evolution du cumul annuel moyen des eaux souterraines à 2 degrés



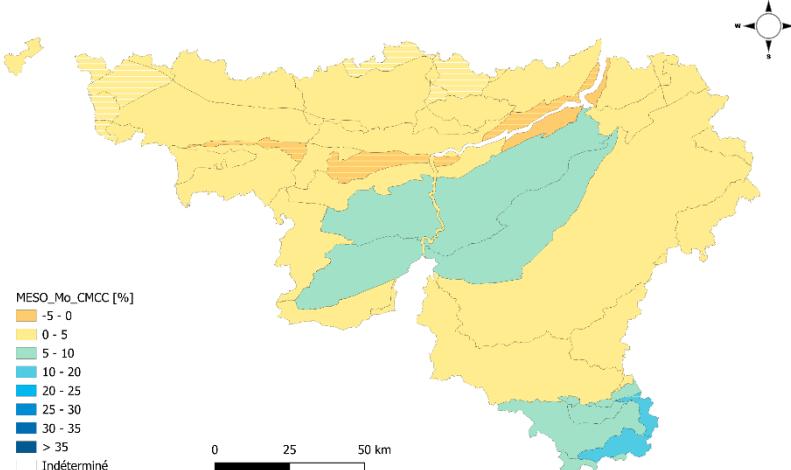
Evolution du cumul annuel moyen des eaux souterraines à 3 degrés



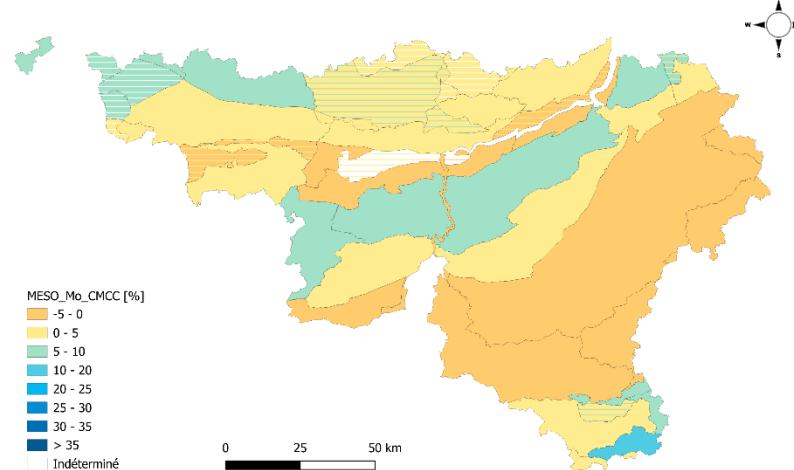
Evolution du cumul annuel moyen des eaux souterraines à 4 degrés



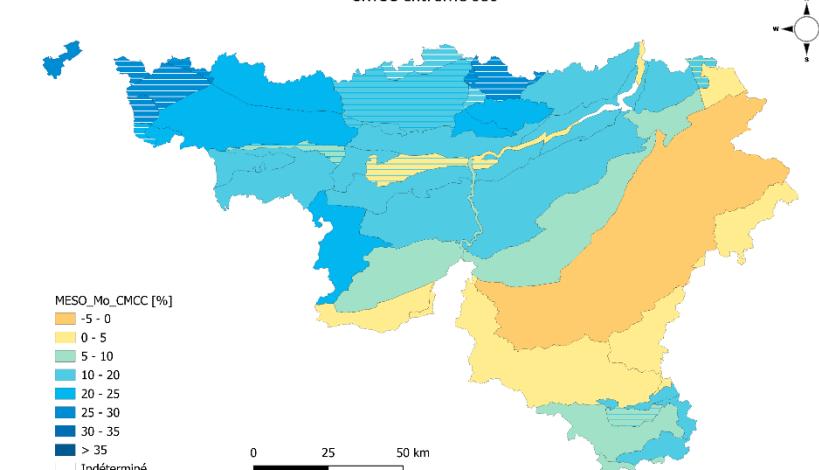
Evolution du cumul annuel moyen des eaux souterraines à 2 degrés :  
CMCC extrême sec



Evolution du cumul annuel moyen des eaux souterraines à 3 degrés :  
CMCC extrême sec



Evolution du cumul annuel moyen des eaux souterraines à 4 degrés :  
CMCC extrême sec

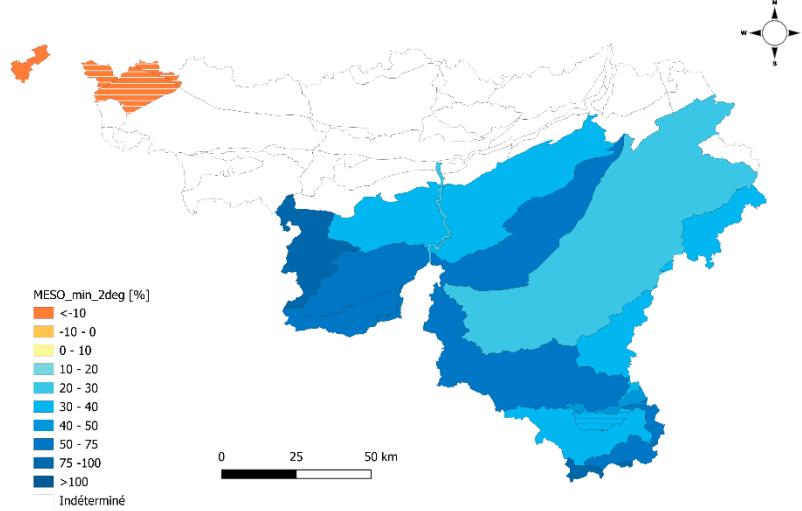


# Nappes d'eau à risques de sécheresse

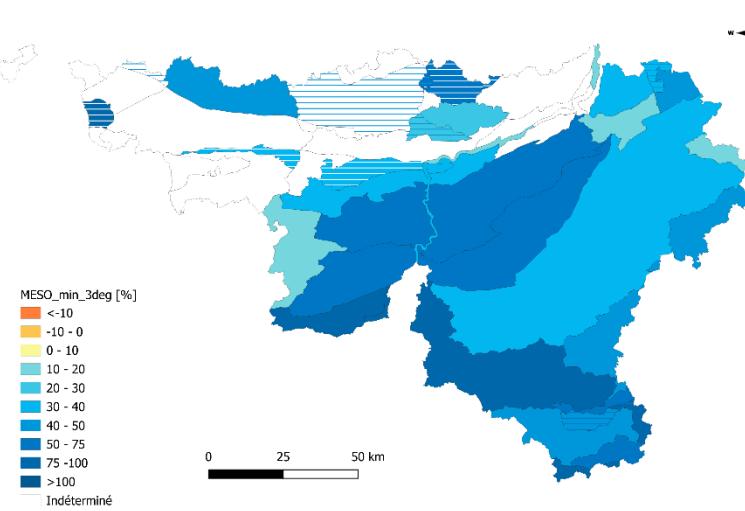


## Recharge minimale : extrême et moyenne

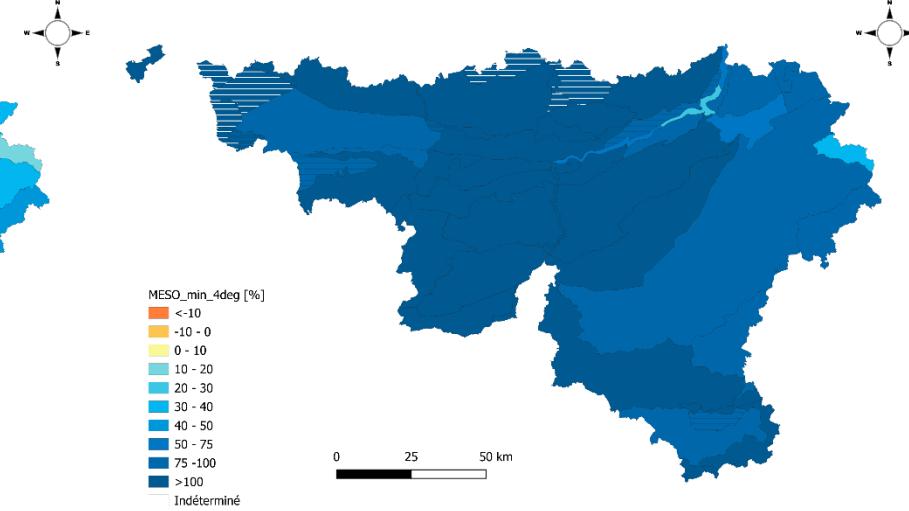
Evolution du cumul annuel minimal des eaux souterraines à 2 degrés



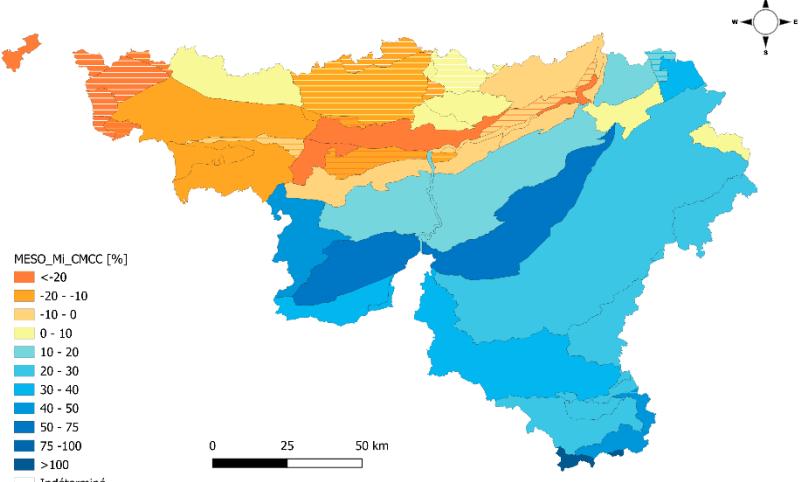
Evolution du cumul annuel minimal des eaux souterraines à 3 degrés



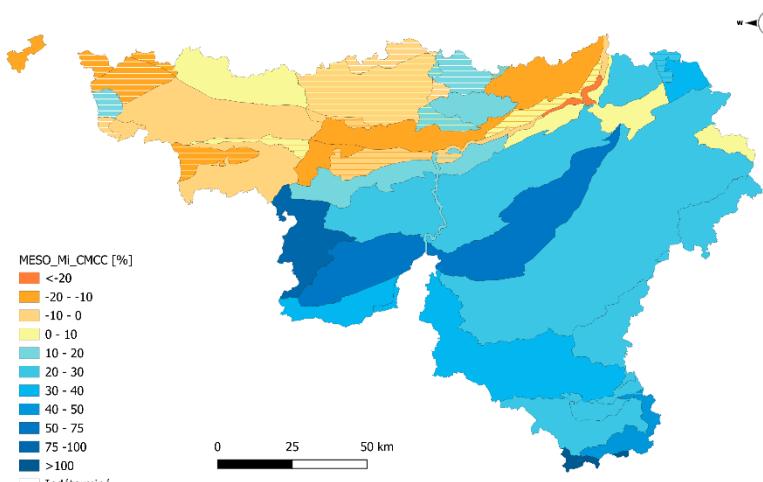
Evolution du cumul annuel minimal des eaux souterraines à 4 degrés



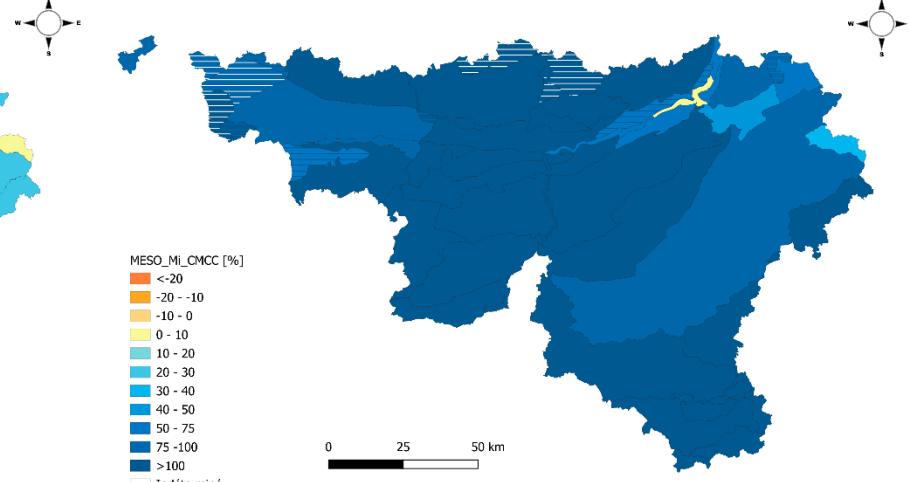
Evolution du cumul annuel minimal des eaux souterraines à 2 degrés :  
CMCC extrême sec



Evolution du cumul annuel minimal des eaux souterraines à 3 degrés :  
CMCC extrême sec



Evolution du cumul annuel minimal des eaux souterraines à 4 degrés :  
CMCC extrême sec

