



VULNÉRABILITÉ DES HYDROSYSTÈMES
SOU MIS AU CHANGEMENT GLOBAL
EN ZONE MÉDITERRANÉENNE



Agence Nationale de la Recherche
ANR
APR VMC 2006

INSTITUT
CARNOT
brgm

Géosciences pour une Terre durable
brgm

BRL
Ingénierie

HSM
HydroSciences
Montpellier

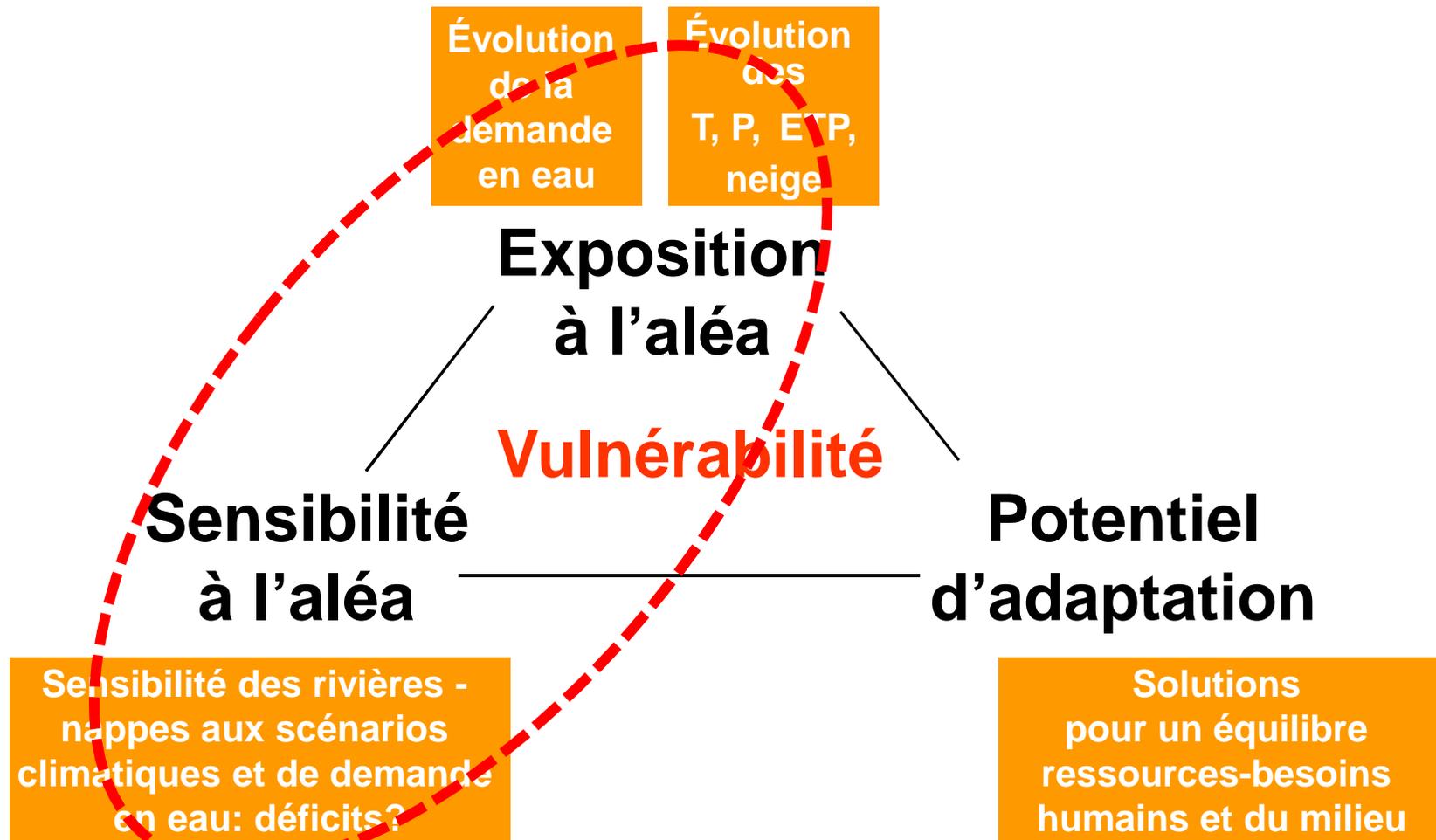
**METEO
FRANCE**



Caballero, Y., Maton, L., Terrasson, I.,
Fleury, P., Dorfliger, N., Ladouche, B.,
Chazot, S., Rinaudo, J.-D., Neppel, L.,
Martin, E., Salas y Melia, D., Pinault, J.-L.

Comment définir la vulnérabilité?

Vulnérabilité *actuelle*... des hydrosystèmes... aux changements globaux



Questions abordées



Changements
Pluie, T° et ETP
1970 – 2006?



Scénarios climatiques
2020 - 40
2040 - 60



Débits Tech
présent – futur?



Demande en eau
présent - futur?



Débits Agly
présent – futur?



**Vulnérabilité?
(quantité)**



Piézométrie pliocène
Présent – futur?

Le climat présent (1970 – 2006)

→ Augmentation significative des températures moy. annuelles :

