

La sédimentation évaporitique

1. GENERALITES

Lorsque l'eau s'évapore, elle dépose ses particules détritiques et les ions qu'elle contient précipitent sous forme de sels. Les matériaux déposés constituent une séquence évaporitique. L'ordre de précipitation des sels est le suivant:

CaCO_3 - CaSO_4 - NaCl - MgSO_4 - sels de Br et K

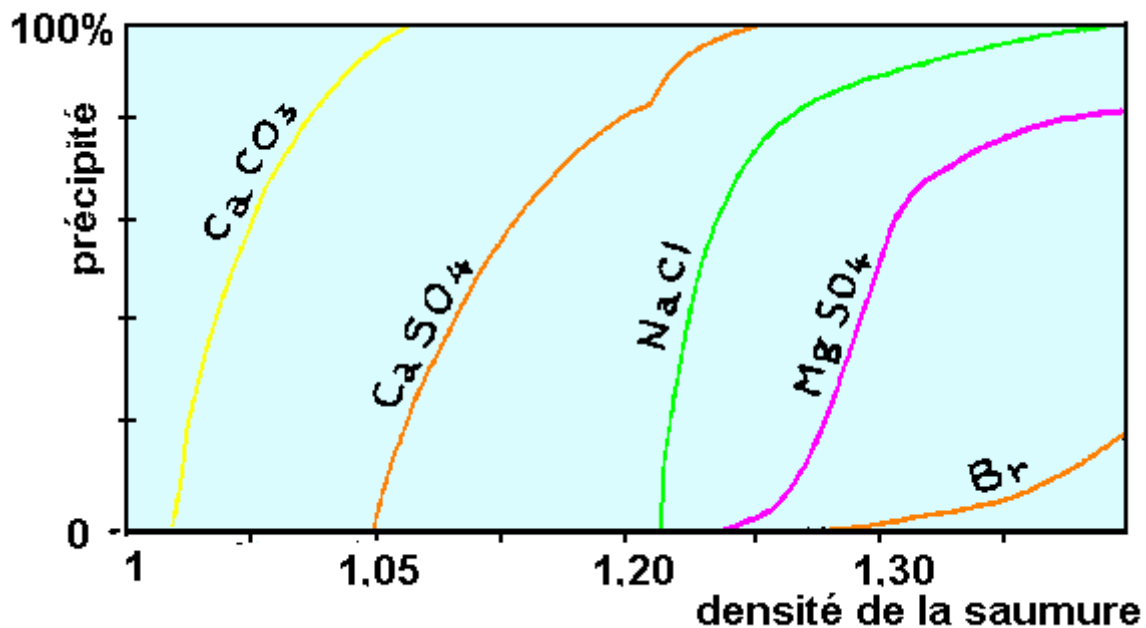


Figure 11-1: masse de sels précipitée dans une saumure en cours d'évaporation.

On distingue 2 types d'évaporites actuelles:

- * les évaporites d'eau libre, provenant de l'évaporation d'un corps d'eau;
- * les évaporites capillaires provenant de la précipitation des sels d'une saumure interstitielle dans les pores d'un sédiment.

La formation des évaporites est favorisée par le climat aride et le confinement du milieu. Néanmoins des régions littorales tempérées mais très ventées sont également le siège d'une forte évaporation (salines de Camargue).

Dans les marais salants actuels, le confinement du corps d'eau est accompagné d'une intense activité biologique: larves d'insectes, algues, bactéries. Des voiles algaires, constitués de cyanobactéries et de bactéries photosynthétiques, se développent dans une saumure dont la concentration atteint 200 g/l tandis que le sulfate de Ca précipite à l'état de gypse. La biomasse est importante; la production de matière organique est estimée à 10 kg/an pour 1 m² de surface de marais salant. La matière organique est bien conservée dans ces milieux confinés offrant des conditions d'anoxie sur le fond.

