



Thèse

1889

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Recherches sur la composition de quelques schistes ardoisiers de Suisse
et de Savoie

Radian, J.

How to cite

RADIAN, J. Recherches sur la composition de quelques schistes ardoisiers de Suisse et de Savoie.
Doctoral Thesis, 1889. doi: [10.13097/archive-ouverte/unige:26652](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:26652)

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:26652>

Publication DOI: [10.13097/archive-ouverte/unige:26652](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:26652)

RECHERCHES SUR LA COMPOSITION

DE QUELQUES

SCHISTES ARDOISIERS

DE SUISSE ET DE SAVOIE

DISSERTATION

présentée à la Faculté des Sciences de Genève

pour obtenir le grade de

DOCTEUR ÈS-SCIENCES PHYSIQUES

PAR

J. RADIAN

Docteur en Médecine de l'Université de Bucarest (Roumanie).

GENÈVE

IMPRIMERIE TAPONNIER ET STUDER, ROUTE DE CAROUGE

1889

A MA FEMME

A MON BÉBÉ

A MON TRÈS ESTIMÉ ONCLE

CONSTANTIN C. BOERESCU

Reconnaissance.



Monsieur Louis DUPARC

Professeur de Minéralogie à l'Université de Genève.

*Je vous prie de recevoir avec mes hommages
empressés l'assurance de mon estime.*

*La Faculté des Sciences autorise l'impression de
la présente thèse, sans exprimer d'opinion sur les
propositions qui s'y trouvent énoncées.*

Le Doyen de la Faculté des Sciences :

G. OLTRAMARE.

Genève, le 12 Novembre 1889.

INTRODUCTION ET LITTÉRATURE

Sous le nom de schistes ardoisiers, on comprend des roches formées d'un mélange d'argile plus ou moins chargée de grains de quartz ou de mica, constituant une pâte d'apparence compacte, schisteuse, homogène, et macroscopiquement non cristalline. La compacité et la schistosité ne leur appartiennent pas exclusivement, car on rencontre dans la nature beaucoup de roches variées au point de vue minéralogique, qui présentent ces mêmes caractères souvent très développés, de sorte qu'on ne peut pas les distinguer en se basant seulement sur ces deux caractères. Cette schistosité, bien que variant dans des limites assez étendues, est cependant assez complète, ce qui permet d'en détacher de minces feuillets, aussi solides que légers, qui sont utilisés diversement dans les arts. L'origine en est bien connue depuis les expériences classiques de MM. Daubrée et Jannettaz et elle est souvent accompagnée d'un clivage secondaire.

L'aspect non cristallin des schistes ardoisiers les distingue non seulement des schistes cristallins en général, mais encore des phyllades qui représentent un degré de cristallisation beaucoup plus avancé, bien qu'on rencontre des formes de passage de l'un à l'autre dont la

classification est parfois fort difficile, ce qui fait qu'un certain nombre d'auteurs font rentrer une partie des phyllades dans les schistes ardoisiers et vice-versa. D'autre part, les schistes ardoisiers se distinguent également des argiles schisteuses, par leur consistance, leur dureté et leur schistosité, qui est généralement plus développée.

Ces roches ont un aspect très uniforme, à cassure mate, de couleur foncée, principalement grise ou noire, bien qu'on en rencontre avec des teintes très différentes : rouge, violacée, etc. La couleur qu'elles présentent paraît provenir de la nature même des éléments composants, ainsi que cela résulte des conclusions de plusieurs observateurs.

L'ensemble des propriétés physiques des schistes ardoisiers (dureté, densité, etc.) peut varier beaucoup, dans les différents spécimens, d'après leur provenance; cependant, envisagées en général, elles sont assez constantes, ou du moins n'oscillent pas dans des limites très étendues. Ainsi, pour les schistes exempts de carbonate de calcium, la dureté varie entre $2\frac{1}{2}$ et $4\frac{1}{2}$, la moyenne étant de 3. Quant à la densité, l'oscillation est moins prononcée, et varie entre 2,7 et 2,9 avec une moyenne de 2,8.

Au point de vue chimique, les ardoises sont des silicates complexes neutres, ou quelquefois acides d'alumine (Al_2O_3), CaO , MgO , Fe_2O_3 , FeO , K_2O , Na_2O , etc.; ces différents éléments s'y rencontrent dans des proportions très variables, non-seulement d'un échantillon à l'autre, mais souvent dans le même échantillon, ce qui est, jusqu'à un certain point, l'indice d'un manque d'homogénéité.

Cependant, dans le cours de nos recherches sur le sujet, nous avons eu plusieurs fois entre les mains des ardoises qui, sur un même échantillon, présentaient sensiblement une composition chimique identique, en opérant sur des parcelles de substance prises dans les différentes parties de la masse.

Leur teneur en *silice* oscille entre un minimum de 50 % et un maximum de 73 %, avec une moyenne de 60 %. Après la silice, l'élément qui varie le plus c'est l'*alumine*, qui présente un écart énorme compris entre 15 % et 35 %, la moyenne étant de 20 %. Un fait digne de remarque, c'est que presque dans toutes les ardoises examinées jusqu'à présent, la *potasse* s'y trouve en proportion beaucoup plus grande que la *soude* ; il y a même des schistes complètement exempts de cette dernière substance. La quantité de potasse ne dépasse pas, en général, 5 %, quoiqu'on connaisse des ardoises où cette teneur s'élève jusqu'à 7 %, le minimum étant de 1,20 %, avec une moyenne de 4 %, celle de la soude étant de 1,50 %.

Toutes les ardoises contiennent du *fer* qui peut s'y trouver simultanément à l'état ferreux ou ferrique, quelquefois aussi sous la forme de *magnetite*, comme c'est le cas pour certains schistes des Ardennes qui se montrent particulièrement riches en composés ferrugineux. Quant à la proportion relative de ces composés, on ne peut pas leur assigner une limite précise, tant les oscillations qu'on observe d'un échantillon à l'autre sont prononcées et souvent très irrégulières. Pourtant, on peut dire que la quantité du fer dans les ardoises dépasse rarement 20 %, la moyenne étant de 5 % pour le fer ferrique (Fe^2O^3) et de 4-5 % pour l'oxyde ferreux.

Ici il faut remarquer qu'on trouve des schistes qui ne contiennent exclusivement que du fer ferrique, et d'autres que du fer ferreux, ce dernier cas étant de beaucoup le plus fréquent.

En outre, dans quelques échantillons, on rencontre des carbonates et presque toujours de la pyrite en petite quantité qui, du reste, y est quelquefois oxydée. Tous les schistes ardoisiers renferment une certaine quantité d'une matière volatile, qui part à une température élevée et qui constitue la perte au feu. Cette perte au feu, qui peut varier dans des limites très considérables, est représentée par une moyenne de 4 %. Enfin, on doit encore citer parmi les éléments qui peuvent se rencontrer dans les ardoises, un certain nombre de corps qui ne s'y trouvent pas constamment dans tous les échantillons.

