

## Les roches évaporitiques

---

Laurie BOUGEOIS

ST3 - Polytech' Paris UPMC

22 mai 2015

---



# Rappel : différentes roches sédimentaires

## Roches sédimentaires

**Roches carbonatées**  
calcaires



**Roches siliceuses**  
diatomite



**Roches carbonées**  
charbon, pétrole



**Roches évaporitiques**  
halite, gypse



**Roches détritiques**  
conglomérats, grès

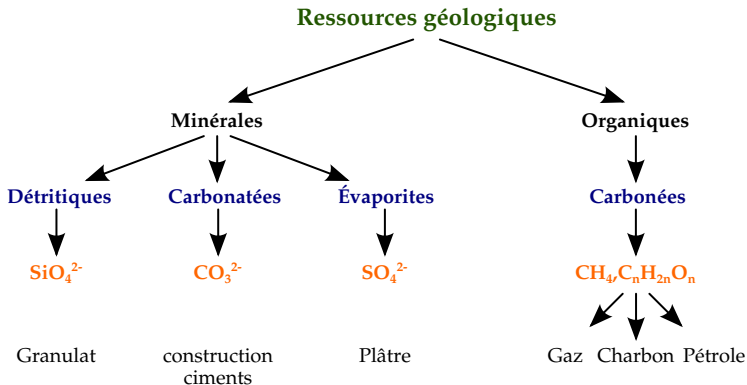


- 1. Introduction**
2. Classification
3. Environnements de dépôts
4. Ressources naturelles

# Ressources

## Ressource

Matière première ou source d'énergie naturelle permettant de subvenir aux besoins d'organisme vivant

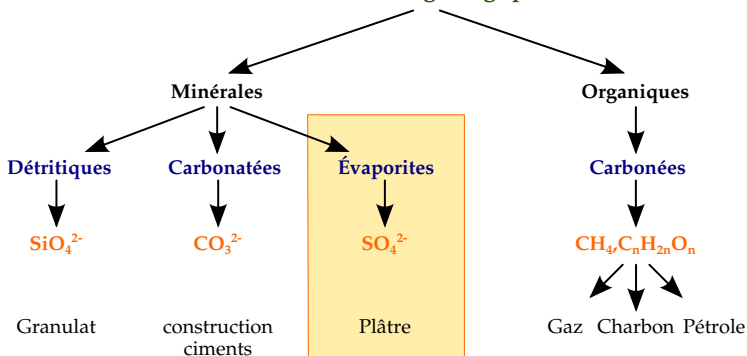


# Ressources

## Ressource

Matière première ou source d'énergie naturelle permettant de subvenir aux besoins d'organisme vivant

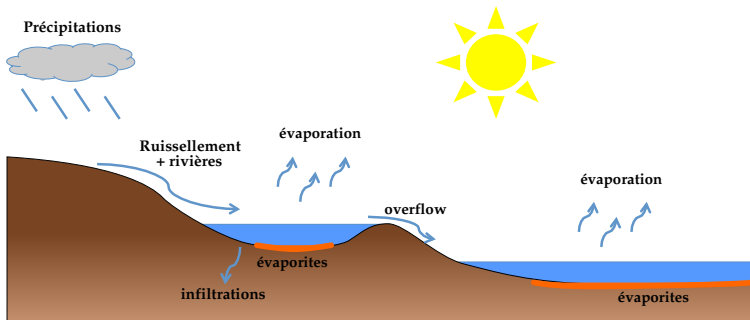
## Ressources géologiques



# Définition, applications

## Évaporites

- ▶ sédiments résultant de l'évaporation de l'eau et de la précipitation des sels qui y sont dissous.
- ▶ minéraux principaux : **gypse, anhydrite, sylvite, halite**



# Définition, applications

## Évaporites

- ▶ sédiments résultant de l'évaporation de l'eau et de la précipitation des sels qui y sont dissous.
  - ▶ minéraux principaux : **gypse**, **anhydrite**, **sylvite**, **halite**
- 
- ▶ **Grande importance économique**
    - ↪ toit imperméable des plus grands gisements pétroliers du monde
    - ↪ stockage sous-terrain d'hydrocarbures,
    - ↪ **gypse** : exploité pour produire le plâtre
    - ↪ **halite** : salage des routes, alimentation animale, base de l'industrie chimique des produits chlorés
    - ↪ **sylvite** : engrais

