

Analyse minéralogique de quelques sédiments arénacés

Autor(en): **Déverin, L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **53 (1920)**

Heft 198

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-270528>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

**Analyse minéralogique
de quelques sédiments arénacés.**

PAR

L. DÉVERIN.

L'éminent successeur de Michel-Lévy au Collège de France, M. L. Cayeux, sous la bienveillante direction duquel j'ai entrepris un travail dont cette note résume quelques résultats préliminaires, revendique pour la pétrographie des roches sédimentaires une place plus large parmi les disciplines géologiques.

La perfection atteinte par les méthodes d'investigation des roches cristallines a réduit au minimum les manipulations que leur étude micrographique exige : on en fait des plaques minces que l'on examine au microscope. Les branches cadettes de la pétrographie ont adopté une partie de ces méthodes et s'efforcent de suivre un développement analogue à celui de la branche aînée. L'étude des plaques minces de roches sédimentaires donne des renseignements à peu près suffisants sur leur teneur en débris organiques ; mais, pour connaître les minéraux présents dans leurs résidus de dissolution (ou de lévigation), on a recours à un procédé un peu délaissé par les pétrographes « arrivés » : la séparation des minéraux lourds, — et rares, — à l'aide des liqueurs denses (bromoforme, iodomercurate de potassium, etc.). Ce procédé a été appliqué à l'étude des sédiments marins, des sols et de divers sables.

La série des opérations *psammographiques*, comme

disent les savants italiens, est minutieusement décrite dans les traités. Telles que je les ai pratiquées, — dans des conditions souvent défavorables, eu égard aux temps dans lesquels nous vivons, — elles comportaient les manipulations suivantes :

1° L'échantillon était recueilli dans un seau à travers un tamis métallique d'environ 16 mailles au centimètre.

2° Lévigation destinée à éliminer les particules, organiques, argileuses et autres, trop petites pour l'examen ultérieur.

3° Dissolution des carbonates par l'acide chlorhydrique dilué.

4° Passage du sable lavé et séché aux tamis de soie 100 et 200 (le numéro indique le nombre de mailles au pouce de 27 mm.). Les grains minéraux qui franchissent le tamis 200 ont un diamètre moyen supérieur à l'épaisseur usuelle des sections minces de roches, mais assez voisin de cette épaisseur pour présenter sous le microscope des teintes de polarisation de même ordre que celles qu'ils montrent dans les préparations ordinaires de roches. Les grains arrêtés par le tamis 200 et qui franchissent le tamis 100 ont une épaisseur exagérée, et l'on ne peut apprécier la valeur approximative de leur biréfringence qu'en examinant les couleurs dont se parent les arêtes les plus tranchantes. Mais ce calibre se prête bien à l'observation du pléochroïsme, et les minéraux, surtout les plus clivables, offrent souvent des surfaces assez étendues pour favoriser leur examen en lumière convergente.

5° Séparation des éléments lourds à l'aide d'une liqueur dense. Je me suis généralement borné à concentrer la solution iodomercurique jusqu'à ce qu'un morceau de quartz flottât dans le liquide chaud et à diviser le sable en deux portions : les minéraux lourds, d'une densité

supérieure à 2,7 environ, et les minéraux légers de densité moindre. Cette méthode un peu grossière se justifie par la considération que les minéraux des sables ne sont pas des espèces chimiques, de densité constante, mais des grains souillés d'inclusions et de produits d'altération ; elle a l'inconvénient de confondre des minéraux comme la cordiérite et le béryl dans la foule des grains de quartz.

Cette séparation donne des précipités lourds parfois extrêmement minimes : quelques milligrammes pour 50 grammes de sable sec dans le cas de la molasse rouge. On peut s'en dispenser quand on a en vue l'examen de sables où le quartz est rare, l'émeri, par exemple.

6° Les minéraux bien lavés sont examinés dans des milieux plus ou moins réfringents : l'eau ($n = 1,33$), qui laisse apparaître la forme des grains, leurs aspérités, leurs clivages ; l' α — monobromonaphtalène ($n = 1,65$) ; le baume du Canada, dont l'indice est voisin de celui du quartz. J'ai aussi employé le nitrobenzène, qui efface les contours du quartz et des feldspaths acides, et parfois le sulfure de carbone, quand le bromonaphtalène manquait. On sait que l'examen de grains transparents immergés dans des liquides dont l'indice de réfraction est connu permet d'estimer à peu près leur indice médian $\frac{(N_g + N_m + N_p)}{3}$ par l'observation du bord ombré sous un éclairage oblique ou par celle du déplacement de la frange de Becke.