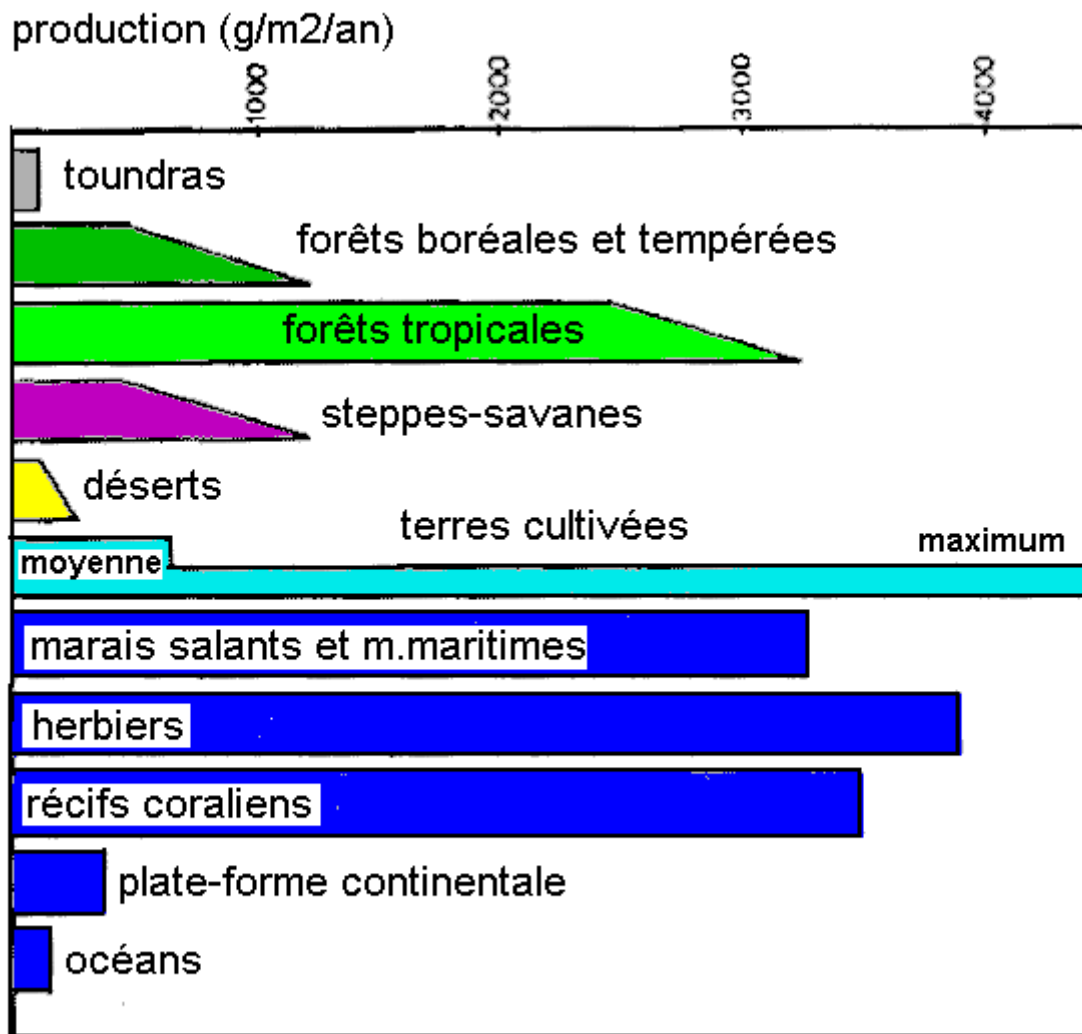


Figure 11-2: Productions annuelles comparées de matière organique dans divers milieux.

2. LES MILIEUX ÉVAPORITIQUES ACTUELS

2.1 Domaines intracontinentaux

a) Lacs temporaires

C'est le cas des bassins continentaux fermés (bassins endoréiques) sous climat aride à semi-aride. Ces lacs salés s'appellent selon les lieux sebkha continentale, chott, playa...

Les sédiments contiennent beaucoup de matériaux détritiques et relativement peu de carbonates de Ca et Mg. Les sels différents de ceux provenant de l'eau de mer; il précipite en particulier du carbonate de Na, du sulfate de Na ...

b) Lacs permanents sursalés

La Mer Morte en offre un bel exemple. C'est un lac alimenté par une rivière, le Jourdain, mais soumis à une forte évaporation: la densité de l'eau atteint 1,33, ce qui correspond à une salinité de 325 g/l, à 350 m de profondeur. Les eaux sont stratifiées en fonction de la salinité croissante; les eaux profondes sursalées sont anoxiques. Depuis 1983, le sel (halite) précipite sur le fond.

