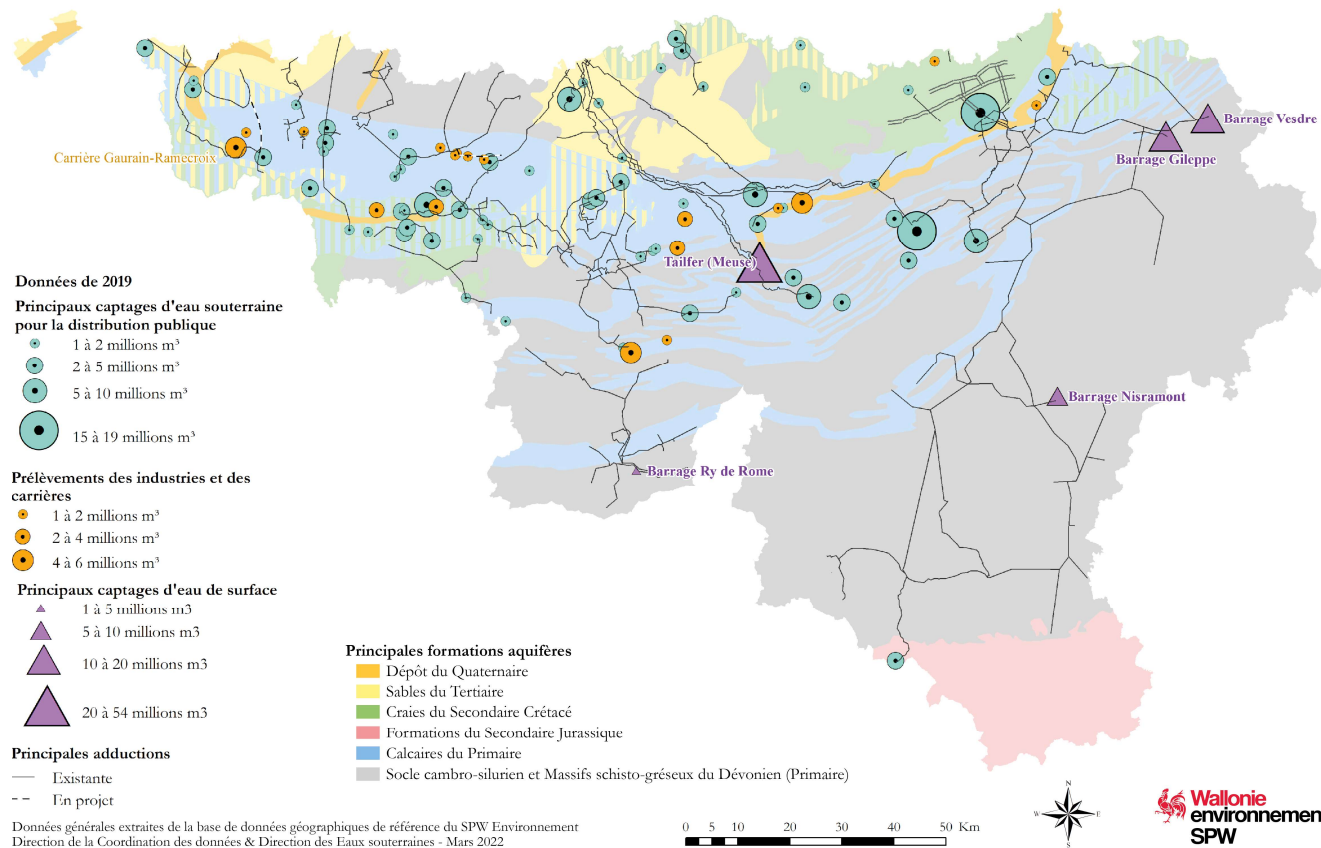


Impact du changement climatique sur les ressources en eaux souterraines de Wallonie : des prédictions du passé aux observations du présent

Serge Brouyère, Robin Glaude, Julien Hutzemakers, Philippe Orban, Pascal Goderniaux*
Université de Liège, Groupe d'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement
*UMons, Géologie fondamentale et appliquée
serge.brouyere@uliege.be

L'eau souterraine de Wallonie : importance et enjeux face au changement climatique



En 2019: volume total destiné à la distribution publique = **377,6 millions m³**

dont :

- eau souterraine = **282,2 millions m³ (74,7%)**
- eau de surface = **95,4 millions m³ (25,3%)**

Rem: une part significative de cette eau est exportée vers Bruxelles et la Flandre (~38%)

Dans quelle mesure le changement climatique a-t-il un impact sur les eaux souterraines?

De quelle manière et avec quelles conséquences?

Source : Etat des nappes et des masses d'eau souterraine de Wallonie.

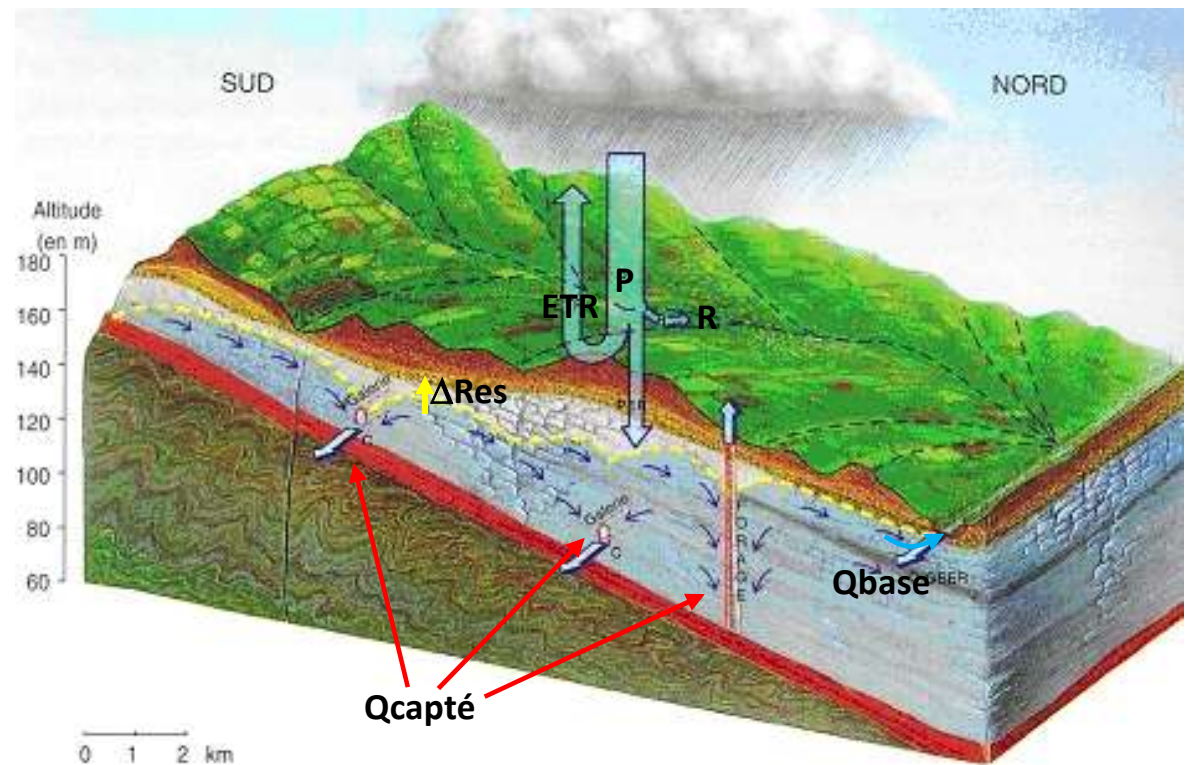
Mars 2022. Vingtième année. **ISSN 2795-6091 (N)**

SPW - DEE - Direction des Eaux souterraines

L'eau souterraine de Wallonie : importance et enjeux face au changement climatique

