Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 45 (1965)

Heft: 1

Artikel: Présence du faciès à zéolites dans la formation des "grès" de Taveyanne (Alpes franco-suisses)

Autor: Martini, J. / Vuagnat, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-35195

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: 14.07.2025

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

Présence du faciès à zéolites dans la formation des „grès“ de Taveyanne (Alpes franco-suisses)

Par *J. Martini* et *M. Vuagnat* (Genève)

Avec 1 figure dans le texte

Abstract

The Taveyanne-sandstone formation, of Upper Eocene-Lower Oligocene age, is very rich in fragments of basic volcanic rocks. During the alpine orogenesis, these rocks underwent various transformations of metamorphic character. It is possible to distinguish the following types of sandstones: "spotted" sandstones rich in laumontite; albite-sericite sandstones; pumpellyite-sandstones; prehnite sandstones; pumpellyite-epidote sandstones. Most of these rocks seem to correspond to the zeolite facies of regional metamorphism. The authors discuss the conditions of formation of these mineral associations.

INTRODUCTION

Les grès de Taveyanne constituent une formation de nature remarquablement uniforme s'étendant, avec des interruptions, du Rhin jusqu'au bord du Pelvoux dans le Champsaur. Comme on le sait, cette formation est caractérisée par une teneur élevée en éléments volcaniques (fragments de roches et minéraux isolés). Rappelons que les grès de Taveyanne ne sont qu'un des termes du Flysch dit nordhelvétique qui appartient au domaine des nappes helvétiques inférieures et de l'autochtone.

Dans cette note, nous laisserons de côté le problème encore controversé de l'origine du matériel volcanique pour nous attacher à une phase plus tardive de l'histoire de ces roches, celle des transformations dont elles ont été l'objet après leur dépôt.

Ce travail est parti d'une étude détaillée, encore en cours, effectuée par l'un de nous (J. M.) sur les grès de Taveyanne de la région située

entre Arve et Giffre (Hte-Savoie). Certaines observations nous ont conduits à réexaminer attentivement une importante collection de plaques minces faites dans des échantillons provenant des Alpes suisses et du Champsaur. Malgré le nombre considérable de plaques étudiées, il reste encore beaucoup à faire pour obtenir une image cohérente des transformations qu'on subies ces roches et les résultats publiés ici ne sont que préliminaires. Notons aussi que nous avons restreint nos observations aux grès de Taveyanne très riches en matériel volcanique, c'est-à-dire ceux des catégories I, II et III (VUAGNAT, 1952).

On considère, dans les vues classiques de la géologie alpine, que le domaine helvétique a échappé au métamorphisme régional caractéristique des nappes penniques. Diverses études récentes vont, sans doute, conduire à réviser cette opinion. Nous pensons, par exemple, à la présence de minéraux tels que le stilpnomélane dans certaines roches de la nappe de Morcles et surtout aux âges absolus manifestement trop jeunes déterminés sur des minéraux des massifs cristallins externes. Les faits que nous exposons ci-après apportent un argument supplémentaire à cette révision de nos idées sur l'ampleur du métamorphisme alpin.

L'action du métamorphisme peut passer inaperçue pour deux raisons, soit que la roche étudiée ait manqué de „réactivité" (calcaires purs, quartzites, etc.), soit que nos moyens d'investigation soient insuffisants pour en déceler les traces. Que l'on trouve une roche particulièrement susceptible de réagir, que de nouveaux moyens de recherche soient mis à notre disposition et la situation peut changer. C'est précisément ce qui s'est passé pour les grès de Taveyanne. Il s'agit d'une roche qui, primitivement, était très riche en éléments de haute température, notamment en verre, très instables dans les conditions de pression et de température régnant lors de l'orogénèse alpine. D'autre part, la grande finesse de grain des produits de néoformation jointe à leur complexité n'a généralement pas permis de les identifier uniquement par les méthodes classiques de l'examen microscopique. Il a fallu faire appel, fréquemment, à l'analyse par diffraction des rayons X, parfois sur des fractions préalablement triées au moyen de liqueurs lourdes ou par séparation magnétique.