# Représentation

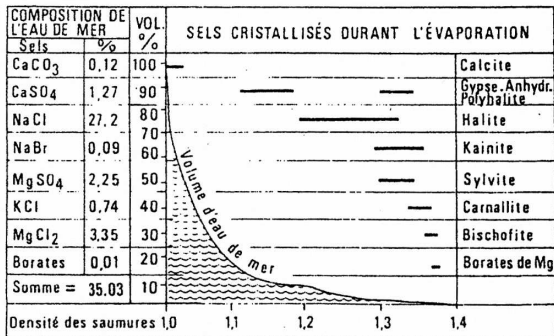
- ▶ observation du Précambrien jusqu'à aujourd'hui
- ▶ répartition spatiale et temporelle inégale :
  - ↪ bien représentées au **Cambrien, Permien et Trias**
  - ↪ présente surtout en **climat aride/semi-aride** : entre 10 et 30° de latitude (ceinture tropicale des hautes pressions), dans conditions de froid extrême avec précipitations limitées (cf étang le plus salé du monde en Antarctique)
- ▶ deux grands types :
  - ↪ **éaporites continentales**
  - ↪ **éaporites marines**



1. Introduction
- 2. Classification**
3. Environnements de dépôts
4. Ressources naturelles

# Formation des évaporites

- ▶ Évaporation progressive d'une colonne d'eau de mer
  - ↪ 50% : précipitation des **carbonates** (calcite, dolomite)
  - ↪ 35% : eau de mer devient saumure saturée, précipitation du **gypse** ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ) puis **anhydrite** ( $\text{CaSO}_4$ )
  - ↪ 10% : précipitation **halite** ( $\text{NaCl}$ ) puis **sylvite** ( $\text{KCl}$ ), **potasses**, **borates**
  - ↪ ~0% : **nitrates**



# Différentes évaporites

## Gypse ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ )

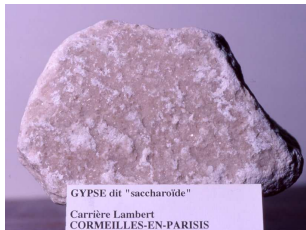


Gypse en fer de lance



Laurie Bougeois - collection ENS Lyon

Gypse en pied d'alouette



GYPSE dit "saccharoïde"  
Carrière Lambert  
CORMEILLES-EN-PARISIS

Gypse saccharoïde



Gypses massifs et nodulaires

# Différentes évaporites

## Gypse (CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O)



Gypse laminé, Oligocène, Catalogne, Espagne

# Différentes évaporites

## Anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ )



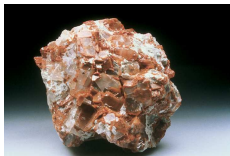
# Différentes évaporites

## Halite (NaCl)



# Différentes évaporites

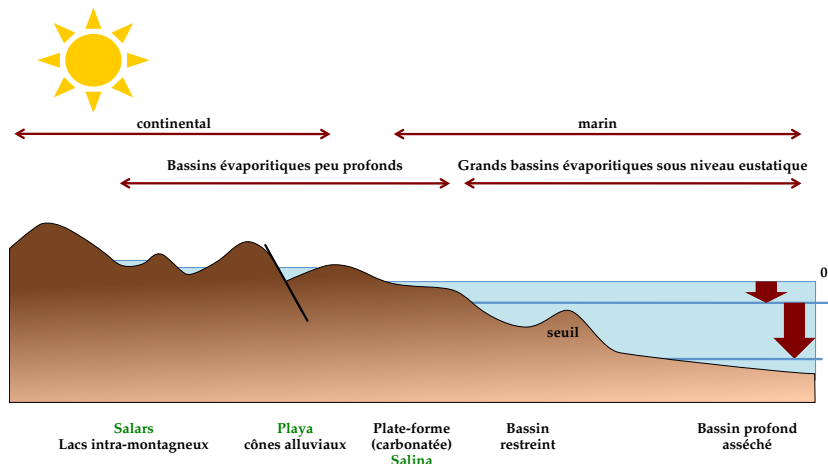
## Sylvite (KCl)



