

RECHARGE DES AQUIFERES ET EVOLUTION ATTENDUE EN RAISON DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

QUELLES CONSÉQUENCES?

Y. Caballero¹, S. Lanini¹, P. Le Cointe², S. Beranger²,
L. Arnaud³, S. Pinson³, J. Lechevallier¹

1 BRGM, Montpellier

2 BRGM, Toulouse

3 BRGM, Orléans

Jeudi 6 décembre 2018 - Lyon



© BRGM

PROJET BRGM / AGENCE DE L'EAU

RECHARGE - Phase 1 (2015-2016) (Caballero et al., 2015 et 2016)

- ▶ *Tester et choisir les méthodes de calcul de la recharge les plus adaptées au contexte des aquifères complexes du bassin RM&C*
- ▶ *Comparer les résultats sur des bassins bien connus pour proposer une évaluation robuste de la recharge, en tenant compte des incertitudes*
- ▶ *Simuler l'impact des projections climatiques futures sur la recharge des aquifères*

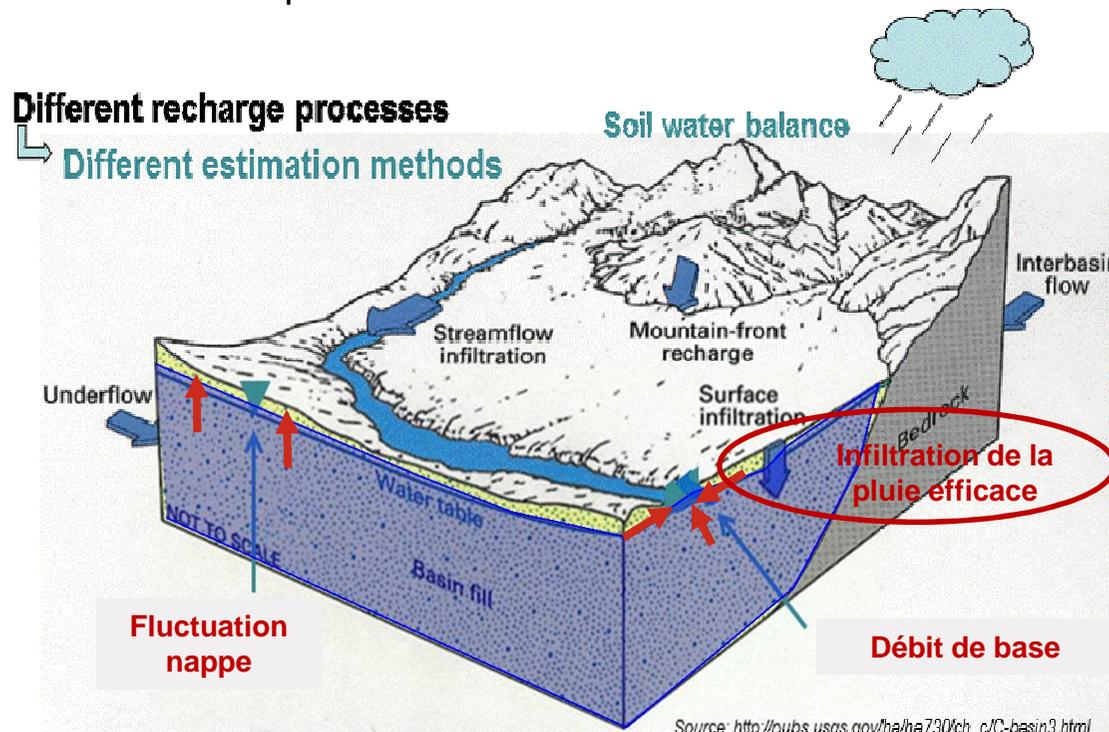
RECHARGE - Phase 2 (2017-2019)

- ▶ *Consolider la cartographie de l'estimation de la ressource en eau souterraine renouvelable future*
- ▶ *Préciser territorialement l'impact des projections climatiques futures sur la recharge des aquifères*
- ▶ *En déduire les conséquences sur l'influence de ces impacts sur le soutien d'étiage des cours d'eau et le maintien des usages (en particulier AEP).*

RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES → RECHARGE

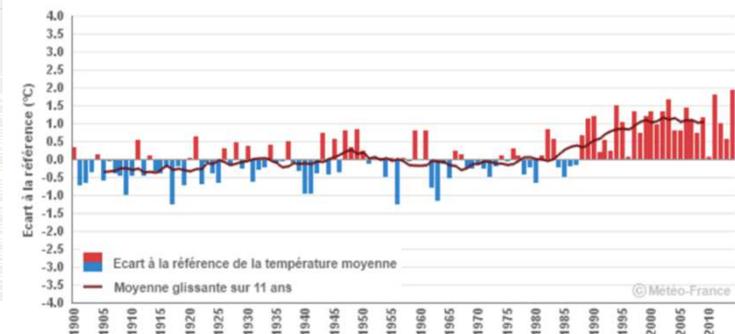
> **Enjeu** : La recharge comme un moyen de caractériser la part renouvelable de la ressource en eau souterraine et son évolution future.

- Plusieurs processus de recharge potentiels. Le climat impacte majoritairement l'infiltration de la pluie efficace



« L'utilisation de différentes méthodes d'estimation de la recharge permet d'obtenir des résultats plus robustes et d'estimer les incertitudes » (Scanlon et al., 2006)

