

# Quelle eau potable demain en Languedoc-Roussillon ?



Séverin Pistre  
Professeur Hydrosciences - UM

*Vendredi 23 Octobre 2020*

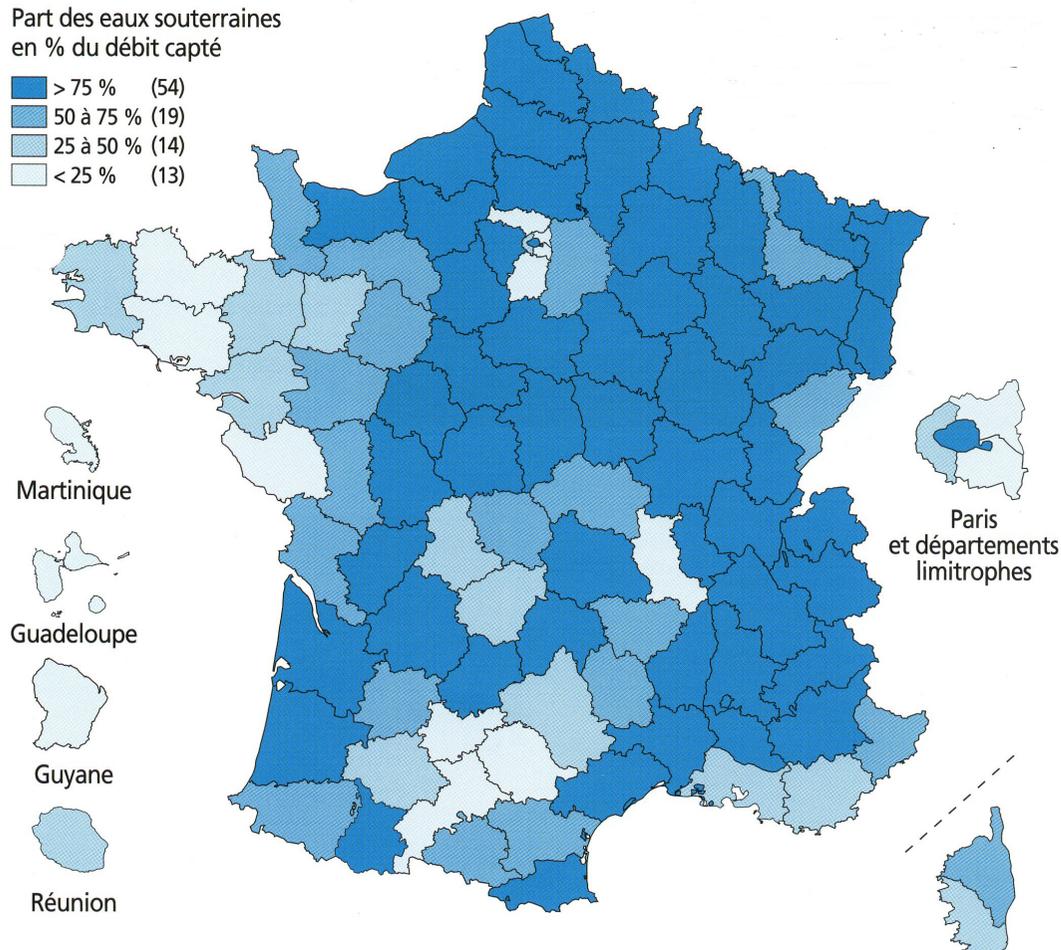
## Aquifère :

Domaine souterrain perméable et continu qui constitue un gisement d'eau souterraine.

Sa structure et son fonctionnement dépendent largement de la géologie.

Part des eaux souterraines en % du débit capté

- > 75 % (54)
- 50 à 75 % (19)
- 25 à 50 % (14)
- < 25 % (13)

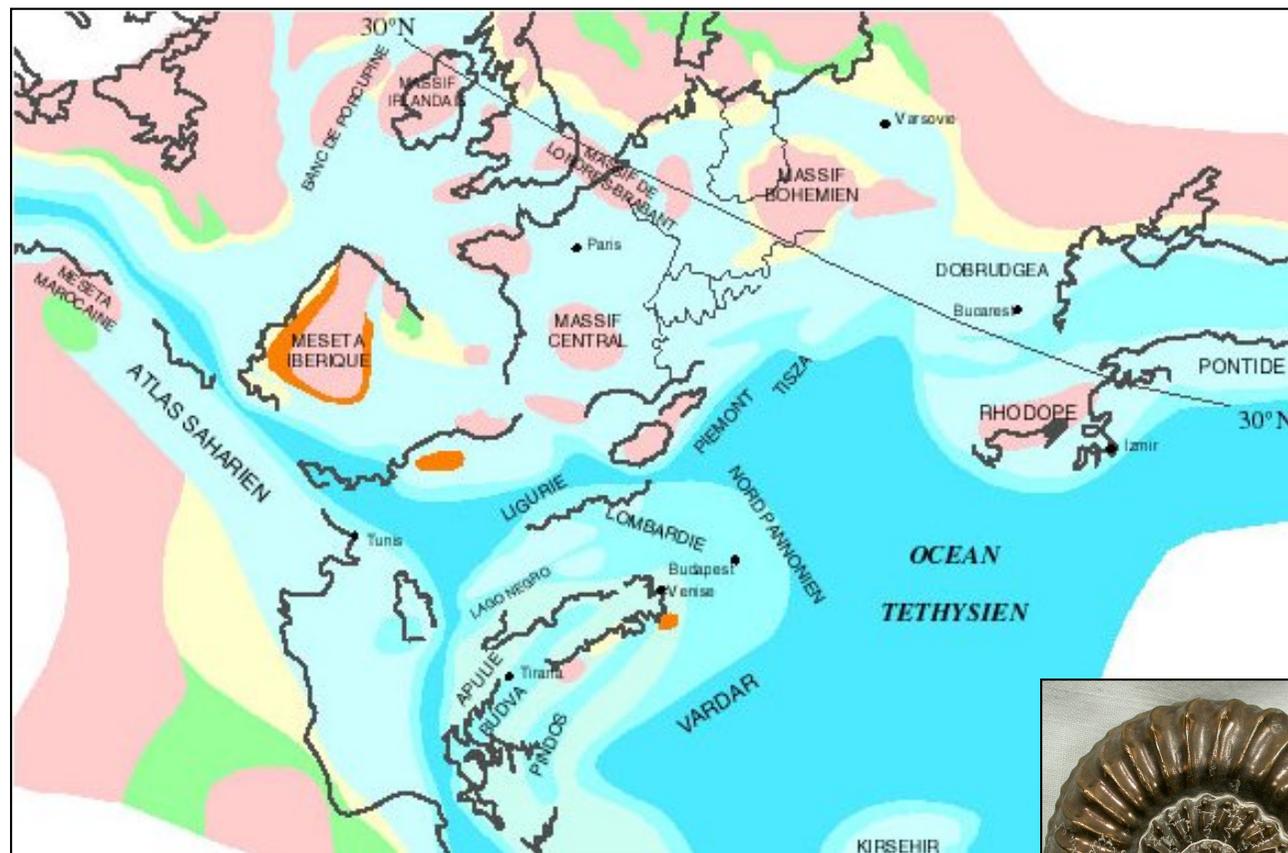


Origine de l'eau du réseau AEP en France



Les Agences de l'Eau

Quaternaire		2
Tertiaire <i>Cénozoïque</i>	Pliocène	5
	Miocène	25
	Oligocène	35
	Eocène	53
	Paléocène	65
Secondaire <i>Mésozoïque</i>	Crétacé	140
	Jurassique	195
	Trias	230
Primaire <i>Paléozoïque</i>	Permien	280
	Carbonifère	350
	Dévonien	400
	Silurien	440
	Dévonien	500
	Cambrien	570
Précambrien		



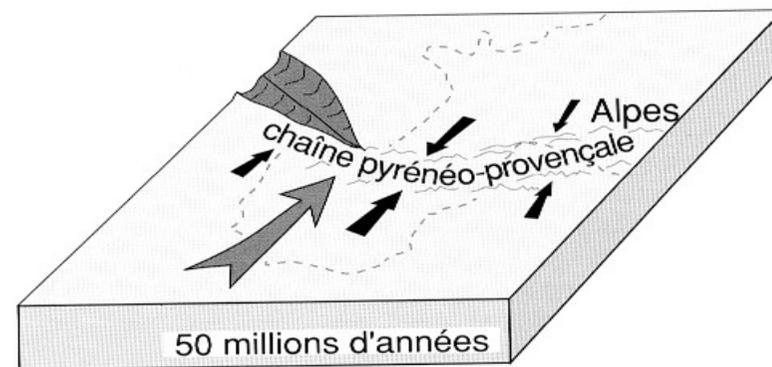
- Fin du Primaire = érosion des reliefs hercyniens
- Début Secondaire = ouverture de la Thétys
- Jurassique = période calme = dépôts marins surtout carbonatés

→ Épaisses séries de roches carbonatées

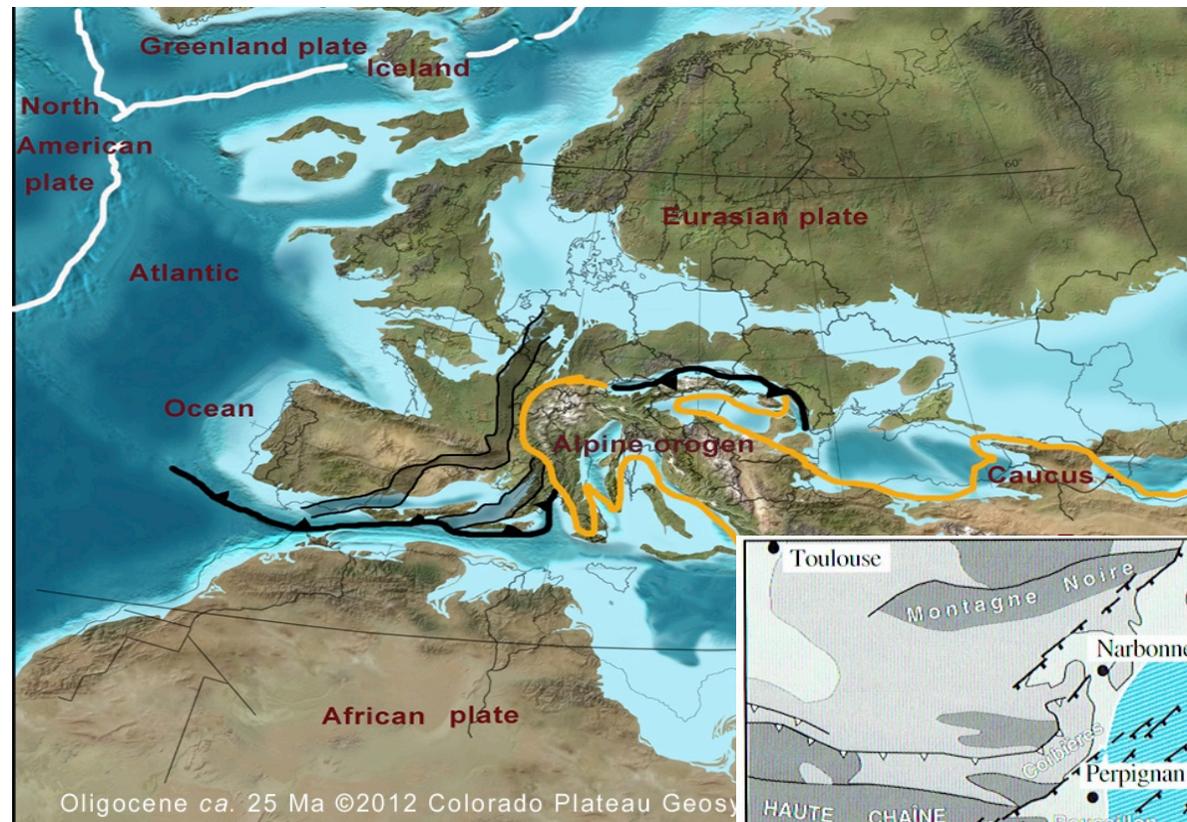
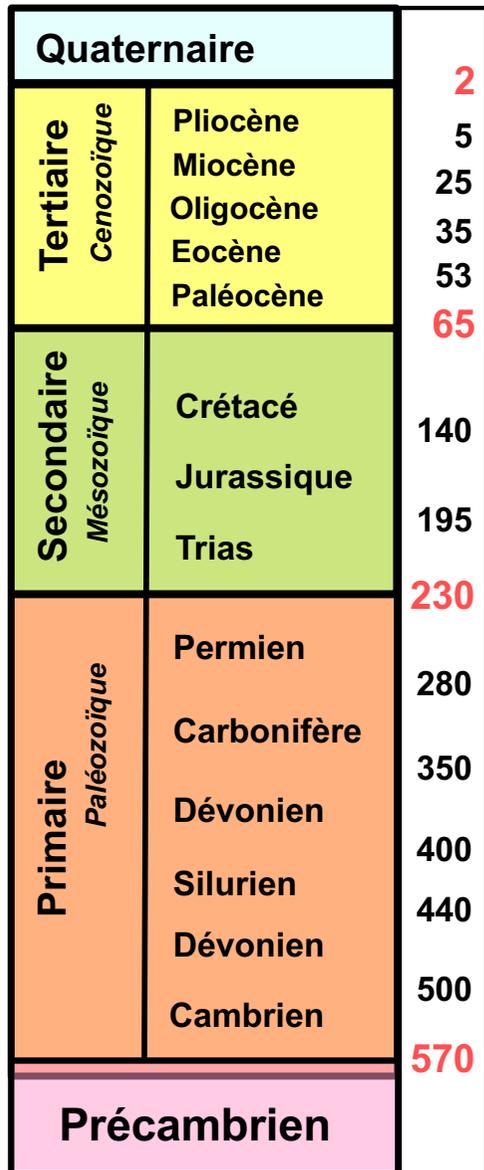
<b>Quaternaire</b>		
<b>Tertiaire</b> <i>Cénozoïque</i>	Pliocène	2
	Miocène	5
	Oligocène	25
	Eocène	35
	Paléocène	53
		<b>65</b>
<b>Secondaire</b> <i>Mésozoïque</i>	Crétacé	140
	Jurassique	195
	Trias	230
<b>Primaire</b> <i>Paléozoïque</i>	Permien	280
	Carbonifère	350
	Dévonien	400
	Silurien	440
	Dévonien	500
	Cambrien	570
<b>Précambrien</b>		



