

Nouvel essai de classification des chlorites

J. ORCEL, M^{lle} S. CAILLÈRE, ET S. HÉNIN

(Paris).

LES chlorites peuvent être définis d'après G. Tschermak (1), puis L. A. Lacroix (2), comme des silicates hydratés d'Al, de Mg, et de Fe, de couleur généralement verte, possédant un clivage facile suivant (001), les lames de clivages étant flexibles, sans être élastiques, comme celles du mica. Dans un travail antérieur, l'un de nous (3) avait tenté d'établir une classification de ces minéraux, en se basant directement sur les données de l'analyse chimique, sans faire intervenir d'idée théorique sur leur constitution, comme l'avait fait G. Tschermak et d'autres auteurs après lui. Peu de temps après, un certain nombre de recherches, effectuées à l'aide de rayons X, ont permis d'élucider les caractères essentiels de la structure de ces phyllites.¹ On peut donc raisonnablement en tenter une nouvelle classification chimique tenant compte du schéma structural établi actuellement. C'est ce que nous nous proposons de faire dans ce mémoire, après avoir exposé quelques remarques sur des travaux récents.

Structure des chlorites.

En 1930 Ch. Mauguin (4) a établi, à la suite d'une étude à l'aide des rayons X, que le motif cristallin des chlorites était constitué par un feuillet d'une épaisseur de 14 Å., formé par les translations d'un réseau plan, dont la maille de forme losangique a pour dimensions : $a = 5.32 \text{ \AA.}$ et $b = 9.21 \text{ \AA.}$ A peu près à la même époque, Linus Pauling (5) publiait son mémoire général sur la structure des chlorites, dans lequel il précisait que les chlorites sont constitués par la juxtaposition d'un feuillet mica et d'un feuillet brucitique. Cette manière de voir a été confirmée par R. C. McMurchy (6), qui a vérifié les assertions de Pauling, les données numériques de Ch. Mauguin, et de plus a décrit les différents modes d'empilement des feuillets à 14 Å., constituant le minéral. Cette étude a été reprise par d'autres auteurs qui se sont efforcés de préciser les détails de la structure de diverses chlorites, et l'examen des travaux de G. W. Brindley et S. Ali (7), W. von Engelhardt (8) et J. Garrido (9) fait ressortir la variété des assemblages rencontrés.

¹ [A general term used by some French authors for the scaly minerals, micas, chlorites, and clays (J. de Lapparent, *Leçons de pétrographie*, Paris, 1923, p. 255), and more recently applied to minerals with a layered crystal-structure (L. J. Spencer, 14th list of new mineral names, *Min. Mag.*, 1931, vol. 24, p. 621).]

Tous ces travaux ont, cependant, vérifié dans leurs grandes lignes la structure des chlorites, qui peuvent être envisagées actuellement comme des silicates phylliteux hydratés, dont le feuillet élémentaire d'une épaisseur voisine de 14 Å. résulte de l'association d'un feuillet mica et d'un feuillet brucitique. La plupart des minéraux, considérés comme chlorites par les anciens auteurs, possèdent cette structure. Cependant, un certain nombre d'entre eux ne présentent pas ces caractéristiques. Inversement, des minéraux à facies cryptocristallins ont pu être rattachés aux leptochlorites.

Nous examinerons tout d'abord quelques espèces, dont la détermination a paru douteuse, telles que la cronstedtite, l'amésite et les chlorites des minerais de fer.

Étude de quelques cas litigieux.

1. *Cronstedtite*.—S. B. Hendricks (10) à la suite d'une étude cristallographique détaillée, a conclu que la cronstedtite était un minéral à 7 Å., et de ce fait devait être retirée du groupe des chlorites et rapprochée de celui des kaolinites-antigorites.

Ceci implique une conséquence très importante au point de vue chimique. Il faut, en effet, que dans le feuillet kaolinitique de ce minéral, environ un ion Si sur deux soit remplacé par du fer trivalent. Le déficit de charges ainsi créé est en grande partie compensé par un excès de charges positives, dans la couche octaédrique, grâce au remplacement d'un ion ferreux par un ion ferrique. Cependant, dans quelques échantillons, cette compensation n'est pas complète, et l'égalisation des charges semble s'effectuer par des ions situés à l'extérieur des feuillets, comme dans le mica ou la montmorillonite. D'autre part, il est surprenant que l'on n'ait pas trouvé de cas intermédiaire entre les kaolinites-antigorites, où les remplacements de Si sont à peu près nuls, et celui de la cronstedtite, où cette substitution est si importante.