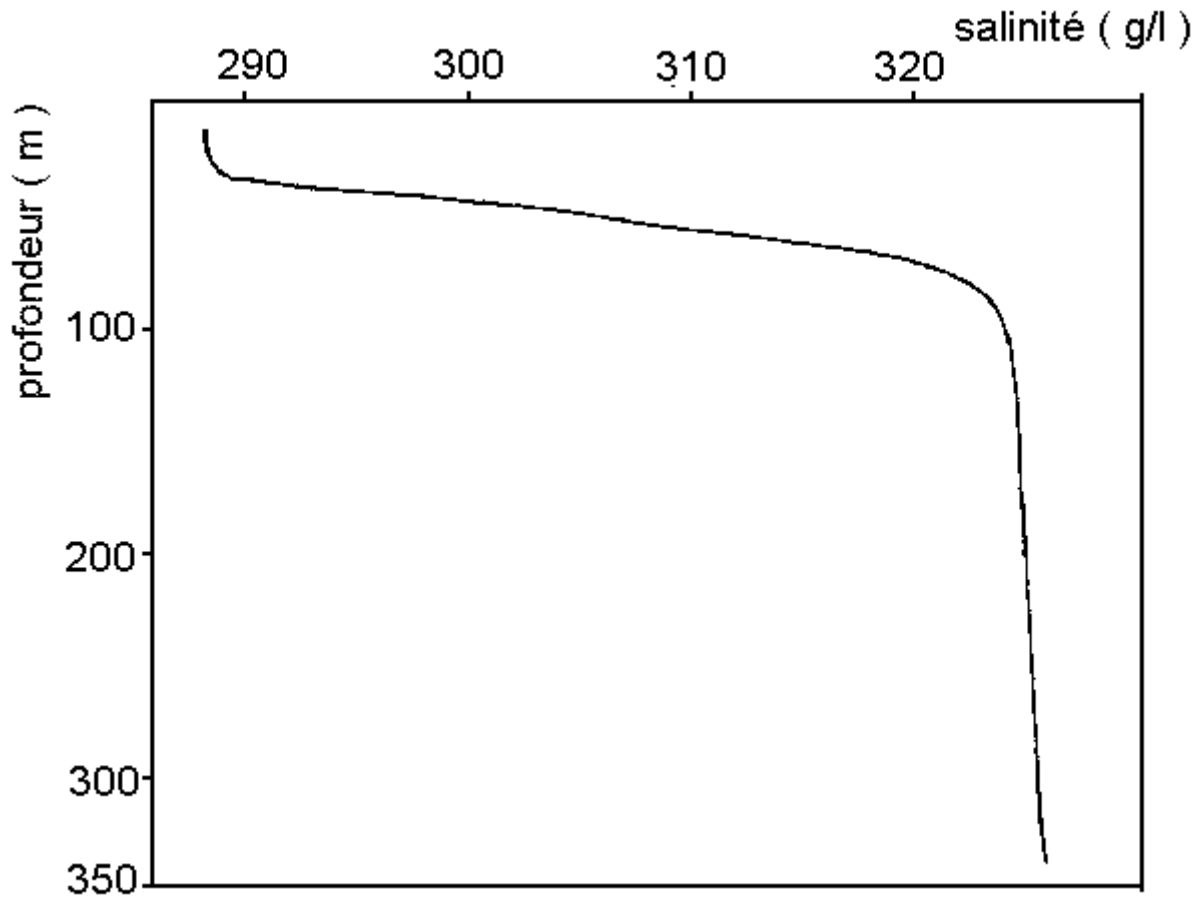


Figure 11-3: Stratification des eaux dans la Mer Morte.

2.2 Domaine paraliqne

a) *Sebkhas côtières*

Ce sont des plaines supratidales envahies épisodiquement par la mer et siège d'une intense évaporation sous climat aride. Le type en est la sebkha d'Abou Dhabi étudiée plus loin.

b) *Bras de mer sursalés*

Il s'agit de fonds de golfes, estuaires ou lacs reliés à la mer libre par un chenal étroit et soumis à une forte évaporation. Cette disposition est connue le long des côtes du Pérou, dans les Émirats Arabes Unis. Le Lac Assal (Djibouti) est un cas particulier. Il est alimenté principalement par des circulation d'eau de mer le long de failles d'extension qui affectent cette région du Rift Africain.

