Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 14 (1875-1877)

Heft: 75

Artikel: Études géologiques et chimiques sur quelques gisements de calcaires hydrauliques de l'Oxfordien et de l'Astartien du Jura neuchâtelois et vaudois

Autor: Klunge, A. / Tribolet, M. de

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-258463

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ÉTUDES GÉOLOGIQUES ET CHIMIQUES

SUR

quelques gisements de calcaires hydrauliques

de l'Oxfordien et de l'Astartien

du Jura neuchâtelois et vaudois

PAR

A. KLUNGE et M. de TRIBOLET. (1)

Parmi les travaux publiés jusqu'ici sur la chaîne du Jura, il n'y en a que fort peu qui, en étant consacrés à l'étude des matériaux techniques qu'elle renferme, aient ainsi un intérêt vraiment pratique (2). C'est pour remédier en partie à cet inconvénient, que nous avons entrepris une série d'études, tant géologiques que chimiques, sur les calcaires propres à la fabrication des mortiers hydrauliques. Ces calcaires, qui constituent une des vraies richesses du Jura, sont très répandus et aussi beaucoup utilisés. Leur grande importance technique dans le Jura

(1) Un extrait de ce travail vient d'être publié dans les *Archives des sciences*, etc., septembre 1875.

(2) Voy. : Noguès, in *Ann. Soc. agric., sc. et arts de Lyon*, 1871 ; Ogérien, *Hist. nat. du Jura, I: Géologie, Paris 1867.*

neuchâtelois et vaudois, est le principal motif qui nous a engagés à entreprendre ce travail en commun.

Le Vésulien, l'Oxfordien moyen et l'Astartien inférieur (1) sont les seuls horizons géologiques dans lesquels ces calcaires se rencontrent (2). Nous ne nous sommes occupés, dans ce travail, que des deux derniers étages, réservant le premier comme sujet d'études ultérieures.

Au point de vue pétrographique, les calcaires hydrauliques (3) de l'Oxfordien moyen et de l'Astartien inférieur se ressemblent plus ou moins, et se laissent reconnaître, au premier abord, comme propres à la fabrication des mortiers hydrauliques. Au point de vue chimique, chacun sait que leur composition varie beaucoup. Nous avons surtout étudié les calcaires provenant de gisements non encore utilisés, afin de pouvoir comparer les résultats obtenus avec les quelques analyses de ceux qui sont exploités aux Convers et à Vallorbes.

Quant à la marche de nos analyses, nous n'avons pas jugé qu'il fût nécessaire de distinguer la partie soluble dans l'acide chlorhydrique, de la partie insoluble. Elles ont toutes été effectuées sur la roche fortement calcinée, ce qui a eu pour but de rendre les silicates facilement

(1) Voy. : de Tribolet, *Note sur la présence de calc. hydraul. dans l'Astartien inf. du Jura neuchâtelois, etc.*, *Neuchâtel*, 1874.

(2) Nous pourrions encore ajouter que dans le profil du Petit-Château (Chaux-de-Fonds), se trouvent, sur une épaisseur d'une dizaine de mètres environ, des calcaires hydrauliques intercalés distinctement entre la Grande-Oolite et le Lédonien (voy. : de Tribolet, *Sur la présence des marnes à Homomyes, etc.*, *Neuchâtel* 1875.

(3) C'est-à-dire propres à la fabrication des mortiers hydrauliques.

attaquables par les acides [1]. Il ne sera peut-être pas non plus sans intérêt de pouvoir comparer les chiffres que nous avons obtenus directement par l'analyse (première colonne), avec ceux qui se rapportent à la roche non calcinée (seconde colonne) ; en outre, nous avons indiqué pour chaque échantillon, la perte du poids qu'il éprouve par sa calcination.

Cependant nous ne prétendons pas, avec nos analyses, fixer la composition moyenne des calcaires hydrauliques que nous avons étudiés. Nous avons choisi dans chaque localité, les échantillons qui nous paraissaient les plus propres à être soumis à l'analyse. Si notre travail pouvait ainsi attirer l'attention des industriels sur les gisements de telle ou telle de celles-ci, nous pensons qu'il serait utile de faire encore préalablement un plus grand nombre d'analyses de la roche qui y affleure, afin d'avoir une idée encore plus exacte de sa composition. Toutefois, nous espérons que nos recherches suffiront pour démontrer quels sont, parmi les gisements exploités ou ceux qui ne le sont pas encore, ceux que nous croyons devoir être préférés et qui pourraient ainsi devenir le sujet d'études plus détaillées et plus approfondies.

Lorsque certains calcaires contiennent environ 10 à 30 p. c. de silicate aluminique, il est généralement connu qu'après leur calcination, ils ont la propriété de former avec l'eau, une certaine pâte qui durcit au bout d'un temps plus ou moins long. On les nomme *calcaires hydrauliques* et les emploie pour la fabrication des

[1] Le peu de quarz ou sable qui s'y trouve ordinairement mêlé, ne peut avoir aucune influence sur ces résultats.

mortiers ou *chaux hydrauliques* (1). Tandis que les calcaires plus ou moins purs fournissent, par calcination, des chaux appelées *grasses* qui s'échauffent au contact de l'eau, foisonnent et tombent en poussière en augmentant de volume, les chaux hydrauliques (dans lesquelles le carbonate de chaux se trouve plus ou moins intimement mélangé et combiné à des matières étrangères, telles que de la silice, de l'argile, du carbonate de magnésie) se délitent très lentement, sans grande augmentation de volume ni élévation de température, et forment avec l'eau des pâtes susceptibles de durcir plus ou moins vite et de se convertir en masses compactes et pierreuses.

