

GÉOLOGIE

LE GYPSE DE CORMEILLES-EN-PARISIS

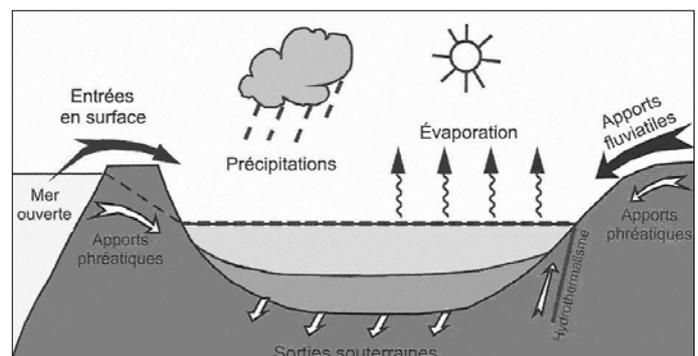
Dans la carrière exploitée par Placoplatre® (ex carrière Lambert), sur le flanc sud-est de la butte de Cormeilles-en-Parisis (Val-d'Oise), se trouve une couche de gypse de l'époque Éocène, il y a 40 Ma (millions d'années). D'une épaisseur cumulée d'environ 26 mètres, ce gypse est extrait depuis plus de deux siècles pour la production du plâtre. Il a été rendu célèbre par la faune de fossiles de mammifères ainsi que par les travaux pionniers de minéralogie-pétrographie du gypse auxquels il a donné lieu à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècle.



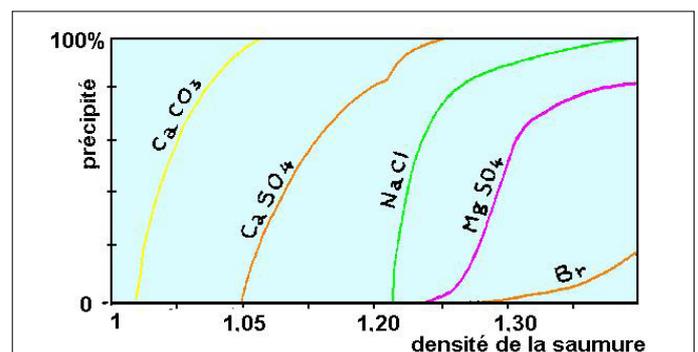
► Front de taille de la carrière de Cormeilles-en-Parisis (2012).

QU'EST-CE QUE LE GYPSE ?

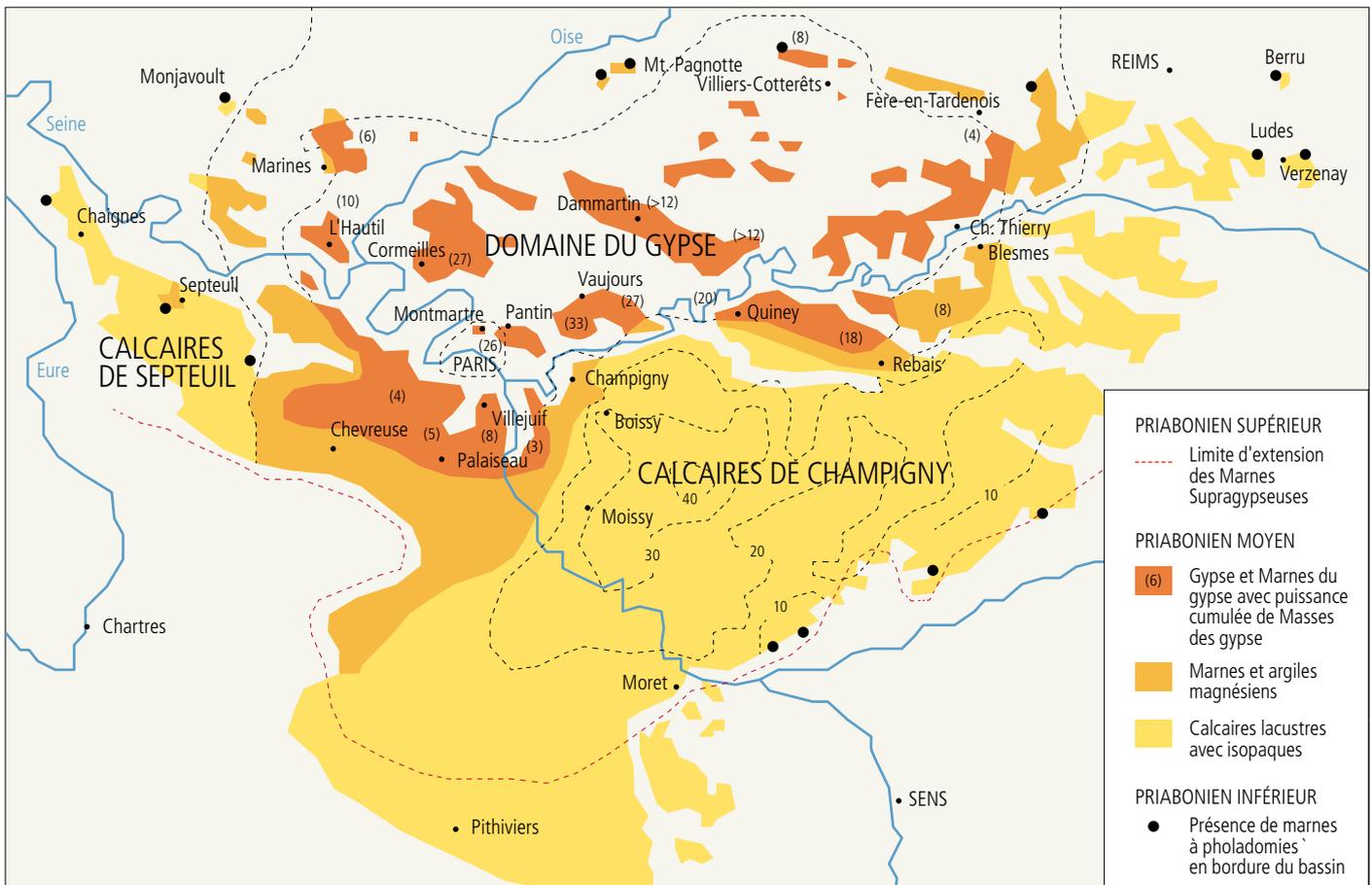
Le gypse est un sulfate de calcium hydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). C'est une roche sédimentaire constituée de minéraux ayant précipité à la suite d'une augmentation de leurs concentrations dans une saumure. Le gypse fait partie d'un groupe de sédiments appelés évaporites ou roches évaporitiques. Le sel (NaCl) ou halite est parmi les évaporites les plus connues au monde.