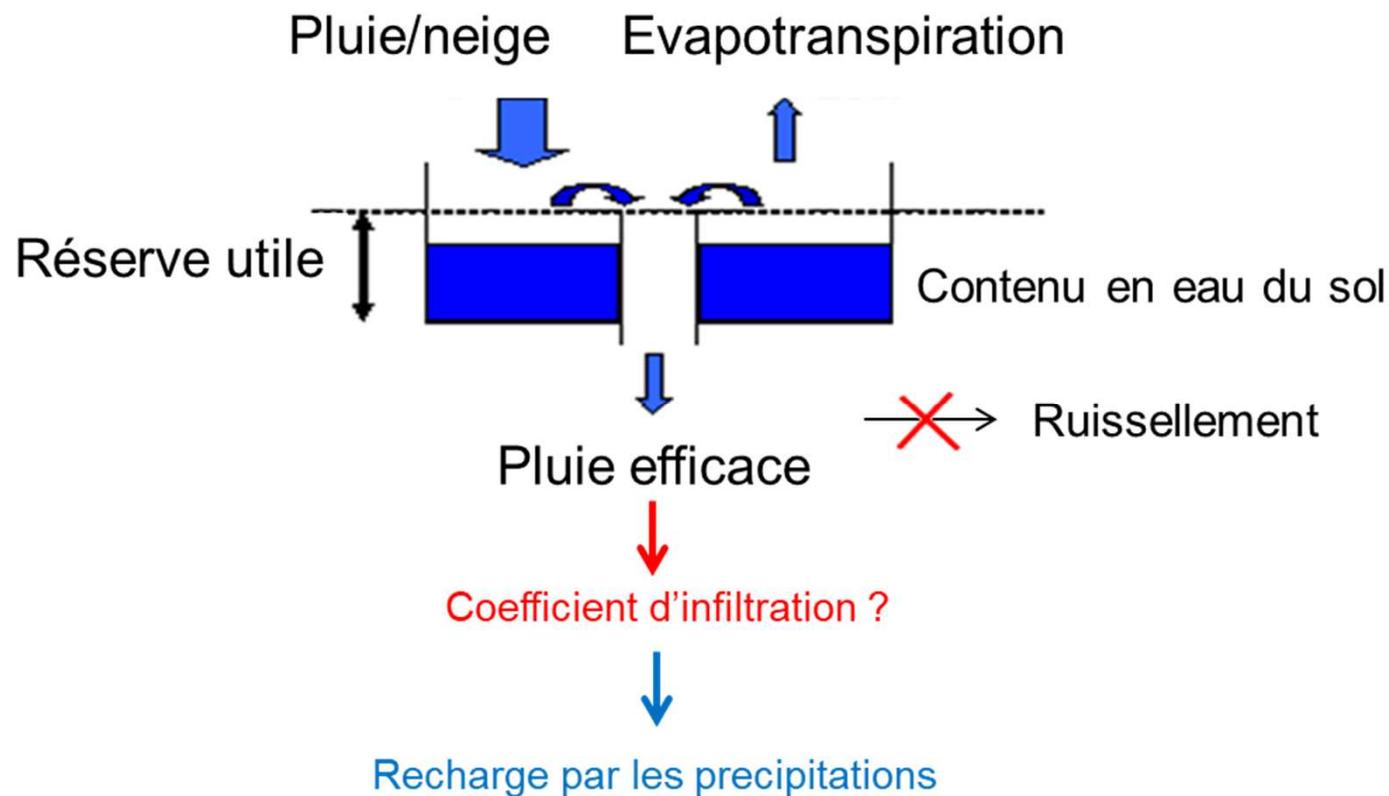
Quelle évolution future
versus
Changement climatique?
Adaptation (PBACC)



RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES → RECHARGE

> RECHARGE PAR LES PRÉCIPITATIONS :

calcul de la Pluie Efficace → Bilan hydrique



RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES → RECHARGE

> Recharge par les précipitations : calcul de la Pluie Efficace → Bilan hydrique

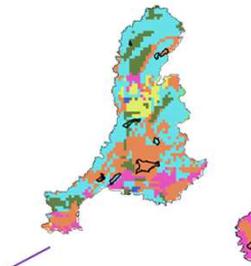
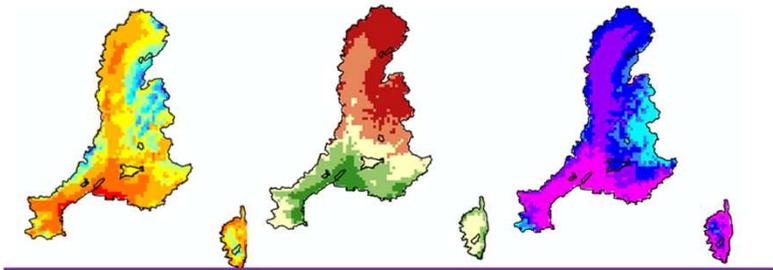
Données Safran (1958-2018)

Données INRA (1998)
1 / 1 000 000^{ème}
Réserve Utile du Sol

Précipitations

ETP

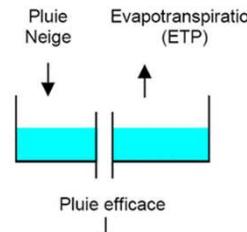
Température



Données journalières pour chaque cellule de 8*8 km²

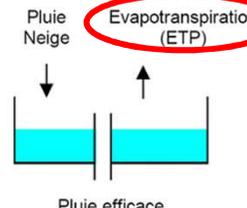
Trois modèles de bilan :

Thornthwaite (Thornthwaite, 1948)



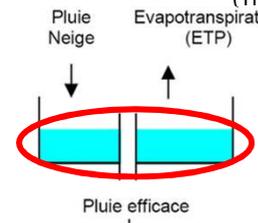
Pluie efficace →
débordement réservoir

Dingman (Dingman, 2002)



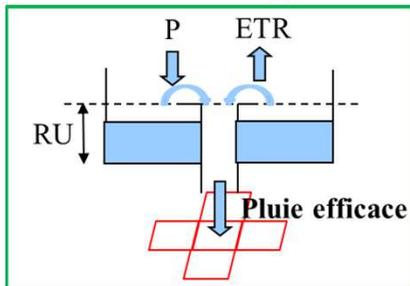
Consomme eau du sol
→ f° (exponentielle)

Gardenia (Thierry, 2014)

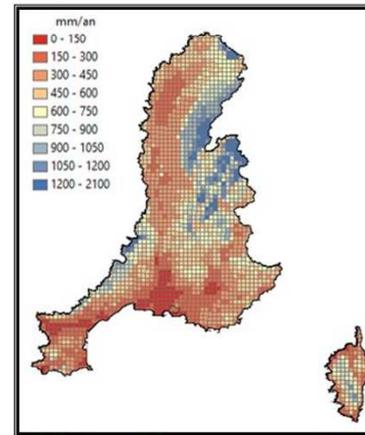


Vidange eau du sol
→ f° (quadratique)

