Translation to English by David Smythe in sticky notes

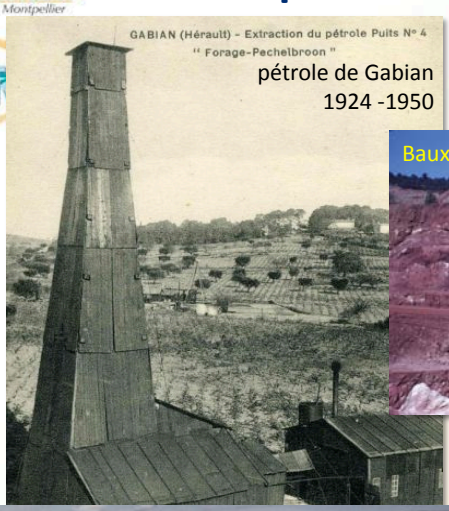
Gaz de schiste dans le sud de la France

Questions géologiques, hydrologiques et environnementales

Michel Séranne *(Géosciences Montpellier, CNRS)*
Séverin Pistre *(HydroSciences Montpellier, UM2)*
Roger Soliva *(Géosciences Montpellier, UM2)*
Francoise Elbaz Poulichet *(HydroSciences Montpellier, CNRS)*

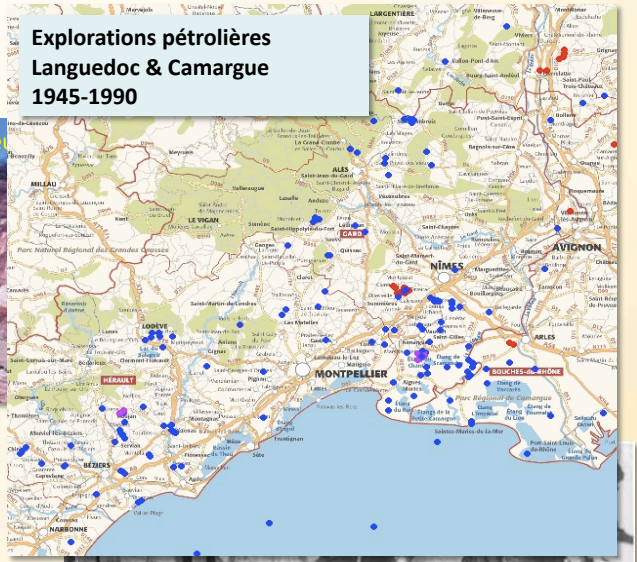
*Géosciences et HydroSciences Montpellier sont 2 laboratoires de l'**Observatoire de REcherche Méditerranéen de l'Environnement***

Historique de l'exploration pétrolière & minière



pétrole de Gabian
1924 -1950

Bauxite (Bédarieu

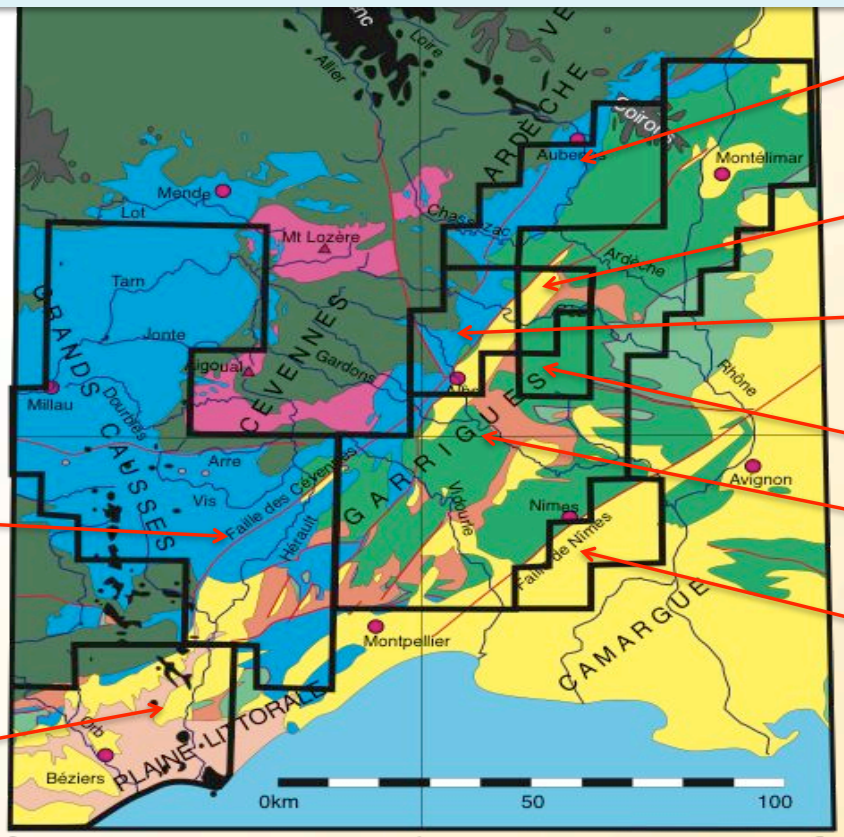


Explorations pétrolières
Languedoc & Camargue
1945-1990

Mine Uranium Lodève 1970-90

Charbon Alès / La Grand-Combe & Graissessac XXe siècle

Où sont les permis ?



Villeneuve de Berg, Schuepbach
931km²; 39.9M€
42857.14€/km²

Bassin d'Alès, Mouvoil
215km²; 2.1M€
4651.16€/km²

Plaine d'Alès, BridgeOil
503km²; 1.5 M€
2982.11€/km²

Navacelles Egdon
216km²; 1.36 M€
6296,29 €/km²

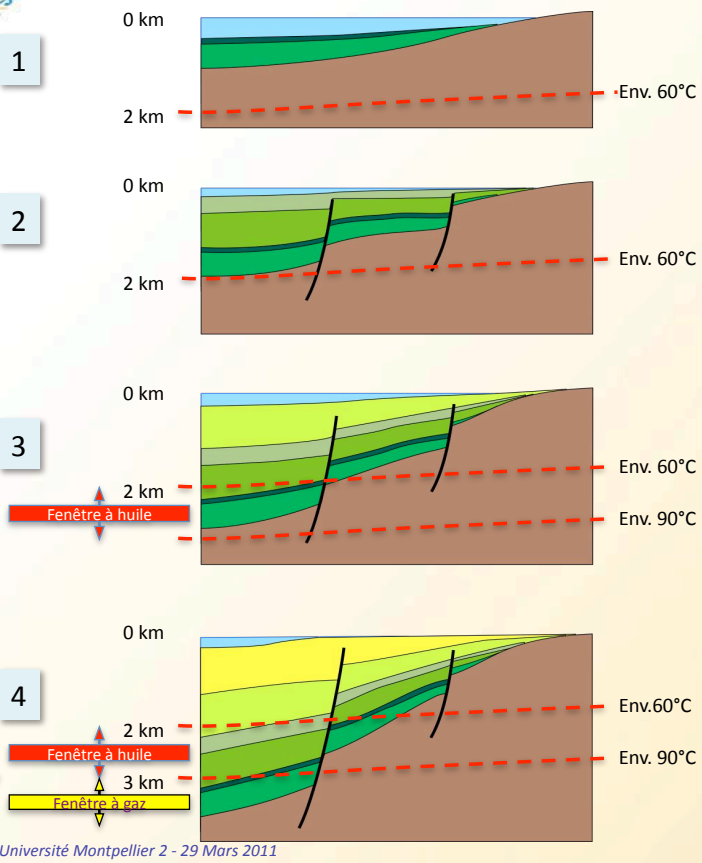
Montélimar, Total
4327km²; 37.8M€
8735.85 €/km²