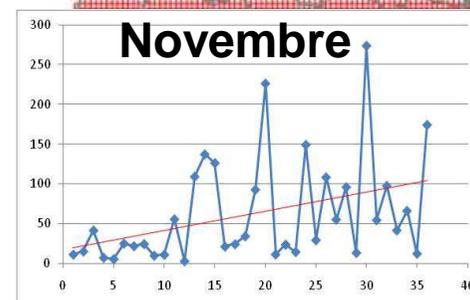
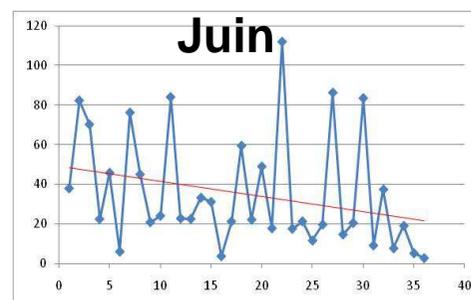
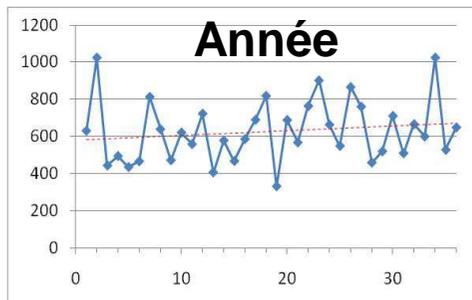
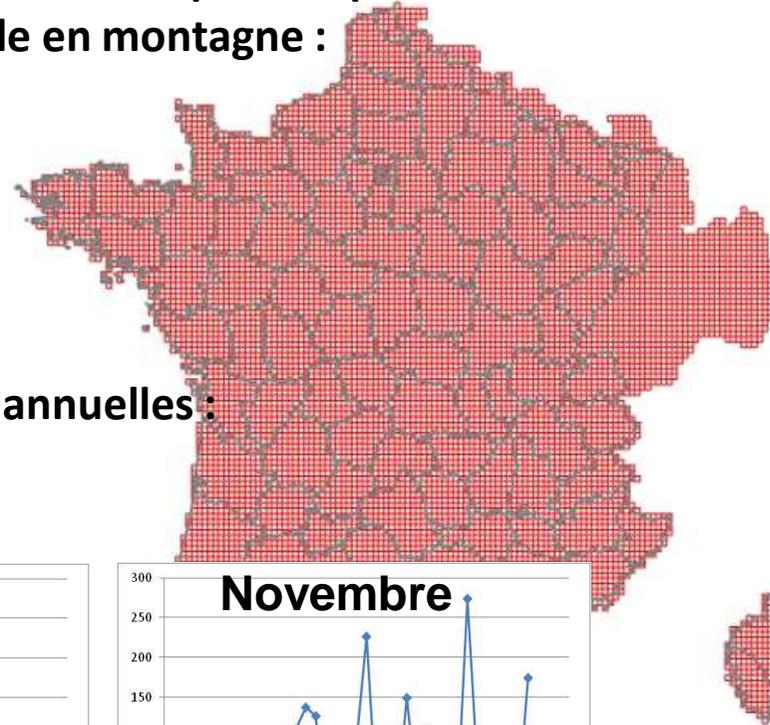
- en moyenne sur la zone : **+ 0.3°C/10 ans**
- plus marquée en montagne que sur le littoral et au printemps

→ Augmentation significative de l'ETP annuelle en montagne :

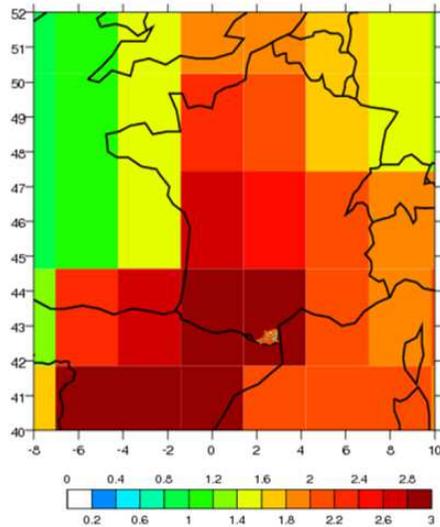
- en moyenne sur la zone : **+1 à +4 mm/an**
- plus marquée au printemps

→ Pas de tendance significative pour les pluies annuelles :

- **baisse** en juin et **hausse** en novembre



Le climat futur (scénarios 2030 et 2050)



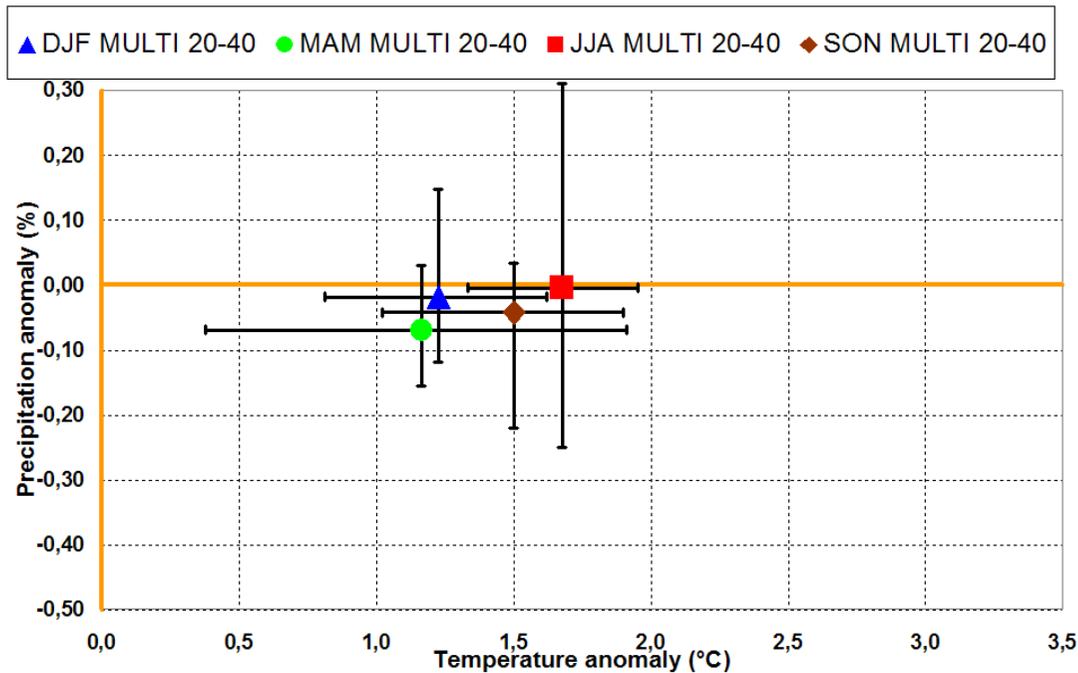
5 MCG (AR4 / SRES A1B):

- IPSL-CM4 (FR)
- CNRM-CM3 (FR)
- UKMO-HadGEM1 (GB)
- NCAR-CCSM3.0 (USA)
- MPI-ECHAM5 (ALL)

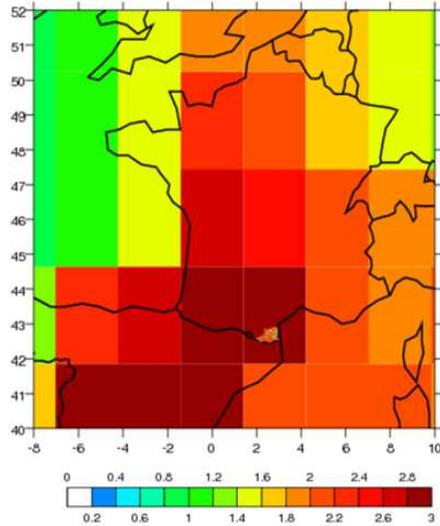


$$\delta T = T_{\text{Future}} - T_{\text{Present}}$$

$$\delta P = \frac{P_{\text{Future}} - P_{\text{Present}}}{P_{\text{Present}}}$$



Le climat futur (scénarios 2030 et 2050)



