

petits cristaux verts d'une forme semblable à celles du minéral de Fassa que j'ai décrites plus haut. Ils sont accompagnés de cristaux jaunâtres très-prononcés d'idocrase unibinaire. M. Parolini, en m'envoyant le morceau, m'annonça qu'il faisait partie d'un tuf qui était environné de pierres poncees. Ce gisement est remarquable, en ce qu'on y voit le pyroxène reparaître sous un nouvel aspect, au milieu des indices d'un terrain analogue à ceux qui ont été pendant long-temps les seuls où il ait été connu, et où il se montrait de toutes parts en cristaux d'un noir-brunâtre ou d'un vert-noirâtre, auxquels on avait donné le nom de *schorls noirs des volcans*.

M É M O I R E

SUR LA MONTAGNE DE SEL GEMME

DE

CARDONNE EN ESPAGNE (1),

PAR M. P.-LOUIS CORDIER, Inspecteur divisionnaire
au Corps royal des Mines.

EXTRAIT.

LA description de la montagne de sel gemme de Cardonne a droit d'intéresser les physiciens presque autant que les minéralogistes. L'isolement parfait de cette montagne, sa masse considérable, ses formes particulières, et la situation verticale des couches de muriate de soude tout-

(1) Ce mémoire, lu à la Société philomathique de Paris, le 2 mars 1816, se trouve imprimé dans le *Journal de Physique*, vol. LXXXII, pag. 343 à 358.

à-fait pur, qui le composent presque exclusivement, sont, sans contredit, très-dignes de remarque; mais ce qui paraîtra plus étonnant, c'est qu'une semblable montagne, exposée, depuis qu'elle est formée, aux intempéries sans cesse renaissantes de l'atmosphère, ait pu leur résister jusqu'à présent, et qu'elle n'ait pas sensiblement diminué de volume depuis les temps historiques. Son existence s'accorde mal, il faut en convenir, avec les hypothèses d'après lesquelles on suppose, assez vulgairement, que les hautes montagnes, et en général toutes les inégalités de la surface de la terre, sont soumises à une diminution rapide.

Cette montagne, au reste, est aussi célèbre sous le point de vue pittoresque, qu'elle est peu connue sous le rapport scientifique. Elle a toujours été regardée comme une des plus singulières curiosités de l'Espagne; cependant elle n'a été visitée jusqu'ici que par un bien petit nombre de minéralogistes, et la meilleure notice que nous en ayons est encore celle donnée par Bowles, en 1775, dans son ouvrage intitulé : *Introduccion a la Historia natural y a la Geografia fisica de Espanna*.

On sait que la petite ville de Cardonne, qui a donné son nom à la montagne de sel, est située dans l'intérieur de la Catalogne, à 8 myriamètres (16 lieues) de Barcelonne, et à 7 myriamètres (14 lieues) du faite central de la chaîne des Pyrénées. Elle est bâtie sur un plateau qui fait partie des hauteurs dont est bordée la rive droite du Cardonero, petite rivière qui coule vers le midi. D'après les observations ba-

rométriques de plusieurs jours, calculées sur des notations correspondantes prises à Barcelonne, M. Cordier a trouvé que le sol de la ville de Cardonne, au pied des murs du château, du côté du couchant, était élevé de 411 mètres au-dessus de la Méditerranée. Il a reconnu de plus que le même point s'élevait de 138 mètres au-dessus des moyennes eaux de la rivière, dans cette partie de la vallée.

L'élévation et la position dominante du château de Cardonne en font une station favorable de reconnaissance. Placé au haut de ses murailles, l'observateur plane sans obstacle sur un immense continent formé de montagnes basses, toutes composées de terrain secondaire. Au nord, ce terrain monte insensiblement vers les plus hautes croupes des Pyrénées; à l'est, il disparaît au loin sous les plateaux entièrement calcaires de San Miquel del Fay; au midi, il s'étend à plus de 5 myriamètres (10 lieues) pour aller servir de base au singulier système des roches de grès et de poudingue qui composent le massif isolé et les mamelons grotesques du mont Sérat; enfin, à l'ouest, il va composer une partie du sol élevé de l'Aragon.