Nimes, Egdon (après rachat de EnCore)
507km²; 5 M€ ;
9861.93 €/km²

Nant, Schuepbach
4414km²
1.7M€
385.14 €/km²

Plaines du Languedoc Lundin
2348km²; 1.5 M€;
638.84 €/km²

Formation des hydrocarbures



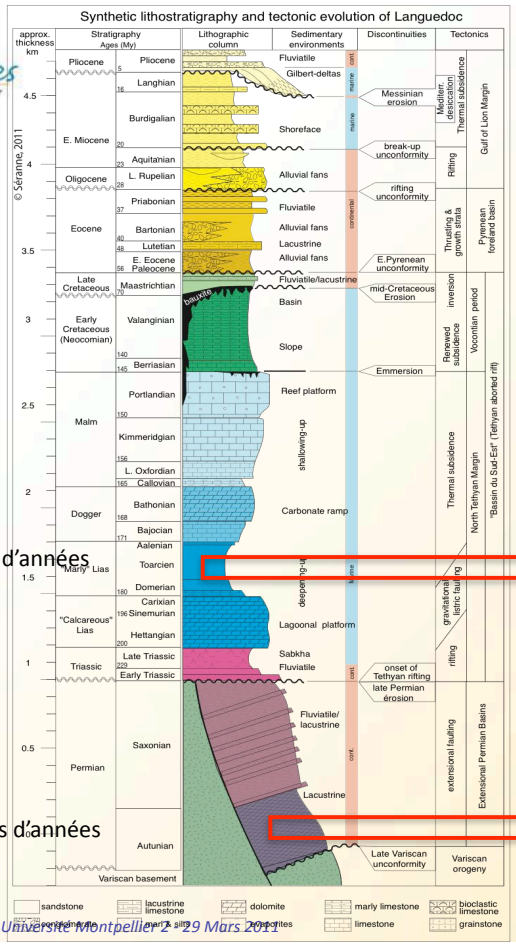
Dépôt de sédiments riches en matière organique

Recouvrement et préservation de la matière organique par des sédiments plus récents = augmentation de la pression et de la température

Enfouissement de la Mat. Orga. qui -dans les parties les plus profondes- atteint la pression et la température permettant sa transformation en pétrole (entrée dans la « fenêtre à huile »)

Enfouissement augmente: les parties profondes atteignent les conditions P et T°C permettant la transformation en gaz (entrée dans la « fenêtre à gaz »). Les parties périphériques entrent dans la « fenêtre à huile »

Quelles sont les cibles ?