Bien qu'il ne s'agisse, comme nous l'avons déjà dit, que de résultats préliminaires, il nous a paru intéressant de les publier dès maintenant car c'est, à notre connaissance, la première fois que l'on trouve dans les Alpes quelque chose qui semble bien être l'équivalent du faciès à zéolites décrit en Nouvelle-Zélande et ailleurs, et qui constituerait le tout premier stade du métamorphisme régional.

DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE

La différenciation pétrographique des grès résulte de deux causes: d'une part, de la composition originelle du matériel détritique, d'autre part, des diverses transformations minérales survenues postérieurement à son dépôt. Ce dernier phénomène nous intéresse particulièrement dans notre étude et nous le mettrons en évidence en basant notre classification pétrographique sur la nature des plagioclases volcaniques et des minéraux calciques secondaires.

La raison de cette classification apparaîtra plus clairement par la suite. Nous pouvons ainsi distinguer les variétés suivantes:

1. Grès à plagioclases basiques

Macroscopiquement, ce premier type est un grès gris foncé, massif et dur. Sous le microscope, les plagioclases sont zonés et très limpides, leur composition minéralogique varie en général de l'andésine au labrador. Dans cette catégorie, le cas idéal (correspondant à l'absence totale d'altération) semble rare ou inexistant. On observe toujours une séricitisation partielle, plus ou moins intense, pouvant être presque totale. Elle se développe surtout au centre des plagioclases, dans la partie la plus basique. Le plagioclase de néoformation est de l'albite piquetée de séricite dont les mâcles polysynthétiques ont disparu. Le ciment est essentiellement carbonaté (calcite) mais peut être parfois aussi chloriteux.

2. Grès à plagioclases séricitisés

Cette roche est de couleur grise ou verte selon la nature plus ou moins chloriteuse du ciment. Ici, à la différence du cas précédent, les plagioclases sont complètement piquetés de séricite et transformés en albite. Le ciment est surtout chloriteux. En outre, contrairement à ce qui était le cas dans le type 1, les macles polysynthétiques de l'albite sont mieux développées et les éléments ferro-magnésiens peuvent être plus ou moins chloritisés.

3. Grès à laumontite

Macroscopiquement, cette roche correspond à certains grès mouchetés. Sous le microscope, on distingue deux parties. Dans l'une on observe

des fragments volcaniques d'apparence fraîche: les plagioclases sont limpides ou peu séricitisés; il s'agit d'albite. Les éléments ferromagnésiens sont intacts. L'autre partie est caractérisée par un abondant développement de laumontite. Cette zéolite forme le ciment et corrode les plagioclases. Ces derniers sont constitués par l'albite, souvent réduits à l'état de fantômes et complètement remplacés par la laumontite. Les autres éléments tels que le quartz et les minéraux ferro-magnésiens restent inchangés.

En se référant à l'aspect macroscopique, on constate que les taches blanches à contour arrondi (quelques millimètres de diamètre) sont des parties contenant la laumontite; le fond verdâtre disposé entre les taches est chloriteux.

La laumontite se déshydrate très rapidement à l'air et tombe en poussière. On peut attribuer à cette propriété le fait que les grès à laumontite se désagrègent facilement et prennent, sur le terrain, un aspect de grès tendre.

4. Grès à prehnite

Cette roche est assez voisine de la précédente. La différence réside dans la présence de prehnite à la place de laumontite. La prehnite se présente sous la forme de grandes plages xénomorphes, grossièrement cristallines, envahissant largement les éléments détritiques. Ainsi, par exemple, le quartz est souvent prehnitisé, tandis que, généralement, il échappe à la laumontisation.

5. Grès à pumpellyite

A l'œil nu, les échantillons de cette roche sont en général mouchetés. Cette variété ressemble à la précédente, mais le minéral calcique est la pumpellyite, visible sous le microscope en plages de dimensions restreintes, composées de petits grains. On distingue deux sortes de pumpellyites, l'une est verte, très pléochroïque (vert émeraude à brun clair) et s'observe surtout dans le ciment toujours plus ou moins chloritique, l'autre est incolore et se trouve uniquement en plages dans l'albite. On distingue tous les termes du passage entre la pumpellyite vert foncé et la pumpellyite incolore; il s'agit donc bien du même minéral. On observe souvent dans un même cristal des variations de teinte: une partie de la plage peut être incolore tandis que le reste est légèrement vert. Cette différence doit être due à une teneur variable en fer.