A l'exemple de Vicat (2), on est généralement convenu de diviser les chaux hydrauliques en trois classes. Les chaux *moyennement* hydrauliques ou *chaux maigres* font prise après quinze ou vingt jours d'immersion et n'atteignent jamais une grande dureté. Les chaux *hydrauliques proprement dites* font prise du sixième au huitième jour et continuent à durcir jusqu'au douzième mois ; après six mois, leur résistance est déjà remarquable. Enfin, les chaux *éminemment* hydrauliques ou *ciments* durcissent du deuxième au quatrième jour ; après six mois, elles ont acquis la dureté de la pierre. Cette classification qui n'a rien d'absolu, est commode en pratique. En moyenne, on peut dire qu'un calcaire hydraulique appartient à la pre-

(1) On peut aussi dire, comme définition chimique, que les calcaires hydrauliques sont une combinaison de carbonate de chaux avec de la silice ou un silicate principalement aluminique insoluble dans l'eau.

(2) *Résumé des connaissances posit. actuelles sur les matériaux propres à la fabrication des mortiers et ciments calcaires, Paris 1828.*

mière de ces catégories, lorsqu'il contient de 10 à 15 p. c. de silicate aluminique ; à la seconde, lorsqu'il en renferme de 15 à 20 ; enfin, à la dernière, lorsque cette quantité se trouve entre 20 et 30 ou un peu au-dessus (35).

Plusieurs chimistes et savants ont fait de nombreuses expériences qui prouvent que ce n'est que la silice dans son état gélatineux, qui rend un calcaire hydraulique et que les autres corps accessoires, tels que l'alumine et l'oxyde ferrique, n'ont seulement une influence quelconque sur ces calcaires, que lorsqu'ils se sont combinés chimiquement avec la silice après une calcination très forte. Quant au durcissement des chaux hydrauliques, il résulte de la combinaison de l'acide silicique et de l'oxyde aluminique avec la chaux, combinaison qui ne peut se produire que lorsqu'on permet, par une addition d'eau, aux éléments du mortier d'acquérir une mobilité nécessaire pour pouvoir obéir à l'affinité et à l'attraction chimiques qui les portent à se combiner entre eux (1).

En formule générale, on peut dire que la fabrication des chaux hydrauliques repose sur la calcination et la pulvérisation de calcaires marneux qui sont un mélange naturel d'argile et de carbonate de chaux, ou bien encore sur le pétrissage de vingt-cinq parties d'argile avec la chaux éteinte provenant de vingt-cinq parties de chaux vive, mélange que l'on calcine et réduit en poudre, comme le précédent, avant de l'employer. La fabrication des mortiers hydrauliques exerce sur le développement de la civilisation, une action presque aussi grande que celle de l'éta-

(1) D'après Frémy, les causes de ce durcissement seraient la fixation d'eau par l'aluminate calcique et la combinaison de la chaux avec les silicates.

blissement des voies ferrées, puisque c'est grâce à eux que toutes les nations peuvent entrer en rapport par les ports, les ponts, les chemins de fer et les chemins indestructibles qu'eux seuls permettent de fonder. Encore peu connus, les mortiers hydrauliques n'ont pas encore trouvé toutes les applications qu'ils seraient susceptibles de fonder. Ils seront certainement encore employés plus tard au moulage de statues, d'ornements, etc., et pourront faire ainsi en partie concurrence au fer ou au bronze sur lesquels ils ont l'immense avantage du bon marché.

Il sera facile de déduire de ces quelques lignes d'introduction, que l'on peut fabriquer des chaux hydrauliques avec des calcaires ordinaires, en leur donnant une addition convenable d'acide silicique ou de silicate aluminique ; de là, la distinction entre les chaux hydrauliques *artificielles* et les chaux hydrauliques *naturelles*. Tandis que celles-là ont nécessairement besoin d'être calcinées précédemment, celles-ci peuvent être employées telles quelles, dans l'état où elles se trouvent dans la nature (Trass, terres de Pouzzuoli, de Santorin [1], etc.).

La rareté, ainsi que le prix des chaux hydrauliques naturelles, ont été le point de départ de la fabrication des chaux hydrauliques artificielles. Ce furent Parker et Wyatt (1796) qui en firent le premier essai par la calcination de rognons argileux qui se rencontrent dans les terrains crétacés des îles de Wight, Sheppy et des bords de la Tamise. Quand au ciment de Portland, J. Aspdin de

[1] D'après quelques savants, la magnésie peut être aussi considérée, tant seule que combinée à un calcaire quelconque, comme une chaux hydraulique naturelle ou artificielle excellente. Elle est surtout employée en Amérique, en Angleterre et dans la Basse-Autriche.

Leeds (1824) paraît en être l'inventeur ; car c'est lui le premier qui le fabriqua avec le vrai calcaire port landien anglais. Dès lors, de nombreuses fabriques se fondèrent un peu partout, mais surtout en Allemagne, où l'esprit inventeur de ses habitants en vint à préparer des chaux hydrauliques analogues à celles de Portland, avec une quantité de matériaux, ainsi, par exemple, avec de la poudre de tuiles, du sable et de la chaux, des cendres de houille ou de tourbe, des scories de hauts fournaux pulvérisées, etc., etc. (1) Mais quels que puissent être ces différents ingrédients, ils ne peuvent jamais être appliqués seuls, mais doivent au contraire toujours être combinés à d'autres.