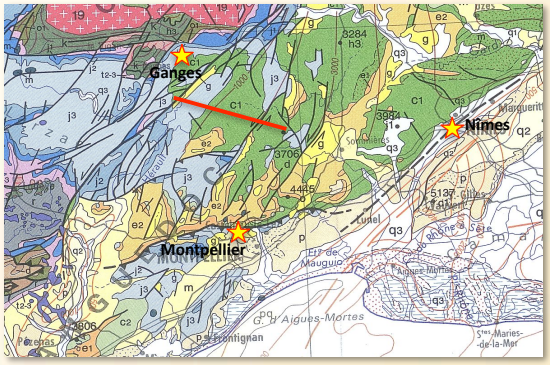
180 millions d'années

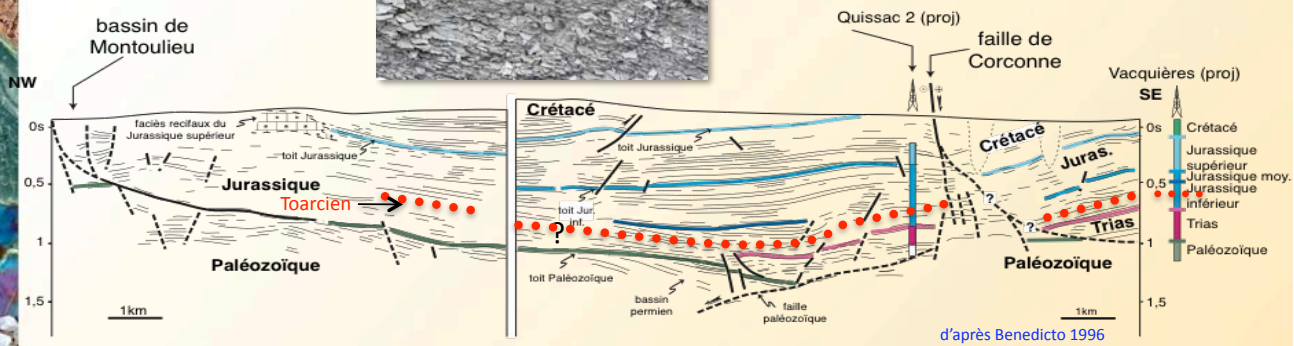
280 millions d'années

1- « Schistes carton » du Toarcien

2- « Black shale » de l'Autunien

1- Le Toarcien

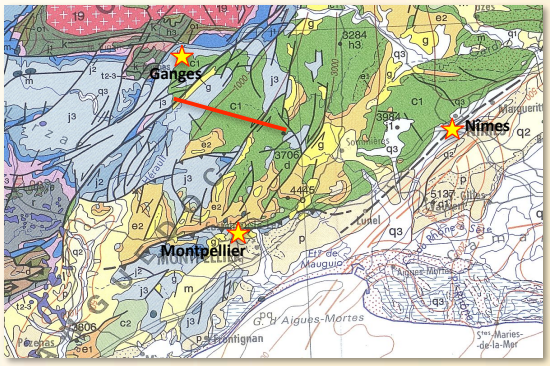


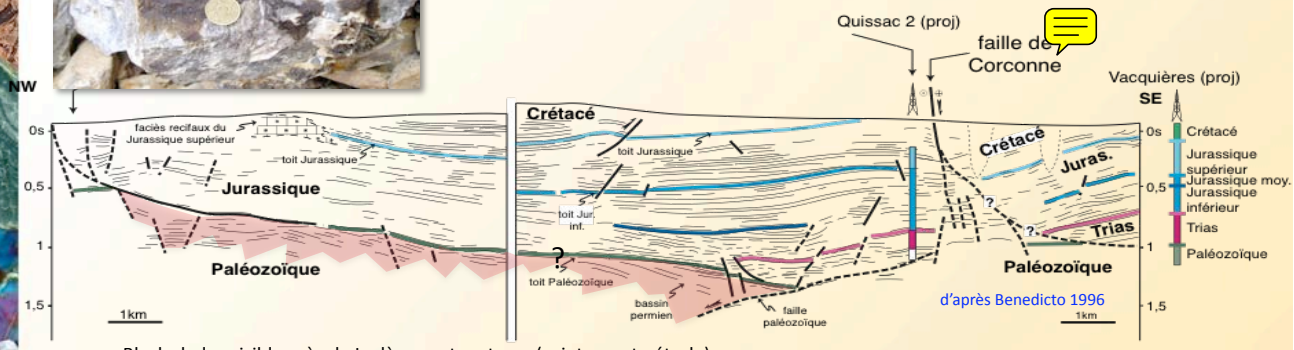


d'après Benedicto 1996

- Toarcien (Schistes carton) visible à l'affleurement à quelques endroits (Mortiès)
- Couche de Toarcien présente à 2 ou 2,5 km de profondeur sous les garrigues

2- Black Shale de l'Autunien

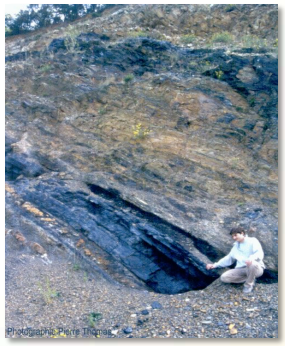




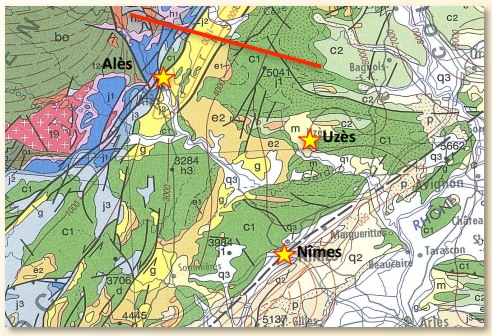
d'après Benedicto 1996

- Black-shales visible près de Lodève sont matures (suintement pétrole)
- Présence de bassins Permien (graben) sous le mésozoïque, enfouissement de la base 3 à 4 km
- Existence de black-shales Autunien non confirmée sous les garrigues.

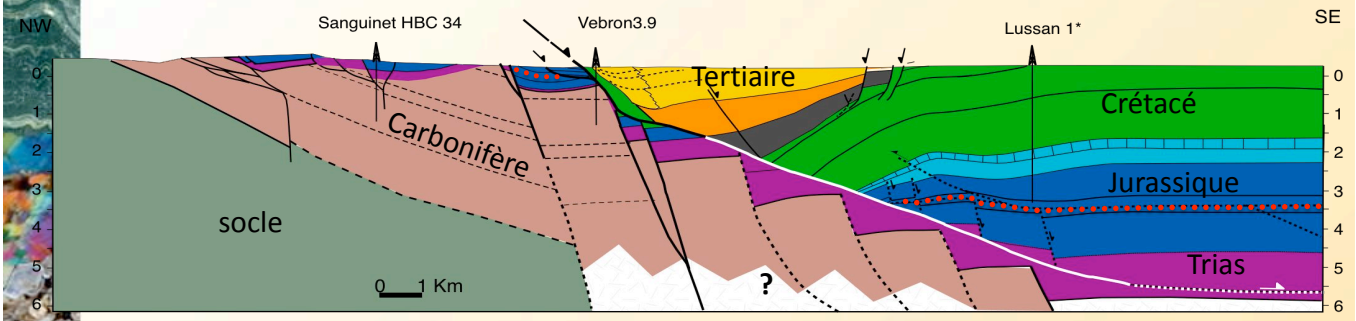
3- Gaz de charbon du Carbonifère



©Pierre Thomas ENS

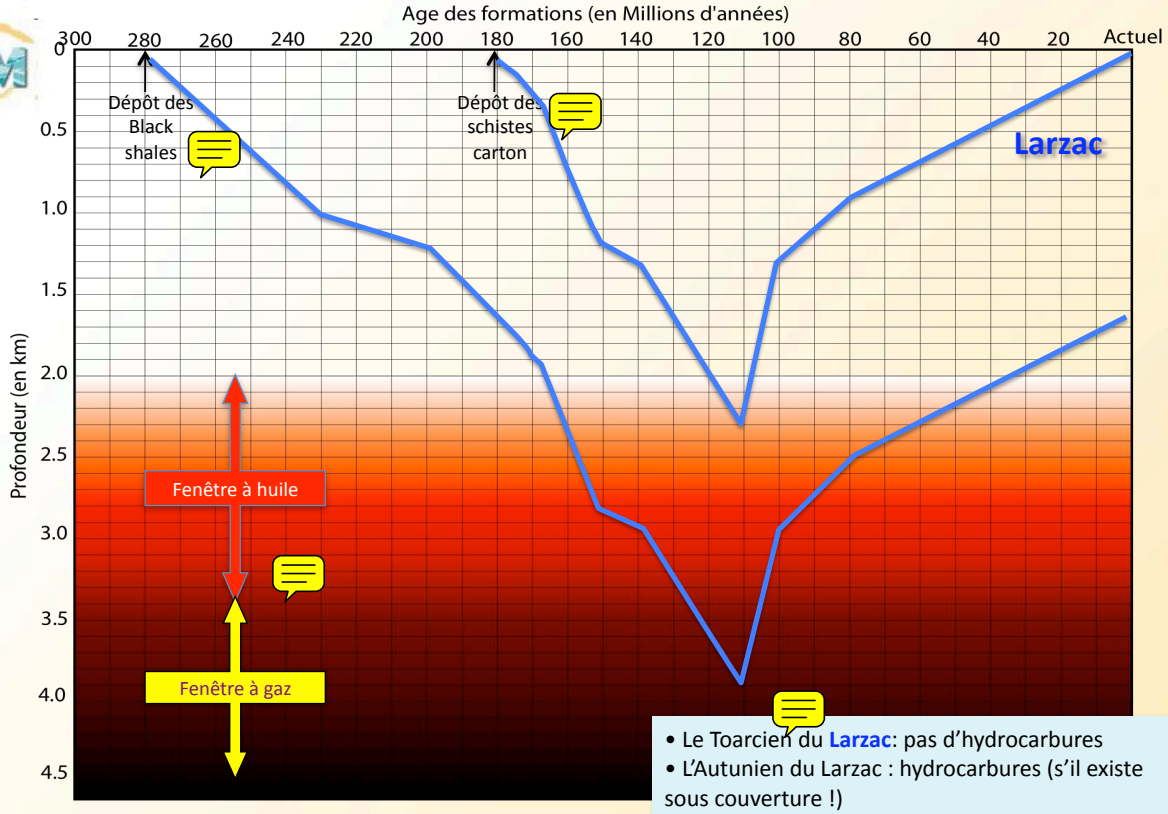


- Le charbon contient du gaz (le « Grisou »)
- Les veines de charbon sont très fracturées et les fractures sont remplies d'eau (salée)
- Si on diminue la pression, le gaz se sépare du charbon
- Le pompage de l'eau diminue la pression, le gaz libéré remonte avec l'eau