Parmi ces corps, le plus fréquent est l'acide titanique, qu'on rencontre particulièrement dans les ardoises des Ardennes, et dans lesquelles sa proportion peut dépasser 2 %, la moyenne y étant comprise entre 0,90 % et 1 %. Tel est aussi le cas de l'oxyde de manganèse, qui se trouve constamment presque dans tous les schistes ardoisiers, quelle que soit leur provenance, mais souvent en si faible quantité qu'on ne peut pas arriver à le séparer. Même quand il est dosable, sa proportion ne dépasse jamais 2 % ; par exception, on connaît un seul schiste où cette quantité s'élève au chiffre énorme de 18 %, mais ce chiffre est unique et n'infirmes pas le maximum que nous avons donné ci-dessus. Comme éléments accessoires, on doit compter aussi l'acide phosphorique, toujours en très faible quantité ; quelquefois la strontiane et encore plus rarement l'oxyde de cuivre.

Toutes les ardoises traitées par *Hcl* concentré et à froid sont décomposées plus ou moins profondément, surtout si elles sont réduites en poudre fine. Dans ce cas, la quantité des éléments qui entrent en dissolution est très variable suivant les ardoises. Quant à leur nature, c'est principalement du fer (à l'état ferreux et ferrique), s'y trouvant en proportion beaucoup plus grande que les autres éléments représentés par de petites quantités d'alumine, de magnésie, potassé, soude, etc.

La composition chimique des schistes ardoisiers a été déjà l'objet de nombreux travaux ; mais ils ont été effectués dans des buts très différents, et une grande partie surtout au point de vue industriel, ce qui fait qu'un certain nombre de ces analyses sont non-seulement incomplètes, mais encore fort approximatives.

Cependant, il existe un assez grand nombre d'analyses scientifiques des schistes ardoisiers provenant de différents pays. La liste des auteurs ayant travaillé sur le sujet est donnée par ZIRKEL¹, dans son traité de pétrographie, où il mentionne toutes les monographies publiées jusqu'en 1866. Depuis lors, de nombreux travaux ont été effectués dans ce domaine, mais plus particulièrement au point de vue microscopique. FUCHS² a étudié les schistes des Pyrénées françaises appartenant aux terrains anciens, surtout ceux de Pierrefite et Cauterets, et il trouva, parmi les éléments élastiques, du quartz et du mica, le premier plus abondant que le second, ainsi que la magnetite et la chlorite. Dans certains d'entre eux, il a trouvé la *chiastolithe* également.

1. Lehrbuch der Petrographie (1866).

2. Die alten Sedimentformationen und ihre metamorphose in den französischen Pyrenäen, von Herrn Prof. C.-W. Fuchs. *Neues Jahrbuch* 1870. P. 851-862.

Une année plus tard paraît, dans le même recueil, le résumé des observations chimiques et microscopiques faites par ARTHUR PHILLIPS¹, sur les schistes de Delabole.

En 1872, ZIRKEL publia le résultat de ses recherches sur les ardoises et les schistes argileux. Il a étudié des schistes siluriens et devoniens de différents pays, schistes qui présentent une grande ressemblance microscopique, et trouva comme résultat principal une structure cristalline beaucoup plus développée qu'on ne l'aurait pu croire².

GEORG-RUDOLF CREDNER³ a étudié des schistes carbonifères et plus récents qu'il examina microscopiquement. Il y reconnaît trois sortes d'éléments : *clastiques*, *cristallins* et *zoogènes*, et trouve que les éléments cristallins, décrits par Zirkel à côté des éléments clastiques, ne se bornent pas seulement aux schistes anciens, mais se retrouvent également chez les plus récents.

Presque à la même époque, H. UNGER⁴ essaye de donner une formule chimique pour les ardoises, en se basant sur les résultats qu'il avait obtenus en analysant les schistes de Baar-Andlau.

FRIEDR.-ARNO ANGER⁵, dans son travail sur l'étude microscopique des roches clastiques, a poussé ses

1. Über die Ch. Zusammensetzung und microscopische Constitution gewisser Gesteine aus Cornwal. *Neues Jahrbuch* 1871. P. 524.

2. ZIRKEL Über die microscopische Zusammensetzung von Tonschiefern und Dachschiefen (*Poggendorf Annal.* CXLIV, P. 319-326, *Neues Jahrbuch* 1872, P. 321-322).

3. R. CREDNER. Die Kristallinischen Gemengtheile gewisser Schieferthone und Thone (A. d. Zeitschr. f. d. ges. Naturwissensch.). *Jahrbuch* 1875. P. 423.

4. Chemische Untersuchung der Contactzone der Steiger Thonschiefer an Granistock von Baar-Andlau. *Jahrbuch* 1876. P. 785 et suiv.

5. ANGER. Microscopische Studien über Klastische Gesteine (Miner. Mittheilung. ges. v. G. Tschermak, 1875, 3. 153-174). *Jahrbuch* 1876. P. 213.

observations beaucoup plus loin que ne l'avait fait Zirkel et G.-R. Credner. Comme résultat de ses recherches, il dit que, dans la constitution des roches clastiques, il y entre aussi bien des éléments clastiques que des éléments cristallins, les plus constants étant le quartz et le mica, et entre les deux sortes d'éléments il signale le *spath calcaire* et la *tourmaline*.

D'autre part, W.-M. UMLAUF¹ donne comme caractères typiques d'un schiste ardoisier les suivants : Un schiste ardoisier est une roche stratifiée, schisteuse et cryptomère ; ses éléments constituants sont au nombre de trois, à savoir : 1° *clastiques* et des *grains* (corpuscules) ; 2° *cristallins*, et 3° *amorphes*. Aux éléments clastiques appartiennent les grains de quartz avec ou sans inclusions et libelles ; quant aux corpuscules, ils sont représentés par la pyrite, la magnetite, etc.

En 1877, E. SWENDMARK² décrit les mêmes éléments observés précédemment, et signale en plus la présence fréquente du *granat* dans un schiste cambrien provenant de Lemmingstorp.

ER. KALKOWSKY³ entreprend particulièrement l'étude des microlithes qu'on trouve constamment dans les schistes ardoisiers et signalés déjà par plusieurs auteurs, mais dont la nature était restée indéterminée. Il a cherché à isoler ces microlithes pour pouvoir déterminer leur véritable nature en se servant justement des mêmes schistes étudiés précédemment par ZIRKEL et qui pro-

1. Beiträge zur Kenntniss der Thonschiefer. *Neues Jahrbuch* 1876. P. 873.

2. Granat in einem Cambrischen Thonschiefer vom Lemmingstorp Ostgotland (Verh. d. Geol. Vereins in Stockolm. B. D. III N° 10 (38). *Jahrbuch* 1877. P. 731.

3. ER. KALKOWSKY. Über die Thonschiefermädelen. *Neues Jahrbuch* 1879. P. 383-387.

venaient de *Caub* sur le Rhin, schistes particulièrement riches en microlithes. D'après leurs caractères optiques, il pense qu'ils ne peuvent être que des particules de *staurothide*.

E. GEINITZ ¹ publie dans la « Revue de minéralogie et de pétrographie » de G. Tschermack le résultat de ses recherches sur la constitution microscopique des phyllades vertes des Ardennes. Il dit que la plus grande partie de la masse de ces schistes verts est formée par des grains de quartz, mica verte, tourmaline et par des microlithes jaunâtres.

Vers la même époque, FR. PFAFF ² a étudié les schistes des Alpes glaronnaises. Ces schistes sont, d'après lui, très riches en carbonate de calcium, car sur quatre échantillons qu'il a examinés, cette proportion oscille entre 17 et 32 %. De plus, l'observation microscopique montre que cette substance n'y est pas en masse, mais au contraire disséminée en petits grains.