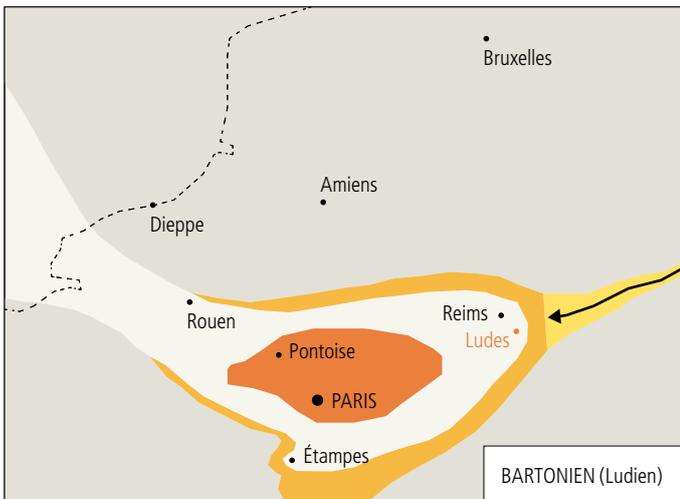
► Les principaux facteurs contrôlant la sédimentation évaporitique.



► Séquence de précipitation des sels dans une saumure au cours d'évaporation.



► Distribution du faciès du Priabonien (Ludien) autour de Paris.



► Extension des mers et terres au cours du Priabonien (Ludien) dans le bassin de Paris.

PROPRIÉTÉS DU GYPSE

Formule chimique: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Densité: 2,317

Dureté: 2 (sur une échelle de 1 à 10 (diamant))

Couleur: Incolore, blanc à jaunâtre, parfois brunâtre, verdâtre, bleuâtre selon les impuretés associées.

Solubilité: 2,4 g/l (0° C) ou 2,2 g/l (100° C)

QUELQUES CHIFFRES

L'épaisseur théorique totale des évaporites fournies par l'évaporation d'une colonne d'eau de mer de 1 000 m de hauteur est :

Carbonates: 0,05 m

Gypse: 0,5 m

Sel (halite): 12 m

Sels de potasse et magnésium: 2,6 m

Les évaporites se forment par précipitation d'ions en solution, dans un milieu aqueux sursaturé (saumure) soumis à une évaporation intense. Lorsque l'eau s'évapore, des particules détritiques se déposent. Les ions qu'elle contient précipitent sous forme de sels. Les matériaux déposés constituent une séquence évaporitique. L'ordre de précipitation des sels est déterminé par le taux d'évaporation et la concentration des ions dans la saumure. La séquence classique est la suivante : CaCO_3 (calcite) – CaSO_4 (gypse) – NaCl (halite) – MgSO_4 (epsomite) et finalement des sels de Bromate et Potasse. Mais en raison des conditions particulières à chaque environnement la séquence finale n'est jamais la même. C'est pourquoi on ne trouve pas d'halite ou de sels potassiques à Cormeilles-en-Parisis.