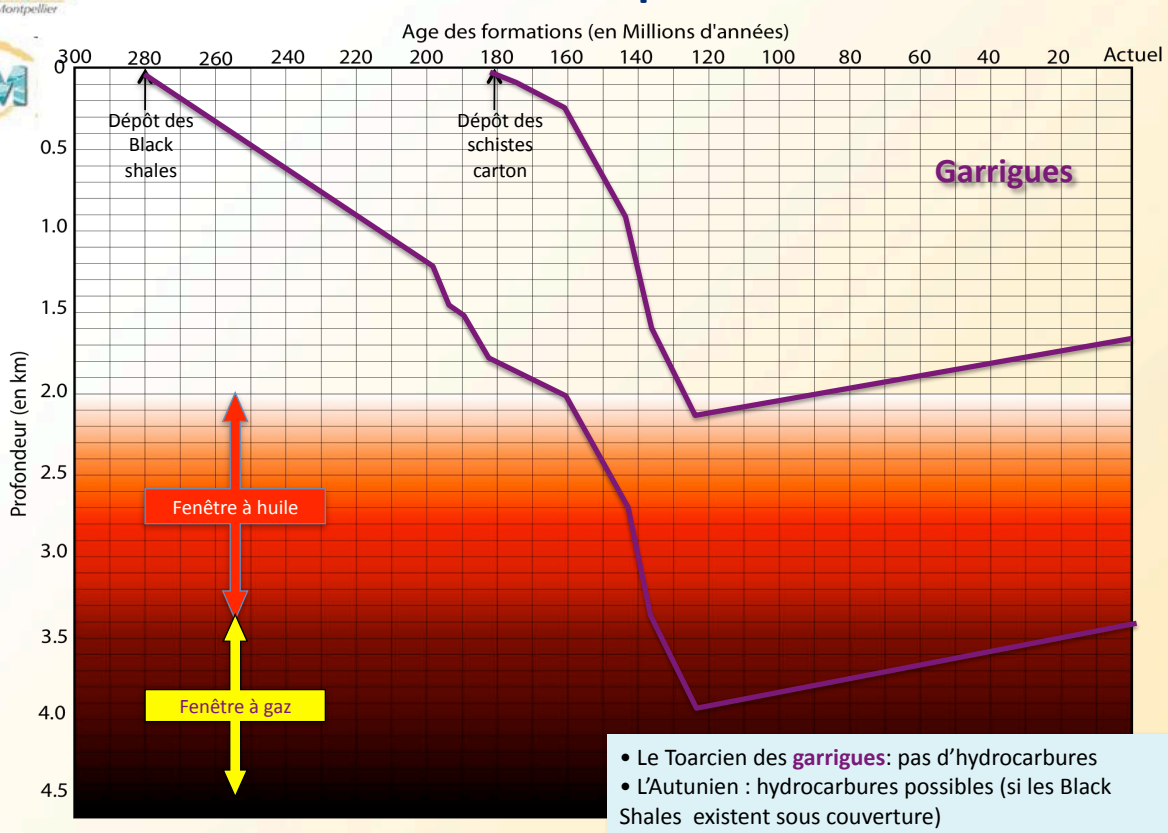
Sanchis & Séranne 2000

Évolution thermique des bassins



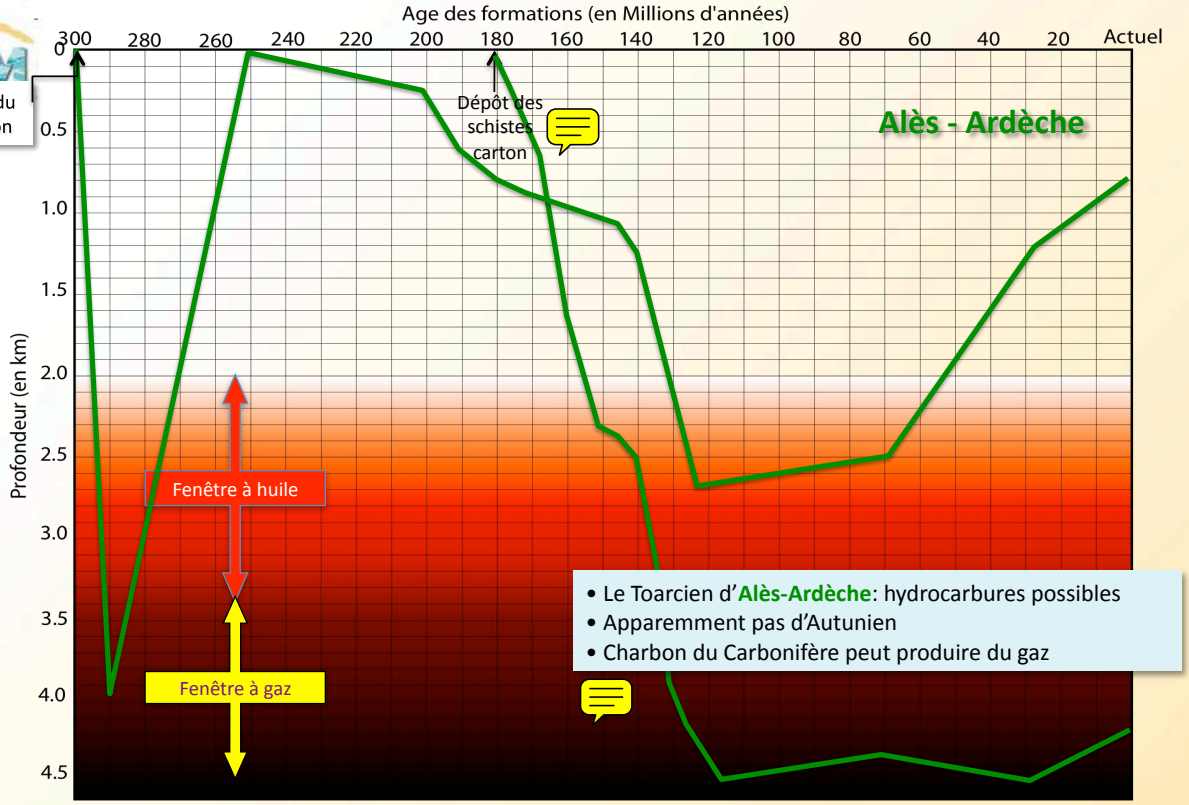
- Le Toarcien du **Larzac**: pas d'hydrocarbures
- L'Autunien du Larzac : hydrocarbures (s'il existe sous couverture !)

