

# Il était une fois ... le sel et les roches salines



***Yves Clerget : Service éducatif du Muséum Cuvier Montbéliard.***

*Photographies de l'auteur.*

***Thierry Friot : Action culturelle du Rectorat – Coordonnateur éditorial.***

# Evaporites

Roches salines associées au sel gemme et ayant la même origine.

Interstratifiées dans des calcaires, dolomies, et surtout argiles et marnes imperméables.

## Chlorures :

- **halite** = sel gemme :  $\text{ClNa}$  (blanc – bleuté).

- **sylvine** = potasse :  $\text{ClK}$ , rare en Franche-Comté, abondante en Alsace (rouge).

saveur amère, dureté = 2 et densité = 1,9.

- **sylvinite** :  $\text{ClNa}$  et  $\text{ClK}$  mélangés = roche constituée de sel gemme et de potasse.



Coll. Muséum Cuvier



# Evaporites

Roches salines associées au sel gemme et ayant la même origine.

Interstratifiées dans des calcaires, dolomies, et surtout argiles et marnes imperméables.

## Sulfates :

- anhydrite :  $\text{SO}_4\text{Ca}$ .

incolore ou bleutée, dureté = 3,5  
et densité = 2,3.

Coll. Muséum Cuvier



- gypse :  $\text{SO}_4\text{Ca}, 2\text{H}_2\text{O}$ .

parfois maclé en « fer de lance »,  
dureté = 2 et densité = 2,3.

chauffage → plâtre.

# Evaporites

Roches salines associées au sel gemme et ayant la même origine.

Interstratifiées dans des calcaires, dolomies, et surtout argiles et marnes imperméables.

- **albâtre** : calcaire et gypse mélangés = carbonate + sulfate de calcium

**marbre antique** : c'est une roche finement cristalline utilisée en sculpture car son poli est très fin.

2 variétés :

- dominante de carbonate de calcium et de magnésium → roche blanche dure avec des ondulations jaune-miel plus ou moins foncées,

- dominante de sulfate de calcium → roche très blanche et beaucoup plus tendre, plus fragile aussi.

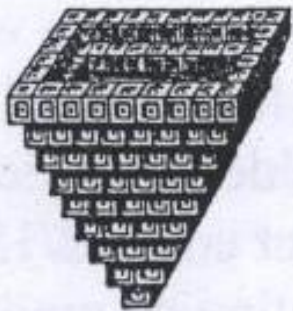


Piéta du XV<sup>e</sup> siècle – Collégiale St-Anatoile, Salins-les-Bains

## Chimie :

### présentation du sel

Sel = Halite = « Or blanc »  
au Moyen Âge.



Trémie de gros sel  
groupement géométrique  
de petits cristaux cubiques



Coll. Muséum Cuvier

« Gros sel » = cristaux cubiques maclés en trémies.

Saveur salée, dureté = 2 , densité = 2,2, très soluble  
dans l'eau : 33 g / l en moyenne dans la mer (350 g / l  
à saturation à 15 °C et 400 g / l à 100 °C).