La montagne de sel paraît comme un hors-d'œuvre au milieu de ce vaste continent; l'observateur la voit en quelque sorte à ses pieds du côté du sud-ouest; il la reconnaît à son isolement, à ses formes tranchantes, aux effondrements qui entourent une partie de ses bases, et sur-tout à ses couleurs rouges et blanches, dont la vivacité contraste avec les teintes grises et rembrunies du terrain secondaire.

Ce terrain compose autour de la montagne une enceinte en forme de fer à cheval, qui s'ouvre à l'orient dans la vallée du Cardonero, et dont l'axe court à très-peu près de l'est à l'ouest. C'est à l'extrémité de la branche septentrionale de ce fer à cheval que la ville et le château de Cardonne sont placés.

L'enceinte a environ trois kilomètres de longueur sur un kilomètre de largeur. Son contour offre presque par-tout des pentes rapides, ou même des escarpemens abruptes; sa bordure présente des inégalités faiblement prononcées, dont l'élévation s'éloigne peu de celle de la ville de Cardonne.

La montagne de sel occupe environ les deux tiers de l'aire du cirque, à partir du fond; sa hauteur, au-dessus du Cardonero, surpasse à peine 100 mètres (ou 500 pieds); de sorte que la masse n'est guère plus haute et plus large que Montmartre, près Paris, quoiqu'elle soit d'un tiers au moins plus étendue en longueur.

Sa forme générale est celle d'une masse irrégulière allongée en dos d'âne, et bordée en plusieurs endroits par des escarpemens plus ou moins abruptes. De nombreuses saillies, des pointes affilées et des crêtes tranchantes, hérissent toute la partie supérieure: beaucoup de pentes sont encombrées çà et là de matières terreuses; les autres, plus dépouillées, se montrent couvertes d'aspérités un peu moins prononcées que celle du sommet. Pour faire comprendre, au reste, plus facilement l'aspect de cette configuration particulière, on peut ajouter

qu'elle a beaucoup d'analogie avec celle des plans en relief des hautes montagnes des Alpes.

Le fond du berceau hémicirculaire, qui isole la montagne d'avec les parois du cirque, offre des inégalités nombreuses, des effondremens plus ou moins étendus; on y voit çà et là des éboulis de roches secondaires, des monceaux d'argile meuble et des vives arêtes en gypse ou en sel gemme.

Dans les temps de pluie, la majeure partie des eaux du cirque forme de chaque côté de la montagne deux petits torrens, qui se réunissent en un seul du côté de l'Est avant de se jeter dans le Cardonero. Le reste des eaux pluviales coule en sens opposé, et se perd dans un vaste effondrement situé au nord-ouest dans la partie la plus reculée de l'enceinte.

L'absence presque totale de végétation sur la montagne facilite l'étude de sa composition et de sa structure; il ne sera pas inutile d'ajouter que M. Cordier a visité les lieux dans la saison la plus favorable à l'observation, c'est-à-dire au commencement de l'hiver.

Ces premières données posées, voici l'énumération des roches qui composent la montagne; on peut les ranger en six sortes principales, savoir:

1°. Roche de muriate de soude parfaitement pur, en masse grenue à très-gros grains, demi-transparente et sans couleur. Les grains sont tout-à-fait limpides; il s'en trouve d'assez gros pour qu'on puisse en extraire, à l'aide de la

division mécanique, des cubes ayant jusqu'à deux décimètres de côté.

2°. Muriate de soude pur, en masse grenue à petits grains; il est plus ou moins translucide. Ses couleurs principales sont le blanc grisâtre, le gris de perle, le blanc rougeâtre, le rouge de chair, le rouge lie de vin et le rouge brunâtre.

3°. Muriate de soude impur, en masse grenue, qui rentrerait dans la sorte précédente, si elle n'était souillée par un mélange plus ou moins abondant soit d'argile grisé ou bleuâtre, soit de très-petits cristaux de gypse ordinaire blancs ou rougeâtres. Ce dernier mélange donne aux masses une texture porphyroïde.

4°. Argile grise ou bleuâtre; elle est tantôt pure et légèrement schisteuse, tantôt porphyroïde par le mélange d'une grande quantité de petits cristaux de gypse ordinaire, tantôt gris et opaques, tantôt incolores et transparents.

5°. Gypse ordinaire, en masse grenue à petits grains; il est opaque; sa couleur blanche tire souvent au gris ou jaunâtre; il s'y rencontre parfois de l'argile disséminée en petite quantité. On y trouve aussi de petits grains rares de chaux carbonatée grise laminaire.