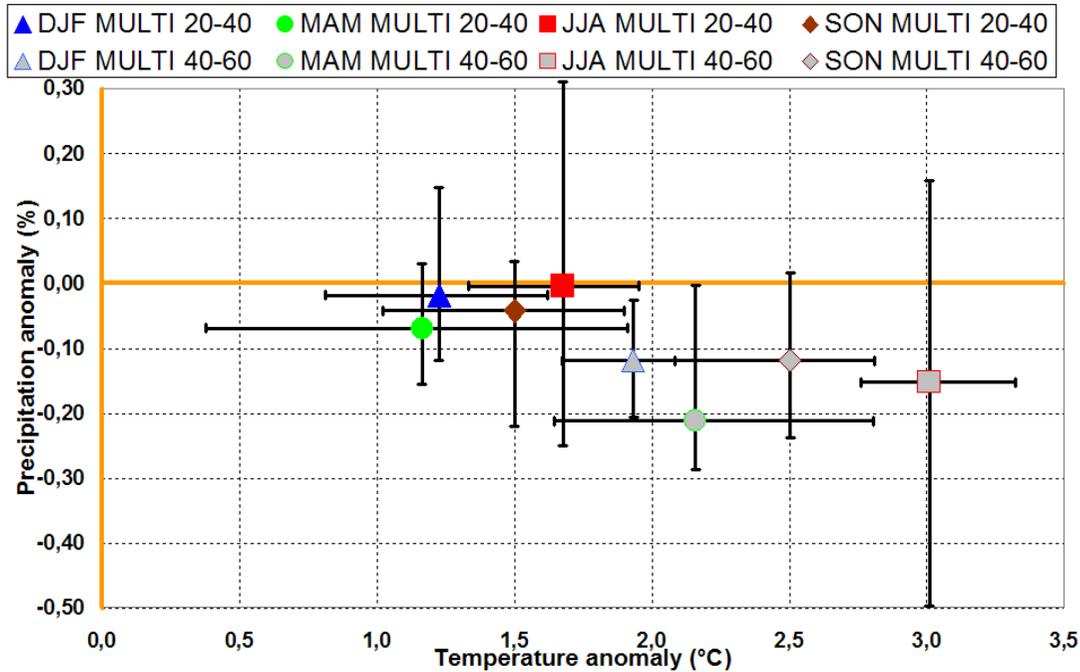
5 MCG (AR4 / SRES A1B):

- IPSL-CM4 (FR)
- CNRM-CM3 (FR)
- UKMO-HadGEM1 (GB)
- NCAR-CCSM3.0 (USA)
- MPI-ECHAM5 (ALL)

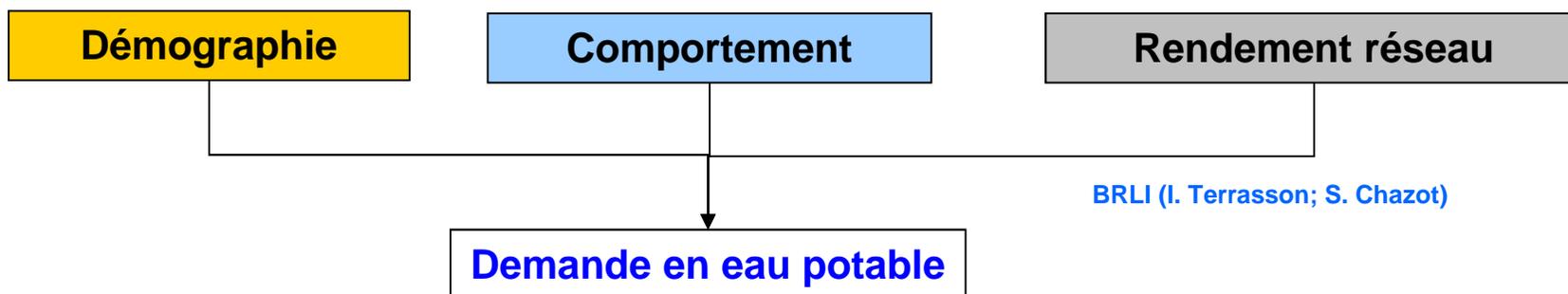


$$\delta T = T_{\text{Future}} - T_{\text{Present}}$$

$$\delta P = \frac{P_{\text{Future}} - P_{\text{Present}}}{P_{\text{Present}}}$$



La demande en eau potable actuelle



Actuel: 55 Mm³ prélevés (Moy 2000-2004)

- 70% (40 Mm³) dans Plioquaternaire
- 15% (8 Mm³) en rivière
- 10% (5,5 Mm³) en nappe alluviale dans les BV
- 5% (2,5 Mm³) autres aquifères (socle; calcaires)



La demande en eau potable future

Modèle AEP simple



Actuel: 55 Mm³ prélevés

+

2 ateliers de réflexion

Facteurs de changement	Etats futurs				
	+	=	-		
Démographie	+	=	-		
Urbanisme	+	+	=	-	Territoire
Tourisme	+	=			
Réseaux	+	=			
Economies d'eau	+	=			Efficacité
Tarifs	++	+	=	-	
Forages	+	=			
Canaux	+				
Gestion	++		=		Ressource
Scénarios	Dvt anarchique, perte de vitesse du territoire			Dynamisme territorial durable	Tendanciel timide
Demande associée	68 Mm ³			51 Mm ³	61 Mm ³

Demande AEP 2030:

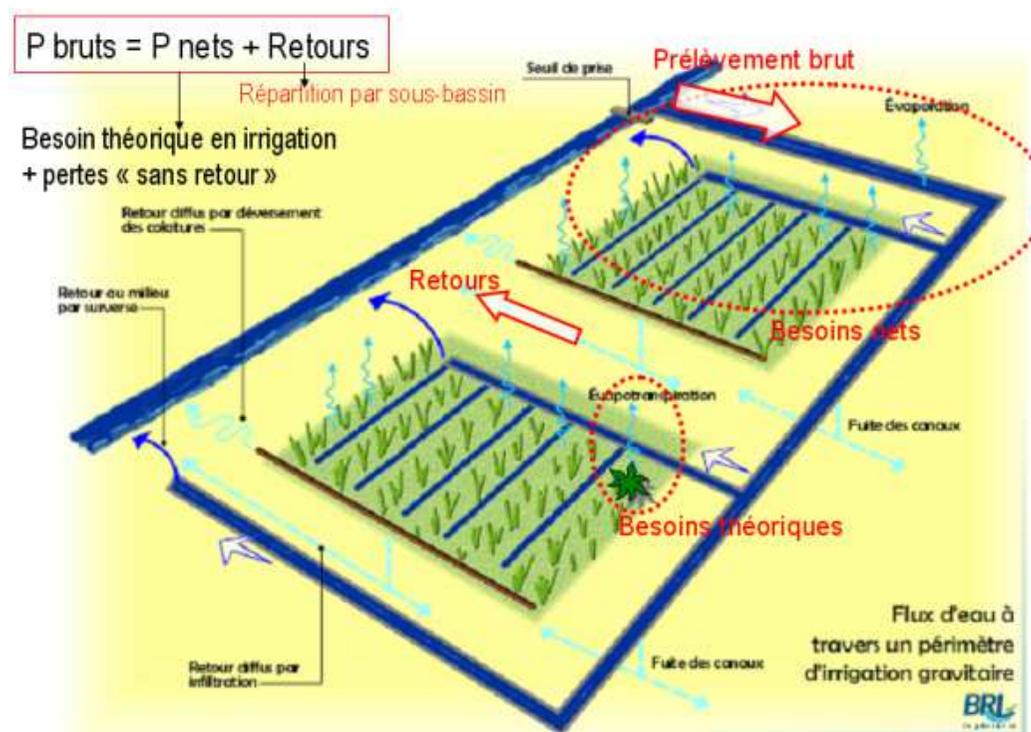
[-9% ; +25%]