1. Introduction
2. Classification
- 3. Environnements de dépôts**
4. Ressources naturelles

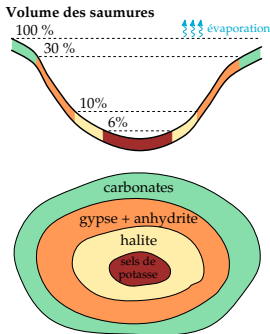


# Différents environnements de dépôts des évaporites



# Évaporites continentales

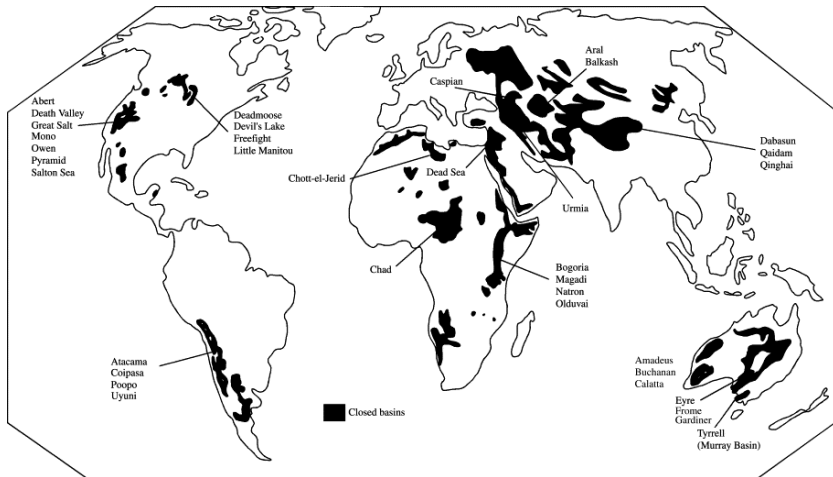
- ▶ dépôts de lacs endorhéiques en climat aride ou semi-aride
- ▶ minéralogie variable (fonction de la géologie régionale)
- ▶ répartition horizontale concentrique fonction du degré de solubilité (plus solubles au centre)



Modèle de bassin fermé  
*œil de boeuf*

# Répartition des évaporites continentales

Lacs salins = *playa* ou *salar*



# Évaporites continentales

## Exemple du salar d'Uyuni (Bolivie)

- ▶ bassin évaporitique actuel majeur
  - ↪ 10 085 km<sup>2</sup>,
  - ↪ 3653 m d'altitude,
  - ↪ bassin fermé quaternaire (paléolac),
  - ↪ 120 m d'évaporites, 11 lits.

A MISR image 19 April 2001



B MISR image 18 November 2003





# Évaporites continentales

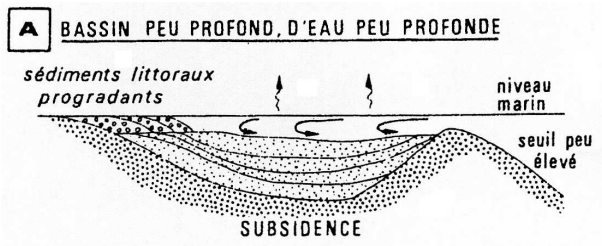
Exemple du salar d'Uyuni (Bolivie)



Roches évaporitiques

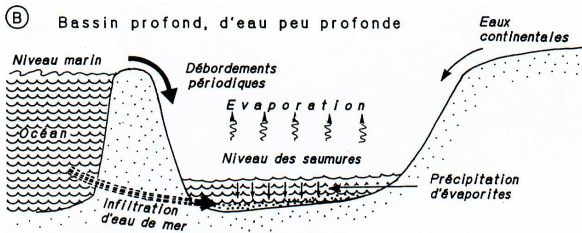
# Évaporites marines

- ▶ Bassins peu profonds (sebkhas, sabkhas, sebkhras)
  - ↪ subsidence tectonique ⇒ accumulation de sel cristallisé sur de grandes épaisseurs



# Évaporites marines

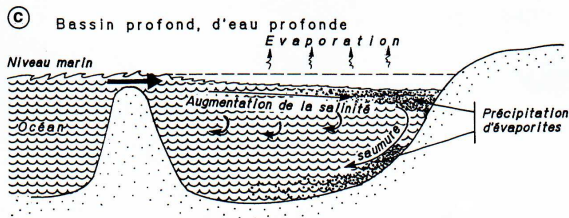
- ▶ **Bassins peu profonds** (sebkhas, sabkhas, sebkhras)
  - ↪ subsidence tectonique ⇒ accumulation de sel cristallisé sur de grandes épaisseurs
- ▶ **Bassins profonds à faible recouvrement d'eau**
  - ↪ isolés de l'océan par un seuil élevé + venues d'eau épisodiques