Diverses conditions sont nécessaires à la formation de gisements évaporitiques. Le milieu doit être aride, mais pas forcément chaud, par exemple les ceintures tropicales et équatoriales (lac Tchad), les zones à climat très froid (Salar d'Uyuni en Bolivie). Il faut que les apports d'eau soient inférieurs à l'évaporation. Le système doit être plus ou moins isolé, de façon à minimiser les apports d'eau, qu'ils soient météoriques ou marins. Un tel isolement est possible par une barrière tectonique, volcanique ou sédimentaire. Un apport d'eau est cependant indispensable, car le système a besoin d'un apport d'ions constant.

Autour de Paris, le bassin intracratonique typique, des évaporites se sont déposées régulièrement depuis le Lutétien (48 Ma) jusqu'à la fin du Priabonien – Ludien – (36 Ma) dans un climat subtropical à un climat aride couvrant une surface totale de 5 400 km. Ces épisodes évaporitiques s'inscrivent dans une évolution paléogéographique marquée par une succession de transgressions et régressions marines qui affectaient un bassin de plus en plus restreint et réduit à un golfe s'ouvrant vers la Manche et passant sous la dépendance de l'Atlantique.

SUCCESSION DES COUCHES DE GYPSE À CORMEILLES-EN-PARISIS

L'extraction à ciel ouvert du gypse dans la carrière de Cormeilles nous offre un endroit idéal pour examiner la succession Eocène dans le bassin de Paris. Le pendage horizontal, non faillé et non plié des couches de sédiments favorise énormément notre étude.

Le premier épisode gypseux important rencontré se trouve à la fin du Bartonien (40 Ma) sous le nom de Quatrième Masse. Il est composé d'une alternance de gypse saccharoïde et pied d'alouette et ne dépasse guère les 2 m d'épaisseur.

La base de l'étage Priabonien est marquée par une transgression généralisée sur tout le centre du Bassin de Paris (Marnes à Pholadomya ludensis). Ces marnes, également nommées Marnes infragypseuses, correspondent à un ultime épisode marin transgressif par l'ouest. Leur épaisseur est faible (1 à 3,50 m). Elles présentent un faciès marneux : marnes jaunes à beige crème, parfois diaclasées et souvent gypseuses (rognons de gypse pulvérulent ou gros cristaux), avec passées marneuses dolomitiques fréquentes, localement fossilifères (faune abondante).

Puis, à la suite d'une régression partielle, au Priabonien moyen (Ludien moyen), s'installent, du sud-est au nord-ouest du bassin, des faciès continentaux (calcaires de Champigny), des faciès saumâtres (notre gypse) et enfin des faciès marins, marnes marines du Vouast au cœur du Vexin français plus à l'ouest. Cette période correspond à l'installation d'un régime lagunaire, qui se traduit par un faciès sur-salé où se déposent alternativement des masses de gypse saccharoïde et des bancs de marnes à intercalations gypseuses. L'ensemble atteint 30 à 36 m d'épaisseur dans la carrière de Cormeilles-en-Parisis. Les différentes couches ont été dénommées par les carriers en commençant par le bas :

Troisième Masse du gypse (3 m) : elle est composée de gypse saccharoïde avec des intercalations de lits de gypse pied d'alouette et des passées de marnes blancs.