Incertitudes:

- Population
- rendement
- économie/gaspillage
- **tourisme**

La demande en eau agricole actuelle

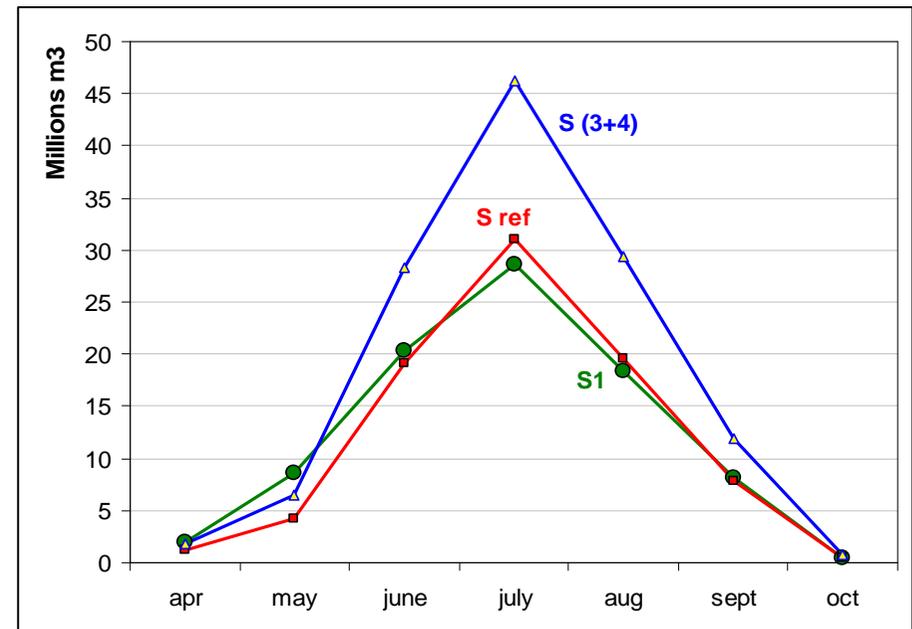
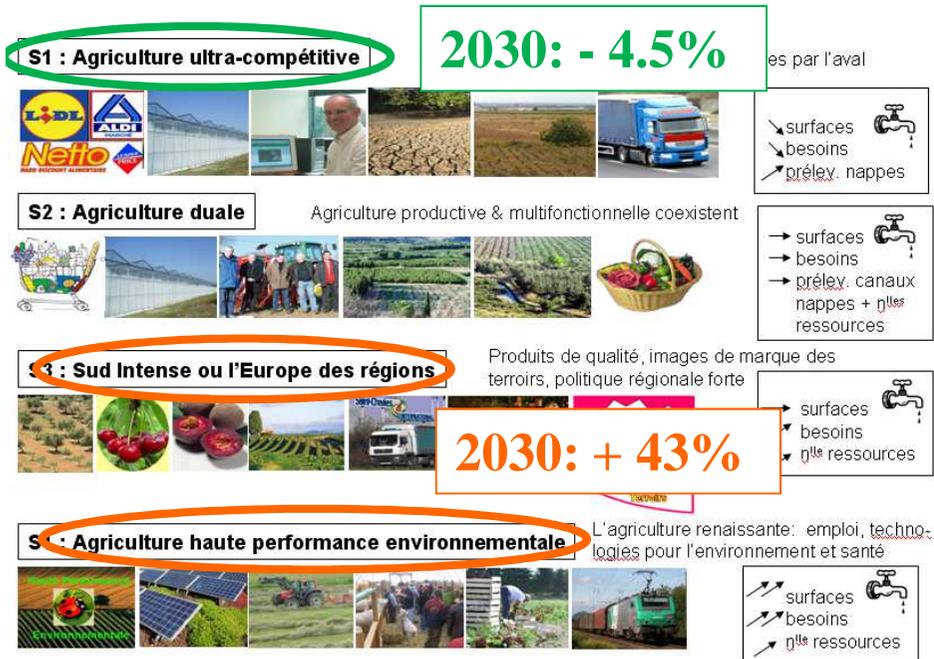
Besoin en eau des cultures : $\sum_j \max [0, (Kc(i, j) \times ETP(k, j) - P(k, j)) - RU(j-1)]$
 (Allen et al. 1998 (FAO))



Actuel: 88 Mm³ (année quinquennale sèche)

La demande en eau agricole future

Déconstruction et re-construction des scénarios « La Bussière »



La demande en eau agricole future

Déconstruction et re-construction des scénarios « La Bussière »

