

Étude sur l'opportunité de développement d'une filière économique autour du plâtre d'origine locale

avril 2024

Intervenant dans le cadre du projet :

« Le gypse en Haute-Provence, une ressource patrimoniale »



L'EUROPE INVESTIT DANS LES ZONES RURALES

*Programme Financé dans le cadre du programme Leader avec le concours
de l'Union Européenne et de la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur*

Maître d'ouvrage : Syndicat mixte du Parc naturel régional du Verdon





- **BEA-ba**, Bureau d'étude et d'assistance spécialisée en bâti ancien



- **Aslé-conseil**, ingénierie des matériaux



- **Les Ateliers du Paysage**, Restauration du Patrimoine, maçonnerie fine et décor de stuc (plâtre, chaux, ciment naturel pomp etc.)



- **G'eau** – géologie,



- **Alliance eco**, ingénierie économique et financière

1. Histoire du plâtre dans le territoire du Verdon

1.1 Contexte géologique

- 1.1.1 Définition générale
- 1.1.2 Identité géologique
- 1.1.3 État des lieux des exploitations

1.2 Contexte sociotechnique

- 1.2.1 Processus de fabrication dans ce territoire
- 1.2.2 Usages
- 1.2.3 Contexte sociotechnique

2 Etat des lieux

2.1 Le marché actuel

- 2.1.1 Sur le territoire national
- 2.1.2 Sur le territoire du Verdon

2.2 Etat des lieux sur le Verdon

- 2.2.1 Usages actuels et problématiques de mise en œuvre
- 2.2.2 Reconnaissance des besoins

3 Etude d'opportunité

3.1 Les possibilités géologiques du territoire

- 3.1.1 Les gisements connus
- 3.1.2 Les anciennes carrières
- 3.1.3 La recherche de nouveaux gisements

3.2 Les conditions de développement

- 3.2.1 Une filière à organiser pour la fourniture de plâtre rose
- 3.2.2 Des conditions juridiques et assurantielles à assurer
- 3.2.3 Des actions d'accompagnement à la réhabilitation du plâtre à mettre en place (sensibilisation, formation, communication et incitations financières)

Introduction

Le territoire du Verdon présente une notoriété indéniable, issue de ses nombreux paysages et patrimoines.

Son développement géologique lui a offert un matériau rare et spécifique : le gypse. Facile d'accès et d'exploitation, ce matériau a été utilisé depuis l'Antiquité et perdure jusqu'au début du 20^e siècle. Il est largement déployé dans la construction, et nous en trouvons aujourd'hui de nombreux vestiges, malgré son remplacement abusif au 20^e siècle, (Phase 1).

Ce remplacement au cours du dernier siècle par un plâtre non local pose aujourd'hui de nombreuses questions. Il a entraîné à la fois la disparition d'une identité architecturale et des savoir-faire liés, mais aussi l'usage de nouveaux matériaux inadaptés dont découlent de nouvelles pathologies. Par ailleurs, l'utilisation de matériaux venant de plus loin géographiquement représente aujourd'hui une problématique environnementale non négligeable (Phase 2).

Dans ce contexte, le PNR du Verdon souhaite étudier l'opportunité d'exploiter de nouveau ce matériau sur son territoire.

Son renouveau permettrait de valoriser le patrimoine local et de sauvegarder les savoir-faire liés, mais aussi de développer une approche environnementale vertueuse et d'investir dans une économie locale.

Pour autant, il sous-entend des investissements préalables importants, pour la réouverture et la gestion de carrière notamment, ainsi que dans une politique de sensibilisation aux usages, d'accompagnement des besoins et de formations des professionnels, usagers et administrateurs, (Phase 3).

L'objectif de cette étude est d'apporter des éléments de réflexion et de premières orientations sur l'opportunité de développement d'une filière économique autour du plâtre d'origine locale sur le territoire du PNR du verdon, et plus généralement en région SUD PACA.

1. Histoire du plâtre dans le territoire du Verdon

1.1 Contexte géologique

1.1.1 Définition générale

Le mot « gypse » provient du grec γύψος / gýpsos. Les cristaux de gypse primaire sont fréquemment maclés, ce qui donne la forme bien connue dite en « fer de lance » ou en « pied d'alouette ».

Le gypse est une roche sédimentaire, formée par précipitation à partir de substances dissoutes, ici le sulfate bi(di)-hydraté de calcium ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) qui cristallise dans le système monoclinique. C'est une roche très tendre (entre 1,5 et 2 sur l'échelle de Mohs) rayable à l'ongle. Elle fait partie de la vaste famille des évaporites.

Les évaporites sont des sédiments résultant de l'évaporation de l'eau et de la précipitation des sels qui y sont dissous. Les minéraux principaux en sont le gypse, l'anhydrite et la halite.

L'apparition progressive des précipités lors de l'évaporation de l'eau de mer sont :

- la calcite ou de l'aragonite qui précipitent lorsque le volume de l'eau est réduit de 50 % ;
- le gypse et l'anhydrite qui commencent à précipiter lorsque le volume de l'eau de mer n'est plus que 35% du volume initial ;
- lorsque le volume de l'eau n'atteint plus que 10 % du volume de départ, des minéraux plus solubles comme la halite et la sylvite cristallisent ;
- enfin, lorsque l'évaporation est presque totale, des borates et nitrates précipitent.

Après extraction en carrière, le gypse est concassé et acheminé vers les fours de la plâtrière. Chauffé à entre 105°C et 300°C pour être partiellement déshydraté, il forme de l'hémi-hydrate ou bassanite ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). Ensuite broyé finement, du plâtre est obtenu. Ce dernier est prêt à l'emploi en y ajoutant de l'eau. Le gypse se reforme, alors, en formant un enchevêtrement solide de fins cristaux enchevêtrés.

Le matériau final offre une porosité assez faible (parfois moins de 35 % de vides dans les plâtres anciens).