② Bilan hydrique du sol
pour chaque cellule



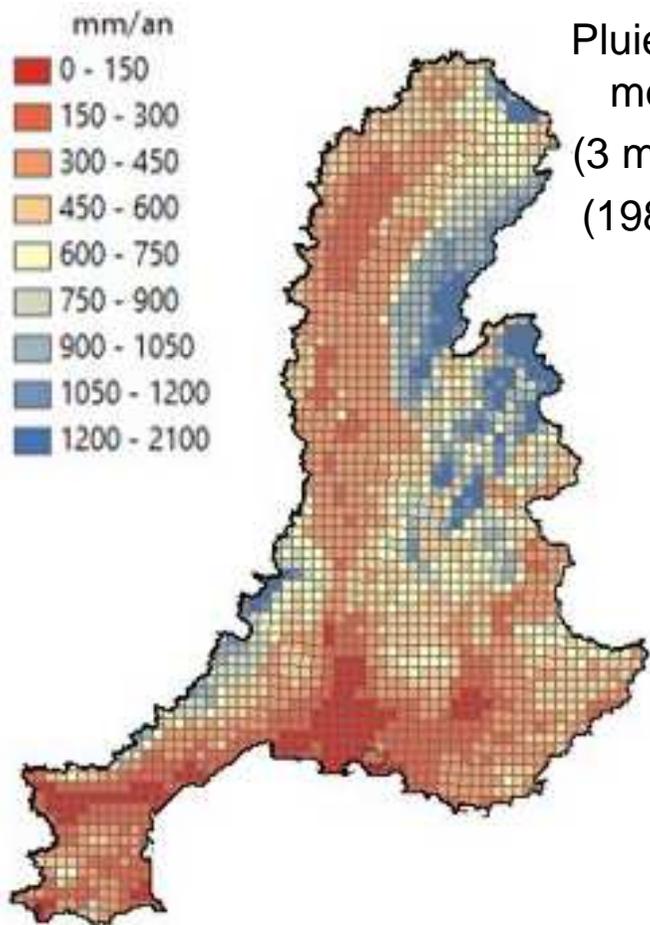
③ Moyenne interannuelle
pour chaque cellule



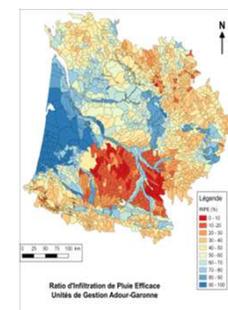
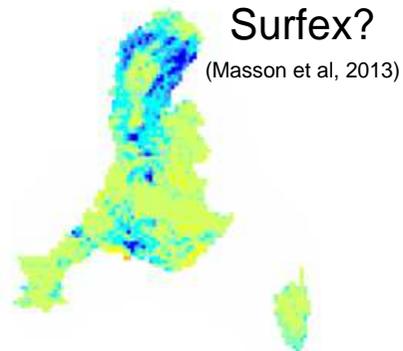
Pluie efficace annuelle
(1981-2010)

RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES → RECHARGE

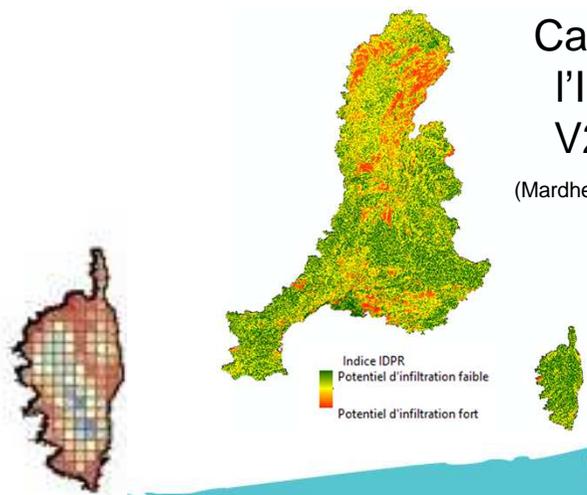
> Recharge par les précipitations : Pluie Efficace à Recharge → Coefficient d'infiltration?



Pluie efficace
moyenne
(3 méthodes)
(1980-2010)

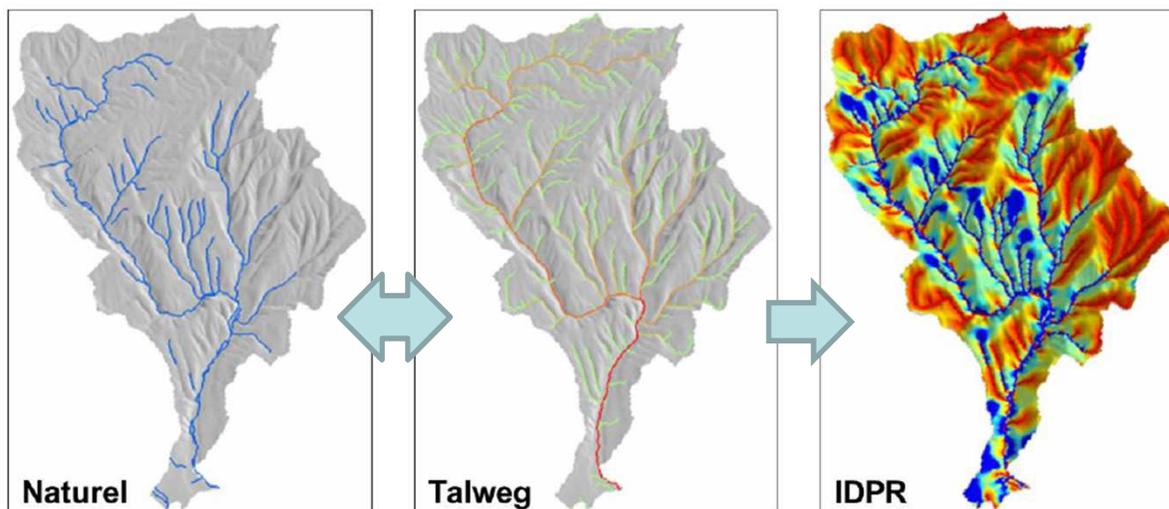


Recharge par les
précipitations



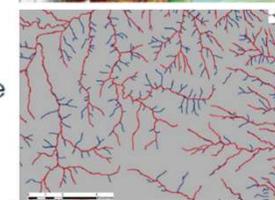
RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES → RECHARGE

> L'IDPR: Indice de Persistance des Réseaux



> V2017: Nouvelles données:

- MNT 20 m (BD ALTI V2 IGN©)
Lidar, Radar, Photos aériennes
- Réseau hydrographique (BD TOPO IGN©)
Vectorielle, précision métrique, plus dense