Quant aux caractères physiographiques énumérés dans les ouvrages classiques, s'ils permettent de reconnaître presque à coup sûr des minéraux engagés dans des roches taillées en plaques minces, ils sont souvent inutilisables pour la diagnose des minéraux des sables, qui ne sont pas d'épaisseur uniforme, dont les bords sont souvent brisés ou rodés, où la valeur de l'angle d'extinction reste incertaine, à moins que des clivages nets n'apparaissent ; mais l'existence de clivages faciles

peut donner des solides d'orientation optique toujours la même et dont l'allongement peut être de signe contraire à celui du cristal entier. Il ressort de là que la distinction des espèces minérales est souvent malaisée, surtout pour les minéraux trop clairsemés pour qu'on puisse les isoler et les soumettre à l'analyse microchimique ; que l'on doit fréquemment s'en tenir à la détermination du genre sans descendre à celle de l'espèce ; que l'expérience acquise par l'examen des roches cristallines en plaques minces est le plus souvent insuffisante, et que l'étude d'un sédiment arénacé exige un apprentissage spécial.

Les premiers sables décrits plus loin proviennent des Ormonts ; l'un a été recueilli au lac Retau, l'autre dans le torrent du Lavanchy, à l'altitude de ce hameau. Les suivants ont été récoltés dans le lit de la Veveyse, en amont du pont de Fénil, sous la latitude de Moille-Saulaz ; l'un est le résidu du tamisage dans l'eau de quelques kilogrammes des éboulis fins que forme la mollasse rouge ; le second est l'alluvion provenant de toutes les roches du bassin de la rivière. Enfin, curieux de comparer les minéraux de notre poudingue vaudois (la « greppe »), à ceux que j'avais rencontrés dans le poudingue pliocène de Roquebrune (Alpes-Maritimes), j'ai trouvé dans le ruisseau des Barussels, qui descend du Pélerin vers Attalens, le matériel qui fait l'objet de ma cinquième description.

SABLE DU LAC RETAU

Les grains minéraux fins arrêtés par le tamis 200, très fortement souillés d'inclusions, se laissent très mal séparer dans la liqueur d'iodures, même après un triage trois fois répété. Le quartz et les feldspaths lim-

pides surnagent bien, mais les grains opaques et chargés d'inclusions se répartissent entre la surface et le fond du liquide. Dans ces conditions, chacune des préparations des grains lourds de ce calibre ne renferme, au milieu d'une foule de minéraux si troubles qu'ils deviennent indéterminables, qu'un ou deux grains reconnaissables. Le sable très fin, qui franchit le tamis 200, contient des éléments plus limpides et se prêtant au diagnostic.

Minéraux légers. — Parmi les grains de *quartz classique* qui constituent l'élément dominant, on distingue quelques fragments de *quartz secondaire* très limpide et dépourvu d'inclusions. J'ai observé trois ou quatre cristaux entiers, dont l'un portait déjà les stigmates de l'usure. Les autres, bien frais, montraient des faces polies ou striées et des arêtes parfaitement rectilignes.

La majorité des *feldspaths* montre un état d'altération avancé. Quelques-uns exhibent encore les lamelles hémitropes des plagioclases maclés suivant la loi de l'albite. Rares sont les cristaux frais, probablement de seconde génération, qui sont limités par des faces nettes, p , m , g_1 . Ceux qui reposent sur p s'éteignent à 0° .

Les débris de silex, de quartzite et les agrégats issus de l'altération des feldspaths sont très nombreux. La *muscovite* constitue des lamelles irrégulières ou des paquets de lamelles empilées qui, posées à plat, montrent parfois le contour hexagonal limité par les faces m et g^1 ; elle renferme de rares inclusions : biotite ou zircon.

Minéraux lourds.

A. Éléments opaques.

La *magnétite* forme à elle seule plus des neuf dixièmes du résidu lourd. Ses cristaux sont généralement très

nets, irisés sous la lumière réfléchiée, striés parallèlement aux arêtes *b*. Certains grains de même forme que les précédents, mais non irisants, sont insensibles à l'approche de l'aiguille aimantée. Les particules magnétiques ont souvent des formes irrégulières, ou l'aspect de plaquettes à surface granuleuse, à éclat gris de fer. La limonite épigénise souvent la magnétite, comme aussi la *pyrite*, qui apparaît ici et là en amas grenus d'un jaune laiton. Outre ces minéraux, qu'accompagnent de nombreux grains couleur de rouille, on observe encore de très rares paillettes d'*hématite* à peine translucide.