Les caractéristiques principales et intéressantes pour la construction sont : une grande résistance au feu, une bonne régulation de l'humidité (hygrométrie) et une excellente isolation phonique et thermique.

La teinte rouge de certains gypses est essentiellement attribuable à des **argiles** mêlées aux lits de ces cristaux, ayant inclus dans leurs feuillets, soit de la goëthite, soit de l'hématite (oxydes de fer très communs) ; quelquefois, ces espèces ferrifères sont directement piégées dans la maille des cristaux de gypse. L'origine du fer est alors à rechercher dans le cytoplasme des bactéries et des algues unicellulaires riches en pigments caroténoïdes qui tolèrent de vivre dans des eaux à salinité très supérieure à celle de l'eau de mer, où elles prolifèrent (salines de Uyuni, salines de Santa-Pola, Espagne, voir page suivante).



Figure 1 - Galerie taillée dans le gypse du Trias de Gigondas et gypse rouge à nodule d'anhydrite



Figure 2 - Salar de Uyuni (Bolivie) ; saumures intensément colorées par une microflore halophile



Figure 3 - Salines de Santa-Pola (Espagne) ; l'eau de mer passe par des bassins où se déposent les carbonates (calcaire et dolomie) puis le gypse (teinte vert foncé - brun) avant d'aboutir sur les « tables salantes » où les saumures très concentrées sont marquées

Le gypse rouge des Alpes de Haute Provence et autres lieux voisins n'échappe pas à l'origine de cette couleur. Dans la majorité des cas, ce sont les minéraux argileux ayant accompagné la sédimentation évaporitique qui sont porteurs des oxydes précités. Les industriels ont négligé ces matériaux précisément en raison de la proportion trop importante d'argile dans le gypse de ces gisements.

Le faciès dit en « fer de lance » résulte d'une macle élémentaire faite de deux cristaux, mais les macles polycristalline sont fréquentes (rose des sables, d'origine pédologique).



Figure 4 - Rose des sables (Tunisie,



Figure 6 - Gypse monocristallin parfait
lance » (Priabonien de Mazan,
Vaucluse)



Figure 5 - Gypse maclé « fer de lance » (chott Djerid)

Le gypse fibreux, très fréquent dans les masses de gypse secondaire, est constitué de cristaux aciculaires perpendiculaires aux parois des discontinuités dans lesquelles il se met en place (solutions sulfatées calciques provenant, dans la plupart des cas, d'une hydratation d'anhydrite ; le lessivage de formations gypseuses de nature quelconque peut provoquer le même phénomène).



Figure 7 - Gypse fibreux (Priabonien de Mazan,
Vaucluse)

1.1.2 Identité géologique

Les chaînons subalpins méridionaux font partie du vaste « bassin du Sud-Est de la France », qui inclut une sous-unité, le « bassin Vocontien ». Deux formations géologiques contiennent la quasi-totalité des volumes de gypse actuellement connus dans ces entités sédimentaires, soit à l’affleurement, soit par forage profond. Ils sont associés à des carbonates (calcite et dolomite) ainsi qu’à de la halite, en plus ou moins grande proportion. Ce sont :

- les horizons gypseux et salifères du Keuper (Trias entre -230 et - 201 Ma) ;
- les formations gypseuses et salifères du Priabonien (Éocène supérieur-Oligocène, de -37,8 à - 34 Ma) ;
- les horizons gypseux du Rupélien (Oligocène, de - 34 à - 28 Ma) ;
- enfin, ceux du Rupélien supérieur ou du Chattien, très rares (gypse d’Aix en Provence de - 28 à - 23 Ma).

Le bassin du Sud-Est de la France s’individualise précocement (début du Secondaire, au Trias) ; il constitue la fraction la plus distale d’un immense bras de mer lié à la Panthalassa, appelé la « Téthys » (fig. 8). Entre le vieux Massif central et l’axe alpin résiduel du Primaire, un secteur caractérisé par un mouvement continu de subsidence va entraîner l’archivage de plusieurs milliers de mètres de sédiments (11 km par endroit), du Trias jusqu’à la fin du Crétacé. Le Trias est majoritairement représenté par les dépôts du Keuper (voir plus haut) qui sont majoritairement évaporitiques, à la fois gypseux et salifères dans tout l’espace de la Téthys. La fig. 9 montre l’état des lieux à cette époque.

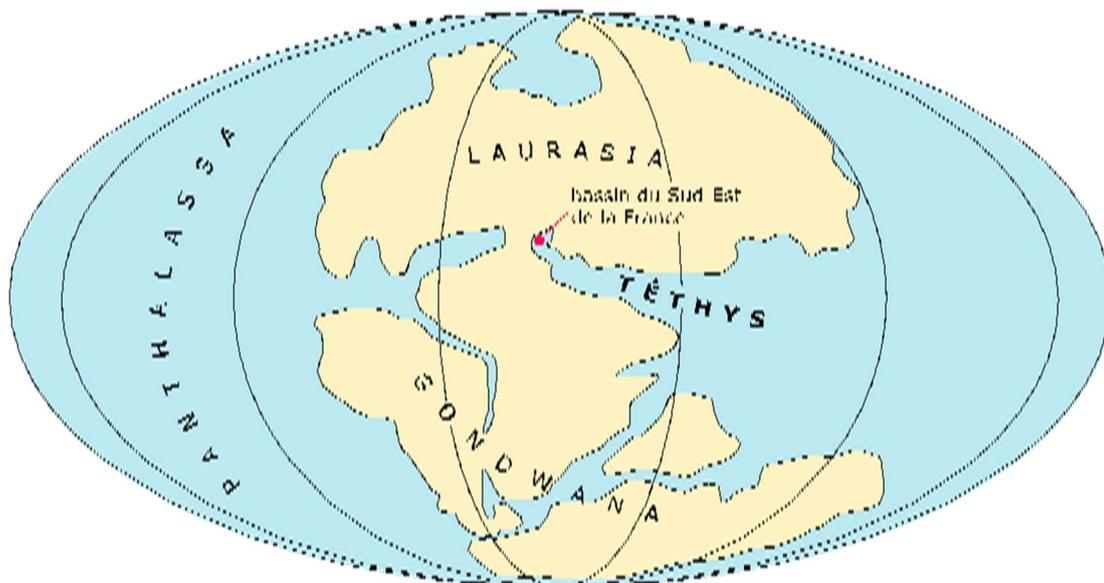


Figure 8 - Répartition des masses continentales à la fin du Trias ; individualisation de la Téthys