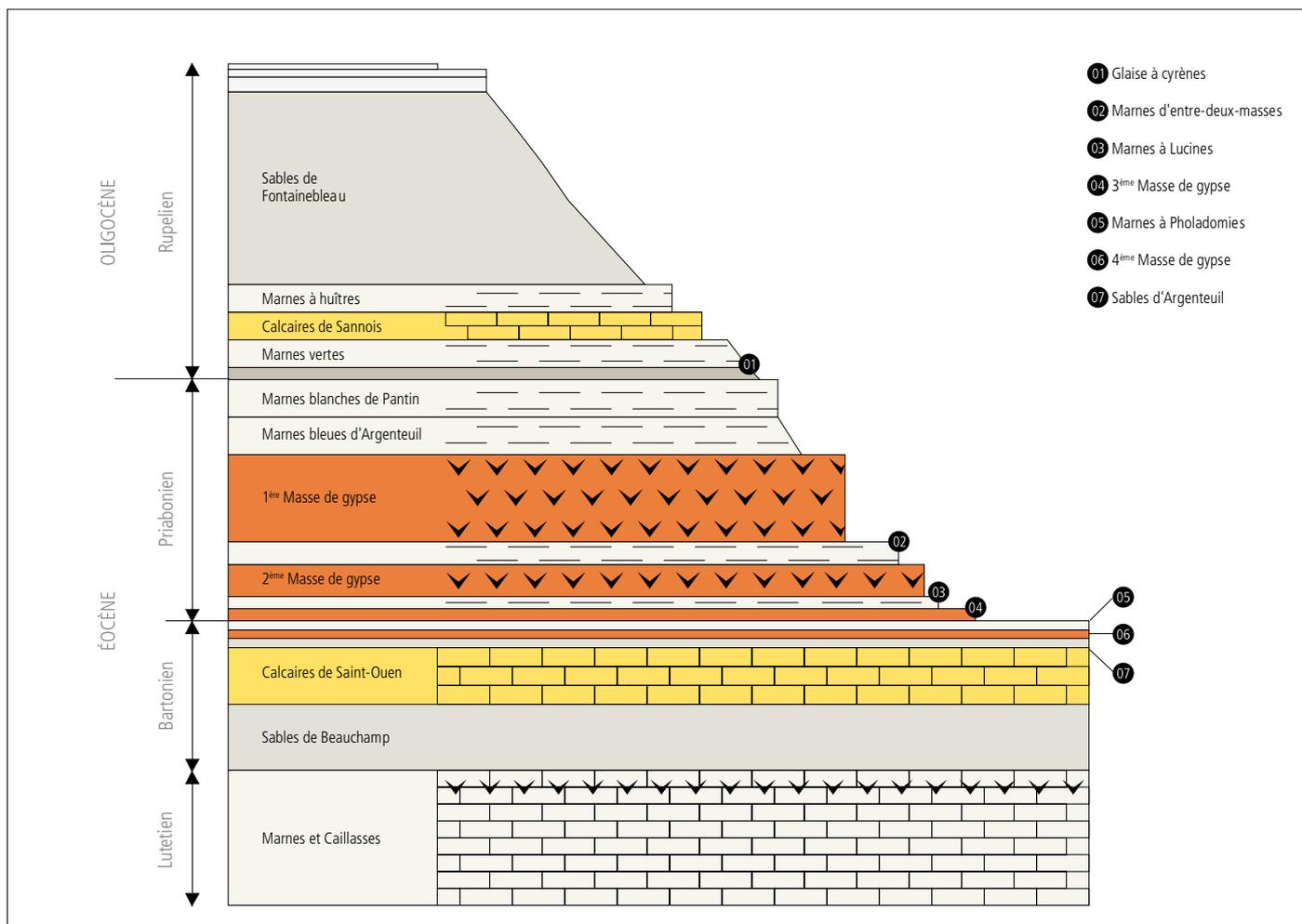
Marnes à Lucines (3 à 4 m) : ce sont des argiles magnésiennes, blanches, grises, jaunâtres ou gris bleuté, d'aspect marbré ou cérébelleux, souvent compactes, parfois feuilletées, entrecoupées de passées

de gypse jaunâtre. Le contenu fossilifère est peu diversifié avec une malacofaune (faune composée de mollusques) assez pauvre, des foraminifères (miliolidés, discorbiidés). Le contenu faunistique suggère que des apports marins parvenaient encore à pénétrer dans un environnement de plus en plus restreint.

Deuxième Masse du gypse ou Masse moyenne (4 à 7 m) : cette masse est composée de bancs de gypse saccharoïde, séparés par plusieurs lits réguliers de gypse pied d'alouette et par quelques passées marneuses. Vers le milieu de la formation ou à son toit, le gypse se délite en montrant des surfaces ondulées de type « ripple mark », comme les rides trouvées sur une plage de sable.

Marnes d'Entre-Deux Masses (Marnes à fers de lance) (3 à 5 m) : Cette formation offre une succession de bancs de 1° marnes calcaires, blanches, à cassure conchoïdale, tachetées de rouille, 2° marnes magnésiennes compactes et marbrées et 3° marnes gypseuses, séparées par des lits d'argiles feuilletées, brunes ou verdâtres. Elles sont connues pour la présence de beaux spécimens de cristaux de gypse présentant la célèbre macle en fer de lance. Ces marnes sont pratiquement stériles témoignant d'un passage à des conditions continentales.

Première Masse du gypse ou Haute Masse (5 à 17 m) : cette formation est complètement différente des niveaux inférieurs tant par son épaisseur et son caractère massif, à l'exception de quelques lits marneux, que par l'homogénéité du faciès du gypse composé exclusivement de gypse saccharoïde pouvant présenter des diaclases (brèches verticales). Sa puissance atteint 17 m à Cormeilles-en-Parisis, elle diminue vers le nord-ouest et le nord. C'est dans la Première Masse que fut découverte la célèbre faune de vertébrés de Montmartre, initialement décrite par Cuvier en 1825. A coté de nombreuses espèces de Paléothérium, la faune comporte d'autres périssoctyles et artiodactyles, des marsupiaux, des chiroptères, des carnivores et des poissons.