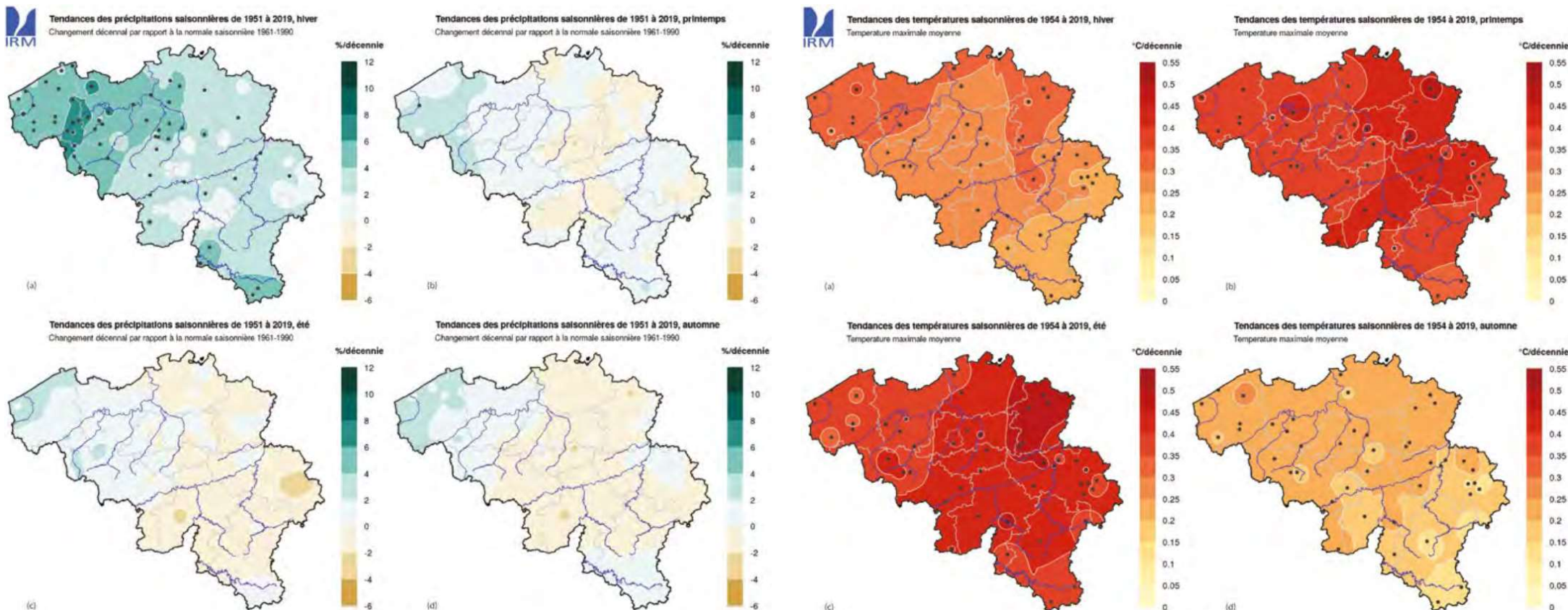


- ❖ L'eau souterraine est rechargée par l'eau qui s'infiltré dans le sous-sol (**PU-R**)
- ❖ Elle se vidange via
 - (1) les prélèvements d'eau souterraine (puits, galeries captantes ...) = **Qcapté**
 - (2) le drainage naturel par les eaux de surface (débit de base des cours d'eau) = **Qbase**



→ **Bilan hydrogéologique** : $P - ETR = PU = R + \Delta RFU + \Delta Res + Q_{\text{capté}} + Q_{\text{base}} + \varepsilon$

Observations récentes concernant l'évolution du climat en Belgique



Source : Rapport climatique 2020 de l'IRM-KMI, 92p.,
Éditeur responsable : Dr. D. Gellens | ISSN 2033-8562 |
Coordination : Rozemien De Troch |

Eaux souterraines de Wallonie et changement climatique

Prédictions concernant l'évolution du climat en Belgique



❖ Précipitations

- Hivers plus humides et été plus secs + variations dans le régime des précipitations avec des événements plus intenses

❖ Températures

- Augmentation générale, tant en hiver qu'en été

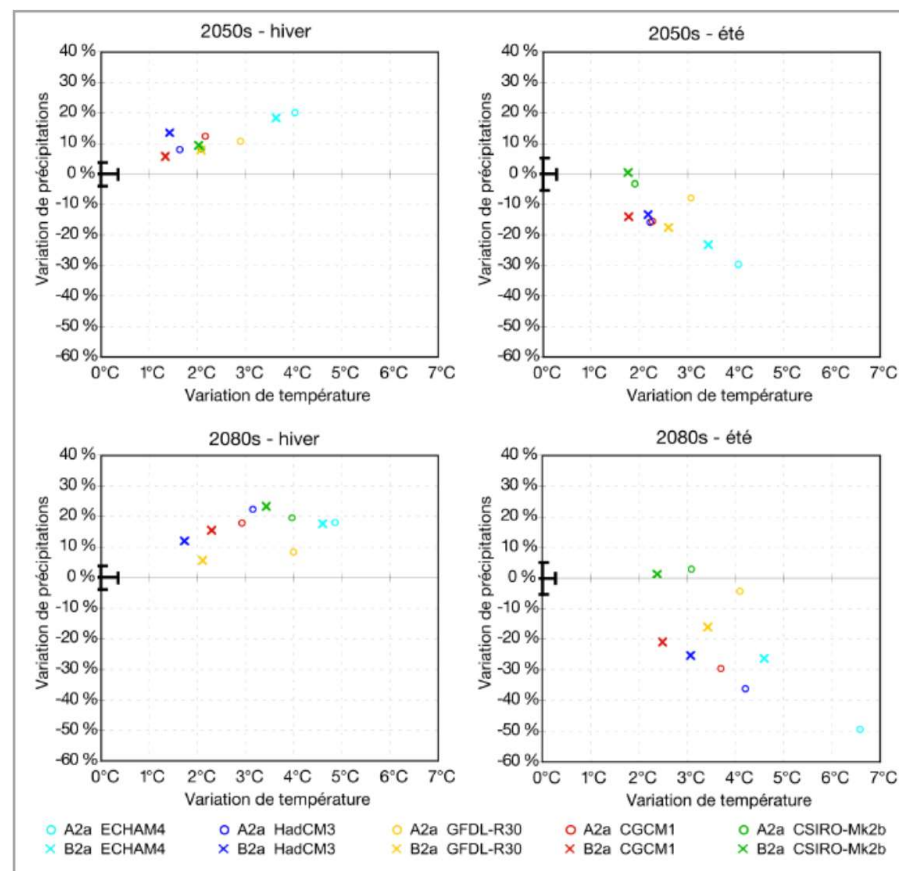


FIGURE 3

Moyenne sur un territoire correspondant approximativement à la Belgique des résultats de 5 modèles climatiques de circulation générale^{vi} et 2 scénarios SRES (A2 et B2; simulations réalisées par les grands centres mondiaux de modélisation et distribuées par le GIEC). Valeurs pour la période 2040-2069 (haut) ou 2070-2099 (bas), par rapport à la période 1960-1989. Hiver (à gauche) et été (à droite). Axe horizontal: variation de température sur la période; axe vertical: variation de précipitation, en pourcentage de la valeur pour la période de référence. Demi-croix en trait gras: écart-type associé à la variabilité naturelle d'une période de 30 ans à une autre (approximation). Source: UCL, Institut d'Astronomie et de Géophysique G. Lemaître⁴.

Source : Impacts des changements climatiques en Belgique, Philippe Marbaix et Jean-Pascal van Ypersele (sous la direction de), Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p. Aussi disponible sur www.greenpeace.be

Que prédisaient nos travaux de modélisation?