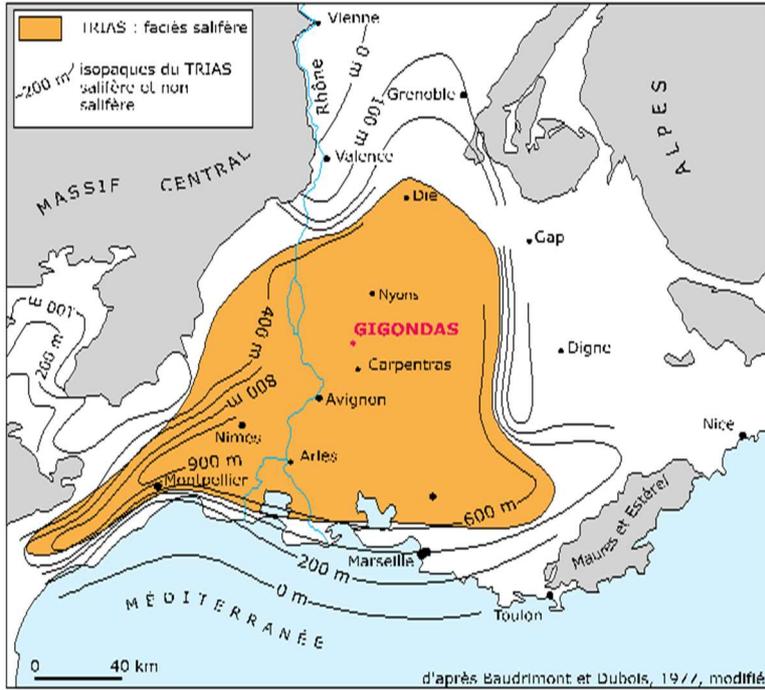


Figure 9 - Le Trias évaporitique dans le bassin du Sud-Est de la France ; celui du sous-bassin de Digne n'a pas été représenté en raison du fait que les nappes de charriage ont bouleversé l'empilement original des matériaux de cet âge, impliqués dans la semelle

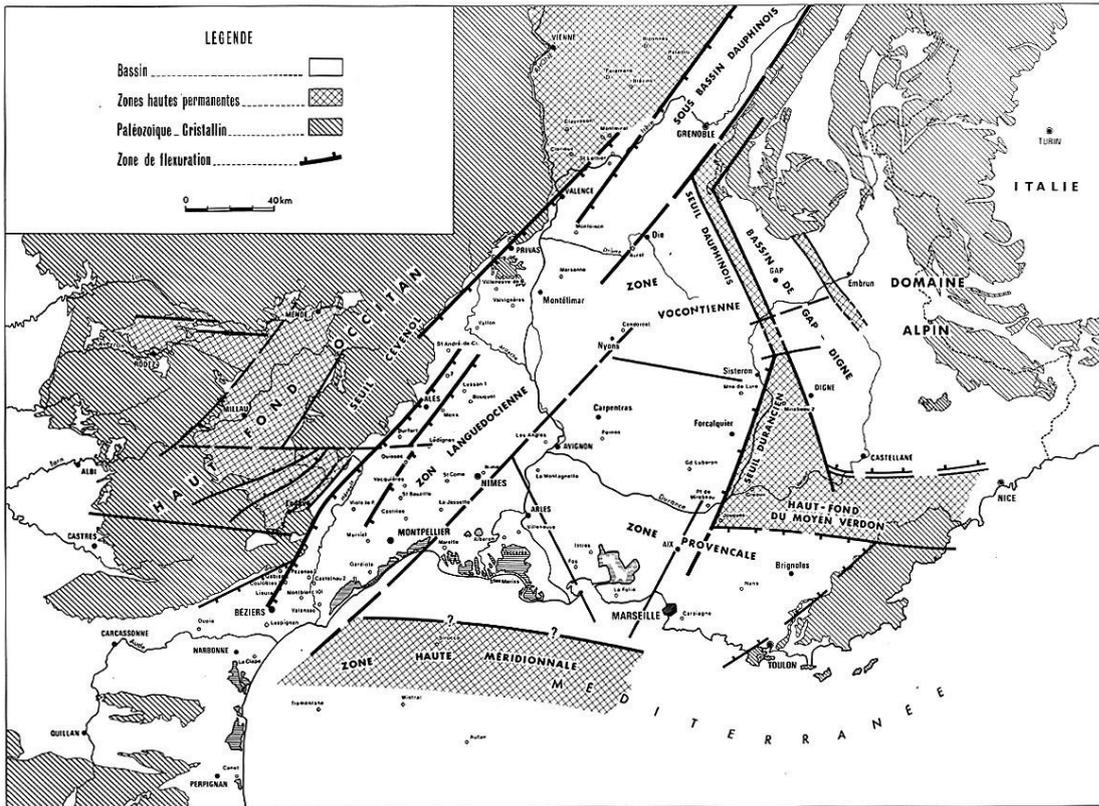


Figure 10 - Structures majeures du bassin du Sud-Est de la France ; individualisation du sous-bassin de Digne

À la suite de cet épais dépôt évaporitique, le Lias et le Jurassique prennent le relai ; ce sont des dépôts océaniques, carbonatés et marneux, dont l'épaisseur est considérable (fig. 11 : Lias ; fig. 12 : Callovo-Oxfordien). Ils constituent « l'armature » des nappes de charriage de Digne. Des structures résistantes se mettent place de façon précoce ; on notera le seuil Durancien et celui du Haut-Verdon, qui vont imprimer leur marque en différenciant le sous-bassin de Digne, à l'Est du grand bassin Vocontien (fig. 10, Baudrimont et Dubois 1977).