Avec les calcaires reconnus comme hydrauliques, cet inconvénient n'existe pas et la fabrication n'en devient que plus simple, plus facile et plus prompte. Mais ceux-ci ne se trouvent pas partout. On comprendra donc que l'Allemagne, par exemple, qui n'en possède des gisements pour ainsi dire que dans sa partie sud (2), ait dû suppléer par d'autres moyens à cette pénurie. Quant au Jura suisse et français, il contient de nombreux affleurements de ces calcaires situés dans les horizons géologiques que nous avons mentionnés plus haut. Dans les Alpes suisses, nous ne rencontrons uniquement que les exploitations de Châtel-Saint-Denis, Bulle et Wallenstadt, toutes trois

(1) Max. Du Camp (*Revue des Deux-Mondes, 15 mai 1873*) mentionne une fameuse chaux hydraulique romaine, nommée « maltha », qui, d'après les écrivains anciens, se compose de chaux vive pulvérisée et mêlée ensuite à du vin, du saindoux, de la poix, de la cire, de l'huile et des figues ?

(2) Jura blanc alpha de Quenstedt; Blaubeuren et Beiningen près Ulm (d'après Gümbel, niveau de Solenhofen).

renfermées, sinon dans l'Oxfordien, du moins dans les terrains jurassiques supérieurs (1).

Dans le Jura neuchâtelois et vaudois qui fait l'objet de ce travail, on ne compte, malgré les nombreux gisements, que six exploitations de calcaires hydrauliques qui sont naturellement encore loin de suffire au besoin toujours croissant d'un matériel de construction si recherché dans l'industrie actuelle. Parmi celles-ci, deux seules sont situées dans l'Oxfordien moyen (Convers, Vallorbes) (2) et une seule dans l'Astartien inférieur (Rozières) ; les autres sont vésuliennes : Brot, Furcil (Noiraigues), Saint-Sulpice.

(1) Nous ne parlons pas ici des puissants gisements des Alpes françaises (Grenoble, Teil, Montélimar, Roquefort), de la Bourgogne (Vassy, Pouilly), etc., etc.

(2) On sera peut-être étonné de remarquer que nous ne faisons ici aucune mention de l'exploitation actuelle de Saint-Sulpice (rive droite de l'Areuse), ainsi que de celle que M. Dubied a l'intention de fonder prochainement (rive gauche). Ces deux gisements sont situés incontestablement dans le même horizon. Pour quiconque se sera donné la peine d'étudier ces couches sur les lieux, il ne lui sera pas difficile de voir que celles qui affleurent au-dessus du moulin Dubied et qui ont été mises à découvert par des travaux exécutés récemment pour leur recherche, sont la continuation immédiate et le prolongement de celles que l'on rencontre dans la carrière Sevestre (rive droite). En effet, elles se trouvent absolument au même niveau et possèdent un facies pétrographique complétement identique. Vu leur position tant orographique que stratigraphique, nous avons pendant longtemps placé ces gisements dans le Vésulien ; car considérée depuis la ligne du chemin de fer, la carrière Sevestre, par exemple, est située au moins 30 à 40 mètres plus bas que le haut du crêt formé par le Spongitien et la Dalle nacrée qui s'étend à gauche de la maison de la Linière. Par conséquent, les couches de calcaires hydrauliques sont recouvertes par la Dalle nacrée et ne peuvent ainsi appartenir qu'à l'étage *vésulien*. De plus, mettre dans un seul et même terrain, toute l'étendue des couches qui s'étendent depuis le haut des rochers du ruz de l'Huguenaz, jusqu'à environ 50

Oxfordien moyen. (1)

Les séries de couches situées entre le Callovien(Callovien proprement dit et marnes pyriteuses) et le Corallien (Rauracien), et appelées *Oxfordien calcaire* ou *Argovien*, ont été longtemps confondues avec l'Oxfordien marneux

mètres au-dessus du niveau de l'Areuse, c. a. d. une épaisseur totale d'assises de près de 200 mètres, nous paraît aussi un peu singulier. Or comme pour faire de ces gisements de l'Oxfordien, on est obligé d'admettre une faille locale qui séparerait ce crêt de l'exploitation — faille dont on ne retrouverait aucune trace sur le côté opposé du vallon, — il nous est fort difficile d'accepter cette supposition. Il est vrai que M. Renevier possède de la carrière Sevestre de grandes ammonites qui ressemblent passablement à *l'Am. plicatilis* de l'Oxfordien moyen; mais comme ce ne sont que des empreintes, leur détermination ne peut avoir une valeur bien définitive. L'analogie du facies pétrographique avec celui que nous rencontrons aux Convers et à Vallorbes, semblerait être encore un indice de l'horizon oxfordien des exploitations de Saint-Sulpice. Mais que peuvent signifier ces deux arguments, en présence des précédents. Pour nous, un fait nous paraît le plus probable, c'est leur âge *bathonien*. Nous n'avons mentionné aucune analyse de ces calcaires dans notre travail. L'un de nous le fera prochainement dans un mémoire sur les calcaires hydrauliques bathoniens.