B. *Eléments colorés.*

La *tourmaline* brune ou brun-verdâtre est le plus commun de ces éléments. Souvent chargée d'un abondant pigment noir, elle se signale par son pléochroïsme énergétique. Les tronçons de prismes et les fragments de couleur brune sont mêlés à de très rares tourmalines incolores, dépourvues de pléochroïsme, reconnaissables à leur extinction droite, à leur signe négatif, à la valeur élevée de leur biréfringence qui les distingue de l'apatite.

Le *chloritoïde* se présente en lamelles de clivage très sensiblement pléochroïques, de biréfringence faible.

L'*épidote* en grains anguleux, quelquefois clivés, légèrement pléochroïques, dont l'extinction imparfaite laisse subsister une lueur bleue, apparaît rarement sous forme d'un beau prisme tronqué.

Les *amphiboles* sont représentées par plusieurs espèces.

Le *glaucophane*, en tronçons aplatis à clivages peu nets, est fortement pléochroïque : elle se teinte de bleu indigo quand l'allongement est parallèle à la section principale du polariseur, de violet parfois très lavé

dans la direction perpendiculaire à la précédente. L'extinction n'est pas nette, mais l'angle d'extinction est certainement petit. Cette espèce diffère de la crocidolite par son allongement positif.

On trouve des fragments d'amphibole intermédiaire entre le glaucophane et l'*amphibole verte*, que sa biréfringence assez élevée permet de distinguer des lamelles de chloritoïde dont l'aspect prête parfois à confusion.

Une amphibole limpide, de couleur vert d'eau, à clivages longitudinaux très francs, montre quelques cassures transversales. Ses extinctions droites, son indice de réfraction un peu plus faible que celui de la naphthaline monobromée la rangent près de l'anthophyllite.

La famille des *pyroxènes* est pauvrement représentée : trois ou quatre pyroxènes verts voisins de l'augite et un fragment de *diallage* brunâtre.

Il en est de même pour la *glauconie*.

Le *rutile*, en grains roulés jaunes ou rouges, montre parfois des associations complexes et des restes de macles en genou.

Deux ou trois grains cannelés, jaune clair, fortement dispersifs et biaxes appartiennent probablement à la *brookite*.

Chaque préparation renferme en outre d'assez nombreuses écailles d'un minéral chloriteux brunâtre ou verdâtre.

C. Minéraux incolores.

A côté des *micas* blancs ou faiblement verdâtres, il y a de nombreux *zircons*, soit fragmentaires, soit entiers, mais toujours fortement usés aux extrémités, souvent troubles et striés.

La *trémolite* et le *disthène* ont fourni chacun un représentant unique.

SABLE DU LAVANCHY

Recueilli à quelques kilomètres à l'ouest du lac Retau dans des eaux ayant drainé les mêmes formations du Flysch, ce sable était intéressant à comparer au précédent.

La proportion des éléments lourds y est faible ; nombreux sont les fragments alourdis par leurs inclusions qui tombent avec les minéraux lourds. La plupart des fragments qui franchissent le tamis 100 sont opaques, non attirables par l'électro-aimant, et un séjour de plusieurs heures dans l'acide chlorhydrique et dans l'acide sulfurique chaud n'arrive pas à les éclaircir. Par suite, je n'ai conservé, pour les examiner dans le baume, que les minéraux lourds qui franchissent le tamis 200.

La *portion légère* contenait :

du *quartz*, élément dominant, généralement clastique et rempli d'inclusions.

Les cristaux, isolés ou groupés, et les fragments de quartz authigènes sont rares ; limpides, sans inclusions, ils montrent des faces nettes et exemptes de corrosion ; de nombreux fragments de *quartzite* ;

du *silex* fibreux ;

des *feldspaths* partiellement ou complètement altérés. Quelques *plagioclases* sont encore reconnaissables à leurs lamelles hémitropes. Parmi les fragments d'*orthose* troublé par des produits épigénétiques jalonnant la trace des clivages, j'ai distingué un cristal idiomorphe d'aspect assez frais et probablement de seconde génération.

Minéraux lourds.

Opagues. A côté de fragments de *pyrite*, on trouve de nombreux grains blancs et des fragments de schiste souillés de pigment brun.

Je note ici l'extrême *rareté* des grains de *magnétite*, si abondants dans les sédiments du lac Retau.