A. PICHLER et J. BLAAS ³ ont étudié une phyllite quartzeuse provenant d'Innsbruck et ils décrivent comme éléments constituant la séricite, muscovite, chlorithe et quartz ; comme minéraux accessoires : la graphite et la tourmaline.

Nous arrivons ainsi aux remarquables travaux de A. RENARD ⁴ publiés en deux années consécutives dans

1. Der Phyllit von Rimogne in den Ardenen (*Mineral. und Petrograph. Mittheil. Herausgegeben von G. Tschermack*. 1883). *Jahrbuch*, p. 67, tome 2, 1882.

2. Petrographische Untersuchungen über die Eocenen Thonschiefer der Glarner Alpen, von FR. PFAFF. En monographie. 1880.

3. Die Quartzphyllite bei Innsbruck (*Mineral. Mittheil.* G. Tschermack, 1882, IV, p. 503-518). *Neues Jahrbuch*, 1882, p. 264.

4. A. RENARD. Recherches sur la composition et la structure des Phyllades ardennais (*Bulletin du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique*. 1882. I, 1-54. 1883. II, 127-149, pl. VI); *Neues Jahrbuch*, tome II, 1884, p. 219-221.

le Bulletin cité plus bas. Après un aperçu historique qu'il fait relativement à ce qu'on connaissait jusqu'à lui sur les schistes des Ardennes, il donne le résultat de ses propres observations chimiques et microscopiques.

Il a trouvé dans ces schistes une mica de la famille des muscovites et un minéral du groupe des clintonites qui contient de l'oxyde ferreux et de la magnésie et qu'il a appelé *Chloritoïde*.

M. MALLARD¹ confirme enfin les observations faites par P. RENARD² et ER. KALKOWSKY sur les microlithes de ZIRKEL. Il a déterminé la forme cristalline des cristaux de tourmaline et rapporté à la chlorite la substance talcomiacée des ardoises.

A. CATHREIN³ parle des schistes de Wildschönauer au point de vue des aiguilles et des microlithes. Les schistes étudiés par lui sont grenus, à cassure esquiveuse noire ou grise, avec grains de quartz, mica ou plagioclase et sans orthose. Les éléments caractéristiques de la masse qui forme le ciment sont : le *rutil*, le zirkon et la tourmaline. D'après lui, les schistes de *Caub* étudiés par KALKOWSKY concordent au point de vue des microlithes avec les siens, ce qui en fait probablement du *rutil* et non de la staurothide. Quant aux schistes de Viel-Salm pour lesquelles ces microlithes ont été considérés comme du chrysoberil, sont d'après *Van Werveke*⁴ du *rutil*.

1. *Bulletin de la Société minéralogique de France*, t. III, 1880, p. 101.

2. P. RENARD. Mémoires savants étrangers. Académie de Belgique. 1878.

3. A. CATHREIN. Ein Beitrag zur Kenntniss der Wildschönauer Schiefer und der Thonschieferinädelchen. *Neues Jahrbuch*, 1881, p. 170. BdI.

4. *Jahrbuch*, tome II, 1880, p. 281.

Enfin, le D^r A. SAUER¹, vers la même époque, décrit le *rutil* comme partie constituante microscopique de certains gneiss, schistes micacés, ainsi que des aiguilles des phyllades. D'après lui également, la *staurothide* décrite par Kalkowsky dans ses schistes, doit être considérée comme du *rutil*.

Telle est la liste des principaux auteurs qui ont travaillé sur le sujet. Sur la proposition de M. le D^r L. DUPARC, chargé du cours de minéralogie à l'Université de Genève, nous avons entrepris l'étude d'un certain nombre de schistes ardoisiers de Suisse et de Savoie, spécialement au point de vue chimique, schistes qui n'ont pas été décrits jusqu'à présent d'une façon complète. Je tiens à adresser ici à M. le D^r DUPARC mes hommages empressés pour la bonté et les conseils scientifiques qu'il n'a pas cessé de me témoigner pendant tout le cours de ces recherches.

Nous avons joint aux ardoises citées l'analyse d'un certain nombre de schistes de différents pays, plutôt comme terme de comparaison, étant donné qu'ils ont été analysés par la même personne.

Ce travail est divisé en trois parties : I. *Schistes du Valais* ; II. *Schistes de Savoie* et III. *Schistes de la Suisse orientale*.

1. Rutil als microscopischer Gemengtheil in der Gneiss und Glimmerschieferformation, sowie als Thonschieferinädelchen in der Phyllitformation. *Jahrbuch für Mineral.* 1881 Bd. I. P. 227.



I. SCHISTES DU VALAIS

Nous avons examiné les schistes des localités suivantes : *Outre-Rhône*, *Salvan*, *Iserable* et *Sembrancher*.

1. Schiste ardoisier d'Outre-Rhône.

Ces ardoises exploitées sur la rive droite du Rhône appartiennent à l'importante formation carbonifère qui se continue à Salvan sur la rive gauche. Elles forment deux zones intercalées dans le poudingue de Valorsine ; l'inférieure affleure au niveau du Rhône et est exploitée. Ces zones figurent sur la carte de M. Renevier (Alpes valaisannes. Pl. I).

L'échantillon examiné est plutôt rude au toucher, de couleur grise, parsemé de fines lamelles de mica. C'est une ardoise pas très schisteuse, donnant après pulvérisation une poussière gris clair dont la teinte change après calcination et ne salit pas les doigts. Elle dégage de l'eau dans le tube et se laisse attaquer légèrement par les acides étendus. Complètement exempte de carbonates, elle renferme un peu de pyrite. Au chalumeau elle fond difficilement en minces éclats et donne un émail blanc opaque. Réaction de manganèse peu prononcée.

Dureté = 3 Densité = 2,752

Analyse

| | | | |
|--------------------------------|---|--------|----------------------|
| SiO ₂ | = | 61.62 | |
| Al ₂ O ₃ | = | 22.21 | |
| Fe ₂ O ₃ | = | 1.97 | |
| FeO | = | 2.48 | |
| CaO | = | 0.74 | |
| MgO | = | 0.87 | |
| K ₂ O | = | 5.04 | |
| Na ₂ O | = | 1.50 | |
| FeS ₂ | = | 0.20 | |
| H ₂ O | = | 0.17 | = Eau hygroscopique. |
| C | = | 0.69 | |
| Perte au feu | = | 2.91 | |
| | | <hr/> | |
| Somme | | 100.40 | |

2. Schistes ardoisiers de Salvan.

Les schistes ardoisiers de Salvan forment sur la rive gauche du Rhône la continuation de la couche carbonifère qui affleure de l'autre côté à Outre-Rhône. Les ardoises de Salvan présentent deux types, facilement reconnaissables à l'œil nu, l'un essentiellement grenu et tout à fait typique, l'autre présentant les caractères des autres ardoises que nous avons examinées. La schistosité n'est jamais très développée dans ces deux types surtout dans le premier, c'est même ce qui constitue le seul reproche qu'on puisse leur faire au point de vue technique, car elles chargent beaucoup les toitures dont on les couvre ; sur les exemplaires même les plus feuilletés, cette schistosité est loin d'atteindre celle de certaines ardoises de Savoie (Servoz, par exemple).