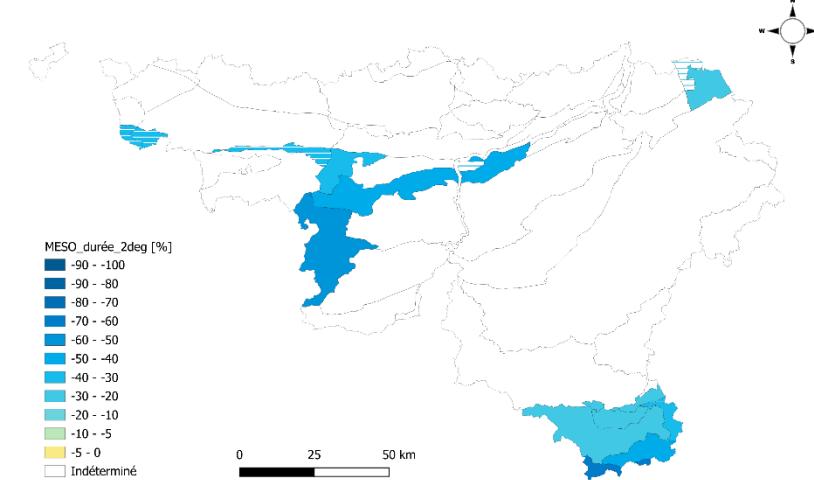


# Nappes d'eau à risques de sécheresse

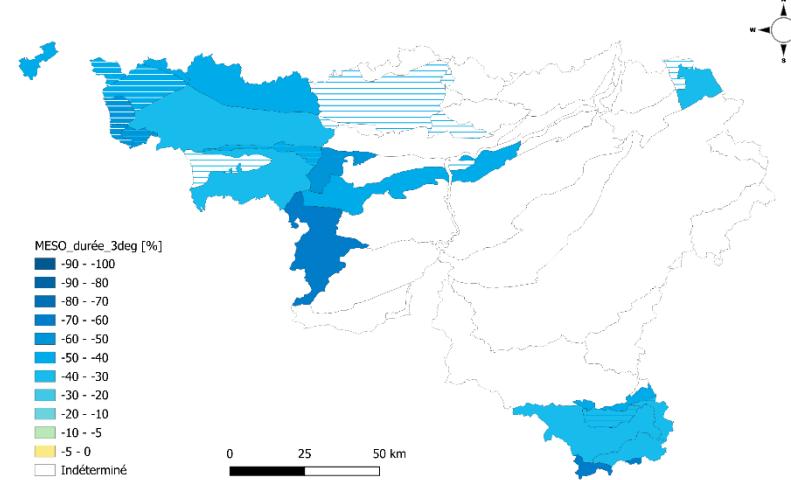


## Durée de période de sécheresse des nappes : extrême et moyenne

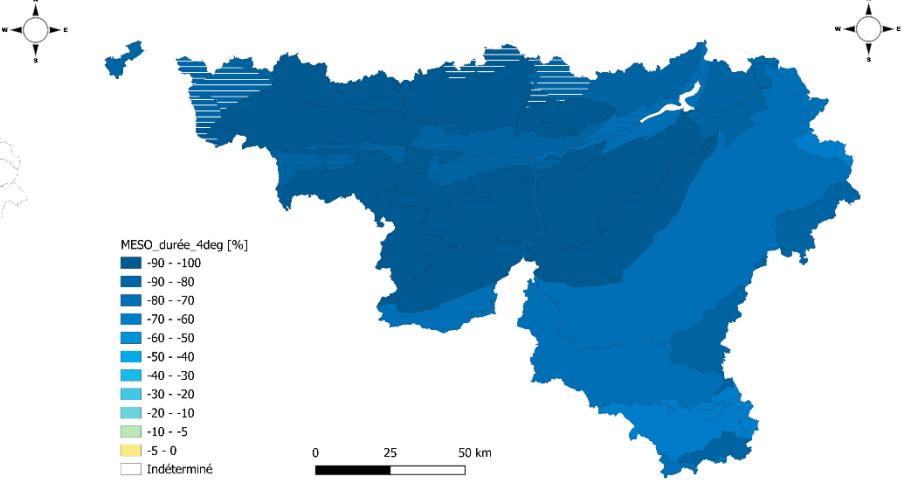
Evolution de la durée d'une sécheresse anormale des eaux souterraines à 2 degrés



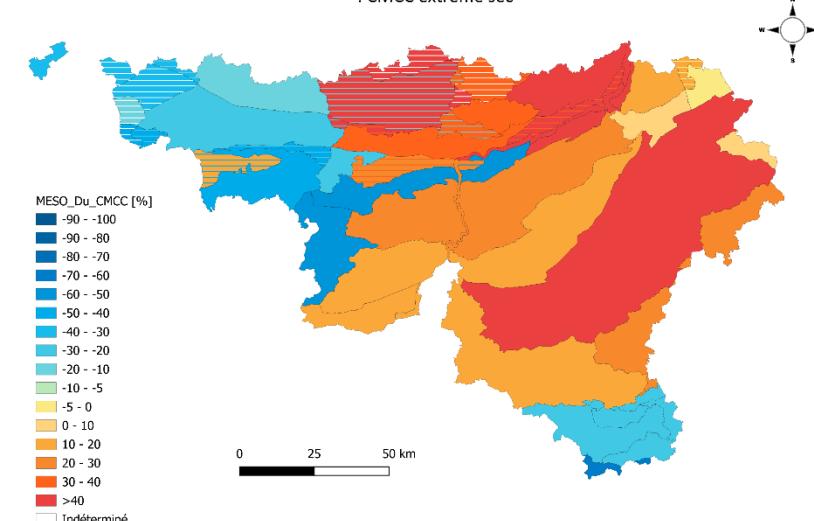
Evolution de la durée d'une sécheresse anormale des eaux souterraines à 3 degrés



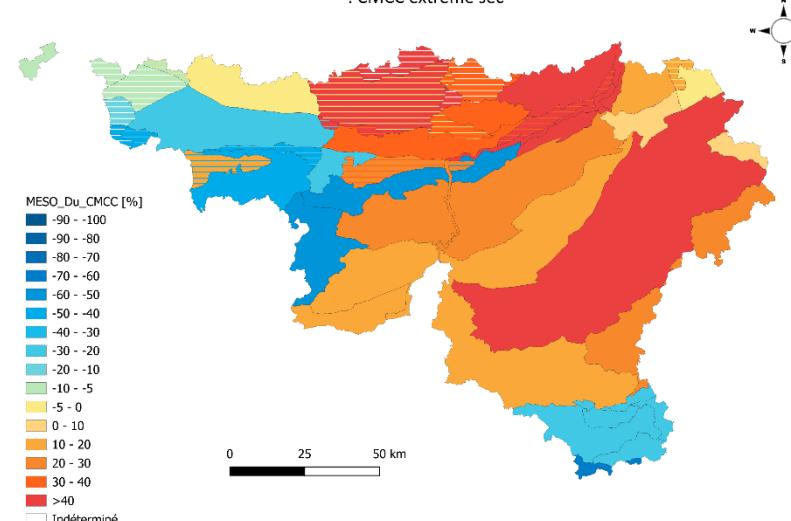
Evolution de la durée d'une sécheresse anormale des eaux souterraines à 4 degrés



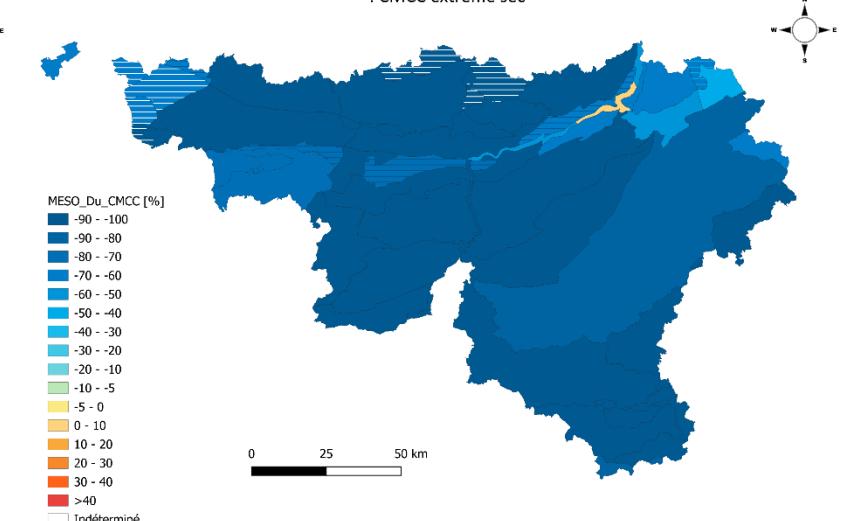
Evolution de la durée d'une sécheresse anormale des eaux souterraines à 2 degrés  
: CMCC extrême sec



Evolution de la durée d'une sécheresse anormale des eaux souterraines à 3 degrés  
: CMCC extrême sec



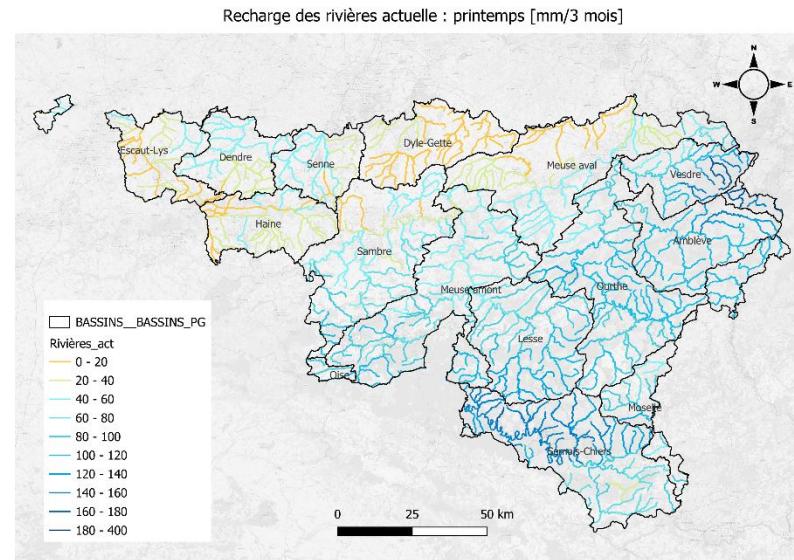
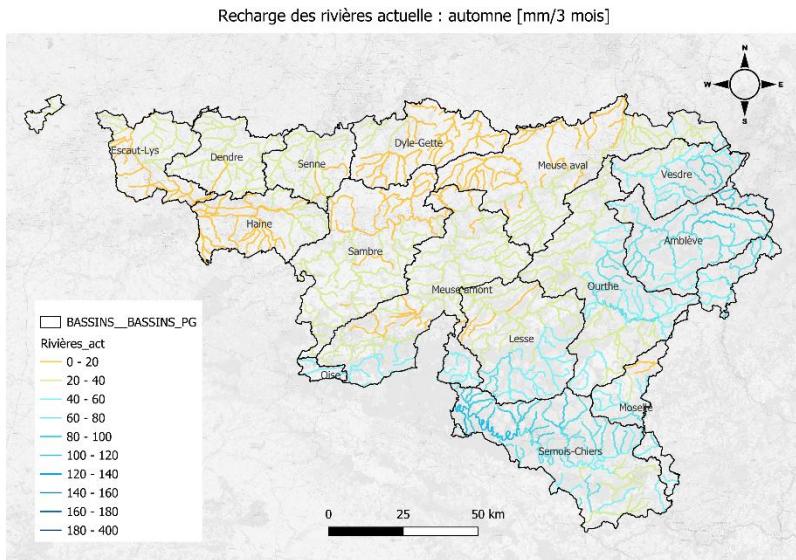
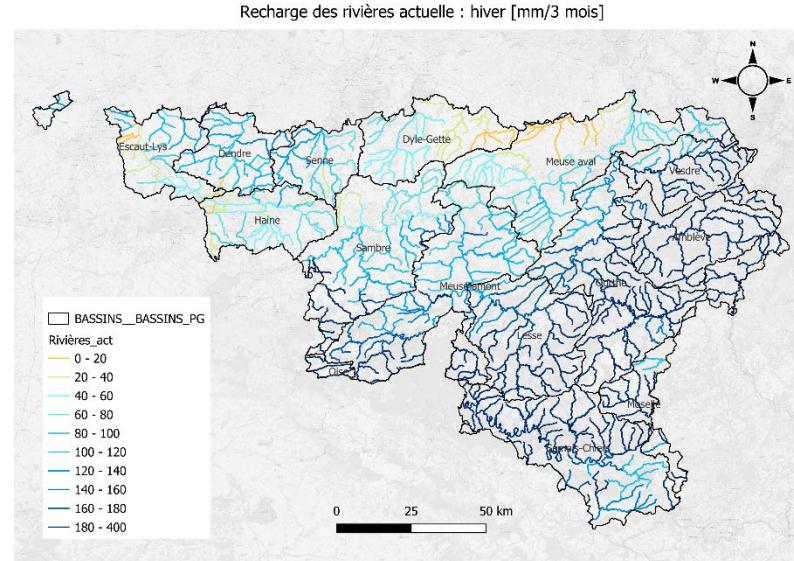
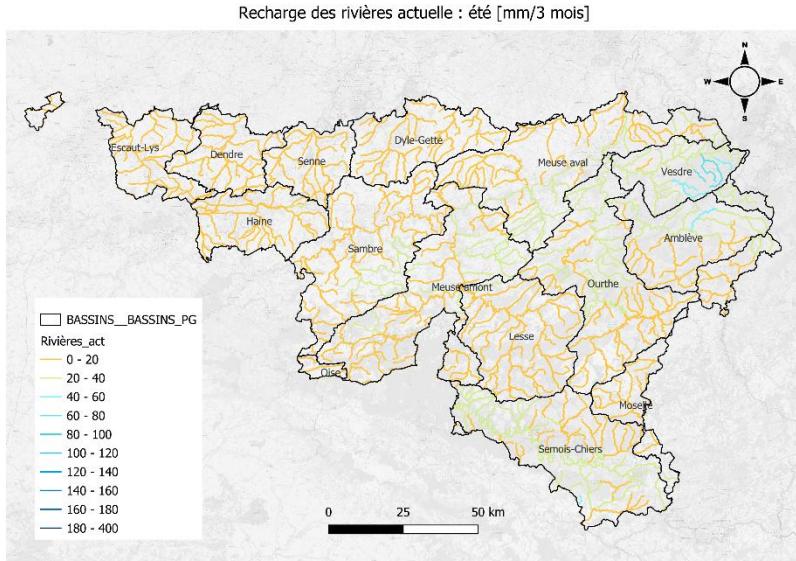
Evolution de la durée d'une sécheresse anormale des eaux souterraines à 4 degrés  
: CMCC extrême sec



