

# ANNALES

DE LA

# SOCIÉTÉ LINNÉENNE

DE LYON

---

*Année 1920*

(NOUVELLE SÉRIE)

TOME SOIXANTE-SEPTIÈME

---

LYON

H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR

36, PASSAGE DE L'HÔTEL-DIEU

MÊME MAISON A GENÈVE ET A BALE

1921

# NOTES MINÉRALOGIQUES

SUR LE

## SALIN DE GIRAUD

(Bouches-du-Rhône)

PAR

A. COLLET

Docteur ès Sciences

Travail présenté à la Société Linnéenne de Lyon,  
en la Séance du 28 Juillet 1919.

---

Le *Salin de Giraud* est situé à l'extrémité N.-E. de la grande saline de Giraud, dans la partie de la Camargue appelée *île du Plan du Bourg* (1), comprise entre le Grand Rhône à l'est, la plage de Faraman au sud, le Vieux Rhône à l'ouest et le Bras de fer ou canal du Japon au nord (2).

La côte est basse et plate (3) ; l'appareil littoral consiste en une petite ligne de dunes séparant de la mer une suite de marais et d'étangs salés ou *baisses*. Ces dunes dépassent à peine 2 à 3 mètres de hauteur sur la plage de Faraman ; elles atteignent leur plus grande élévation, soit 9 à 10 mètres, à l'ouest, aux

(1) La Camargue proprement dite ou Grande Camargue, est la partie du delta du Rhône comprise entre le Grand Rhône, la mer et le Petit Rhône ; la Petite Camargue est la portion du delta située à l'ouest du Petit Rhône, entre cette branche du fleuve et le Rhône Mort. Le territoire situé sur la rive gauche du Grand Rhône, en aval d'Arles, est désigné sous les noms de Petit-Plan-du-Bourg et de Grand-Plan-du-Bourg.

(2) Carte géologique au 80.000<sup>e</sup>, feuille n<sup>os</sup> 234-246, Arles et la Couronne. Carte de l'Etat-Major, même feuille. Carte dite du Ministère de l'intérieur, feuille des Saintes-Maries, XXI-35.

(3) L'altitude du sol dans la région de Giraud ne dépasse pas 1 à 2 mètres ; la cote de certaines dépressions est même inférieure à zéro. La Camargue est protégée contre les inondations du Rhône et l'envahissement des eaux marines par un ensemble continu de digues élevées sur la rive droite du Grand Rhône, le long de la côte et sur la rive gauche du Petit Rhône. La digue à la mer dépasse de 2 m. 20 le niveau moyen des eaux.

*montilles de Véran*, entre le grau de Saint-Béquin et la pointe de Sablon.

Le sable recueilli près du sémaphore de Faraman, à 6 kilomètres environ du Salin de Giraud, est très fin (diamètre moyen des grains : 0 mm. 2 à 0 mm. 4). Il est essentiellement quartzeux, mais les débris de coquilles introduisent 37,5 % de calcaire. Il renferme de la *titanomagnétite* que l'on isole aisément à l'aide d'un aimant. Ce minéral est en petits grains arrondis, dépourvus de formes géométriques, d'un noir bleuâtre, dont le diamètre moyen est 0 mm. 1 à 0 mm. 2 ; il est très magnétique. L'acide chlorhydrique l'attaque facilement, et la liqueur jaune rougeâtre ainsi obtenue, traitée par le zinc, se colore en bleu. La présence du titane a été aussi caractérisée par les essais pyrognostiques (sel de phosphore au feu réducteur) et par les réactions colorées observées avec l'eau oxygénée ou avec les phénols en solution sulfurique (on a utilisé le phénol ordinaire et le thymol).

Le sable de la plage renferme d'assez nombreux fragments de pierre ponce de faibles dimensions et de provenance lointaine, et quelques nodules d'argile un peu calcarifère, arrachés aux couches argileuses sous-jacentes.

La côte se modifie graduellement, mais en sens divers suivant les régions ; à la pointe du Grand Rhône, la progression moyenne des atterrissements est estimée à 57 mètres par an. En d'autres points, notamment au voisinage de l'ancien phare de Faraman, vers le grau de la Dent (embouchure du Vieux Rhône), on observe au contraire une érosion assez énergique. Cet édifice construit en 1836 à 700 mètres du rivage, et le sémaphore élevé en 1852 à 30 mètres en avant du phare, ont été successivement envahis par la mer. En 1916, un petit isthme de sable reliait encore l'ancien phare à la côte ; les grosses mers de décembre l'ont tranché, isolant ainsi la construction qui ne tardera pas à disparaître.