S1 : Agriculture ultra-compétitive

2030: - 4.5%

des par l'aval



- surfaces
- besoins
- prélev. nappes

S2 : Agriculture duale

Agriculture productive & multifonctionnelle coexistent



- surfaces
- besoins
- prélev. canaux nappes + n^{les} ressources

S3 : Sud Intense ou l'Europe des régions

Produits de qualité, images de marque des terroirs, politique régionale forte



2030: + 43%

- surfaces
- besoins
- n^{les} ressources

S4 : Agriculture haute performance environnementale

L'agriculture renaissante: emploi, technologies pour l'environnement et santé



- surfaces
- besoins
- n^{les} ressources

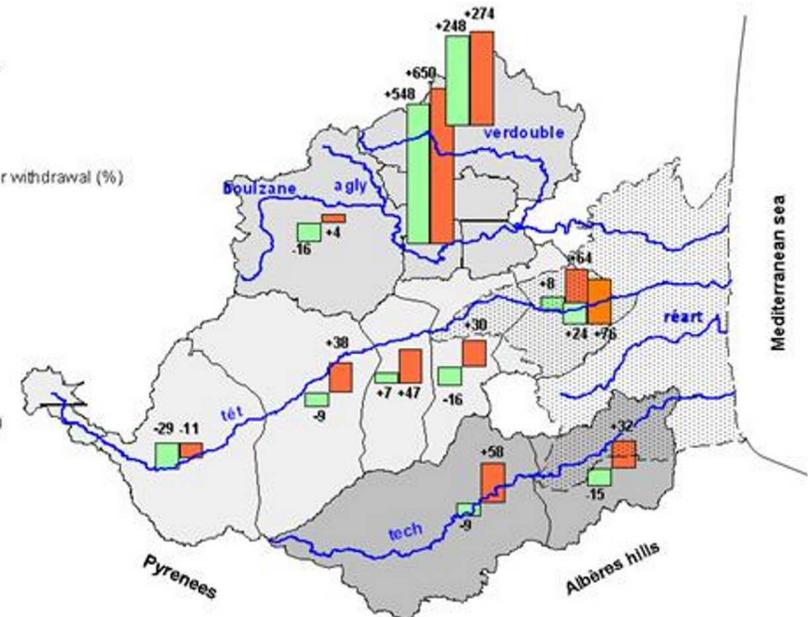
Sub-river basins

- Agly
- Tech
- Têt

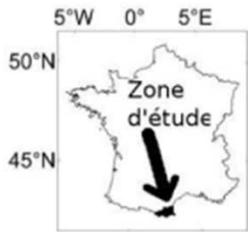
Increase in water withdrawal (%)



- scenario 1
- Scenario (3+4)

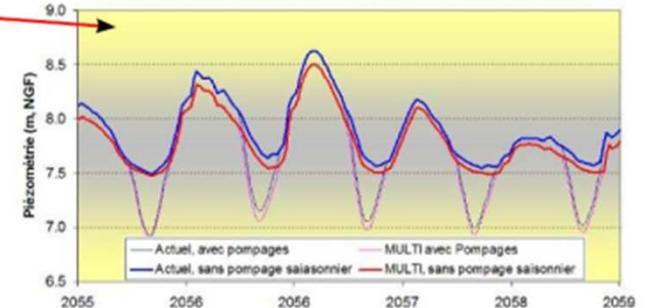
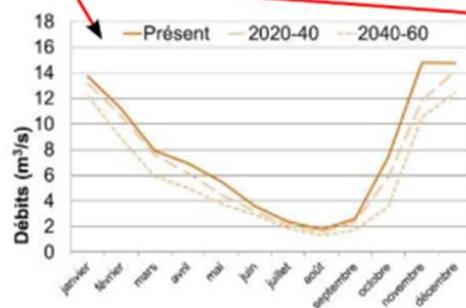
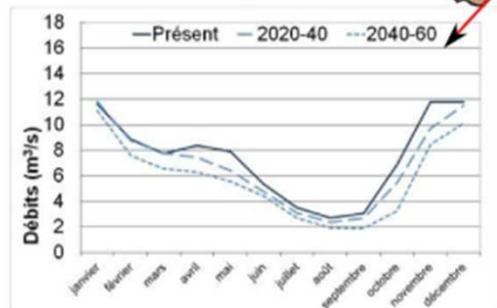
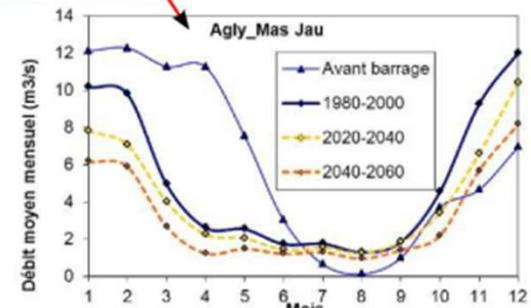
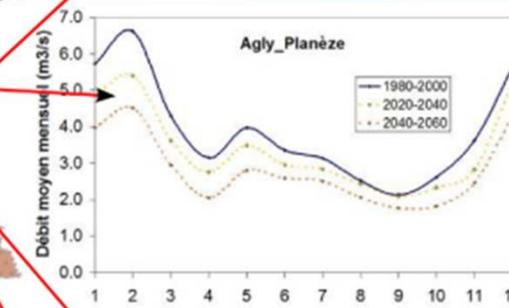
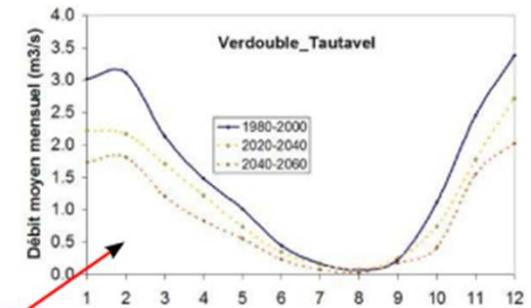
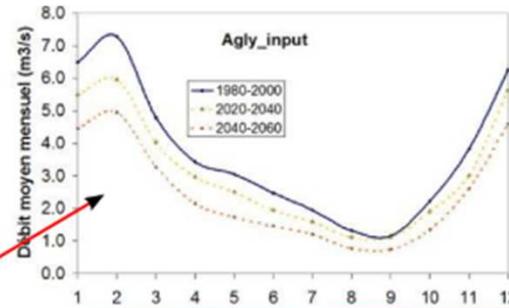
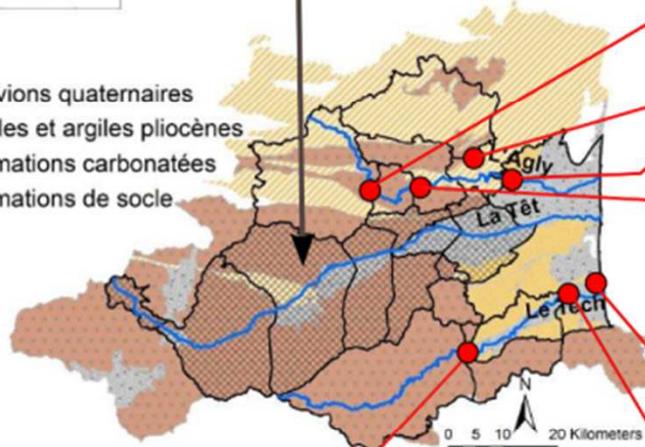