► Colonne stratigraphique simplifiée de la succession sédimentaire de Cormeilles.

Pour terminer notre description, les bancs de gypses sont surmontés par deux couches distinctes de marnes de l'âge Priabonien supérieur (Ludien supérieur) qui jouent un rôle très important dans la conservation des couches de gypse puisqu'ils les protègent des infiltrations d'eau grâce à leur imperméabilité.

Marnes bleues d'Argenteuil (9 à 12 m) : Elles reposent directement sur les masses et marnes du gypse. Ce sont des marnes beaucoup plus argileuses que les Marnes blanches de Pantin sus-jacentes. Elles sont brun jaunâtre à la base, puis essentiellement gris-bleu, d'où l'appellation Marnes bleues. La structure est souvent litée. Cette formation marneuse est fréquemment interrompue par des feuilletts sableux, ligniteux et pyriteux, surtout dans la zone bleutée; à la base s'intercalent parfois des lits de gypse saccharoïde impurs. Leur épaisseur atteint 9 m à Cormeilles-en-Parisis. Ce sont des dépôts lagunaires peu fossilifères.

Marnes blanches de Pantin (5 à 7 m) : Il s'agit d'une formation marno-calcaire, gris verdâtre à la base, blanchâtre au sommet. Sous l'effet de la dessiccation, elle se débite en blocs prismatiques. Quelques niveaux sont à noter :

- au sommet : un banc de gypse cristallisé sous forme de prismes tronqués ou de rosettes, appelé « marabet » par les carriers; épais de 1,40 m à Cormeilles-en-Parisis, il disparaît vers le Nord;
- à différentes profondeurs : des niveaux d'oolites calcaires blanchâtres, parfois roussâtres, des îlots de calcaire siliceux, des feuilletts isolés de gypse et d'argile.

La faune contenue dans les marnes est caractéristique des dépôts de milieu laguno-lacustre et renferme quelques restes de vertébrés et des ostracodes.

Si les Troisième, Deuxième et Première Masses de gypse font l'objet d'une exploitation, c'est la Première Masse qui, en raison de sa forte

épaisseur et de son homogénéité, a été la plus intensivement exploitée, que ce soit en carrière à ciel ouvert ou en exploitation souterraine.

En bref, la période évaporitique de la fin d'Eocène marque une forte régression des influences marines dans le golfe parisien et le passage progressif à des environnements continentaux. L'intervalle stratigraphique concerné par le dépôt des gypses est caractérisé latéralement par une sédimentation de calcaires lacustres dont l'extension progresse vers le centre de la cuvette au cours de la période. C'est le cas du Calcaire de Champigny considéré comme un dépôt de précipitation chimique équivalent marginal du gypse, du Calcaire de Septeuil vers l'ouest et du Calcaire de Château-Landon.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE GYPSE

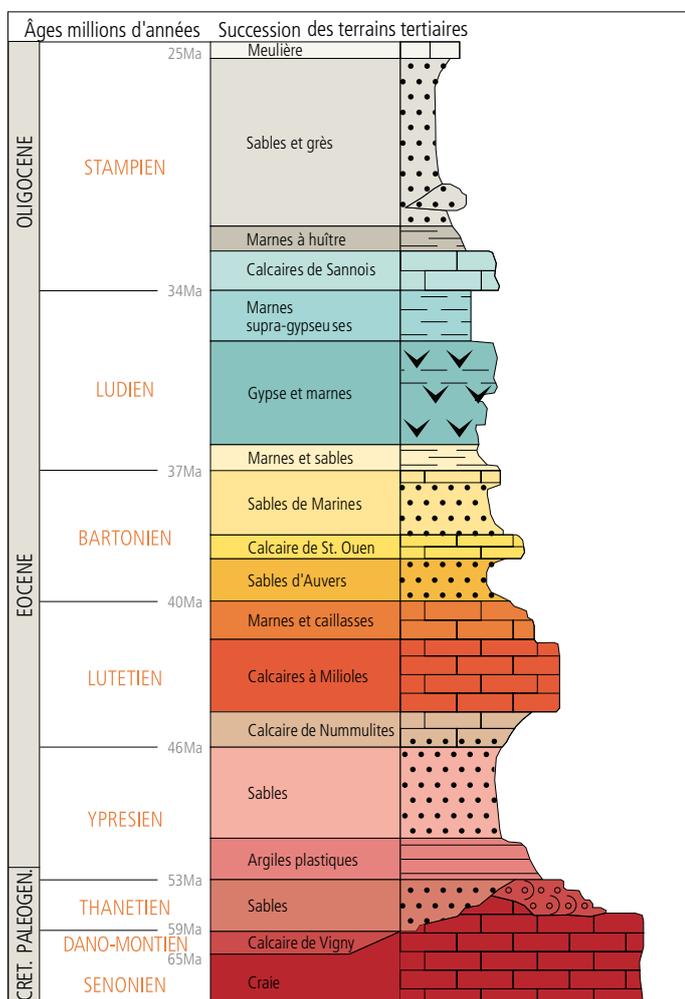
Pour simplifier, le gypse trouvé à Cormeilles est caractérisé par l'étroite association de gypse primaire de précipitation sous-aquatique, de gypse de croissance diagénétique précoce et de gypse détritique. Ces dépôts s'organisent souvent en séquences d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Il convient d'y ajouter des gypses lenticulaires primaires, mais formés par croissance interstitielle à l'intérieur d'un sédiment hôte donc au cours d'une diagenèse précoce.