6. Grès à pumpellyite et épidote

Ces grès sont caractérisés par un développement important d'épidote, à côté de la pumpellyite. Notons que l'épidote se rencontre parfois dans la catégorie précédente, mais en faible quantité. La roche peut présenter sous le microscope l'ébauche d'une structure schisteuse: les éléments sont étirés, la séricite du ciment est bien développée et plus largement cristalline que dans les autres cas; elle s'oriente selon la direction d'étirement. Les éléments ferro-magnésiens restent parfois intacts ou sont, parfois, complètement résorbés. La pumpellyite et l'épidote se répartissent dans le ciment et dans le plagioclases (albite). L'épidote se présente sous le microscope avec un habitus semblable à celui de la pumpellyite. Elle s'en distingue facilement par sa couleur et sa plus forte biréfringence.

Il faut préciser que toutes les roches décrites jusqu'ici sont les cas typiques et qu'en fait on peut trouver tous les termes intermédiaires. Ceci est particulièrement vrai pour les grès à prehnite et à pumpellyite où, le plus souvent, on trouve les deux minéraux dans la même roche, mais en proportion variable. En outre dans les grès à laumontite, on trouve parfois des plagioclases basiques mais toujours en petite quantité. Nous avons laissé de côté certains minéraux secondaires présents partout, mais peu caractéristiques, comme le sphène et les minéraux opaques, par exemple. Les différentes catégories correspondent assez bien, de la manière suivante, avec celles définies par M. VUAGNAT (1952). Aux grès T_I correspond la première catégorie décrite, aux T_{III} la catégorie 2 (quelquefois les catégories 4, 5 et 6) et aux T_{IIb} les espèces 3, 4 et 5.

Les 6 catégories de roches que nous venons de décrire ont une composition chimique globale qui, à première vue, doit être sensiblement la même que celle du matériel détritique originel, si l'on se base sur une estimation quantitative, même grossière, des différents minéraux présents. Il n'en va plus de même pour les 4 variétés que nous allons décrire maintenant. Elles montrent un enrichissement en un minéral particulier, résultant d'une métasomatose, donnant à la roche une composition chimique très aberrante. Ces roches sont peu répandues et nous laisserons leur étude proprement dite de côté. Nous pouvons distinguer les espèces suivantes:

7. Grès calcitisés

On observe dans ce cas un développement anormal de calcite. Cette dernière non seulement constitue le ciment mais remplace abondamment

les éléments détritiques, particulièrement l'augite, la hornblende et la chlorite. A l'œil nu, ces grès ont une couleur gris-clair.

8. Grès séricitisés

Ici, c'est la séricite qui se développe en quantité anormalement importante, constitue le ciment et remplace souvent presque complètement les plagioclases qui apparaissent alors en fantômes sous le microscope.

9. Roches à prehnite

Il s'agit d'un assemblage minéralogique composé presque exclusivement de prehnite et de quartz. Le grès est complètement recristallisé, et la structure détritique primaire disparaît quasi entièrement. La prehnite forme un feutrage, en général assez fin, de baguettes automorphes. Le quartz constitue un fond de plages souvent zonées par des traînées de très fines inclusions. On remarque, en outre, de nombreuses veinules secondaires remplies de quartz et de prehnite plus largement cristallisés et où ce dernier minéral montre une structure fibro-radiée.

Macroscopiquement, la roche évoque un peu un chert. Sa couleur est blanche, et elle ne rappelle plus un grès.

10. Roches à pumpellyite

Ces roches sont très semblables à celles de la variété précédente. La différence réside dans la présence abondante de pumpellyite, sans cependant que la prehnite ait disparu. La pumpellyite appartient à la variété vert-émeraude, et forme un très fin feutrage de petites aiguilles fibro-radiées. La structure primaire de la roche est ici mieux conservée que dans la catégorie 9. Ceci doit être dû à la structure plus finement cristallisée de la pumpellyite par rapport à la prehnite.