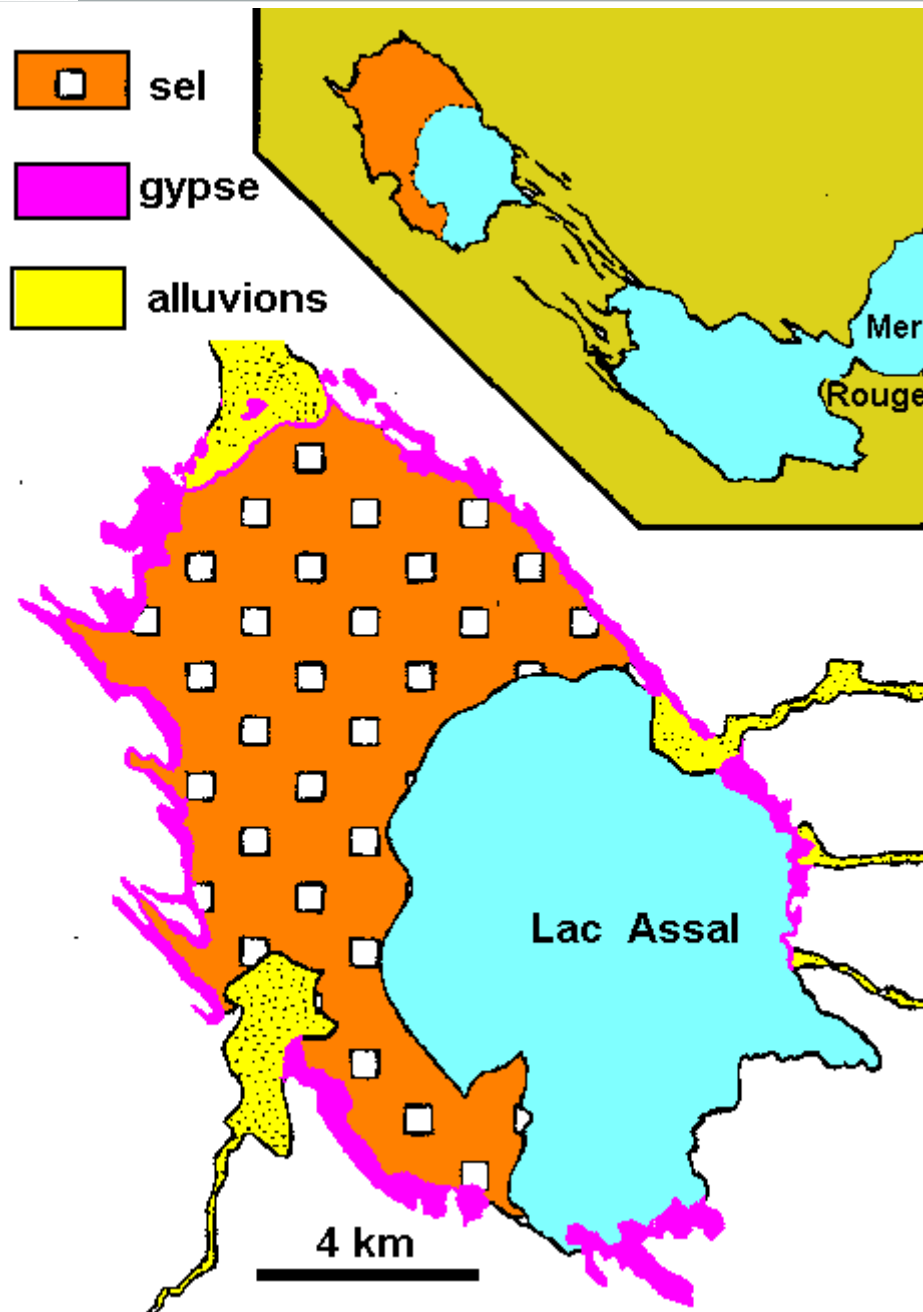


Figure 11-4: Le Lac Assal. L'eau de mer circule le long des fissures depuis le golfe marin.

3. ÉTUDE D'UN EXEMPLE ACTUEL

La sebkha côtière d'Abou Dhabi sert de modèle de milieu évaporitique paralique.

3.1 Cadre géographique

La région est située sur la rive sud du Golfe Persique. Le climat est chaud et sec: la température de l'air varie entre 12° et 47°C, il ne tombe que 40 à 60 mm de pluie par an. Dans la lagune, la température de l'eau est comprise entre 12° et 40°C, la marée y a une amplitude de 1,20 m. La profondeur le long de la côte ne dépasse pas 20 m, 80 m au maximum au milieu du Golfe. Dans ces conditions extrêmes l'évaporation est intense: elle est estimée à 1,50 m d'eau par an; la salinité est voisine de 70 pour mille sur la côte, soit le double de la salinité marine normale.