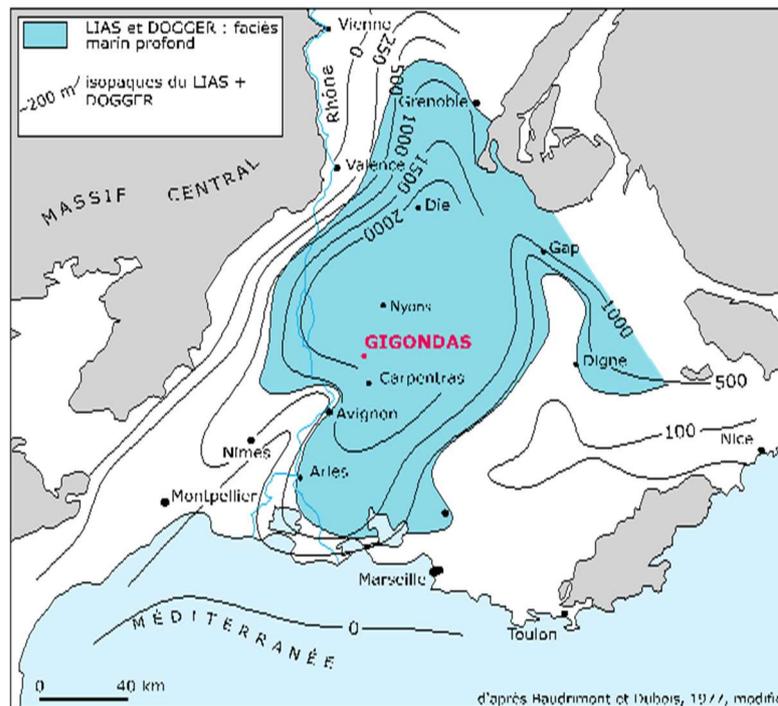


Figure 11 - Lias et Dogger (carbonates et marnes)

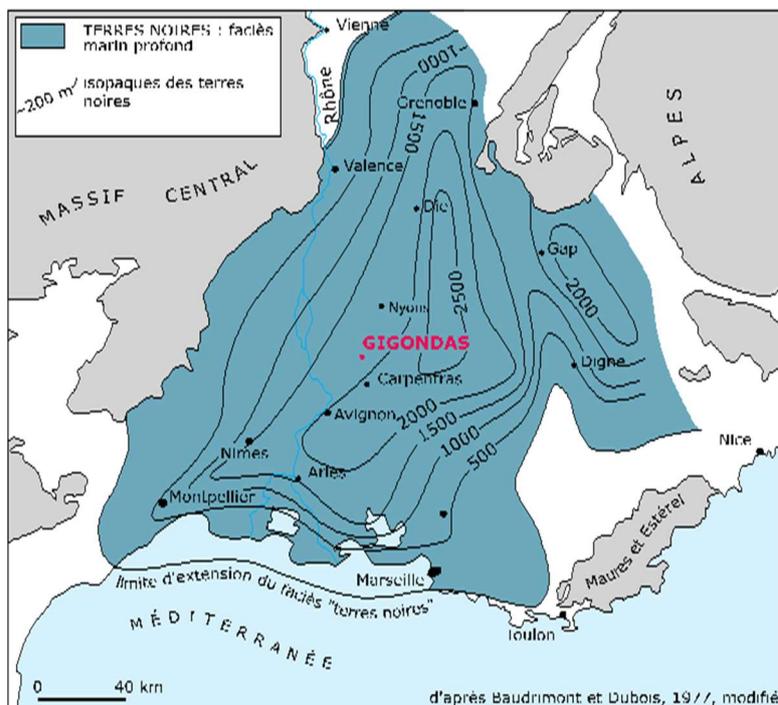


Figure 12 - Callovo-Oxfordien (marnes et carbonates en alternances)

Le Priabonien (fig. 13), en dehors de l'espace du Parc du Verdon, rassemble les autres dépôts évaporitiques importants du Sud-Est de la France [salifère du Bas-Dauphiné, de Manosque, de Camargue (Vistrenque); gypses de Mazan et de Mormoiron] encore exploités aujourd'hui (bouteilles de stockage dans le salifère du Bas-Dauphiné et de Manosque, extraction de saumure dans celui de Camargue – gypse de Mazan).

Figure 13 - Gisements d'évaporites du Priabonien dans le Sud-Est de la France (Apt, Mormoiron et Malaucène ne sont plus exploités).

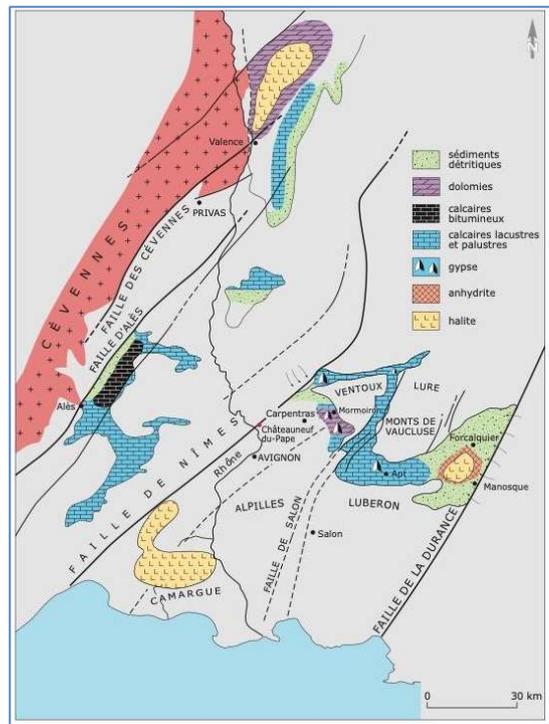


Figure 14 - Mode de formation des gypses primaires (processus identique observé partout dans le monde)