Au point de vue physique et chimique, on constate également une certaine différence entre ces deux types, surtout en ce qui concerne la dureté, la fusibilité, la teneur en silice et en oxyde de fer. Cependant sur un même échantillon la composition paraît assez constante dans les différentes régions, ce qui est loin d'avoir toujours lieu dans les autres ardoises.

Les échantillons que nous avons examinés sont :
I. celui de la carrière de Biolley représentant le type non grenu et deux échantillons du type grossièrement grenu.

II. Ardoise de Salvan (Biolley).

L'échantillon étudié nous a été remis par M. le Dr Weber. Cette ardoise de couleur gris noirâtre, présente une structure uniforme ; la pâte en est plutôt douce au toucher, elle renferme çà et là quelques minces lamelles de muscovite. Elle donne une poussière gris clair qui change de couleur après calcination et dans le tube dégage de l'eau. Au chalumeau, l'ardoise fond sur les bords, surtout en minces éclats, en un émail blanchâtre opaque.

Elle est attaquée assez faiblement par les acides étendus à froid comme à chaud ; c'est principalement du fer qui se dissout avec un peu d'alumine, chaux, alcalis, etc. Cette ardoise ne renferme aucune trace de carbonates et ne fait effervescence avec les acides même sous le microscope ; en revanche, elle contient une petite quantité de pyrite.

Dureté = 3 Densité = 2,799

Analyse

| | | | |
|--------------------------------|---|--------|---------------------|
| SiO ² | = | 60.72 | |
| Al ₂ O ₃ | = | 22.14 | |
| FeO | = | 5.62 | |
| FeS ₂ | = | 0.47 | |
| CaO | = | 0.68 | |
| MgO | = | 0.97 | |
| K ₂ O | = | 4.74 | |
| Na ₂ O | = | 2.44 | |
| H ₂ O | = | 0.14 | = Eau hygroscopique |
| C* | = | 0.98 | |
| Perte au feu | = | 2.26 | |
| | | <hr/> | |
| Somme | | 101.16 | |

* Moyenne de deux dosages.

III. Salvan type grenu N° 1.

Ardoise de couleur grise, de structure essentiellement grenue, homogène et très compacte. Elle est peu schisteuse et parsemée de fines lamelles de muscovite; donne une poussière gris pâle qui change après calcination et fond très difficilement sur les bords, en minces éclats seulement, sans donner d'émail. Dans le tube elle donne de l'eau; elle est complètement exempte de carbonates et de pyrite et se laisse faiblement attaquer par les acides étendus.

Dureté = 3 1/2-4 Densité = 2,902

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|-------|
| SiO ₂ | = | 64.20 |
| Al ₂ O ₃ | = | 20.67 |
| Fe ₂ O ₃ | = | — — |
| FeO | = | 4.43 |
| FeS ₂ | = | — — |
| CaO | = | 0.63 |
| MgO | = | 0.52 |
| K ₂ O | = | 5.53 |
| Na ₂ O | = | 0.84 |
| H ₂ O | = | 0.20 |
| C | = | 0.45 |
| Perte au feu | = | 2.11 |
| | | <hr/> |
| Somme | | 99.28 |

IV. Salvan type grossièrement grenu N° 2.

Cette ardoise ressemble à la précédente, mais elle est de couleur plus claire et de structure plus grossièrement grenue ; la surface en est inégale, très rude au toucher ; sa poussière présente une coloration gris pâle presque blanche. L'échantillon est exempt de pyrite, de carbonates et de charbon. Il offre les mêmes réactions que les précédentes, mais en plus est complètement infusible et beaucoup plus dur ; ce qui tient à la présence de nombreux grains de quartz dans cette ardoise.

Dureté = 4-4 1/2 Densité = 2,819

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|--------------|
| SiO ₂ | = | 69.08 |
| Al ₂ O ₃ | = | 16.95 |
| Fe ₂ O ₃ | = | 1.12 |
| FeO | = | 5.01 |
| FeS ₂ | = | — — |
| CaO | = | 0.61 |
| MgO | = | 0.49 |
| K ₂ O | = | 3.70 |
| Na ₂ O | = | 1.56 |
| C | = | — — |
| H ₂ O | = | 0.20 |
| Perte au feu | = | 2.15 |
| Somme | | <hr/> 100.87 |

V. **Ardoise d'Iserable** (Carbonifère).

Cette ardoise de couleur noire possède un éclat légèrement soyeux. Elle est luisante, douce au toucher et formée d'une pâte très homogène, plutôt grossièrement schisteuse et donne une poussière gris noirâtre devenant rougeâtre et terreuse après calcination. Elle ne fait pas effervescence avec les acides et ne contient pas de carbonates; au contraire, elle renferme un peu de pyrite. Cette ardoise est difficilement fusible en minces éclats et donnant un émail noir opaque et brillant. Fondue avec un mélange de carbonate sodique et du nitre, elle donne la réaction du manganèse.

Dureté = 2 1/2 Densité = 2,807

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|---------------|
| SiO ₂ | = | 60.90 |
| Al ₂ O ₃ | = | 18.70 |
| Fe ₂ O ₃ | = | 4.70 |
| FeO | = | 3.55 |
| FeS ₂ | = | 0.63 |
| CaO | = | 0.88 |
| MgO | = | 2.01 |
| K ₂ O | = | 3.97 |
| Na ₂ O | = | 1.63 |
| H ₂ O | = | 0.15 |
| C | = | 3.18 |
| Perte au feu | = | 1.18 |
| Somme | | <u>101.48</u> |

VI. **Ardoise de Sembrancher.**

L'ardoise carbonifère de Sembrancher est de couleur grise noirâtre foncée, peu schisteuse et légèrement rude au toucher. Sa structure est très finement grenue et donne une poussière grise qui change après calcination. Dans le tube, elle dégage de l'eau et au chalumeau fond en donnant un émail d'un blanc sale grisâtre opaque. Les acides étendus l'attaquent faiblement comme les précédentes ; c'est surtout du fer qui se dissout (2.28%), accompagné d'un peu d'alumine, de traces de chaux et d'alcalis. L'échantillon que nous avons examiné s'est montré totalement exempt de carbonates et ne faisait aucune effervescence avec les acides¹. Cependant il

1. Même sous le microscope.

existe des échantillons dans lesquels différents auteurs ont signalé la présence de carbonates en faible quantité. Il est donc probable que cette ardoise peut varier sensiblement d'un échantillon à l'autre. La dureté varie légèrement selon les régions.