Transparents. Les plus abondants sont les *zircons* ; les cristaux entiers sont fréquents, et ceux qui ont conservé des arêtes vives ne sont pas rares. Les individus à formes prismatiques développées, mais trapues et terminées par des faces pyramidales surbaissées l'emportent de loin sur les formes très allongées, et l'on ne rencontre pas de formes à pyramides prédominantes. L'usure a produit des formes arrondies. Les cassures transversales, les fêlures capricieuses sont des accidents vulgaires. Des textures zonées se remarquent souvent. Les inclusions sont des pores à gaz et des bâtonnets de nature indéterminée.

Les *micas blancs* sont assez nombreux.

La *tourmaline* est médiocrement abondante. Elle forme des tronçons de prismes souvent usés aux extrémités et aussi sur les arêtes latérales, ou bien se présente en fragments de forme quelconque, par exemple en lamelles usées qui exigent l'emploi de tous les réactifs optiques pour être identifiés. Le pléochroïsme de ces fragments est très variable suivant leur orientation, mais les tronçons de prisme offrent des changements de teintes saisissants, le plus souvent dans les tons bruns. L'absorption maxima laisse aussi subsister des bleus, des verts parfois très sombres, le cristal étant très pâle, incolore ou rosé quand il s'allonge parallèlement à la section principale du nicol inférieur.

Les *amphiboles*, rares, sont de plusieurs espèces : le *glaucothane*, passant quelquefois à la variété verte ; une *amphibole* vert d'eau, qui ne semble pas pléochroïque sous une épaisseur très réduite ; l'*amphibole* incolore est exceptionnelle.

Quelques grains d'*épidote*, sans contours cristallins ni clivages bien nets, fendillés, offrent un pléochroïsme encore sensible. La figure d'interférence obtenue en lu-

mière convergente est parfois extrêmement précise.

Le *chloritoïde* est très rare.

Les grains usés jaunes et rouges de *rutile* sont accompagnés de fragments de prismes striés, avec lamelles hémitropes b_1 , et de vestiges de macles en genou.

L'*anatase* a été observée deux fois : sous la forme d'un fragment à bords irrégulièrement corrodés dont les encoches laissaient voir l'empilement des lames de clivage p , et sous l'aspect d'un petit prisme quadratique coiffés de pyramides recoupées par des clivages p bien marqués. La couleur de ce minéral était un vert clair obscurci par un fin pigment noir.

Un fragment de *brookite* d'un jaune clair montrait entre les nicols croisés des teintes élevées, mais pas d'extinction. En lumière convergente, une croix noire divise le champ de vision en quatre secteurs : les quadrants opposés ont la même teinte, et les couleurs s'intervertissent lorsqu'on tourne la platine, tandis que la croix noire se disloque.

MOLLASSE ROUGE

La **portion légère** contient : du *quartz*, en grains roulés, corrodés à tel point qu'on ne peut distinguer le quartz détritique du quartz secondaire ; de rares fragments de *spicules calcédonieux*, généralement sans canal ; quelques fragments profondément altérés qui durent être des feldspaths ; des grains opaques bruns, que les acides n'arrivent pas à décaper et qui montrent sur les bords une vague teinte de polarisation.

Minéraux lourds.

Les éléments *opaques* sont les suivants :

des grains blancs assez abondants, et de très nombreux grains rouges se reliant aux précédents par une

pigmentation ocreuse de plus en plus faible; des fragments à reflets de verre cuivré sont probablement de petits agrégats de biotite altérée;

de la *pyrite* en petites concrétions grenues, ou en grains irréguliers, quelquefois arrondis;

de nombreux grains noirs à reflets vitreux, à cassure conchoïdale, dépourvus de magnétisme;

de rares paillettes d'*oligiste*.

Minéraux colorés.

La *tourmaline*, en tronçons prismatiques courts ou en fragments irréguliers, montre des virages pléochroïques du jaunâtre au brun cannelle;

du rose au vert-bleu sombre;

du rose pâle au noir ou au vert très sombre.

Le pléochroïsme ne se manifeste parfois qu'à l'une des extrémités du prisme.

Ce minéral est souvent chargé de pigment noir.

Le *rutile*, en grains oblongs ou en éclats tranchants, offre un éclat jaune ou des couleurs s'assombrissant jusqu'au rouge-brun.

Parmi les *amphiboles*, l'*actinote*, d'un vert sombre ou d'un vert d'eau, est moins rare que le *glaucothane*.