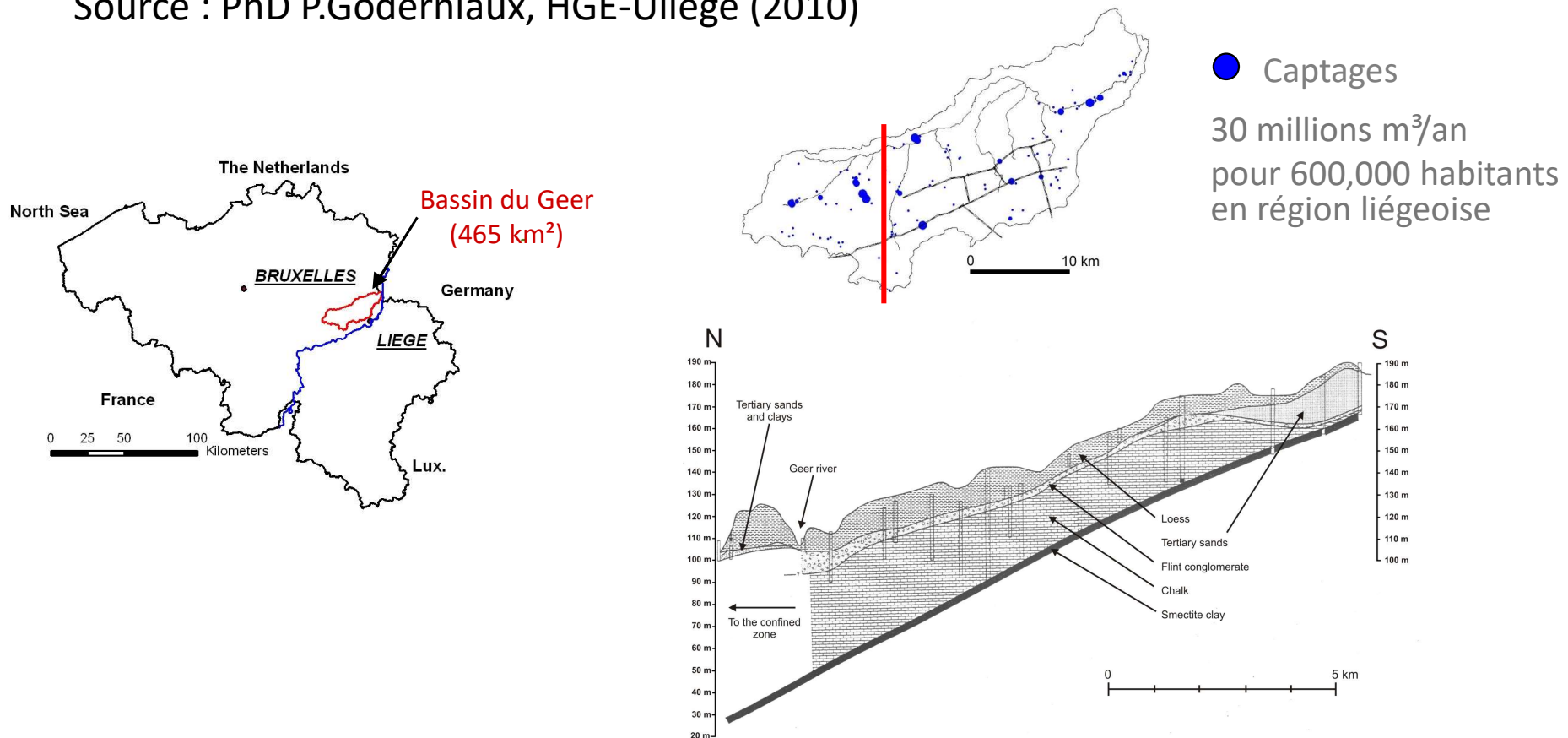
- ❖ **Projet SSTC CG/DD/08 (1997-2001)**
 - Modèle intégré MOHISE (CEME-ULg – HGE-ULg – HA-FUSAGx HG-KUL – IRM)
 - Couplage de différents modèles (Eau souterraine : SUFT3D) pour la modélisation de scénarii de changements climatiques sur l'état quantitatifs des ressources en eau
 - Applications sur les bassins de la Gette, du Geer et de l'Ourthe orientale
- ❖ **FP6 IP Aquaterra (HGE-ULg, Ulaval Québec)**
 - Modélisation intégrée HydroGeoSphere eau de surface – eau souterraine (PhD Pascal Goderniaux)
 - Application sur le bassin du Geer
- ❖ **Convention Sécheresse (SWDE – HGE-Ulège – GA-Umons, en cours)**
 - Mise à jour de modèles hydrogéologiques pour différentes masses d'eau souterraine (RWM -011, -012, -021, -040, -092, RWE -013, -030, -060)
 - Scénarii de sécheresses estivales et hivernales

Que prédisaient nos travaux de modélisation?



❖ Modélisation sur le bassin du Geer (nappes des craies de Hesbaye)

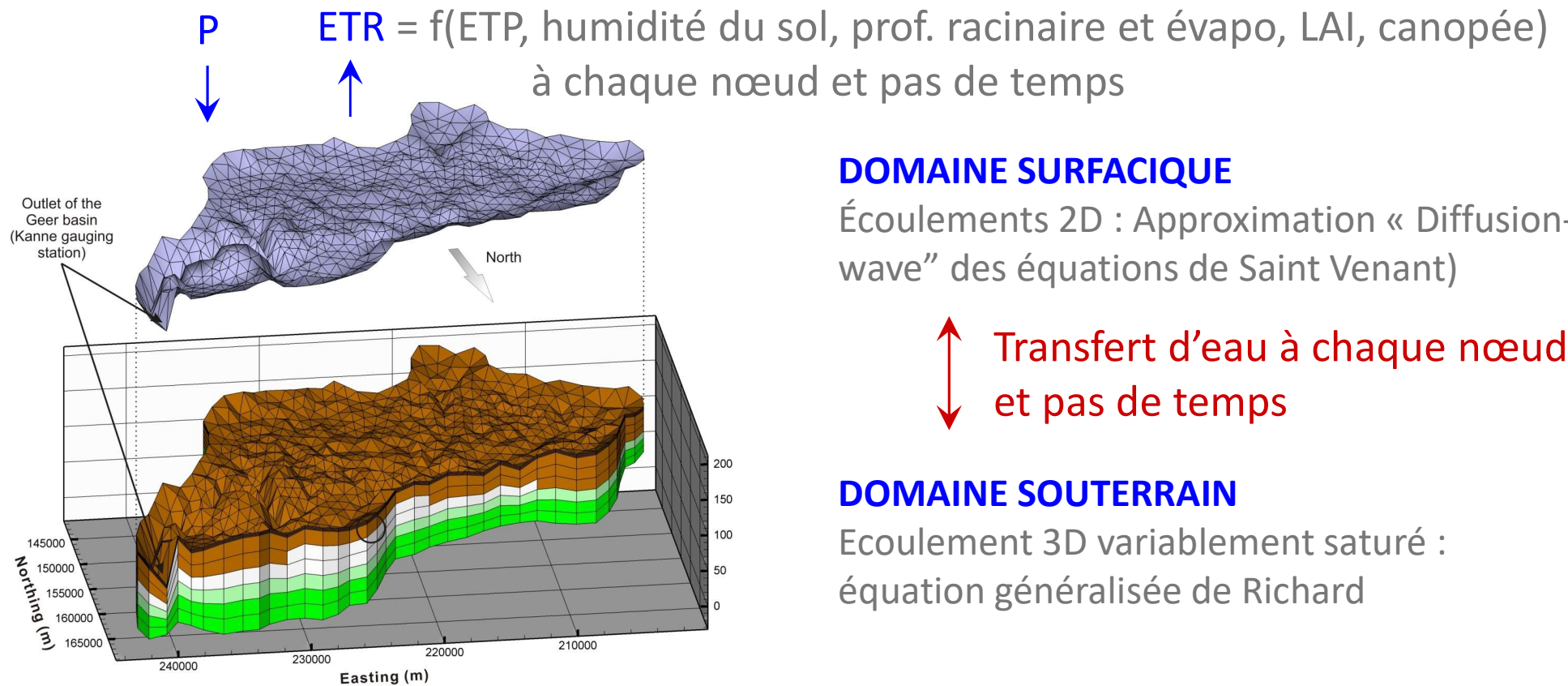
Source : PhD P.Goderniaux, HGE-Ulège (2010)



Que prédisaient nos travaux de modélisation?