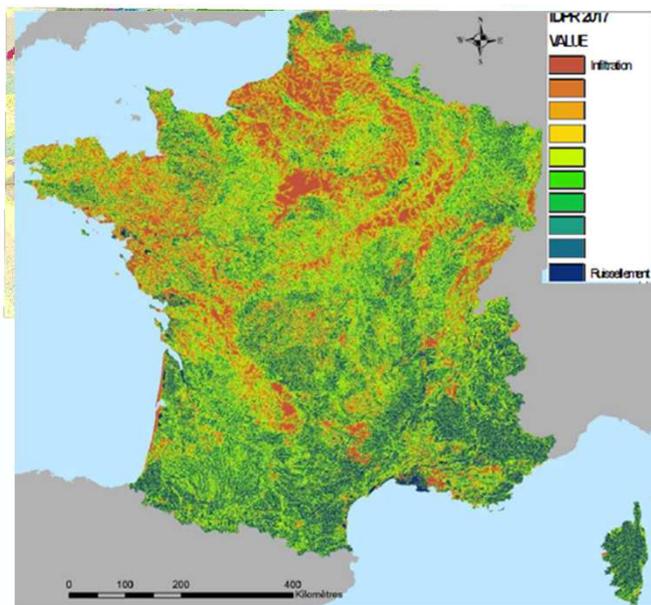
— ED Carthage
— ED TOPO

> Nouvelles méthodes

- Continuité / discontinuité réseau hydrographique
- Lissage des pentes
- Approche différente pour sédimentaire / socle

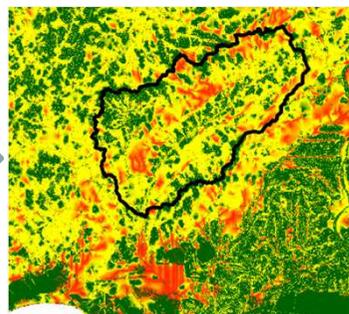
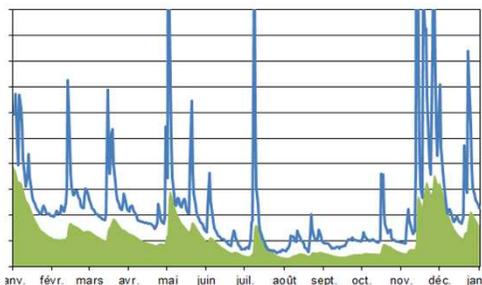
RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES → RECHARGE

> IDPR → Coefficient d'infiltration?