# Évaporites marines

- ▶ **Bassins peu profonds** (sebkhas, sabkhas, sebkhras)
  - ↪ subsidence tectonique ⇒ accumulation de sel cristallisé sur de grandes épaisseurs
- ▶ **Bassins profonds à faible recouvrement d'eau**
  - ↪ isolés de l'océan par un seuil élevé + venues d'eau épisodiques
- ▶ **Bassins profonds d'eau profonde**
  - ↪ évaporation intense ⇒ sursaturation des eaux et cristallisation des sels qui s'accumulent sur le fond marin.
  - ↪ dépôts réguliers s'étendant sur de grandes distances.



# Évaporites marines

## ▶ Bassins peu profonds (sebkhas, sabkhas, sebkhras)

↪ subsidence tectonique ⇒ accumulation de sel cristallisé sur de grandes épaisseurs

## ▶ Bassins profonds à faible recouvrement d'eau

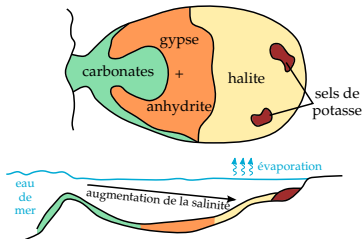
↪ isolés de l'océan par un seuil élevé + venues d'eau épisodiques

## ▶ Bassins profond d'eau profonde

↪ évaporation intense ⇒ sursaturation des eaux et cristallisation des sels qui s'accumulent sur le fond marin.

↪ dépôts réguliers s'étendant sur de grandes distances.

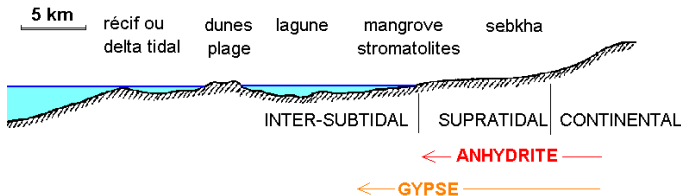
Modèle de bassin  
marin à seuil



# Évaporites marines : bassins peu profonds

## Exemple du Golfe Persique

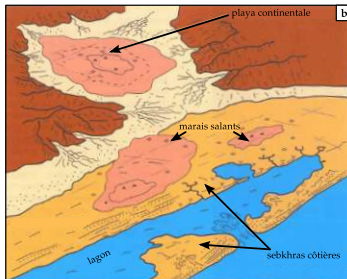
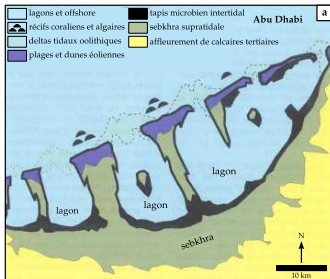
- ▶ plaines côtières développées le long de zones continentales arides, siège d'une intense évaporation
- ▶ sebkhas = systèmes hydrologiques complexes avec recharge due
  - ↪ aux inondations marines périodiques,
  - ↪ aux apports souterrains à partir de la nappe phréatique marine



# Évaporites marines : bassins peu profonds

## Exemple du Golfe Persique

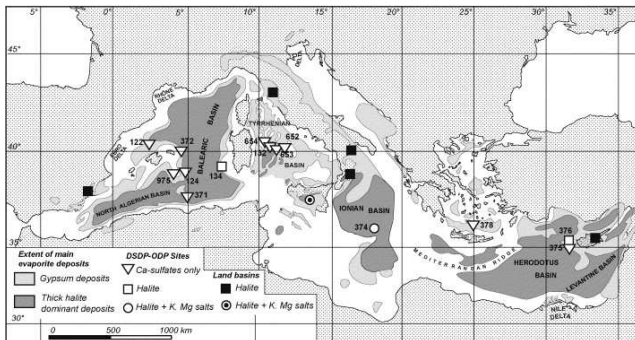
- ▶ plaines côtières développées le long de zones continentales arides, siège d'une intense évaporation
- ▶ sebkhas = systèmes hydrologiques complexes avec recharge due
  - ↪ aux inondations marines périodiques,
  - ↪ aux apports souterrains à partir de la nappe phréatique marine



# Évaporites marines : bassins profonds

## Exemple de la crise méssinienne en Méditerranée

- ▶ Miocène 5.96 à 5.33 Ma
- ▶  $10^6 \text{ km}^3$  d'évaporites
- ▶ 1600 m d'épaisseur maximale
- ▶ événement très court : 640 kyrs !