DISPOSITION ET RÉPARTITION DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE GRÈS

Nous ne traiterons ce problème que d'une façon sommaire car seuls les grès de Haute-Savoie ont été étudiés d'une manière un peu approfondie sous ce rapport. Les grès gris à plagioclases basiques frais s'observent soit en bancs de faible puissance, dépassant rarement quelques décimètres, soit en minces liserés formant la base et le sommet d'un

banc plus épais. Les grès à plagioclases séricitisés de la catégorie 2 peuvent se disposer de la même manière que les grès à plagioclases basiques; en effet, nous avons vu plus haut qu'il y a passage insensible entre les deux. Ils peuvent aussi occuper la partie médiane des bancs de moyenne puissance intercalés dans des séquences où la partie argileuse est importante. Il y a cependant un mode de gisement qui est particulier à cette catégorie de roches. Il s'agit des grès verts que l'on rencontre dans les zones intensément tectonisées au voisinage des séries charriées de l'ultrahelvétique. On y constate que le faciès moucheté est remplacé par ces grès verdâtres.

Le faciès moucheté, quelle que soit la catégorie, ne semble se développer que dans des bancs d'une certaine puissance. Le faciès à laumontite ne s'observe guère que dans des zones peu tourmentées tectoniquement, tandis que c'est le contraire pour les grès mouchetés à pumpellyite et prehnite. Ceci est encore vrai à une plus petite échelle. On remarque très souvent le phénomène suivant: un banc moucheté à laumontite, affecté par une faille, même modeste, se transforme sur ses épontes en grès à pumpellyite ou prehnite, ceci sur une épaisseur de quelques centimètres (le mouchetage subsiste souvent). C'est dans ces zones, lorsque le broyage est intense, que l'on observe les variétés aberrantes des roches à pumpellyite et prehnite.

La répartition géographique des espèces 3 à 6 est indiquée à la figure 1, d'après les minéraux présents. On constate que le faciès à laumontite est surtout développé dans les Alpes françaises: Champsaur, synclinal de Thône, Massif de Platé. Bien que ces trois régions aient été recouvertes par des chevauchements importants, les grès de Taveyanne s'y présentent en puissantes assises relativement peu plissées.

Dans ces 3 régions on observe des grès à plagioclases basiques frais. Ces derniers sont ainsi associés régionalement au faciès moucheté à laumontite. Ce n'est plus le cas pour les Alpes suisses où, jusqu'à maintenant, on n'a jamais trouvé de plagioclases autres que l'albite et où le faciès à pumpellyite et prehnite domine. Nous n'avons rencontré la laumontite qu'aux Diablerets où elle est d'ailleurs accompagnée par la pumpellyite plus abondante.

La laumontite est néanmoins signalée en d'autres endroits, mais toujours en remplissage de fente (F. DE QUERVAIN, 1928).

Les grès de Taveyanne suisses se présentent partout dans des zones tectonisées: synclinaux pincés, flancs renversés, etc. Dans la région de Loèche (Valais), on observe les grès à pumpellyite et épidote, dans la zone laminée des racines helvétiques.