(1) La dénomination d'Oxfordien, employée pour la première fois par d'Orbigny, devait, à proprement parler, servir à désigner les assises calcaires et marneuses situées entre le Callovien et le Corallien. Depuis lors, elle a été employée bien différemment. Actuellement, les géologues jurassiens sont d'accord pour la ramener à sa désignation primitive. Des trois étages qui y sont distingués maintenant dans le Jura (*Spongitien, zone des calcaires hydrauliques, Pholadomien ;* voy.: de Tribolet, *Rech. géolog. et paléont. dans le Jura neuchât., Neuch. 1873*), c'est au second, qui à lui seul renferme des calcaires vraiment hydrauliques, que nous donnons ici le nom d'*oxfordien moyen*.

(marnes pyriteuses); les limites de ces deux massifs n'avaient été fixées que d'une manière fort arbitraire et jamais on avait pensé à les préciser davantage. Mais à partir des recherches de Voltz, Thirria, Thurmann et de Montmollin, ils sont devenus l'objet d'études actives et minutieuses de la part des géologues jurassiens. Tandis que l'Oxfordien marneux est maintenant généralement rangé dans le Callovien (1) — dont il forme la partie supérieure — et, par conséquent, encore dans le Jura brun, l'Argovien forme la base des terrains jurassiques supérieurs.

MM. Desor et Gressly ont les premiers distingué trois divisions dans le massif de l'Oxfordien moyen (2). Celle du milieu, leurs *marnes et calcaires hydrauliques*, forme précisément l'horizon que nous sommes occupés à décrire. A la suite de ses recherches approfondies sur le Jura graylois — qui n'offre que fort peu de différences avec le nôtre, — Etallon en était aussi venu à admettre trois étages dans l'Argovien. Il sépare, à la base, le *Spongitien* et appelle les assises supérieures *Pholadomien*. En faisant ressortir la pauvreté extrême des couches inférieures de ce terrain, ainsi que la richesse fossilifère de sa partie supérieure, ce géologue s'exprime comme suit (3) : « Si dans les parties inférieures, nous n'avons pas encore pu distinguer de zones fossilifères, c'est peut-être faute d'ob-

(1) Voy.: de Tribolet, *Sur quelques gisem. callov. du Jura neuch. et vaudois, Neuch. 1875.*

(2) *Etudes géol. sur le Jura neuch., 1859.* Les deux autres divisions sont les « calcaires à Scyphies » (à la base) et les « calcaires schisteux sphéritiques » (calc. à Scyphies sup.).

(3) *Etudes paléont. sur le Jura graylois, in Mém. Soc. Emul. du Doubs, 1863*, p. 232.

servations suffisamment précises et renouvelées. La vie plus active dans les couches supérieures, nous semble exiger l'indication d'une zone spéciale. » M. Jaccard employa plus tard le nom de Pholadomien d'Etallon, toutefois sans y distinguer les deux étages dont nous venons de parler (1). Malgré cela, il indique néanmoins dans son profil théorique des terrains jurassiques supérieurs, les *calcaires à Pholadomya* à la partie supérieure (2) et les *calcaires hydrauliques* à la base de ce terrain.

L'Oxfordien moyen forme un horizon presque aussi constant que le Spongitien. Ce sont des calcaires marneux possédant une hydraulicité plus ou moins remarquable. Ils ont été exploités aux Pradières (sur la Sagne), au Creux-du-Vent, à Sainte-Croix et le sont encore dans le Jura argovien (Mülligen, Reckingen, Erlinsbach, etc.), bernois (Rondchâtel sur Bienne), aux Convers et à Vallorbes. Ces couches calcaires qui ont en général une épaisseur de 20 à 50 c^{m}, rarement plus, alternent assez régulièrement avec de très minces couches de marnes stériles et finement feuilletées. A sa base, l'Oxfordien moyen est séparé du Spongitien par un épais massif de marnes bleuâtres (Beaulmes, Saint-Sulpice, etc.).

Quant à la puissance de cet étage, MM. Desor et Gressly lui donnent 60 m., M. Jaccard 80 à 90 et M. Greppin 50 à 80. A Beaulmes, Saint-Sulpice et sur la nouvelle route des côtes du Doubs, elle peut être facilement évaluée au delà de 100 mètres.

(1) *Descript. géolog. du Jura vaud. et neuchât., 1869.*

(2) *Pholadomien* et *zone des calcaires hydrauliques* de l'un de nous (voy. : de Tribolet, *Rech. géol. et paléont., etc*).

L'Oxfordien moyen forme un contraste remarquable avec les autres étages du Jura supérieur qui sont tous plus ou moins riches en fossiles. Cette pauvreté est un caractère constant qui accompagne cet étage partout où il vient à affleurer. MM. Desor et Gressly, en mentionnant l'*Ammonites plicatilis*, des Bélemnites (*B. hastatus*) et des Pholadomyes (*Ph. cor.* ?), ajoutent que les fossiles y sont fort rares et du même type que ceux du Spongitien.

Le Jura occidental et le Jura oriental nous montrent tous les deux des différences assez considérables relatives aux exploitations des calcaires hydrauliques de l'Oxfordien moyen. Tandis que dans celui-ci (Jura argovien), elles sont toutes situées dans ce terrain, dans celui-là en revanche, ce cas ne se présente plus. Les gisements vésuliens semblent rivaliser avec ceux de l'Oxfordien; car sur les six exploitations actuelles du Jura neuchâtelois et vaudois, deux seules sont oxfordiennes (des quatre autres, trois sont vésuliennes et une astartienne). Il est vrai de dire que les calcaires vésuliens paraissent être beaucoup plus constants dans leur composition pétrographique et chimique que ceux de l'Oxfordien moyen.