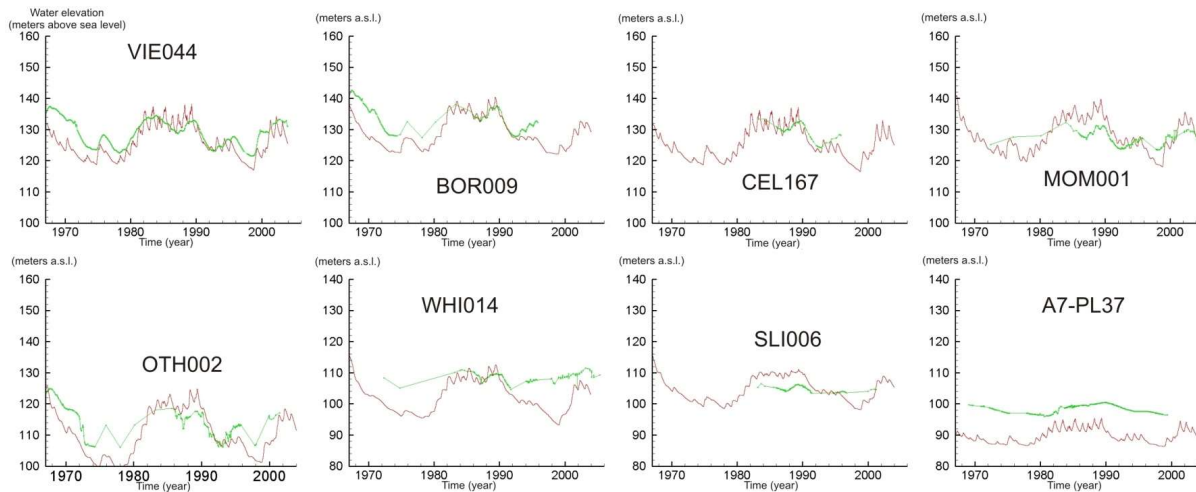
- ❖ Modèle HydroGeoSphere couplant eaux de surface et eaux souterraines



Que prédisaient nos travaux de modélisation?

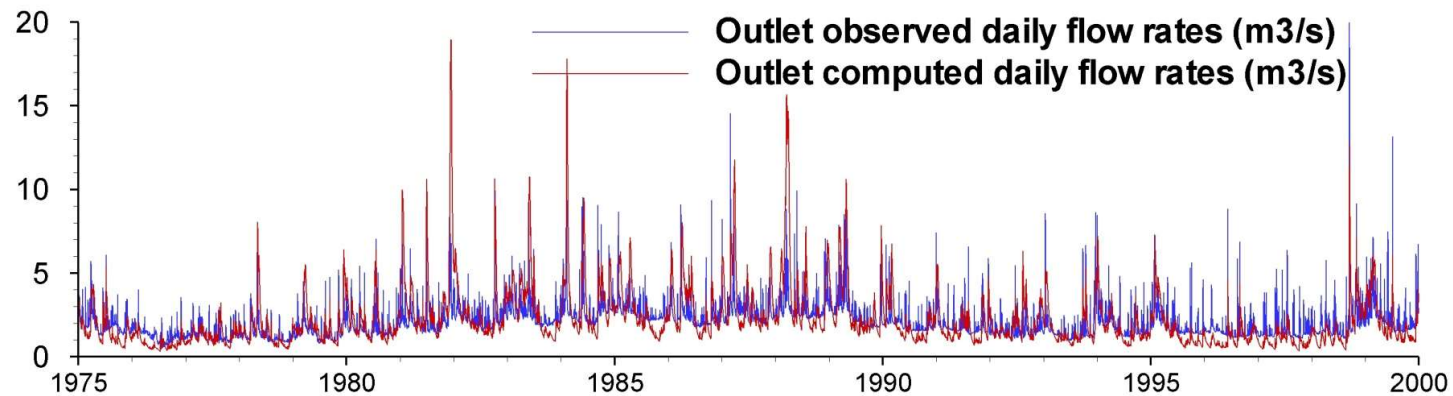


❖ Calibration du modèle sur la période 1967 - 2003



Hauteurs piézométriques observées vs simulées

Débits observés vs simulés (station limnimétrique de Kanne)



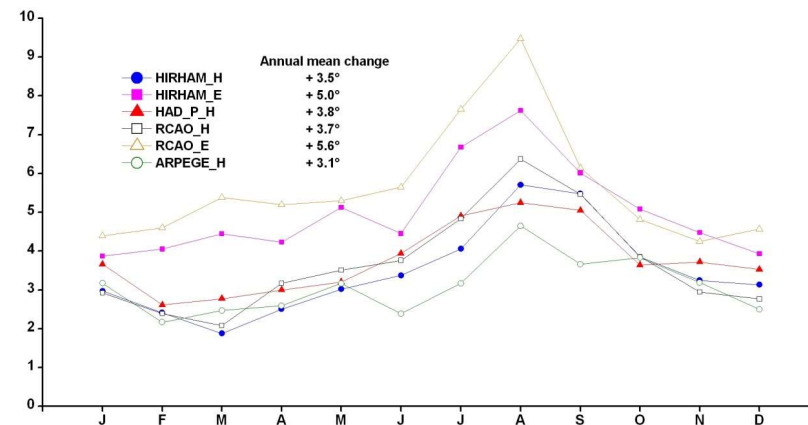
Que prédisaient nos travaux de modélisation?



- ❖ Utilisation de 6 RCMs (scenarios émissions CO₂ moyens à hauts)

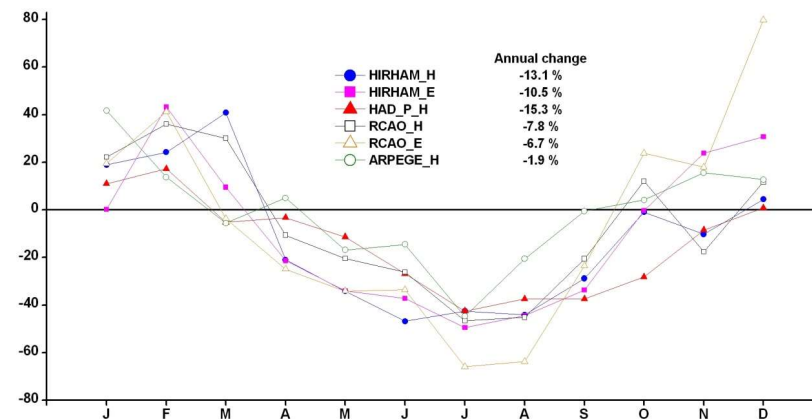
Variations de températures moyennes mensuelles (°C) (2070-2100)

Entre +3.1° and +5.6°



Variations de précipitations moyennes mensuelles (%) (2070-2100)