Bien que l'importance des marées soit très réduite (l'amplitude moyenne est inférieure à 1 mètre), le niveau de la mer peut varier de 1 m. 40 à 1 m. 50 sous l'influence des vents du large ou des vents de terre qui poussent les eaux en sens inverses (1).

(1) Les vents du large ne règnent que pendant cent jours par an ; ceux du

Les alluvions qui constituent le sol de la Camargue se sont déposées au sein des eaux marines, d'où la teneur élevée en chlorure de sodium des terres de la région (20 % et au delà, d'après Chambrelent, dans les parties non irriguées par les eaux du Rhône) (1). A la suite d'une évaporation active provoquée par l'élévation de la température ou par le vent, le sol se recouvre d'efflorescences salines blanches.

A. ESPÈCES MINÉRALES DÉPOSÉES DANS LES MARAIS SALANTS. La composition des eaux de la Méditerranée a été déterminée par Laurent, Usiglio, etc., et plus récemment par Th. Schlœsing (2).

Le tableau suivant résume les résultats obtenus par J. Usiglio (I) et par Schlœsing (II et III) :

	I	II	III
Prise d'essai. . . . .	1.000 gr	1 litre à + 20°	1 litre à + 20°
Densité . . . . .	1,0258 à + 21°	1,0287	1,0286
Chlore . . . . .	20 <sup>gr</sup> 468	21 <sup>gr</sup> 616	21 <sup>gr</sup> 316
Brôme . . . . .	0, 432	0, 072	»
Acide sulfurique. . . . .	2, 420	2, 516	2, 551
Soude . . . . .	15, 770	15, 984	16, 017
Potasse . . . . .	0, 320	0, 510	0, 510
Chaux (non comprise celle du CO <sup>2</sup> Ca). . . . .	0, 559	0, 6174	0, 599
Magnésie . . . . .	2, 230	2, 365	2, 361
Oxyde ferrique. . . . .	0, 003	»	»
Carbonate de calcium. . . . .	0, 114	0, 126	0, 127
Total des sels . . . . .	37, 655	38, 974	38, 789

L'analyse I a porté sur un échantillon moyen recueilli à 3 et à 5 kilomètres au large de Cette, en 1849. La prise d'essai II a été effectuée le 12 juillet 1904, sur la côte de Tunisie, près de l'ancien port de Carthage. Le n° III a été puisé le 28 décembre 1905, en pleine mer, à peu près à moitié chemin entre

nord, notamment le mistral, souvent très violent, soufflent pendant deux cents jours.

(1) Chambrelent. Assainissement et mise en valeur agricole des terrains de la Camargue. *Atlas*, 15<sup>e</sup> sess., Naney, 1886; p. 807.

(2) J. Usiglio. Analyse de l'eau de la Méditerranée sur les côtes de France (*Ann. de chim. et phys.*, 3<sup>e</sup> s., t. 27, p. 92; 1849).

Th. Schlœsing. Contribution à l'étude chimique des eaux marines (*Comptes Rendus des séances de l'Acad. des Sciences*, t. 142, p. 320; 1906).

Bizerte et Marseille. Ces nombres sont concordants, sauf ceux qui concernent le brôme et la potasse ; les valeurs données par Usiglio sont respectivement trop fortes et trop faibles.

La connaissance des produits de l'évaporation progressive des eaux marines a une très grande importance non seulement pour l'industrie des marais salants, mais aussi pour l'interprétation de la genèse des gîtes salins : sel gemme, sels de potassium et de magnésium, gypse. Cette étude a été faite par Barlard, Usiglio, Dieulafait, etc. (1).

La densité initiale de l'eau de mer correspond à 3°5 Baumé ; de 3,5 à 7° environ, faible dépôt de carbonate de calcium avec traces de strontium mélangé à du sesquioxyde de fer hydraté contenant un peu de manganèse ; de 7 à 14°, dépôt sensiblement nul ; de 14 à 20°, dépôt de gypse mélangé au début d'un peu de carbonate de calcium (avec une faible proportion de magnésium). De 20 à 25°, dépôt très faible de gypse pur ; la distinction entre la phase précédente et la suivante est très marquée ; les paludiers en profitent pour faire passer l'eau des bassins où elle vient de déposer le gypse sur les surfaces salantes ou saunantes proprement dites. De 25 à 28°, dépôt de sel (halite), à 95 — 96 % Na Cl pur. De 28 à 32°, dépôt de sel renfermant des proportions croissantes de sulfate de magnésium ; de 32 à 35°, dépôt du *sel mixte*, mélange de sel marin et de sulfate de magnésium ; de 35 à 38°, dépôt du *sel d'été*, mélange de *Kaïnite* ( $\text{SO}_4\text{K}^2$ ,  $\text{SO}_4\text{Mg}$ ,  $\text{MgCl}^2$ ,  $6\text{H}_2\text{O}$ ) et de *carnallite*. Le résidu qui ne se dessèche jamais dans les conditions habituelles est une dissolution concentrée de chlorure de magnésium avec une petite quantité de sels de lithium, d'acide borique, etc.