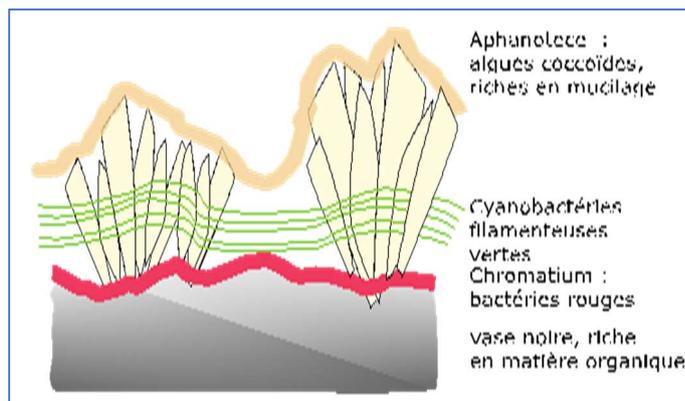


Figure 15 - Couches de gypse primaire (Mazan)

Le gypse de Mazan est secondaire. Cela signifie qu'il résulte de l'hydratation d'anhydrite préexistante. Le cycle des transformations subies par les sulfates de ce gisement est le suivant :

- Dépôt de gypse primaire (cristaux dressés formant des croûtes stromatolithiques)
- Faible enfouissement, incapable de provoquer une déshydratation (pression/température) ;
- Circulations ascendantes de solutions chlorurées sodiques provenant du soubassement du bassin ;
- Déshydratation / anhydritisation (identique à celle connue dans le miocène d'Espagne – F. Orti Cabo, Universidad de Barcelona) ;
- Exhumation lors des phases tectoniques alpines (fin du Miocène) corrélative de l'hydratation de l'anhydrite ; apparition d'un faciès à grands plans de clivage et d'un faciès albâtre (formes dites en boules et « entérolithique »). Nombreuses discontinuités occupées par du gypse fibreux.

Figure 16 - Fig. 9 Le gypse secondaire de la carrière de Mazan (forte fracturation oblique)



Le Rupélien (Oligocène) n'est plus du tout exploité (dans le Vaucluse : La Roque-sur-Pernes, L'Isle-sur-la-Sorgue ; dans les Bouches-du-Rhône : Gémenos, Saint-Jean-de-Garguier, Saint-Pierre-les-Martigues).

Le gypse du Chattien d'Aix-en-Provence, considéré autrefois comme d'excellente qualité, est abandonné depuis très longtemps (galeries peu stables en situation suburbaine à urbaine).

À noter que les gypses des chaînons subalpins (Maurienne, Baronnies, Digne) sont tous d'âge triasique (rarement rupéliens – Montbrun-les-Bains) et qu'ils ont subi une anhydritisation d'enfouissement, suivie du passage à du gypse secondaire lors des phases tectoniques les ayant convoqués vers la surface.

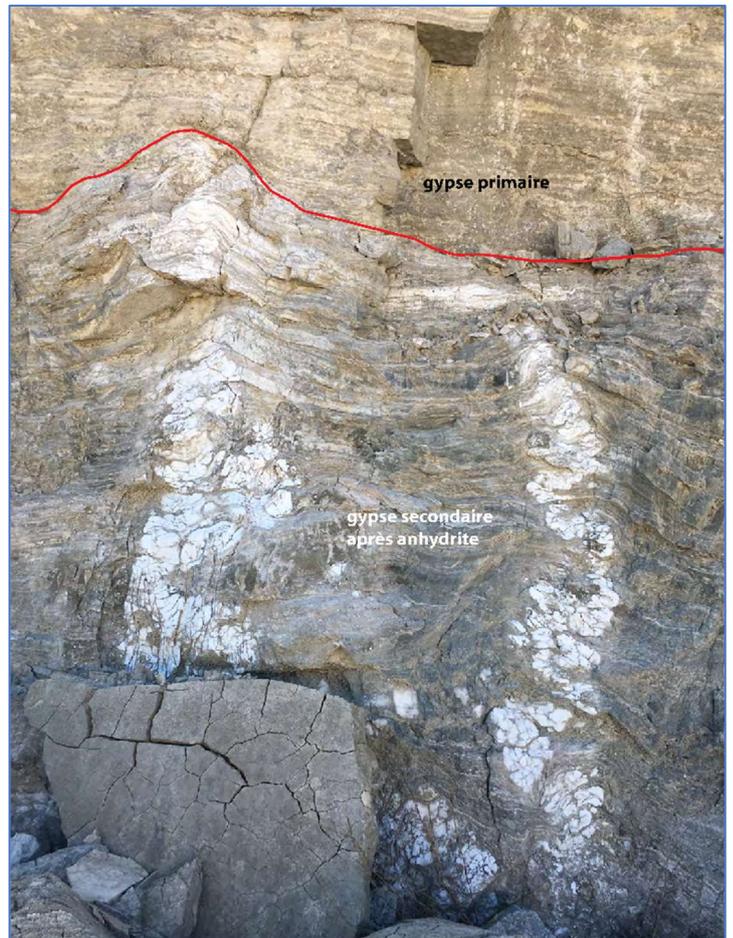


Figure 17 Faciès albâtre en boules

anastomosées, résultant d'une transformation de gypse secondaire à grands plans de clivage ; du gypse primaire intact, protégé de la déshydratation, surmonte le gypse secondaire (contact irrégulier).

- **Chainons subalpins : Digne et sa tectonique impliquant le salifère du Trias**

L'une des caractéristiques importantes concernant cette région relève de la tectogenèse alpine, globalement marquée par une poussée d'Est en Ouest, qui a provoqué le décollement de l'importante accumulation pluri-kilométrique mésozoïque du soubassement cristallin grâce à la semelle évaporitique du Trias.