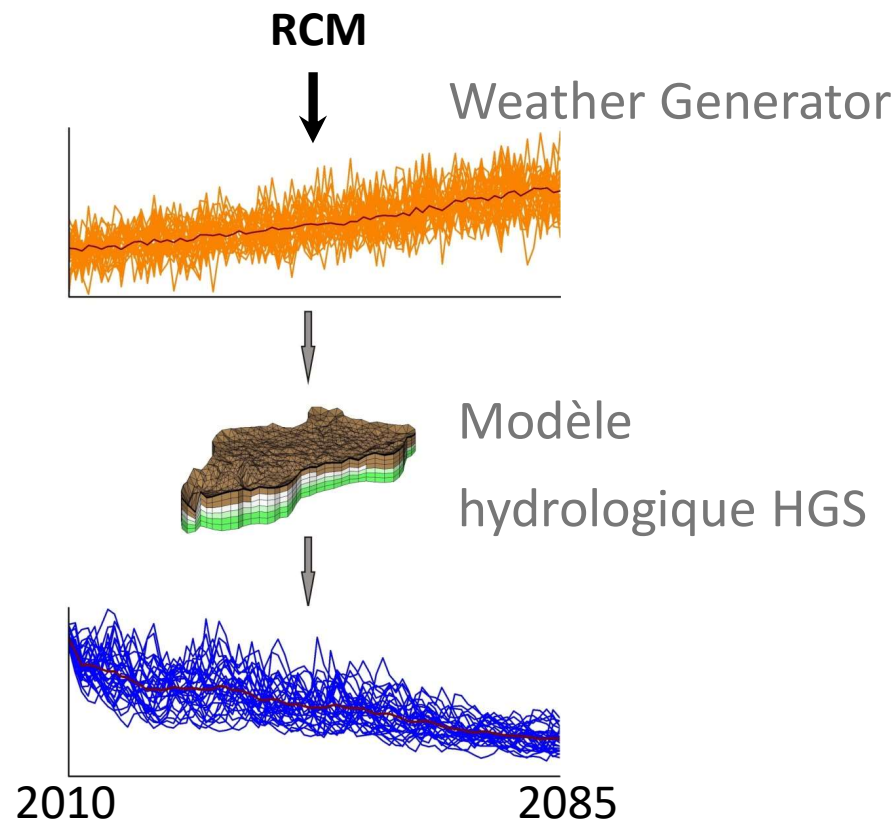
Between -1.9% and -15.3%



Que prédisaient nos travaux de modélisation?



- ❖ Downscaling de scénarios équiprobables de changement climatique à l'aide d'un « weather generator » développé par UNewcastle



100 scénarios de changement climatique pour chaque RCM

→ 600 scénarios

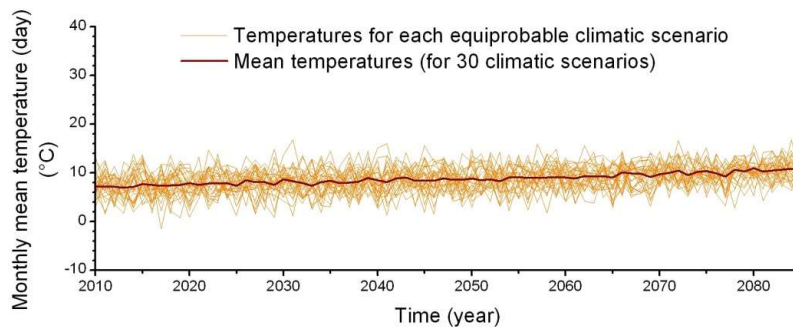
100 séries de chroniques piézométriques pour chaque RCM

Que prédisaient nos travaux de modélisation?

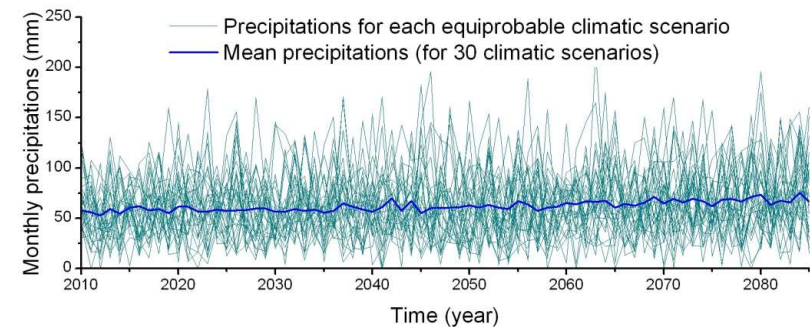


- ❖ Downscaling de scénarios équiprobables de changement climatique à l'aide d'un « weather generator » développé par UNewcastle (Résultats pour le RCM RCAO_E)

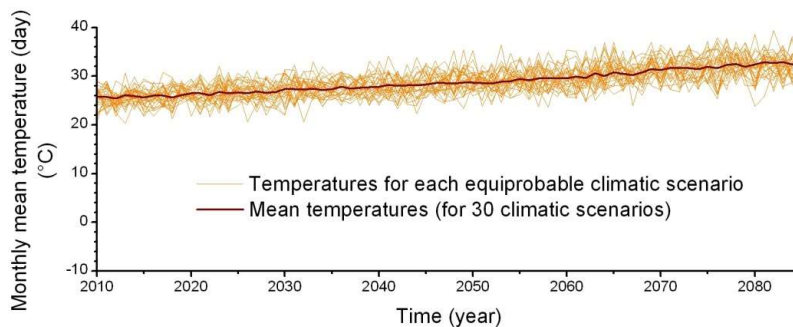
February temperatures



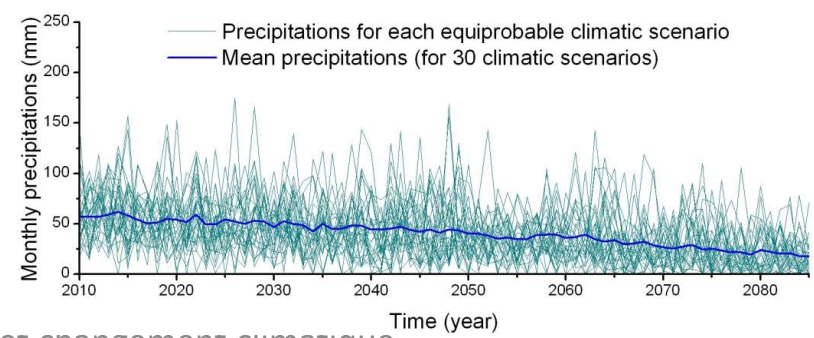
February precipitations



August temperatures



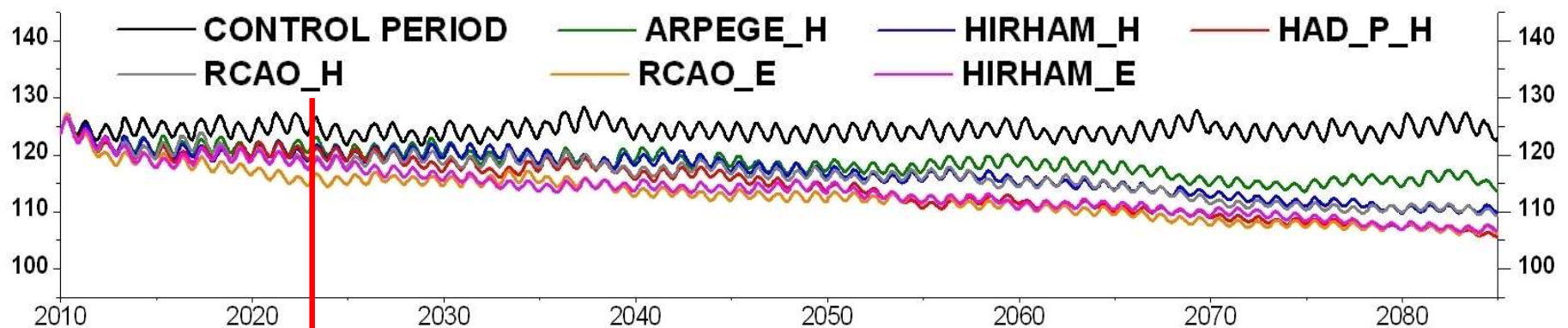
August precipitations



Que prédisaient nos travaux de modélisation?