Évolution thermique des bassins



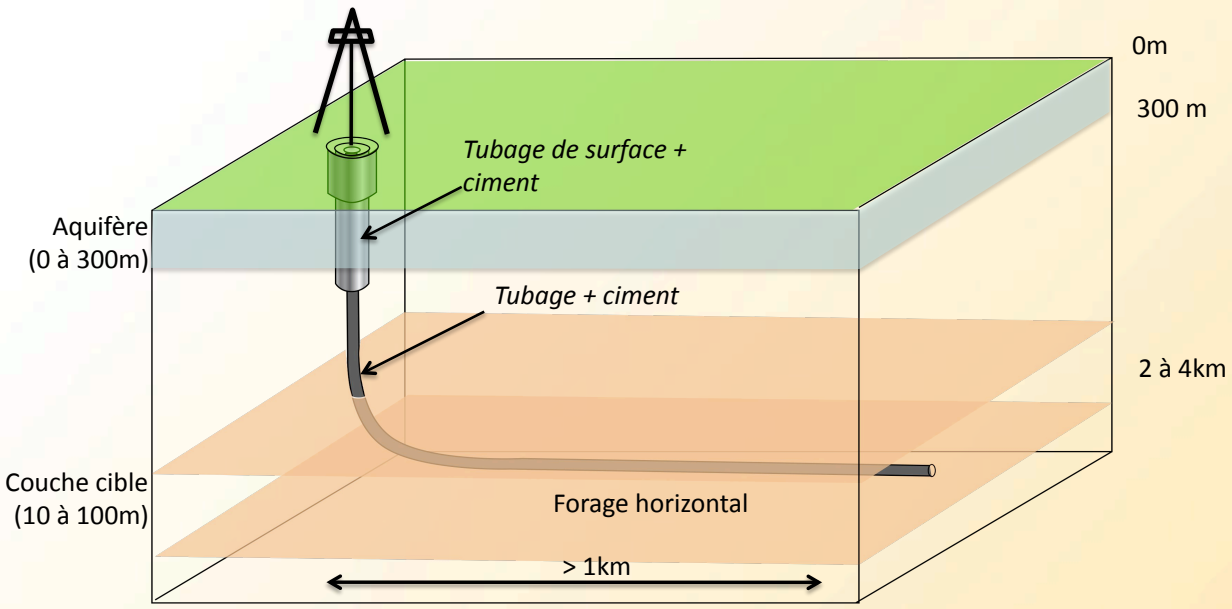
- Le Toarcien des **garrigues**: pas d'hydrocarbures
- L'Autunien : hydrocarbures possibles (si les Black Shales existent sous couverture)

Évolution thermique des bassins



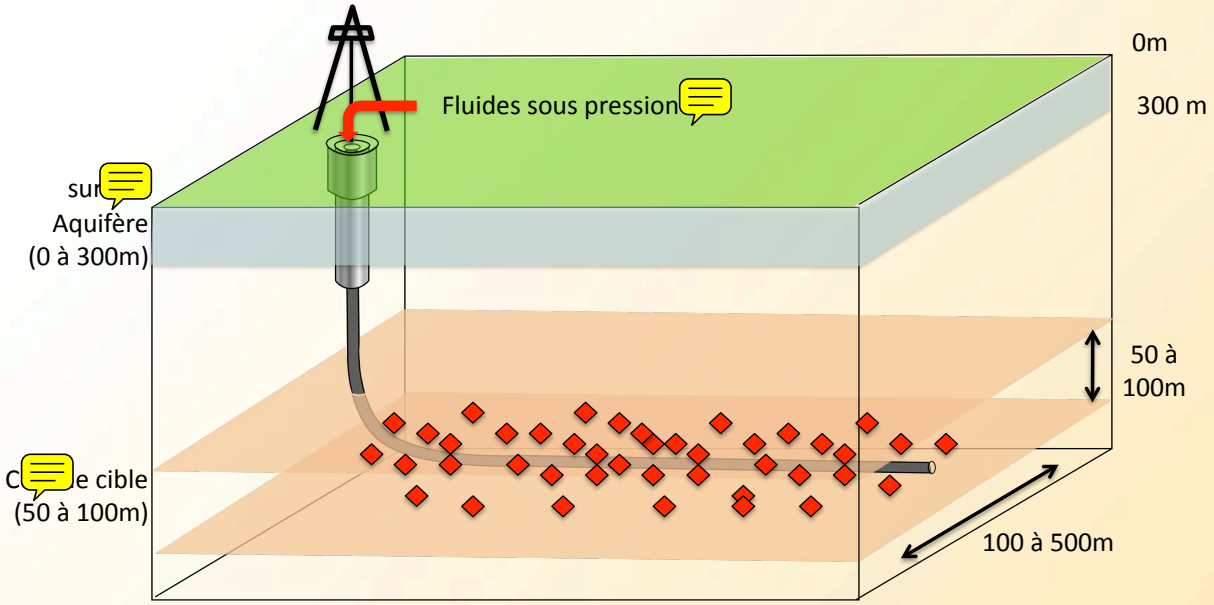
Méthode d'extraction

1- Forage parallèle à la couche pour optimiser la surface de contact avec les argiles



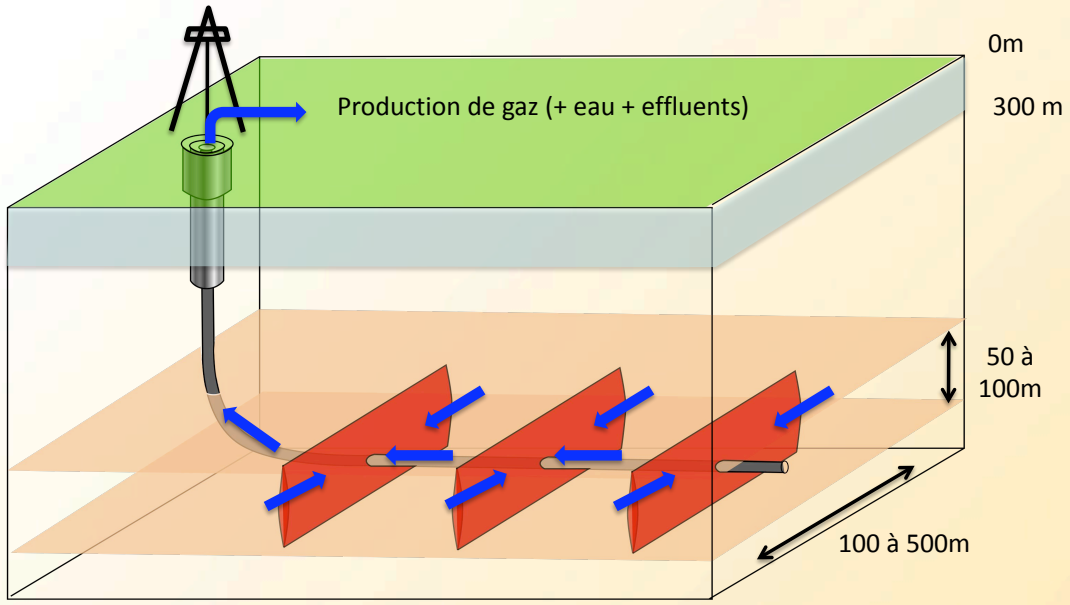
Fracturation hydraulique

2- fracturation de la couche pour favoriser la perméabilité et l'écoulement du gaz