Les *grenats roses*, souvent troubles, sont parfois criblés d'inclusions gazeuses ou de petits zircons. Sur les bords des cassures, la corrosion a mis en évidence les cristaux élémentaires qui constituent le cristal pseudo-cubique.

Quelques cristaux corrodés du genre augite représentent les *pyroxènes*.

La *biotite*, d'un brun-verdâtre est rare, ainsi que la *glauconie* et le *chloritoïde*.

La *staurotide* est très rare.

L'*épidote* est figurée par quelques grains légèrement

pléochroïques, et par un ou deux prismes isolés.

J'ai noté la présence d'un fragment fendillé d'*obsidienne* brune et de rarissimes fragments d'*anatase* verdâtre ou bleutée, où l'existence du clivage *p* se manifestait par l'empilement de tablettes grossièrement rectangulaires.

Minéraux incolores.

Zircon. Les cristaux les plus parfaits présentent à leurs extrémités des traces d'usure notable. Le nombre des formes prismatiques, parfois très allongées, l'emporte de beaucoup sur celles où les faces pyramidales sont bien développées. Les cassures fréquentes ont produit des tronçons de prismes et des débris roulés. On observe des zircons zonés en train de se désagréger par écailles.

La *muscovite* est assez fréquente en paquets de lamelles donnant des extinctions onduleuses.

Les *grenats* incolores ne sont pas très rares. Leurs bords montrent presque toujours des cristaux élémentaires en concrescence.

La *trémolite* est très clairsemée.

SABLE DE LA VEVEYSE

La *portion légère* comprend :

du *quartz* clastique, limpide, avec inclusions à libelles ou envahi par un trouble laiteux, et quelques fragments de cristaux de seconde génération ;

un peu de *silex*, et des débris de *quartzite* ;

de rares *spicules* d'éponges *calcédonieux*, avec canal plus ou moins oblitéré, accompagnés de débris de *spicules* roulés au point de devenir sphériques ;

des *feldspaths* à tous les degrés de décomposition, depuis la lamelle de clivage à peine trouble jusqu'à l'agrégat de séricite ; quelques-uns d'entre eux montrent les macles répétées des plagioclases, d'autres le quadrillage du microcline.

Minéraux lourds.

Les éléments opaques sont : des grains blancs ; quelques particules de *magnétite* ; d'assez nombreux grains d'un noir profond à reflet bleuâtre, non magnétiques, et des grains ocreux en abondance ; ces derniers décapés par l'acide chlorhydrique découvrent, pour la plupart, un noyau de *pyrite* grenu en amas irréguliers. Ce sulfure apparaît rarement en cristaux cubiques, à faces carrées ou pentagonales, à arêtes émoussées ; il forme des sphérules isolées ou agglomérées ; il moule ou épigénise divers débris organiques, tiges végétales, plaques perforées d'échinides ou loges de foraminifères ; enfin il constitue quelques pseudomorphoses de cristaux bacillaires groupés ou maclés en X.

Minéraux colorés.

La *tourmaline* en gros fragments a subi une usure qui a amené certains tronçons de prismes à l'état de grains ovoïdes. Les petits cristaux seuls ont conservé leurs faces prismatiques encore nettes ; ils sont parfois coiffés de pointements pyramidaux. La variété brune, ici encore, est la plus fréquente. On observe pourtant des jeux de pléochroïsme du brun-violacé au noir ; du brun-verdâtre au vert très sombre, une des extrémités du prisme restant brune ; ou encore du bleu cendré au vert foncé.

Les *amphiboles* appartiennent à plusieurs espèces : la variété *verte* ou d'un vert-brunâtre, légèrement

pléochroïque, est assez fréquente ; son angle d'extinction est voisin de 15° ;

une variété *brune*, beaucoup plus rare, a une extinction presque droite.

Le *glaucothane*, en fragments volumineux, est assez clairsemé.

Des *pyroxènes* verts, du genre augite, se rencontrent ici et là, ainsi que des grains de *glauconie* d'un vert tournant quelquefois au brun.

Le *rutile*, plus souvent brun-rouge que jaune, constitue des cristaux prismatiques assez déliés ou de gros fragments de cristaux qui devaient être très volumineux.

Les prismes montrent souvent des lamelles hémitropes insérées à environ 65° de leur axe.

Ce minéral est fréquemment obscurci par des inclusions noires.

Le *chloritoïde* est aussi taché par des inclusions.

Le *grenat rose* très rarement limité par des faces dérivées du cube ; les bords des cassures examinées à un fort grossissement, montrent volontiers de fins clivages en escalier.