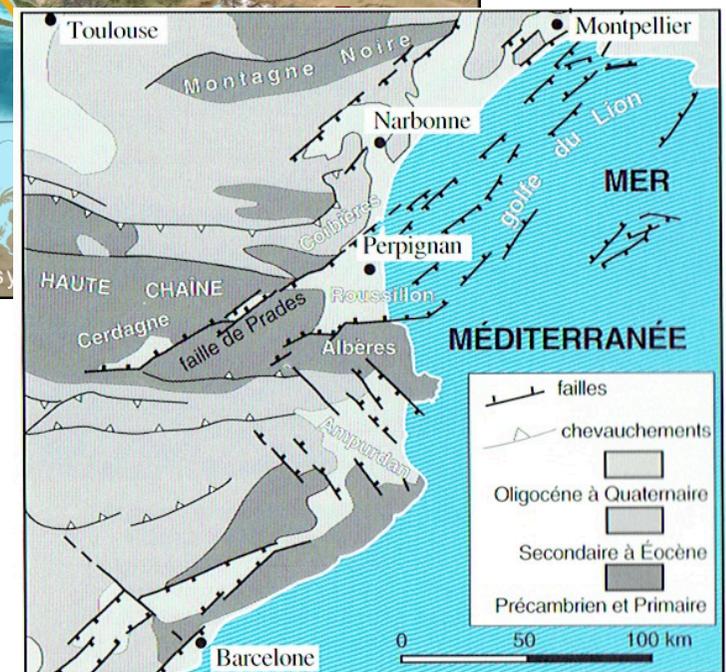
Formation des Pyrénées



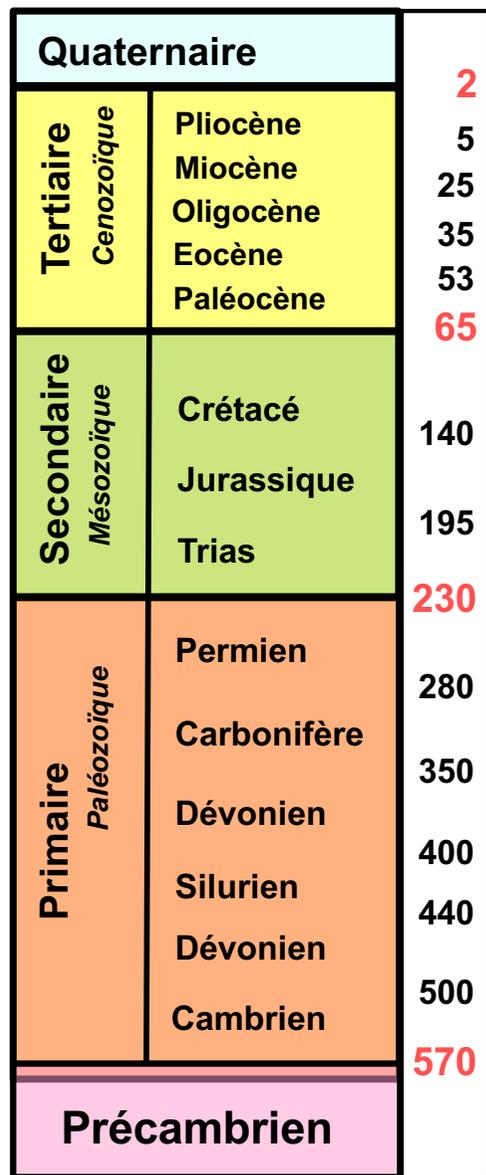
→ Plis, failles, fractures dans les séries Jurassiques



Ouverture du Golfe du Lion



→ Failles (NE-SW), fractures



← Transgression : Dépôts marins plutôt argileux

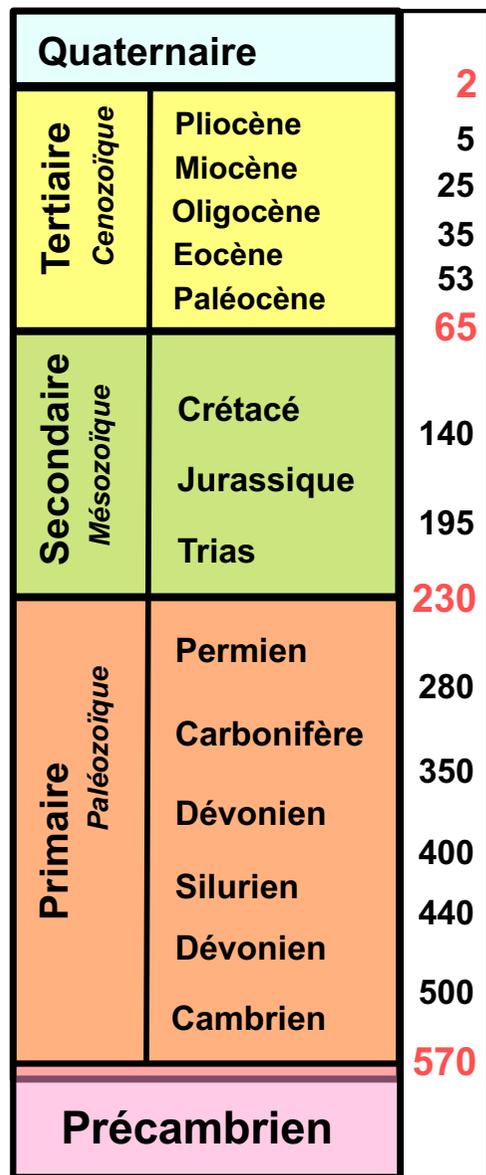
<b>Quaternaire</b>		
<b>Tertiaire</b> <i>Cénozoïque</i>	Pliocène	2
	Miocène	5
	Oligocène	25
	Eocène	35
	Paléocène	53
		<b>65</b>
<b>Secondaire</b> <i>Mésozoïque</i>	Crétacé	140
	Jurassique	
	Trias	195
		<b>230</b>
<b>Primaire</b> <i>Paléozoïque</i>	Permien	280
	Carbonifère	
	Dévonien	350
	Silurien	400
	Dévonien	440
	Cambrien	500
		<b>570</b>
<b>Précambrien</b>		



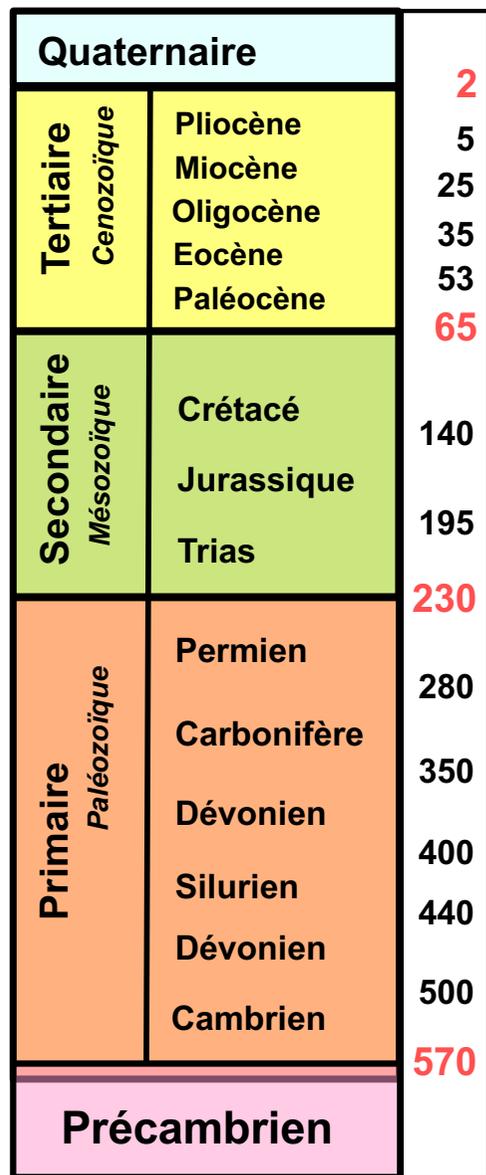
*Episode d'assèchement Messinien autour de -6 Ma*

Fin Miocène : forte régression

**→ Creusement des vallées et karstification profonde**



← Dépôts marins argileux puis continentaux sableux (faciès astien)