Nous avons cherché à vérifier ce résultat, tout d'abord à l'aide de l'analyse thermique différentielle. La courbe de la cronstedtite du Cornwall (fig. 1, courbe I) est identique à celle d'une kaolinite (fig. 1, courbe II), avec, toutefois, l'absence du phénomène exothermique. Ceci est d'autant plus curieux qu'étant donnée l'abondance des ions divalents, on s'attendait à une similitude avec une courbe d'antigorite (fig. 1, courbe III.)

L'examen à l'aide des rayons X montre qu'il s'agit d'un minéral à 7 Å. Néanmoins, comme nous le verrons plus loin, cette constatation n'est pas suffisante pour affirmer que le feuillet fondamental a bien cette épaisseur. Nous avons chauffé le produit à 520° et observé une destruc-

tion du réseau, comme il est normal pour une phyllite à 7 Å. On peut donc avec S. B. Hendricks classer la cronstedtite parmi les kaolinites-antigorites.

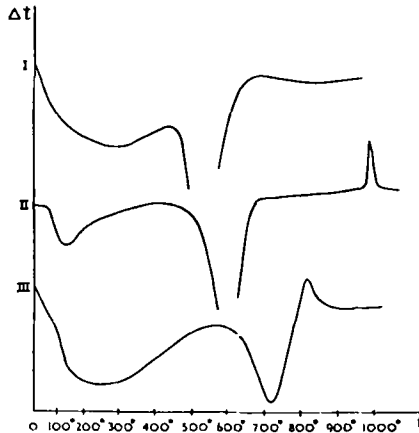


FIG. 1. Courbes thermiques différentielles: I, cronstedtite; II, kaolinite; III, antigorite; Δt , les différences de températures; t , la température en degrés Centigrades.

2. *Amésite*.—J. W. Gruner (11), à la suite d'une étude de l'amésite, a cru pouvoir, également, la classer dans cette dernière famille. Il est intéressant de signaler que tous les auteurs ont été frappés par les caractères de son diagramme aux rayons X. Déjà Ch. Mauguin (4) avait été conduit, tout en la maintenant parmi les chlorites, à admettre que son feuillet était constitué par deux éléments symétriques. De leur côté, R. C. McMurchy (6), et plus tard F. A. Bannister (12), l'avaient considérée comme une chlorite particulière.

Afin de vérifier ces déterminations, nous avons examiné le minéral de Chester: à l'état naturel, et après chauffage à 600°. On constate ainsi que le diagramme de l'amésite ne présente à 14 Å. qu'une raie très peu intense, alors que la raie à 7 Å. est, au contraire, fortement marquée. Après chauffage, le produit fournit un diagramme possédant une raie à 14 Å. très intense, mais les ordres immédiatement supérieurs ont disparu. Nous avons montré qu'un tel comportement est caractéristique des chlorites (13), (14). Ce fait a été, également, observé par G. W. Brindley (15). Nous concluons que l'amésite est bien une chlorite.

3. '*Chlorites*' des minerais de fer.—Parmi les minéraux qui ont fait l'objet d'études récentes, il faut citer, également, les silicates associés aux minerais de fer sédimentaires. Ce sont, évidemment, des composés ferrifères. Comme nous l'avons déjà signalé, W. von Engelhardt (8) a précisé la façon dont les feuillets fondamentaux étaient juxtaposés.

D'après ses résultats, l'intensité relative des raies de la série (001) varie considérablement d'un type à un autre. Cependant, en général, on peut noter une tendance à l'affaiblissement du premier ordre par rapport aux chlorites normales, tel que le clinochlore. Par exemple, le diagramme d'une chamosite de Chamoson présente une raie (001) d'intensité presque nulle. Nous avons pu, cependant, montrer qu'ici encore, par chauffage à température convenable, on obtenait, comme dans le cas de l'amésite, un renforcement considérable de la raie (001), alors que les raies (002), (003), (004) disparaissaient totalement. Par ailleurs, les courbes thermiques différentielles et dilatométriques de ces minéraux correspondent bien à celles des chlorites. Vers la même époque, G. W. Brindley (15) décrivait un échantillon de chamosite à 7 Å., alors que nous-mêmes (14) constatons que la berthiérine pouvait être rattachée aux antigorites.