# Cours d'eau à risques de sécheresse



## Apports aux rivières actuel



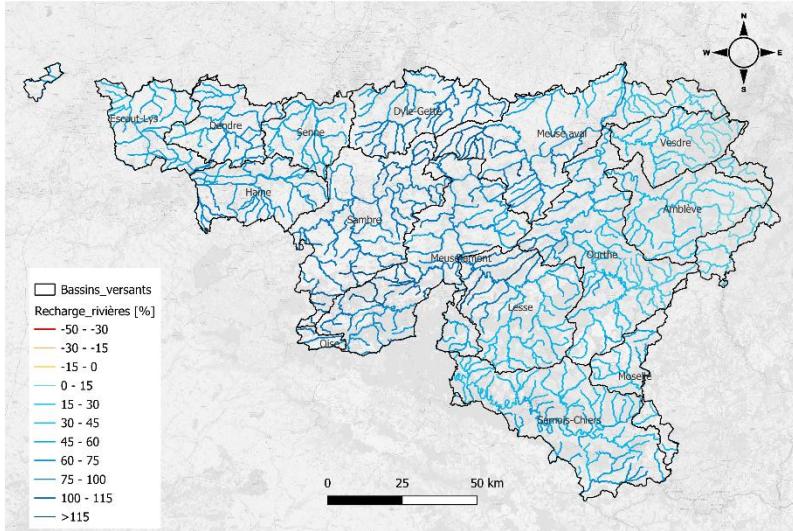
Land Use constant  
Qualité du sol constante

# Cours d'eau à risques de sécheresse

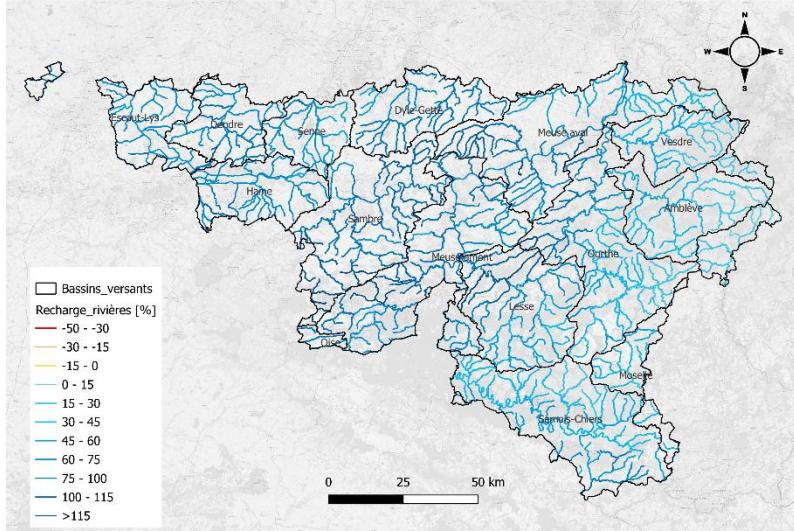


Apport rivières automne

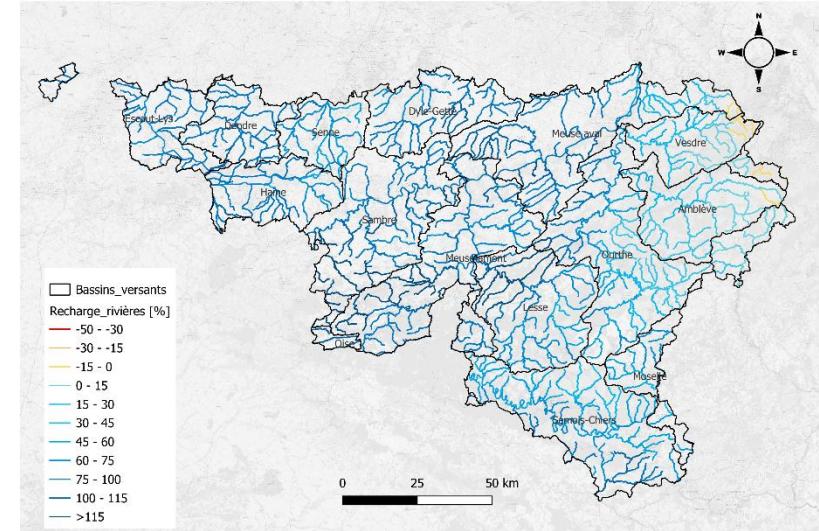
Evolution de la recharge des rivières 2deg : automne [%]



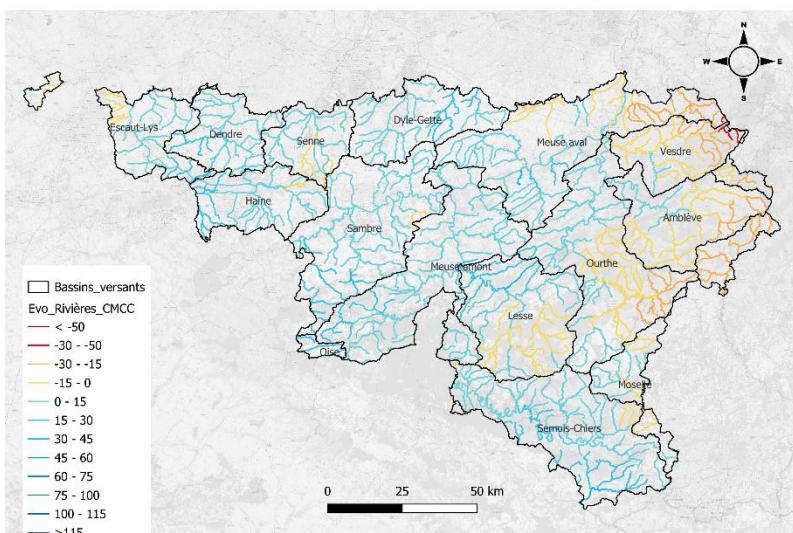
Evolution de la recharge des rivières 3deg : automne [%]



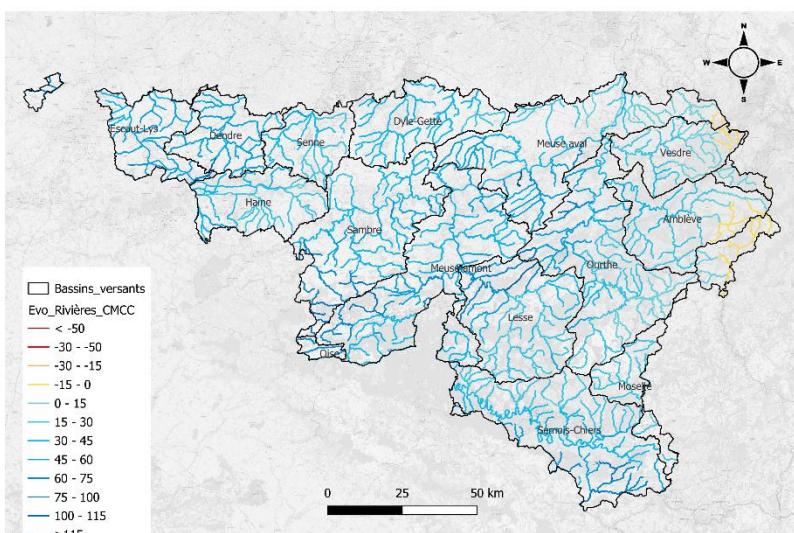
Evolution de la recharge des rivières 4deg : automne [%]



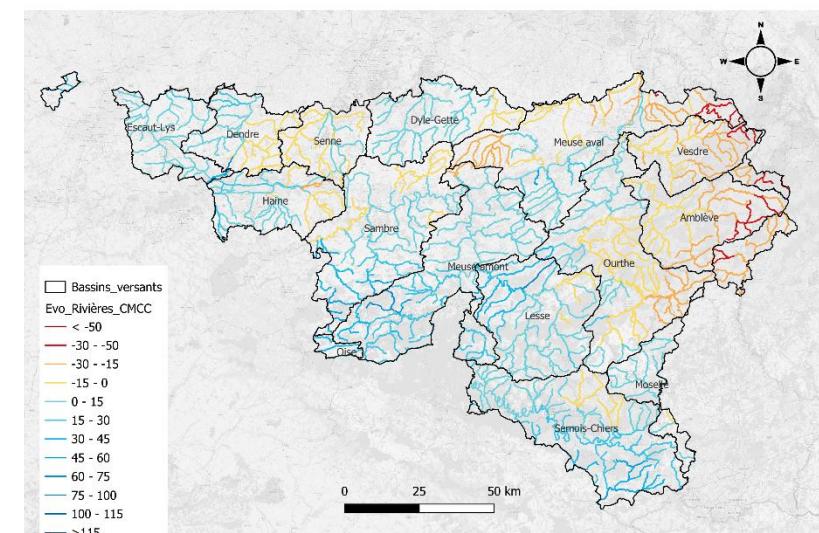
Evolution de la recharge des rivières 2deg : automne : extrême sec



Evolution de la recharge des rivières 3deg : automne : extrême sec



Evolution de la recharge des rivières 4deg : automne : extrême sec

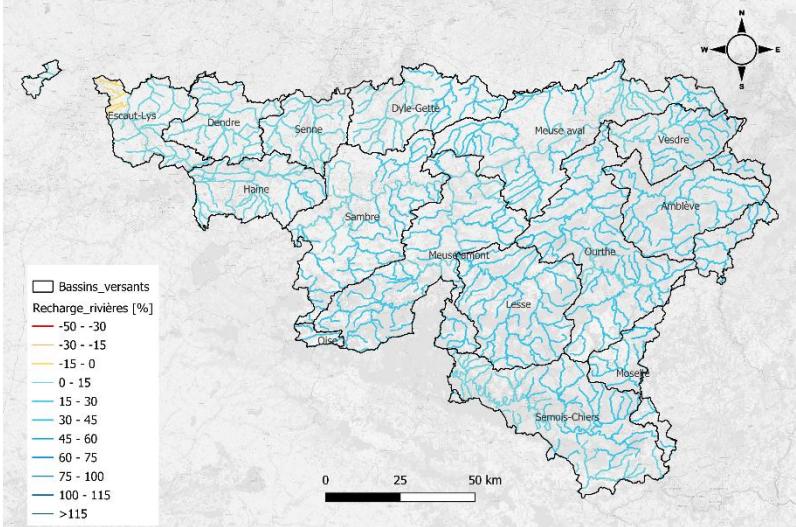


# Cours d'eau à risques de sécheresse

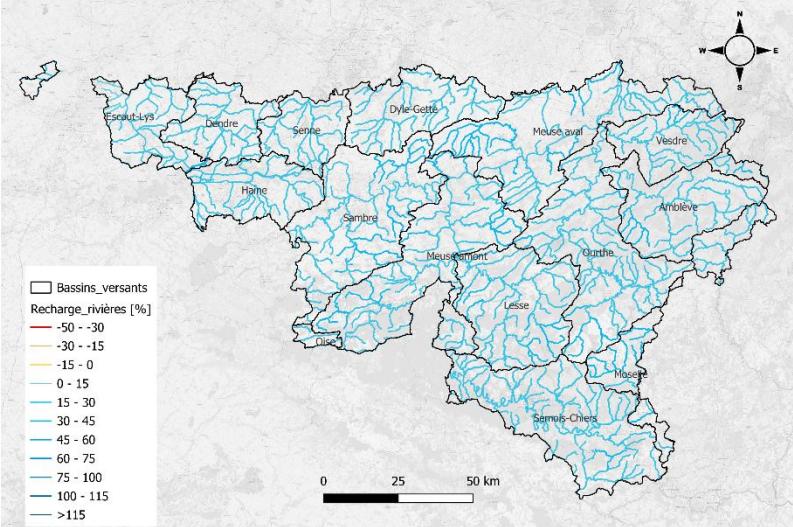


Apport rivières hiver

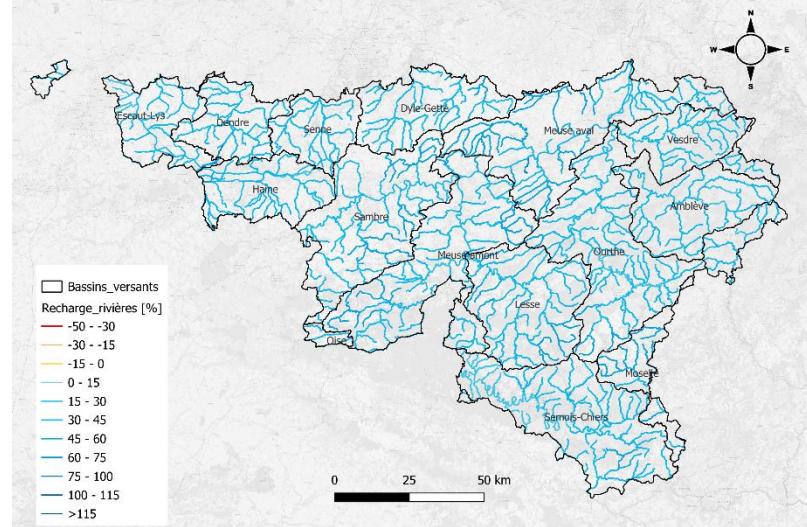
Evolution de la recharge des rivières 2deg : hiver [%]