← Creusement des vallées actuelles et dépôt d'alluvions

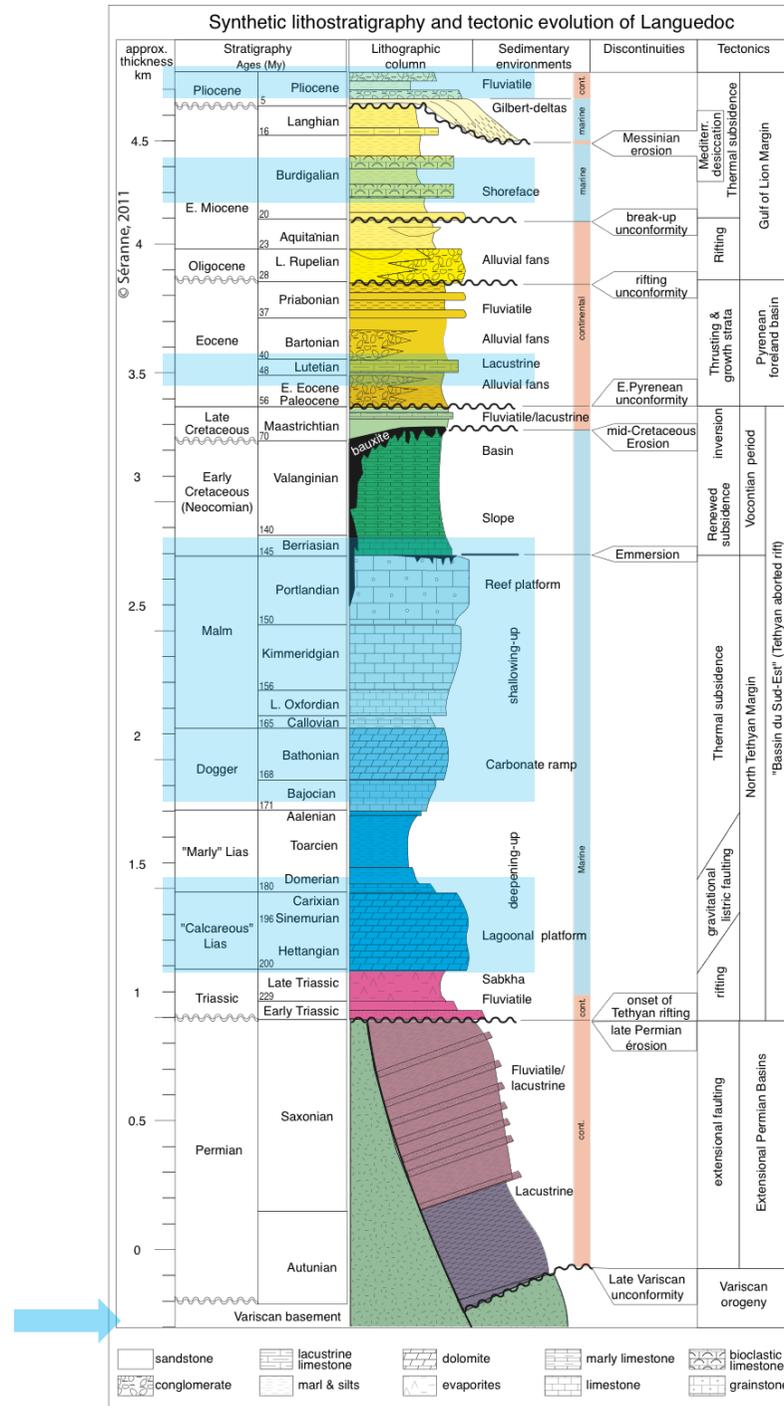
Une géologie favorable

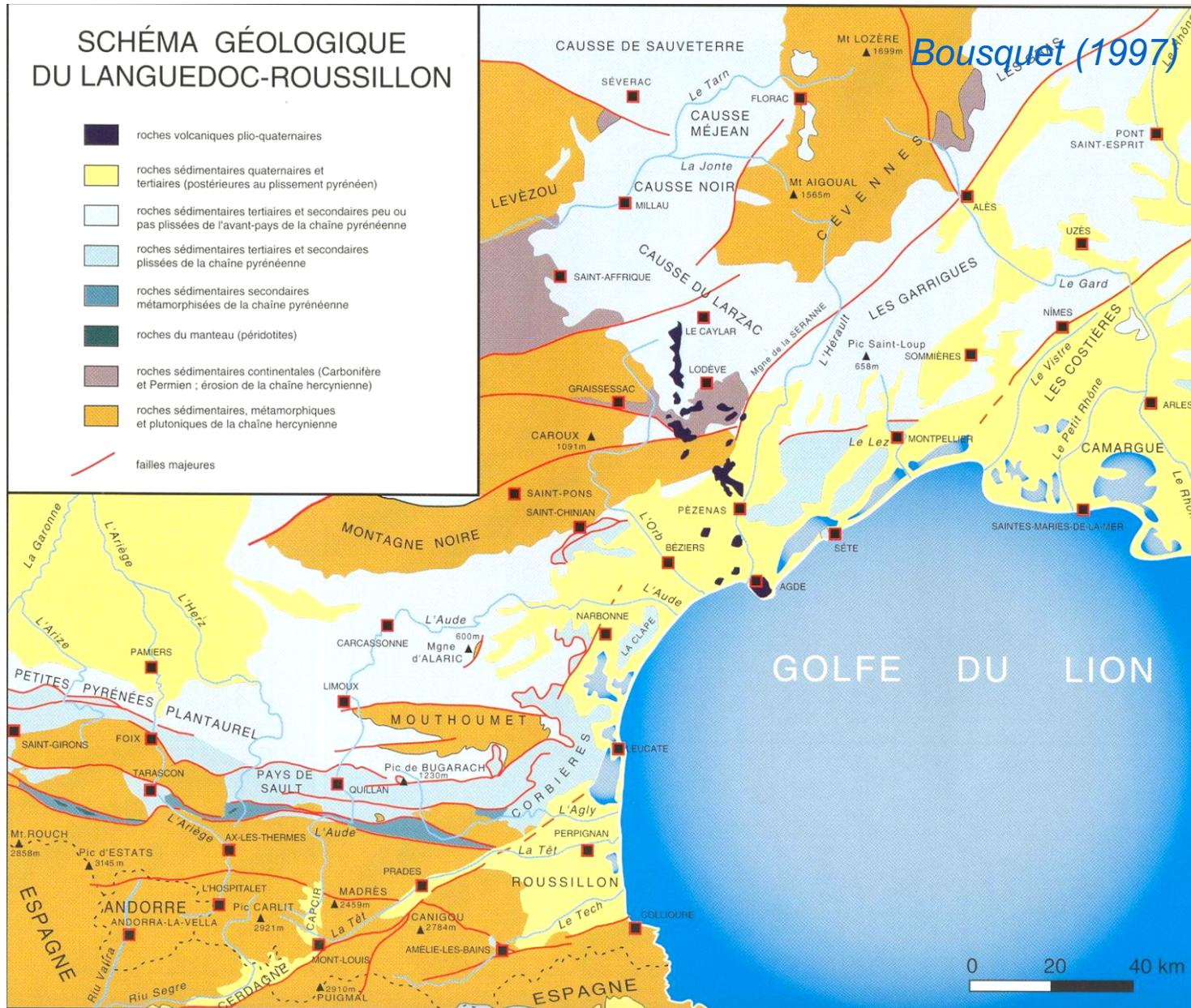
Une mosaïque d'aquifères

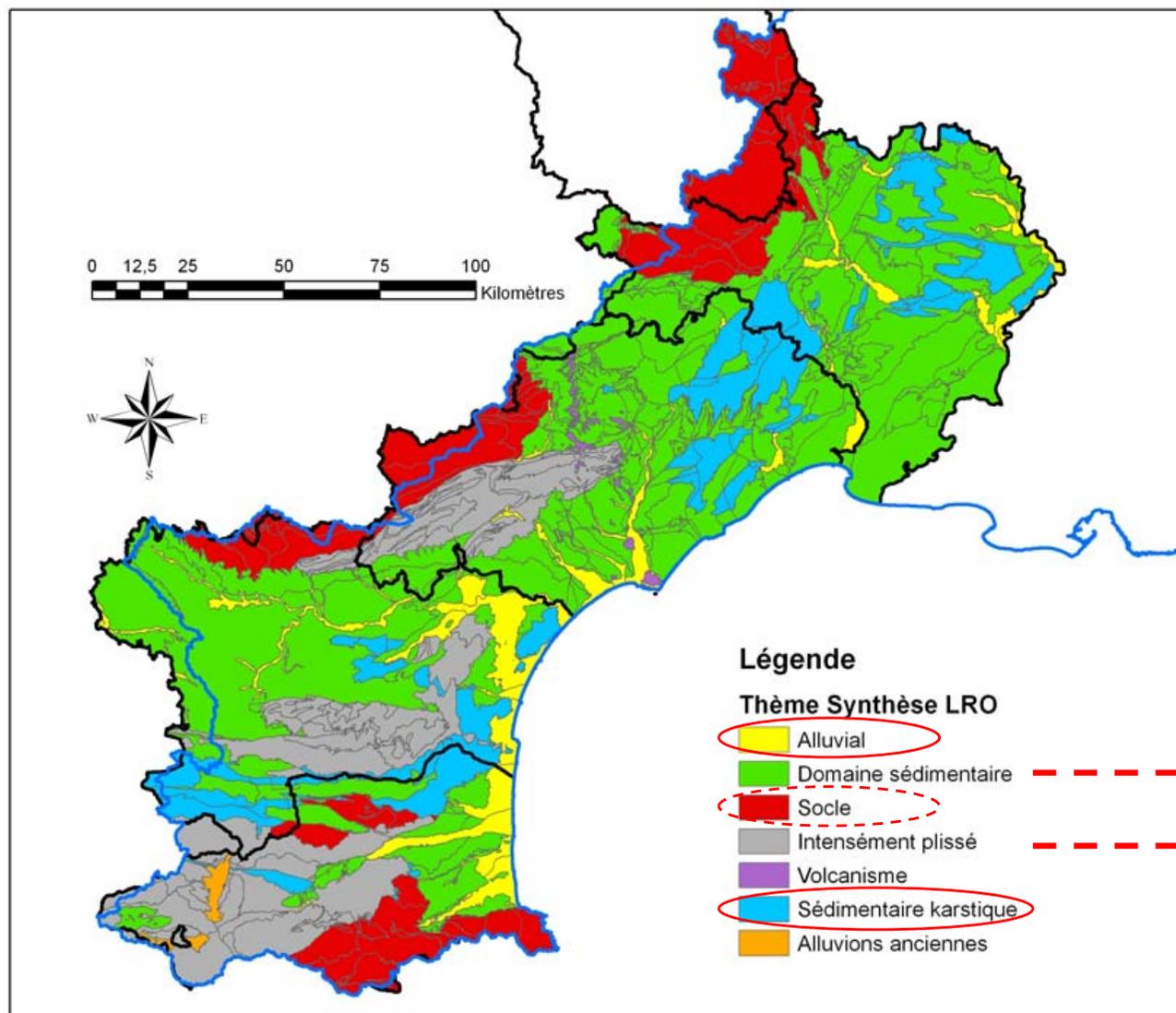
Une eau sous pressions

Restons optimistes!

Colonne stratigraphique synthétique du Languedoc-Roussillon



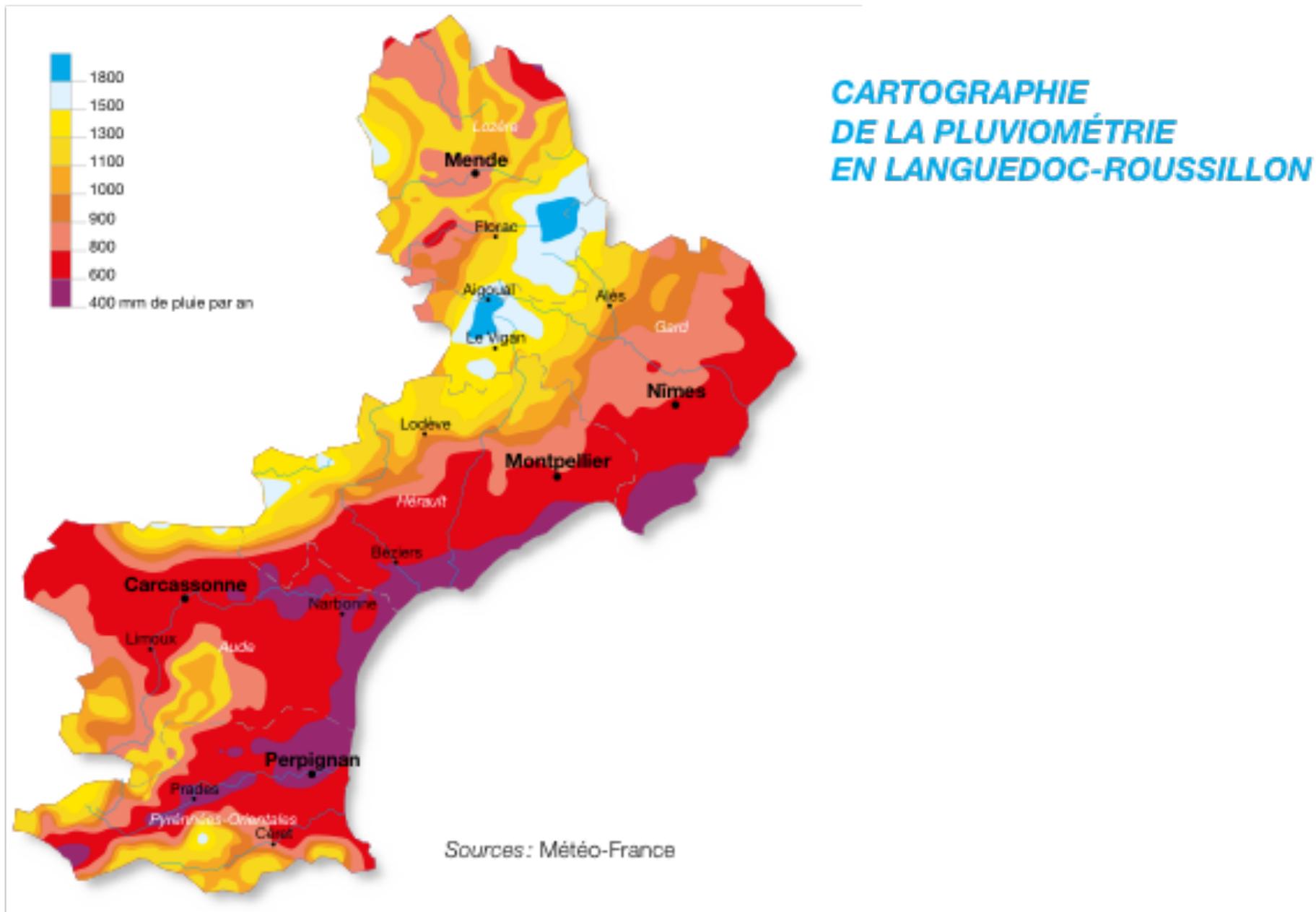


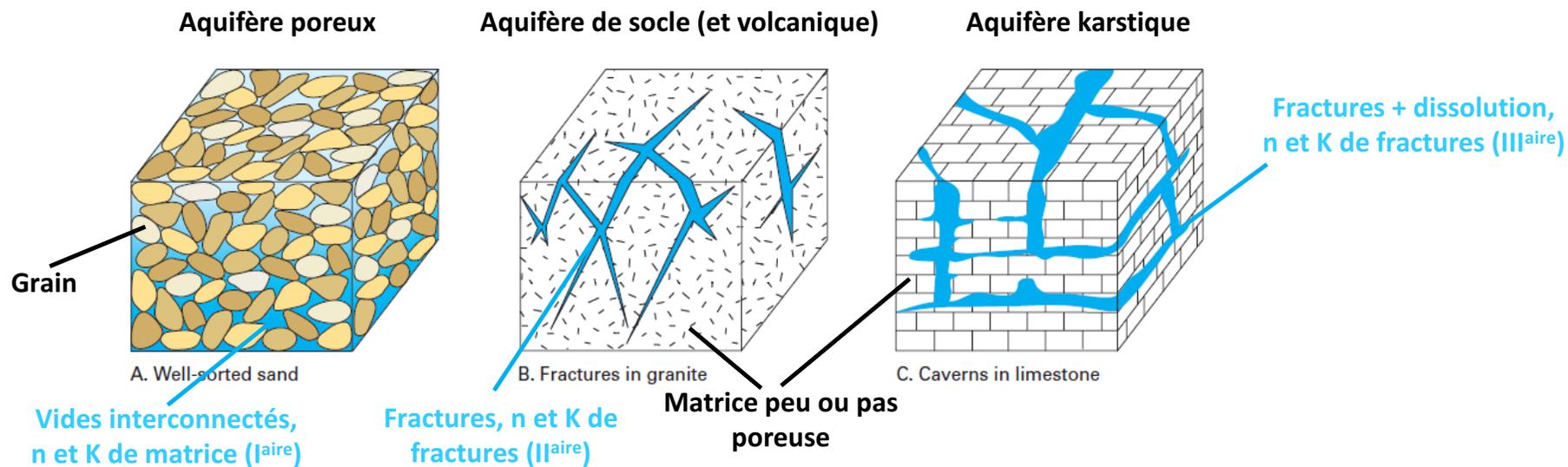


Histoire géologique riche  
→ hydrogéologie régionale  
variée ... et complexe !

→ Astien, Pliocène Roussillon...  
→ Monts d'Aude, Conflents,  
Avant-Monts..

Carte des grands ensembles aquifères régionaux (rapport BRGM, 2011)





Aquifère homogène

hétérogène



Transferts

Lents

Rapides

Caractérisation

« Simple »

Difficile

Productivité

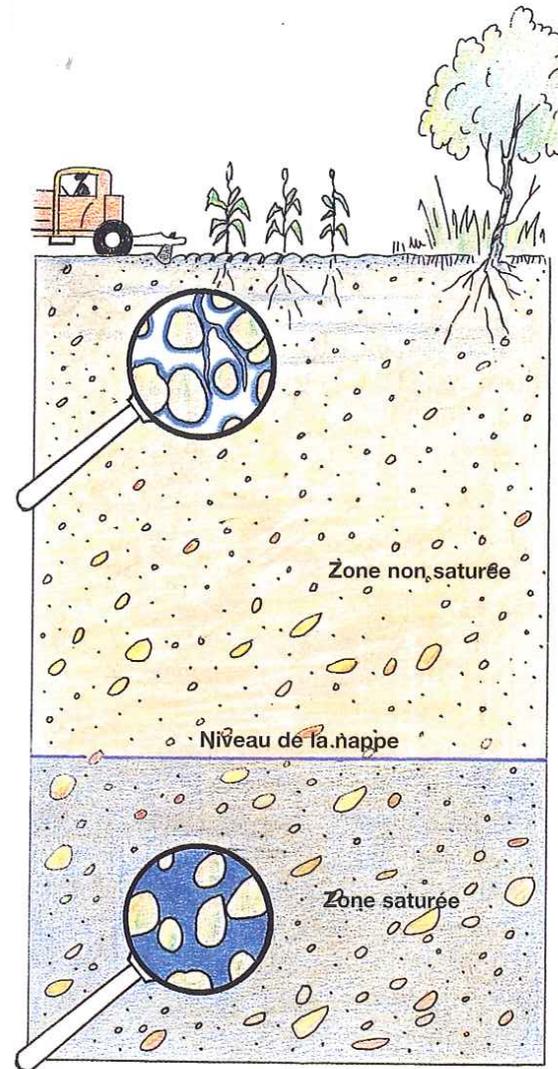
+ à ++

-

+

□ **Principaux types d'aquifères**

- Aquifères poreux → Nappe Villafranchienne, Astienne, Plio-quaternaire Roussillon...



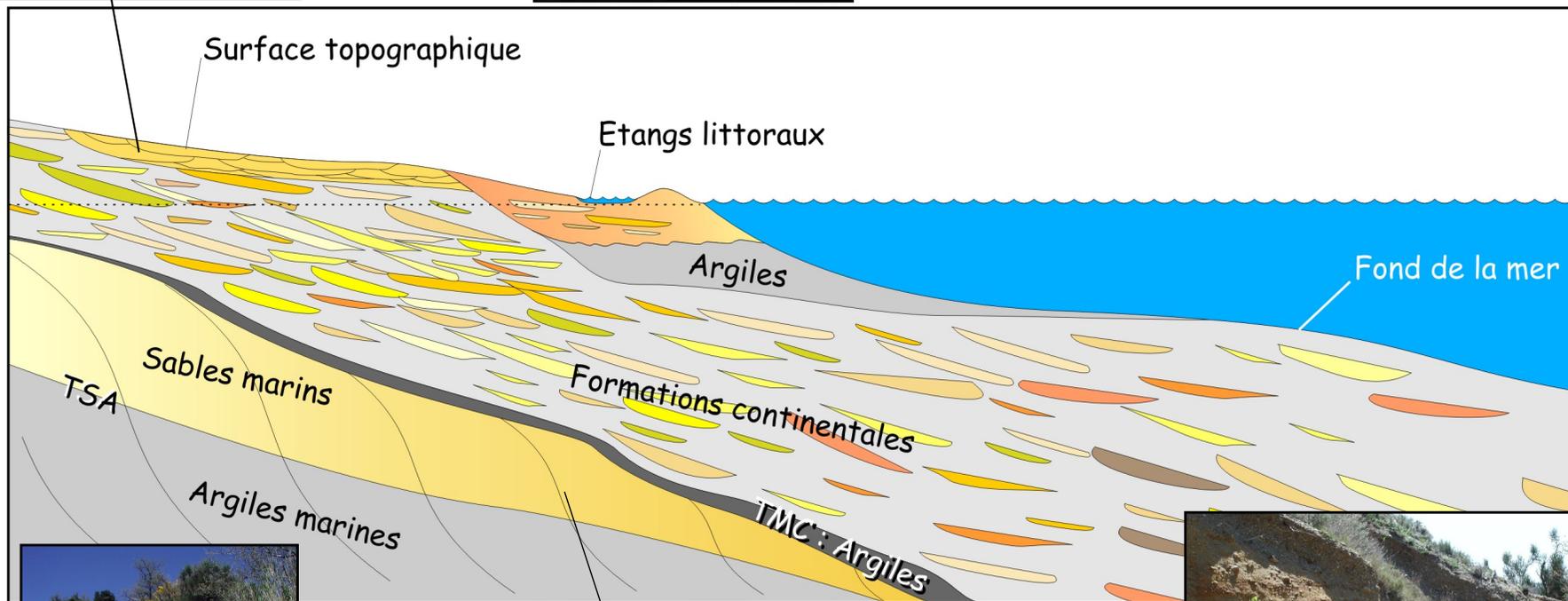
→ Débits moyens à bons (50 m<sup>3</sup>/h)