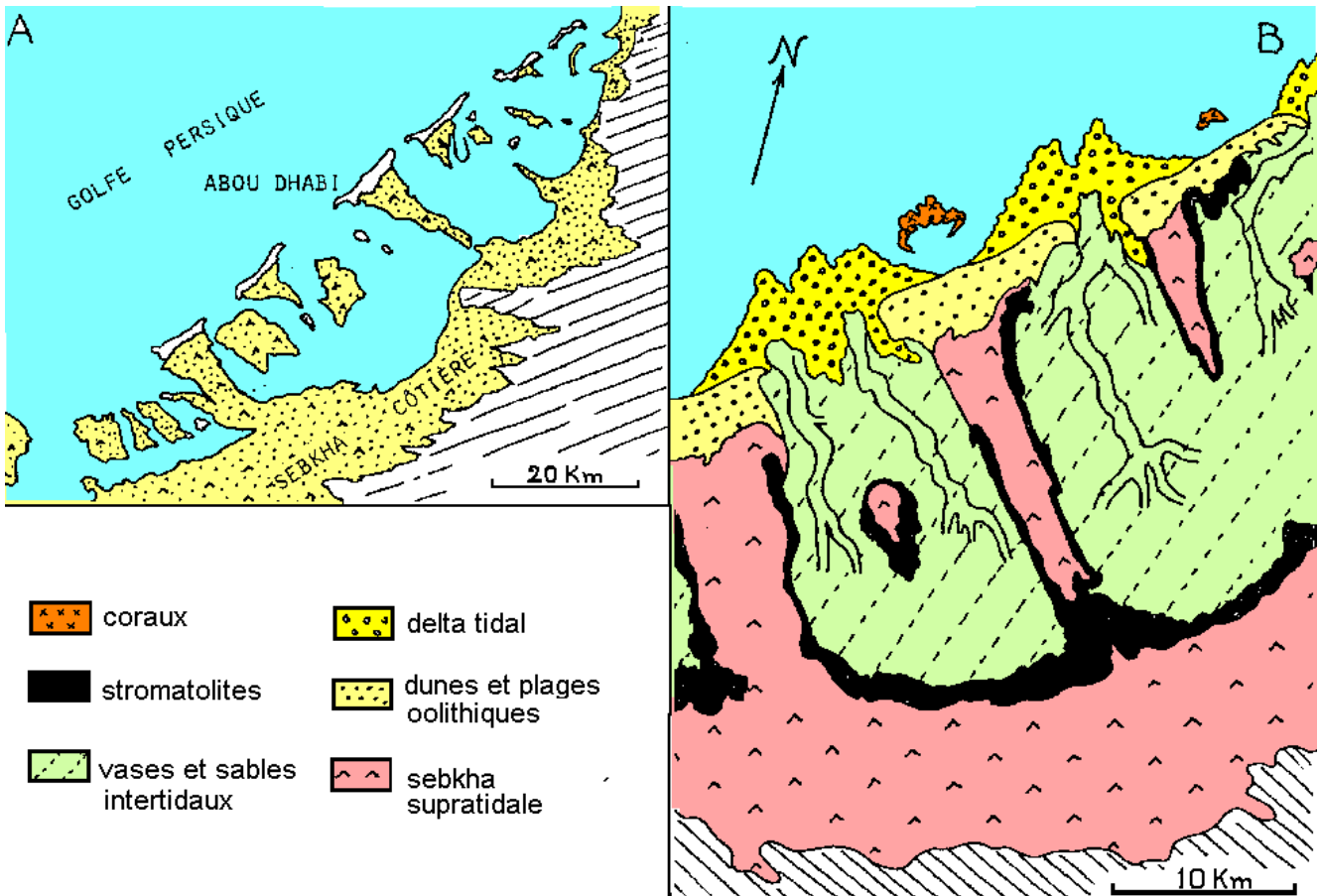


Figure 11-5: (A) la "Côte des Pirates" au sud du Golfe Persique. (B) détail: la lagune et la sebkha d'Abu Dhabi.

3.2 Milieux de sédimentation

La sédimentation est carbonatée. Les dépôts comprennent des sables bioclastiques à bioclastes de Lamellibranches, Foraminifères, Gastéropodes, Coraux, des concrétions algaires, des sables oolithiques et des boues carbonatées.

a) Barrière

Des bioconstructions forment une barrière discontinue qui limite la lagune côtière. Les coraux sont peu développés à cause de la température et de la salinité élevée. Des dunes de sable oolithique renforcent cette barrière et constituent un chapelet d'îles.

b) Chenaux et deltas tidaux

La lagune est parcourue de chenaux de marée qui franchissent la barrière et épandent des sables oolithiques en cônes deltaïques sous-marins, les deltas tidaux.

c) Lagune

Dans la zone subtidale se déposent des sables et boues carbonatés à aragonite; la faune est faite de foraminifères benthiques, de bivalves; il y a quelques herbiers à graminées halophiles.

La zone intertidale présente à sa base une surface durcie; le sédiment est une boue à pellets fécaux de *Cerithes* (Gastéropodes). Dans la partie supérieure prolifèrent les algues qui édifient des coussinets algaires à structure laminée (stromatolites) qui agglutinent les grains de sable calcaire. Des cristaux de gypse croissent et détruisent en partie les structures stromatolitiques. Par endroit, se développe une mangrove à terriers de crabes.

La zone supratidale est une plaine salée à pente très faible qui n'est inondée que quelquefois par an. Elle est constituée de carbonates et de quartz éoliens collés à la surface humide contrôlée par le niveau phréatique. Dans le sédiment précipitent surtout le gypse, l'anhydrite qui provient en grande partie du remplacement du gypse, la dolomite et temporairement la halite sous forme d'un film blanc superficiel.

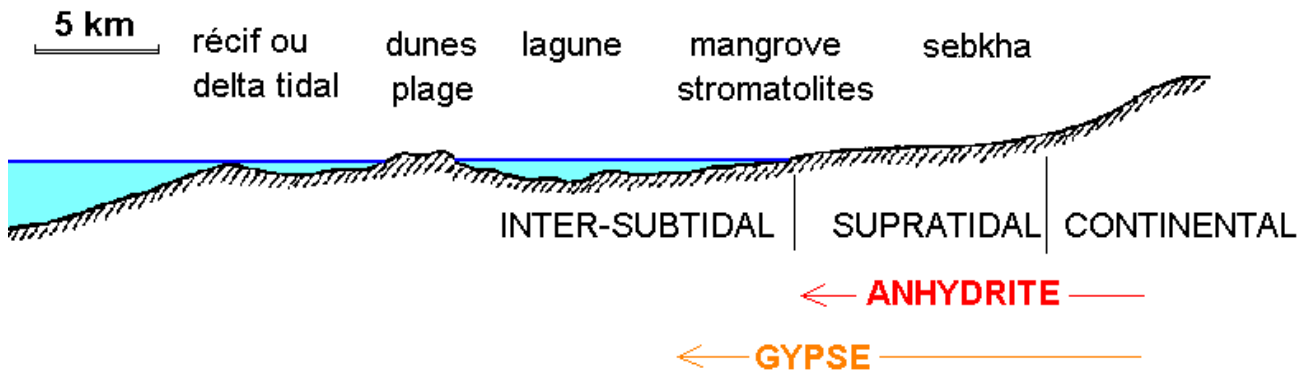


Figure 11-6: Profil transversal dans le littoral d'Abou Dhabi.