En effet, les évaporites les plus fréquentes (sulfates et chlorures) acquièrent un comportement visqueux lorsqu'elles sont soumises à de fortes pressions. Elles vont alors servir de « couche savon » si une poussée latérale s'exerce sur une pile sédimentaire compétente (à savoir, résistante mais souple et déformable).

Ce phénomène s'est produit dans tous les chaînons subalpins, depuis le Chablais jusqu'aux Préalpes de Castellane. La notion de nappe de charriage est d'ailleurs née dans cet espace grâce à la sagacité des géologues alpins de la fin du dix-neuvième et du début du vingtième siècle (Marcel Bertrand, initiateur de la notion de nappe de charriage).

La nappe de Digne possède une assez grande complexité, en sorte qu'elle fait encore aujourd'hui l'objet de travaux et d'hypothèses. Elle est constituée de nappes empilées, très plicaturées, dont la flèche (déplacement horizontal) dépasse 15 km.

La plus récente recouvre les dépôts du Miocène supérieur, voire du Pliocène, ce qui indique l'existence de mouvements très significatifs postérieurs à - 4 Ma.

Des lobes individualisés, plus ou moins étendus, composent ces nappes ; celui de Moustiers, qui contient le gisement de Saint-Jurs, est situé au Sud-Ouest de l'ensemble mobilisé par cette forme de tectonique.

Figure 18 - Représentation schématique de la nappe de Dignes (lobes, cailles...)

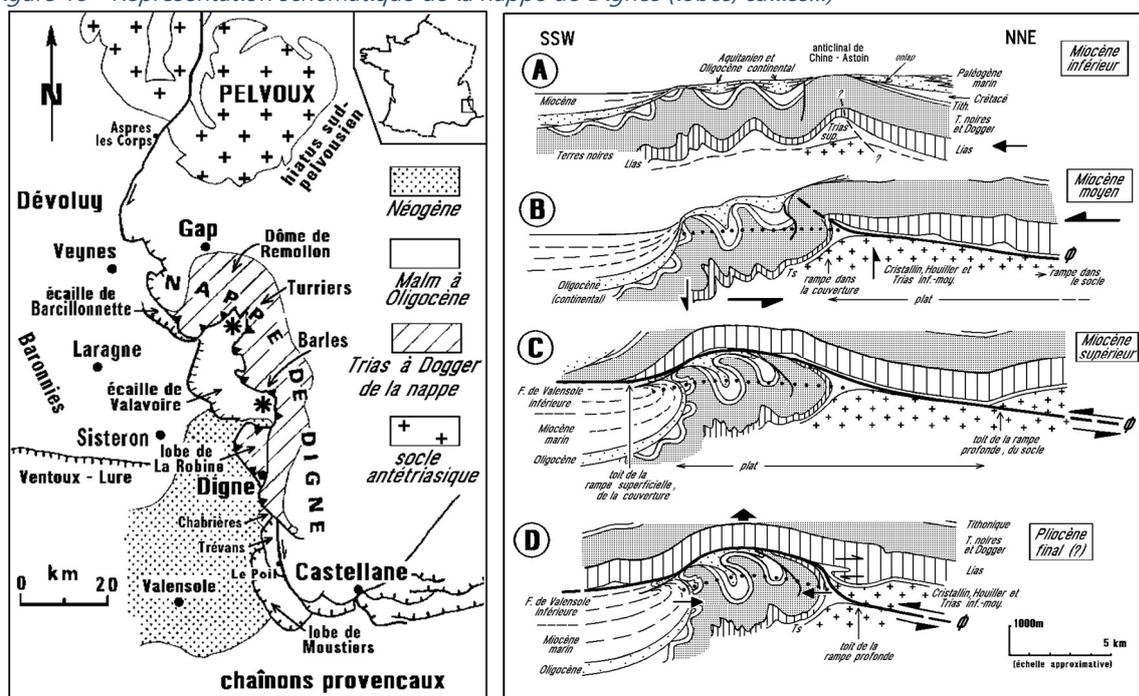


Figure 19 - Coupe montrant l'évolution tectonique de la nappe de Digne au cours du Néogène (Miocène et Pliocène)

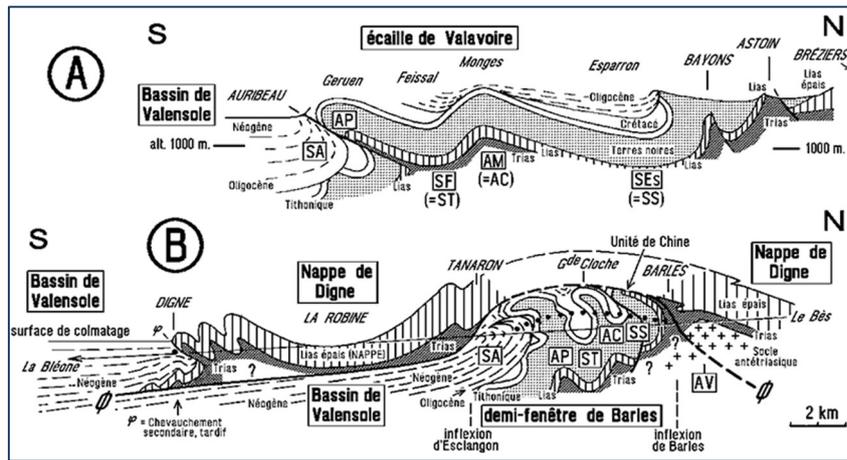


Figure 20 - Injection de Trias évaporitique dans les plicatures de la nappe de Digne