L'exploitation des Convers, commencée seulement il y a quelques années, est de toutes celles que nous connaissons, la plus avantageusement située à proximité de trois lignes ferrées. Outre le travail à ciel ouvert, on y a pratiqué dernièrement des galeries qui permettent d'en augmenter passablement la production. L'épaisseur du gisement peut être évaluée à environ 30 ou 40 mètres. Au Grand-Crêt, près de Vallorbes, l'exploitation établie sur un pied moins grandiose, expédie néanmoins des produits qui rivalisent avec ceux des Convers. (1)

(1) M. Jaccard a publié comme prospectus, une *notice géo-*

A Sainte-Croix, une carrière plus ou moins considérable s'était établie pour subvenir aux besoins de la construction du chemin de fer de l'Ouest-suisse. Mais la qualité passable des calcaires fit qu'après l'ouverture de cette ligne, son exploitation ne fut plus continuée. Quand au gisement du Creux-du-Vent, il était, il y a nombre d'années, propriété d'industriels de Concise qui avaient voulu tenter la fabrication de chaux hydrauliques dans une localité aussi mal située. Cette exploitation ne dura aussi que fort peu de temps. Aux Pradières, le gisement de l'Oxfordien moyen n'a été utilisé que quelque temps à l'occasion de la construction du chalet des Pradières-dessus.

Quant aux affleurements non exploités de l'Oxfordien moyen, nous en rencontrons de gigantesques à Beaulmes qui possèdent une puissance d'environ 150 mètres. Ils ont été mis à découvert par le réseau de chemins construits il y a quelques années, pour favoriser le déboisement des forêts. De même qu'à Beaulmes, nous en trouvons aussi à la Chapelle-des-Bois, au Chasseron, Châtelu, Col de la Faucille, Col de France (sur la route du Col des Roches à Villers-le-Lac), Larmont, à Longeaigues, au Mont-d'Or, à la Sagne (Sainte-Croix), aux Sagnettes, à Saint-Sulpice (Prise-Milord et sur la ligne du chemin de fer et au-dessus), à la Vraconne, etc. (1)

logique sur les gisem. de calc. à chaux hydraul., etc., 1873. Voy. aussi : *Bull. soc. vaudoise sc. nat.*, séance du 18 juin 1873.

(1) Les travaux de la nouvelle route des côtes du Doubs, de la Chaux-de-Fonds au Corps de garde, ont mis à découvert des affleurements gigantesques de l'oxfordien moyen. Mais nous avons ici un facies complétement différent de celui que nous connaissons des autres parties du Jura. Ce sont des calcaires compactes, analogues à ceux du Jura supérieur

Nous avons soumis à l'analyse sept échantillons de calcaires des gisements de Beaulmes, Longeaigues, Saint-Sulpice et des exploitations des Convers et de Vallorbes. Les résultats obtenus sont les suivants.

1. BEAULMES (perte par calcination : 39,04 p. c.) (1)

Roche calcinée.		*Roche non calcinée.*	
SiO^2	15,55	$Si\,O^2$	9,48
Al^2O^3	2,19	$Al^2\,O^3$	1,34
Fe^2O^3	1,20	$Fe\,CO^3$	1,06
$Ca\,O$	76,77	$Ca\,CO^3$	82,82
$Mg\,O$	2,05	$Ca\,SO^4$	1,02
SO^3	0,98	$Mg\,CO^3$	2,41
Alcalis	1,06	Alcalis	0,65
Perte	0,20	H^2O et perte	1,22
	100.		100.

2. LONGEAIGUES (perte par calcination : 39,50 p. c.)

Roche calcinée.		*Roche non calcinée.*	
SiO^2	15,24	$Si\,O^2$	9,22
Al^2O^3	4,74	Al^2O^3	2,87
Fe^2O^3	1,54	$Fe\,CO^3$	1,34
$Ca\,O$	74,85	$Ca\,CO^3$	80,65
$Mg\,O$	1,14	$Ca\,SO^4$	0,48
SO^3	0,45	$Mg\,CO^3$	1,46
Alcalis	1,93	Alcalis	1,18
Perte	0,11	H^2O et perte	2,80
	100.		100.

et disposés en bancs épais jusqu'à 1 m. et plus. Ils ne paraissent nullement appropriés à la fabrication de la chaux hydraulique, mais plutôt à celle de la chaux grasse. Leur puissance peut être évaluée au moins à 150 mètres.

(1) Le fer est contenu, dans les pierres brutes, à l'état de

3. STE-CROIX (perte par calcination : 41,01 p. c.)

Roche calcinée.		*Roche non calcinée.*	
SiO^2	9,42	SiO^2	5,56
Al^2O^3	2,95	Al^2O^3	1,74
Fe^2O^3	1,35	$FeCO^3$	1,16
CaO	83,06	$CaCO^3$	87,19
MgO	1,22	$CaSO^4$	0,36
SO^3	0,35	$MgCO^3$	1,51
Alcalis	1,44	Alcalis	0,85
Perte	0,21	H^2O et perte	1,63
	100.		100.

4. ST-SULPICE (perte par calcination : 40 p. c.)

Roche calcinée.		*Roche non calcinée.*	
SiO^2	9,14	SiO^2	5,48
Al^2O^3	2,57	Al^2O^3	1,54
Fe^2O^3	1,55	$FeCO^3$	1,34
CaO	82,60	$CaCo^3$	88,30
MgO	1,29	$CaSO^4$	0,32
SO^3	0,32	$MgCO^3$	1,61
Alcalis	1,51	Alcalis	0,90
Perte	1,02	H^2O et perte	0,51
	100.		100.

carbonate ferreux et non à l'état d'oxyde (80 Fe^2O^3 égalent 116 $FeCO^3$).