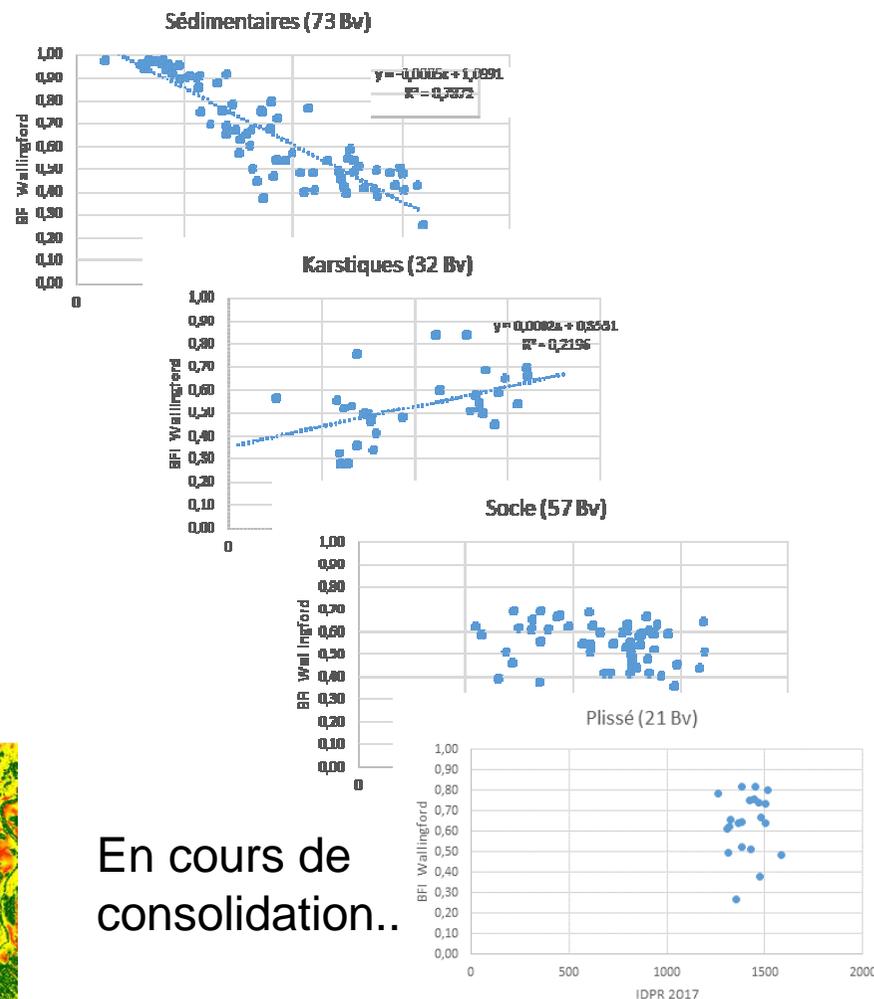


Carte de l'IDPR 2017

> Débit de base (BFI) / IDPR Moyen bassin



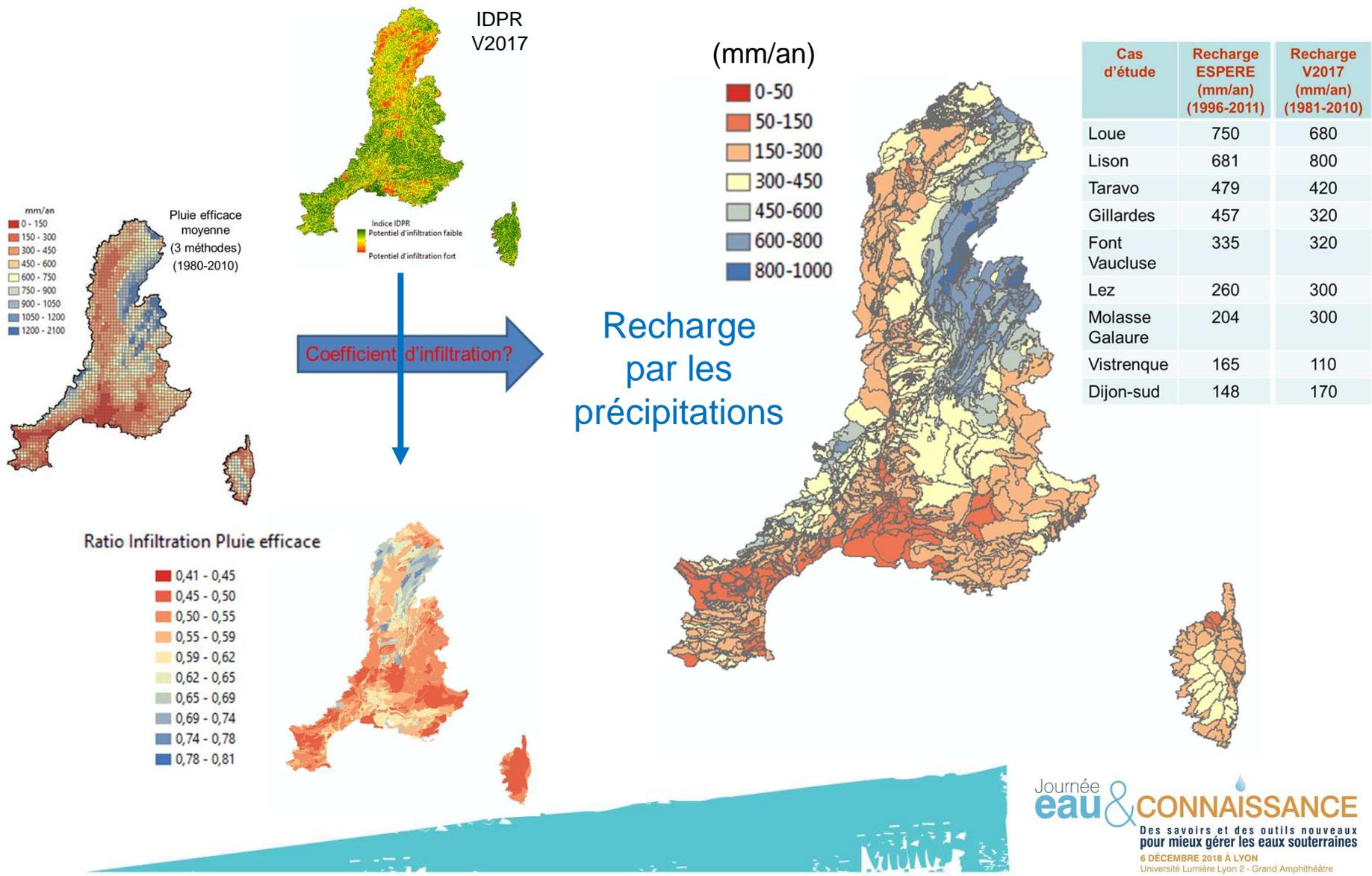
> Relations fonction carac. BDLISA



En cours de consolidation..

RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES → RECHARGE

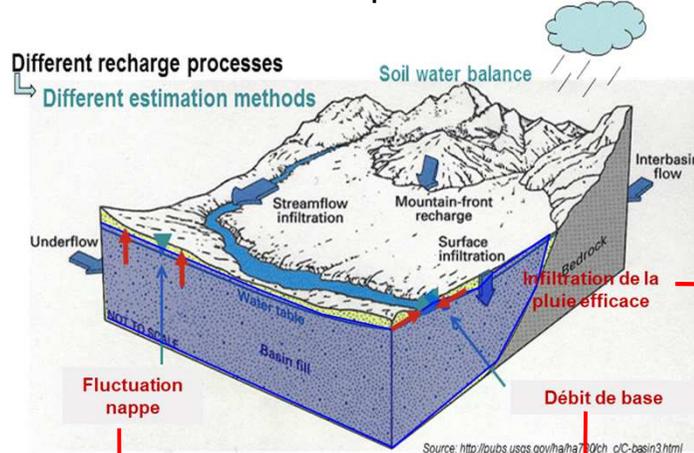
> Recharge moyenne annuelle par les précipitations (1980-2010) à l'échelle BDLISA



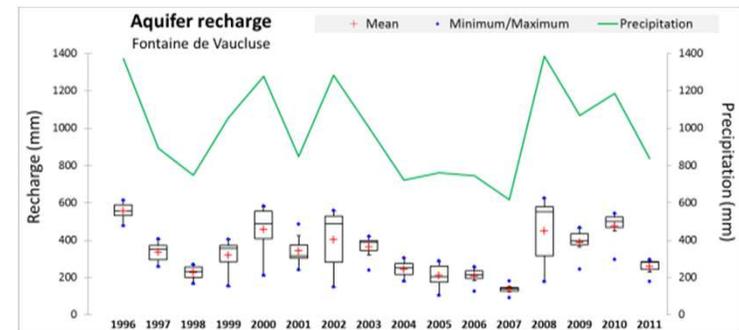
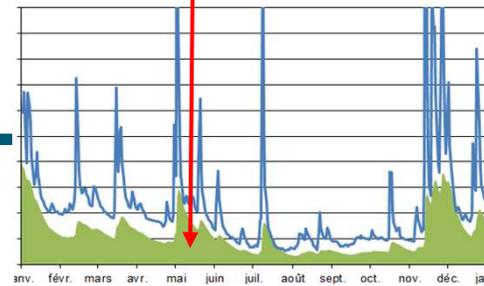
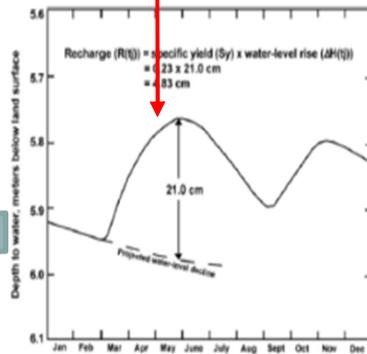
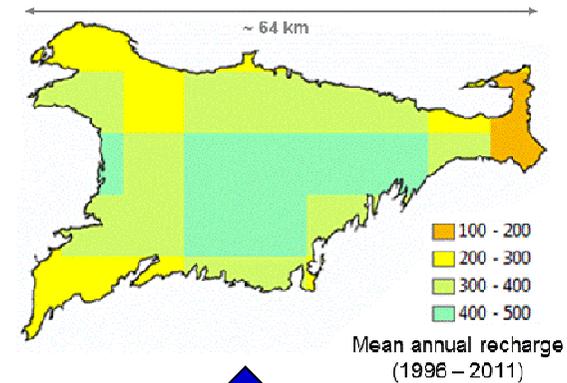
RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES → RECHARGE

> Recharge par les précipitations % autres processus de recharge?