Le gypse pied d'alouette est le faciès le plus spectaculaire rencontré dans les Quatrième, Troisième et Deuxième Masses. Il est composé de cristaux simples présentant un aspect en chevrons ou maclés selon la macle dite fer de lance et dont la taille peut aller de quelques millimètres à quelques décimètres. Les cristaux simples sont très largement prédominants. Intercalés dans le gypse laminé, on peut aussi observer des lits cristallins dont l'épaisseur ne dépasse pas un millimètre. Ces cristaux sont généralement orientés subverticalement en formant des arrangements en palissade lorsque les cristaux sont parallèles ou en dômes lorsqu'ils divergent vers le haut.

Les cristaux se développent dans la saumure à partir de germes qui naissent à l'interface sédiment-saumure et qui servent de noyaux à partir desquels la croissance cristalline progresse vers le haut, selon un mode compétitif; les cristaux les plus développés sont ceux dont l'orientation initiale des germes était la plus favorable. Le résultat en est la formation, sur le fond, d'une croûte cristalline mamelonnée et souvent discontinue ou bien d'un lit plus régulier prenant l'allure d'une pelouse cristalline. On trouve actuellement des environnements similaires dans nos marais salants atlantiques et méditerranéens.

Le gypse saccharoïde est le deuxième type de gypse le plus fréquent qui procède quant à lui de deux modes de formation différents: la précipitation sous-aquatique dans la tranche d'eau de petits cristaux qui se sédimentent sur le fond et la résédimentation sous forme de gypse détritique.

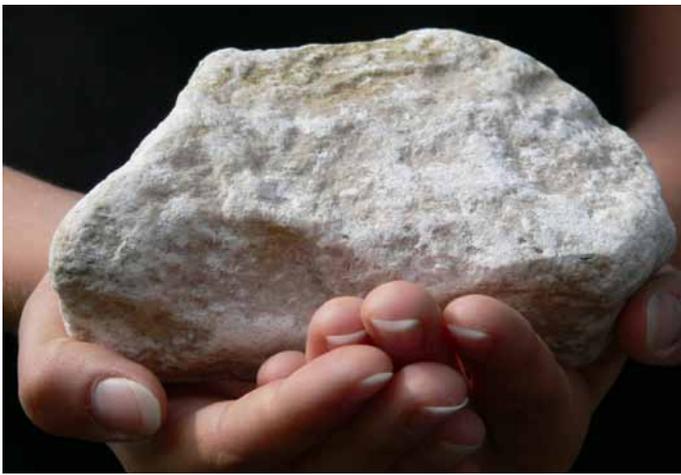
Les gypses de précipitation sous-aquatique sont généralement composés de petits cristaux lenticulaires ou tabulaires de quelques dizaines à quelques centaines de microns. Ces cristaux sont fréquem-



► Succession stratigraphique des terrains dans le bassin de Paris.



► Séquence type de gypse laminé (partie en bas) surmonté par du gypse pied d'alouette.



► Échantillon du gypse saccharoïde de Cormeilles-en-Parisis.

ment remis en suspension et re-sédimentés en relation avec l'agitation du milieu (vagues, tempêtes, inondations temporaire pendant des périodes d'assèchement, remise en eau consécutive à une émergence).

Le gypse détritique quant à lui est très abondant et s'observe de préférence au toit des couches de gypse pied d'alouette où il recouvre la surface érodée des croûtes, s'infiltré dans les espaces intercrystallins ou emplit les poches de dissolution à la surface des cristaux. Il est essentiellement composé d'un mélange de fragments de gypse cristallin ou des cristaux primaires remis en suspension ou re-sédimentés. Ces couches de gypse clastiques sont souvent caractérisées par une stratification lenticulaire et emboîtées, ainsi que par des figures de courant très fréquentes.