6°. Gypse ordinaire, mêlé de gypse anhydre; il est en masse grenue passant au compacte; cette sorte est du reste semblable à la sorte précédente.

Ces différens matériaux se présentent dans des proportions très-inégaies. On peut estimer que

la soude muriatée pure à petits grains (sorte n°. 2) forme à elle seule les sept dixièmes de la montagne. La soude muriatée impure et l'argile y entrent chacune pour environ deux dixièmes. Les gypses et le sel gemme parfaitement pur (n°. 1) figurent à peine pour un dixième.

Ce mode de composition est sans doute digne d'attention, mais l'ordonnance de la stratification l'est encore bien davantage; en effet, tous les matériaux de la montagne sont disposés en couches verticales et parallèles, courant de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest, c'est-à-dire dans le sens suivant lequel la croupe s'allonge au milieu du cirque.

La puissance moyenne de chacune de ces couches, ainsi posées sur la tranche, peut varier de un à six décimètres; on en trouve aussi qui n'ont pas un centimètre, tandis que d'autres atteignent une épaisseur de 7 à 8 mètres. Souvent plusieurs bancs salins de la même sorte se trouvent juxtaposés sans intermédiaires étrangers; alors on ne les distingue que par la différence de leur grain et le contraste de leur couleur.

Ces conditions de la stratification sont modifiées de plusieurs manières; tantôt la puissance d'une couche varie fortement dans les différentes parties de son étendue, ce qui dérange l'exactitude du parallélisme; tantôt les plans sont gauchis dans des sens opposés, ce qui produit des inflexions variées dans l'aspect des lignes de direction et d'inclinaison. Ces ir-

régularités n'altèrent point au reste l'ordonnance générale.

On n'observe aucun ordre dans l'intercalation des couches de différente sorte. Elles paraissent alterner indifféremment. Tout ce qu'on peut dire, c'est que l'argile domine du côté du versant septentrional, et que le versant opposé ne renferme presque que du muriate de soude. Les bancs de gypse ne se mêlent point avec le sel gemme; on les trouve interposés aux dernières couches d'argile du côté du nord.

Quelques-unes des pentes les plus escarpées de la montagne sont coupées par des fissures assez larges pour qu'on puisse y pénétrer à quelques mètres de profondeur. On trouve dans ces anfractuosités, des concrétions salines tantôt tuberculeuses, tantôt en plaques mamelonnées: elles y produisent un bel effet par l'opposition de leur couleur blanche éclatante, avec les teintes des fonds colorés sur lesquels elles sont disséminées.

Les couches de sel gemme parfaitement pur et transparent sont presque toutes réunies au pied de la montagne du côté de l'est-sud-est; elles y constituent deux appendices peu élevés, qui ne sont remarquables d'ailleurs que parce qu'ils forment ce qu'on appelle proprement les *mines de sel de Cardonne*, et qu'ils sont le siège des exploitations pratiquées au compte du gouvernement espagnol.

Ces exploitations sont d'autant plus importantes qu'elles exigent peu de frais. Nous allons en donner une idée en peu de mots.

L'extraction s'y fait à ciel ouvert et par tailles horizontales pratiquées en gradins. Chaque gradin a un mètre de hauteur avec une largeur égale. Leur longueur est assez grande pour qu'on puisse y placer dix à douze mineurs de front. On mène ordinairement huit tailles de cette sorte les unes au-dessus des autres. L'abbattage de la roche de sel se commence à coups de poudre, on l'achève avec le pic. Du reste on n'enlève que les quartiers un peu gros, et on les porte sous des meules dans un petit atelier voisin. Le sel, après avoir été égrugé, est, sans autre préparation, expédié à dos de mulets pour les magasins du gouvernement. On assure qu'il s'en vend annuellement pour environ un million de francs.

Sans nous arrêter au reste à plus de détails sur le parti qu'on tire de l'exploitation du sel gemme, nous allons reprendre la description de la montagne. Jusqu'ici elle a été considérée isolément: il faut maintenant la considérer dans ses rapports avec les roches secondaires environnantes.

