

Fonctionnement du chott

2-1- Sols salés :

La salinité, semblable à la sécheresse. Il est connu actuellement que la salure, avec laquelle l'agronome se trouve confronté, peut avoir trois origines distinctes (**Gaucher et al., 1974 in Daddi Bouhoun M., 1997**) : marine, volcanique et géologique. Aussi, l'eau d'irrigation chargée de sels solubles utilisés sans drainage est à l'origine de la salinisation des sols (**Dogar, 1978 in Daddi Bouhoun M., 1997**).

Aujourd'hui, deux formes de salinisation des terres sont admises (**Derdour, 1981 in Daddi Bouhoun, 1997**) : la salinisation par les sels solubles et l'alcalinisation qui commence à se manifester dès que le taux de sodium échangeable dépasse les 15% de la C.E.C.

Les sels les plus abondants dans les zones arides et sub-arides, sont de deux types (**Servant, 1978 in Daddi Bouhoun, 1997**) : sels de la série neutre tel que : les chlorures de sodium ou halites (NaCl), les sulfates de sodium (mirabillité $\text{Na}_2\text{SO}_4, 10\text{H}_2\text{O}$ ou thenardite Na_2SO_4), les sulfates de magnésium (epsomite $\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$) et le gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) et les sels de la série alcaline tel que : le trone ($\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{NaHCO}_3, 2\text{H}_2\text{O}$) et la nahcolite (NaHCO_3) ou la burkeite ($2\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{Na}_2\text{CO}_3$).

2-1-1- Bassins salifères en Algérie :

D'après **Merabet et Popov (1972)** cité par **Daddi Bouhoun, (1997)**, il existe en Algérie trois types de bassins salifères :

a- Lagunaire Mésozoïque (secondaire) : 1800000 Km^2 pour les bassins du trias supérieur (môle Oranais, Kabylie et au Nord d'une ligne passant par El-Goléa et Rhourde-Nouss) et 100000 Km^2 pour ceux du sénonien (Béchar, Oued Mya à l'Est de Ghardaïa, Grand Erg Oriental).

b- Côtiers intramontagneux Cénozoïque (Tertiaire), période du miocène supérieur. Ils sont modestes, d'environ 6000 à 7000 Km^2 entre les bassins d'évaporites de Chellif et de Constantine.

C- Fermés continentaux Plio-Quaternaire ; leur dimensions sont assez réduites : 40 à 3000 Km^2 (Sebkha d'Oran et saline d'Arzew, Chott Gharbi, les Chotts et Sebkhas de la dépression de L'Oued Mya). Ils proviennent du lessivage des dépôts salifères antérieurs s'effectuant sous un climat aride à semi-aride et cela jusqu'à l'époque actuelle.

2-1-2- Caractères des sols salés :

D'après **Halitim (1988)** cités par **Daddi Bouhoun, (1997)** les sols solodiques sont très répandus dans les régions arides d'Algérie. Ils représentent 25% environ de la surface cartographiée. Les sols salés posent encore des problèmes pour leur classification, des divergences existent encore entre les différents systèmes de classification de sols. La majorité de ces systèmes (U.S.S.L., 1954 par exemple) recommandent une subdivision des sols salés en trois catégories : sols salins (saline soils, solonchak), sols salins à alcalis (salinealkali soils, solonchak-solonetz) et les sols à alcalis (non saline-alkali soils, solonetz) (**Daoud, 1993 in Daddi Bouhoun, 1997**).

Les sols salins et gypso-salins occupent le majeur parti du chott d'Ain El- Beida. Les zones internes de la sebkha comme toutes les autres ont le plus fort taux de salure (**Anonyme, 2002**).

2-2- Fonctionnement géochimique du chott :

L'évolution géochimique du Chott est régie principalement par la composition chimique des sources d'alimentation. La formation des minéraux évaporitiques dans le chott est conditionnée par plusieurs paramètres : la concentrations des éléments dans le chott et dans les eaux d'alimentation, le pH, la conductivité, la densité, l'alcalinité et la minéralisation totale, sans oublier les facteurs climatiques qui règnent au cours de l'évolution géochimique du chott. Les mesures effectuées ont montré que les eaux du chott sont moyen basique. Les concentrations de Na^+ et Cl^- sont les éléments les plus abondants dans les eaux du Chott. Les éléments Mg^{++} , K^+ , SO_4^- , HCO_3^- présentent des concentrations moins importantes, mais se concentrent d'avantage vers la fin du cycle géochimique du Chott.