La *staurotide*, en fragments aux contours déchiquetés, est rare, ainsi que l'*épidote*, peu colorée.

L'*anatase* a été aperçue une seule fois, sous la forme d'un cristal verdâtre très net.

Minéraux incolores.

Le *grenat* est le minéral le plus abondant de cette catégorie : toujours fragmentaire, chagriné en surface, il laisse voir la saillie des cristaux élémentaires sur les cassures rugueuses.

Les *zircons* sont tous usés aux extrémités. Les formes trapues à faces prismatiques dominant sur celles où les faces pyramidales l'emportent en étendue. Des pores

à gaz quelquefois très gros viennent s'ouvrir à la surface et certains cristaux sont percés de part en part. A côté des zircons incolores, on observe de très rares spécimens verdâtres ou rosés et faiblement pléochroïques.

Le *béryl*, rare, apparaît en fragments assez grossièrement clivés, renfermant des inclusions liquides à libelles bien plus grosses que celles du quartz, et de forme subrectangulaire ; l'une de ces inclusions mesurait 10 μ en longueur.

La *muscovite* forme des paquets quelquefois épais de lamelles à bords rodés ; elle renferme des zircons minuscules, très allongés, disposés en files qui, vues avec un grossissement faible, semblent n'être que des stries.

Les *pyroxènes* incolores sont rares.

SABLE DU RUISSEAU DES BARUSSELS

Les grains de ce sable étaient enrobés dans du calcaire tuffeux.

La *portion légère* contenait : du *quartz* clastique, élément dominant, accompagné de fragments limpides de quartz secondaire ; des *silex* fortement roulés ; des *feldspaths* presque entièrement épigénisés (avec un fragment d'orthose assez frais) ; des *spicules* d'éponges en *calcédoine* ; quelques-uns ont leur canal rempli d'opale ou de matière ferrugineuse ; certains d'entre eux ont gardé des amorces de ramifications ; un seul réalisait le type tétraxone intégral ; tous portent des traces de corrosion plus ou moins profondes.

Dans la *portion lourde*, plus de la moitié des grains opaques était de teinte ocreuse ; leur enveloppe est blanchie, mais non dissoute par l'acide chlorhydrique concentré. La *pyrite* grenue n'est pas abondante ; les

particules magnétiques, lamelles et débris, de forme irrégulière, sont rares. Parmi les nombreux grains d'un noir brillant, quelques-uns portent des facettes cristallines ; d'autres sont entamés par des cassures conchoïdales ; d'autres encore, translucides sur les bords, laissent filtrer des couleurs brunes et vertes. Ce sont probablement des *spinelles*.

Minéraux colorés.

Les *amphiboles* sont représentées par le *glaucothane*, bleu ou violet suivant son orientation par rapport au polariseur, et par une série de variétés vertes, offrant toutes les teintes depuis l'outremer jusqu'au vert sombre ou vert-brunâtre, et d'autre part une dégradation jusqu'à la trémolite. Les espèces fortement colorées sont sensiblement pléochroïques.

Le *rutile*, lui aussi, arbore des couleurs réparties en une gamme allant du jaune laiton au brun presque noir. Les fragments prismatiques, striés longitudinalement, sont fréquemment coupés obliquement par des lamelles hémitropes, dont le développement aboutit à la macle en genou.

La *tourmaline* brune ou brun-rougeâtre l'emporte sur les autres variétés. Il en est d'absolument incolores ; d'autres se troublent d'une vague fumée rousse au maximum d'absorption ; d'autres encore manifestent leur pléochroïsme par des virages

- du rose au vert sombre ;
- de l'incolore au vert d'eau ;
- du vert-bleu au vert très sombre ;
- du vert au noir.

Le cristal qui présentait ce dernier virage était très allongé ; ses faces et arêtes prismatiques étaient intactes ; une de ses extrémités était nettement pyramidale.

La *staurotide*, assez abondante, est parfois criblée d'inclusions noires ; certains bords de cassures laissent voir des concrescences parallèles de prismes élémentaires.

Le *grenat* est d'un rose assez vif, parfois assombri de brun.

L'*épidote*, en fragments allongés, un peu pléochroïque, est le premier des minéraux rares, parmi lesquels il faut citer : la *glauconie*, la *biotite*, le *chloritoïde*, un *spinelle* brun, le *corindon*, et peut-être le *sphène* et l'*idocrase*, chacun de ces derniers minéraux étant représenté par un seul grain, dans une seule préparation.