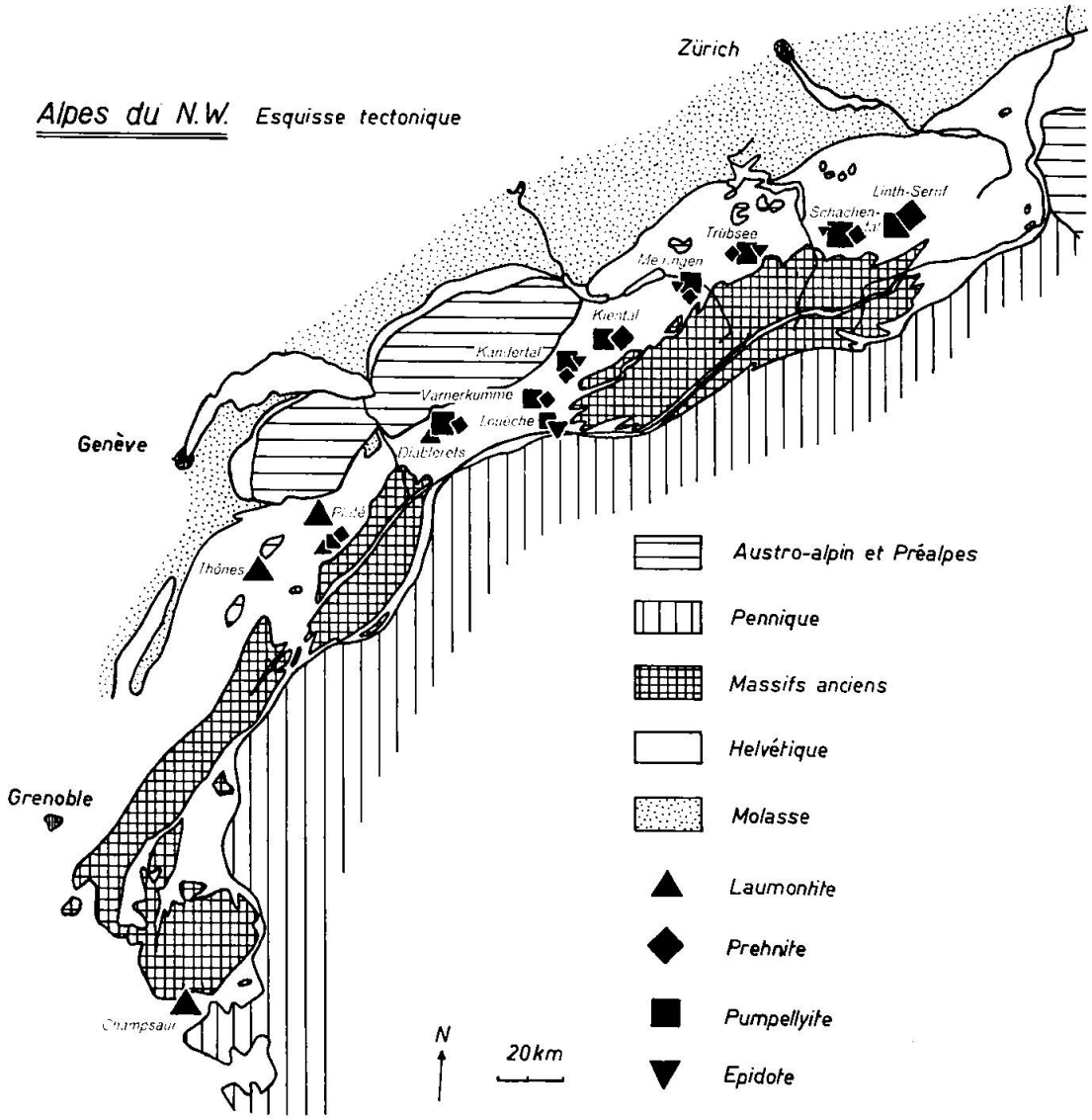

Fig. 1. Répartition des expèces minérales (roches aberrantes et dépôts filonien exclus).

MODE DE FORMATION

Avant d'émettre des hypothèses sur la genèse des faciès décrits, il faut mettre en évidence certains faits relatifs à la succession des phénomènes.

1. Les grès mouchetés à laumontite et les grès verts à plagioclases séricitisés dérivent d'un matériel détritique contenant, à l'origine, des plagioclases basiques, comme le montre leur association, dans le même banc, avec des grès contenant encore des plagioclases zonés (andésine-labrador).

2. Les grès à plagioclases séricitisés se sont développés avant ou en même temps que les grès mouchetés en général. Il semble, en effet, que ces grès à plagioclases séricitisés n'ont jamais passé par le stade moucheté: sous le microscope, on n'observe pas trace d'un mouchetage ancien. En outre, on a vu que dans les zones à laumontite, pumpellyite ou prehnite, l'albite est souvent presque complètement résorbée dans les mouchetures par ces minéraux. Il faudrait alors supposer une régénération de l'albite piquetée de séricite, à son emplacement primitif, sous forme de phénocristaux et de microlites dans les fragments volcaniques.