La stratification de ces roches n'est pas moins facile à observer, moins évidente, et par opposition moins remarquable que celle de la montagne de sel. En effet, de toutes parts les bancs secondaires se relèvent en appui vers le centre de l'enceinte, savoir; ceux du nord sous un angle de près de 50° , et ceux de l'est et du sud sous des angles de 20 à 30° ; de sorte qu'en les supposant prolongés, ils viendraient recouvrir les tranches verticales des couches salines et gypseuses.

Il faut longer le pied des escarpemens du cirque pour observer la superposition immédiate. On voit en une infinité d'endroits les bases de la montagne de sel plonger et disparaître sous les assises de seconde formation; ailleurs les débris entassés de ces mêmes assises indiquent assez qu'elles ont fléchi et croulé par la destruction successive de leurs points d'appui originaires. La superposition est d'autant moins équivoque, que par-tout où on peut le vérifier, les deux terrains montrent constamment des plans qui tendent à se couper sous des incidences plus ou moins voisines de l'angle droit.

La composition du terrain secondaire présente des élémens de contraste également frappans. En effet, on y distingue les sortes de roches suivantes, savoir :

1°. Grès micacés, de couleur grise, composés en grande partie de gros fragmens de quartz et de roches granitiques feuilletées; ils sont très-durs et parfaitement cimentés.

2°. Grès rouges micacés, à grains fins, ayant un tissu très-dense.

3°. Schistes argileux rouges, verts ou gris, communément parsemés de petites écailles de mica grises ou blanches, et posées dans le sens des feuilletés.

4°. Argiles schisteuses endurcies, ou quelquefois tout-à-fait tendres; elles sont d'un blanc grisâtre ou verdâtre, ou bien d'un brun rougeâtre.

5°. Pierre calcaire dense, à cassure écailleuse

et d'un gris foncé, quelquefois un peu verdâtre; elle est souvent mêlée de parties de schiste vert et tout-à-la-fois de quelques particules de mica. Elle ne donne point d'odeur bitumineuse; M. Cordier n'a pu y découvrir aucun vestige de corps marin, non-seulement aux environs de Cardonne, mais encore dans les autres endroits de la Catalogne où on la trouve. Il est probable cependant qu'elle en contient, mais qu'ils y sont très-rares.

6°. Pierre calcaire argileuse, de couleur grise ou verdâtre, abondant souvent en parcelles de mica, sans odeur bitumineuse, sans coquilles, offrant rarement de très-petits débris de végétaux carbonnés.

Ces roches diverses alternent indifféremment entre elles, de manière cependant à ce que ce sont les grès qui dominent dans la partie inférieure du système, et la pierre calcaire dans la partie supérieure.

Ainsi qu'on vient de le dire, ces roches ne constituent pas seulement les environs de Cardonne, mais encore une grande partie du sol de la Catalogne. Elles s'y reproduisent par-tout avec les mêmes traits, affectent d'ailleurs des inclinaisons variables et des directions contrariées; ces inclinaisons passent rarement 30° à 40°; les plus fortes que M. Cordier ait observées se voient à Suria, village situé sur la rive gauche du Cardonero, à 2 myriamètres au-dessous de Cardonne; les bancs calcaires s'y montrent relevés de 70° vers le nord-nord-est: ils réunissent à cette particularité, celle de renfermer une

couche de houille maigre, d'un mètre d'épaisseur, qui leur est parallèle.

Du reste, d'après les caractères que présente le système des roches qui recouvrent les bases de la montagne de sel de Cardonne, M. Cordier pense que ce système appartient à la plus ancienne formation des terrains secondaires.

Considérant de plus que les bancs qui composent ce système ne sont point parallèles à ceux de la montagne de sel, et qu'au contraire les directions se coupent à-peu-près à angle droit, ou en d'autres terrains, que la superposition est évidemment *transgressive*, il en conclut que le terrain salin et gypseux de Cardonne appartient à une formation non-seulement antérieure, mais encore absolument distincte, et que ce terrain doit être regardé comme une dépendance du *sol intermédiaire*.

Pour appuyer cette conséquence importante, M. Cordier rapporte les résultats des observations qu'il a faites, en 1804 et 1809, sur le gisement des roches gypseuses du Mont-Cénis et du petit Saint-Bernard; résultats qui tendent à prouver que ces roches, dont la composition présente d'ailleurs du gypse tantôt ordinaire, tantôt anhydre, tantôt épigène et tantôt mêlé de muriate de soude, forment de véritables couches, souvent très-puissantes, lesquelles sont incontestablement subordonnées au sol intermédiaire, qui joue un si grand rôle dans cette partie des Hautes-Alpes.