Etude à l'échelle d'un aquifère/bassin versant



Recharge par les précipitations



Recharge = \sum_{annuelle} (remontée piézométrique)

Recharge = debit de base annuel

En cours de vérification sur des bassins versants à hydrogéologie « homogène »...

ESPERE (Lanini et al. (2015)),
Téléchargement libre @ <http://www.brqm.fr/espere>

IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

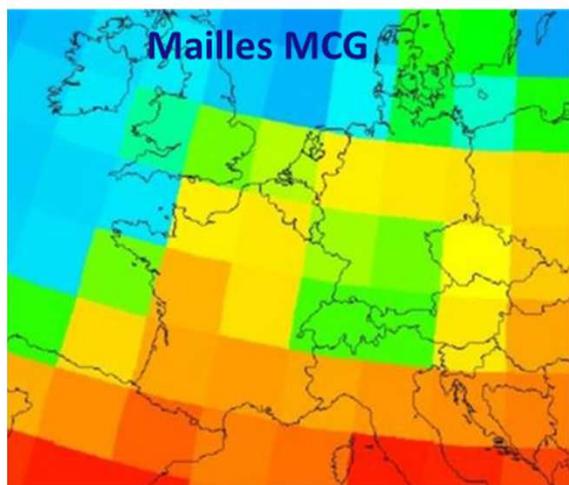
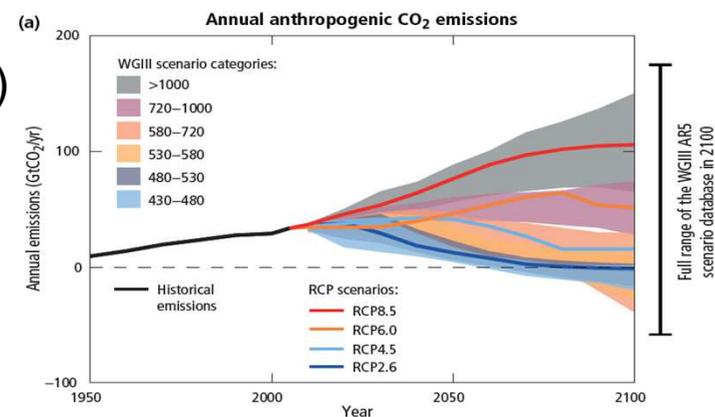
> Scénarios climatiques → Pluie efficace future

Scénarios RCP 2.6 (optimiste) et 8.5 (tendanciell..)

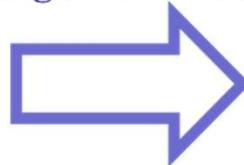
5 Modèles de climat

(CSM1, CanESM2, NorESM1, IPSL, CNRM-CM3)

2 méthodes de régionalisation



Changement d'échelle



Descente climatique
Pagé et al. (2010)

+

Analogues climatiques
Dayon (2016)

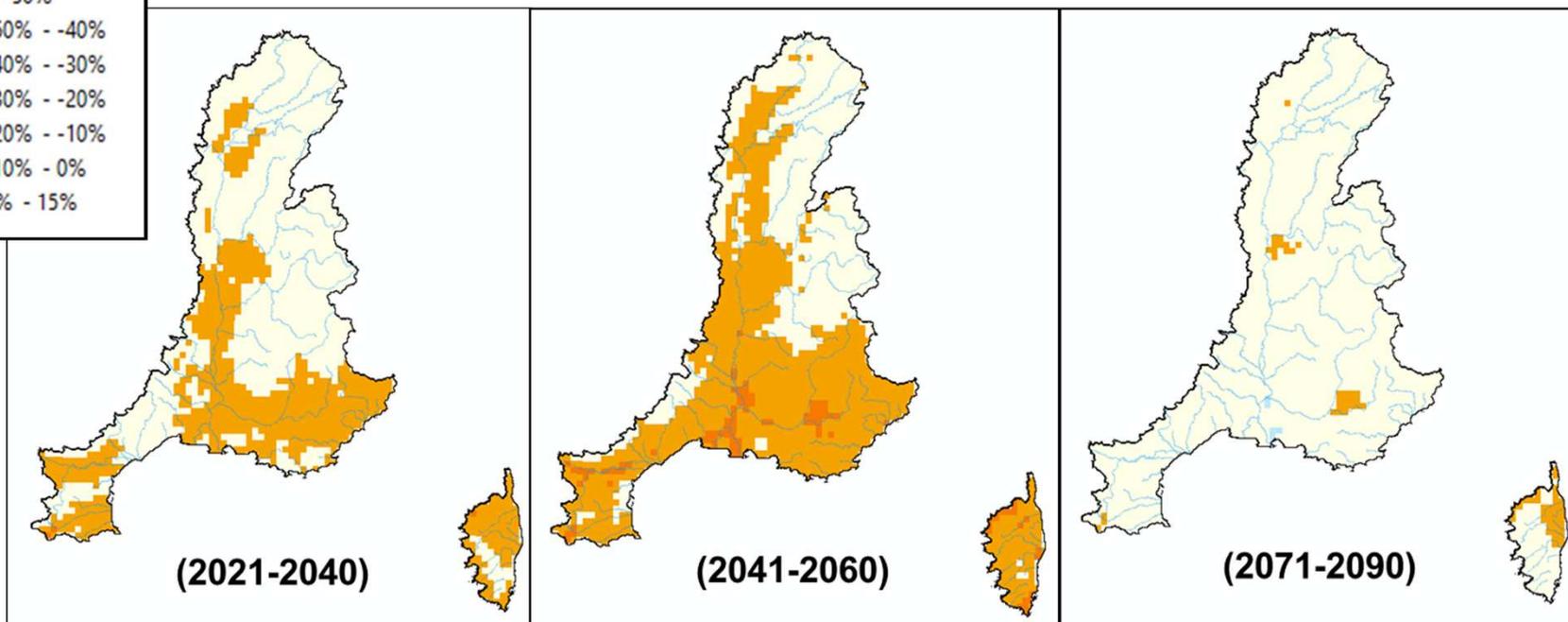
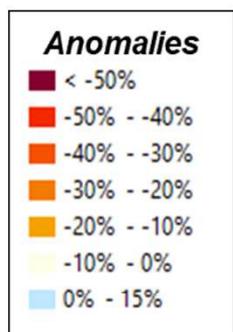
Mailles SAFRAN (8 x 8 km)