Impact du climat futur sur la ressource en eau



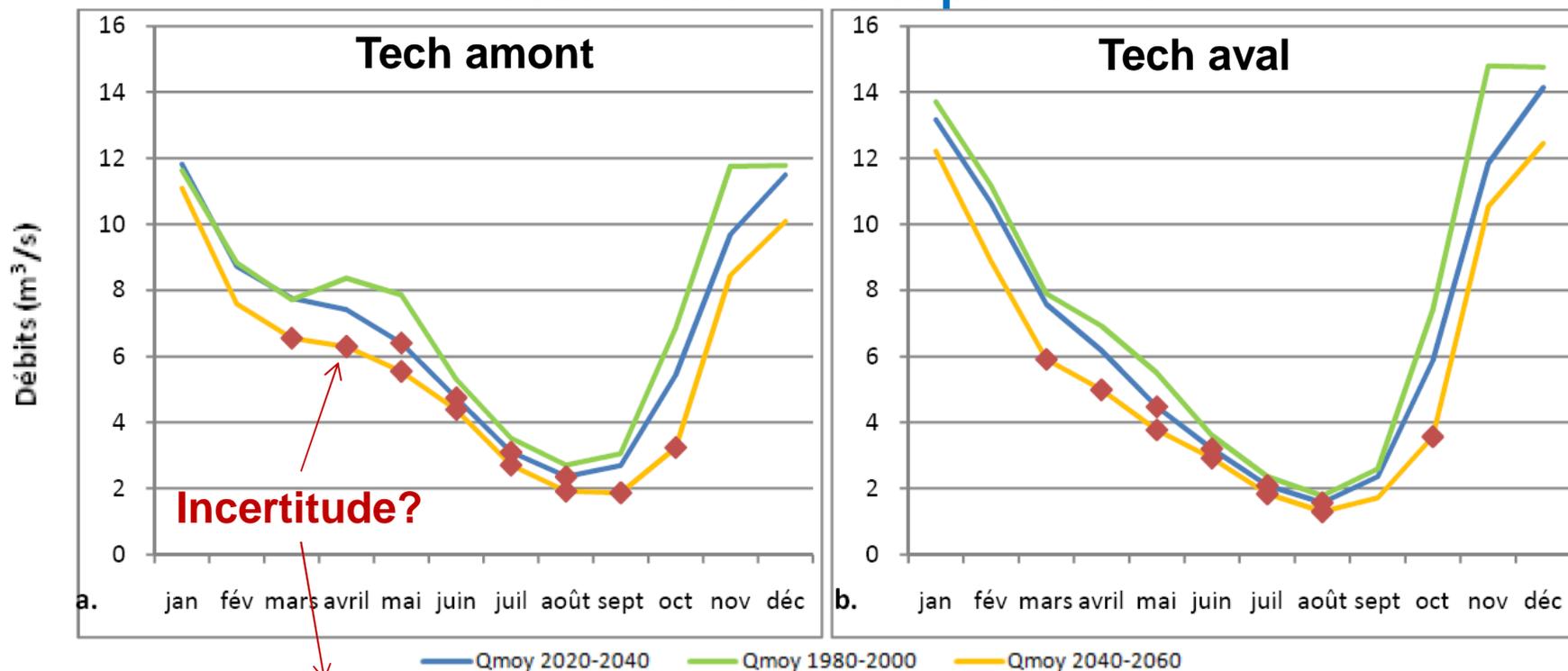
Bassin versant non modélisé

- Alluvions quaternaires
- Sables et argiles pliocènes
- Formations carbonatées
- Formations de socle



Impact du climat futur sur la ressource en eau

Ressource en eau superficielle



◆ Différence par rapport au présent statistiquement significative (test de Student-Fischer)

2030:

-10% à -20%

Printemps et automne

2050:

-20% à -40%

Toute l'année

Vulnérabilité du territoire

Ressource en eau superficielle

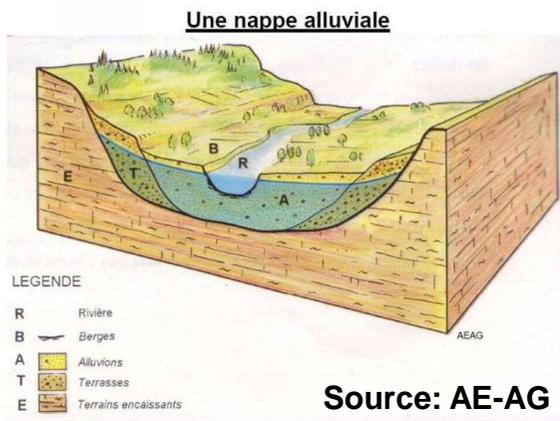


VULCAIN - Tableau de synthèse					
Mm3	période référence	2020-2040		2040-2060	
		1980-2000	2020-2040	delta / réf	2040-2060
Précipitations sur la zone Vulcain					
Précipitation pluvieuse	3 251	3 251	0	2 969	-281
Précipitation neigeuse	626	483	-143	357	-269
Total zone Vulcain	3877	3 734	-143	3 326	-550
Écoulement annuel sur la zone Vulcain					
Tech (Argelès)	248	223	-25	188	-60
Têt (Amont Vinça)	340	308	-10%	255	-25%
Agly (Mas Jau)	164	123	-41	95	-69
Total zone Vulcain	752	652	-100	538	-214
Prélèvements total sur la zone Vulcain					
Prélèvement AEP min	55	50.6	-3.9	54.4	-0.1
Prélèvement AEP moy	55	60.6	6.1	64.1	9.6
Prélèvement AEP max	55	67.5	13.0	67.5	13.0
Prélèvement net Irrigation min	88	76.2	-11.8		
Prélèvement net Irrigation moy	88	88.0	0.0		
Prélèvement net Irrigation max	88	103.6	15.6		

© BRU

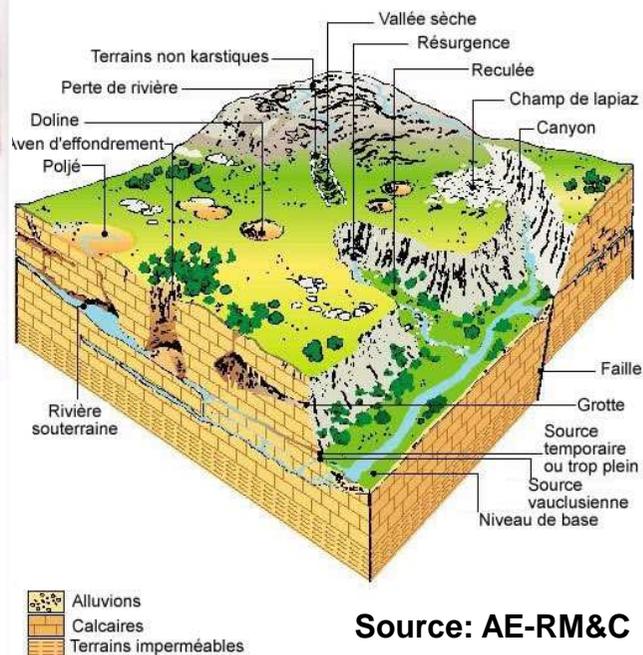
et les eaux souterraines?...