- ❖ Evolutions prédites pour les niveaux d'eau souterraine

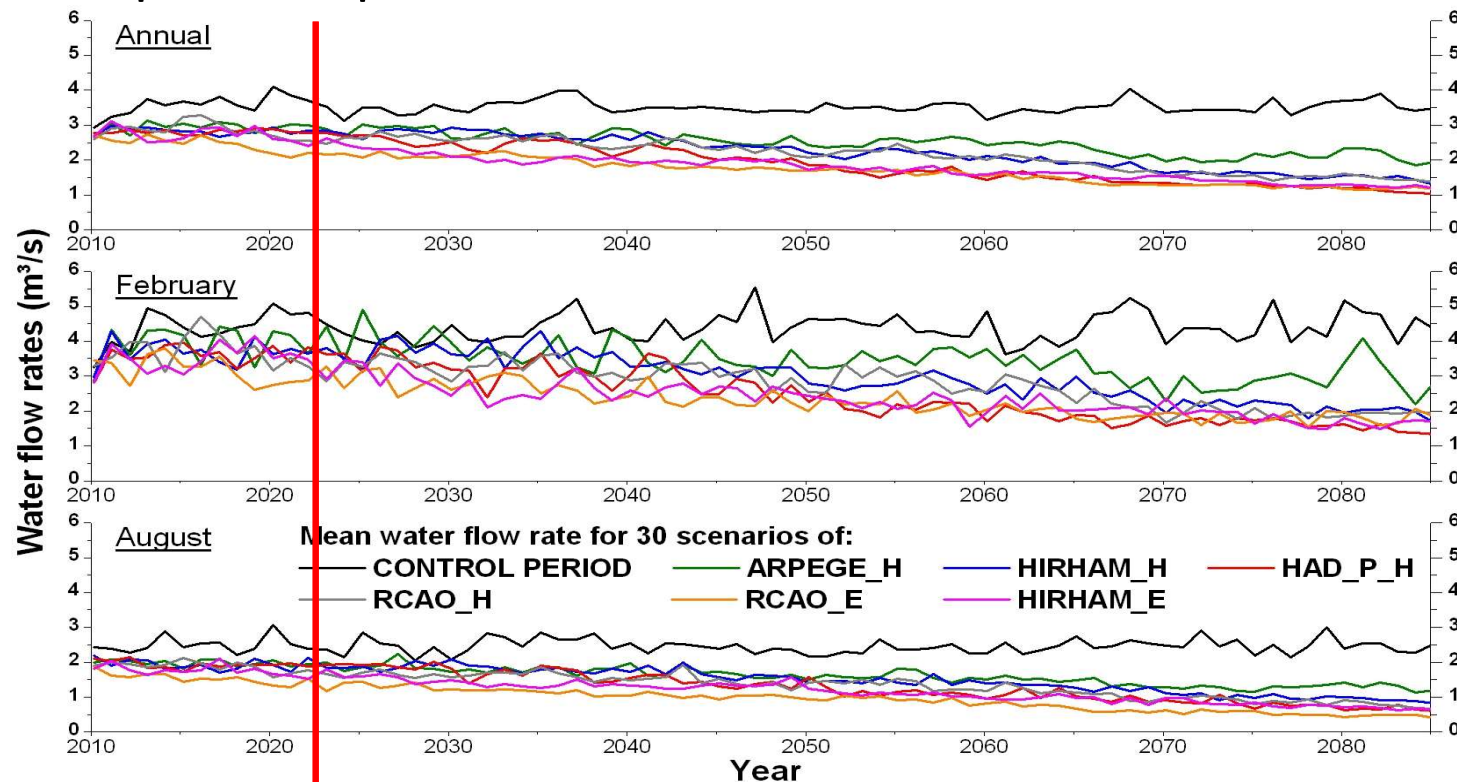


➡ Baisse significative des niveaux d'eau souterraine d'ici la fin du siècle (2-19m)

Que prédisaient nos travaux de modélisation?

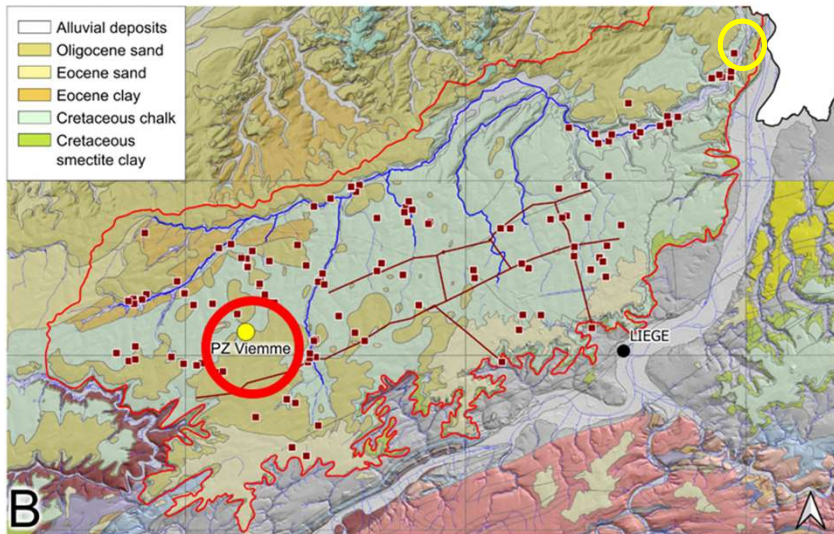


❖ Evolutions prédites pour le débit du Geer à Kanne



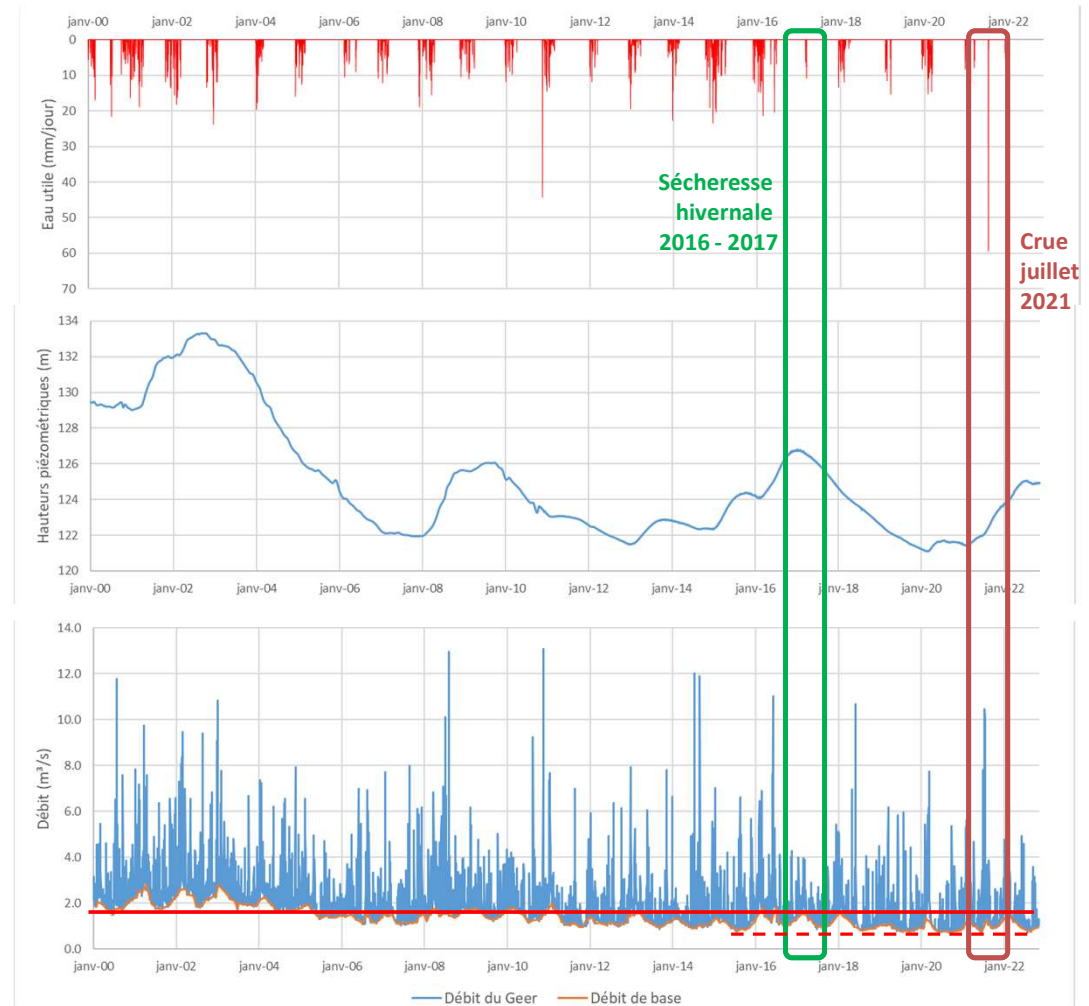
➡ Baisse significative du débit des eaux de surface, surtout en été

Et de nos jours, qu'observe-t-on dans le Geer?