Toutefois, au delà de 25° Baumé, la composition du dépôt varie avec les circonstances de l'évaporation ; les variations de

(1) Les expériences d'Usiglio ont été effectuées en évaporant l'eau de mer dans une étuve à 40 degrés, température atteinte par les eaux salines sur les tables saunantes (*Ann. de chim. et phys.*, 3<sup>e</sup> s., t. 27, p. 172 ; 1849). — L. Dieulafait, nombreux mémoires insérés de 1874 à 1885 dans les *Ann. de chim. et phys.* et dans les *Comptes Rendus des séances de l'Acad. des Sciences de Paris* et *Revue scientifique*, 8 juillet 1882. Consulter aussi sur les dépôts des milieux salins complexes et sur les phénomènes d'équilibre entre les chlorures et sulfates de potassium, sodium, magnésium et calcium les travaux de Van L'Hoff et de ses élèves (*Zur Bildung der oceanischen Salzablagerungen*, 1905) analysés dans les *Leçons élémentaires de Thermodynamique et Chimie* de Pierre Duhem, 2<sup>e</sup> éd., 1910, p. 150 à 168.

température notamment provoquent de nombreuses perturbations. Si la température s'abaisse au-dessous de zéro, les eaux-mères déposent du sulfate de sodium (*mirabilite*) ; si l'abaissement de température est moindre (+ 10° à + 5°), c'est du sulfate de magnésium (*epsomite*) qui se dépose. Le sel d'été, par dissolution et recristallisation fournit la *schœnite* ( $\text{SO}^4\text{K}^2$ ,  $\text{SO}^4\text{Mg}$ , 6  $\text{H}^2\text{O}$ ), etc.

Au Salin de Giraud, la prise d'eau de mer est établie sur la rive gauche du Vieux Rhône, à une faible distance de la côte ; le mouvement des eaux sur les surfaces saunantes est assuré par des roues hydrauliques commandées par des machines à vapeur fixes (machines du Vieux Rhône, du Grand-Travers, de Saint-Genest).

L'assèchement incomplet et l'épaisse couche de vase qui recouvrait le fond des premiers bassins ne m'ont pas permis d'étudier les dépôts de calcaire et d'oxyde de fer.

Le gypse forme des croûtes cristallines reposant directement sur le sol argileux des bassins ou sur le *feutre* qui le tapisse souvent. Elles sont constituées par de petites masses grenues ou par des lamelles courbes, enchevêtrées, possédant un éclat nacré. Je n'ai pas rencontré de beaux et intéressants cristaux tels que ceux qui ont été signalés par Baret dans les marais salants du Bourg de Batz (*Bull. Soc. française de Minéral.*, t. 9, p. 294, 1888) et étudiés par A. Lacroix (*Nouv. Archives du Muséum de Paris*, t. 9, p. 221, 1897) (1).

Le sol asséché des bassins et des *baisses* offre de nombreux exemples de *fissures de retrait* par dessiccation des masses argileuses, dessinant à la surface des polygones variés.

Le sel marin (*halite*) recouvre le sol des tables saunantes d'une couche ayant en moyenne de 3 à 7 centimètres d'épaisseur. Au moment du *battage* ou *mise en gerbes*, le sel présente souvent une belle teinte rose et répand parfois une odeur prononcée de violette (2). Coloration et odeur disparaissent assez rapidement et lorsqu'on procède au *levage* et à la mise en *camelle*, les cristaux sont d'une blancheur éclatante. La pro-

(1) Voir aussi Dieulaufait, disposition et association des gypses sur les tables des marais salants (*Ann. chim. et phys.*, 5<sup>e</sup> s., t. 14, p. 383 ; 1878).

(2) Les *eaux en sel* présentent souvent des colorations variées : vertes de diverses nuances et parfois rouge foncé.

duction annuelle du sel au Salin de Giraud est en moyenne de 150.000 tonnes (1).

Les cristaux nets sont rares ; les formes cristallitiques les plus communes sont constituées par des trémies, cubes à faces creuses présentant une série de gradins décroissants dont l'ensemble limite une cavité pyramidale ayant son sommet au centre du cristal. On observe aussi fréquemment des groupements autour d'un axe ternaire analogues à ceux décrits par A. Lacroix (*Minéral. de la France*, t. 2, p. 749, 1896). De beaux groupes de cristaux atteignant individuellement 7 à 8 centimètres d'arête, se déposent en certains points des bassins, notamment autour des pieux partiellement immergés.