2-2-1- Concept de géochimie :

La géochimie étudie la chimie de la terre considérée comme un tout. On la subdivise en géochimie sédimentaire, géochimie organique, géochimie environnementale (comportement chimique des éléments dans les eaux, l'atmosphère, etc...). L'origine et l'évolution des éléments, les principaux groupes de roches et de minéraux sont les préoccupations majeures du géochimiste. Ce dernier étudie notamment la répartition et les quantités d'éléments chimiques dans les minéraux, les roches, les sols, les formes de vie, l'eau et l'atmosphère. La connaissance du mode de circulation des éléments dans la nature — par exemple, les cycles géochimiques du carbone, de l'azote, du phosphore et du soufre — à de nombreuses implications pratiques, de même que l'étude de la répartition, de l'abondance et de la stabilité

de leurs isotopes. Quant à la prospection géochimique, elle consiste dans l'application pratique des principes géochimiques théoriques à la prospection minière (**Encarta, 2005**).

2-2-2- Eléments biogènes :

Le résidu d'évaporation d'une eau lacustre peut varier de 50 mg/l pour une eau pauvre en région tourbeuse à 500 mg/l pour les lacs eutrophiques. Les sels principaux (carbonates, sulfates, et chlorures de Ca, Mg, Na, K) se maintiennent en proportion relativement constantes aux cours de l'année, ce qui permet de définir des types d'eau. Si N et P sont en moindre quantité, et se comportent comme des oligo-éléments ; la richesse d'une eau est principalement liée à ces éléments et à la teneur en Ca exprimée sous forme de réserve alcaline (**Duvigneaud, 1974**).

2-2-3- Cycle géochimique :

Le cycle géochimique est un cycle ouvert, une sorte de flux provenant du monde extérieur et branché sur le cycle biologique. Il comprend deux postes : l'import (input) et l'export (output) d'éléments minéraux.

2-2-3-1- Import comprend :

- une addition par les précipitations : poussières, aérosols, pluie, neige etc...
- une addition de N par fixation de N_2 de l'air par les micro-organismes spécialisés de l'écosystème.
- une addition d'éléments chimique divers par décomposition de la roche mère : certaines racines d'arbres pénètrent profondément jusqu'à la roche mère, y puisent les éléments qu'elles peuvent puiser, transmettent ceux-ci aux organes aériens et, de là, au sol par chute de litière ; si le phénomène se produit pendant de longues périodes, il peut aboutir à de véritables accumulations en surface qui, dans l'histoire de la terre, ont pu marquer des horizons géologiques.

2-2-3-2- Export comprend :

- des pertes d'élément dans les eaux de drainage : c'est pertes, qui doivent être mesurées par des méthodes lysimétriques compliquées et coûteuses, sont peu connues pour les forêts caducifoliées d'Europe ; pour les forêts de conifères, on possède des données de Filande (Viro, 1953) ; dans une forêt de Pseudotsuga aux U.S.A., l'exportation annuelle est par ha de 0,6 kg/N ; 0,02 kg/P ; 1 kg/K ; 4,5 kg/Ca.

- des pertes d'éléments par exploitation humaine : il y a une perte plus ou moins massive d'éléments lors de la récolte des productions primaire ou secondaire à un certain endroit de leur cycle, et de leur transport hors de l'écosystème.

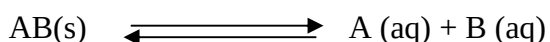
L'appauvrissement du sol par la récolte du tapis végétal a fait l'objet de nombreuses recherches en agriculture ; on sait aujourd'hui que certaines plantes cultivées épuisent beaucoup plus rapidement le sol (**Duvigneaud, 1974**).

2-2-4- Nature des processus géochimiques dans le cas des eaux salées :

Les réactions géochimiques sont des réactions hétérogènes entre solution et phase solide. Nous citons deux réactions de changement de phase qui peuvent contribuer au mécanisme de salinisation : les réactions de dissolution ou de précipitation des minéraux et les réactions d'échange cationique (**Condom, 2002 in Rezzag, 2005**).

2-2-4-1- Réaction de dissolution ou de précipitation :

La dissolution ou la précipitation d'un minéral AB au sein d'une solution se fait suivant la relation :



A l'équilibre, cette relation est régie par l'équation : $(A) \cdot (B) / (AB) = K$

Avec () représentant les activités du cristal pur comme étant égale à 1, on obtient :

$$(A) \cdot (B) = K \dots\dots\dots (1)$$

Lorsque l'équilibre avec le minéral AB atteint et que la solution se concentre sous l'influence de l'évaporation, les activités en A et en B ne peuvent croître simultanément : le produit des activités de A et de B étant constant d'après (1), toute augmentation de l'activité de l'un des formes ioniques entraîne la diminution simultanée de l'autre (**Droubi, 1976 in Rezzag, 2005**).