Source: Goderniaux et al. 2021,
Brouyère et al. 2021.

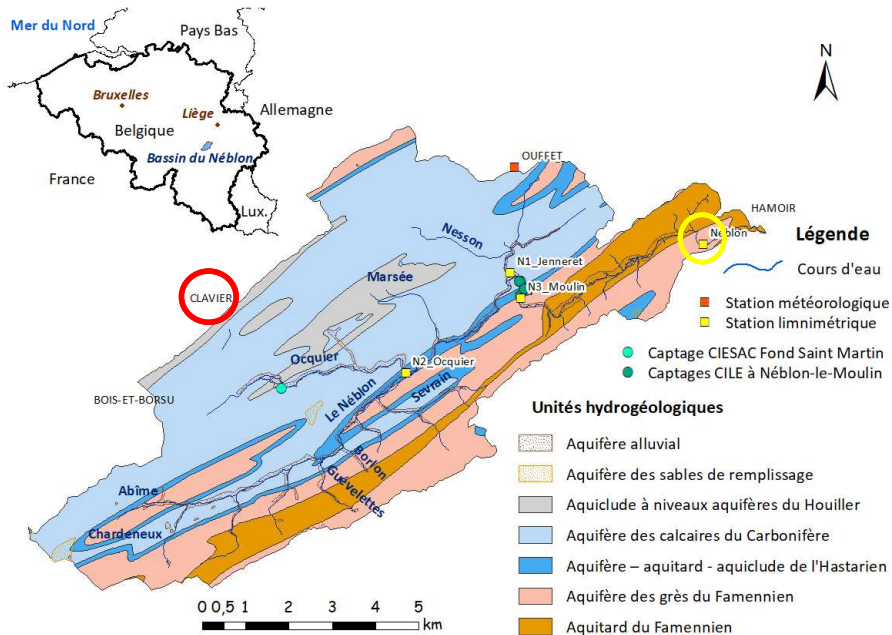
Données : Convention SWDE
modélisation sécheresse



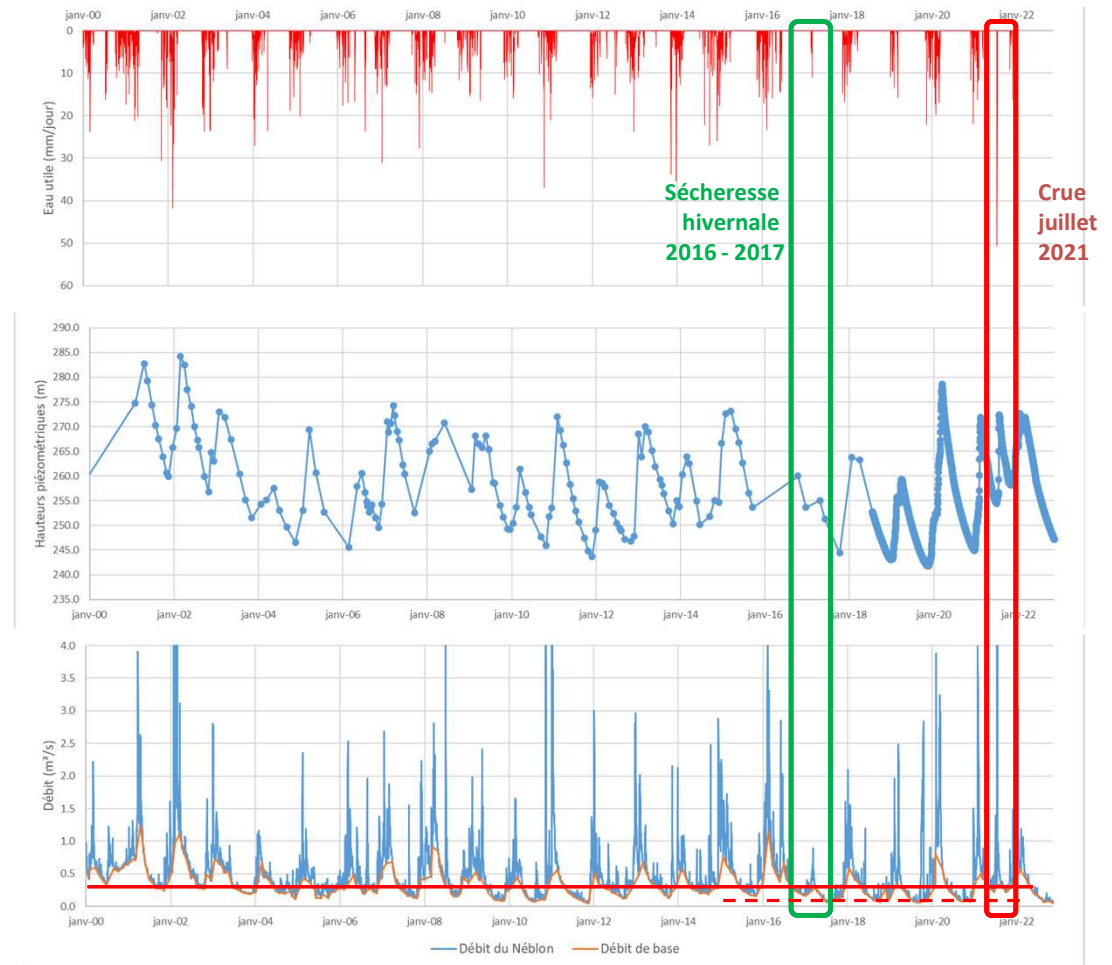
Eaux souterraines de Wallonie et changement climatique



Et de nos jours, qu'observe-t-on dans le Néblon?



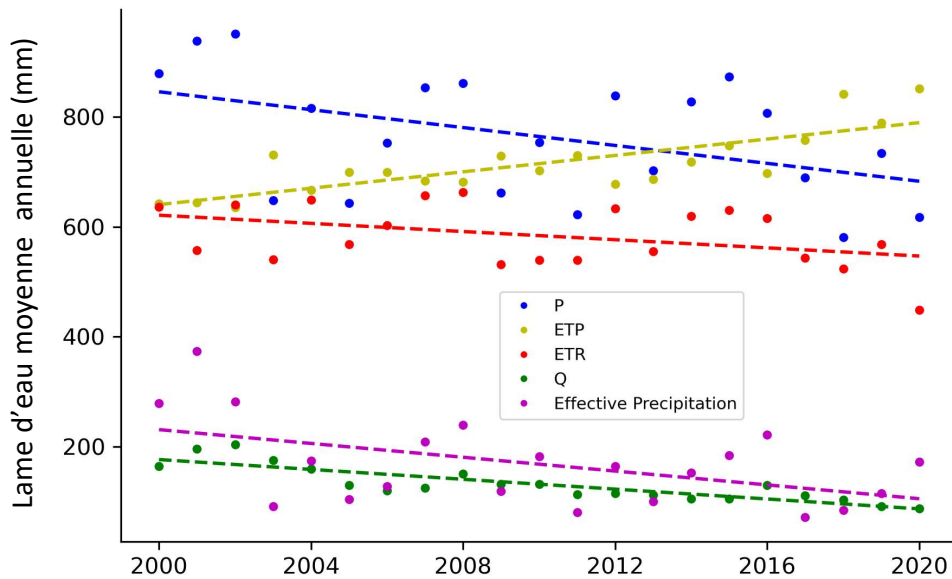
Source: Popescu et al. 2021
Données : Convention SWDE
modélisation sécheresse