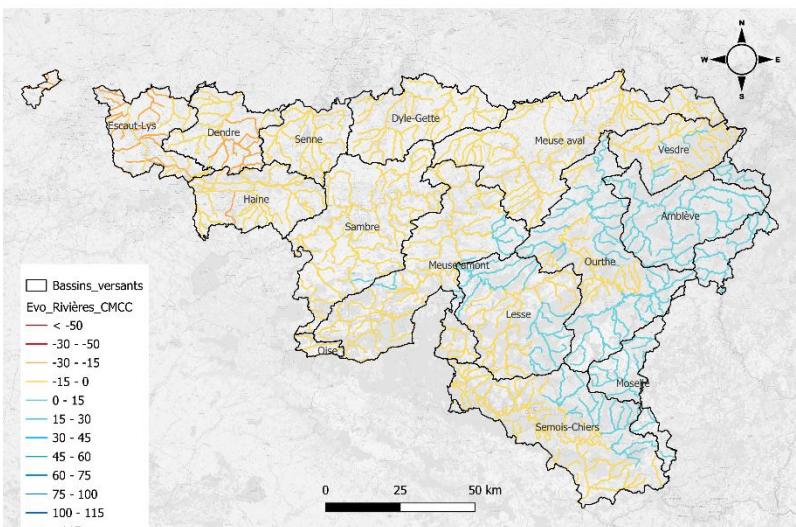
Evolution de la recharge des rivières 3deg : hiver [%]



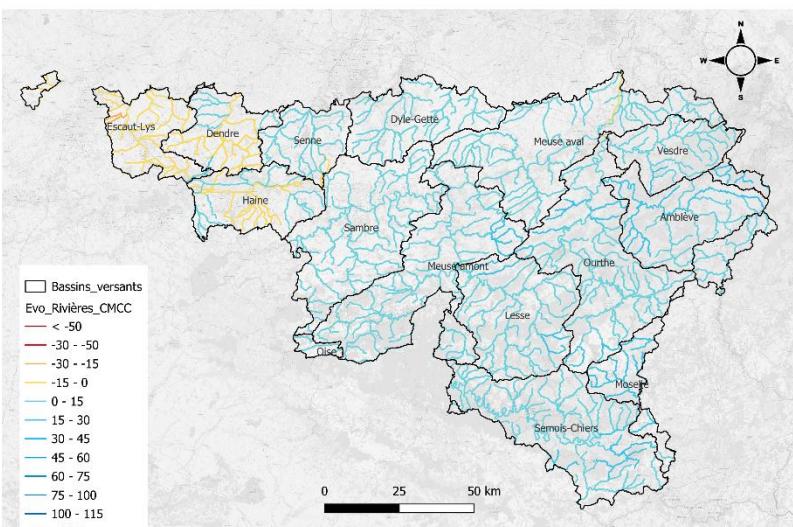
Evolution de la recharge des rivières 4deg hiver [%]



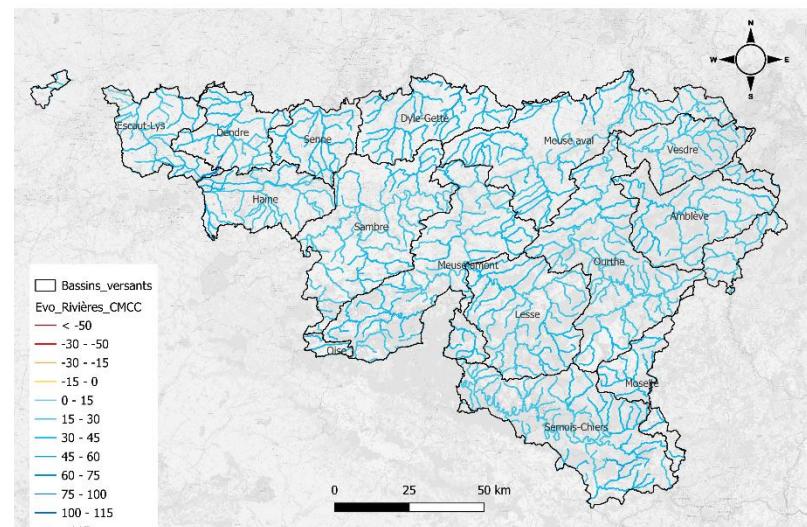
Evolution de la recharge des rivières 2deg : hiver : extrême sec



Evolution de la recharge des rivières 3deg : hiver : extrême sec



Evolution de la recharge des rivières 4deg : hiver : extrême sec

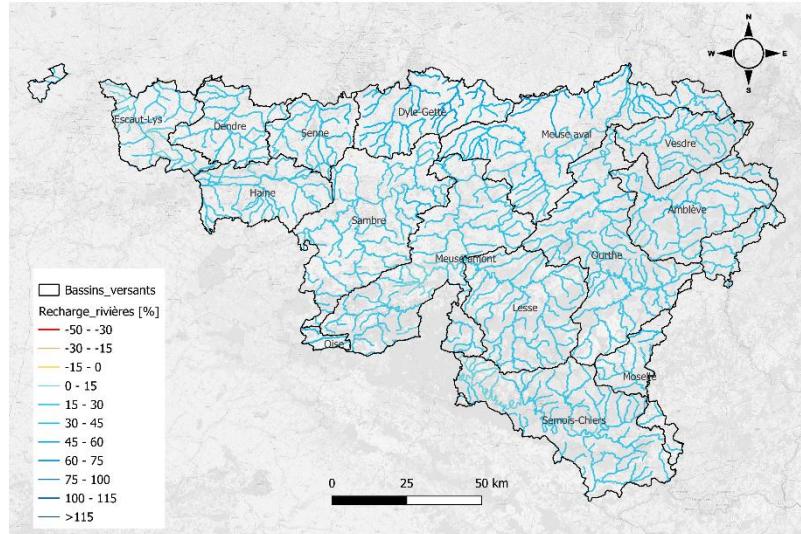


# Cours d'eau à risques de sécheresse

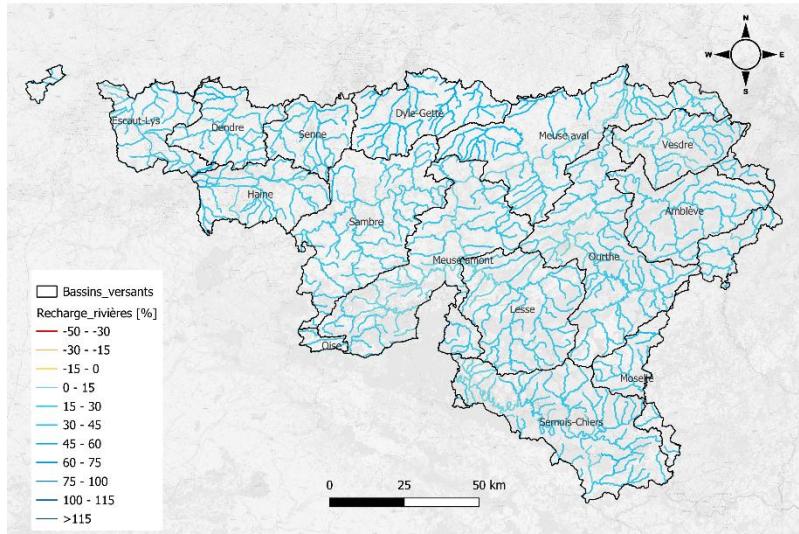


## Apports rivières printemps

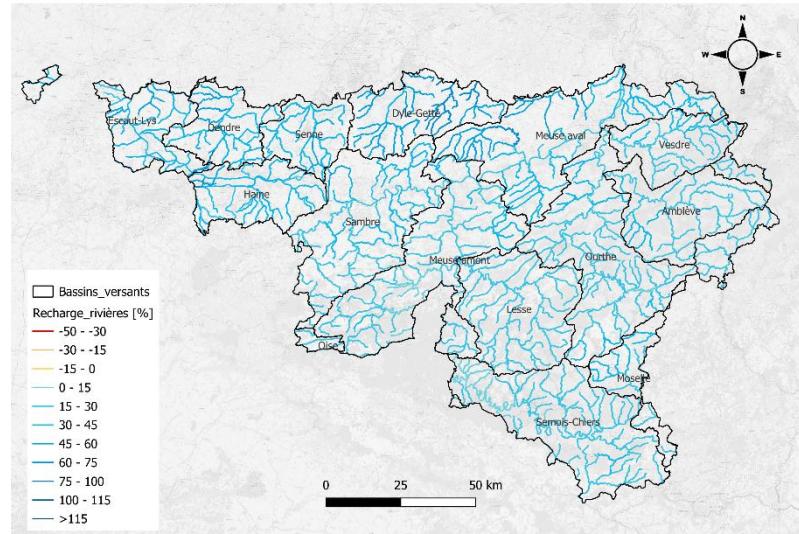
Evolution de la recharge des rivières 2deg : printemps [%]



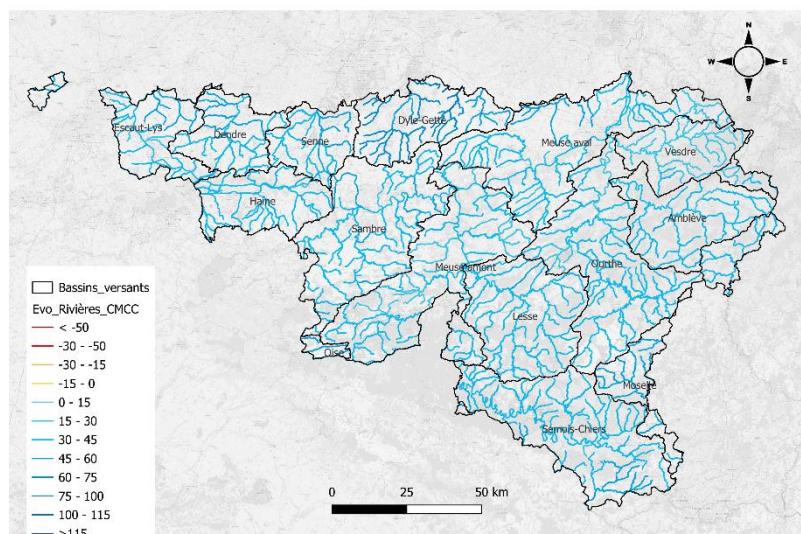
Evolution de la recharge des rivières 3deg : printemps [%]



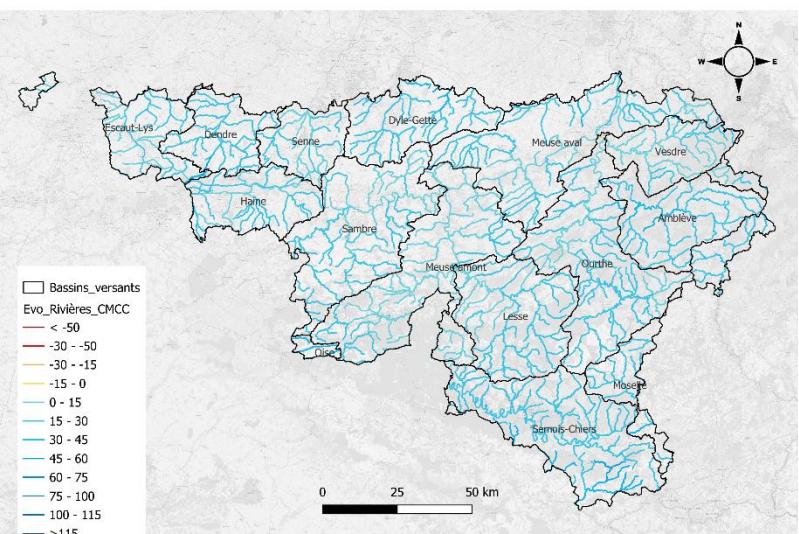
Evolution de la recharge des rivières 4deg : printemps [%]