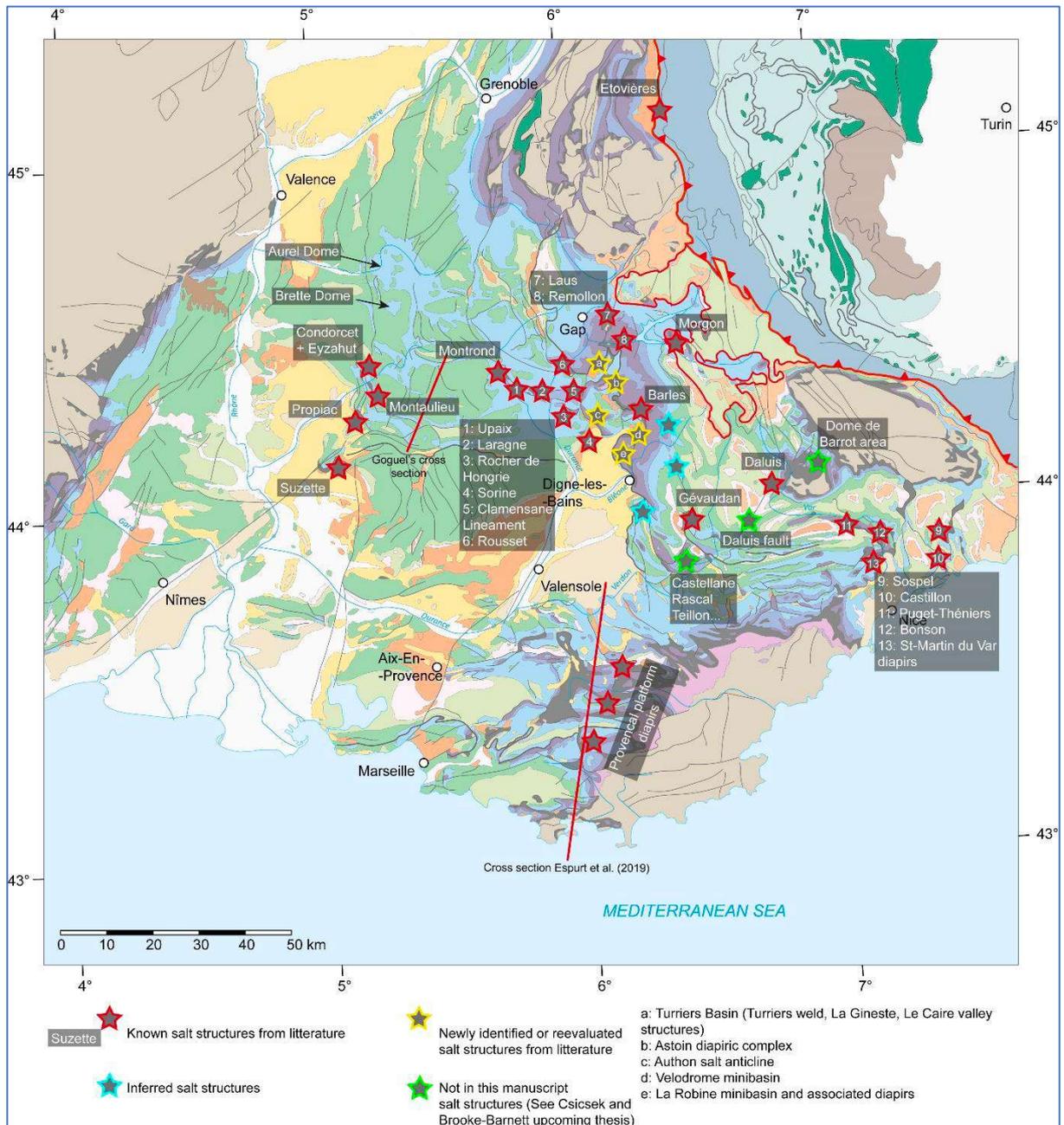


Figure 21 - Fig. 14 Localisation des « appareils » évaporitiques dans le contexte de la nappe de Digne et dans les régions voisines (Naïm Célini, thèse, 2020, fig. 81).

Le Trias gypseux et salifère a joué le rôle de lubrifiant lorsque la poussée exercée sur les masses épaisses du Mésozoïque s'est manifestée. Un tapis de matériaux carbonatés et marneux a donc voyagé sur la semelle triasique, subissant de fortes plicatures et des fracturations obliques à fort pendage. Les matériaux évaporitiques se sont trouvés injectés dans les plicatures anticlinales ; quelquefois, un véritable diapirisme s'est mis en place mais il convient de noter que certains affleurements gypseux attribués à des diapirs (une vague de « diapirisme » semble toucher les chercheurs intéressés par cette région...) ne soient que des injections anticlinales.

Le seul diapir « incontestable » est celui de Lazer, mais il est situé outre Durance, hors du système des nappes de charriage, aligné sur une fracture Nord-Ouest—Sud-Est. Celui d'Astoin se trouve au cœur du système des nappes et, malgré sa taille, il n'est pas certain qu'il appartienne à un diapir.

- **Typologie des affleurements**

En raison de la présence des évaporites à la base de la semelle des lobes et des écailles, les effleurements possèdent une morphologie en forme de **lanières lenticulaires** d'extension très limitée, ou de paquets isolés dans des matériaux mésozoïques.

Lorsque le diapirisme est avéré, les masses évaporitiques sont plus vastes et ont tendance à déborder sur les calcaires ou les marnes du Jurassique. C'est le cas du gisement de Lazer (fig. 22).

Figure 24 - Lazer : gypse triasique très plicaturé et bréchifié recouvrant des marnes du Jurassique (Pierre Thomas, Planet-Terre)



Figure 23 - gypse rubané, marnes et calcaires de trias bréchifiés) facies diapirique de Beaumes-de-Venise



Figure 22 - Cargneules (carbonates typique des matériaux triasiques diapirisés

Le litage, lorsqu'il existe, n'est jamais d'origine primaire. En effet, le gypse a tout d'abord subi les effets de la déshydratation, très perturbateurs, puis ceux de l'hydratation accompagnés de la participation à des mouvements tangentiels (semelle de décollement) ou verticaux (diapirisme) ayant créé des laminations d'étirements. Les carbonates (calcaires et dolomies) sont en général broyés ce qui est à l'origine d'un faciès particulier, celui des « cargneules ».