Dureté = 2 ¹/₂-3 Densité = 2,772

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|--------|
| SiO ₂ | = | 58.90 |
| Al ₂ O ₃ | = | 21.54 |
| Fe ₂ O ₃ | = | 3.62 |
| FeO | = | 4.58 |
| FeS ₂ | = | 0.47 |
| CaO | = | 0.96 |
| MgO | = | 0.94 |
| K ₂ O | = | 3.05 |
| Na ₂ O | = | 1.49 |
| H ₂ O | = | 0.22 |
| C | = | 1.25 |
| Perte au feu | = | 3.33 |
| | | <hr/> |
| Somme | | 100.35 |

II. SCHISTES DE SAVOIE

VII. Ardoise de Servoz.

Les ardoises de Servoz exploitées sur les pentes du Brévent et à la montagne de Pormenaz, appartiennent au terrain houiller qui constitue la presque totalité des environs de Servoz. D'après M. DE MORTILLET ¹, quoique leur couleur soit inaltérable, elles résistent très diversement aux différents agents atmosphériques ; ainsi tandis que les unes durent très longtemps, d'autres, au contraire, se délitent au bout de peu de temps. M. A. FAVRE ² dans le chapitre qu'il consacre au massif du Brévent et des Aiguilles rouges, dit quelques mots des ardoises de Servoz et des empreintes de fougères qu'on y trouve. Les ardoises de la base de la montagne de Pormenaz présentent quelquefois des stries plus ou moins régulières qui leur donne un aspect fibreux. L'échantillon que nous avons entre les mains était de couleur noire très foncée, schisteux, se laissant séparer en plaques très minces ; sur la surface de l'ardoise on remarque les stries dont parle M. A. Favre. La pâte en est très fine, homogène, au toucher graphitique et onctueux, salissant les doigts et donnant une poussière noirâtre qui, après calcination, est d'un gris terreux.

1. V. Mortillet.

2. » Favre.

Ca et là, dans la masse, on aperçoit quelques rares et très petites lamelles de muscovite. Elle se laisse attaquer par les acides étendus et, au microscope, on ne voit aucun dégagement d'acide carbonique. Chauffée en tube ouvert à une haute température, elle dégage de l'eau qui contient de l'ammoniaque. Elle fond au chalumeau mais seulement en minces éclats et donne un petit émail opaque gris blanchâtre.

Dureté = 2-2 1/2 Densité = 2,754

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|--------------|
| SiO ₂ | = | 50.17 |
| Al ₂ O ₃ | = | 24.34 |
| Fe ₂ O ₃ | = | 1.69 |
| FeO | = | 6.49 |
| FeS ₂ | = | 0.78 |
| CaO | = | 1.97 |
| MgO | = | 1.24 |
| K ₂ O | = | 5.32 |
| Na ₂ O | = | 0.64 |
| H ₂ O | = | 0.90 |
| C | = | 5.15 |
| Perte au feu | = | 1.25 |
| Somme | | <u>99.94</u> |

VII. Ardoise de Petit-Cœur.

L'échantillon examiné par nous provenait de la collection de M. A. Favre; il est liasique. C'est une ardoise calcaire argileuse qui conserve encore une empreinte d'ammonite. Ces schistes sont bien connus, car ils ont déjà été décrits géologiquement par plusieurs auteurs; pour n'en citer que deux, nous mentionnerons

MM. G. MORTILLET¹ et FAVRE². Ces ardoises sont essentiellement différentes des schistes à empreintes végétales épigénisées par du talc et analysés par Terreil³. Celle étudiée par nous est gris noirâtre, assez soyeuse ; ça et là dans la pâte on remarque des granulations qui font saillie. Sa poussière est grise et devient brunâtre terreuse après calcination. Chauffée dans le tube, elle dégage de l'eau et une odeur d'acide sulfureux ; fait effervescence avec les acides et renferme, outre le carbonate de calcium, du carbonate de magnésium. C'est une ardoise pyriteuse qui fond assez difficilement en un émail gris jaunâtre. La dureté varie selon les régions.

Dureté = 3-3 1/2 Densité = 2,660

Analyse

| | | | |
|------------------------------------|---|---------|-----------------------|
| SiO ₂ | = | 21.31 | |
| Al ₂ O ₃ | = | 4.23 | |
| Fe ₂ O ₃ | = | 1.05 | |
| FeO | = | 1.36 | |
| FeS ₂ | = | 1.74 | |
| CaO | = | 36.22 | |
| MgO | = | 3.20 | |
| K ₂ O | = | 1.77 | |
| Na ₂ O | = | 0.53 | |
| CO ₂ | = | 27.20 | |
| H ₂ O | = | 0.09 | |
| Perte au feu | = | 1.81 | |
| Somme | | 100.51 | |
| CO ₃ Ca | = | 59.76 % | CaO soluble = 33.47 % |
| CO ₃ Mg | = | 1.65 » | MgO » = 0.82 » |
| CaO non combinée à CO ₂ | = | 2.75 % | |
| MgO | » | » | = 2.38 » |

1. Minéralogie et géologie de Savoie, p. 163.

2. FAVRE. Recherches géologiques, p. 193. V. III.

3. *Revue géologique*, 1861, p. 90.

IX. Ardoise de Morzine.

Cette ardoise liasique est de couleur gris violacé, rude au toucher, peu schisteuse et se laisse plutôt détacher en esquilles qu'en plaques. Dans certaines régions, on peut distinguer à l'œil nu des nids de pyrite en cristaux assez gros, qui se trouvent aussi disséminés dans l'intérieur de la masse. Sa poudre est gris sale blanchâtre devenant terreuse après calcination. Au chalumeau, elle fond avec bouillonnement et donne un émail vitreux blanchâtre. Chauffée dans le tube, elle dégage de l'eau et une odeur d'anhydride sulfureux. Enfin elle fait forte effervescence avec les acides.

Dureté = 3 Densité = 2,676

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|--------------|
| SiO ₂ | = | 35.06 |
| Al ₂ O ₃ | = | 3.85 |
| Fe ₂ O ₃ | = | 0.41 |
| FeO | = | 1.23 |
| FeS ₂ | = | 1.07 |
| CaO | = | 29.90 |
| MgO | = | 1.50 |
| K ₂ O | = | 1.40 |
| Na ₂ O | = | 0.50 |
| CO ₂ | = | 22.95 |
| H ₂ O | = | 0.22 |
| Perte au feu | = | 1.67 |
| Somme | | <u>99.76</u> |

| | | | | | |
|--------------------|---|---------|------------------|---|----------|
| CO ₃ Ca | = | 49.00 % | CaO soluble | = | 27.44 % |
| CO ₃ Mg | = | 2.01 » | MgO | » | = 0.96 » |
| | | | CaO non combinée | = | 2.46 % |
| | | | MgO | » | = 0.54 » |

X. **Morzine.**

Sous ce nom, nous donnons l'analyse d'une ardoise qu'on nous a remise comme étant de Morzine qui présente beaucoup de ressemblance extérieure avec le schiste étudié précédemment ; ayant presque les mêmes propriétés physiques, même couleur de poussière, cependant un peu moins facilement fusible. Mais si les caractères extérieurs la rapproche du véritable schiste de Morzine, sa composition chimique très différente de celle de ce dernier schiste, l'éloigne presque complètement, ce qui nous fait douter sur la véritable origine de cette ardoise.