3. Le faciès à pumpellyite et prehnite semble dériver du faciès à laumontite. Bien qu'on ne puisse prouver partout cette relation, elle est évidente dans quelques cas particuliers. Par exemple, nous avons vu plus haut que les grès mouchetés à laumontite étaient parfois affectés par de petites failles dont les lèvres sont transformées en grès à pumpellyite et prehnite. Or, on peut observer que là où la moucheture subsiste, elle est coupée par le plan de la faille, ce qui prouve que les taches, riches en laumontite, sont antérieures au développement de la pumpellyite et de la prehnite.

Nous pouvons maintenant proposer l'hypothèse de formation suivante: il semble que le premier phénomène en jeu soit la calcitisation des bancs minces et des parties marginales des bancs épais. On peut suggérer l'interprétation suivante: après l'exondation des dépôts, les eaux douces envahissent peu à peu les bancs gréseux et remplacent l'eau de mer imbibant encore la roche. En revanche, les parties argileuses ou plus fines, résistent à ce lessivage. Il en résulte un pH variable selon les points. Les valeurs les plus basses (probablement voisines du pH neutre) apparaîtraient dans les grès et les plus élevées (8—9) au voisinage des sédiments fins. On sait que la solubilité du carbonate de Ca augmente avec l'acidité. Il est donc normal que ce dernier soit dissout dans les parties lessivées et peu à peu confiné dans les zones à pH plus basique.

La phase suivante est marquée par le charriage des masses préalpines. Nous avons vu que les plagioclases des grès tectonisés au contact de ces derniers sont séricitisés. Le schéma de la transformation a pu être le suivant:

$$\text{Plagioclase basique} = \text{albite} + \text{séricite} + \text{calcite}.$$

Notons que dans cette transformation l'albite et la séricite se sont développées in situ, prenant la place du plagioclase basique dont elles dérivent probablement. Il n'en va pas de même pour la calcite. Ce mi-

néral forme le ciment et ne provient pas nécessairement en totalité du calcium de l'anorthite. La calcite peut très bien être en grande partie d'origine primaire.

Dans les grès n'ayant pas encore subi de tectonisation ou de calcitisation, il se produit alors la transformation suivante:

Plagioclase basique + silice + eau = albite + laumontite.

Géochimiquement, il se produit à l'échelle du millimètre une migration du Ca vers les mouchetures blanches. En sens inverse, le Na des plagioclases laumontitisés se déplace vers les parties chloriteuses où les plagioclases basiques primitifs se transforment en albite d'apparence très fraîche. Les fragments originellement andésitiques et basaltiques sont devenus spilitiques. C'est un cas où la spilitisation est clairement d'origine secondaire. En effet, on sait d'une part où a migré le Ca, d'autre part, on retrouve dans le même banc, comme nous l'avons vu, le matériel primitif. Ajoutons qu'il serait hasardeux d'étendre au problème général des spilites cet exemple partiulier. Il est possible qu'il y ait des phénomènes de convergence à partir d'origines différentes.

Le fait que les plagioclases zonés des grès calcitisés aient échappé à la laumonitisation peut s'expliquer comme suit: dans ces grès fortement cimentés par la calcite, il n'y a pas place, dans les pores, pour l'eau nécessaire aux réactions chimiques, ces dernières ne se produisent que dans les grès poreux des parties médianes des bancs.

Le stade suivant est la transformation des grès à laumontite en grès à pumpellyite et prehnite. Ainsi que le montre une étude des différenciations, il semble que cette catégorie de roches soit en relation avec la tectonique des helvétides. A la pression statique due à la surcharge s'ajoute une pression dynamique attribuée aux phénomènes de plissement. La laumontite se transforme en minéraux plus denses. On peut penser aux réactions suivantes:

1. Laumontite + calcite = prehnite + quartz + eau + CO_2,
2. Laumontite + calcite + chlorite = pumpellyite + quartz + eau + CO_2.

Nous supposons que la calcite entre dans les réactions de transformation, car si ce n'était pas le cas, la laumontite laisserait un excès d'Al probablement sous forme d'un minéral micacé, que l'on n'observe pas sous le microscope.

Il faut admettre que le quartz produit dans les réactions 1 et 2 ci-dessus n'a pas été retrouvé dans les lames minces.