Augmentation de la pression fluide => rupture de la roche => microséismes autour du forage

Fracturation hydraulique



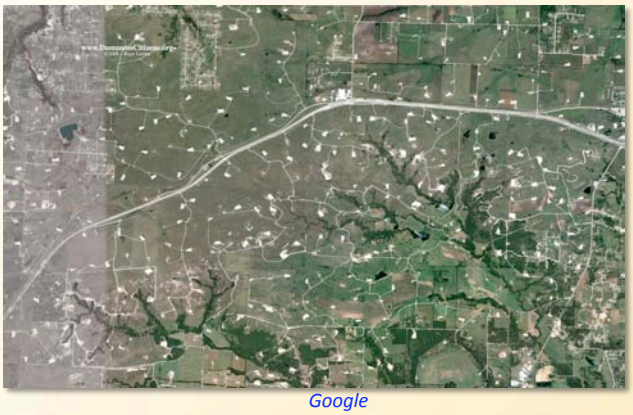
Formation de fractures contenues dans la couche = fractures hydrauliques

Quels sont les risques pour l'environnement ?

Basé sur les exemples nord-américains

- Détérioration qualitative et quantitative de la ressource en eau souterraine et de surface
- Modification des paysages
- Altération des écosystèmes
- Pollution de l'air
- Pollution sonore

Impact sur les paysages et les écosystèmes



Google

- « Mitage » du paysage
  1 à 3 plateforme/km^2
  Pistes, bassins de rétention,
  aires de stockage
- Pollution de l'air
  Emission de CO2 et d'oxydes d'azote
  Emission de composés organiques volatiles
  => Emission de gaz qui activent la formation d'ozone
- Pollution sonore

Les 3 problèmes liés à l'eau

- **Problème de ressource pour l'eau nécessaire**
  - Forage: lubrifiant et remontée des déblais de forage
  - Hydrofracturation => conflit d'intérêt (minier / agricole / industrie / consommation)

- **Problème de pollution des eaux en profondeur**
  - défaut de *casing* => fuite dans les couches traversées (dont aquifère)
  - fracturation mal contrôlée => fuite des fluides (gaz + hydrofract.) dans couche supérieure
  - fracturation mal contrôlée => réactivation de failles => drain: fluides vers couches sup.

- **Problème de traitement des eaux récupérées/pollution en surface**
  - stockages des déblais de forages
  - remontée de fluides d'hydrofracturation : volumes très variables de 10 à 70%
  - remontées de fluides résidents (naturels mais chargés en éléments toxiques)
  - traitements (stations épuration, évaporation, recyclage, ré-injection,…)
  - déversement de liquides contaminés en surface => ruissellement/infiltration

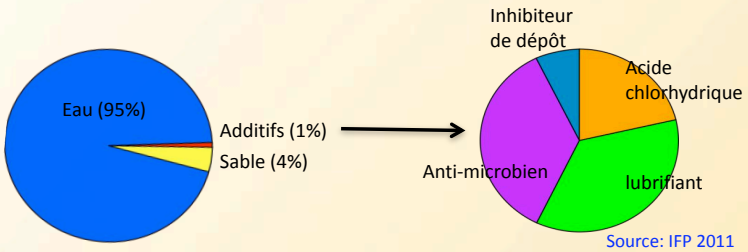
Produits injectés pendant l'hydrofracturation

- **Volume des produits injectés ?**

  10 000 - 20 000m^3 d'eau par forage 4 à 8 piscines olympiques; 500 à 1000 camions citernes (2 livraisons/heure pendant 11 à 21 jours)

  100 à 200 m3 de produits chimiques (5 à 10 camions)

- **Nature des produits injectés ?**



Source: IFP 2011

- **Devenir des produits injectés ?**

  • 10 à 70% du fluide remonte en surface par le forage dans les jours/ semaines qui suivent, et doivent être traités

  • 90 à 30% du fluide reste dans les formations géologiques, où il interagit sur le long terme

Nature des éléments contenus dans les couches profondes ?

- **Saumures dans les aquifères profonds**
  - sels: sulfures, chlorures

- **Eléments adsorbés par les argiles qui seront libérés lors de l'exploitation**
  - éléments radioactifs: Plomb-210, Radium-226, Thorium-234,…
  - des métaux: Plomb, Thallium,…
  - Arsenic, Sélénium,…

Source Institut National de santé Publique du Québec

- **Ces éléments peuvent remonter par le forage, par drains naturels ou induits**
  - pendant la phase de mise en œuvre du forage (quelques semaines)
  - pendant l'exploitation du gaz (10 ans)
  - après l'exploitation > 10 ans ? > siècle ?

Devenir des fluides récupérés ?
10 à 70% des fluides injectés

Bassins

Risque de fuites

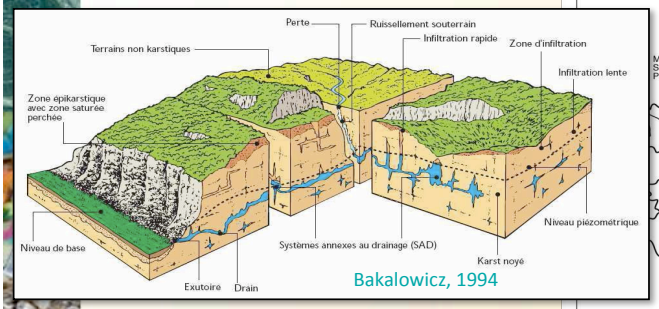
Elimination ?

- Rejet des effluents contaminés et très salés
- Séchage = déchet toxique => décharge / stockage (AMD)
- Traitement par Station d'épuration? Non adaptées
- Traitement par stations industrielles ?