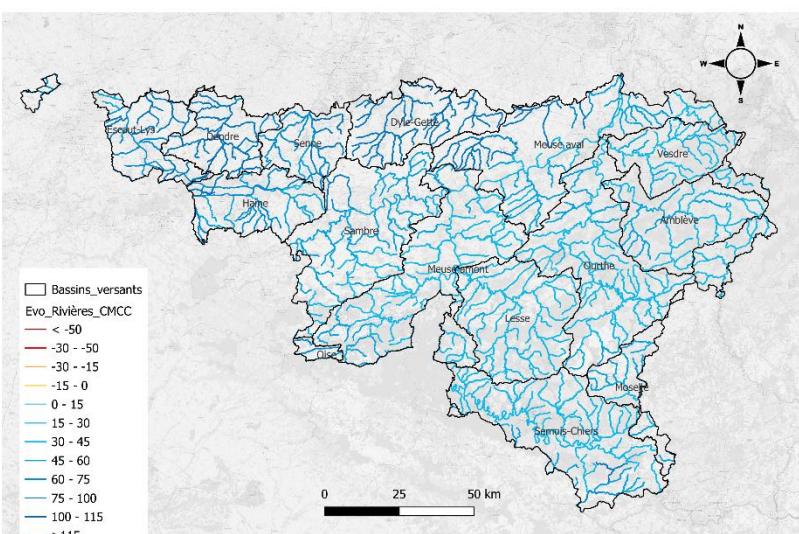
Evolution de la recharge des rivières 2deg : printemps : extrême sec



Evolution de la recharge des rivières 3deg : printemps : extrême sec



Evolution de la recharge des rivières 4deg : printemps : extrême sec

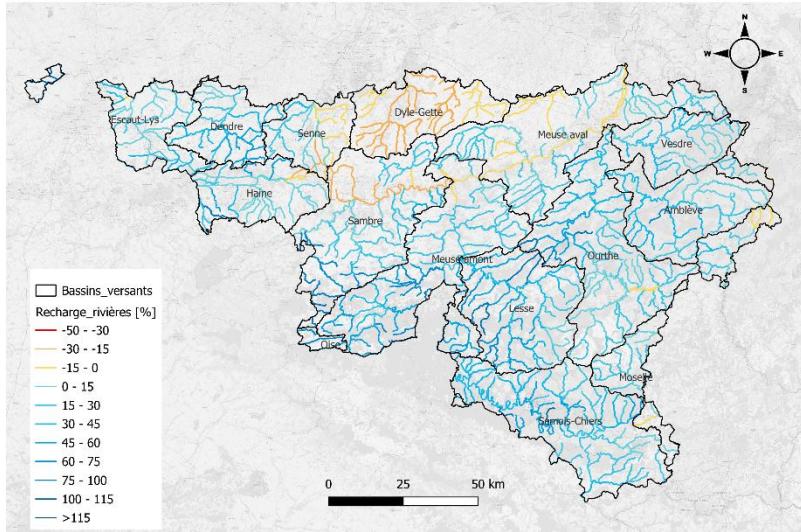


# Cours d'eau à risques de sécheresse

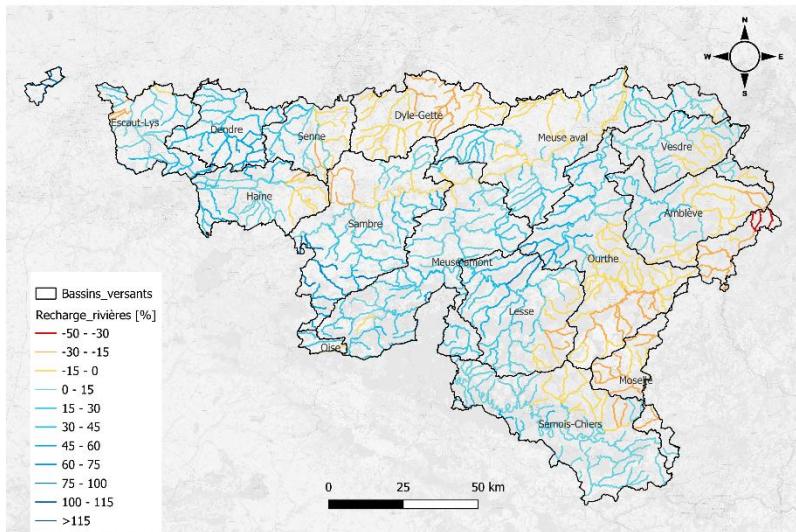


Apports rivières été

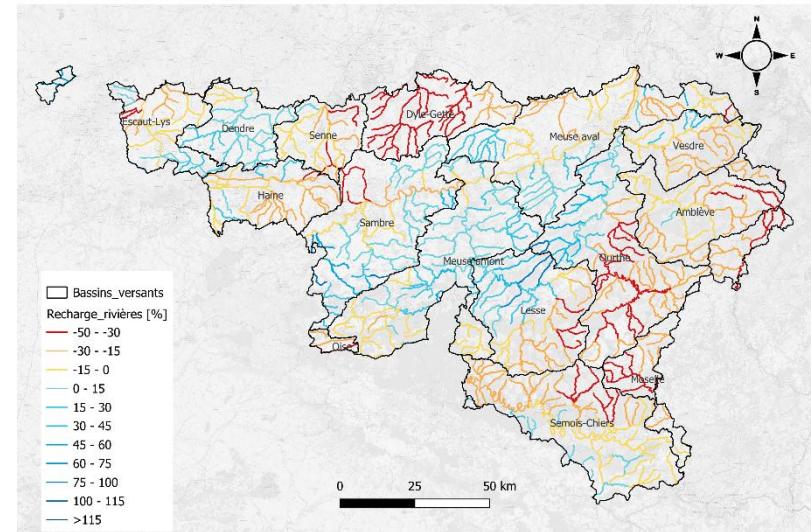
Evolution de la recharge des rivières 2deg : été [%]



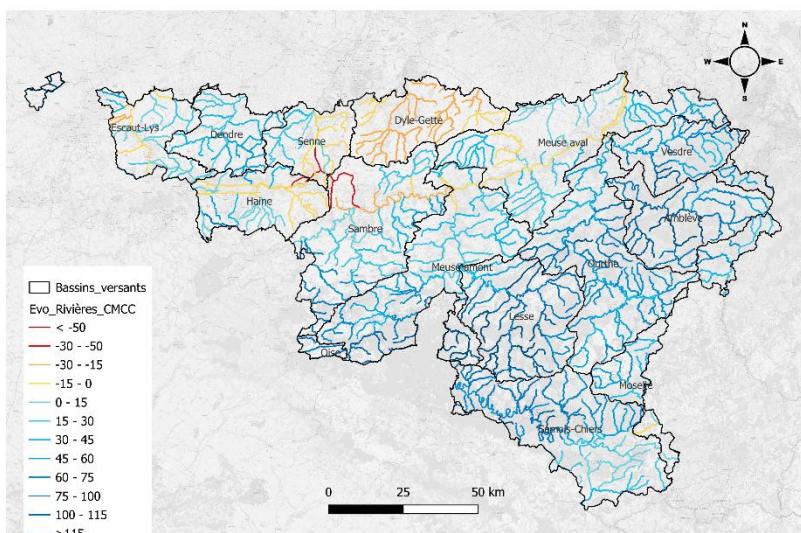
Evolution de la recharge des rivières 3deg : été [%]



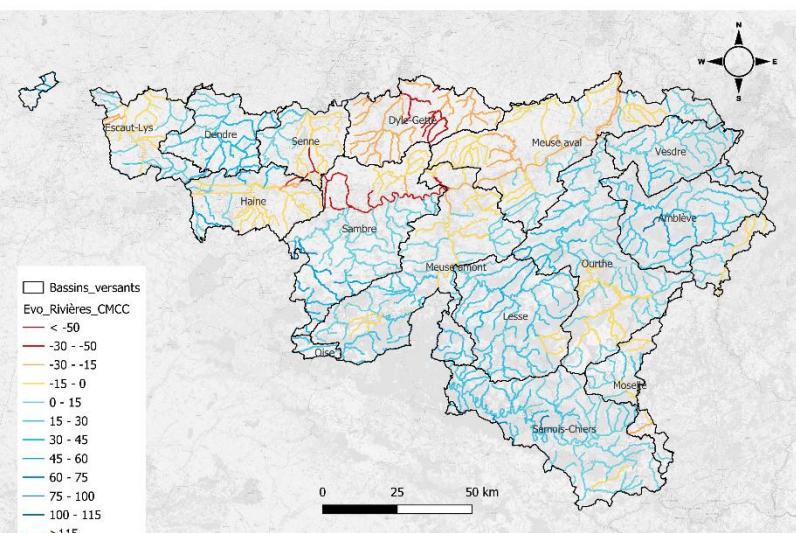
Evolution de la recharge des rivières 4deg : été [%]



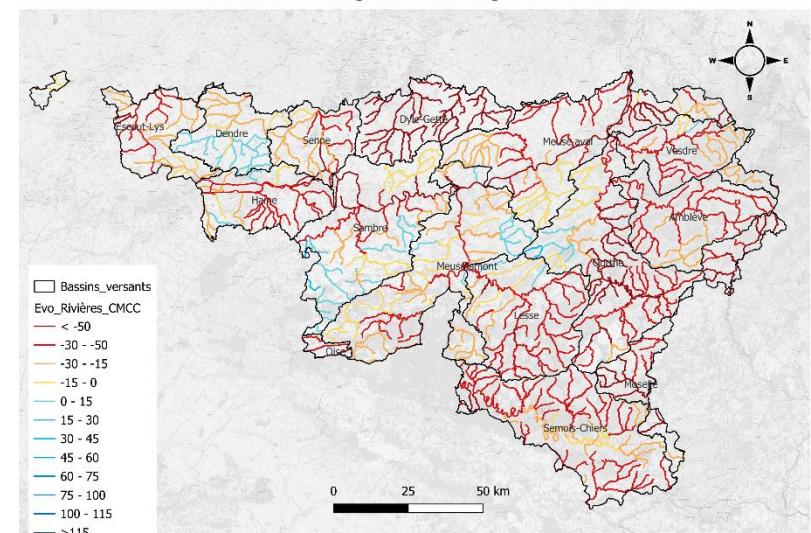
Evolution de la recharge des rivières 2deg : été : extrême sec



Evolution de la recharge des rivières 3deg : été : extrême sec



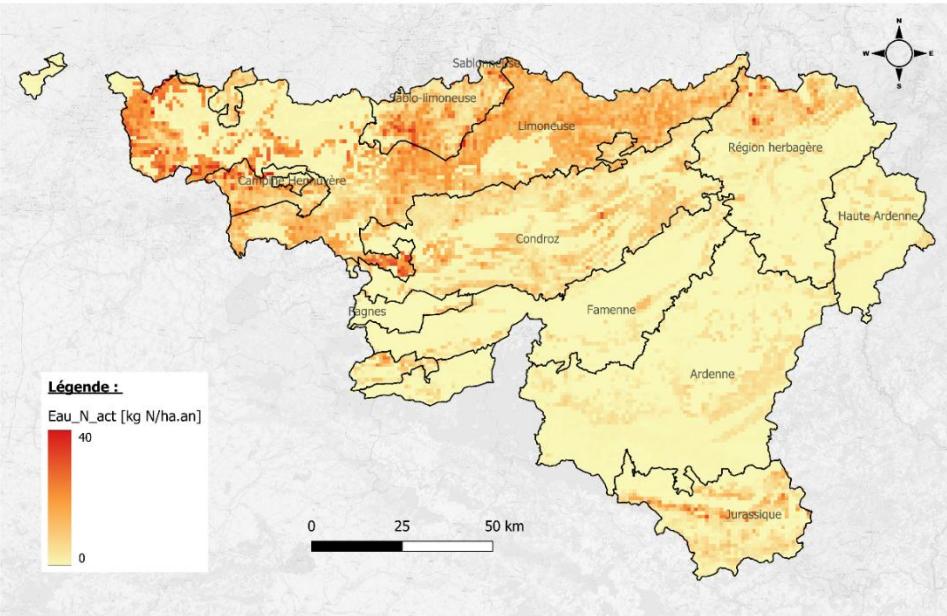
Evolution de la recharge des rivières 4deg : été : extrême sec