La catégorie des grès à épidote constitue probablement le stade de transformation le plus avancé. La structure y est déjà schisteuse, ce qui trahit les pressions les plus fortes subies par les grès de Taveyanne. On peut supposer qu'il y a transformation de pumpellyite en épidote, bien qu'on ne puisse guère mettre le phénomène en évidence.

CONDITIONS DE FORMATION ET COMPARAISONS

Il est intéressant de tenter une reconstitution, même approximative, des conditions de pressions et températures lors de la formation des différents faciès.

Les grès à plagioclases séricitisés semblent correspondre au faciès à chlorite décrit au Japon (Y. Seki, 1961). Le faciès à chlorite, selon cet auteur, correspond au terme le moins transformé et le plus élevé d'une série métamorphique formée dans des conditions de forte pression par rapport à la température. Cette série comporte, de haut en bas, le faciès à chlorite, le faciès à pumpellyite-chlorite, le faciès schiste à glaucophane. On note l'absence du faciès à zéolites. Ce faciès à chlorite est caractérisé par la présence de quartz, albite, chlorite, stilpnomélane, séricite, calcite, hématite, sphène. La présence du calcium, surtout combiné sous forme de calcite, est caractéristique. A l'exception du stilpnomélane, qui semble absent à première vue, tous les minéraux mentionnés plus haut se retrouvent dans le faciès des grès à plagioclases séricitisés.

Le faciès des grès mouchetés à laumontite représente le faciès à zéolites sensu stricto décrit par les auteurs. Par rapport au faciès à chlorite, le faciès à zéolites s'inscrit dans une série métamorphique caractérisée par un rapport pression-température un peu moins élevé que dans le cas précédent (Y. Seki, 1961). Les expériences de laboratoire montrent que la formation de laumontite n'est possible qu'au-dessus d'une température voisine de 280° C et que la pression ne semble guère influencer cette limite (G. F. Winkler, 1964). Ces données nous fournissent un moyen d'estimer l'importance de la surcharge en attribuant cette dernière, presque uniquement, aux masses préalpines charriées. On constate que pour un gradient géothermique choisi arbitrairement très élevé (20 m) on obtient une surcharge minimum d'environ 5500 m.

Cette valeur correspond à peu près à l'épaisseur maximum qu'ont pu avoir les nappes préalpines dans le Chablais. En Nouvelle Zélande

également, on a observé une épaisseur de 5000 m environ, profondeur à laquelle la heulandite des faciès diagénétiques se transforme en laumontite (G. H. PACKHAM et A. W. CROOK, 1960).

Les grès mouchetés à pumpellyite et prehnite correspondent au faciès métagrauwacke à pumpellyite et à prehnite des auteurs. Pour certains, la formation de ces deux minéraux correspond à une élévation de température (G. F. WINKLER, 1964), pour d'autres, à une augmentation de pression (W. E. TRÖGER, 1963) par rapport au faciès à zéolites. Bien qu'une transformation impliquant ces deux facteurs à la fois soit possible, nous constatons que l'élévation de pression est principalement responsable du faciès des grès de Taveyanne: nous avons vu qu'aux conditions de formation des grès à laumontite s'ajoute une pression due aux actions tectoniques.

Les grès riches en épidote s'apparentent un peu aux roches que l'on observe à la base des métagrauwackes à pumpellyite et prehnite et qui constituent une transition avec le faciès „schistes verts" (G. H. PAKHAM et A. W. CROOK, 1960).

Pour terminer, nous pouvons résumer ainsi l'ensemble des phénomènes. Les sédiments du Flysch helvétique se déposent. Il s'agit d'une série probablement peu épaisse puisqu'aucune transformation n'intervient. Le seul phénomène se produisant alors est la calcitisation de certains grès. Les masses préalpines recouvrent ensuite les grès de Taveyanne qui se trouvent ainsi portés à une profondeur plus considérable. A cause de cet enfouissement probablement rapide, le gradient géothermique a pu demeurer bas. Les conditions étaient une température basse et une pression relativement élevée. Aucune transformation minérale n'est alors possible sauf dans les régions tectonisées par les Préalpes où le faciès à chlorite trahit un surcroît de pression. Ensuite, on peut supposer que, la profondeur demeurant la même, le gradient géothermique s'élève et que les grès mouchetés à laumontite se forment. Dans la phase finale, le plissement des helvétides déclenche le développement du faciès à pumpellyite et prehnite avec de l'épidote dans les zones d'intense déformation tectonique.