Dureté = 3

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|---------------|
| SiO ₂ | = | 24.24 |
| Al ₂ O ₃ | = | 7.83 |
| Fe ₂ O ₃ | = | 0.26 |
| FeO | = | 1.09 |
| FeS ₂ | = | 0.60 |
| CaO | = | 33.68 |
| MgO | = | 1.95 |
| K ₂ O | = | 1.34 |
| Na ₂ O | = | 1.24 |
| CO ₂ | = | 27.41 |
| H ₂ O | = | 0.24 |
| Perte au feu | = | 1.07 |
| Somme | = | <u>100.95</u> |

| | |
|------------------------------|-----------------------|
| CO ₃ Ca = 59.61 % | CaO soluble = 33.38 % |
| CO ₃ Mg = 2.56 » | MgO » = 1.22 » |
| CaO non combinée = 0.30 % | |
| MgO » » = 0.73 » | |

XI. Ardoise liasique de la Chambre.

Cette ardoise de couleur gris noirâtre se laisse déliter en plaques très minces. C'est un schiste argilo-calcaire qui contient un peu de carbonate de magnésium et de la pyrite. Sa structure est finement grenue, lisse au toucher; peu sonore et assez légère. Quand on la chauffe dans le tube, elle dégage de l'eau et une odeur d'anhydride sulfureux. Au chalumeau, elle fond facilement et donne un émail vitreux gris jaunâtre.

Dureté = 2-2 1/2 Densité = 2,631

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|--------|
| SiO ₂ | = | 40.38 |
| Al ₂ O ₃ | = | 16.08 |
| Fe ₂ O ₃ | = | 1.77 |
| FeO | = | 2.19 |
| FeS ₂ | = | 2.16 |
| CaO | = | 16.62 |
| MgO | = | 2.85 |
| K ₂ O | = | 2.86 |
| Na ₂ O | = | 0.69 |
| CO ₂ | = | 12.76 |
| H ₂ O | = | 0.28 |
| Perte au feu | = | 2.91 |
| Somme | = | 101.55 |

| | | | | | |
|--------------------|---|---------|------------------|---|---------|
| CO ₃ Ca | = | 28.67 % | CaO soluble | = | 16.06 % |
| CO ₃ Mg | = | 0.90 » | MgO | » | 0.43 » |
| | | | CaO non combinée | = | 0.56 % |
| | | | MgO | » | 2.42 » |

III. SCHISTES DE LA SUISSE ORIENTALE

XII. Ardoise de Pfäfers (St-Gall).

Cette ardoise eocène est gris noir bleuté, peu schisteuse, elle se laisse plutôt détacher en esquilles qu'en lamelles. Sa poussière est grise et devient plus terreuse après calcination. Au chalumeau, elle fond très facilement, même en gros fragments, donnant un émail verdâtre translucide.

Dureté = 2 1/2 Densité = 2,783

Analyse

| | | | |
|--------------------------------|---|---------------------------|-----------------------|
| SiO ₂ | = | 44.44 | |
| Al ₂ O ₃ | = | 15.43 | |
| Fe ₂ O ₃ | = | 0.47 | |
| FeO | = | 4.55 | |
| FeS ₂ | = | 0.92 | |
| CaO | = | 13.66 | |
| MgO | = | 2.13 | |
| K ₂ O | = | 3.51 | |
| Na ₂ O | = | 0.34 | |
| CO ₂ | = | 10.79 | |
| H ₂ O | = | 0.25 | |
| Perte au feu | = | 3.55 | |
| Somme | | 100.04 | |
| CO ₃ Ca | = | 23.78 % | CaO soluble = 13.32 % |
| CO ₃ Mg | = | 0.90 » | MgO » = 0.43 » |
| | | CaO non combinée = 0.34 % | |
| | | MgO » = 1.70 » | |

XIII. Ardoise d'Elm (Eboulement).

L'échantillon examiné provient d'une excursion géologique dans la contrée et a été pris sur le lieu même de l'éboulement. C'est un schiste eocène de couleur noire, très tendre, se laissant diviser avec la plus grande facilité en minces feuillets très peu résistants. Sa poussière est noire foncée et en partie soluble dans les acides avec une forte effervescence, car elle contient des carbonates ainsi que de la pyrite en proportion notable. Au chalumeau, l'ardoise fond très facilement même en gros morceaux, donnant un émail volumineux noir et vitreux. Fondue avec du CO_3Na et NO_3K , elle donne la réaction du manganèse.

Dureté = 2

Analyse

| | | |
|--------------------|---|---------------|
| SiO_2 | = | 33.27 |
| Al_2O_3 | = | 12.67 |
| Fe_2O_3 | = | 0.26 |
| FeO | = | 3.51 |
| FeS_2 | = | 2.25 |
| CaO | = | 23.08 |
| MgO | = | 2.32 |
| K_2O | = | 2.31 |
| Na_2O | = | 1.15 |
| CO_2 | = | 17.88 |
| H^2O | = | 0.12 |
| Perte au feu | = | 2.71 |
| Somme | | <u>101.53</u> |
| CO_3Ca | = | 40.57 % |
| CO_3Mg | = | 0.33 » |
| CaO non combinée | = | 0.36 % |
| MgO » | = | 2.16 » |
| CaO soluble | = | 22.72 % |
| MgO » | = | 0.16 » |

IV. ARDOISES DE DIFFÉRENTS PAYS

XIV. Ardoise d'Angers.

Ardoise de couleur gris noirâtre, assez schisteuse, se divisant en minces lamelles avec la plus grande facilité. Sur sa surface on distingue de nombreux nids remplis de pyrite et quelquefois on les voit même dans les cassures. La poudre est grisâtre ; chauffée dans le tube, elle dégage de l'eau et une faible odeur d'anhydride sulfureux. Fond difficilement, donnant un petit émail noirâtre ou jaune sale.

Dureté = 2,5-3 Densité = 2,790

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|-------------|
| SiO ₂ | = | 50.23 |
| Al ₂ O ₃ | = | 24.89 |
| Fe ₂ O ₃ | = | 6.98 |
| FeO | = | 3.19 |
| FeS ₂ | = | 0.41 |
| CaO | = | 0.72 |
| MgO | = | 2.08 |
| K ₂ O | = | 4.09 |
| Na ₂ O | = | 1.81 |
| C | = | 0.99 |
| H ₂ O | = | 0.22 |
| Perte au feu | = | <u>4.64</u> |
| Somme | | 100.25 |

XV. Ardoise des Ardennes.

Le schiste examiné par nous présentait tous les caractères des ardoises proprement dites ; sa couleur est grisâtre, un peu violette, avec une schistosité assez développée. La poudre est gris clair, et dans le tube elle dégage de l'eau. Au chalumeau, elle fond sur les bords et donne un émail noir verdâtre brillant. Cette ardoise ne contient pas de pyrite.

Dureté = 3

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|--------------|
| SiO ₂ | = | 57.92 |
| Al ₂ O ₃ | = | 18.32 |
| Fe ₂ O ₃ | = | 9.02 |
| FeO | = | 2.83 |
| FeS ₂ | = | — — |
| CaO | = | 1.04 |
| MgO | = | 1.86 |
| K ₂ O | = | 3.91 |
| Na ₂ O | = | 2.09 |
| C | = | 0.56 |
| H ₂ O | = | 0.17 |
| Perte au feu | = | 2.66 |
| Somme | | <hr/> 100.38 |

XVI. Ardoise de « La Plet ¹. »

Ardoise très chargée de pyrite qui y apparaît par place sous la forme de cristaux assez gros pour pouvoir être observés à l'œil nu.

1. Alle, province de Namur, Belgique.

Sa couleur est grisâtre tirant un peu sur le vert : assez compacte et donne un son clair quand on la frappe. Dans le tube, elle dégage de l'eau et au chalumeau, fond facilement, donnant un gros émail jaune sale. Fait effervescence avec les acides et contient une forte proportion de CO_3Mg . Réaction du *Mn*.