# Evolution de la pression en nitrate sur les ESO

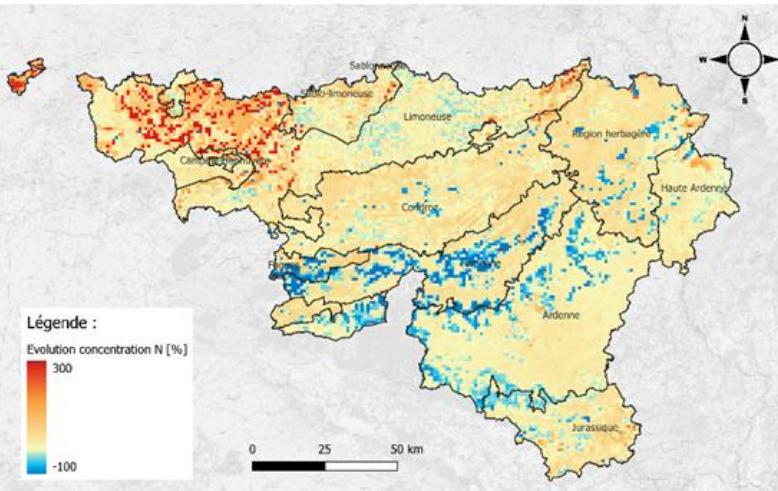


Pollution en nitrate des eaux vers les nappes - actuel [kg N/ha.an]

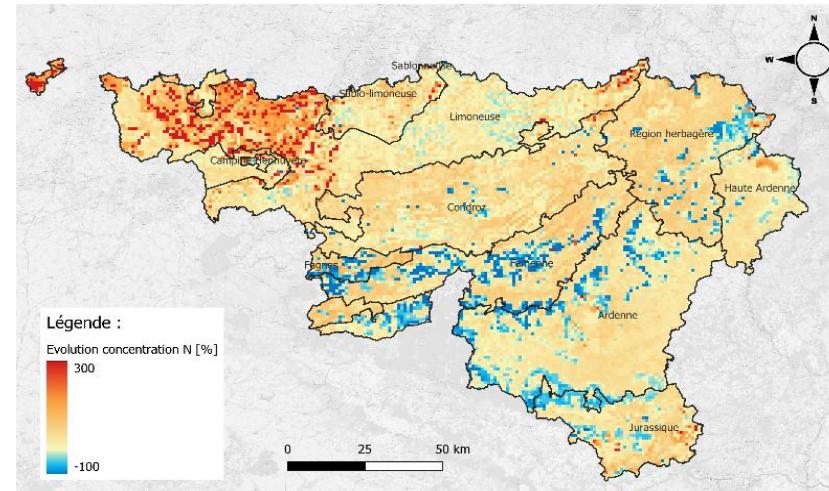


Apport de nitrate aux eaux souterraines pour la période de référence de 1981 à 2010 (Données MIROC)

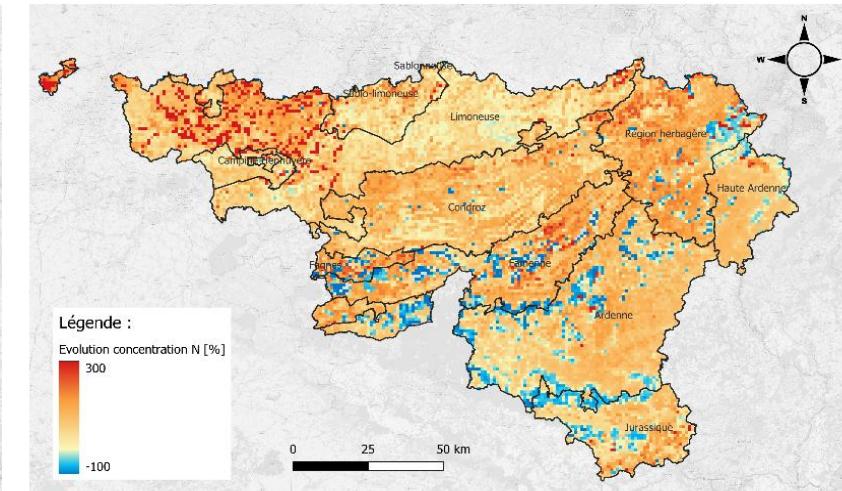
Evolution de la pollution en nitrate vers les nappes - 2 degrés



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



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



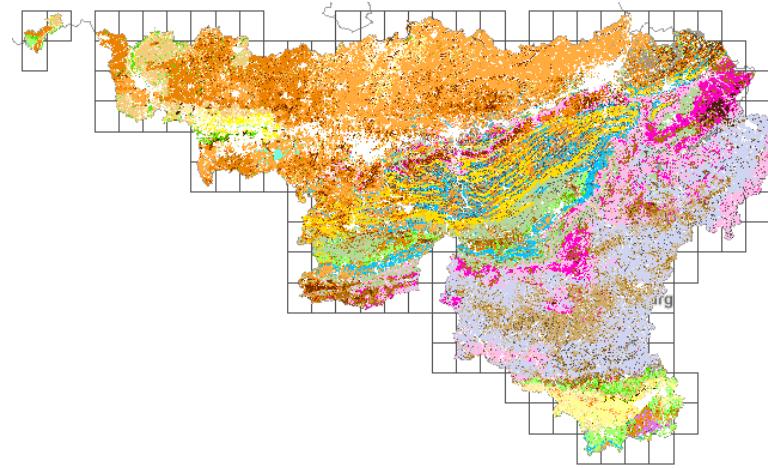
Evolution relative de l'apport de nitrate aux eaux souterraines en pourcentage dans un monde à +2, +3 et +4°C – modèle MIROC



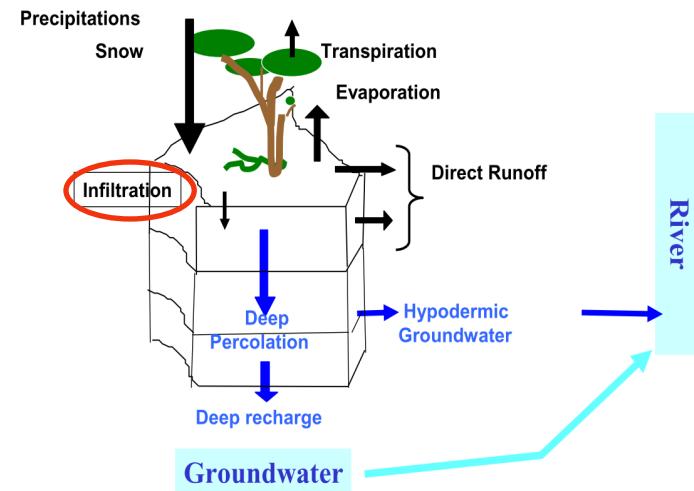
# Sols : Indicateurs

- ▶ Erosivité des pluies
- ▶ Sols à risques de sécheresse édaphique
- ▶ Sols les plus sensibles à la sécheresse
- ▶ Sols les plus sensibles à l'engorgement en eau
- ▶ Sols de bonne qualité agronomique, favorable à la gestion hydrique

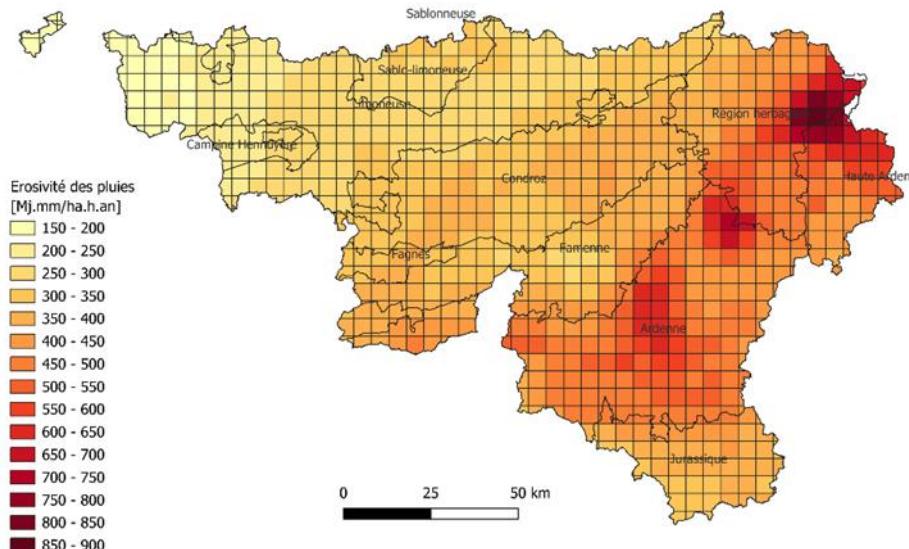
Propriétés des sols : texture, carbone organique, profondeur, fonctions de pédotransfert



Modèle EPICgrid : Teneur en eau des sols entre 0-40 cm

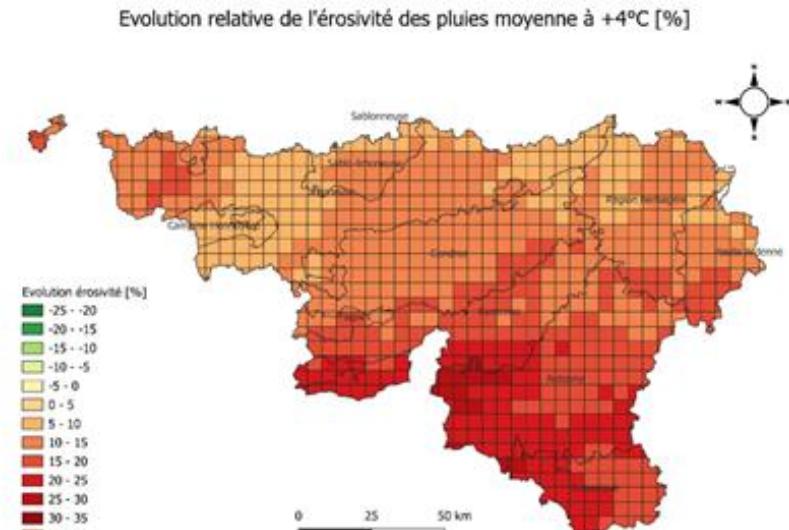
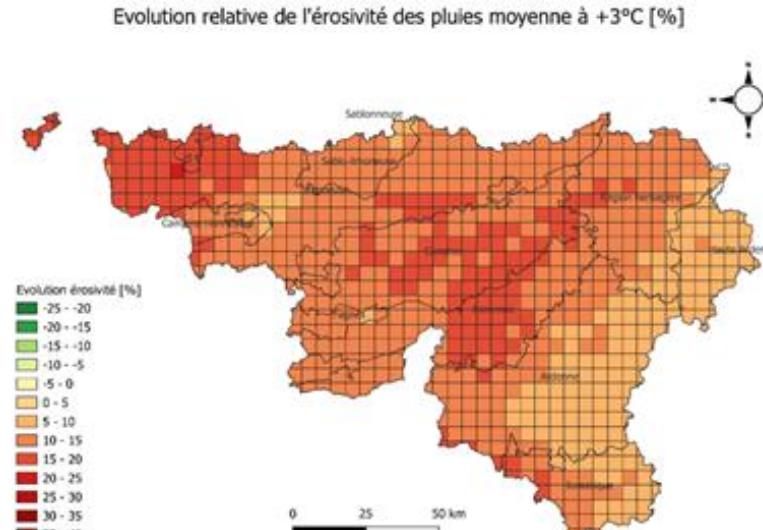
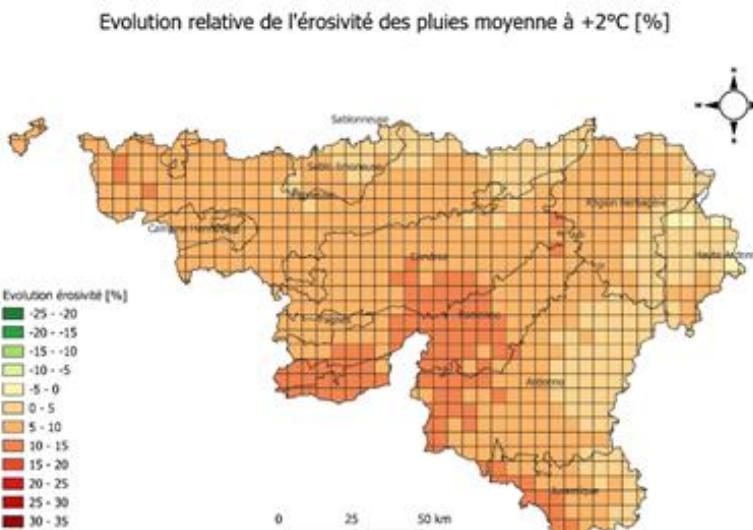