4. *Chlorites artificielles.*—Les caractères des différentes raies (001) observées avec les minéraux ferrifères ont pu être retrouvés dans les diagrammes de produits artificiels obtenus en précipitant divers hydroxydes au contact de la montmorillonite. On constate, en particulier, un affaiblissement de la raie (001), quand on passe d'une montmorillonite sur laquelle on a fixé $\text{Al}(\text{OH})_3$ à une montmorillonite ayant fixé $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ou $\text{Co}(\text{OH})_2$. Entre ces extrêmes se situent les substances préparées avec $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ou des mélanges de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ et de $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Pour caractériser ces chlorites artificielles et les distinguer des montmorillonites, on a d'abord vérifié que l'équidistance (001) restait stable par chauffage. D'autre part, elles se différencient des montmorillonites, car elles ne présentent pas de gonflements intracristallins par immersion dans l'eau. Toutefois, dans certaines conditions de préparation, telles que la précipitation de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ par la soude, on obtient des produits ayant un comportement normal à la chaleur, mais montrant dans l'eau un gonflement analogue à celui de la montmorillonite (16). De telles substances ont été trouvées peu de temps après dans le milieu naturel par D. M. C. MacEwan et S. S. Honeyborn (17). En se basant sur leurs caractères cristallographiques, il semble que ces minéraux doivent être inclus dans le groupe des chlorites. Leur particularité est de contenir des ions Na, Ca ou K compensant les déficits de charges du réseau. Nous envisagerons plus loin ce problème, mais dès à présent on peut concevoir, étant donnés ces résultats, qu'il sera possible de les maintenir dans le groupe des chlorites.

Composition chimique des chlorites.

Sur la seule base chimique, la classification consistait à définir des rapports entre les groupes d'éléments considérés comme équivalents.

L'utilisation de la composition chimique d'un corps, dont la structure est connue, conduit actuellement à faire d'autres rapprochements. Il faut en effet envisager les ions suivant les positions qu'ils peuvent occuper dans la structure (tétraédrique, octaédrique ou même hors du réseau). Sur cette base il devient possible, dans une certaine mesure, de localiser les éléments et d'en déduire une classification. Une formule représentant schématiquement les propriétés d'une chlorite peut s'écrire de la façon suivante: $Mg_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$ pour le feuillet mica avec Si/Al de 3 à 1, et $(Mg,Al)_3(OH)_6$ avec Mg/Al de 2 à 1/2. Si on ne tient pas compte des molécules d'eau qui sont des éléments électriquement neutres, les ions métalliques sont liés à 14 oxygènes. Ils se répartissent ainsi: 4 en position tétraédrique et 2 fois 3 en position octaédrique, soit dans le feuillet mica, soit dans le feuillet brucitique. Le fait qu'une partie seulement d'entre eux peut se placer en position tétraédrique permet de faire un choix dans les constituants et de définir certaines caractéristiques du feuillet mica de la chlorite. C'est sur cette remarque que nous allons baser notre classification.

On calculera en molécules la composition chimique exprimée en oxydes d'un échantillon donné. Cette opération faite, on déterminera le nombre total d'oxygènes et d'ions métalliques de chaque type. Puis, on ramènera à 14 le nombre d'ions oxygène, en multipliant le total par un coefficient approprié. Le nombre d'ions métalliques de chaque type sera ensuite multiplié par le même coefficient. On obtiendra ainsi la quantité définitive des divers ions formant la maille. Tous les silicium seront considérés comme étant situés en position tétraédrique. Leur nombre est toujours inférieur à 4, et parfois dans une très large mesure. Il faut alors occuper le reste des positions tétraédriques en utilisant le titane, l'aluminium, le fer trivalent et le chrome. On constituera ensuite la couche brucitique en choisissant parmi les éléments disponibles. Il faut remarquer que non seulement toutes les positions octaédriques de cette couche doivent être utilisées, mais que le feuillet doit de plus présenter un excédent de charges compensant le déficit créé par la substitution. Aussi commencerons-nous par y incorporer une quantité d'éléments trivalents égale à celle existant en position tétraédrique. Si l'on complète à 3 unités avec des éléments divalents, tels que Mg, Fe^{II}, Ni on aura ainsi une couche présentant un excès de charge. En effet, il suffit que ces positions soient occupées par des ions divalents pour que les charges des OH⁻ formant l'armature de l'hydroxyde soient compensées. Les ions trivalents présents créent donc un excès de charges positives. Quant aux constituants non utilisés, on les considérera comme formant la