## Chimie :

### propriétés physiques du sel



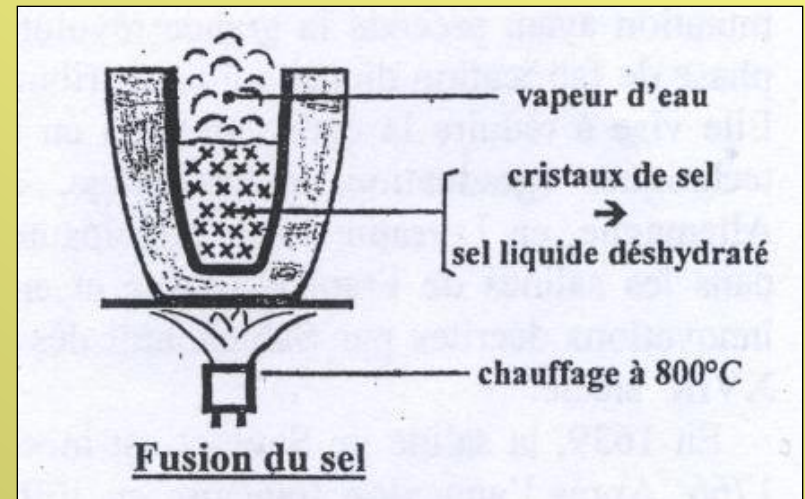
Sel gemme fibreux

Coll. Muséum Cuvier

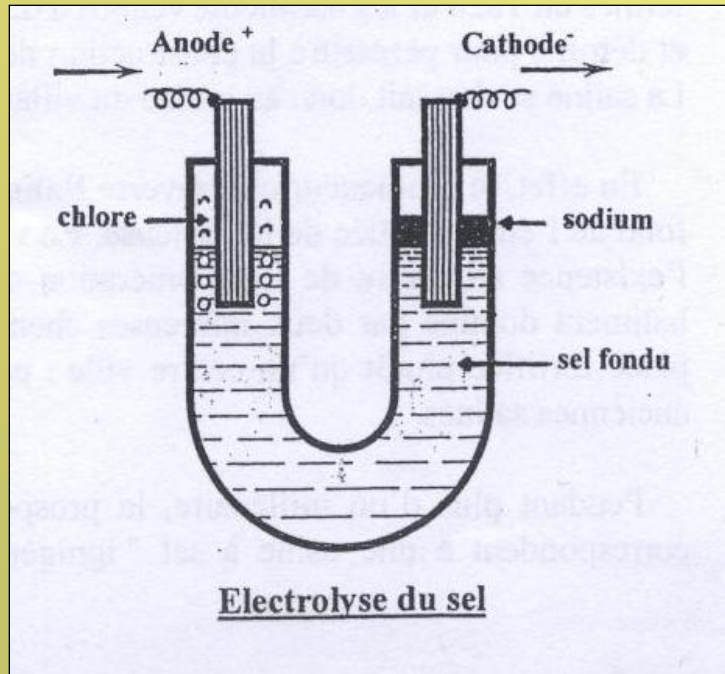


### Chauffage de sel cristallisé :

- crépitement avec départ de l'eau interposée entre les cristaux,
- fusion à  $800^{\circ}\text{C}$  → liquide mobile incolore,
- refroidissement → masse solide déshydratée à cassure cristalline.



# Chimie : analyse du sel



Electrolyse du sel fondu :

Anode + →

gaz jaune-verdâtre et suffocant :  
chlore,

Cathode - →

liquide à éclat métallique vif  
→ solide mou par refroidissement :  
sodium.

Résultat de l'analyse:

$2 \text{ClNa}$

→

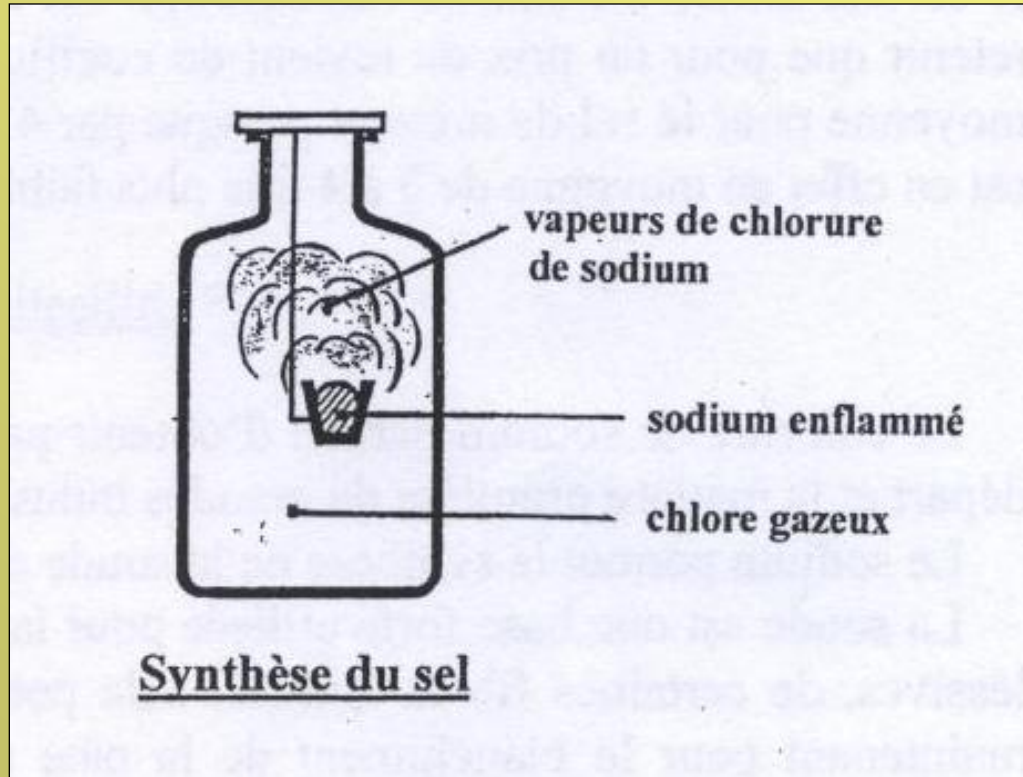
$\text{Cl}_2 + 2 \text{Na}$

Conclusion :

Sel : corps composé de chlore et de sodium d'où  
le nom de chlorure de sodium



## Chimie : synthèse du sel



Synthèse par combustion :

sodium enflammé + chlore gazeux



vapeurs blanches solubles dans l'eau  
et de saveur salée.



Evaporation :

→ cristaux cubiques blancs

Conclusion:

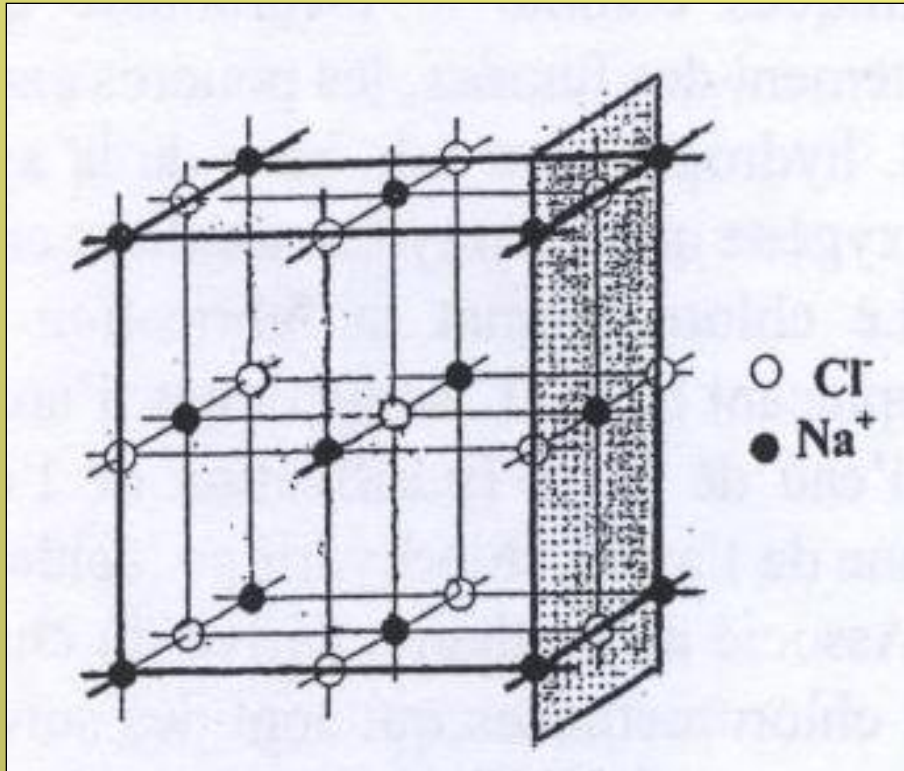
par action du chlore sur le sodium  
on obtient du sel



Sel gemme fibreux



## Chimie : constitution du sel



Le sel est composé de chlore et de sodium en quantités égales au point de vue des atomes.

En réalité c'est un composé de structure ionique:

- le chlore gagne 1 électron → anion chlorure Cl<sup>-</sup>
- le sodium perd un électron → cation sodium Na<sup>+</sup>

Solide : ions répartis de façon régulière et s'attirant par liaisons ioniques → réseau cristallin cubique ordonné et rigide .