# Evolution de l'érosivité des pluies



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

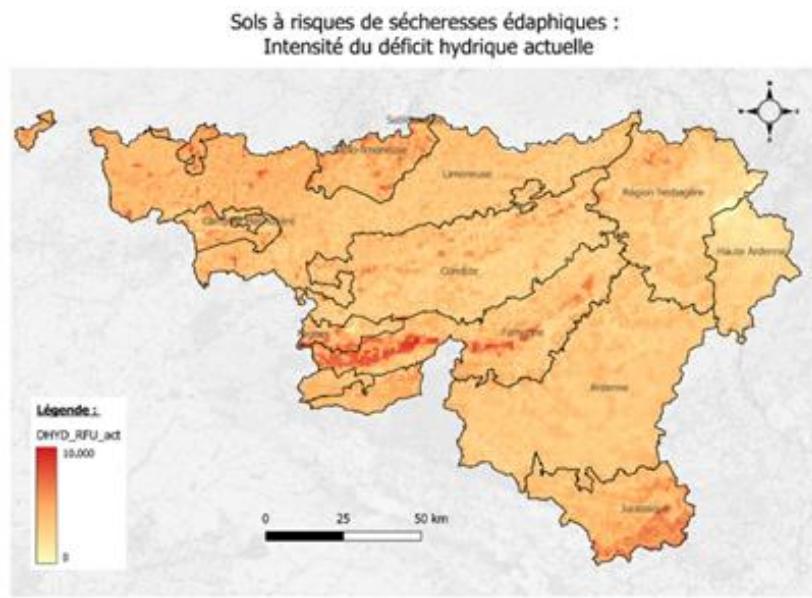
Evolution relative de l'érosivité des pluies en pourcentage dans un monde à +2, +3 et +4°C pour la moyenne des modèles



# Evolution des sécheresses édaphiques

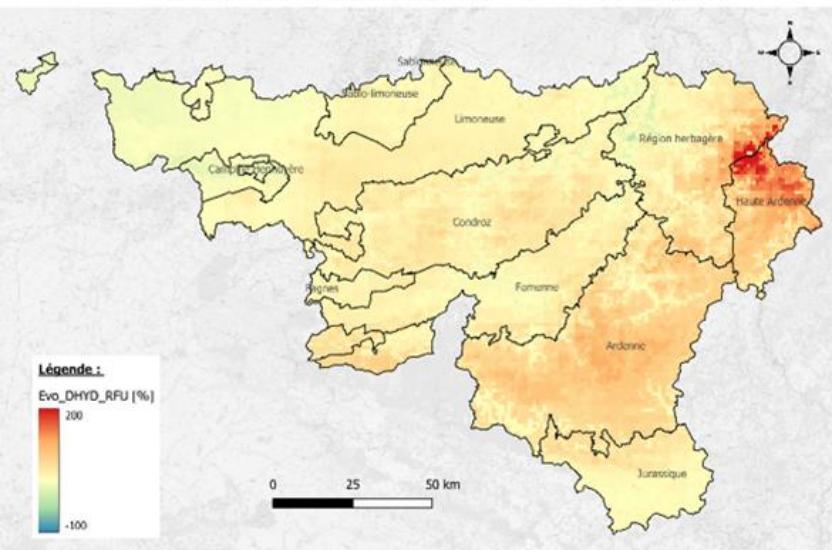


Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Intensité du déficit hydrique actuelle

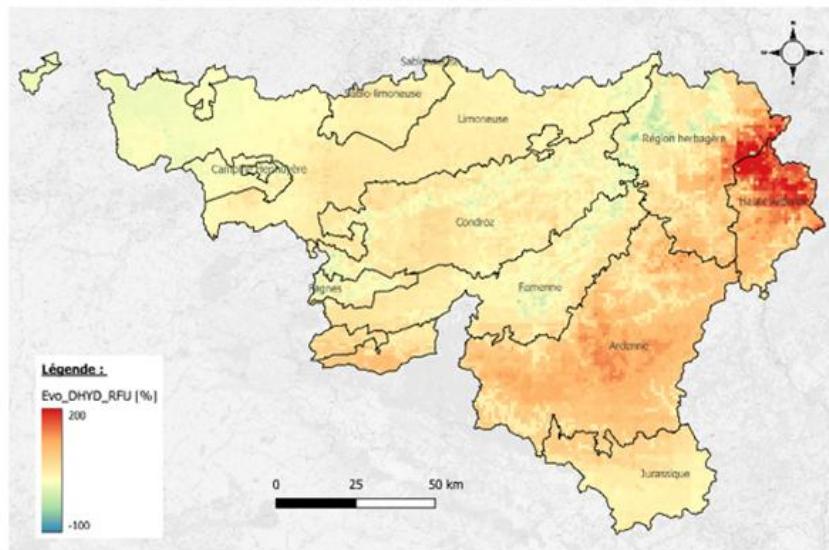


intensité du déficit hydrique actuelles pour la période de référence de 1971 à 2022

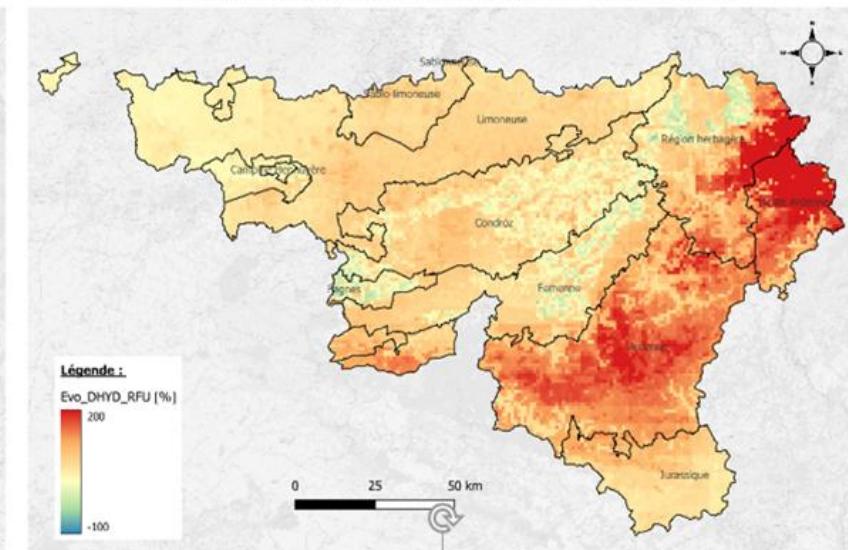
Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Evolution de l'intensité du déficit hydrique - 2deg - moyenne



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

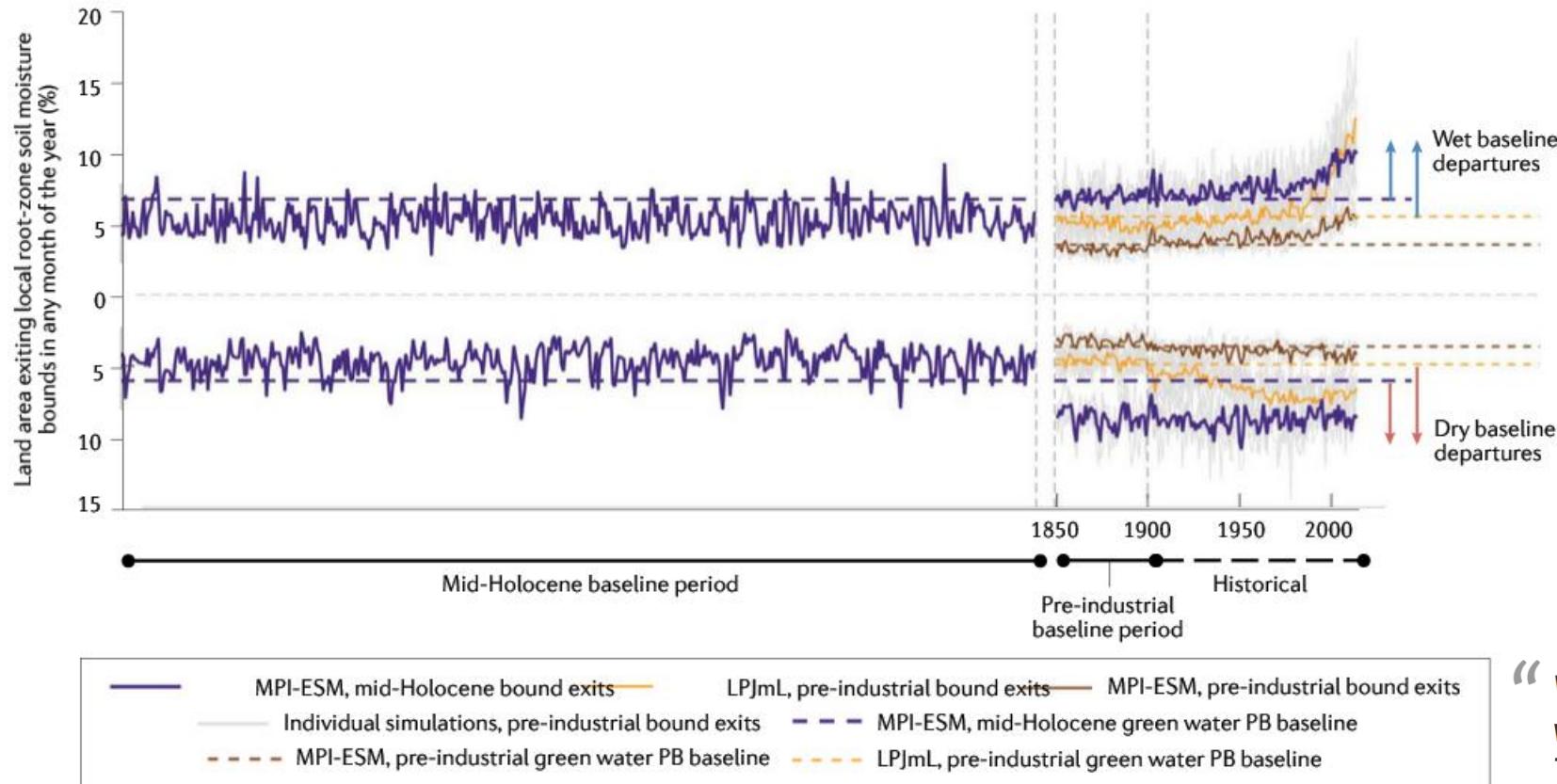


Sols à risques de sécheresses édaphiques :  
Evolution de l'intensité du déficit hydrique - 4deg - moyenne





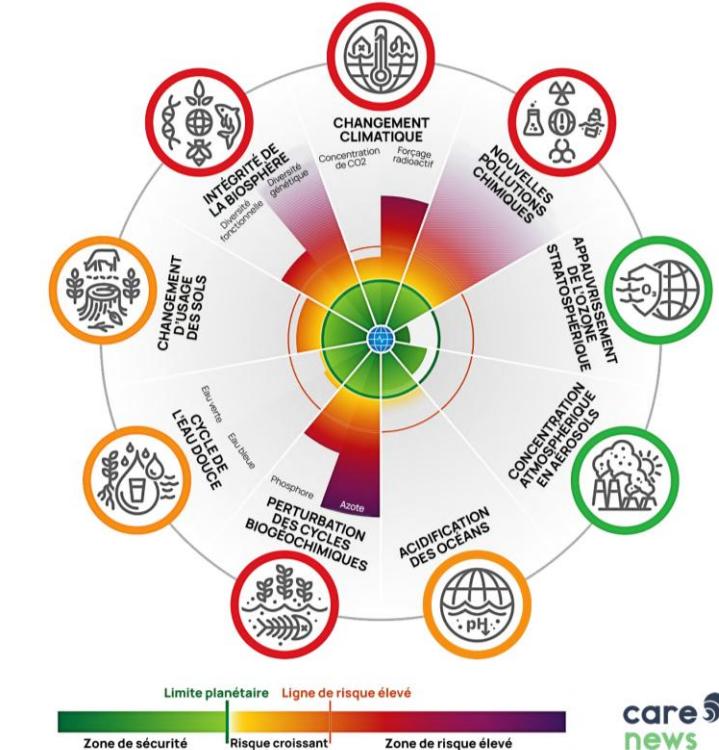
# Un cycle de l'eau qui s'intensifie



Ici : données pour l'eau verte

Pourcentage de la superficie des terres dont les écarts mensuels d'humidité du sol de la zone racinaire dépassent les limites inférieures (écart sec) et supérieures (écart humide) locales. Les limites sèches et humides sont définies comme les 5e et 95e percentiles de l'humidité du sol de la zone racinaire au cours de l'Holocène moyen.