Dureté = 3

Analyse

| | | | | |
|--------------------------------|---|------------------|-------------|----------|
| SiO ₂ | = | 54.87 | | |
| Al ₂ O ₃ | = | 18.19 | | |
| Fe ₂ O ₃ | = | 4.04 | | |
| FeO | = | 3.07 | | |
| FeS ₂ | = | 1.27 | | |
| CaO | = | 3.82 | | |
| MgO | = | 2.95 | | |
| K ₂ O | = | 3.45 | | |
| Na ₂ O | = | 1.63 | | |
| CO ₂ | = | 4.73 | | |
| H ₂ O | = | 0.23 | | |
| Perte au feu | = | 2.64 | | |
| Somme | | 100.89 | | |
| CO ₃ Ca | = | 5.71 % | CaO soluble | = 3.20 % |
| CO ₃ Mg | = | 3.59 » | MgO » | = 1.71 » |
| | | CaO non combinée | = | 0.62 % |
| | | MgO » | = | 1.24 » |

XVII. **Ardoise d'Herbemont** (Belgique).

Ce schiste présente tous les caractères de l'ardoise précédente, dont il se distingue cependant par sa couleur plus foncée et par une schistosité plus développée. Même remarque pour la pyrite. Elle contient une

moindre quantité de carbonates et donne nettement la réaction du manganèse. Au chalumeau elle fond, donnant un émail gris noir.

Dureté = 2,5-3

Analyse

| | | |
|--------------------------------|---|--------------|
| SiO ₂ | = | 55.09 |
| Al ₂ O ₃ | = | 16.72 |
| FeO ₃ | = | 4.11 |
| FeO | = | 2.86 |
| FeS ₂ | = | 1.40 |
| CaO | = | 4.12 |
| MgO | = | 2.79 |
| K ₂ O | = | 2.95 |
| Na ₂ O | = | 0.45 |
| CO ₂ | = | 2.51 |
| H ₂ O | = | 0.25 |
| Perte au feu | = | 5.05 |
| Somme | | <u>98.30</u> |

| | | | | | |
|--------------------|---|------------------|-------------|--------|--------|
| CO ₃ Ca | = | 4.71 % | CaO soluble | = | 2.64 % |
| CO ₃ Mg | = | 1.99 » | MgO » | = | 0.96 » |
| | | CaO non combinée | = | 1.48 % | |
| | | MgO » | = | 1.83 » | |

RÉSUMÉ ET COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS

Si nous examinons chacun des groupes décrits précédemment, nous voyons ressortir certaines analogies en même temps que des différences essentielles dans l'ensemble des schistes qui composent chaque groupe. Pour les schistes du Valais, par exemple, toutes les ardoises examinées sont plutôt acides, car elles contiennent environ 60-62 % de silice en moyenne ; quoique la proportion de cette substance varie entre un minimum de 58,90 % et un maximum de 69,08 % (Salvan type grossièrement grenu). On observe une analogie de même ordre entre tous les éléments qui entrent dans leur composition ; ainsi pour l'alumine, sa proportion ne dépasse pas la moyenne de 20 %, avec un écart peu prononcé de 2 % en plus ou en moins pour les six schistes examinés. Cette faible différence, on peut même la négliger, surtout si l'on considère que la plupart des ardoises présentent des variations sensibles de composition sur un même échantillon.

Tous ces schistes contiennent plus de fer ferreux que de fer ferrique, sauf le schiste d'Iserable pour lequel on observe le fait inverse. Cette exception nous paraît d'autant plus curieuse que cette ardoise est particulièrement riche en charbon, substance à laquelle certains auteurs attribuent des propriétés réductrices très prononcées. Presque dans toutes ces ardoises, on trouve

une petite quantité de pyrite qui, du reste, manque complètement dans les deux échantillons de Salvan type grenu. Enfin toutes contiennent plus de potasse que de soude et presque la même proportion d'alcalis terreux.

Leur perte au feu, qui oscille dans des limites peu étendues, représente probablement l'*eau de constitution*. Pourtant cette perte au feu n'a pas une signification précise, car en calcinant les ardoises, on ne connaît pas le genre de transformation que subissent les composés ferrugineux tels que la pyrite et l'oxyde ferreux. En admettant qu'ils passent à l'état ferrique, ce qui est très probable, par suite de cette augmentation de poids, les chiffres qui indiquent la perte au feu sont plus faibles qu'ils ne devraient être, et, par conséquent, l'eau de constitution qu'ils représentent n'est qu'approximative. Quant à la densité, elle varie entre ces six schistes entre le minimum et le maximum que nous avons donnés au commencement de ce travail. Un fait qui nous a frappé, ce sont les anomalies apparentes que subit cette densité dans certaines ardoises. Sans avoir trouvé des chiffres aussi forts que ceux mentionnés pour quelques-unes des ardoises du Valais, il semble cependant se dégager de nos résultats que cette densité ne correspond pas très bien avec la composition de l'échantillon. Ainsi par exemple dans le Salvan à 64 % de silice, la densité est plus élevée que dans celui à 60 % plus basique. Les densités ont été prises cependant aussi exactement que possible, dans de l'alcool amylique par la méthode du flacon. Du reste, nous trouvons dans d'autres travaux des faits de même genre ; tels que ceux cités par UNGER¹ dans son travail sur les schistes de Baar-Andlau

1. Unger, loc. cit., p. 14.

où il parle d'ardoises ayant 64 % de silice avec une densité de 2,82, et d'autres avec 54 % et une densité de 2,77. Cette dernière ardoise est pourtant beaucoup plus basique que la première, car tous les éléments basiques s'y trouvent en proportion plus grande que dans l'ardoise à 64 % de silice.

D'autre part, nous voyons des différences de même ordre entre les schistes des Pyrénées étudiés par Fuchs¹, comme, par exemple, des ardoises à 61 % de silice avec une densité de 2,81 et d'autres avec 52 % et une densité de 2,78.

En résumé, s'il y a dans les ardoises du Valais une certaine analogie d'ensemble, elle ne saurait pas être poussée dans les détails, si ce n'est dans deux échantillons d'Outre-Rhône et Salvan (Bioley). Comme on peut s'en assurer en comparant la composition chimique de ces deux schistes, il y a tant de ressemblance entre les proportions relatives de chaque substance, qu'on peut les considérer sans hésitation comme identiques ; sauf une seule différence résultant du fait que l'ardoise de Bioley ne contient que du fer ferreux, tandis que dans l'échantillon d'Outre-Rhône on trouve à la fois de l'oxyde ferreux et ferrique.

Il nous a paru curieux de constater que tous les schistes carbonifères du Valais examinés ainsi que celui de *Servoz* de même formation, ne contiennent pas de carbonates. En consultant la littérature relativement aux schistes de la même époque ou antérieure, on remarque que la présence de carbonates est constatée rarement et presque toujours en faible quantité.

1. Fuchs, loc. cit.

Au contraire, dans les ardoises plus récentes, les carbonates semblent être une partie constituante principale de la masse et beaucoup de schistes ardoisiers réputés comme tels, sont en réalité des calcaires argileux.