3.3 Séquence de dépôt

Les dépôts de la sebkha progradent vers la lagune; dans une coupe faite dans la sebkha, on voit que les niveaux supratidaux à gypse et anhydrite recouvrent les couches déposées en milieu inter- et sub-tidal: la séquence évaporitique est régressive.

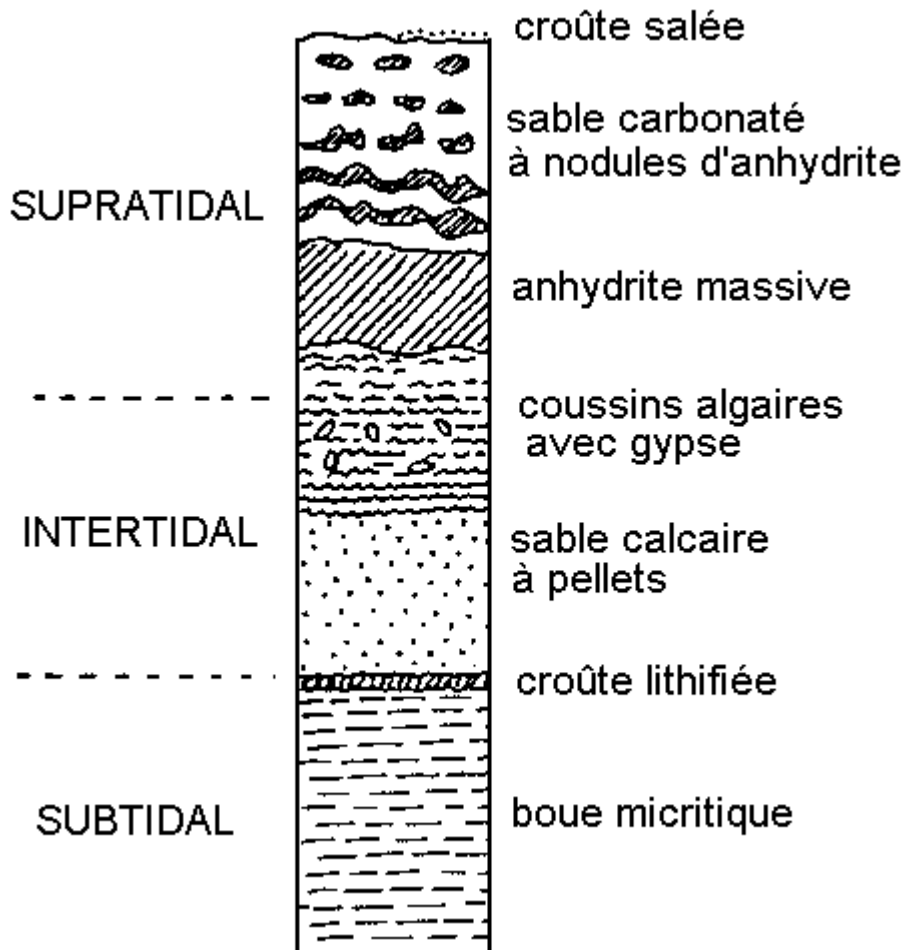


Figure 11-7: séquence évaporitique dans la sebkha d'Abou Dhabi; l'épaisseur totale des terrains traversés est de 2 m environ.

4. LES GRANDES SÉRIES ÉVAPORITIQUES

A certaines périodes se sont déposées des séries évaporitiques énormes par leur puissance et leur étendue.

4.1 Le Zechstein d'Europe du nord

Le Permien d'Allemagne et la Mer du Nord est sous forme d'un faciès évaporitique renfermant surtout de la halite et appelé *Zeichstein*. Ce faciès a une puissance supérieure à 2000 m et couvre une superficie de près de 1 million de Km². La quantité de sel contenue équivaut à 10 % du sel dissous dans l'eau des océans actuels. Sous l'effet de la charge des sédiments sus-jacents et de la fracturation, le sel du *Zeichstein* remonte en diapir et contribue à former des structures favorables à l'accumulation d'hydrocarbures. La base de la série est constituée de black shales minéralisées en cuivre, les *Kupferschiefer*.