Une géologie favorable

Une mosaïque d'aquifères

Une eau sous pressions

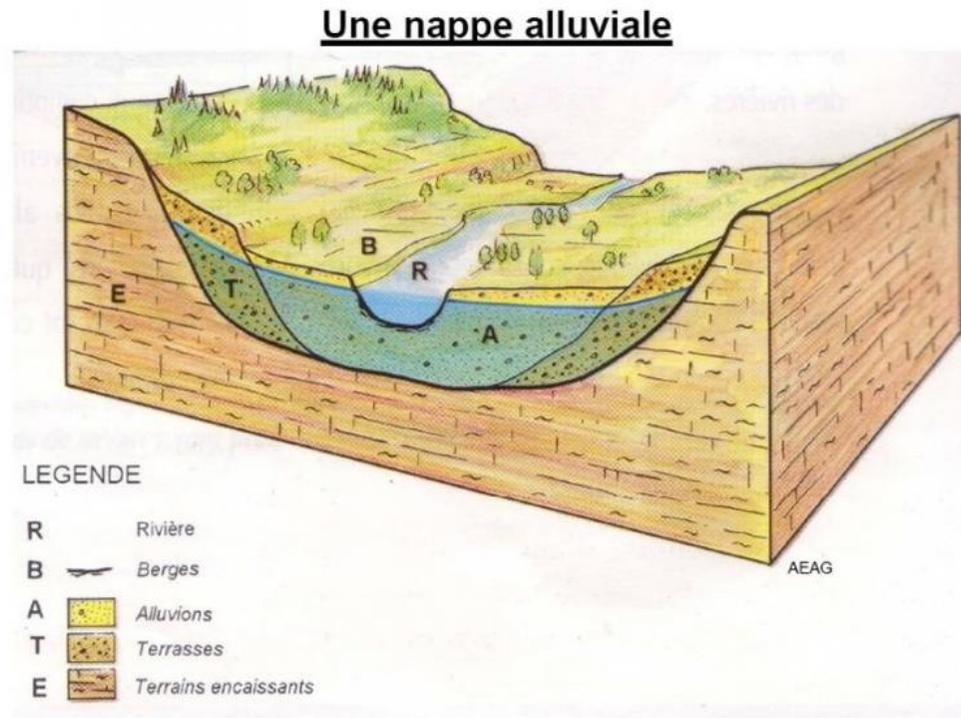
Restons optimistes!



Coupe simplifiée de l'aquifère plio-quadernaire du Roussillon (thèse Aunay, 2007)

□ **Principaux types d'aquifères**

- Aquifères poreux : alluvial (Hérault, Orb, Aude, Têt, Tech..)



Recharge = pluie + cours d'eau (crues)



*Représentation des relations nappe-rivière*

→ Débits bons à très élevés (>100 m<sup>3</sup>/h)

□ Principaux types d'aquifères

- Aquifère fissuré/fracturé/ de socle : Aigoual-Lingas, Montagne Noire, Quérigut-Millas, ZA Pyrénées..

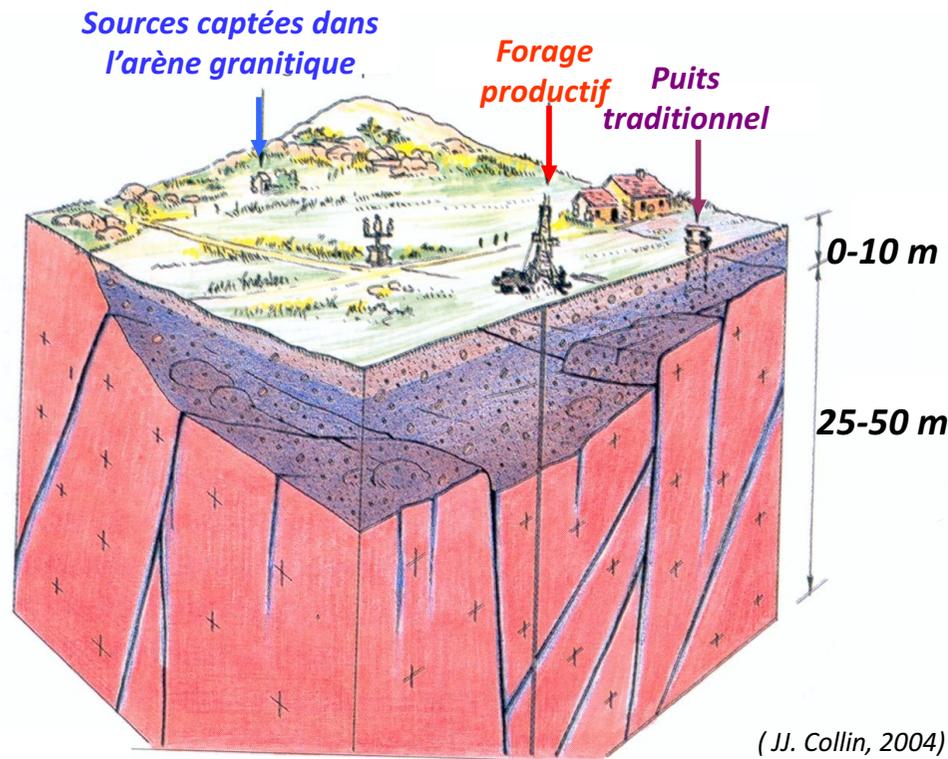
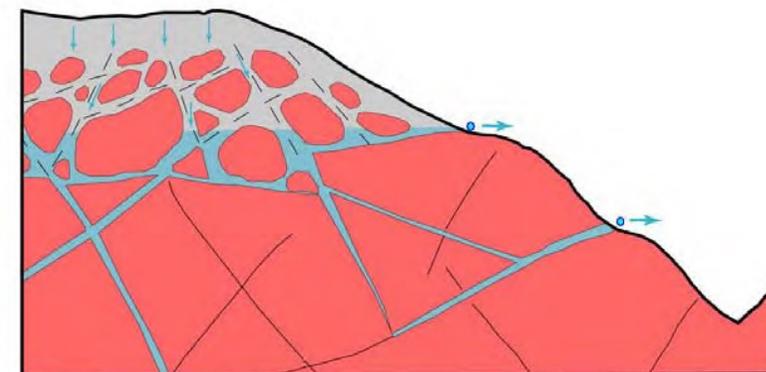
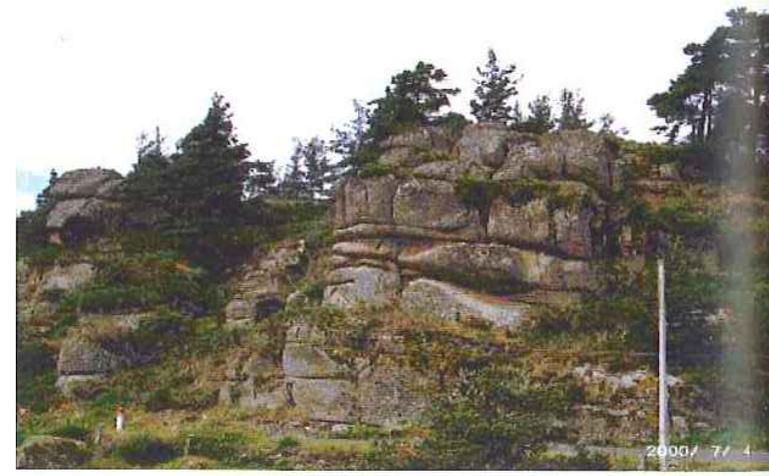


Schéma conceptuel du milieu fissuré



→ Débits faibles à moyens (>10 m<sup>3</sup>/h)

### Principaux types d'aquifères

- Aquifère karstique : Causses, Corbières, Minervois, Lez-Mosson, Garrigues, Pli-Montpellier, Pays de Sault...

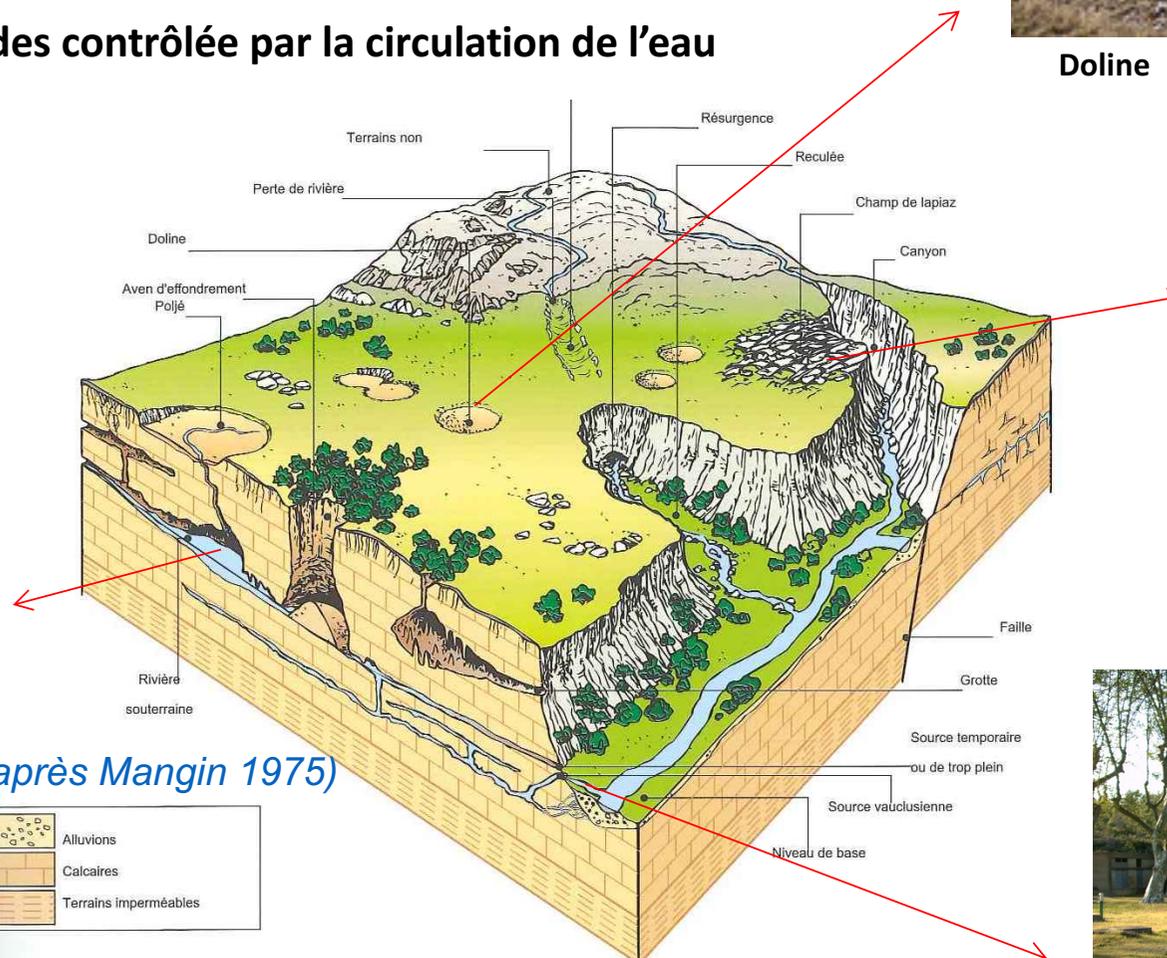
⇒ Organisation des vides contrôlée par la circulation de l'eau



Doline



Rivière souterraine



(d'après Mangin 1975)



Lapiaz

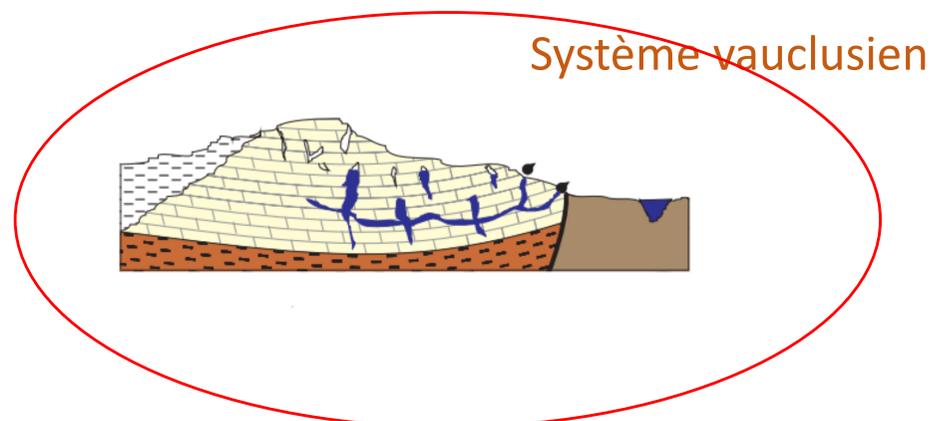
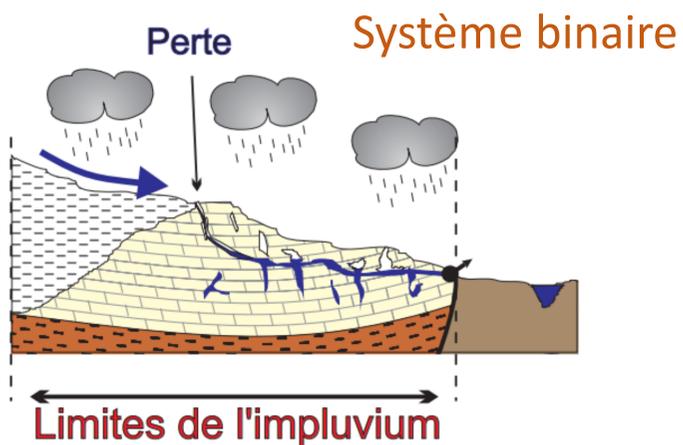
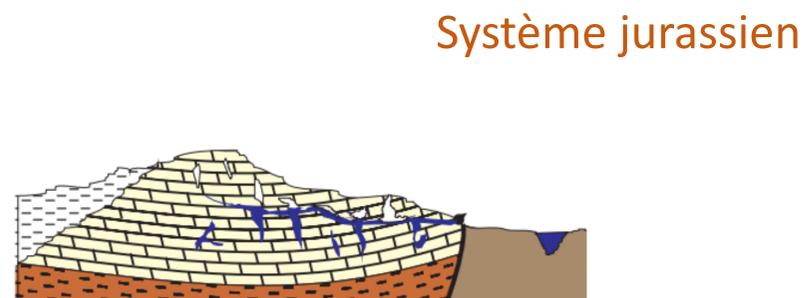
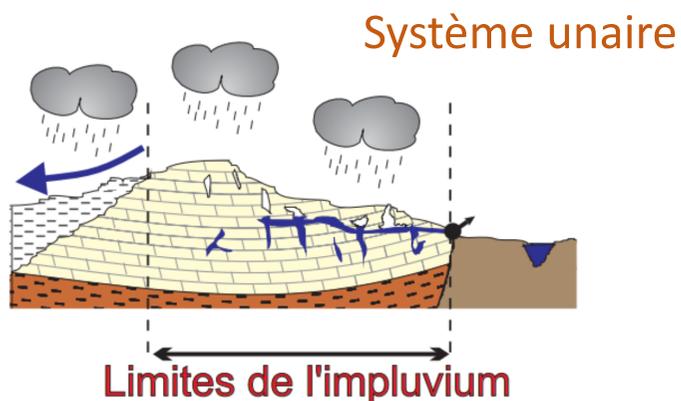


Source du Lez = 2 m<sup>3</sup>/s

→ Débits variables à très élevés (>>100 m<sup>3</sup>/h)

□ Principaux types d'aquifères

- Aquifère karstique : Causses, Corbières, Minervois, Lez-Mosson, Garrigues, Pli-Montpellier, Pays de Sault...