Liquide (fusion) : → structure ionique fluide désordonnée et mobile.

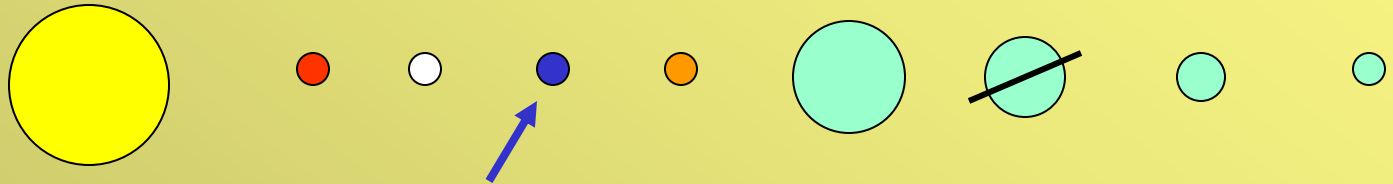
Solution : dispersion ionique très importante à très grande mobilité.

# Géochimie : origine du sel marin et des évaporites

## Composition chimique de l'eau de mer

Chlorure de sodium	78 %	Chlorure de potassium	1,0 %
Chlorure de magnésium	9,2 %	Carbonate de calcium	0,4 %
Sulfate de magnésium	6,5 %	Divers et impuretés	1,4 %
Sulfate de calcium	3,5 %		

Mais au fait pourquoi la mer est-elle salée ?



- 4,6 milliards d'années : naissance de la Terre qui perd vite son atmosphère primitive d'hydrogène et d'hélium.

- Atmosphère terrestre secondaire d'origine volcanique : vapeur d'eau + dioxyde de carbone + azote → hydrosphère. Attaque des roches de la lithosphère : sodium et chlore se retrouvent en solution en abondance dans l'eau. Il en est de même pour les autres sels qui vont rester en solution ou précipiter.

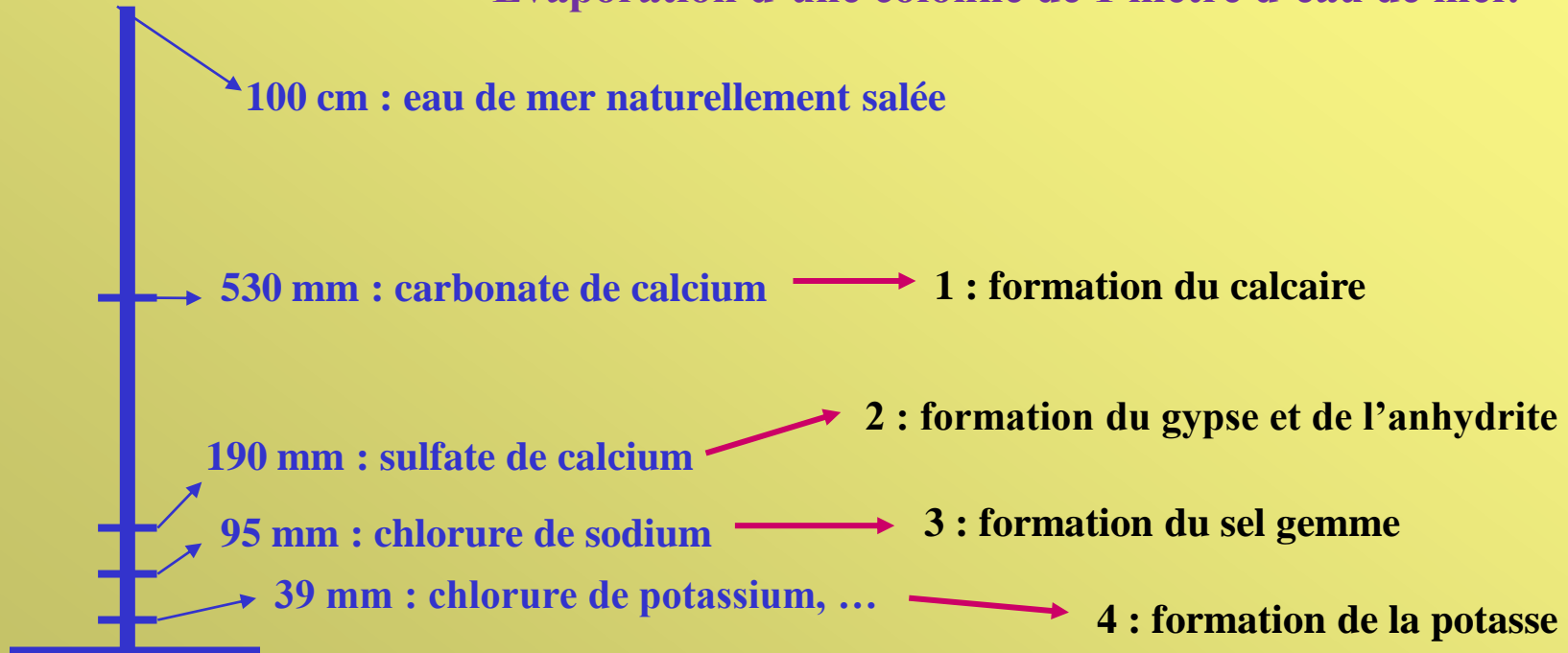
Lavoisier dès le XVIII<sup>e</sup> siècle écrivait :