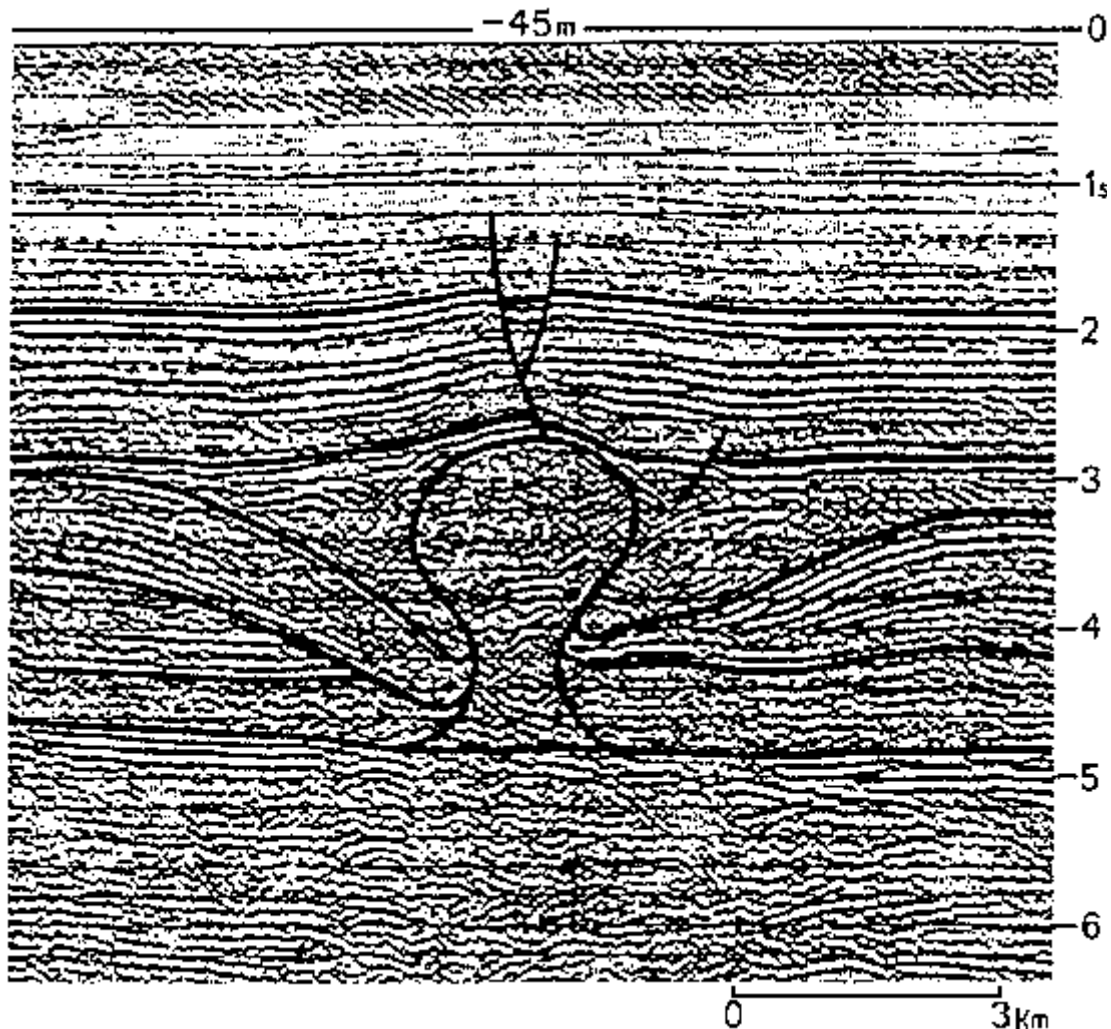


Figure 11-8: Diapir de sel du *Zeichstein* en Mer du Nord (image sismique).

4.2 Le Keuper d'Europe et d'Afrique du Nord

Au Trias moyen et supérieur, des couches rouges argileuses riches en gypse et sel se sont déposées dans d'immenses lagunes annonçant la transgression du Jurassique. Les évaporites triasiques forment également des diapirs reconnus notamment dans la région sous-pyrénéenne et dans la marge passive atlantique au large du Maroc. Les argiles du Keuper servent de niveau de décollement pour la couverture dans les Alpes et le Jura. Des minéralisations en Pb et Zn leur sont localement associées (Cévennes).

4.3 Les évaporites du Messinien

Le fond de la Méditerranée et ses pourtours sont recouverts d'une épaisse série évaporitique d'âge miocène supérieur (Messinien). Ces évaporites ont suscité de nombreuses controverses. On a supposé qu'à cette époque l'eau de la mer s'était complètement évaporée et qu'une immense dépression couverte de sel gisait à une altitude inférieure au niveau moyen des mers, de l'Atlantique en particulier.