L'eau est dosée à 140 ou 150 degrés. En général, la quantité qui s'en va à cette température, est faible et atteint rarement 1 p. c. C'est sans doute en partie de l'eau hygroscopique, en partie de l'eau faiblement combinée. Les calcaires analysés contiennent, en outre, de l'eau faisant partie constituante des silicates et qui n'est éliminée que par la calcination, en même temps que l'acide carbonique. En somme, il est à supposer que cette quantité d'eau est en raison directe de la plus ou moins bonne qualité des calcaires.

5. CONVERS *a* (perte par calcination : 38 p. c.)

Roche calcinée.		*Roche non calcinée.*	
SiO^2	17,48	SiO^2	10,84
Al^2O^3	4,29	Al^2O^3	2,66
Fe^2O^3	2,37	$FeCO^3$	2,13
CaO	72,90	$CaCO^3$	79,89
MgO	1,19	$CaSO^4$	0,94
SO^3	0,88	$MgCO^3$	1,55
Alcalis	0,80	Alcalis	0,50
Perte	0,09	H^2O et perte	1,49
	100.		100.

6. CONVERS *b* (perte par calcination : 32,74 p. c.)

Roche calcinée.		*Roche non calcinée.*	
SiO^2	31,14	SiO^2	20,94
Al^2O^3	8,95	Al^2O^3	6,01
Fe^2O^3	1,78	$FeCO^3$	1,74
CaO	52,47	$CaCO^3$	61,62
MgO	2,35	$CaSO^4$	1,72
SO^3	1,50	$MgCO^3$	3,32
Alcalis	1,66	Alcalis	1,12
Perte	0,15	H^2O et perte	3,53
	100.		100.

7. VALLORBES (perte par calcination : 36,36 p. c.)

Roche calcinée.		*Roche non calcinée.*	
SiO^2	19,98	SiO^2	12,72
Al^2O^3	6,31	Al^2O^3	4,02
Fe^2O^3	2,40	$FeCO^3$	2,22
CaO	67,14	$CaCO^3$	75,64
MgO	1,77	$CaSO^4$	0,90
SO^3	0,83	$MgCO^3$	2,37
Alcalis	1,06	Alcalis	0,68
Perte	0,51	H^2O et perte	1,45
	100.		100.

A ces analyses exécutées par l'un de nous, nous ajoutons celles qui ont déjà été faites des calcaires des Convers et de Vallorbes et dont nous devons communication à MM. Coulin et Jaccard.

8 et 9. CONVERS [1] (*Roche non calcinée*).

SiO^2	22,09	23,45
Al^2O^3	4,56	5,37
Fe^2O^3	2,56	2,79
CaO	35,97	36,05
CO^2	29,19	28,58
MgO	1,80	0,24
SO^3	1,83	0,00
H^2O	2,00	3,52
	100.	100.

10. VALLORBES (*roche non calcinée*).

SiO^2	19,18
Al^2O^3	2,08
Fe^2O^3	6,94
CaO	56,95
CO^2	6,98
MgO	0,15
Alcalis	0,05
P^2O^5	0,18
Sable et glaise	7,49
	100.

[1] Ces analyses ont été faites au laboratoire de l'école polytechnique fédérale, par M. Kern, préparateur de chimie. Trois autres incomplètes ont été exécutées par M. Bonjour de la Chaux-de-Fonds. Nous les mentionnons ici en annotation. Quatre éléments assez importants n'y ont pas été dosés; ce sont les acides carbonique et sulfurique, la magnésie et l'eau. Cependant la quantité de silicate aluminique reste déterminée. Ces analyses sont les suivantes :

SiO^2	24,15.	21,35.	23,90
Al^2O^3	5,05.	5,60.	4,10
Fe^2O^3	2,20.	2,45.	1,50
CaO	36,70.	33,55.	36,60

11. VALLORBES (*roche calcinée*)[1])

SiO^2	19,86
Al^2O^3	5,02
Fe^2O^3	4,45
CaO	65,60
MgO	2,80
Alcalis	2,27
	100.

En classant maintenant ces différentes analyses d'après les principes de Vicat, nous pourrons nous faire une idée de la qualité des calcaires qui affleurent dans les divers gisements que nous venons de décrire. Nous aurons ainsi :

I. Chaux maigre	Ste Croix	12,37	SiO^2	Al^2O^3	Klunge
» »	St-Sulpice	11,71	»	»	»
II. Chaux hydrauliq.	Beaulmes	17,74	»	»	»
» »	Longeaigues	19,98	»	»	»
III. Ciment.	Convers	21,77	SiO^2	Al^2O^3	Klunge
»	»	40,19 (2)	»	»	»
»	»	26,65	»	»	Kern
»	»	28,82	»	»	»
»	»	29,20	»	»	Bonjour
»	»	26,95	»	»	»
»	»	28,00	»	»	»
»	Vallorbes	26,29	»	»	Klunge
»	»	21,26	»	»	Matthey
»	»	24,88	»	»	Brélaz

(1) Les analyses 10 et 11 ont été faites, la première, par M. Mathey, pharmacien à Neuchâtel; la seconde, par M. Brélaz, professeur à l'académie de Lausanne.