« L'eau de mer est le résultat du lavage de toute la surface du globe ».

# Géochimie : origine du sel marin et des évaporites

## Modèle analogique expérimental de la formation des évaporites

### Évaporation d'une colonne de 1 mètre d'eau de mer.



Dans la nature, le plus souvent après le chlorure de sodium les autres sels n'apparaissent pas car les courants marins les emportent au large. Si les gisements de sel sont abondants dans la nature, ceux de potasse sont exceptionnels.

# Méthodes de production du sel

**A partir de l'eau de mer directement par évaporation à l'air et au soleil dans les marais salants**



- de façon artisanale :  
Noirmoutier sur l'Atlantique,
- de façon industrielle : Aigues-Mortes en Méditerranée.

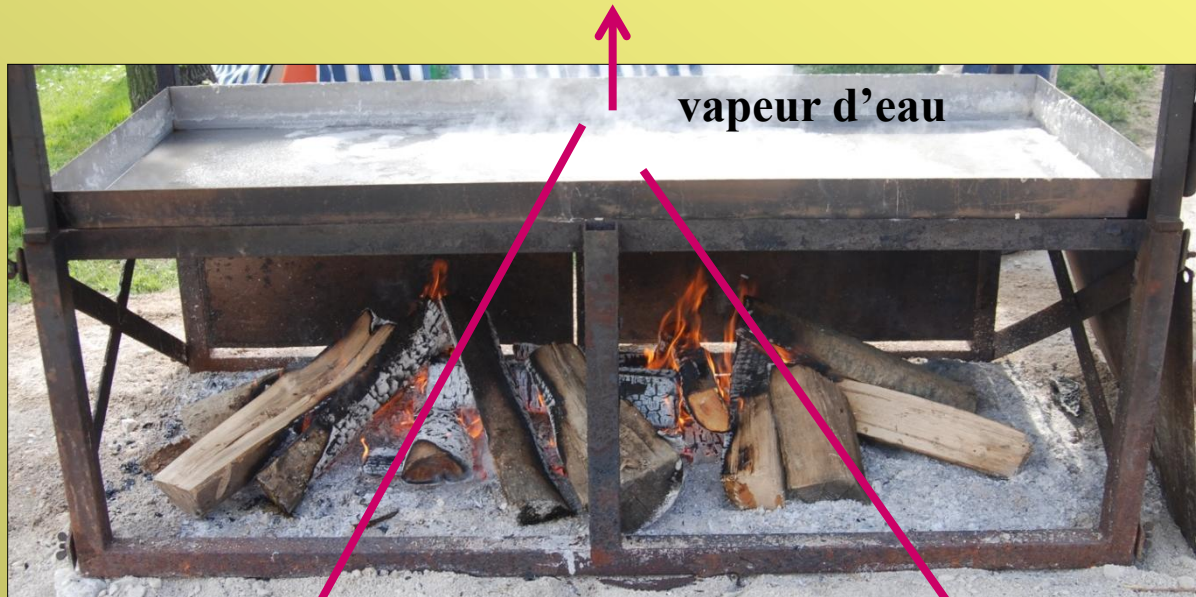


Aigues-Mortes



# Méthodes de production du sel

A partir de l'eau salée par évaporation :