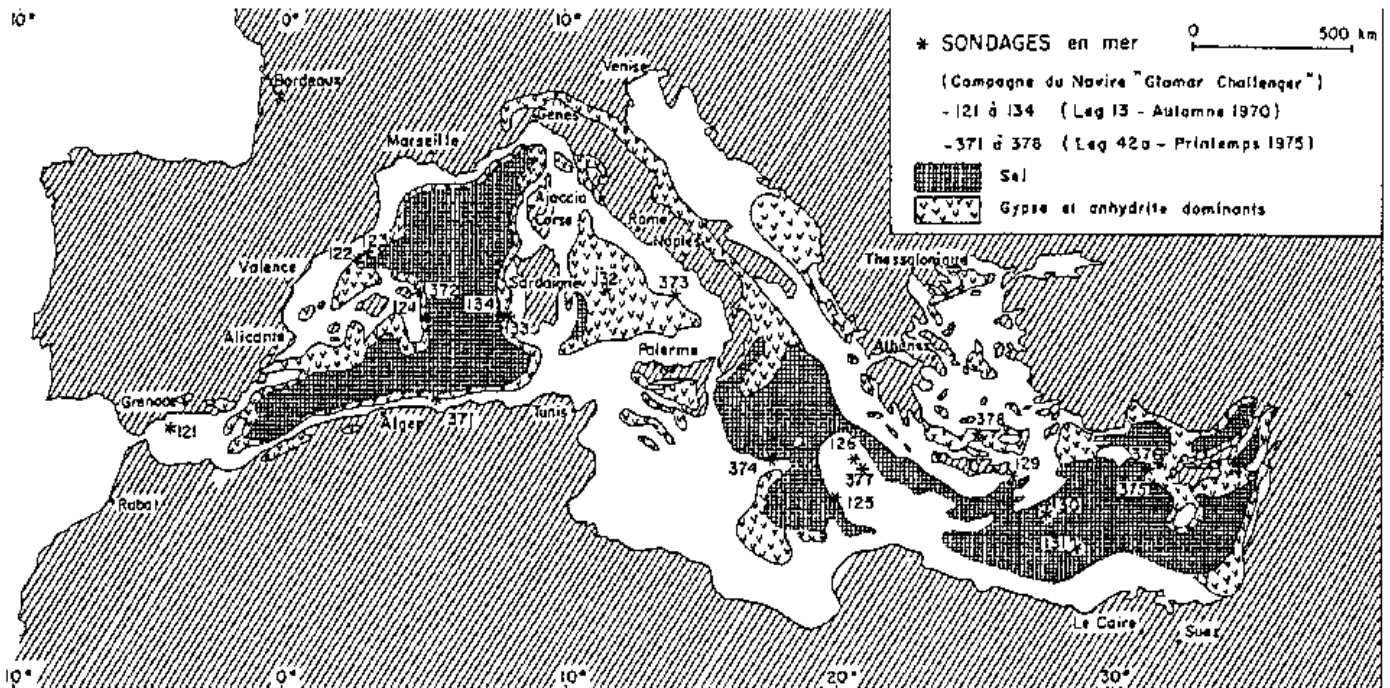


Figure 11-9 : Répartition des évaporites du Messinien.

5. L'HYPOTHESE DES EVAPORITES D'EAU PROFONDES

Il est difficile d'expliquer la genèse des grandes séries évaporitiques anciennes à partir des modèles actuels. Les milieux évaporitiques de nos jours sont d'extension réduite et la puissance des sels accumulés ne dépasse guère la dizaine de mètres. Des auteurs ont supposé que des sels pouvaient précipiter au fond de corps d'eau soumis à forte évaporation mais en communication restreinte avec la mer libre et donc constamment réalimentés. Une forte épaisseur d'évaporites pourrait précipiter sans pour cela faire intervenir la subsidence.

On ne connaît pas de modèle actuel. Néanmoins, on observe dans les marais salants que les cristaux de sels se forment près de la surface de l'eau puis tombent au fond. D'autre part, la stratification des eaux peut entraîner une sursalure dans les couches profondes (comme dans la Mer Morte). Enfin, la teneur en brome de certaines évaporites triasiques est celle rencontrée en profondeur et non en surface.

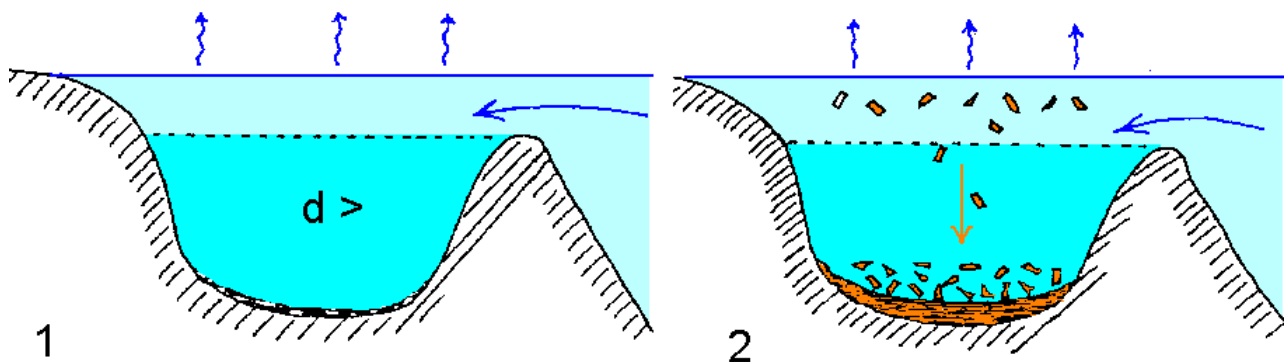


Figure 11-10: Formation d'évaporites d'eau profonde; l'eau se stratifie, sur le fond s'accablent des sédiments anoxiques qui donneront plus tard des black shales; la couche superficielle de l'eau s'évapore et se concentre malgré l'apport latéral d'eau, les cristaux de gypse et de sel se forment et tombent au fond.