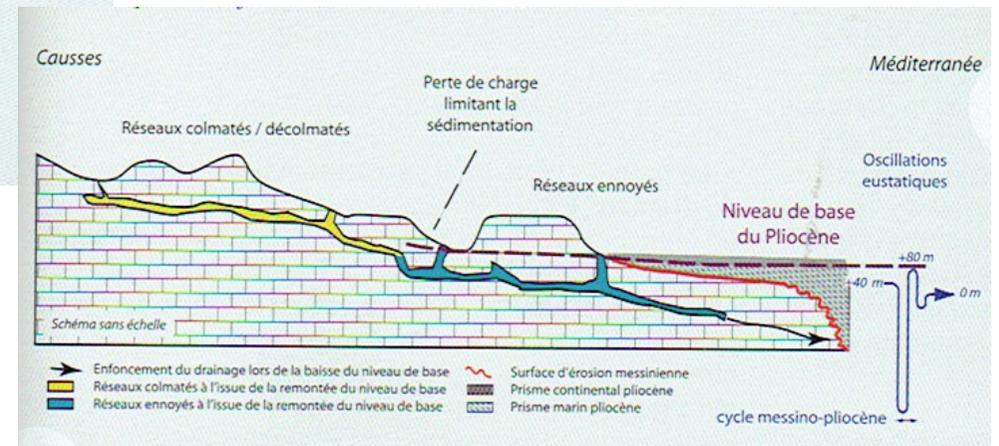
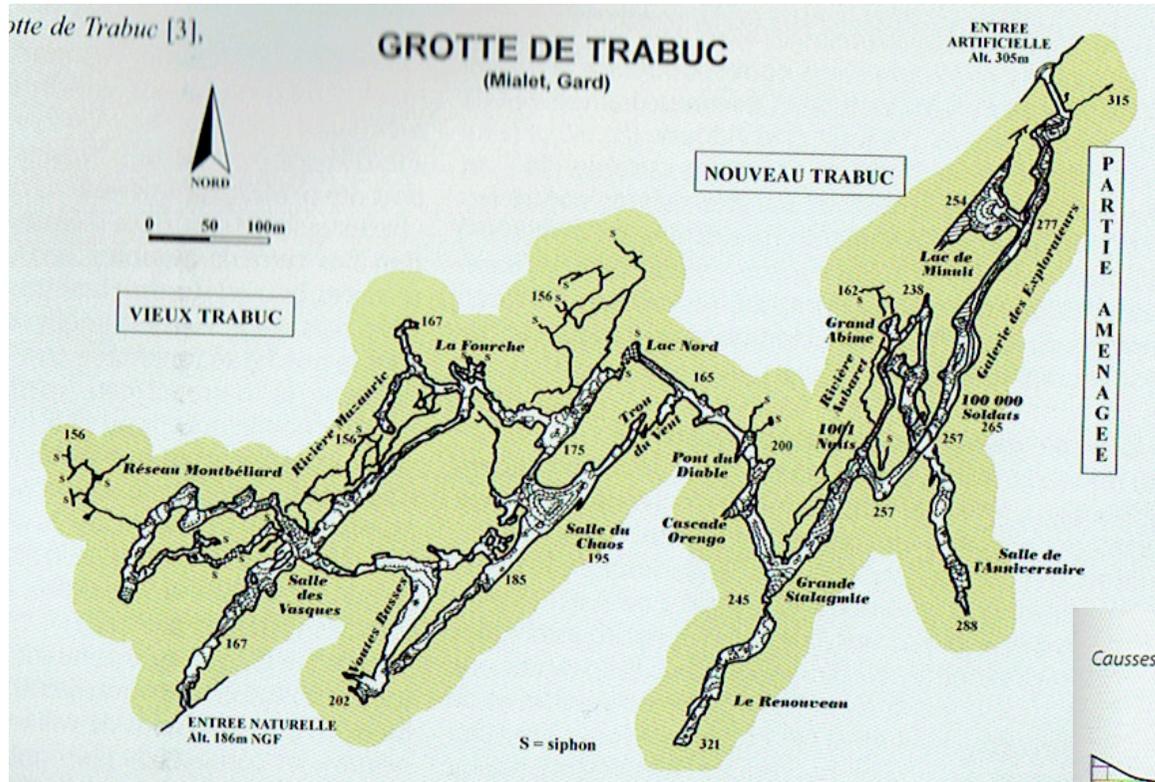


Deux modes de recharge  
(Marsaud, 1997)

Deux types d'organisation et de  
fonctionnement (Marsaud, 1997)

□ Principaux types d'aquifères

- Aquifère karstique



Plan de la grotte de Trabuc Gard développée sur un réseau de fractures tectoniques (Bruxelles, 2010)

Creusement puis colmatage des réseaux karstiques sur la marge du Golfe du Lion (Camus, 2010)

*Une géologie favorable*

*Une mosaïque d'aquifères*

*Une eau sous pressions*

*Restons optimistes!*



Faible épaisseur de sol → Forte capacité d'infiltration

Ressource renouvelable à court terme

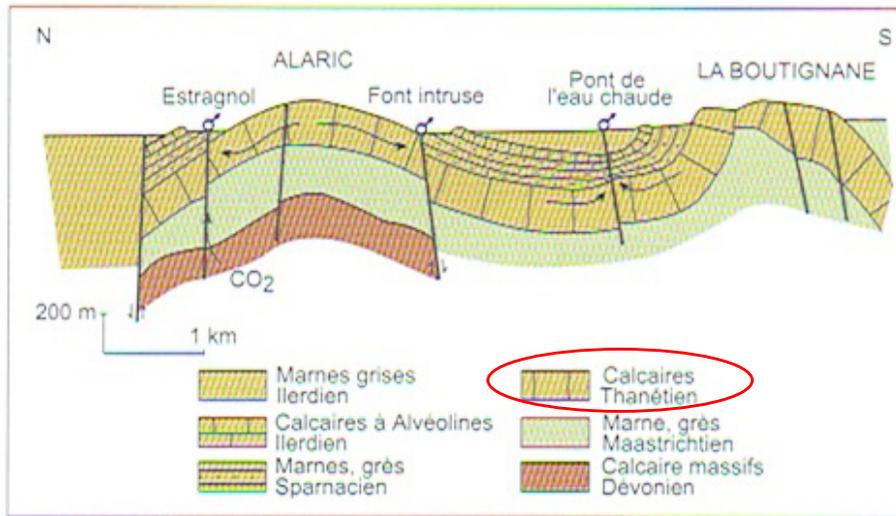
Capacité de stockage profonde → Réserves pouvant être considérables

→ Aquifères « vulnérables » ... mais élimination rapide des pollutions accidentelles

→ sur-exploitation saisonnière possible

Reliefs souvent accidentés → Peu anthropisés

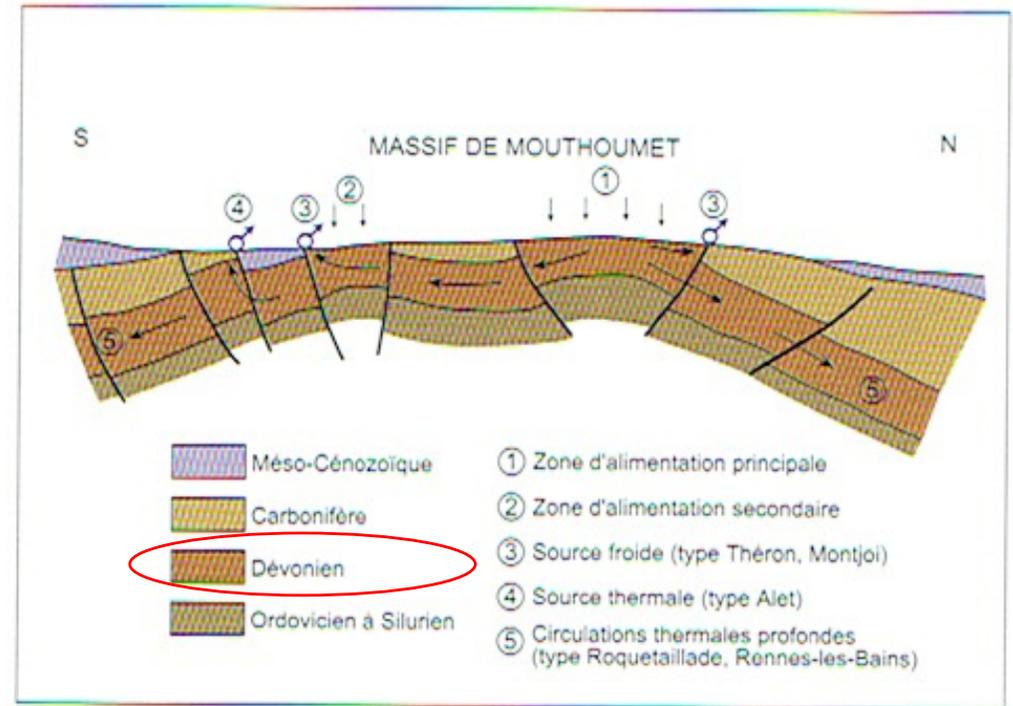
Structure et fonctionnement complexe → souvent sous-exploités



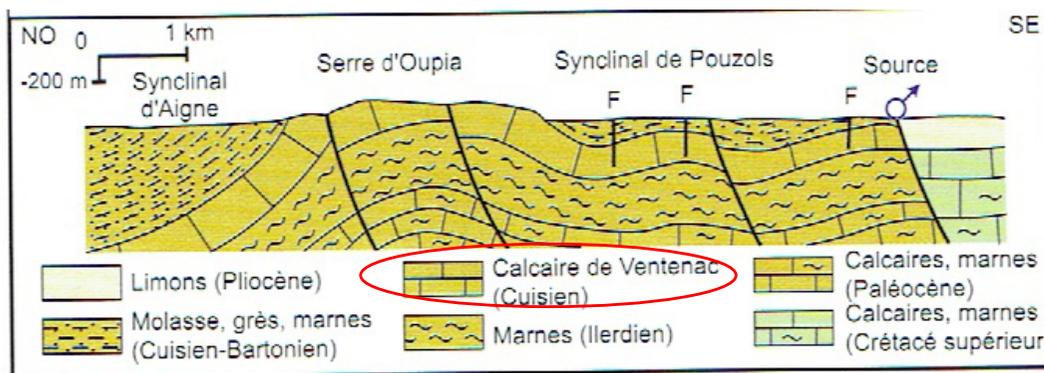
Coupe du massif de l'Alaric (BRGM ed., 2006)

Superficie affleurement : 7 km<sup>2</sup>  
 Peff = P – ETR = 180mm/an  
 Vol alimentation > 1 Mm<sup>3</sup>

Coupe du massif de Mouthoumet



Coupe du massif d'Oupia et du synclinal de Pouzols (BRGM ed., 2006)



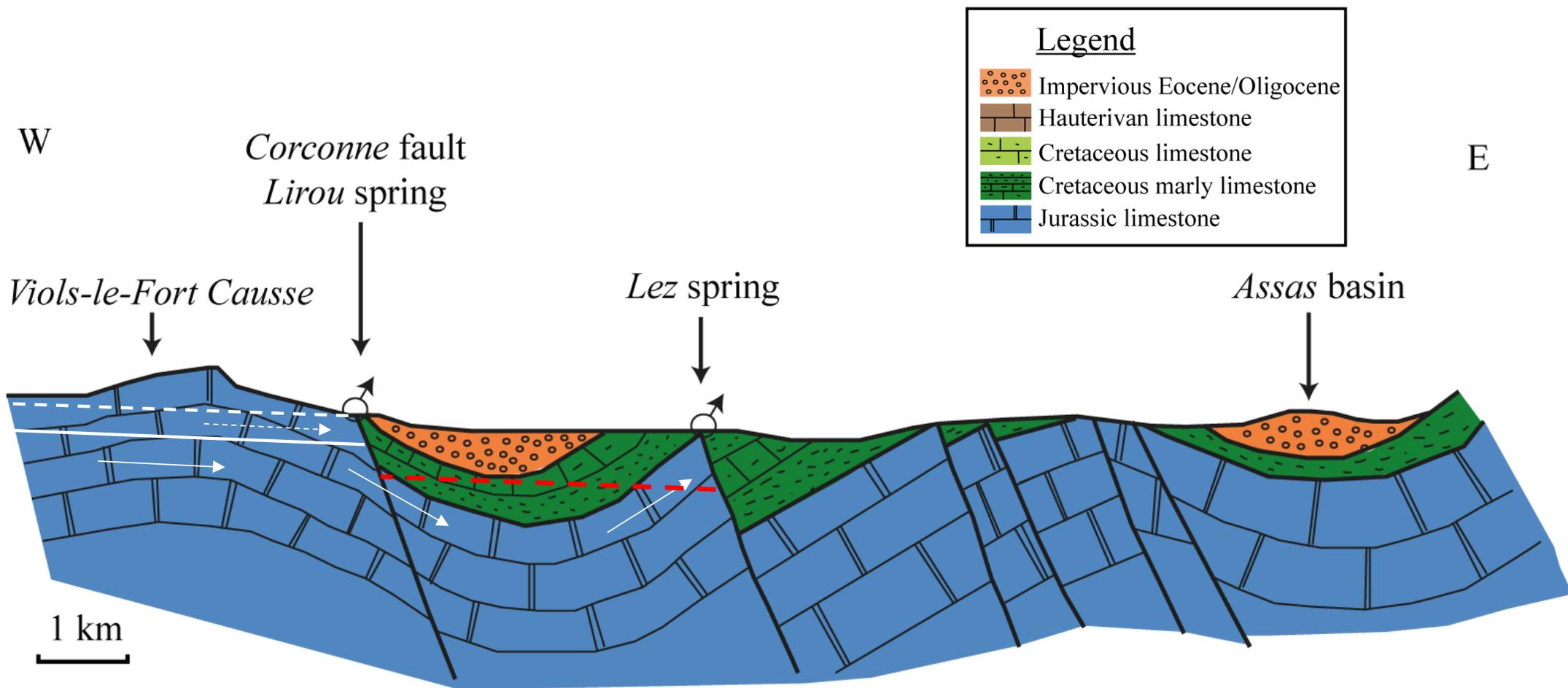
Vol alimentation ≠ 10 Mm<sup>3</sup>  
 Vol prélevé = 1,5 Mm<sup>3</sup>