couche octaédrique normale dans le feuillet mica. C'est-à-dire qu'il y aura 2 éléments trivalents ou 3 éléments divalents occupant les positions octaédriques. Cette méthode avait déjà été utilisée par J. Holzner (18) au cours d'une étude des chlorites ferrifères. Elle présente un élément d'arbitraire. En effet, rien ne permet d'affirmer que la compensation des charges ne s'effectue pas dans les deux couches octaédriques.

Cependant, on peut admettre un excès partiel des charges; en effet, nous avons déjà eu l'occasion d'attribuer à cet excès la température relativement élevée à laquelle se décompose le feuillet brucitique (19). Un deuxième point également remarquable, c'est que par attaque chimique il ne semble pas que cet élément de la structure soit plus rapidement détruit que la couche octaédrique du feuillet mica (20). Enfin, le feuillet brucitique avec son excès de charges joue, vis-à-vis de la chlorite, le même rôle que les tenons potassium vis-à-vis du feuillet mica. En appliquant cette méthode d'interprétation aux analyses des chlorites, il arrive que l'on ne puisse pas reconstituer normalement la structure. Nous négligerons les données analytiques douteuses, mais parmi celles qui paraissent correctes, deux cas peuvent se produire: il s'agit ou bien d'un minéral différent de la chlorite, ou bien d'une phyllite à rapprocher des chlorites 'gonflables'. Dans ce dernier cas, la quantité d'éléments trivalents nécessaires pour compléter le déficit de charges du feuillet mica est insuffisante.

L'analyse fait alors souvent apparaître la présence d'ions alcalins Na, K ou alcalino-terreux Ca dont le diamètre est trop grand pour qu'ils puissent se loger dans la structure. Ces éléments compensent le déficit de charges du feuillet mica et doivent se situer dans les cavités hexagonales de celui-ci. Il semble que parfois le rôle compensateur soit joué par des ions Mg, ceux-ci étant en excès sur le nombre de positions disponibles dans la structure. J. W. Gruner (11) a d'ailleurs attribué les anomalies de densité de quelques chlorites, dans ce cas, à une telle localisation d'ions Ca. Il s'agissait d'ailleurs de compenser une quantité d'eau insuffisante traduisant le déficit de charges positives dû au manque d'ions H.

Quant aux minéraux qui figurent indûment dans le groupe des chlorites, on peut essayer de les définir en calculant leur structure sur la base d'un feuillet de mica. C'est ainsi que la griffithite de Griffith, l'épichlorite de Derbyshire (16), la diabantite de Bergen Hill se classent dans les groupes des vermiculites ou des saponites (21). Dans le cas de ce dernier minéral, nous avons d'ailleurs pu vérifier que son équidistance (001) s'accroissait après immersion dans le glycérol, alors que par chauffage

elle se trouvait ramenée à l'équidistance fondamentale d'un mica. Ce comportement est donc analogue à celui d'une montmorillonite. Ainsi, sur la seule base chimique est-il possible de confirmer ou même d'établir l'appartenance d'un minéral à un type structural donné. Cependant, A. Hallimond (22) a montré que la présence de 5 % d'impuretés ne modifiait pas d'une manière considérable le résultat. Il faut donc une quantité notable de matières étrangères pour que cette méthode les mette en évidence.

L'eau dans les chlorites.

Les calculs effectués jusqu'à présent supposent implicitement que la teneur en eau est normale, ou, en d'autres termes, que les ions métalliques sont entourés par le nombre d'OH nécessaire pour constituer des feuillets d'hydroxyde.

Théoriquement, trois H₂O complètent le feuillet brucitique, et un H₂O se trouve dans le feuillet mica.