L'épaisseur des couches atteint souvent plusieurs décimètres et la Première Masse est presque exclusivement composée par du gypse re-sédimenté. La re-sédimentation n'implique pas un transport très long. La faible dureté, solubilité élevée et l'instabilité du milieu de sédimentation rendent les dépôts gypseux vulnérables aux processus d'érosion par les courants, les tempêtes etc. L'idée très répandue selon laquelle le gypse serait difficilement transportable doit être abandonnée. Le gypse détritique est un composant important de nombreuses séries évaporitiques.

Le gypse lenticulaire se forme par croissance interstitielle au sein d'un sédiment hôte qu'il s'agisse de marnes ou de gypse saccharoïde. Il s'agit donc d'une croissance diagénétique précoce. Ces cristaux se développent à partir des saumures saturées piégées dans les sédiments. C'est dans cette catégorie qu'on trouve les célèbres cristaux en fer de lance du bassin parisien.



► Gypse cristallin à croissance dendritique (fers de lance) à l'intérieur du gypse saccharoïde.

LA DISPOSITION DES COUCHES DE GYPSE

À l'exception de la Première Masse, les couches gypseuses des masses sous-jacentes sont organisées sous la forme d'une répétition de séquences plus ou moins complètes.

La séquence type débute par du gypse laminé qui passe verticalement à du gypse cristallin pied-d'alouette. Les séquences peuvent s'empiler sans discontinuité notable reflétant alors des fluctuations de salinité périodiques dans une tranche d'eau relativement stable. Très fréquemment, les croûtes cristallines sont tronquées par une surface d'érosion remblayée par du gypse détritique. Les têtes de cristaux sont tronquées ou cassées et la surface des croûtes creusées de cavités de dissolution. Cette surface témoigne d'une phase de dessèchement au cours de laquelle les dépôts sont détruits, fragmentés et resédimentés. Les épisodes d'érosion ont été nombreux au cours du dépôt des différentes masses au point de rendre difficile l'étude de l'enregistrement cyclique de la sédimentation qui a été pratiquement effacé dans la Première Masse, uniquement composée de gypse resédimenté.

Le gypse qui compose ces séquences est caractérisé par une lamination infra-millimétrique à millimétrique. Visible à la fois dans le gypse laminé et dans le gypse cristallin de type pied d'alouette. Comme le montrent les photos ci-dessus, les grands cristaux de gypse pied d'alouette présentent une lamination interne, sous la forme de bandes claires et foncées, soulignant des zones d'accroissement.

Le dépôt du gypse est donc marqué par une rythmicité à différentes échelles de temps qui se traduit par une lamination interne des dépôts et par des séquences décimétriques qui sont à leur tour regroupées en quatre masses principales d'épaisseur métrique. La lamination millimétrique peut être attribué à un contrôle saisonnier.

L'examen sommaire des structures sédimentaires montre que le gypse s'est déposé dans un environnement de faible profondeur marqué par des variations périodiques de concentration des eaux et par des fréquents épisodes de dessiccation, d'érosion-dissolution et de resédimentation qui sont allés croissant au cours de la période concernée pour culminer, pendant le dépôt de la Première Masse qui est composée uniquement de gypse détritique.

D'OÙ VIENT LE GYPSE ?

L'origine du gypse a donné lieu à une importante controverse scientifique qui n'est pas complètement éteinte entre les tenants d'une formation par évaporation de l'eau de mer d'une lagune fermée et ceux qui considèrent que le gypse s'est formé en milieu continental alimenté en sulfate dissout par le lessivage des évaporites triasiques présentes à l'est du bassin de Paris et transportés par des fleuves.

À la fin de l'Éocène, le bassin de Paris était réduit à un golfe alimenté par la Manche via un détroit plus ou moins parallèle à l'actuelle vallée de la Seine, sa connexion directe avec la mer du Nord étant interrompue par le soulèvement au nord de l'anticlinal de l'Artois.

Les entrées marines étaient encore fréquentes pendant le dépôt des Marnes à Pholadomyes, elles n'ont cessé de régresser par la suite, corrélativement avec une extension des environnements lacustres vers le centre de la cuvette où se déposaient les gypses.

La distinction entre évaporites marine et continentale est parfois artificielle tant il est vrai que lorsqu'un bassin est en communication restreinte avec la mer, il se « continentalise » et la contribution des apports d'eau douce prend de l'importance dans le bilan hydrologique du système.

On peut considérer, en prenant en compte l'ensemble des données que, pendant le dépôt de la Quatrième, de la Troisième et peut-être de la Deuxième Masse, l'eau de mer continuait encore à pénétrer dans le système, mais en quantité réduite et décroissante.



► Gypse fers de lance dans leur gangue de marnes, extrait de la carrière de la Forêt de Montmorency.

Les évaporites précipitaient à partir de solutions mixtes comportant une proportion de plus en plus élevée d'eaux continentales, jusqu'au dépôt des Marnes d'Entre-Deux Masses et de la Première Masse qui ont dû s'opérer complètement en régime continental.