*Une géologie favorable*

*Une mosaïque d'aquifères*

*Une eau sous pressions*

*Restons optimistes!*



*Coupe du système Lez (Kong a Siou, 2011)*

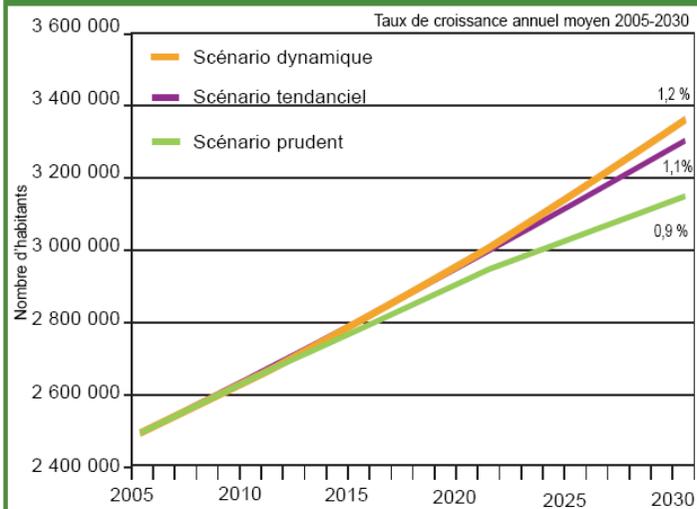
*--- Niveau piézométrique (gestion active)*



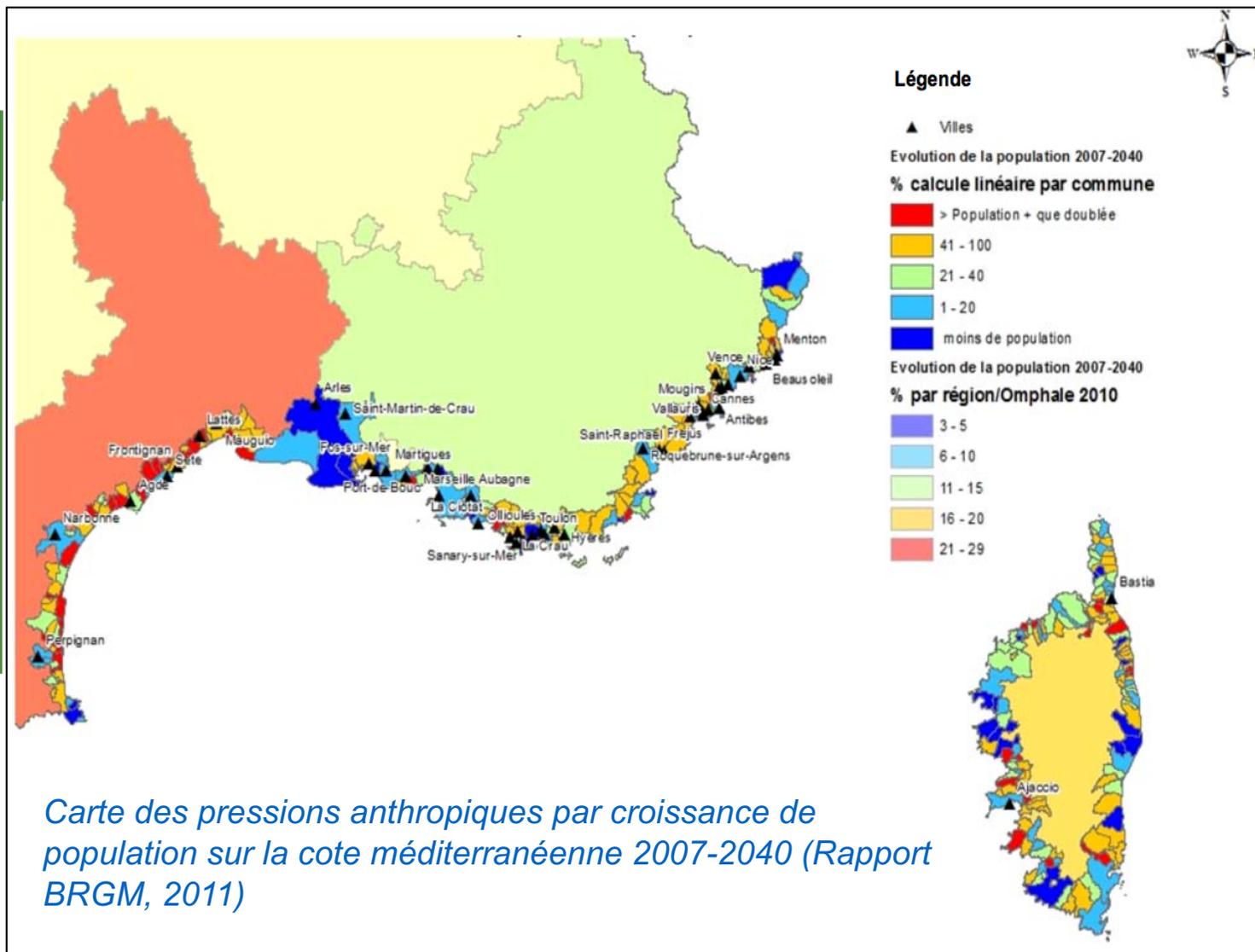
□ Les menaces

- Hausse de la demande

Entre 3,1 et 3,4 millions de Languedociens à l'horizon 2030, selon les trois scénarios



Projection de population en LR à l'horizon 2030 (INSEE, 2007)



Carte des pressions anthropiques par croissance de population sur la cote méditerranéenne 2007-2040 (Rapport BRGM, 2011)

➔ Besoin AEP (2040) = + 15 à + 25 Mm3

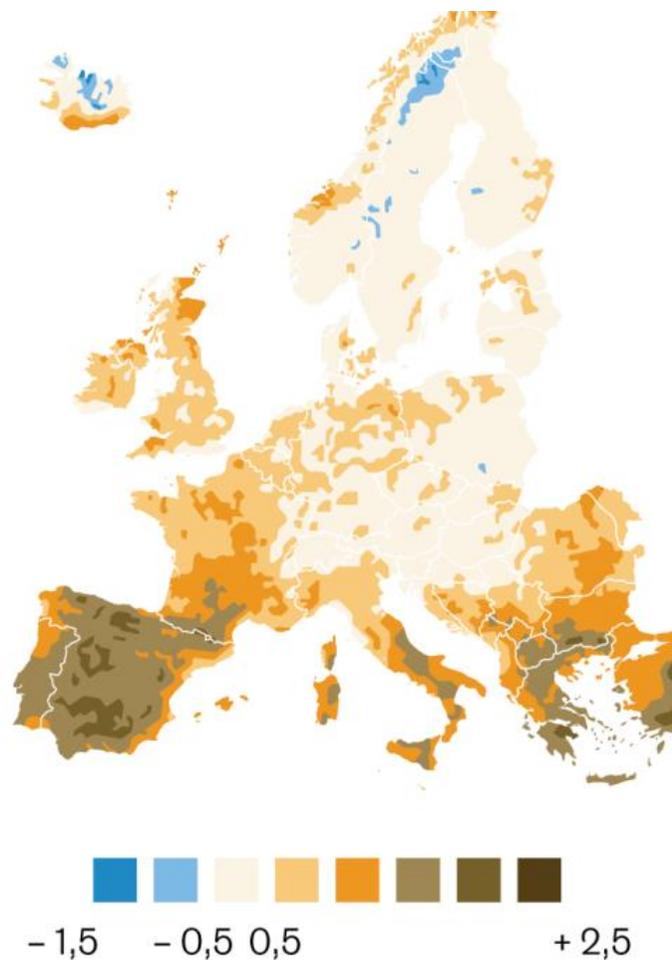
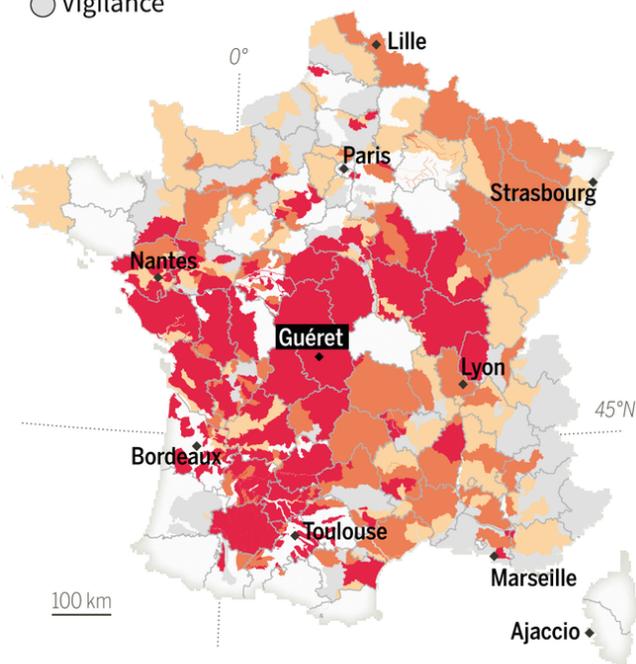
□ **Les menaces**

- Baisse de la recharge

**186 arrêtés en cours  
dans 84 départements**

Restriction d'usage de l'eau  
en vigueur (le 9 octobre)

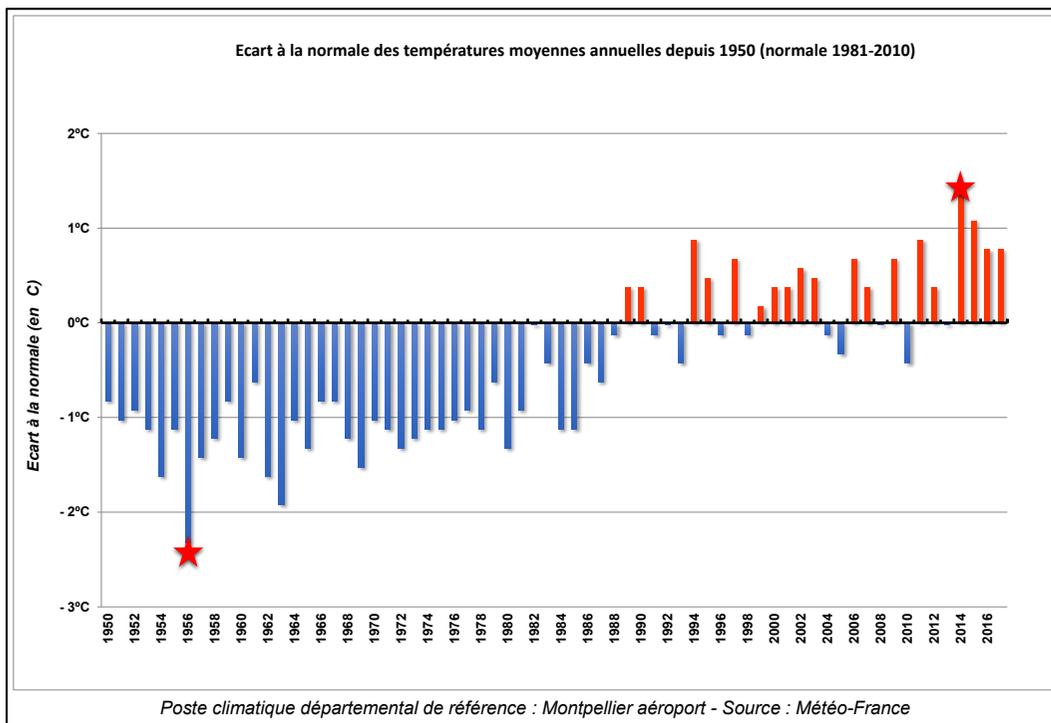
- Crise
- Alerte renforcée
- Alerte
- Vigilance



*Fréquence des épisodes de sécheresse à l'horizon 2041-2070 par rapport à la période 1981-2010 – à partir d'indices standardisés (Infographie Le Monde à partir de données Agence Européenne de l'Environnement)*

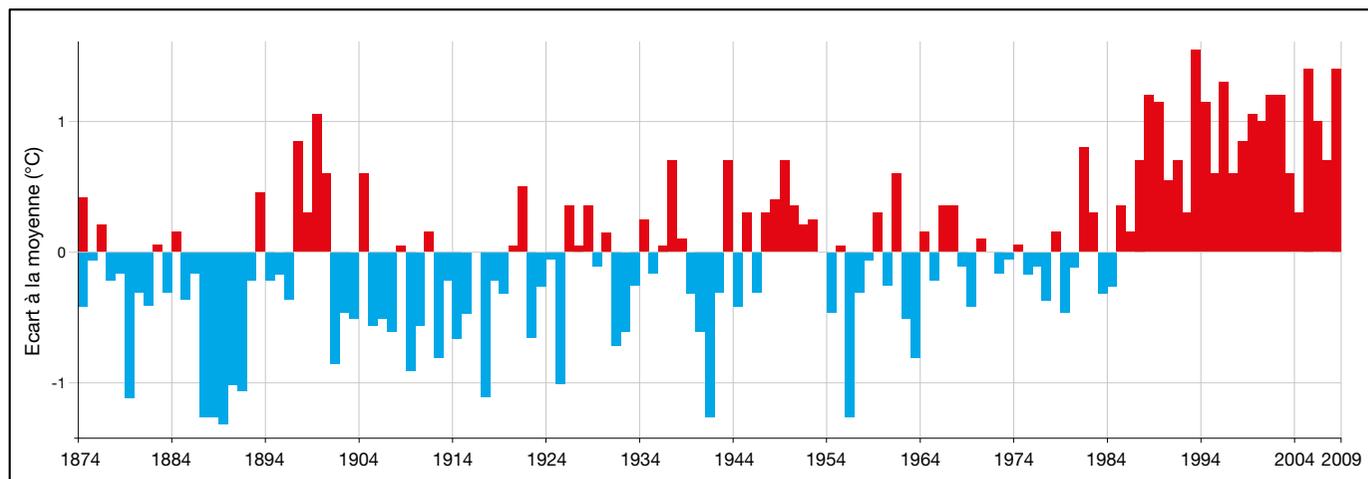
□ Les menaces

- Changement climatique : hausse des températures



Annales climatologiques de l'Hérault (CD34, 2017)

Écart à la moyenne depuis 1874 (Météofrance)