Berne reconstituée :  
modèle analogique  
expérimental des  
poêles des salines  
ignigènes



fleur de sel

et

cristaux de sel



# Méthodes d'extraction de la saumure

**A partir des couches géologiques de sel gemme par pompage  
à Miserey-Salines**

**A la périphérie de  
Besançon , dans les  
prairies boisées se  
dressaient les  
chevalements des puits de  
pompage des eaux salées  
alimentant les Thermes  
de Besançon.**



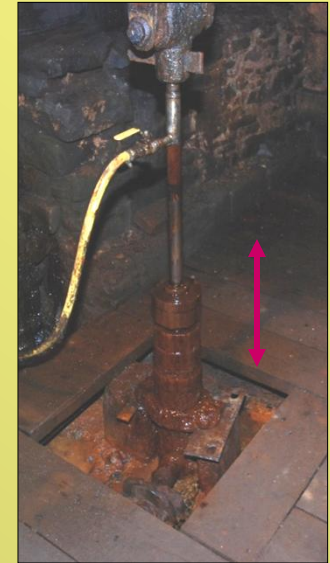
**Actuellement cette zone est urbanisée et elle est intégrée à la banlieue  
du Grand Besançon**

# Méthodes d'extraction de la saumure

## A la Grande Saline de Salins-les-Bains

- grande roue à augets alimentée par une dérivation de la Furieuse + canal de fuite long de 800 mètres qui ramène les eaux à la rivière.

- pompe : système bielle-manivelle qui transforme le mouvement rotatif de la roue en un mouvement vertical de va-et-vient qui remonte la saumure d'une profondeur de 46 mètres.



Systeme de 1850, encore en fonctionnement au Puits d'Amont, pour l'extraction de la saumure :

# Méthodes de production du sel

## A la Grande Saline de Salins-les-Bains



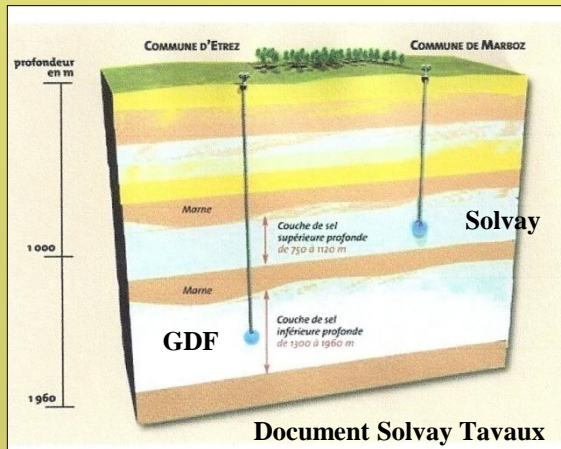
Les **bernes** (chaudières d'évaporation de la saumure) permettaient de récupérer le sel par chauffage au bois.

**Fin XVIII<sup>e</sup> siècle :**  
**déforestation totale à**  
**15 km autour de**  
**Salins**

➔ déplacement de la saline vers une source d'approvisionnement en combustible inépuisable pour l'époque, le bois de la forêt de Chaux, avec la Saline royale d'Arc-et-Senans.