2-2-4-2- Réaction d'échange cationique :

Les eaux souterraines au cours de leur trajet souterrain, se chargent de plus en plus en matière dissoute. Elles rentrent en contact avec des substances ayant la propriété d'échanger leurs ions contre ceux de l'eau ; une faculté particulière des argiles ; dont les feuillets présentent une charge négative, celle-ci est composée au niveau des espaces inter foliaires par des cations échangeables (H^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) (**Scholler, 1962 ; Scholler, 1963 ; Droubi, 1976 ; Droubi et al., 1976 in Rezzag, 2005**).

L'indice d'échange de base (i.e.b.) estimer par réaction suivante :

$$\text{i.e.b} = [\text{r Cl}^- - \text{r}(\text{Na}^+ + \text{K}^+)] / \text{r Cl}^-$$

Avec Cl^- , Na^+ , K^+ en méq/l.

Si i.e.b > 0, sa signifié que l'échange de base est grand.

2-2-5- Ordre de précipitation des évaporites :

L'ordre de précipitation des sels des saumures de chott dépend de leur composition originelle et de leur quantité, des limites de leur solubilité simultanée de la température et de la durée d'évaporation (**Benseddic et Lahcini, 2004**). La précipitation des sels de l'eau de chott s'effectue de l'ordre suivant :

- ✓ Gypse, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- ✓ Halite, NaCl
- ✓ Epsomite, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- ✓ Hexahydrate, $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- ✓ Carnallite, $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- ✓ Bischofite, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

2-2-5-1- Précipitation des carbonates :

C'est durant la première, qui va de 3°Bé à 13°Bé, que la plupart des carbonates précipitent (oxyde de fer et carbonates de calcium et éventuellement de magnésium). Si l'oxyde de fer précipite complètement à 13°Bé. la carbonate de calcium, par contre ne cristallise qu'à 90%, les 10% restant ne précipitent qu'à 15°Bé, donc la phase suivant(**Benseddic et Lahcini, 2004**).

2-2-5-2- Précipitation du gypse :

La deuxième phase, qui s'étend de 13°Bé à 25.4°Bé est celle principalement de la précipitation du gypse : d'abord en cristaux, sous forme d'aiguille, de $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, de 13°Bé à 16°Bé, et par la suite, en anhydrite CaSO_4 . 85% du sulfate de calcium présent dans l'eau de chott sont précipités durant cette phase et les 15% restants le sont tout le long des troisième et quatrième phases, en quantité décroissantes jusqu'à l'évaporation totale de la saumure (**Benseddic et Lahcini, 2004**).

2-2-5-3- Précipitation du chlorure de sodium :

La troisième phase, qui va de 25.4°Bé à 30°Bé, est celle de précipitation du chlorure

de sodium (NaCl) ou sel commun (Halite). La cristallisation commence à partir de 25.4°Bé (ou 25.5°Bé ou 25.7°Bé selon les auteurs), qui est le point de saturation ou la densité de saturation, et elle est rapide au début : 72% de la quantité totale sont précipités à 29°Bé et 79% à 30°Bé (à noter aussi, dans ce début la précipitation en même temps que la halite, du gypse restant après la deuxième phase) (**Benseddic et Lahcini, 2004**).

2-2-5-4- Précipitation des sels secondaires :

La quatrième phase, pour le cas de l'eau du chott, débute à partir de la concentration en avoisinante 30°Bé, appelée densité critique. Au-delà de laquelle les sels secondaires ou coproduit du sel commun commence à précipiter, notamment le sulfate de magnésium, le chlorure de potassium et le bromure de magnésium.

La liqueur mère de cette quatrième phase se caractérise par un goût amer, d'où son appellation parfois d'eau amère, mais qu'on désigne dans la présente étude comme eaux mères.

La précipitation de ses sels secondaires avec la halite est à éviter car elle compromet la qualité du sel alimentaire. Les règles de l'art de l'exploitation du sel de quantité alimentaire veulent qu'une fois cette densité critique atteinte, on arrête le processus de cristallisation des sels en rejetant les eaux-mères ou eaux résiduelles (cristallisation fractionnée ou sélective).