(2) Exceptionellement argileux. Ne convient pas pour la fabrication d'un ciment de bonne qualité.

Avec ces analyses plus nombreuses, il nous est possible de donner une composition moyenne des calcaires exploités aux Convers et à Vallorbes. Elle peut être facilement fixée comme suit :

Convers : 25,45 p. c. de silicate aluminique.

Vallorbes : 23,77 p. c. id. id.

Les calcaires des Convers contiendraient donc, en général, une proportion de silicate aluminique plus forte de 1,68 p. c. que celle des calcaires de Vallorbes.

Nous avons résumé, dans le tableau suivant, la moyenne calculée des différents éléments qui composent les roches dont les analyses viennent d'être mentionnées.

Chaux.

SiO^2	20,14
Al^2O^3	5,57
Fe^2O^3	1,80
CaO	67,76
MgO	1,74
SO^3	0,91
Alcalis	1,36
Perte	0,72
	100.

Calcaires.

SiO^2	13,21
Al^2O^3	3,67
$FeCO^3$	1,64
$CaCO^3$	74,96
$CaSO^4$	1,02
$MgCO^3$	2,39
Alcalis	0,84
H^2O et perte	2,47
	100.

Astartien inférieur.

Partout où affleure le terrain à chailles ou Corallien (Rauracien), l'Astartien inférieur lui est immédiatement superposé. Quoique très puissant et surtout très varié, cet horizon a passé presque inaperçu lors du commencement des études géologiques dans le Jura. A l'exemple de Thurmann (1), on le rangeait généralement dans le Corallien (Coralline-Oolite ou Coral-rag de Conybeare et Phillips). Des études minutieuses et répétées ont été nécessaires pour démontrer qu'il existe réellement chez nous, entre le Coral-rag et le Kimmeridge-clay, un massif puissant qui n'était pas prévu dans la nomenclature anglaise. Ce nouveau terrain fut décrit premièrement par Thurmann sous le nom de *Séquanien*, puis plus tard sous celui d'*Astartien*. En 1869, M. Jaccard y distingua deux sous-étages, l' « Astartien inférieur » marneux et l' « Astartien supérieur » calcaire. (2)

L'Astartien inférieur dont nous avons à nous occuper ici, se compose d'une série de couches marneuses alternant assez régulièrement avec des bancs de calcaires oolitiques, grézeux à leur partie inférieure. Ces marnes

(1) *Essai sur les soulèvements jurass. du Porrentruy*, *Paris 1832*.

(2) Voy.: aussi : de Tribolet, *Rech. géol. et paléont.*, *etc.*

sont de deux espèces ; elles sont ou bien grises ou gris-bleuâtre et très riches en fossiles assez bien conservés, particulièrement en Térébratules (*T. humeralis*, *R.*), ou bien pétries de grosses oolites brunes qui se désagrégent facilement à la surface. Les fossiles sont ici moins bien conservés et ne sont plus pour ainsi dire qu'en morceaux. C'est la zone de *l'Astarte supracorallina*, du *Cerithium limiforme* et du *Rissoa minuta*. Ces deux espèces de marnes passent insensiblement l'une dans l'autre et alternent entre elles de même manière qu'avec les bancs calcaires. La puissance de l'Astartien inférieur est de 30 m. d'après MM. Desor et Gressly, de 50 d'après M. Jaccard et de 25 à 35 d'après M. Greppin ; cela nous donne une moyenne d'environ 30 à 40 mètres.

Le faune de cet étage est très remarquable par le grand nombre, la fréquence et la variété de ses formes dont la plupart se rencontrent déjà dans le terrain à chailles. Un bon nombre d'espèces en sont cependant caractéristiques et prouvent ainsi en quelque sorte l'indépendance paléontologique de ce terrain. Les Gastéropodes sont nombreux ; ce sont surtout des Natices, des Pseudomélanies, des Phasianelles et des Nérinées. Les Pélecypodes, très fréquents, sont surtout représentés par des Myacées, des Venus, des Lucines, des Cardiums, des Mytiles, des Limes, des Peignes, etc. Les Brachiopodes nous montrent des formes communes ; cependant il n'y a guère que la *T. humeralis* qui soit de quelque importance. Nous observons chez les Echinodermes un grand nombre de genres qui sont en général pauvres en espèces rares. Quant aux Polypiers enfin, ils offrent des formes qui pour la plupart se trouvent déjà dans le terrain à chailles.

Comparé à l'Oxfordien moyen, l'Astartien inférieur ne renferme que fort peu de calcaires propres à la fabrication des chaux hydrauliques. Ce n'est que tout récemment qu'on en a rencontré parmi ses assises. (1) Cependant, quoique nous n'en connaissions jusqu'à maintenant que cinq uniques gisements, il est à penser qu'avec la nature marneuse de cet horizon, on parviendra à en découvrir encore d'autres dans la suite. De ces affleurements, un seul est exploité au-dessus de Rosières (2) (près Noiraigues); les autres sont ceux de Beaulmes, Longeaigues, Saint-Sulpice (ligne du chemin de fer à la sortie du tunnel de Combe-German) et Malpas (route du Locle à Morteau).