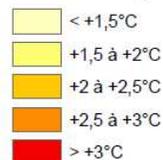


□ **Les menaces**

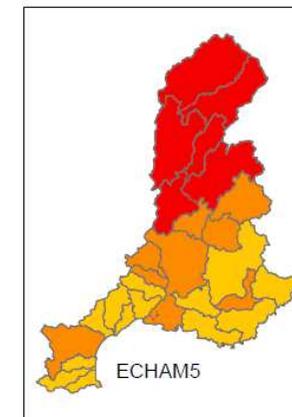
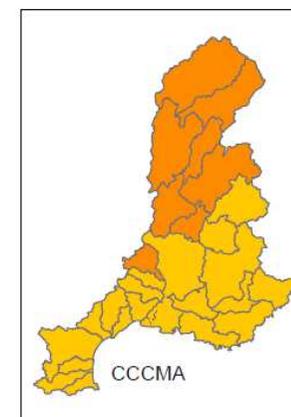
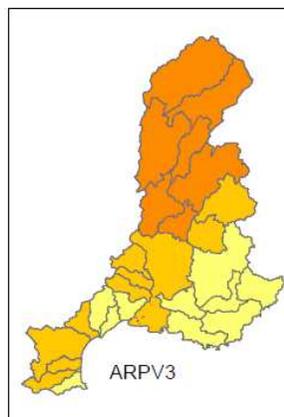
- Changement climatique : hausse des températures --> hausse de l'Evapotranspiration

*Evolution de la température estivale à l'horizon 2046-2065 selon 3 modèles climatiques - source Explore 2070 (rapport DREAL-Agence RMC)*

Evolution de la température



Eté (juillet – août – septembre)

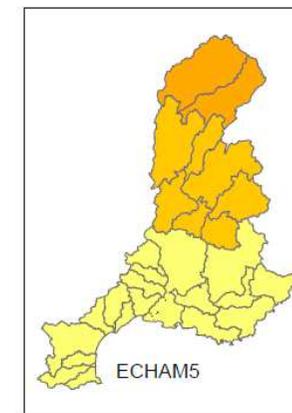
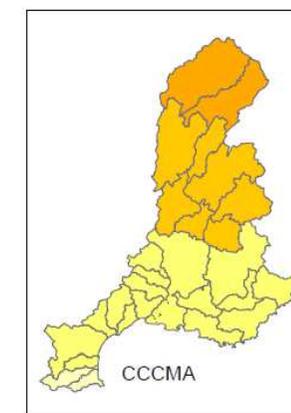
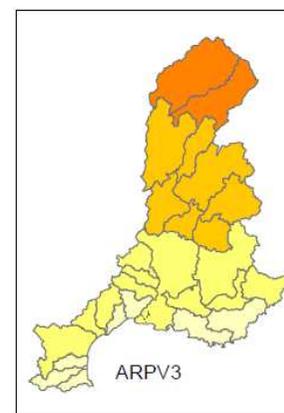


*Evolution de l'ETP estivale à l'horizon 2046-2065 selon 3 modèles climatiques - source Explore 2070 (DREAL)*

Evolution de l'ETP

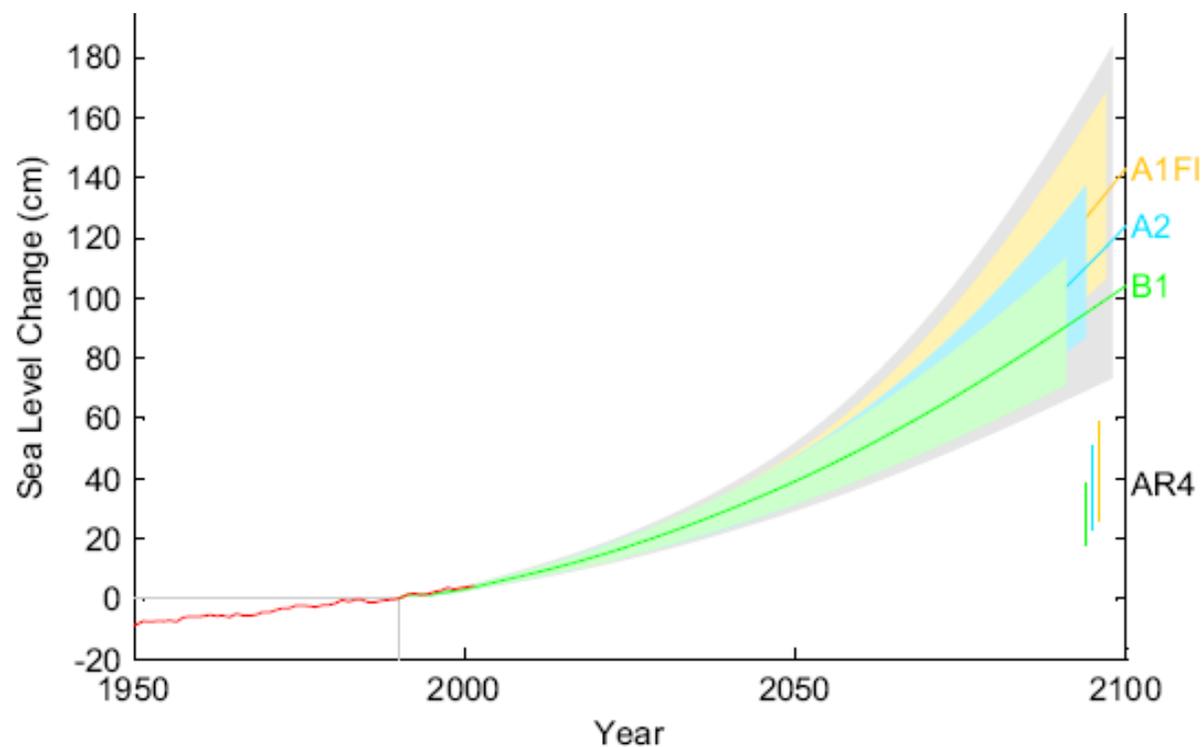


Eté (juillet-août-septembre)



□ **Les menaces**

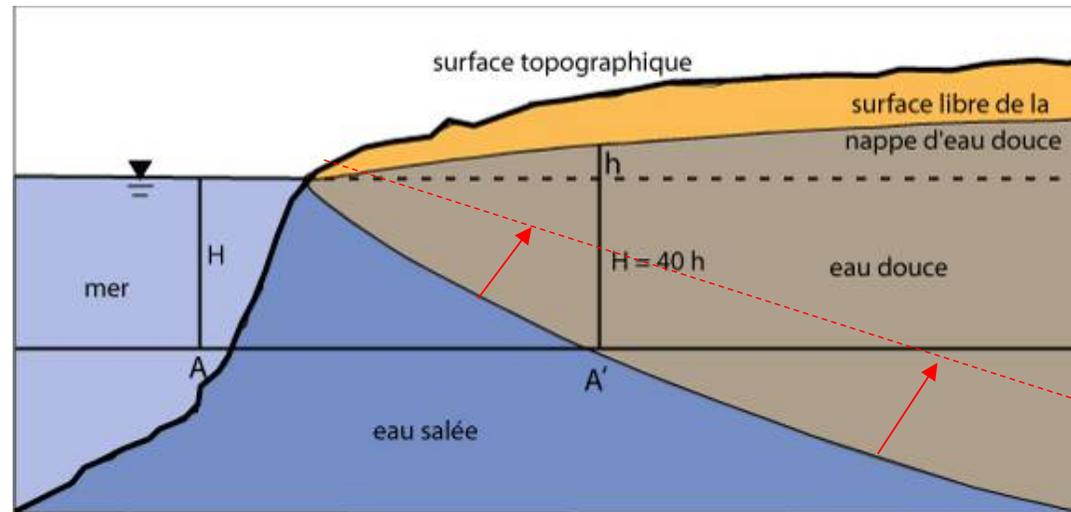
- Changement climatique : hausse du niveau marin



*Projections de hausse du niveau marin d'après les scénarios du GIEC (Verneer and Rahmstorf, 2009)*

□ **Les menaces**

- Changement climatique : hausse du niveau marin



Scénario de salinisation des aquifères littoraux

*Coupe schématique perpendiculaire au littoral selon Ghyben-Herzberg (d'après Frissant et al., 2005)*

$$H \cdot ds = (H + h) \cdot d$$

Avec :

ds : masse volumique eau salée (1025 kg/m<sup>3</sup>)

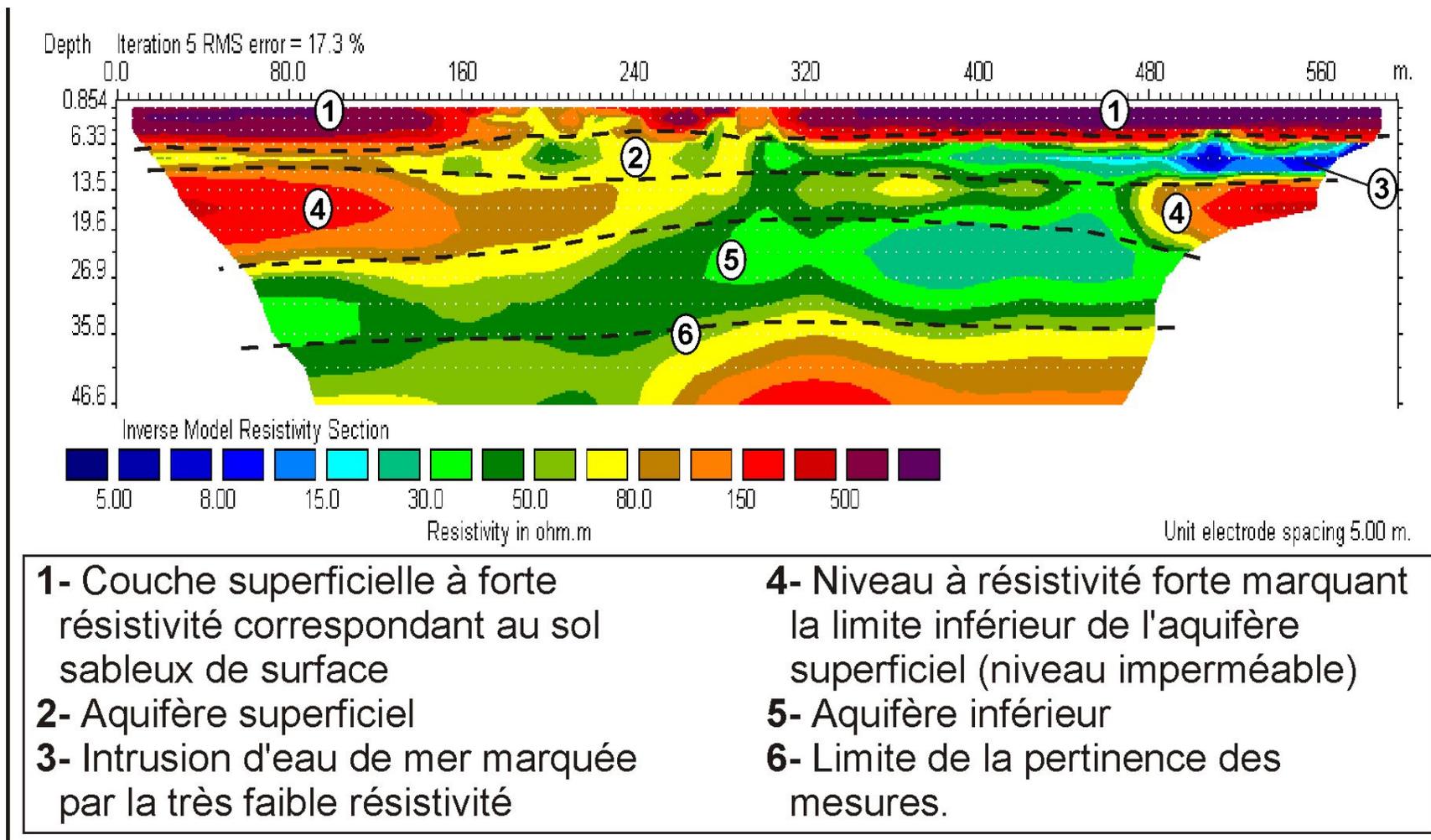
d : masse volumique eau douce (1000 kg/m<sup>3</sup>)



$H = 40 h$

□ **Les menaces**

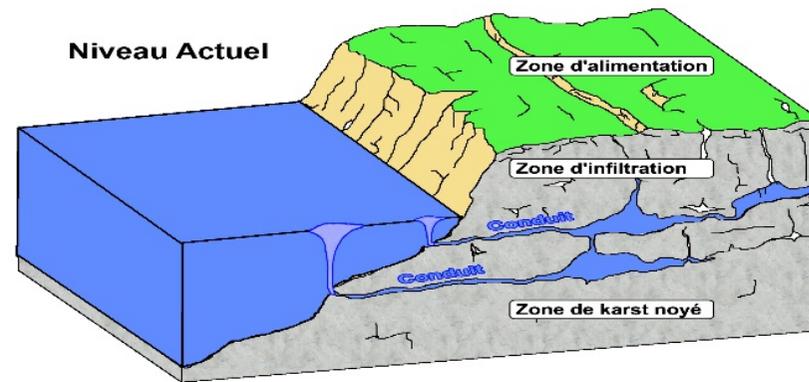
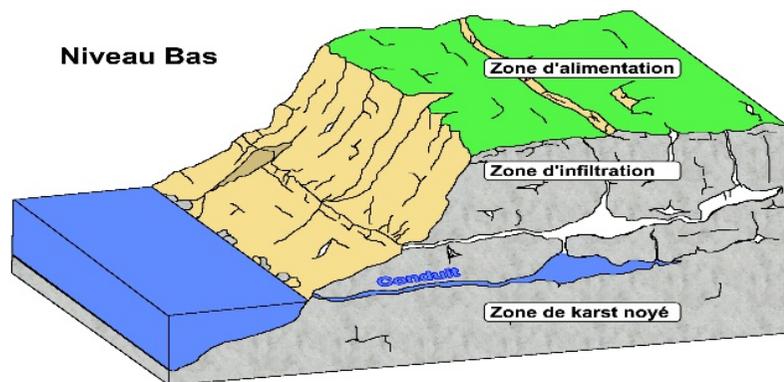
- Changement climatique : hausse du niveau marin



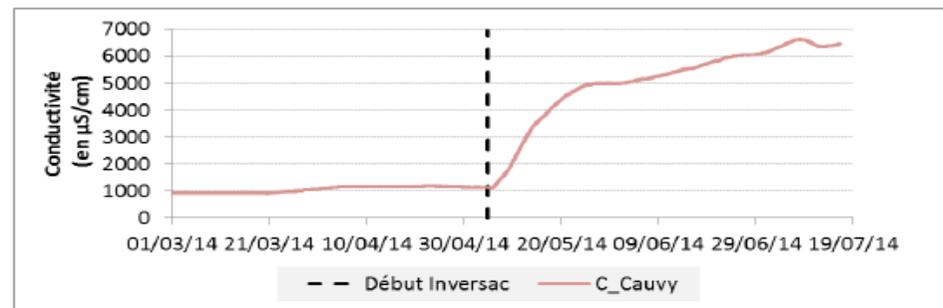
Les menaces

- Changement climatique : hausse du niveau marin (+ diminution de la recharge + hausse des prélèvements)