- ***Principaux faciès des gypses secondaires du Trias***

Les gypses secondaires présentent plusieurs faciès :

- Masses blanchâtres (boules isolées ou coalescentes) à grains très fins de type albâtre ;
- Granulaire (saccharoïdes) ;
- Fibreux : l'hydratation de l'anhydrite provoque une augmentation de volume de 15 % ; les solutions sulfatées occupent alors toutes les discontinuités physiques disponibles dans la masse gypseuse ou dans les roches encaissantes (fissures, micro-fractures) et c'est le faciès fibreux qui cristallise.

- ***Identité de la Haute-Provence***

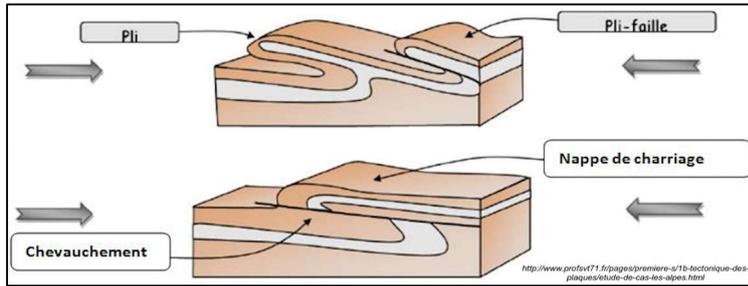
En Haute-Provence, le gypse est présent dans de nombreux secteurs et son exploitation est attestée dans plus de 40 communes. Il s'est formé principalement au cours de 2 époques géologiques distinctes : au Trias, début de l'ère secondaire (plus de 200 millions d'années) ; à l'Oligocène, ère Tertiaire (moins de 300 millions d'années).

Le gypse Oligocène se trouve surtout dans le Sud-Ouest du secteur (Manosque et environ), il est souvent intercalé avec des dépôts calcaires selon une stratigraphie relativement régulière et horizontale. Sa couleur dominante est blanche.

Les autres secteurs du département contiennent un gypse du Trias, formé à l'ère secondaire. Sa stratigraphie très perturbée a souvent servi de « savon » lubrifiant les mouvements tectoniques. On le retrouve parfois en amas, bourrelets plus ou moins importants avec les multiples plissements du massif alpin. Il présente des faciès très variables, parfois même d'une zone à l'autre dans un même site de carrière. Son faciès plus ou moins tendre est assez variable, plus ou moins grossièrement cristallisé selon des types saccharoïdes, ou parfois fibreux.

De couleur blanche, parfois jaunâtre à rougeâtre, gris, finement lité ou en feuillets transparents, il existe sous de nombreuses formes cristallines, comme, les plaquettes (verre de Marie, miroir d'Anne, miroir de Sainte-Marie, miroir de la Vierge, miroir du Pèlerin, pierre à Jésus), les prismes, les aiguilles, les lenticulaires, les macles (fer de lance, queue d'hirondelle, pied d'alouette, queue d'aronde), en agrégats fibreux plus ou moins long, en concrétion dans les cavités souterraines (les crosses de gypse), et sous une forme plus particulière : la rose des sables.

Figure 25 - <https://www.geoparchauteprovence.com/gypse>



On peut y trouver des noyaux ou des amas d'anhydrite naturels (même formule chimique CaSO_4 mais sans molécules d'eau) impropre à la fabrication du plâtre. Cette roche en général blanche est beaucoup plus dure que le gypse qui a été exploité

localement pour la sculpture (Saint Geniez).

Lorsqu'il est compact, à grain blanc et finement cristallisé, il prend le nom d'albâtre (ou albâtre gypseux), pierre réputée pour ses qualités en sculpture.

Il peut aussi se trouver sous forme compacte à grain plus ou moins grossier, le gypse saccharoïde.

- **Typologie des gypses extraits en carrière**

Les gypses triasiques exploités pour l'architecture en PACA, au 19^e siècle en tout cas, sont formés d'amas cristallisés mélangés à des impuretés comme des argiles ou des oxydes qui lui donnent sa couleur rose et par transformation celle du plâtre. Il est possible de le trouver également en bloc saccharoïde blanc. Ces deux morphologies sont utilisées pour produire le plâtre qui, suivant les sites, sera du rose au rouge ou blanc. Ce dernier étant plutôt utilisé pour la gypserie ou les enduits.

Il est à noter que sur les sites d'extraction, de l'anhydrite (CaSO_4), se trouve parfois incluse. Impropre à la fabrication

du plâtre, elle peut cependant être utilisée pour la construction, en bloc taillé, permettant d'obtenir facilement un très beau polissage. De même, pour les blocs de gypses homogènes, ils peuvent aussi être utilisés en pierre de taille.



Figure 26 - Morceau de gypse - site de Saint Jurs

Les échantillons de gypse et de mortier des 29 communes (archivés au service départemental d'Architecture, analysés par Placo et Knaupf, dans le cadre de l'étude de Francine Simonin, indiquent une grande pureté : en moyenne 91 % avec des pointes de plus de 95 % de sulfate de calcium hydraté. Indépendamment de la couleur de l'échantillon.¹

Le gypse se divise en trois catégories d'utilisation :

- Le gypse pour le plâtre,
- L'albâtre pour les sculptures,
- L'albâtre calcaire, appelé également marbre pour les mortiers à pilier.

Seule la première est calcinée, les autres sont utilisées cuites.

¹ Fabrications et utilisations du plâtre en Haute-Provence, Salagon, conservatoire du patrimoine ethnologique de Haute-Provence, 1995, Francine Simonin



© IGN 2023 - www.geoportail.gouv.fr/mentions-legales

Longitude : 6° 19' 45" E
 Latitude : 43° 59' 06" N

Figure 28 - Cartographie extraite de Géoportail. En rouge, le gisement de gypse. Les points orange correspondent à des sites référencés, extractions, transformations... Les points verts correspondent à des chantiers réalisés en plâtre roses. Les points marrons correspondent aux sites industriels actuels