Ainsi dans les échantillons que nous avons examinés postérieurs à la période carbonifère, soit eocènes, soit liasiques, la proportion de carbonate de calcium et magnésium y est très forte et représentée pour le CO_3Ca par un maximum de 59,76 % (ardoise de Petit-Cœur) et le CO_3Mg par un maximum de 2,56 % (Morzine), maximum qui n'est que relatif, car nous avons trouvé dans une ardoise de Belgique (Plet) une proportion de carbonate de magnésium qui dépasse 3,50 %.

Ces quantités de carbonates de calcium et magnésium que nous avons trouvés dans les schistes eocènes et liasiques de Suisse et de Savoie, dépassent de beaucoup les chiffres indiqués par différents auteurs pour les ardoises d'autres provenances et nous pouvons même les considérer comme des *maxima* qui rarement peuvent être dépassés. Ainsi pour les schistes de Wesphalie, ZIRKEL¹ en parlant de leur teneur en carbonates indique un maximum de carbonate calcaire qui ne dépasse pas 26,02 % et celui de magnésium 0,31 %, chiffres bien inférieurs à ceux que nous avons donnés ci-dessus ; mais qui lui paraissent suffisants pour légitimer la dénomination de calcaires argileux qu'on a donné à ces schistes.

Tous les schistes calcaires que nous avons examinés renferment une notable proportion de *pyrite* qui dans certains échantillons dépasse 2 % ; tel est le cas du schiste eocène d'Elm, le plus pyriteux de toutes les ardoises étudiées, schiste en même temps très riche en

1. Zirkel. Lehrbuch Petrogr. p. 602.

carbonate de calcium. Cette forte proportion de pyrite que nous n'avons jamais trouvée dans les autres ardoises non calcaires, nous paraît liée jusqu'à un certain point avec la teneur même en carbonates des schistes argileux. Il semble d'autre part que cette pyrite n'est pas très oxydable, car certains auteurs n'ont constaté aucune différence appréciable dans sa quantité en analysant un même échantillon soit nouveau, soit après une exposition plus ou moins longue aux agents atmosphériques.

D'une manière générale, la composition chimique des schistes calcaires varie dans des limites plus étendues que celle des autres schistes non calcaires, grâce aux oscillations de la proportion des carbonates qui y sont contenus. Mais si, d'une part, cette grande variabilité nous empêche de les comparer avec les autres ardoises non calcaires, dont ils diffèrent par la nature même des éléments qui les composent, d'autre part, nous avons trouvé qu'en éliminant les carbonates, le résidu argileux ne diffère pas sensiblement de la composition des autres schistes ardoisiers. PFAFF¹ signale également ce fait pour les ardoises de Glaris qu'il a étudiées.

En défalquant le carbonate de calcium et magnésium contenu dans toutes les ardoises calcaires examinées, nous avons trouvé pour la composition chimique du résidu argileux le résultat signalé ci-dessus et consigné dans le tableau qui suit.

1. Pfaff, loc. cit., p. 16.

Composition chimique du résidu argileux calculée pour 100 p.

| | <i>Petit-Cœur,</i> | <i>Morzine I.</i> | <i>Morzine II.</i> | <i>Pfeffers.</i> | <i>La Chambre.</i> | <i>La "Plet"</i> | <i>Herbemont.</i> |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| SiO ₂ = | 55.23 | 71.56 | 64.07 | 59.00 | 57.33 | 60.43 | 59.04 |
| Al ₂ O ₃ = | 10.96 | 7.85 | 20.69 | 20.48 | 22.82 | 20.03 | 17.92 |
| Fe ₂ O ₃ = | 2.72 | 0.83 | 0.68 | 0.62 | 2.51 | 4.44 | 4.40 |
| FeO = | 3.53 | 2.51 | 2.88 | 6.04 | 3.10 | 3.38 | 3.06 |
| FeS ₂ = | 4.50 | 2.18 | 1.58 | 1.22 | 3.06 | 1.39 | 1.50 |
| CaO = | 7.12 | 5.02 | 0.79 | 0.45 | 0.79 | 0.68 | 1.58 |
| Mgo = | 6.16 | 1.10 | 1.92 | 2.25 | 3.43 | 1.36 | 1.98 |
| K ₂ O = | 4.58 | 2.85 | 3.54 | 4.66 | 4.06 | 3.79 | 3.16 |
| Na ₂ O = | 1.37 | 1.02 | 3.27 | 0.45 | 0.97 | 1.79 | 0.48 |
| H ₂ O = | 0.23 | 0.44 | 0.63 | 0.33 | 0.39 | 0.25 | 0.26 |
| P.A.F.= | 4.69 | 3.40 | 2.82 | 4.71 | 4.13 | 2.91 | 5.35 |

Ce tableau nous montre que la composition des ardoises calcaires se rapproche sensiblement de celle des autres schistes, sauf certaines différences qui sont si prononcées qu'on ne peut pas les faire cadrer avec les faits actuellement connus sur la constitution chimique des ardoises. En particulier, nous signalerons l'énorme proportion de *chaux* et de *magnésie* contenue à l'état de silicate dans les schistes de *Petit-Cœur* et *Morzine*. Ce dernier présente même une anomalie plus curieuse dont on ne connaît pas encore d'exemple, car pour une teneur en silice de 71,56, il contient 7,85 d'*alumine*.

Pour les autres schistes calcaires, la proportion de chaux et de magnésie comme les autres éléments concordent assez bien avec les résultats donnés par différents auteurs sur la composition chimique des véritables schistes ardoisiers et aussi avec nos propres observations faites sur les ardoises carbonifères du Valais et de Savoie.

Avant de terminer ce chapitre nous voulons nous arrêter un peu sur l'analyse de certains résultats obtenus par PFAFF dans son travail sur les schistes de Glaris. Ainsi, sur quatre échantillons examinés par lui, il a trouvé que la plus forte proportion de carbonate de calcium était représentée par 32,16 %, chiffre qu'il considère déjà comme très élevé. D'autre part, nous même, en analysant le schiste d'*Elm*, nous avons trouvé une plus grande quantité de carbonate de calcium, qui est en moyenne de 40,57 %, vu que la composition de ce schiste est très uniforme. On a trouvé en même temps un peu de carbonate de magnésium, 0,33 %, dont Pfaff ne parle pas dans son travail.

Ayant enlevé les carbonates par l'acide acétique, cet auteur a trouvé pour la composition chimique du résidu argileux le résultat suivant que nous mettons en regard avec celui obtenu par nous pour le schiste d'Elm.

| | Schistes de Glaris. | Schiste d'Elm. |
|----------------------------------|---------------------|----------------|
| SiO ₂ = | 56.97 | 56.29 |
| Al ₂ O ₃ = | 15.64 | 21.43 |
| Fe ₂ O ₃ = | 11.64 | 0.43 |
| FeO = | — — | 5.93 |
| FeS ₂ = | — — | 3.80 |
| CaO = | 1.16 | 0.60 |
| MgO = | Traces. | 3.65 |
| K ₂ O = | 4.27 | 3.90 |
| Na ₂ O = | 0.62 | 1.94 |
| H ₂ O = | 9.52 | 0.20 |
| C = | 1.67 | P.A.F. 4.58 * |

* La perte au feu comprend le carbone non dosé séparément.

Il est donc probable que les schistes examinés par PFAFF étaient assez différents du nôtre.