Une table parfaitement rectangulaire d'*anatase* a été observée ; d'autres fragments, extrêmement réfringents, mais troublés par des nuées d'inclusions, et laissant apercevoir des teintes de polarisation très élevées, sont probablement de l'oxyde de titane. Deux cristaux striés, d'un bleu d'acier, à demi engagés dans une gangue d'ilménite, ressortissent apparemment au même minéral.

Eléments incolores.

Les *zircons* sont extrêmement nombreux ; peu de formes allongées se sont conservées sans cassure et surtout sans perdre par usure leurs pointements pyramidaux. A côté de fragments abondants, on reconnaît des formes prismatiques trapues, mais entières, et plus rarement, des individus où les facettes pyramidales sont largement développées. L'usure les rend fusiformes.

Les *grenats* fortement chagrinés, montrent, sous un fort grossissement, de petits pointements octaédriques. Ils peuvent être criblés de pores gazeux ou d'inclusions cristallines moins réfringentes que le grenat, et assez faiblement biréfringentes.

La *zoïsite*, en fragments assez franchement clivés, est rare

De la *muscovite* accompagne les minéraux énumérés.

CONCLUSION

Les enseignements à tirer de l'examen d'un nombre trop restreint de sables parfois hétérogènes, récoltés dans des stations aussi dispersées que celles où j'ai recueilli mes échantillons, ne peuvent pas constituer un faisceau de déductions comparable à celui qu'une collection sériée aurait fourni. Tout épars qu'ils sont, les faits acquis peuvent suggérer quelques remarques.

La liste des minéraux présents dans la « *greppe* » du Pélerin est à peu près identique à celle que fournit l'examen du poudingue pliocène de Roquebrune (Alpes-Maritimes) ; j'ai constaté l'affinité minéralogique de cette formation avec les sables du littoral ligure, étudiés par Chelussi. Le savant italien cherche l'origine de leurs minéraux dans les grès et dans les massifs cristallins de la région. Nous n'aurions pas de peine à trouver dans les roches du Valais, — euphotides, prasinites, eclogites, etc., — les gisements primitifs des sédiments accumulés par le Rhône dans son ancien delta.

La rareté de la magnétite dans le poudingue vaudois peut surprendre si l'on se rappelle que les alluvions actuelles du Rhône en renferment de fortes quantités ; cette constatation, renouvelée en 1910 par MM. Chuard et Mellet, a donné lieu à un échange de vues entre les membres de notre société, au cours duquel M. le professeur Lugeon a rappelé la grande diffusion de la magnétite dans la nappe du Saint-Bernard et contesté qu'elle provînt d'un gisement unique. Si le ruisseau des Barussels ne roule pas de magnétite, il est possible qu'il découvre, en creusant plus profondément dans le poudingue, un nid de ce minéral comparable à celui du lac Retau. Les gisements de magnétite alluvionnaire doi-

vent être étroitement localisés, sa forte densité permettant aux courants d'eau de la séparer des grains minéraux moins denses qu'elle.

L'étude méthodique des minéraux lourds contenus dans les roches sédimentaires a fourni à Cayeux, à Boswell, à Thomas, à Chelussi, des renseignements paléocéanographiques et stratigraphiques dont la valeur n'échappe à personne ; les résultats obtenus par ces chercheurs doivent nous piquer d'émulation. On sait, par exemple, que la présence de glaucophane dans les roches tertiaires du nord de l'Italie a permis à Chelussi de distinguer pétrographiquement les sédiments helvétiques des dépôts antérieurs. Il serait intéressant de vérifier si, dans les Alpes suisses, chaque étage ou chaque nappe de recouvrement ne se singularise pas par des minéraux détritiques ou par des associations minérales caractéristiques. En l'absence de restes organiques, les minéraux rares peuvent, comme Thoulet l'a démontré, tenir lieu de fossiles ; des analyses minéralogiques des sédiments du Flysch permettraient peut-être de reconstituer les phases du drainage préglaciaire des Alpes valaisanes, décrit par M. Argand, et de suivre l'érosion des falaises dont les débris éboulés se retrouvent, suivant M. Lugeon, comme blocs exotiques dans le Flysch de la zone du Niesen. Les sédiments qui revêtent le même facies que celui-ci n'offrent pas toujours des richesses minéralogiques comparables à celles de Retau et du Lavanchy. Ainsi le Flysch de Restefond (bordure méridionale de la région de l'Ubaye) ne m'a montré, parmi les grains de quartz, que des zircons assez misérables avec quelques micas et un seul tronçon de tourmaline brune.