# Évaporites marines : bassins profonds

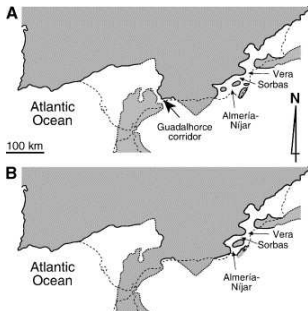
Exemple de la crise méssinienne en Méditerranée

## Origine

### Tectonique

Fermeture de Gibraltar

Surrection de la chaîne Bétique

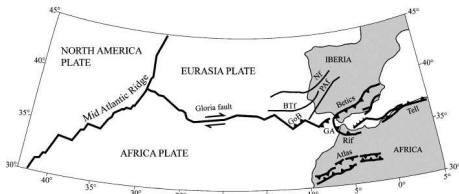


### Climat global

glaciations/déglaciations

### Climat local

humide/aride



# Évaporites marines : bassins profonds

## Exemple de la crise méssinienne en Méditerranée

### Origine

```
graph TD; Origine --> Tectonique; Origine --> ClimatGlobal[Climat global]; ClimatGlobal --> ClimatLocal[Climat local]; ClimatLocal --> Conséquences; Conséquences --> Incision[Incision profonde des vallées]; Conséquences --> Evaporites[Évaporites];
```

#### Tectonique

Fermeture de Gibraltar

Surrection de la chaîne Bétique

#### Climat global

glaciations/déglaciations

#### Climat local

humide/aride

### Conséquences

Chute du niveau marin en Méditerranée de près de 1000 m

Incision profonde des vallées

Évaporites

# Évaporites marines : bassins profonds

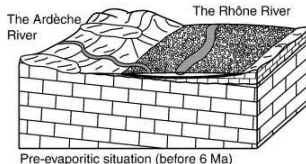
## Exemple de la crise méssinienne en Méditerranée

### Origine

#### Tectonique

Fermeture de Gibraltar

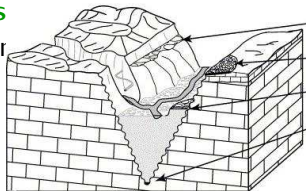
Surrection de la chaîne Bétique



### Conséquences

Chute du niveau marin en Méditerranée

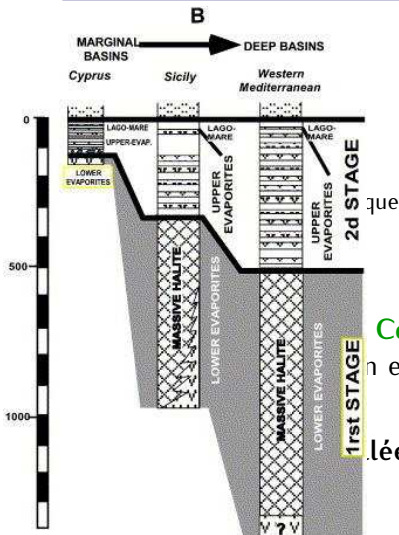
Incision profonde des vallées





# Évaporites marines : bassins profonds

## Exemple de la crise méssinienne en Méditerranée



### Origine

Climat global  
glaciations/déglaciations

Climat local  
humide/aride

### Conséquences

en Méditerranée de près de 1000 m

lées

Évaporites

1. Introduction
2. Classification
3. Environnements de dépôts
- 4. Ressources naturelles**

# Salines littorales

## ► exploitation du sel actuel

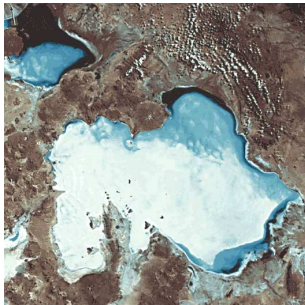
- ↪ Salins du Midi à Aigues Mortes = bassins évaporitiques artificiels.
- ↪ On modifie le niveau de base (digues, vannes...) pour alimenter les bassins entre chaque phase d'évaporation.
- ↪ Exploitation du sel (Chlorure de sodium) actuel (alimentation)