Wang- Erlandsson et al. 2022



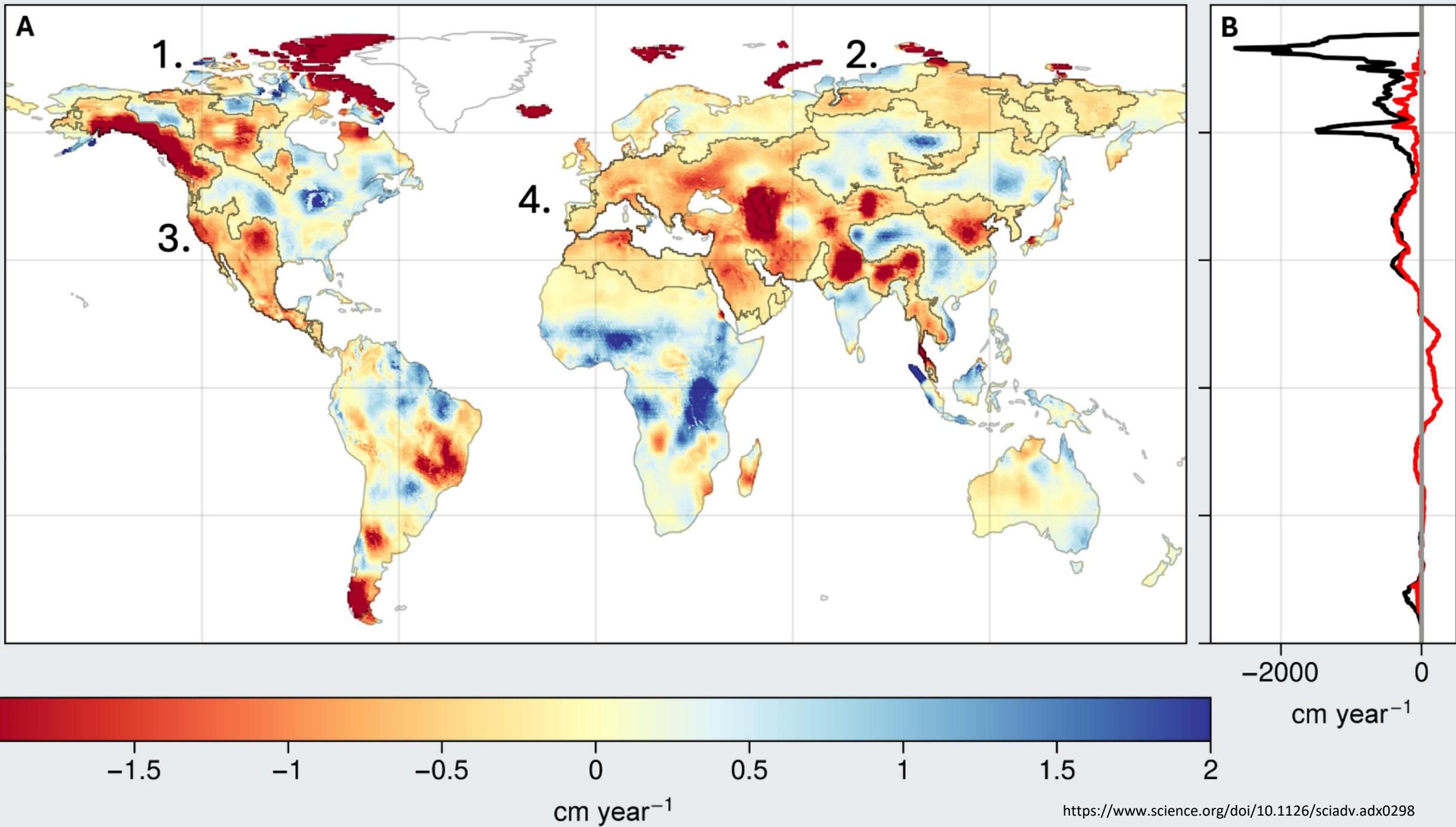
**“ Water is the bloodstream of the biosphere. But we are profoundly changing the water cycle. This is now affecting the health of the entire planet. ”**

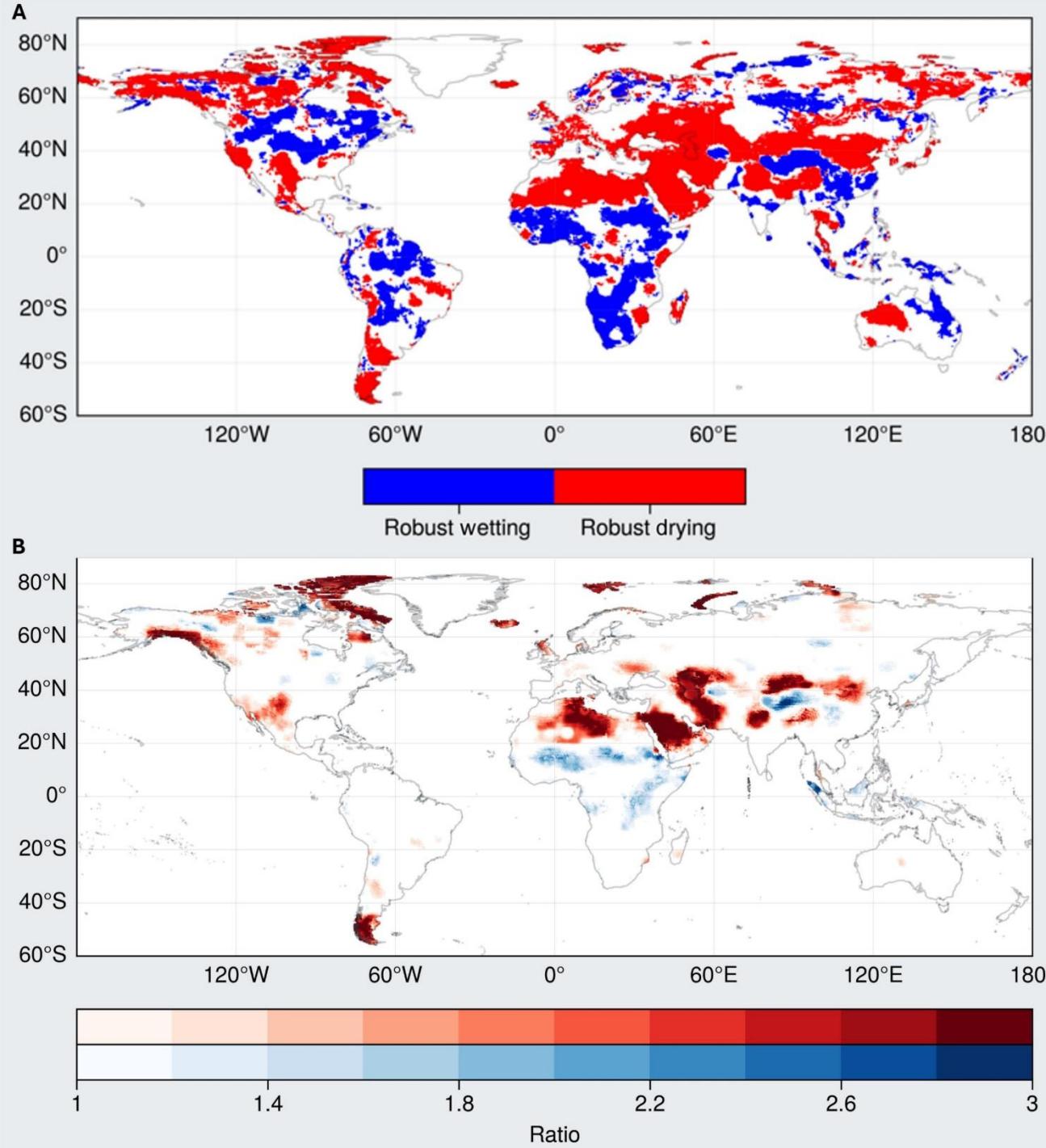
Lan Wang-Erlandsson, lead author

Merci

*Les solutions?*

*C'est une autre histoire mais volontiers pour en discuter...*



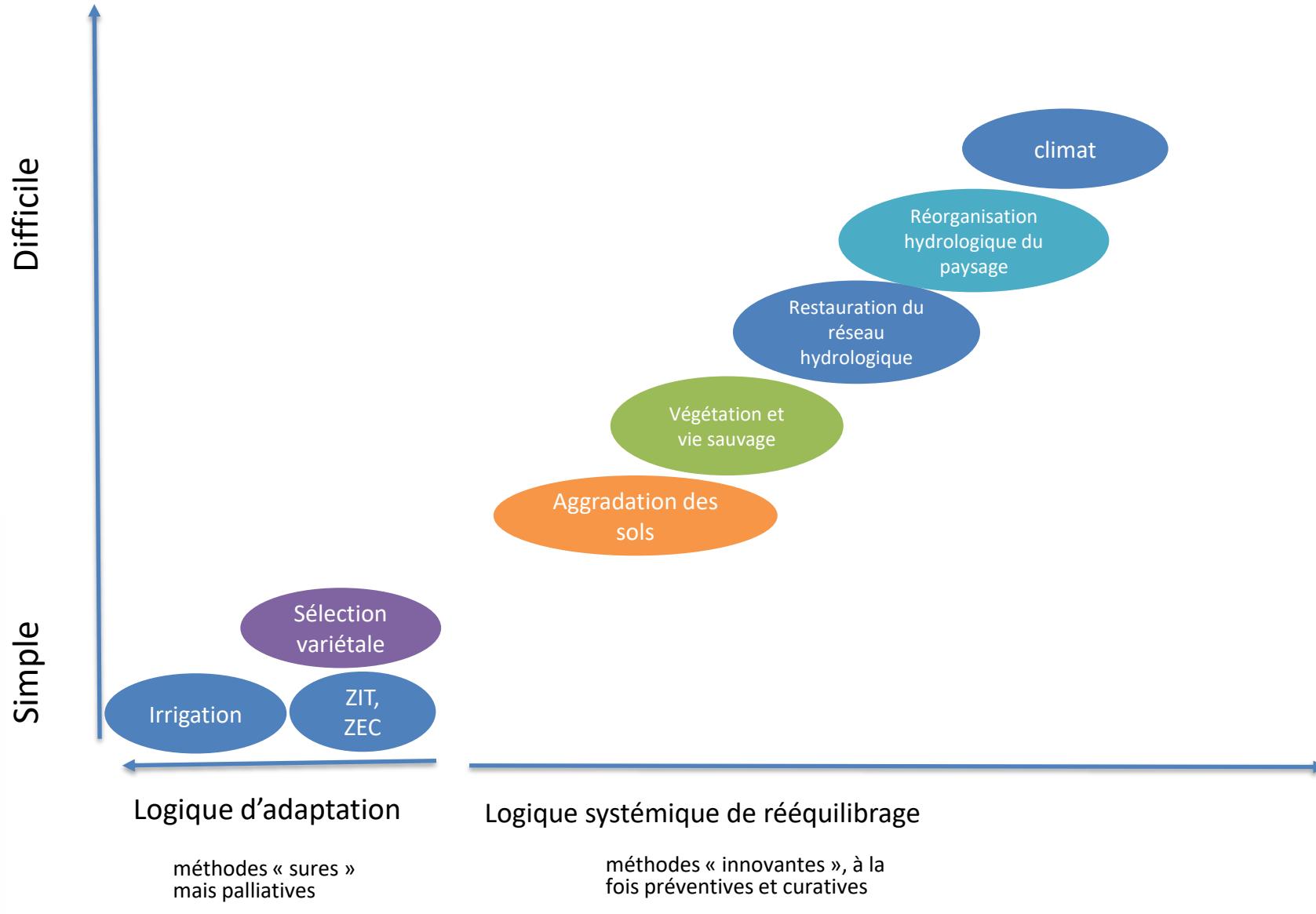


*Global water mass contributions to sea level rise.*

(A) Time series of water mass anomalies of the major global water reservoirs (Ocean, Antarctica, Greenland, and TWS on the continents) from GRACE/FO from April 2002 to April 2024, in mm SLE.

*Mapping robustness of TWS trends.*

(A) Drying and wetting land regions from Fig. 1B where the TWS trend sign has been persistent and less sensitive to the increasing GRACE/FO record length. (B) Ratio of local interannual variability of detrended TWS anomalies to their long-term local trends. The red and blue color bars indicate regions with decreasing TWS trend and increasing TWS trend from Fig. 1B, respectively.

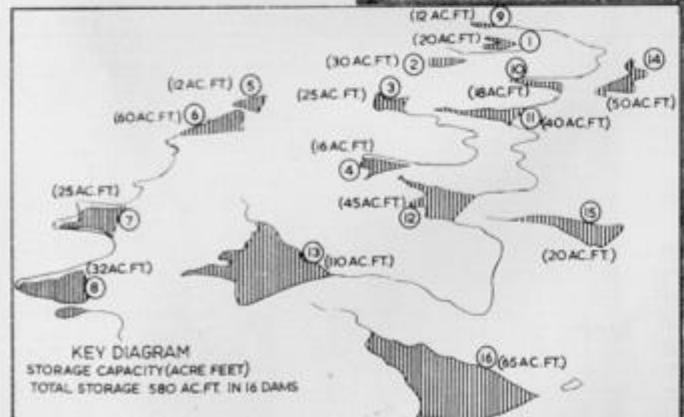


Inspiré de l'échelle de permanence de Yeomans et de S. Bonvoisin, 2024



PLATE 5

"Yobarnie" photographed from the air, after 17 years of Keyline irrigation development. The property covers about 760 acres and fifteen full farm irrigation dams are visible in this picture. (Photographed by Douglass Baglin.)



Sustainable Agriculture creates  
living soil to adsorb Salt and CO<sub>2</sub>

Water for  
Every Farm  
Yeomans Keyline Plan

Compiled, updated and edited by  
Ken B. Yeomans H.D.A.

Inspiré de l'échelle de  
permanence de Yeomans et  
de S. Bonvoisin, 2024