ANALYSE GÉOCHIMIQUE

La composition isotopique du soufre de l'eau de mer a varié au cours du temps ce qui permet de différencier un sulfate qui a précipité à partir de l'eau de mer d'une époque déterminée d'un sulfate issu de recyclage d'évaporites plus anciennes.

La composition isotopique du soufre (^{34}S / ^{32}S) des sulfates priaboniens est éloignée de celle du sulfate océanique tertiaire et beaucoup plus compatible avec celle du sulfate de l'époque permo-triasique, ce qui agit en faveur d'un recyclage des séries permo-triasiques présentes à l'est du bassin de Paris.

Les Marnes à Lucines, intercalées entre les Troisième et Deuxième Masses, sont marquées par des assemblages faunistiques appauvris et pas toujours significatifs. Quant aux Marnes d'Entre-Deux Masses, elles marquent la disparition quasi-définitive de tout indicateur marin.

La Première Masse ne contient plus que des vertébrés terrestres ou d'eau douce. Les mêmes conditions lacustres se poursuivent ensuite pendant le dépôt des marnes sus-jacentes d'Argenteuil et de Pantin.

L'argument en faveur de l'origine marine tenait à la présence de faunes réputées marines dans les Marnes à Pholadomyes et les Marnes à Lucines, même si la macrofaune est surtout composée d'espèces d'affinités euryhalines capables de s'adapter à la sous-salure et aux environnements continentaux.

Les arguments en faveur de l'origine continentale sont principalement de nature géochimique. La composition isotopique des carbonates comme celle des eaux de cristallisation des gypses sont appauvries en isotopes lourds contrairement à ce que l'on pourrait attendre d'une eau de mer très évaporée.

CONCLUSION

Les évaporites en général et le gypse en particulier sont des produits issus d'une interaction complexe entre des facteurs externes (tectonique, climat) et des mécanismes intrinsèques de chaque bassin (degré d'évolution des saumures, pérennité ou répétitivité).

FINTAN CORCORAN – septembre 2009

GLOSSAIRE

● Diaclase

Terme utilisé pour désigner l'épisode au cours duquel une roche se fend sans que les parties disjointes s'éloignent l'une de l'autre (ne pas confondre avec la faille). Il n'y a ni déplacement (pas de rejet), ni remplissage. Ce type de fracture est souvent orienté perpendiculairement aux limites de stratification.

● Diagenèse (diagénétique)

Elle dénote l'ensemble des processus physico-chimiques et bio-chimiques par lesquels les sédiments sont transformés en roches sédimentaires. Ces transformations ont généralement lieu à faible profondeur, donc dans des conditions de pression et de température peu élevées.

● Euryhaline

Des organismes qui peuvent vivre dans des eaux de salinité variable.

● Faciès

Ensemble des caractères d'un sédiment qui renseignent sur son origine. Terme très général désignant la catégorie dans laquelle on peut ranger un minéral ou une roche en fonction de ses caractéristiques.

● Isopache

Ligne stratigraphique correspondant au lieu de tous les points d'épaisseur égale.

● Transgression

Mouvement de la mer qui déborde sur les aires continentales avoisinantes.

● Régression

Retrait de la mer en deçà de ses limites antérieures dû soit à une baisse du niveau de la mer, soit à un soulèvement du continent.

SOURCES ET BIBLIOGRAPHIE

AGBP, *Le gypse ludien de l'Île-de-France*, Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris, 1974, 76 p.

BEAUCHAMP J., Cours de sédimentologie in Site internet <http://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours-sed/sed-0.htm>

MEGNIEN C., (sous la dir. de -), *Synthèse géologique du bassin de Paris*, Mémoire du BRGM n° 101-102-103, Paris : BRGM, 1980.

MONTENAT C., BARRIER P., *Mémoire de Roches. Promenades géologiques dans le Vexin français*, Numéro spécial du Courrier Scientifique du Parc Naturel régional du Vexin Français, 2007, 42 p.

ROUCHY J.-M., BLANC-VALLERON M., *Les Evaporites. Matériaux singuliers, milieux extrêmes*, Collection Interactions, Société Géologique de France, Paris : Vuibert, 2006, 190 p.

TRAUTH N., FONTAINE C., *Le gypse Ludien de la région parisienne*, Congrès Annuel de l'APBG, Paris : APBG, 1987, 30 p.

LES ARTICLES DU MUSÉE DU PLÂTRE

Musée du Plâtre :

31, rue Thibault-Chabrand 95240 Cormelles-en-Parisis
01 39 97 29 68 – contact@museeduplatre.fr

Directeur de la publication :

Francis Allory

Création originiale :

Albéric d'Hardivilliers

Création graphique :

Léopoldine Solovici

En ligne sur :

www.museeduplatre.fr