B. ESPÈCES MINÉRALES FORMÉES AU COURS DU TRAITEMENT DES EAUX-MÈRES. Les eaux-mères évacuées des surfaces saunantes, après le dépôt du sel, sont emmagasinées dans des réservoirs bétonnés spéciaux et traitées en vue de l'extraction du brome, du chlorure de potassium, du chlorure et du sulfate de magnésium (2).

*Carnallite*  $Mg Cl^2$ ,  $KCl$ ,  $6 H^2O$ . Les eaux-mères, concentrées au four Porion et additionnées d'une dissolution concentrée de chlorure de magnésium, déposent à chaud, un mélange de sel marin et de sulfate de magnésium, puis, par refroidissement, de la carnallite, en masses grenues, blanches, sans intérêt cristallographique. Traitée par l'eau froide, la carnallite se dédouble en chlorure de magnésium très soluble et chlorure de potassium.

*Epsomite*  $SO^4Mg$ ,  $7 H^2O$ . Le refroidissement lent de grandes masses (plusieurs  $m^3$ ) d'une dissolution saturée de sulfate de magnésium donne lieu, parfois, à la formation de superbes cristallisations d'epsomite, en cristaux allongés suivant l'axe vertical, portant les faces  $m$ ,  $h^{1/2}$  et assez souvent  $g^1$ . La forme

(1) La Saline de Giraud a été créée en 1855 par une Société fondée par MM. J.-B. Guimet et Henri Merle.

(2) Le Salin de Giraud est aujourd'hui un centre industriel comprenant deux usines : l'une où l'on traite les eaux-mères des marais salants (Compagnie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue, ancienne Société Péchincy) ; l'autre, construite vers 1895, à proximité du Grand Rhône, près de Barcarin, où l'on transforme le sel marin en carbonate de sodium par le procédé à l'ammoniaque (Société Solvay).

$b^{1/2}$ ; réduite à 4 faces disposées suivant deux sortes de dômes inverses, aux extrémités de l'axe binaire vertical de symétrie, accuse le type de symétrie de cette substance (hémiedrie holoxe du système orthorhombique). Les faces  $g^1$  constituent de petites troncatures, ternes, rugueuses et très étroites, sur deux arêtes prismatiques opposées; les mesures d'angles, peu précises, ne permettent pas de les identifier avec  $h^1$  ou  $g^1$ , mais elles sont parallèles à la direction de clivage très facile  $g^1$ . Ces cristaux atteignent 4 centimètres suivant l'axe vertical et la section normale à cet axe présente tantôt l'aspect d'un carré de 1 centimètre de côté, tantôt celui d'un rectangle de 1 centimètre sur 0 cm. 5, par suite d'un aplatissement marqué suivant deux faces  $m$  parallèles (la forme théorique de cette section est un losange dont les angles sont voisins de  $90^\circ$ , soit  $89^\circ 26'$  et  $90^\circ 34'$ ); ils sont incolores et transparents, mais ils s'effleurissent progressivement et deviennent blancs, opaques.

*Mirabilite*  $\text{SO}^4\text{Na}^2$ , 10  $\text{H}^2\text{O}$ . Pendant l'hiver 1916-1917, la température s'étant abaissée à  $-7^\circ 3$ , de belles cristallisations de mirabilite obstruaient les canalisations de fonte de 80 millimètres de diamètre, amenant les eaux-mères du réservoir de charge aux colonnes Kubierschky utilisées pour l'extraction du brôme (1).

Les cristaux, transparents, brillants, possèdent les faces  $m$ ,  $p$ ,  $a^1$ ,  $b^{1/2}$ ; ils deviennent peu à peu opaques en s'effleurissant à l'air.

Les eaux-mères contenues dans les bassins déposent aussi des cristaux de mirabilite, moins nets et plus petits que les précédents, lorsque la température extérieure s'abaisse au-dessous de zéro (frappage naturel).

L'ancien mode de traitement des eaux-mères à  $28^\circ \text{B.}$ , suivant le procédé H. Merle, aujourd'hui abandonné, et qui consistait à les refroidir vers  $-15^\circ$  à  $-18^\circ$ , par l'emploi d'une machine à glace, fournissait de grandes masses de sulfate de sodium cristallisé.

(1) Au Salin de Giraud, les eaux-mères à  $31\text{-}32$  degrés B. renferment 3 k. à 3 k. 5 de brôme par mètre cube (calculé en brôme libre).