Par ailleurs, la précipitation des sels secondaires n'est pas uniforme : un groupe de sulfate de potassium et de magnésium et de chlorure de potassium précipite suivant schémas possible : soit chaque sel distinctement ou soit par cristaux doubles en équilibre ou dans des conditions instable. Ce processus est aussi affecté par les conditions climatiques (**Benseddic et Lahcini, 2004**).

2-2-6- Propriété des saumures :

Les eaux salées et les eaux fortement salées sont généralement utilisées comme matières premières et subissent une étape technologique de concentration afin qu'elles deviennent des saumures industrielles et des saumures très fortes (**Benseddic et Lahcini, 2004**).

2-2-6-1- Solubilités et température :

En règle générale, la solubilité d'un solide augmente avec la température. Le taux d'accroissement diffère fortement selon les substances. La solubilité du sel ordinaire dans

l'eau est pratiquement constante entre 0°C. et 100°C., l'accroissement réel de la solubilité entre ces deux température n'étant que de l'ordre de 1.5% dans les conditions de température courante de production (entre 10°C. et 45°C.), cette variation n'est que de 0.5%. La température de la solution est un facteur influençant la solubilité des sels dans l'eau. Son effet est remarquable et très importance, principalement sur les chlorures que les sulfate, et que la solubilité de certains sels augmente rapidement avec la température (CaCl_2 , Na_2CO_3), tandis qu'elle varie peu pour d'autres (NaCl , NaHCO_3 , CaSO_4) (**Benseddic et Lahcini, 2004**) (Tableau IX).

2-2-6-2- Cristallisation d'une solution d'un mélange de sel :

Dans une solution contenant plusieurs sels, c'est celui qui atteint le point de saturation le premier qui cristallisé au début. Ainsi, pendant l'évaporation d'une solution de deux sels, c'est celui qui a la plus faible solubilité qui se sépare le premier. Il faut cependant noter que la cristallisation de l'un des sels n'est pas encore terminée avant que la cristallisation de l'autre ne commence (**Benseddic et Lahcini, 2004**).

2-2-6-3- Concentration de la saumure :

Notion : la concentration est la quantité de sel dissout dans une unité de volume de saumure.

La concentration de la saumure, suivant les pratiques et les besoins de l'industrie, peut s'exprimer en degré Baumé (Bé), en salinité, en densité ou en gradualité.

a) Degré Baumé : le degré (Bé) donne le pourcentage de sel contenu dans un poids donné de saumure (par exemple : 100g de saumure à 15°Bé contiennent 15g de sel dissout).

b) Salinité : la salinité est utilisé pour exprimer la quantité de sel en Kg dissout dans un (1) m^3 de saumure (on unité peut être aussi en pourcentage).

c) Densité : la densité représente le rapport de poids d'un (1) m^3 de saumure au poids d'un (1) m^3 d'eau pure dans le mêmes conditions de température (**Benseddic et Lahcini, 2004**).

$$D = \frac{\text{Poids d'1 m}^3 \text{ de saumure}}{\text{Poids d'1 m}^3 \text{ d'eau}}$$

A noter qu'il existe une correspondance entre le degré Baumé (Bé) et la densité (D) d'une saumure, mesurée à l'aide d'un densimètre classique, par les formules suivantes :

$$\text{Bé} = \frac{144,32 (D-1)}{D} \quad \text{et} \quad D = \frac{144,32}{144,32 - \text{Bé}}$$

Tableau (IX) : Solubilité de différents sels dans l'eau, en fonction de la température (Gaucher et Burdin, 1974)

Désignation du Sels	Formule chimique	Solubilité en g/l d'eau à température						
		0 °C.	10 °C.	20 °C.	40°C.	60°C.	80°C.	100°C.
Chlorure de sodium	NaCl	356	358	360	366	369	379	388
Chlorure de calcium	CaCl ₂	587	652	739	1272	1381	1469	1577
Chlorure de magnésium	MgCl ₂	526	538	543	574	612	666	724
Chlorure de potassium	KCl	282	312	342	398	455	506	552
Sulfate de sodium	Na ₂ SO ₄ 10H ₂ O	45	91	193				
Sulfate de calcium	CaSO ₄	1,76	1,93	1,99	2,1	1,5	1	0,65
Sulfate de potassium	K ₂ SO ₄	75	91	111	145	179	212	240
Sulfate de magnésium	MgSO ₄	260	309	348	441	544	560	490
Bicarbonate de sodium	NaHCO ₃	69	81	94	126	158	182	237
Carbonate de sodium	Na ₂ CO ₃	69	123	218	488	459	441	441
Carbonate de calcium	CaCO ₃			0,015				0,02