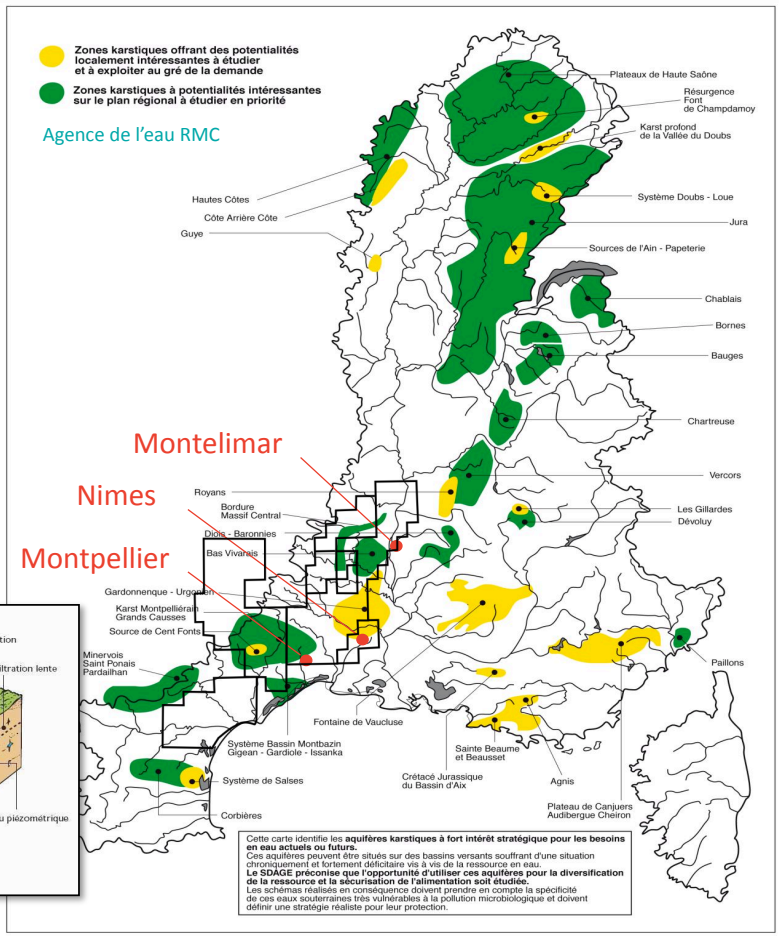
Quelles sont les ressources en eau de la région ?

- Climat méditerranéen :
  - épisodes pluvieux intenses / étés secs
- Aquifères karstiques = principales ressources
  - crues / étiages sévères
  - recharge rapide (affleurements)
  - développement profond
- Failles profondes
  - connexion des aquifères
  - drainage des eaux souterraines
  - remontées de fluides naturels (eau chaude, CO_2…)

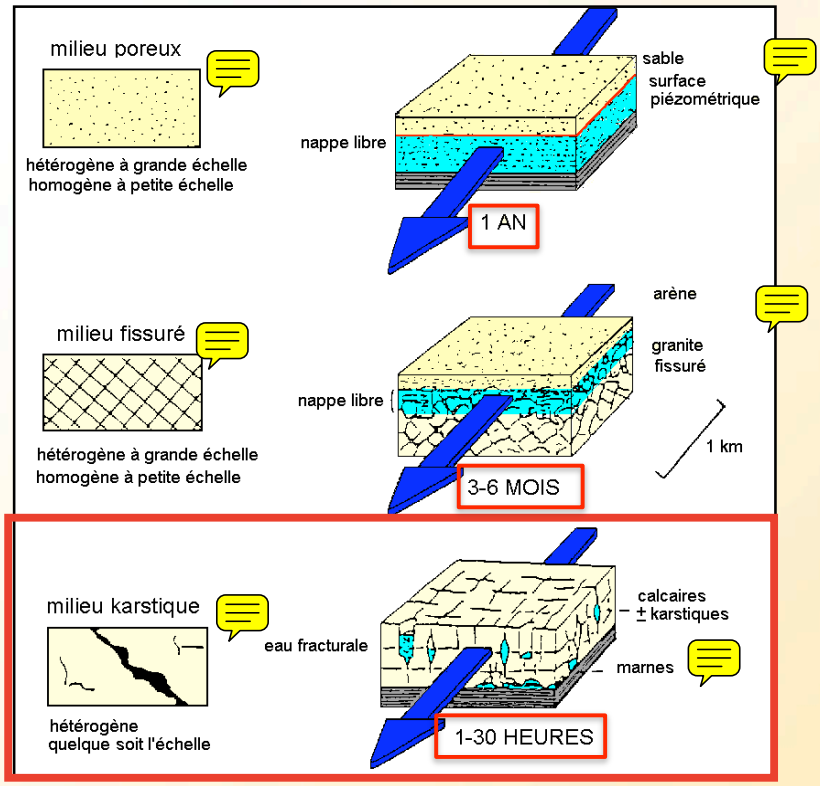
Les aquifères karstiques à fort intérêt stratégique