Le cas des sources karstiques sous-marines



Source de la Vise



Evolution des conductivités sur un captage AEP lors d'un INVERSAC (St Fleur, 2018)

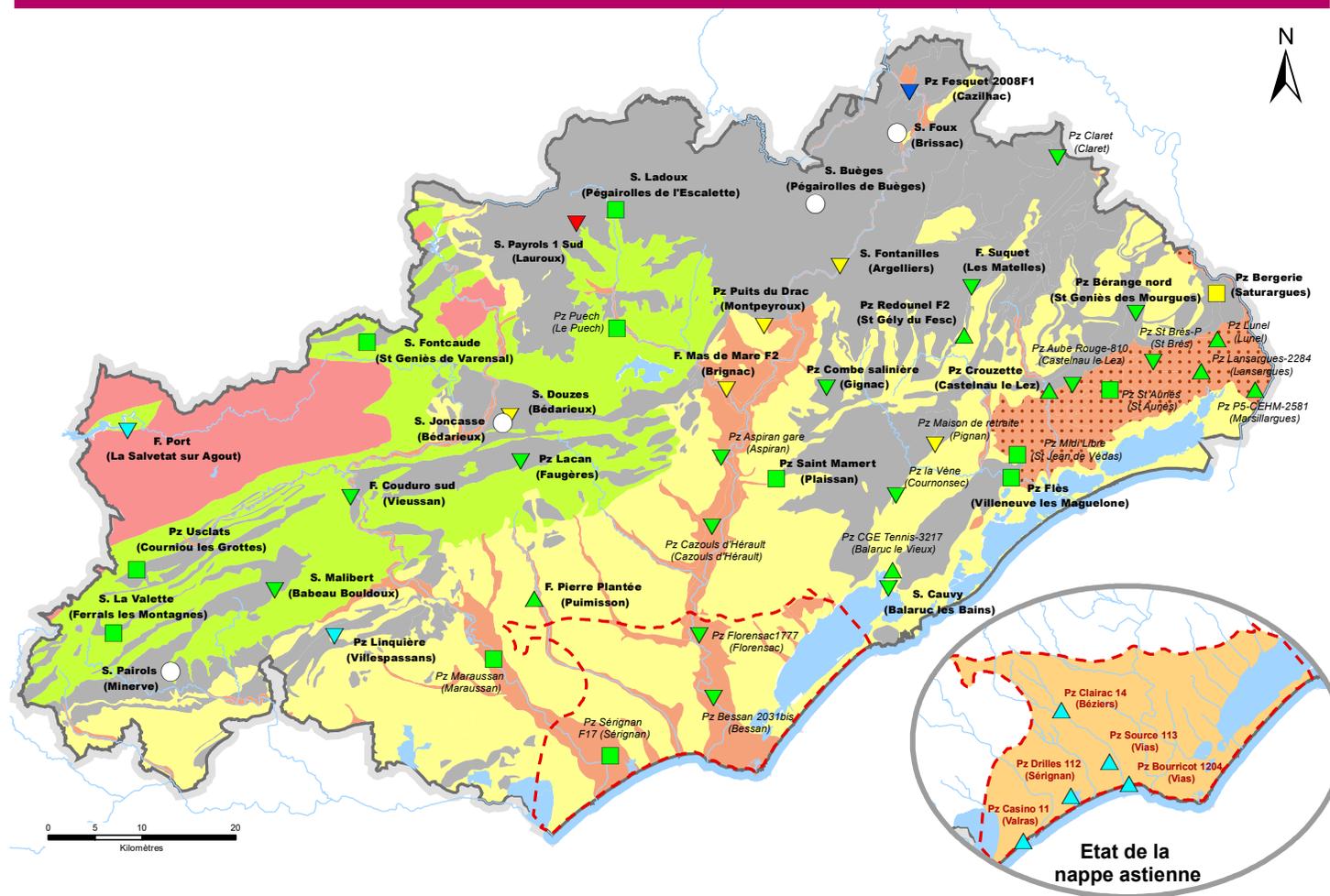
- **Le Languedoc-Roussillon dispose de nombreux aquifères de nature variée**
- **Les menaces climatiques et anthropiques sont réelles sur la ressource**
- **Les Eaux Souterraines doivent être privilégiées pour l'AEP + optimisation des usages actuels**
- **Les aquifères karstiques encore sous-exploités sont un atout régional majeur**
- **Les Eaux Souterraines sont suffisantes pour l'AEP à horizon 2050**

	Lithologie	Masse d'Eau	vol prélevable (Mm3)	vol exploité (Mm3)	Possib. Exploit. comp.	Remarques
⇒	Calcaires et dolomies	Causses et Avants-Causses	≠100	<1,5	X	
⇒	Carbonates	Montagne Noire méridionale	≠100	<5	X	
⇒	Calcaires	Système Lez	>30	30	(X)	très étudié
⇒	Calcaires	Garrigues nord-Montpellier	>5	2	X	
⇒	Calcaires et marnes	Corbière Orientales et Clape	6	<1	X	salée sur littoral
⇒	Calcaires	Karsts sous-couverture val Hérault	≠10	1?	X	peu étudié
⇒	Calcaires éocènes	Minervois	≠10-20	2	X	
	Carbonates	Chainon Saint Chinian	20		(X)	très compartimenté
	Carbonates	avant pli-Montpellier				
	Alluvions	Hérault				
	Alluvions	Orb				
	Alluvions	Aude			X	
⇒	Sable	Astien Agde-Valras	5	4,2		
⇒	Alluvions	Villafranchien Vidourle-Montpellier			X	
⇒	Molasses et calcaires	Sommières-Castries	2	2		
⇒	Carbonates	karst Pyrénées Orientales	>5	<1	(X)	très peu étudié
⇒	Calcaires	Corbières Occidentales	?	?	X	très peu étudié
⇒	Calcaires	Pli Ouest Montpellier-Mosson	3	4		
⇒	alluvions/sables	Plio-quadernaire Roussillon	30	30		

*Estimation des volumes prélevables par grands aquifères (d'après travaux BRGM, BERGASUD, comité experts Aquadomitia)*

- **Le Languedoc-Roussillon dispose de nombreux aquifères de nature variée**
- **Les menaces climatiques et anthropiques sont réelles sur la ressource**
- **Les Eaux Souterraines doivent être privilégiées pour l'AEP + optimisation des usages actuels**
- **Les aquifères karstiques encore sous-exploités sont un atout régional majeur**
- **Les Eaux Souterraines sont suffisantes pour l'AEP à horizon 2050**
  - **Le suivi (quantitatif et qualitatif) des masses d'eau**

## Etat des ressources en eaux souterraines - Situation début octobre 2020



### Légende

#### LITHOLOGIE SIMPLIFIEE DES SYSTEMES HYDROGEOLOGIQUES

- Calcaire - dolomie (aquifères karstiques)
- Schiste, pélite, marne (peu aquifère)
- Granite - gneiss (aquifères fissurés)
- Formations sédimentaires indifférenciées
- Alluvions récentes (nappes alluviales)
- Alluvions anciennes (nappe villafranchienne)
- Sables sous couverture (nappe astienne captive)

#### DESIGNATION DES STATIONS

Abréviation Nom de la station de suivi (commune)

L'abréviation qui précède le nom de la station de suivi indique le type d'ouvrage :

- S. Source
- F. Forage exploité pour l'eau potable
- Pz Piézomètre = forage non exploité

La couleur et le style de l'écriture définissent le gestionnaire du réseau de suivi :

- en gras **Conseil départemental de l'Hérault**
- en italique *OFB / BRGM*
- en rouge **SMETA (nappe astienne)**

#### SITUATION DES NAPPES

Chaque station de suivi est représentée par un symbole dont la couleur spécifie le niveau d'une nappe et dont la forme indique son évolution.

#### ETAT DES NIVEAUX (couleur du symbole)

- Excédentaire - Niveau très supérieur à la normale
- Haut - Niveau supérieur à la normale
- Normal - Niveau normal
- Bas - Niveau inférieur à la normale
- Déficitaire - Niveau très inférieur à la normale

#### EVOLUTION DES NIVEAUX (forme du symbole)

- Tendence à la hausse
- Tendence stable
- Tendence à la baisse
- Station de suivi sans données actualisées ou pertinentes

Sources : Dept34 / SMETA / OFB - BRGM



Observatoire Départemental  
Climatologie Eau  
Environnement Littoral



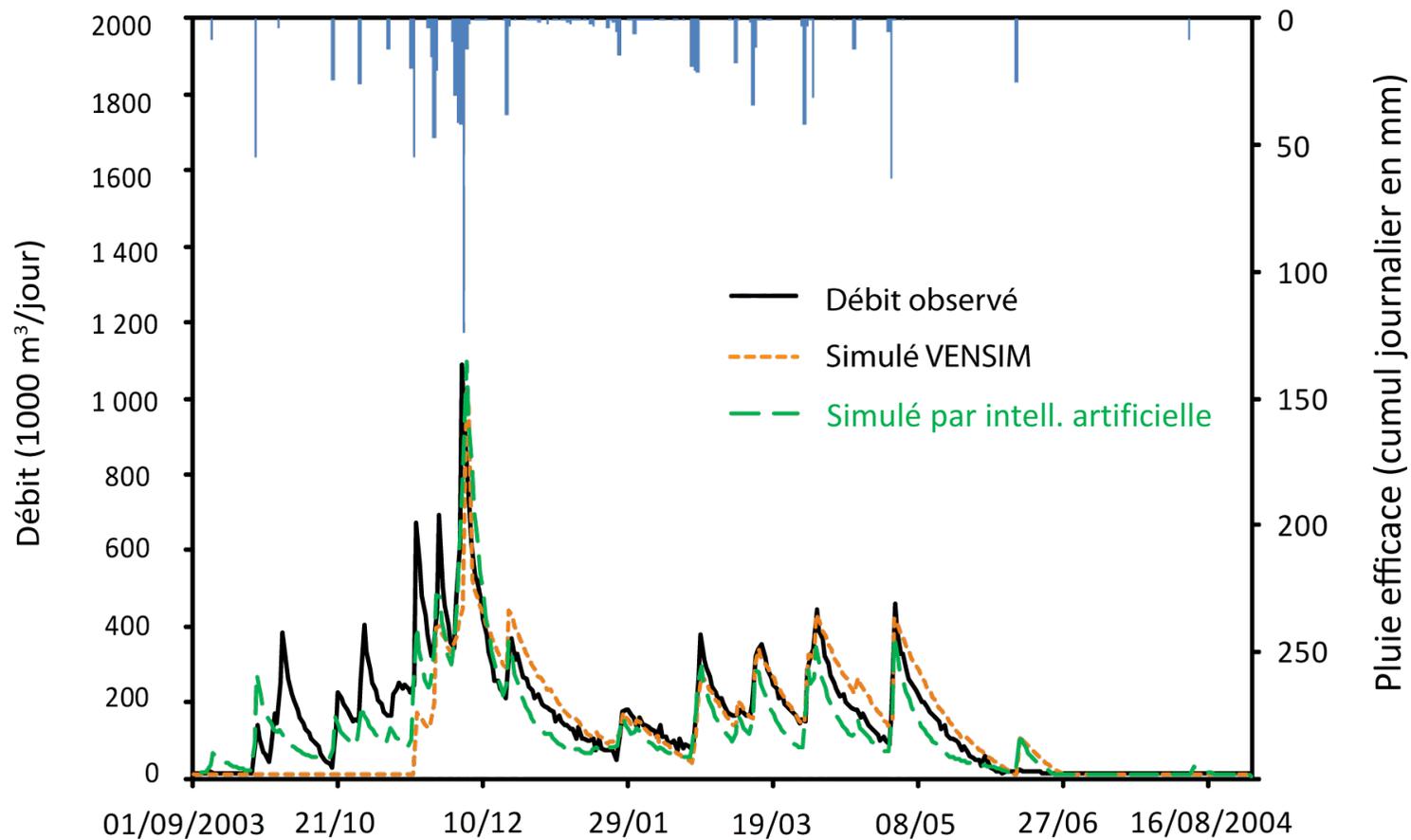
Selon Météo France, les quinze premiers jours de septembre ont été particulièrement chauds et secs. Le Lodévois et le Nord-Est du département ont bénéficié des pluies de l'épisode cévenol du 20 septembre. La fin du mois a été plutôt froide et humide.

Les niveaux d'eaux dans les nappes sont majoritairement normaux pour 69 % des cas. La tendance est à la baisse pour 50% des stations. Les niveaux se stabilisent ou sont à la hausse pour les autres stations.

Les aquifères karstiques présentent des niveaux normaux en baisse. Les nappes alluviales affichent des niveaux normaux avec une tendance à la baisse. La nappe villafranchienne présente des niveaux normaux en hausse. Les aquifères fissurés montrent des niveaux hauts en baisse. La nappe astienne présente un niveau haut en hausse.

Les aquifères touchés par l'épisode cévenol ont été marqués par un phénomène de recharge ponctuelle suivi d'une décrue. Les nappes se maintiennent globalement à des niveaux normaux proches de la moyenne saisonnière. Quelques stations présentant des niveaux bas à déficitaires seront surveillées au mois d'octobre. La situation demeure globalement favorable mais des pluies seront nécessaires pour entamer la recharge.

- **Le Languedoc-Roussillon dispose de nombreux aquifères de nature variée**
- **Les menaces climatiques et anthropiques sont réelles sur la ressource**
- **Les Eaux Souterraines doivent être privilégiées pour l'AEP + optimisation des usages actuels**
- **Les aquifères karstiques encore sous-exploités sont un atout régional majeur**
- **Les Eaux Souterraines sont suffisantes pour l'AEP à horizon 2050**
  - **Le suivi (quantitatif et qualitatif) des masses d'eau**
  - **L'amélioration des connaissances hydrogéologiques (caractérisation, modélisation)**



Modélisation du débit de la source du Lez (Kong a Siou et al., 2011)

- **Le Languedoc-Roussillon dispose de nombreux aquifères de nature variée**
- **Les menaces climatiques et anthropiques sont réelles sur la ressource**
- **Les Eaux Souterraines doivent être privilégiées pour l'AEP + optimisation des usages actuels**
- **Les aquifères karstiques encore sous-exploités sont un atout régional majeur**
- **Les Eaux Souterraines sont suffisantes pour l'AEP à horizon 2050**
  - **Le suivi (quantitatif et qualitatif) des masses d'eau**
  - **L'amélioration des connaissances hydrogéologiques**
  - **Gouvernance de l'Eau : SDAGE, SAGE, contrats de milieux (nappes)**
- **La préservation des masses d'ES doit guider la politique d'aménagement du territoire**

*Bonnes balades à travers les Causses, le Caroux, les Albères, la Clape, les Garrigues, le Minervois.....*



*Foux de la Vis en moyennes eaux et en crue*