Dans la carrière de Rozières, le profil géologique se présente comme suit :

5. Végétation (probablement calc. et marnes à *T. humeralis*).

4. Calcaires et marnes hydrauliques : 4 h.

3. Calcaires bréchiformes à *Cid. florigemma*, *Glypt. hieroglyphicus*, *Rhync. Helvetica*, etc. : 6 à 7 m.

2. Calcaires hydrauliques inférieurs (3) : 5 m.

1. Terrain à chailles (couche à Coraux du Châtelu (4).

(1) Voy.: *note sur la présence de calc. hydr., etc.*

(2) Voy., *op. cit.*, *p.* 8.

(3) Il est à remarquer que cette assise paraît être pétrographiquement moins bonne que l'assise 4. Ces calcaires semblent contenir moins d'argile et alternent de temps en temps avec des couches ou portions de couches purement calcaires.

(4) Voy.: de Tribolet, *notice géolog. sur le Mont-Châtelu, Besançon et Neuchâtel* 1872.

A Longeaigues, la coupe est un peu différente de celle de Rozières. Nous trouvons, à la base, le terrain à chailles ; à la partie supérieure, les calcaires bréchiformes se trouvent cachés par des éboulis auxquels succèdent immédiatement les calcaires et marnes à *T. humeralis*. Les calcaires hydrauliques représentant à Rozières la couche 2, ont ici une puissance d'environ 8 mètres. Dans le massif de l'Aiguille de Beaulmes et du Suchet, au-dessous du plateau de Prayel, se trouvent aussi quelques bancs de calcaires hydrauliques. Ils reposent sur le terrain à chailles et sont recouverts — seulement à une certaine distance à cause des éboulis — par les calcaires et marnes à *T. humeralis*. Enfin à Malpas, nous retrouvons ces mêmes assises hydrauliques entre le terrain à chailles et les calcaires bréchiformes à *Cid. florigemma*.

Nous avons soumis à l'analyse trois échantillons de calcaires des gisements de Beaulmes, Longeaigues et de l'exploitation de Rozières. Les résultats obtenus sont les suivants :

1. Beaulmes (perte par calcination : 40,16 p. c.)

Roche calcinée		*Roche non calcinée*	
SiO^2	12,29	SiO^2	7,35
Al^2O^3	4,23	Al^2O^3	2,55
Fe^2O^3	1,34	$FeCO^3$	1,16
CaO	78,25	$CaCO^3$	83,35
MgO	0,47	$CaSO^4$	0,37
SO^3	0,30	$MgCO^3$	0,61
Alcalis	2,47	Alcalis	1,47
Perte	0,63	H^2O et perte	3,14
	100.		100.

2. Longeaigues (perte par calcination : 40,04 p. c.)

Roche calcinée		*Roche non calcinée*	
SiO^2	12,53	SiO^2	7,67
Al^2O^3	3,95	Al^2O^3	2,37
Fe^2O^3	1,95	$FeCO^3$	1,70
CaO	78,79	$CaCO^3$	84,15
MgO	0,90	$CaSO^4$	0,49
SO^3	0,40	$MgCO^3$	1,13
Alcalis	1,36	Alcalis	0,83
Perte	0,00	H^2O et perte	1,66
	100.		100.

3. Rozières (perte par calcination : 35,23 p. c.)

Roche calcinée		*Roche non calcinée*	
SiO^2	23,30	SiO^2	14,97
Al^2O^3	6,99	Al^2O^3	4,50
Fe^2O^3	2,26	$FeCO^3$	2,10
CaO	64,54	$CaCO^3$	73,99
MgO	0,37	$CaSO^4$	0,29
SO^3	0,26	$MgCO^3$	0,59
Alcalis	2,28	Alcalis	1,49
Perte	0,00	H^2O et perte	2,10
	100.		100.

En classant maintenant ces quelques analyses selon les principes posés par Vicat, nous aurons :

I. Chaux hydraulique	Baulmes	16,54	SiO^2 Al^2O^3	Klunge
» »	Longeaigues	16,48	» »	»
II. Ciment	Rozières	30,39	» »	»

Nous résumons dans le tableau suivant, la moyenne calculée des différents éléments qui composent les roches dont les analyses précèdent :

Chaux.

SiO^2	17,79
Al^2O^3	5,47
Fe^2O^3	1,80
CaO	71,66
MgO	0,63
SO^3	0,33
Alcalis	1,91
Perte	0,41
	100.

Calcaires.

SiO^2	11,16
Al^2O^3	3,43
$FeCO^3$	1,63
$CaCO^3$	79,05
$CaSO^4$	0,39
$MgCO^3$	0,86
Alcalis	1,16
H^2O et perte	2,32
	100.

Il est facile de voir par les résultats que nous avons communiqués dans ce travail, que les calcaires oxfordiens et astartiens des gisements décrits, sont favorables à la fabrication des chaux hydrauliques. Nous croyons avoir indiqué suffisamment laquelle de leurs trois espèces pouvait être fournie par l'exploitation de tel ou tel affleurement. Si nos études pouvaient attirer l'attention des industriels sur les localités mentionnées non exploitées, nous pensons qu'il serait utile de faire encore préalablement un plus grand nombre

d'analyses de la roche y affleurant, afin d'avoir ainsi une idée encore plus exacte de sa composition. Nous espérons que nos recherches suffiront pour démontrer quels sont, parmi les gisements exploités ou non, tant ceux que nous croyons devoir être préférés, que ceux qui paraissent fournir les meilleurs matériaux et qui devraient ainsi devenir l'objet d'études plus détaillées et plus approfondies. Si il en est ainsi, nous estimons avoir rempli le but que nous nous sommes proposés en commençant ce travail.