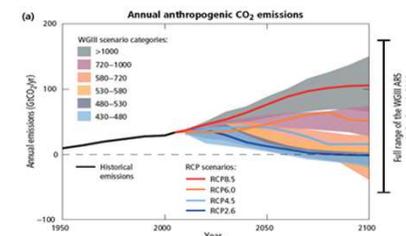
IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

➤ Anomalies future de Pluie efficace annuelle (moy. 3 méthodes):

Scénario RCP2.6 (optimiste)



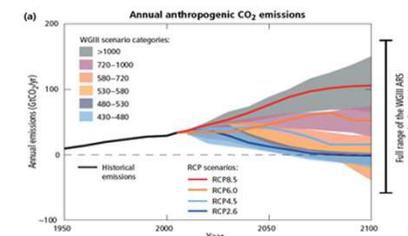
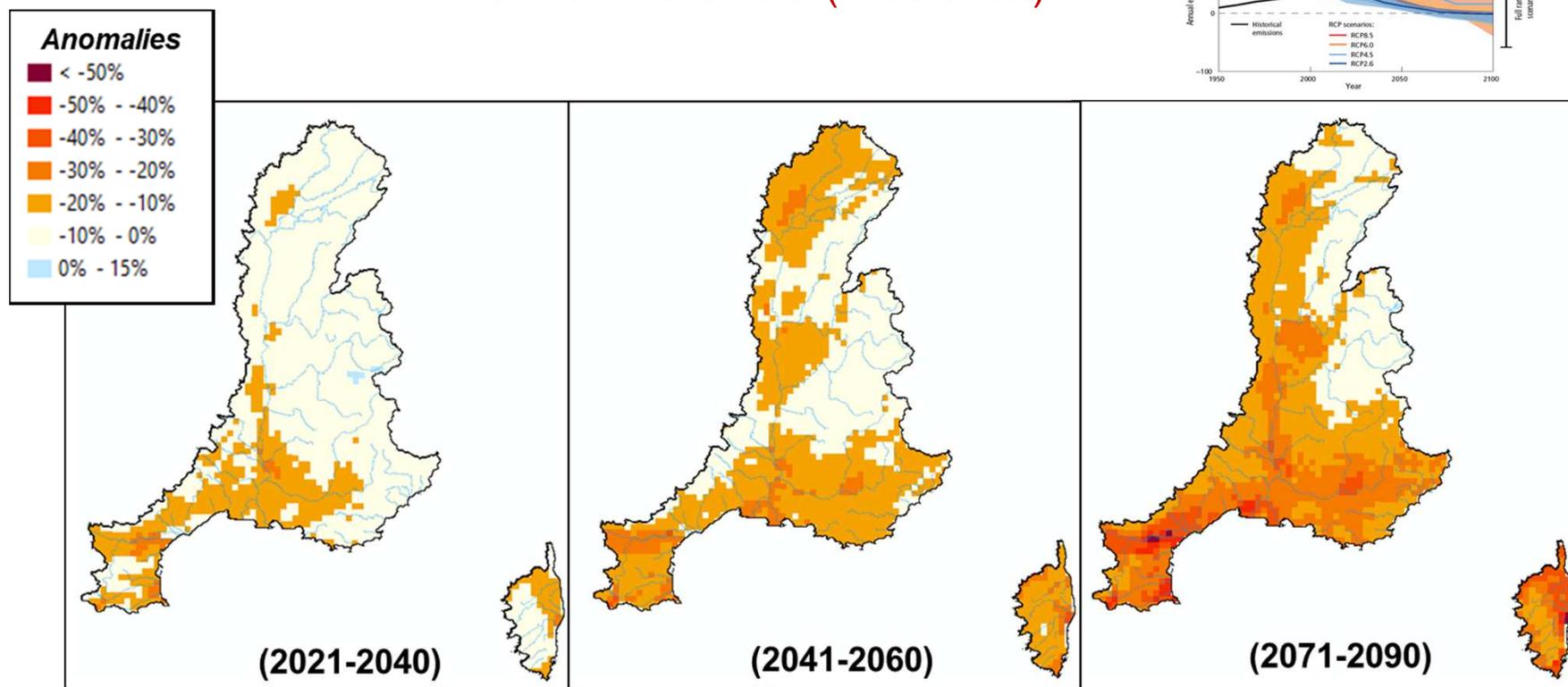
Période de référence présent : moyenne interannuelle sur la période 1981-2010 (30 ans)



IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

➤ Anomalies future de Pluie efficace annuelle (moy. 3 méthodes):