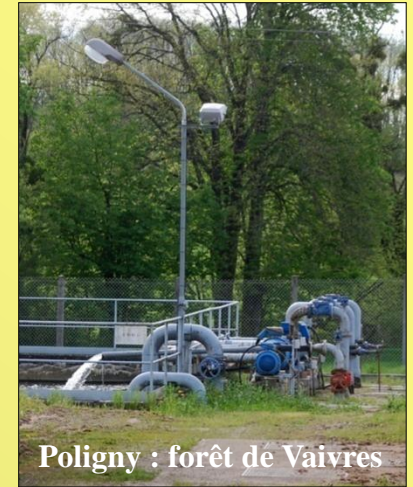


# Méthode moderne d'extraction de la saumure



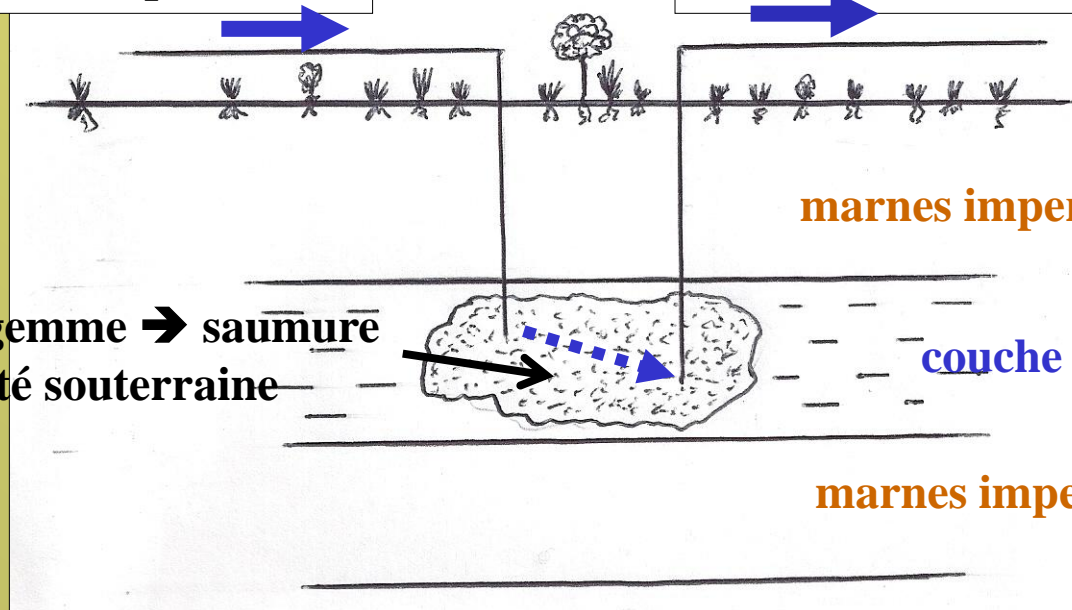
Elle se fait par lessivage de couches souterraines :

A Etrez et Marboz dans l'Ain vers Bourg-en-Bresse.



injection d'eau douce ou de saumure diluée sous pression

récupération de saumure à saturation



dissolution du sel gemme → saumure dans une cavité souterraine

couche de sel

# Méthode moderne de production du sel

A la Saline industrielle de Tavaux



Saumure brute : traitée chimiquement (magnésium, calcium, sulfates => précipités) → boues décantées et évacuées :

Saumure pure : chauffée à la vapeur (évaporateurs successifs sous vide pilotés par ordinateurs et avec récupération d'énergie)

Saumure concentrée → liquide épais ou brouet partiellement cristallisé

Brouet : essoré → sel à 3 % d'eau → silos de stockage

Sel : remis en solution au fur et à mesure des besoins pour passer à l'électrolyse

Capacité de production : 2 000 tonnes de sel / jour

3,5 m<sup>3</sup> de saumure → 1 tonne de sel

(7 000 m<sup>3</sup> de saumure utilisés quotidiennement)

# Méthodes d'extraction du gypse

**A la mine de Lure – La Côte**



**Technique des piliers réservés :  
extraction par des mineurs avec  
perforatrices, explosifs et évacuation  
du gypse par des engins mécaniques.**

**Il existe encore une mine de sel  
gemme en Lorraine.**

# Méthodes d'extraction et de production des roches salines : bilan

« le paludier extrait le grain de sel de la goutte d'eau de mer »

« le saunier extrait le grain de sel de la goutte de saumure »

« le mineur extrait le grain de sel du grain de roche »



## Le sel : quel prix de revient ?

- saumure : 1
- sel de mine : x 3
- sel de mer : x 4

**Production d'un mineur 3 fois plus faible que la production d'un saunier, production d'un paludier 4 fois plus faible que la production d'un saunier.**



# Il était une fois ... le sel et les roches salines