Le rutile et le zircon, dont la longévité résiste probablement à plusieurs cycles d'érosion, sont abondants dans les sables décrits tout à l'heure ; mais ces sédi-

ments renferment aussi des minéraux capables de tenir le rôle de bons fossiles caractéristiques ; tels sont les grenats, les pyroxènes, les amphiboles, les diverses espèces de tourmaline, l'épidote, la zoïsite, la biotite et le disthène. Les résidus lourds des sables étudiés ici offrent des contrastes frappants dont la signification restera indécise jusqu'à ce que les observations du même genre se soient multipliées. La présence des grenats et de la staurotide dans la région de Vevey, l'absence ou la grande rareté de ces éléments dans le Flysch des Ormonts, qui renferme, par contre, de l'épidote, l'accumulation de la magnétite et l'apparition du disthène à Retau, l'absence générale de l'andalousite, la distribution des pyroxènes, des tourmalines verte, rose et bleutée, sont des faits qui, rapprochés de nombreuses autres constatations à faire, permettront de formuler des propositions utiles à la stratigraphie.

BIBLIOGRAPHIE

- E. Argand.** *Sur le drainage des Alpes Occidentales et les influences tectoniques.* « Procès-verbaux de la Société vaudoise des Sciences naturelles. » 3 avril 1912.
- P. G. H. Boswell.** *The Stratigraphy and Petrology of the Lower Eocene Deposits, etc.* « Quart. Journ. Geol. Soc. », vol. 71. 1915.
- L. Cayeux.** *Contribution à l'étude micrographique des roches sédimentaires.* Lille, 1897.
- *Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires.* 1 vol. et 1 atlas. Paris, 1916.
- I. Chelussi.** *Sulla presen a di minerali caratteristiche in molte roccie mioceniche dell'Italia centrale.* « Atti Soc. ligust. Sc. nat. e geogr. » Genova, 1910.
- *Nuove ricerche in roccie terziarie di sedimento.* « Bull. Soc. Geol. Ital. », vol. 31. 1912.
- *Alcune sabbie marine del litorale ligure.* « Ibid. » 1912.
- *Terzo contributo alla petrografia delle roccie terziarie di sedimento in Italia.* « Bull. Soc. Geol. Ital. », vol. 33. 1914.

- Chuard et Mellet.** *Sur les sables du Rhône.* « Proc. Verb. Soc. Vaud. Sc. Nat. », 18 juin 1910.
- Herm. Fischer.** *Beitr. z. Kenntn. der unterfränkischen Triasgesteine.* « Geogn. Jahresh. », 21. Jahrg. 1908.
- Grandjean.** *Propriétés optiques et genèse du feldspath néogène des sédiments du bassin de Paris.* « C. R. Acad. Sc. », t. 148. 1909.
- Jeannettaz.** *Les roches et leurs éléments minéralogiques.* 4^e éd. Paris. 1910.
- Lory.** *Sur la présence de nombreux cristaux microscopiques de feldspath orthose dans les résidus de dissolution, etc.* « Arch. Sc. phys. et nat. » Genève. 1886.
- Lugeon.** *Sur les sables du Rhône.* « Proc. Verb. Soc. Vaud. Sc. Nat. » 6 juillet 1910.
- *Sur l'origine des blocs exotiques du Flysch.* « Ibid. » 20 décembre 1916.
- Michel-Lévy.** *Note sur quelques minéraux contenus dans les sables du Mesvin.* « Bull. soc. fr. Minér. » I. 1879.
- Michel-Lévy et Lacroix.** *Les minéraux des roches.* Paris. 1888.
- Milner et Part.** *Methods in Practical Petrology.* Cambridge. 1916.
- E. Monnin-Chamot.** *Elementary Chemical Microscopy.* New-York. 1916.
- Rosenbusch.** *Elemente der Gesteinslehre.* 3. Aufl. Stuttgart. 1910.
- H. H. Thomas.** *The Mineralogical Constitution of the finer material of the Bunter Pebble-Beds in the West of England.* « Qu. J. G. S. », vol. 58. 1902.
- *A contribution to the Petrography of the New Red Sandstone in the West of England.* « Ibid. » vol. 65. 1909.
- Thoulet.** *Sur la lithologie océanographique des mers anciennes.* « C. R. Acad. Sc. », t. 144. 1907.
- *Précis d'analyse des fonds marins actuels et anciens.* Paris, 1907.
-