...ça dépend du type d'aquifère

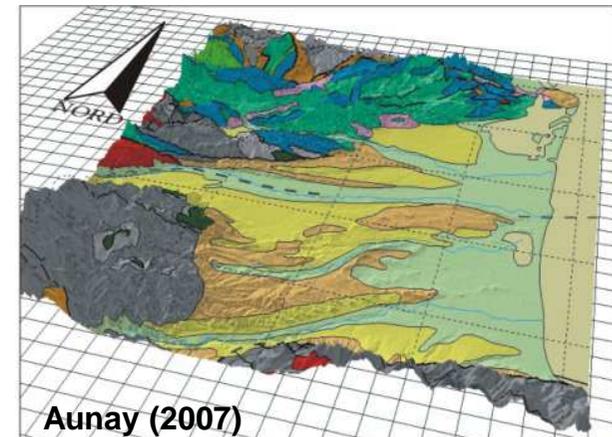
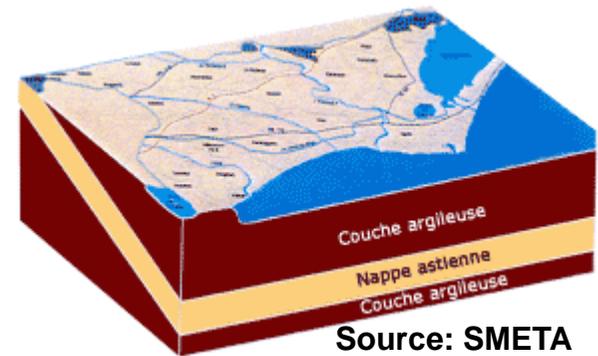


Alluvial ~ rivières

**Karst ~ rivières
mais gestion possible (Lez)**

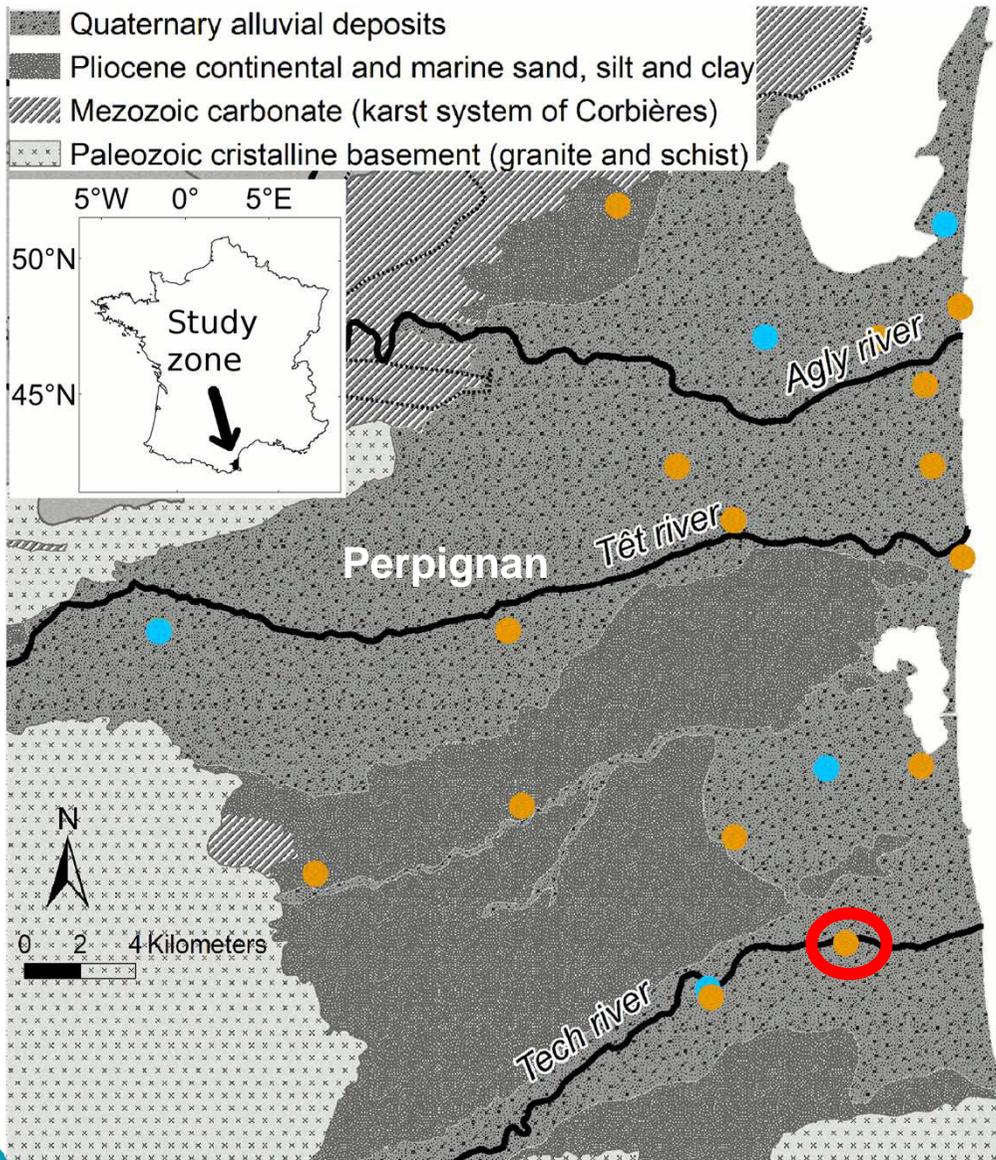


**Aquifère sédimentaires ?
incertitudes**



**Rôle « tampon » possible en
étiage suivant le type d'aquifère**

Cas du plioquaternaire du Roussillon



Aquifère plioquaternaire du Roussillon:

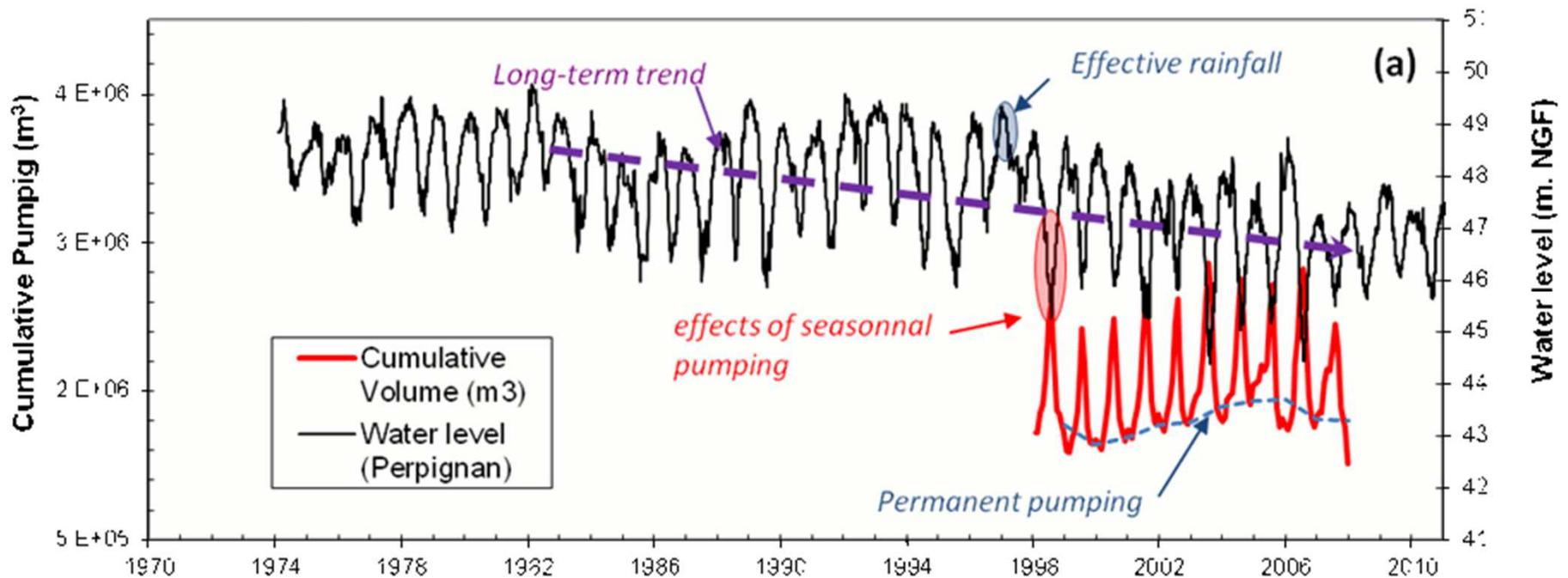
- Aquifère captif;
- Multicouche hétérogène;
- longues chroniques piézométriques (>10 ans)
- Baisse du niveau depuis 30 ans

Modélisation hydrodynamique complexe

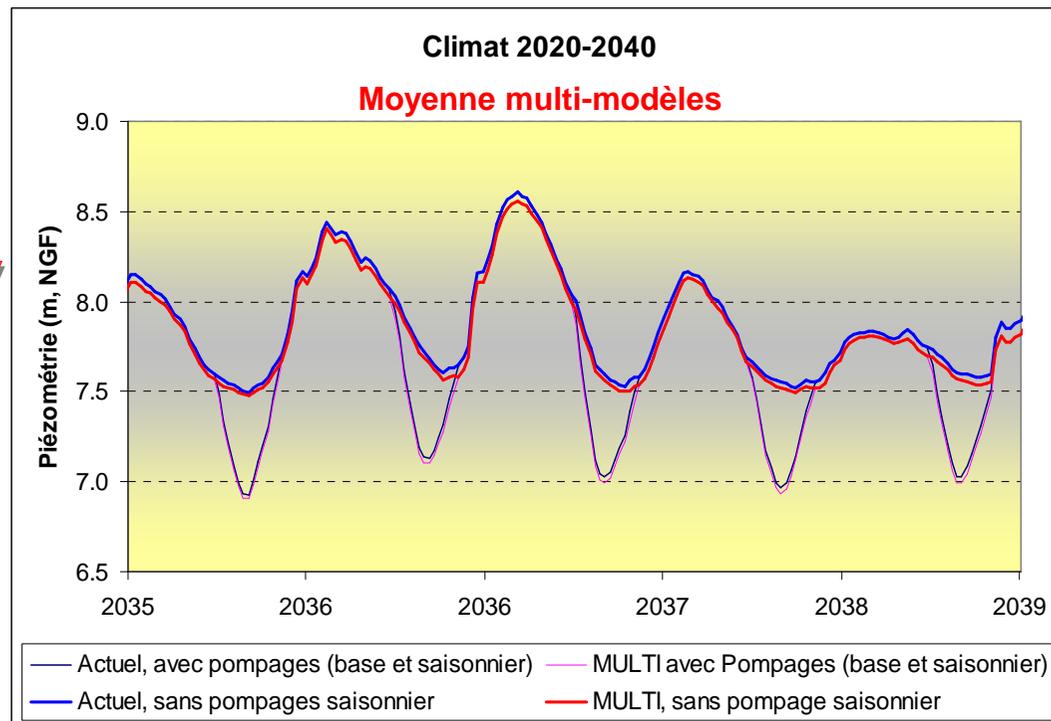
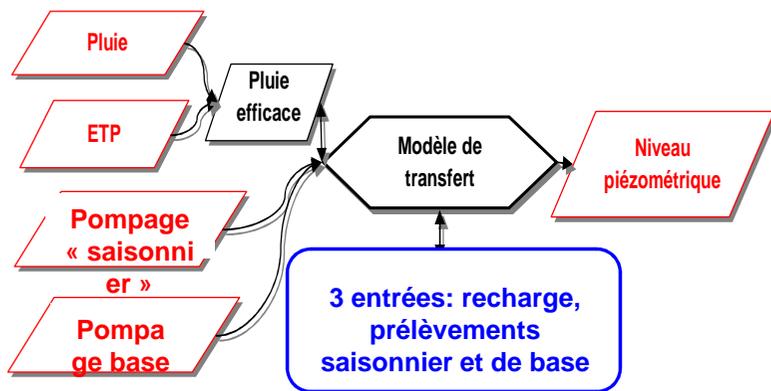


Analyse du signal piézométrique

Une piézométrie sous influence



Impact du climat futur sur le niveau piézométrique



En étiage, l'effet du climat est masqué par l'effet des pompages
En période de recharge → légère diminution (ETP)

Conclusions

La ressource en eau devrait diminuer, à un niveau que même les scénarios de demande en eau les moins consommateurs devraient avoir du mal à compenser et ce, dès le court terme.

Nécessité d'études au cas par cas, à l'échelle saisonnière

Limites / perspectives :

- **Relations entre eaux superficielles et souterraines**
- **Relations entre état quantitatif / qualitatif des eaux**
- **Connaissance des prélèvements et des retours (surface / aquifères)**
- **Capacité et limite d'exploitation des aquifères?/ biseaux salés?**
- **Mesures d'adaptation au CC (offre?/demande?); gestion intégrée**