M. Cordier traite ensuite de la diminution insensible de la montagne de sel de Cardonne;

il examine les préjugés consacrés dans le pays à ce sujet. Il estime, d'après quelques expériences directes, que les eaux de pluie, qui coulent sur les pentes de la montagne, doivent rarement prendre une salure qui excède 4° . Il trouve que la pesanteur spécifique du sel gemme de Cardonne, en fragmens cubiques et limpides, déterminée à l'aide de l'huile essentielle de térébenthine, est de 22,1967 (celle de l'eau distillée étant égale à 10). Enfin, supposant qu'il tombe annuellement, à Cardonne, 8 décimètres d'eau pluviale, et admettant que chaque décimètre prend une salure de 4° , il arrive à déterminer, à l'aide d'un calcul fort simple, que les 8 décimètres doivent enlever aux parties supérieures de la masse saline une couche annuelle de 15 millimètres 26 centièmes de sel gemme; d'où il suit que l'élévation de la montagne ne diminuerait en un siècle que de 152 centimètres 6 dixièmes, ou, en ancienne mesure, de 4 pieds 8 pouc. 6 lign. Au reste, M. Cordier ne présente ce résultat que comme un aperçu plausible, à l'aide duquel on pourra facilement concevoir comment il se fait que la diminution progressive de la montagne de Cardonne ait toujours paru insensible.

Nous terminerons en résumant ainsi qu'il suit les principaux résultats géologiques du mémoire de M. Cordier.

1^o. Le système des roches salines et gypseuses de Cardonne est disposé en couches verticales, et posées sur la tranche.

2^o. Ce système est recouvert par des couches secondaires de la plus ancienne formation, et la superposition est *transgressive*.

3°. D'après les conditions de cette superposition, les couches gypseuses et salines sont, sans contredit, d'une époque non-seulement antérieure à celle des couches secondaires, mais encore tout-à-fait distincte.

4°. Il existe dans les Hautes-Alpes des gypses purs, et parfois saliférés, qui font incontestablement partie des terrains intermédiaires.

5°. Ces roches gypseuses saliférées ont des analogies marquées avec celle du système de Cardonne.

6°. D'après toutes les données précédentes, ce système doit être considéré lui-même comme faisant partie du sol intermédiaire.

7°. D'où il suit, en dernière analyse, qu'il faudra dorénavant admettre dans la méthode géologique une formation de plus pour les roches gypseuses et pour les roches de sel gemme.

NOTE SUR LA TOLFA (1),

PAR M. le Comte DUNIN-BORKOWSKY.

On a inséré dans le premier volume de ces *Annales*, page 319, un long mémoire de M. Collet-Descostils sur les *Alunières de la Tolfa*. On a pu voir qu'il y expose avec beaucoup de détails tous les procédés d'arts relatifs à l'extraction de la pierre alumineuse, et aux traitemens divers auxquels on la soumet pour en extraire l'alun; qu'il discute avec soin chacune de ces opérations, et propose des améliorations importantes.

Il décrit plus brièvement la mine d'alun et la roche qui la renferme; et quant à l'origine de ce terrain, il reconnaît, page 325, qu'elle est très-difficile à déterminer. . . . que l'opinion qui la range parmi les produits volcaniques est probable; que néanmoins on ne peut admettre que le terrain des *Alunières* soit un produit volcanique ordinaire, etc.

Ces doutes géologiques nous ont fait penser qu'on lirait avec intérêt la note suivante, dans laquelle un minéralogiste très-instruit, formé principalement à l'école de Freyberg, tout en reconnaissant, comme M. Collet-Descostils, l'extrême difficulté de prononcer d'une manière décisive sur l'origine de ce terrain, laisse cependant entrevoir clairement des présomptions fort opposées à celles que nous venons de rappeler.

La petite ville de la Tolfa est située sur une montagne, dont le rocher le plus élevé porte le nom de *Roca*. Ce rocher est un basalte décomposé qui renferme de grands cristaux de feldspath et de très-petits cristaux qui paraissent

(1) Extrait du *Manuel de Minéralogie* de Léonhard, vol. X, 2^e partie.