# Salar de Uyuni

## ► exploitation des sels de lithium

- ↪ lacs de l'altiplano = séries de lacs séparés par des seuils ⇒ remplissage et évaporations au grès des périodes humides/arides
- ↪ précipitation d'évaporites = recueil des lessivats de socle et d'évaporites anciennes ⇒ Concentration des ions (Lithium)

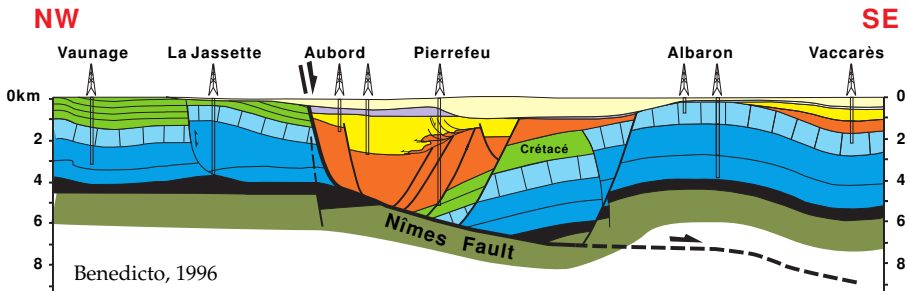


Roches évaporitiques

# Évaporites Oligocène de Camargue : Salines de Vauvert

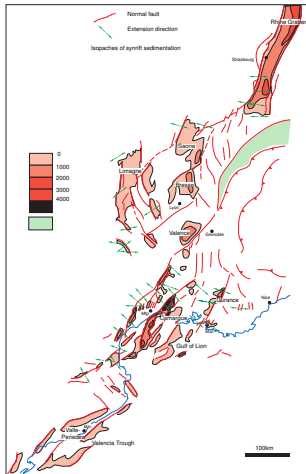
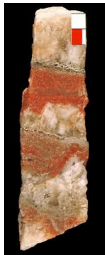
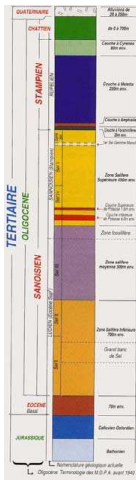
## ► exploitation de sel gemme pour l'industrie

- ↪ exploitation par forages entre 2500 et 3000 m
- ↪ Injection d'eau dans un puits dissolution du sel ⇒ saumure pompée par un second puits.



# Évaporites Éocène-Oligocène du rift Ouest-Européen

## ► potasse d'Alsace

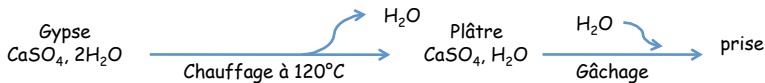


# Gypse Paléogène du bassin de Paris

- ▶ matière première du plâtre



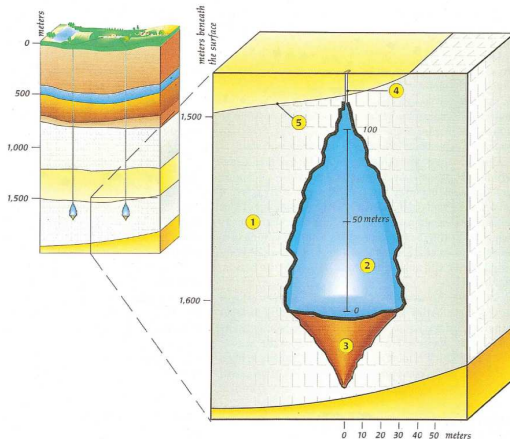
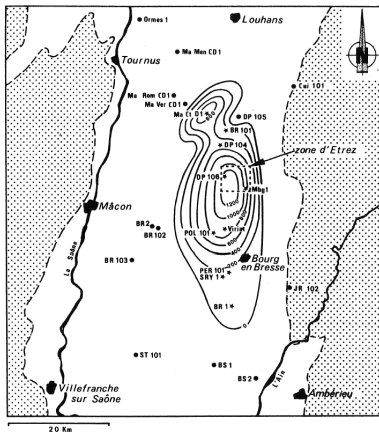
Carrière de Cormeille



# Bassin évaporitique du fossé bressan (Etrez)

## ► stockage d'hydrocarbures gazeux

↪ création de "poires de dissolution" par injection d'eaux douces





# Affleurements



Cargneule



Casse déserte

# Affleurements



Mine de Varangeville  
(Meurthe et Moselle)



Mine de Realmonte  
(Sicile)