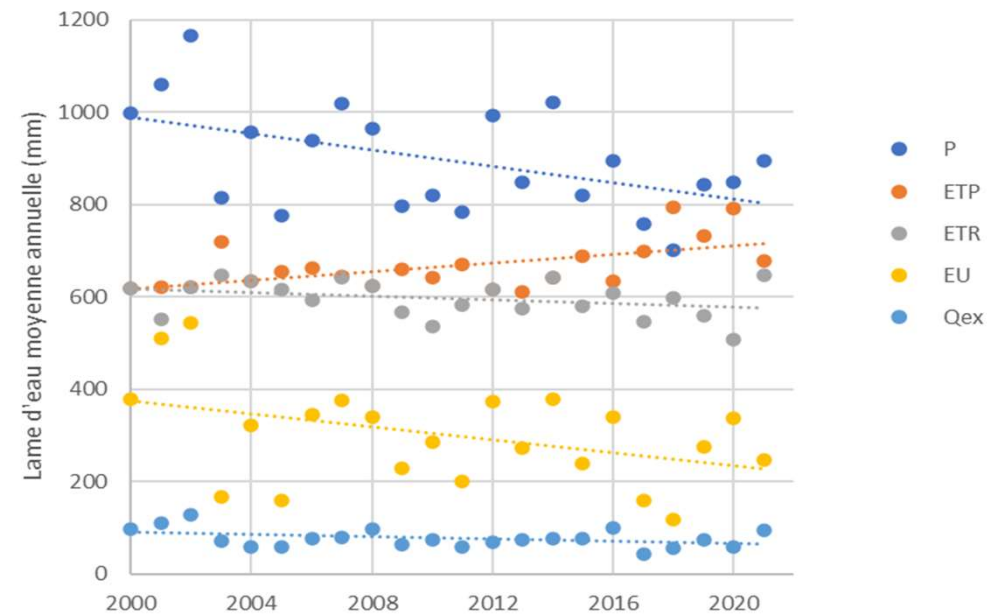
Evolution des bilans hydrologiques annuels



Bassin du Geer



Bassin du Néblon



Données : Convention SWDE
modélisation sécheresse



Conclusions

**Prévisions
du passé
(début 21^{ème} s.)**

**Observations
du présent**

**Prévisions
pour le futur
(milieu- fin 21^{ème} s.)**

Scénarios climatiques



Modèles eau souterraine





Conclusions

Bilan hydrogéologique : $P - ETR = PU = R + \Delta RFU + \Delta Res + Q_{\text{capté}} + Q_{\text{base}} + \varepsilon$

- ❖ L'évolution progressive des conditions climatiques en lien avec une augmentation des températures et, dans une moindre mesure, une baisse des précipitations contribuent à une diminution du ratio ETR/P , et donc de l'eau utile, ce qui conduit à une baisse de la recharge des nappes...



Conclusions

Bilan hydrogéologique : $P - ETR = PU = R + \Delta RFU + \Delta Res + Q_{\text{capté}} + Q_{\text{base}} + \varepsilon$

- ❖ Sécheresses hivernales (ex: hiver 2016 – 2017) : PU plus faible
 - Recharge des nappes plus faible et moins bonne reconstitution des réserves
 - Problème assez épisodique tant que ces événements ne se répètent pas trop
- ❖ Sécheresses estivales : $P = 0$ et ETR élevée
 - Recharge des nappes de toute façon nulle et pas de conséquence directe



Demande en eau potentiellement plus élevée (par exemple pour l'irrigation)

- Baisse des niveaux de nappe et des réserves (ΔRes) en eau souterraine
- Diminution des débits de base vers les cours d'eau



Conclusions

Bilan hydrogéologique : $P - ETR = PU = R + \Delta RFU + \Delta Res + Q_{\text{capté}} + Q_{\text{base}} + \varepsilon$

- ❖ L'évolution progressive des conditions climatiques en lien avec une augmentation des températures et, dans une moindre mesure, une baisse des précipitations contribuent à une diminution du ratio ETR/P qui conduit à une baisse de la recharge des nappes...



Perspectives

- ❖ Favoriser la recharge des nappes
 - Freiner le ruissellement dans les bassins versants pour favoriser leur infiltration vers les eaux souterraines
 - Recharge contrôlée des eaux souterraines
- ❖ Meilleure allocation des ressources en eau \leftrightarrow usages
 - Sources alternatives d'eau pour des usages qui ne requièrent pas d'eau potable
- ❖ Dans tous ces cas de figures : évaluation du cadre réglementaire (DCE, DWD, ...)
 - Que peut-on vraiment faire? Faut-il l'adapter?

**Merci pour votre attention
Questions?**

Serge Brouyère

Université de Liège,
Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement

Quartier Polytech 1, Bât. B52/3

Allée de la Découverte, 9

4000 Sart Tilman



Serge.brouyere@uliege.be - +32 43 66 23 77
<https://www.linkedin.com/in/serge-brouy%C3%A8re-89640510/>



Références mentionnées dans l'exposé

- ❖ Goderniaux P., Orban P., Rorive A., Brouyère S., Dassargues A., 2020, Study of historical groundwater level changes in two Belgian chalk aquifers in the context of climate change impacts, Geological Society, London, Special Publications, Vol. 517, <https://doi.org/10.1144/SP517-2020-212> → <https://hdl.handle.net/2268/265859>
- ❖ Brouyère S., Goderniaux P., Glaude R., Orban P. Compère J.-M., 2021, What is impacting transboundary aquifers? Climate or global changes?, IAH2021 Belgium, IAH Belgium, 09 September 2021 → <https://hdl.handle.net/2268/263440>
- ❖ Popescu, I. C., Dor C., Orban P., Dassargues A., Brouyère S., 2021, Hydrogéologie du Néblon, Atlas du Karst wallon - Bassin de l'Ourthe Condrusienne, CWEPPS asbl. → <https://hdl.handle.net/2268/265272>
- ❖ Goderniaux, P., Brouyère, S., Wildemeersch, S., Therrien, R., & Dassargues, A. (2015). Uncertainty of climate change impact on groundwater reserves - Application to a chalk aquifer. Journal of Hydrology, 528, 108-121. <http://hdl.handle.net/2268/183447>
- ❖ Blenkinsop, S., Harpham, C., Burton, A., Goderniaux, P., Brouyère, S., & Fowler, H. J. (2013). Downscaling transient climate change with a stochastic weather generator for the Geer catchment, Belgium. Climate Research. <http://hdl.handle.net/2268/147930>
- ❖ Goderniaux, P., Brouyère, S., Blenkinsop, S., Burton, A., Fowler, H. J., Orban, P., & Dassargues, A. (2011). Modeling climate change impacts on groundwater resources using transient stochastic climatic scenarios. Water Resources Research, 47, 12516. <http://hdl.handle.net/2268/111262>
- ❖ Goderniaux, P., Brouyère, S., Fowler, H. J., Blenkinsop, S., Therrien, R., Orban, P., & Dassargues, A. (2009). Large scale surface – subsurface hydrological model to assess climate change impacts on groundwater reserves. Journal of Hydrology, 373, 122-138. <http://hdl.handle.net/2268/12082>
- ❖ Brouyère, S., Carabin, G., & Dassargues, A. (2004). Climate change impacts on groundwater resources: modelled deficits in a chalky aquifer, Geer basin, Belgium. Hydrogeology Journal, 12(2), 123-134. <http://hdl.handle.net/2268/2332>