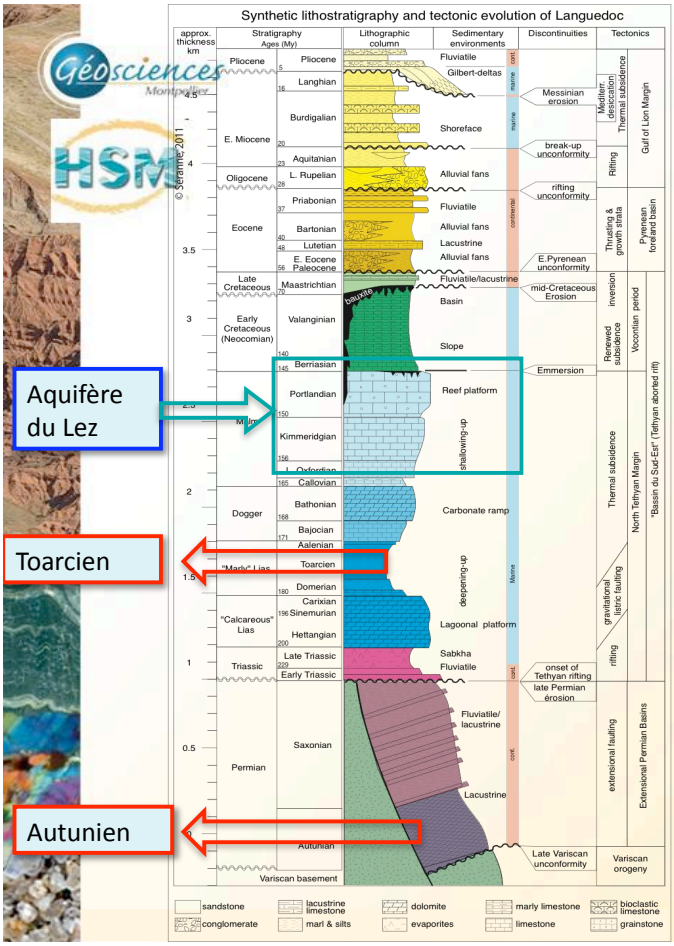
Bakalowicz, 1994

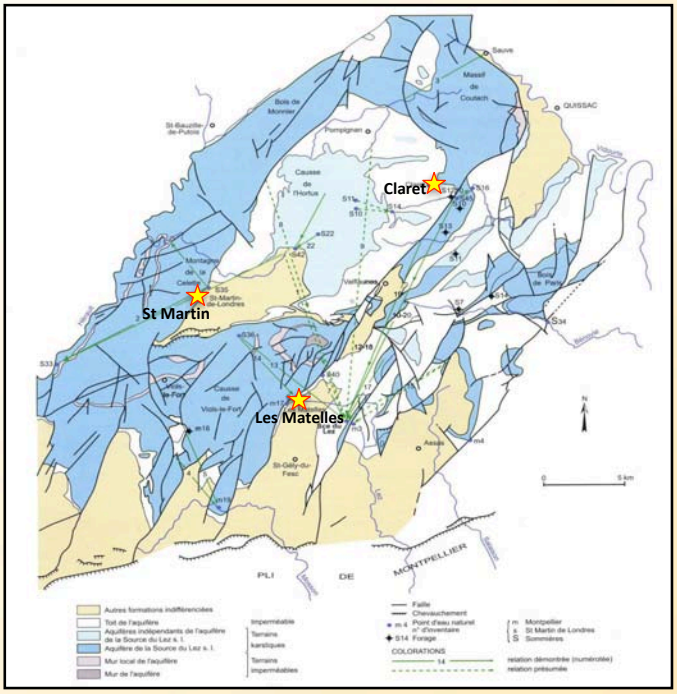


Vulnérabilité des différents types d'aquifères



Exemple de l'aquifère du Lez



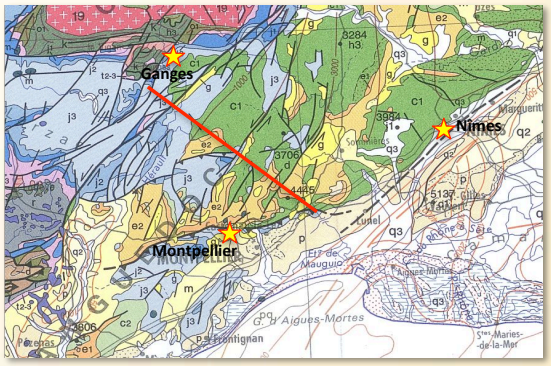


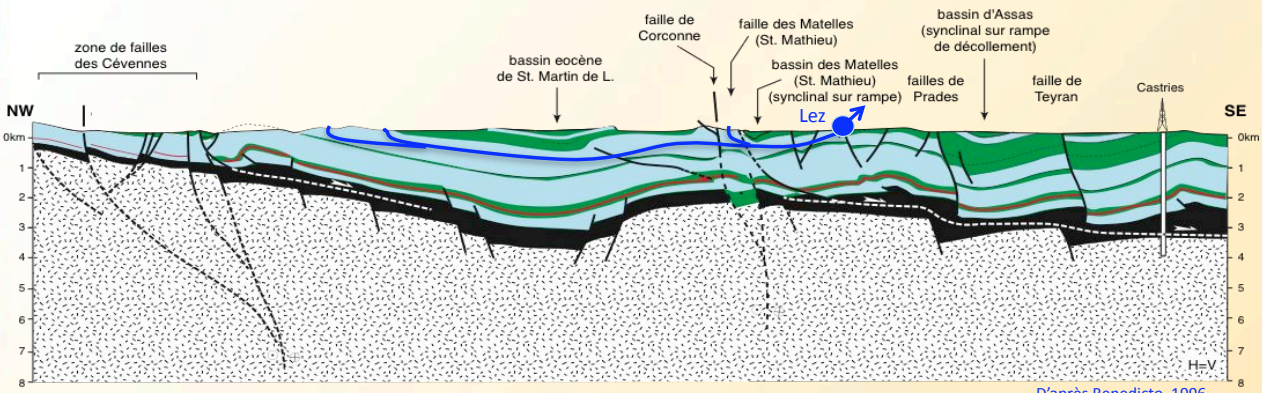
d'après Marjolet et Salado, 1975

Connexion des aquifères

Aquifères karstiques séparés par de minces niveaux imperméables

Mais connexions possibles par zones de failles (fracturation => porosité => drain)



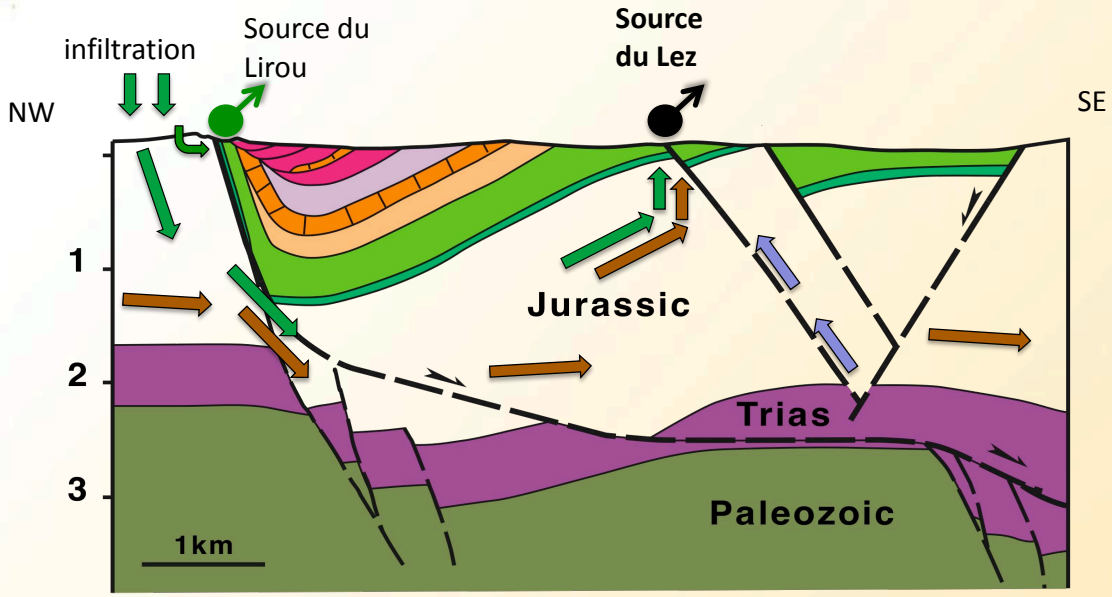


D'après Benedicto, 1996

marnes et marno-calcaires IMPERMEABLE | schiste carton Toarcien | Carbonates Jurassique AQUIFERE KARSTIQUE | Trias | Paléozoïque

Fonctionnement de l'aquifère du Lez

Mise en évidence de venues profondes



Recharge rapide
Aquifère principal
Venues profondes

D'après Bicalho, 2010
Benedicto, 1996

Conclusion

- **Connaissances géologiques et hydrogéologiques** acquises (notamm
par les explorations pétrolières passées) permettent de **prendre des décisions aujourd'hui**

- Refus d'exploiter les gaz de schiste => refus d'explorer ???

- **Approfondissement scientifique nécessaire** pour faire face aux **demandes futures** d'utilisation du milieu souterrain
(ressources en eau potable et non potable, enfouissement de déchets, géothermie…)

- **Analyse expérience américaine incomplète**
- lien entre géologie et variabilité des problèmes environnementaux?
- transposition des situations géologiques ? (dimension, failles, inversions…)