Cette étude a mis en évidence différents faciès de métamorphisme faible associés à première vue d'une façon contradictoire. En effet, les séries métamorphiques décrites par d'autres auteurs montrent souvent des successions plus simples et plus logiques, ne nécessitant pas, pour leur explication, une suite complexe de phases, comme ce fut le cas pour nous. Il est possible que des études plus approfondies jettent plus de lumière sur certains des points encore obscurs.

BIBLIOGRAPHIE

BSMP = Bulletin suisse de Minéralogie et Pétrographie

1. BEARTH, P. (1962): Versuch einer Gliederung alpin metamorpher Serien der Westalpen. BSMP, *42*, p. 127—137.
2. BUR'YANOVA, YE. Z. (1960): Analcite — and Zeolite bearing sedimentary Rocks of Tuva. Izvestiya akad. nauk. SSSR Seriya Geologicheskaya, No. *6*, p. 54—65.
3. COOMBS, D. S., ELLIS, A. J., FYFE, W. S. and TAYLOR, A. M. (1958): The Zeolite Facies with Comments on the Interpretation of hydrothermal Syntheses. Geochim. and Cosmochim. Acta, *17*, p. 53—107.
4. COOMBS, D. S. (1960): Lower Grade mineral Facies in New Zealand. Int. Geol. Congr. (Kopenhagen), Part *13*, p. 339—351.
5. COOMBS, D. S., (1961): Some Recent Work on the lower Grades of Metamorphism. Australian J. Sc., *24/5*.
6. DICKINSON, W. R. (1962): Metasomatic Quartz — Keratophyre in Central Oregon. Am. J. Sc., *260*, p. 249—266.
7. DICKINSON, W. R., (1962): Petrology and Diagenesis of jurassic andesitic Strata in Central Oregon. Ibidem p. 281—500.
8. DUPARC, L. et RITTER, E. (1895): Le grès de Taveyannaz et ses rapports avec les formations du Flysch. Arch. Sc. phys. et nat., XXXIII.
9. FYFE, W. S., TURNER, F. J. and VERHOOGEN, J. (1958): Metamorphic Reactions and metamorphic Facies. Geol. Soc. America Mem., *73*, p. 259.
10. KOSSOVKAYA, A. G. and SHUTOV, V. D. (1961): The Correlation of Zones of regional Epigenesis and Metagenesis in terrigenous and volcanic Rocks. Doklady Akad. Nauk. USSR, *139*, p. 677—680.
11. NIGGLI, P. (1922): Der Taveyannazsandstein und die Eruptivgesteine der jungmediterranen Kettengebirge. BSMP, *2*, p. 169.
12. NIGGLI, P., (1960): Mineral-Zonen der alpinen Metamorphose in den Schweizer Alpen. Int. Geol. Congr. (Kopenhagen), *13*, p. 132—138.
13. PACKHAM, G. H. and CROOK KEITH, A. W. (1960): The Principle of diagenetic Facies and some of its Implications. J. Geol., *68/4*, p. 392—407.
14. QUERVAIN, F. DE (1928): Zur Petrographie und Geologie der Taveyannaz-Gesteine. BSMP, *8*, p. 1—86.
15. SEKI, YÔTARÔ (1961): Pumpellyite in low-grade Metamorphism. J. Petrol., *2/3*, p. 407—423.
16. TRÖGER, W. E. (1963): Der geothermische Gradient im PT-Feld der metamorphen Facies. Beitr. Mineral. u. Petrogr. *9*, p. 1—12.
17. VUAGNAT, M. (1952): Petrographie, répartition et origine des microbrèches du Flysch nordhelvétique. Mat. carte géol. Suisse, N. s. 97e livr., 109 p.
18. WINKLER, HELMUT G. F. (1964): Das T-P-Feld der Diagenese und niedrigtemperierten Metamorphose auf Grund von Mineralreaktionen. Beitr. Mineral. und Petrogr. *10*, p. 70—93.

Manuscrit reçu le 30 octobre 1964.