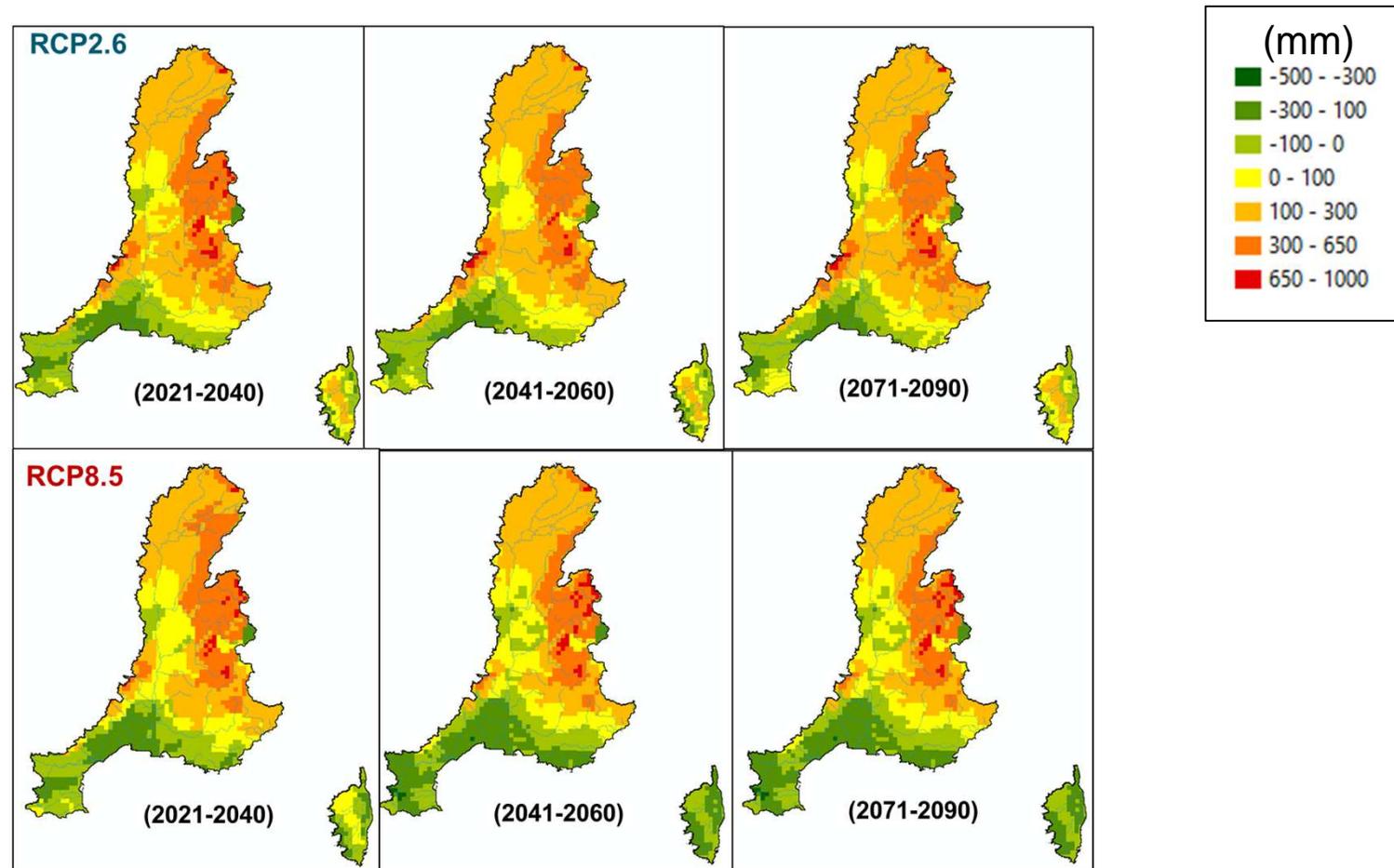
Scénario RCP8.5 (tendanciel)



Période de référence présent : moyenne interannuelle sur la période 1981-2010 (30 ans)

IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

> Influence méthode de régionalisation: Pefficace (DAYON – DSCLIM)



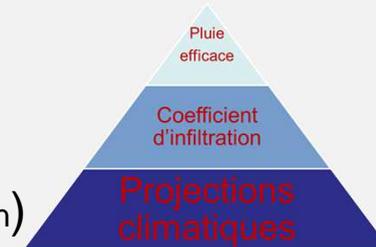
Ecarts entre pluies efficaces annuelles pour les 2 méthodes de régionalisation (DAYON - DSCLIM)

CONCLUSIONS

Vers une baisse de la recharge des aquifères sur le bassin RMC

- Carte de recharge par les précipitations à partager avec les acteurs du territoire
- Consolidations en cours (relation IDPR ↔ Débit de base ; estimation des incertitudes cumulées ; rôle des autres processus de recharge)
- Impacts du CC → baisse de la recharge variable sur le bassin, parfois > 40% (sud-ouest)
- Incertitudes importantes à tous les niveaux de calcul :

(RCP's / Modèles Climat / Régionalisation)



- Déterminer l'influence sur les débits d'étiage: Aggravation/Modération potentielle de l'impact du CC sur les eaux de surface en période d'étiage
- Estimations à comparer aux usages de l'eau par aquifère



REFERENCES CITEES

- Caballero, Y., Lanini, S., L. Zerouali, V. Bailly-Comte, (2016) – Caractérisation de la recharge des aquifères et évolution future en contexte de changement climatique. Application au bassin Rhône Méditerranée Corse. Rapport final. BRGM/RP-65807-FR, 188 p., 159 ill., 3 CD
- Dingman S. L. (2002), Physical Hydrology, pp. 575, Waveland Press, 2nd edition, ISBN: 978-1-57766-561-8
- Lanini, S., Caballero, Y., Seguin, J.-J., and Maréchal, J.-C., (2015), ESPERE - A Multiple-Method Microsoft Excel Application for Estimating Aquifer Recharge, Groundwater 54, no. 2: 155–156.
- Mardhel, V., Frantar P., Uhan J. and Miso A. (2004). Index of development and persistence of the river networks as a component of regional groundwater vulnerability assessment in Slovenia. International conference on groundwater vulnerability assessment and mapping, Ustron, Poland, 15-18 June 2004
- Masson, V., P. Le Moigne, E. Martin, S. Faroux, A. Alias, R. Alkama, S. Belamari, A. Barbu, A. Boone, F. Bouyssel, P. Brousseau, E. Brun, J. -. Calvet, D. Carrer, B. Decharme, C. Delire, S. Donier, K. Essauouini, A. -. Gibelin, H. Giordani, F. Habets, M. Jidane, G. Kerdraon, E. Kourzeneva, M. Lafaysse, S. Lafont, C. Lebeauupin Brossier, A. Lemonsu, J. -. Mahfouf, P. Marguinaud, M. Mokhtari, S. Morin, G. Pigeon, R. Salgado, Y. Seity, F. Taillefer, G. Tanguy, P. Tulet, B. Vincendon, V. Vionnet and A. Voltaire (2013), The SURFEXv7.2 land and ocean surface platform for coupled or offline simulation of earth surface variables and fluxes , Geosci. Model Dev., 6(4), 929-960, doi:10.5194/gmd-6-929-2013
- Scanlon, B. R., K. E. Keese, A. L. Flint, L. E. Flint, C. B. Gaye, W. M. Edmunds and I. Simmers (2006), Global synthesis of groundwater recharge in semiarid and arid regions, Hydrol.Process., 20(15), 3335-3370, doi:10.1002/hyp.6335
- Le Cointe, P., L. Arnaud, S. Beranger, Y. Caballero, S. Lanini (2018) – Réponse des Eaux souterraines au CHangement climatique dans le bassin AdouR-GaronnE (RECHARGE). Rapport final. BRGM/RP-67149-FR, 146 p., 47 ill., 12 tab., 7 ann.
- Thornthwaite, C. W. (1948), An approach toward a rational classification of climate, Geograph. Rev., 38, 55-94,
- Thiéry D. (2014). Logiciel GARDÉNIA, version 8.2. Guide d'utilisation. Rapport BRGM/RP-62797-FR, mise à jour : Mai 2015