Dans quelques cas, afin de vérifier si les quantités mesurées correspondaient aux valeurs théoriques, les pertes d'eau ont été déterminées à l'aide de la thermobalance Chévenard.¹

Les résultats de cette comparaison sont présentés dans le tableau suivant:

Minéral.	Théorique. Trouvée.	
Sheridanite de Comberousse	12.6	12.8
Clinochlore de Besafotra	12.7	12.5
Leuchtenbergite de Midongy	13.2	13.3

On constate que les valeurs expérimentales sont assez voisines des valeurs théoriques et, par conséquent, la composition chimique est normale.

Dans le cas de produits riches en fer ferreux, on peut noter deux singularités: d'une part la perte d'eau apparente, déterminée à la thermobalance, est très inférieure à la valeur théorique, d'autre part la courbe ne présente plus les deux inflexions correspondant aux départs d'eau successifs. [Le déficit de perte de poids constaté a été attribué (2) à la fixation d'oxygène par l'oxyde ferreux formé au moment de la déshydratation (23). De nouvelles mesures effectuées en chauffant la chlorite dans un courant d'oxygène et en recueillant l'eau dans l'acide sulfurique, ont permis d'établir, là encore, que sa teneur est voisine de la valeur théorique.]

¹ La thermobalance Chévenard est un appareil qui permet d'enregistrer photographiquement, d'une manière continue, les variations de poids d'un échantillon en fonction de la température.

Minéral.	Teneur en eau %		Valeurs théoriques.
	Thermobalance.	Dosage direct.	
Bavalite	5.5	10.95	10.6
Thuringite	6.0	10.95	10.5
Métachlorite	6.0	11.4	10.8*
Ripidolite	7.8	12.0	11.9

* Calcul effectué à partir de l'analyse d'une métachlorite d'un autre gisement.

Il n'a pas été possible, même en recueillant l'eau, d'établir l'existence d'un double départ. En fait, les chlorites peu ferrifères donnent des courbes d'allure assez différente quant à leur pente. Pour certaines, la déshydratation se produit dans un intervalle de températures de quelques dizaines de degrés, alors que pour d'autres, ce phénomène s'étale sur plus de 100° C. Dans ce dernier cas, les deux départs ont tendance à se confondre.

On peut attribuer à la même cause l'inflexion unique des courbes des chlorites ferrifères. On pourrait vérifier cette hypothèse en recueillant l'eau, mais il faudrait opérer sur de très petits intervalles de températures et la méthode deviendrait fort laborieuse.

L'analyse thermique différentielle met généralement en évidence l'existence de deux crochets, mais ceci ne nous apprend rien sur l'allure des courbes thermopondérables, puisque cette méthode thermique différentielle fait apparaître un aspect énergétique qui est exclu de la mesure pondérale.

On sait d'ailleurs que l'inflexion due au départ de l'eau hygroscopique de la montmorillonite Ca ne présente pas de singularité marquée quand on l'étudie à la thermobalance, alors qu'il se produit un dédoublement accentué à l'analyse thermique.

On n'a pas pu établir de corrélation entre la composition chimique (en particulier l'existence de déficits de charges locaux) et la température des départs d'eau. Ceci, aussi bien en mesurant les températures à l'aide de la thermobalance que par l'analyse thermique différentielle. Il n'est pas exclu, cependant, qu'une telle influence existe, mais l'effet produit est probablement inférieur à la précision des mesures.

Seule l'influence du fer ferreux est considérable. En effet, les chlorites ferrifères peuvent perdre leur eau à 200° de moins que les produits alumineux et magnésiens correspondants.

Classification.

La méthode de calcul développée précédemment permet d'établir, dans une certaine mesure, la constitution du feuillet mica. Celui-ci se trouve caractérisé par le déficit de charges a dû au remplacement du

silicium par des éléments trivalents, si l'on admet le postulat que Si est toujours en position tétraédrique.

L'importance de la substitution *a* est alors nécessairement définie, le nombre de Si présent étant $4 - a$.

Associant ainsi les données de la cristallographie aux résultats de l'analyse chimique, on peut établir un système de classification. Il est équivalent à l'ancien quant à son principe, mais on choisit comme caractère distinctif la teneur en silicium, $4 - a$. La constitution d'un certain nombre de chlorites a été calculée d'après ces principes, et les minéraux répartis dans quatre groupes.

Comme la base de cette classification porte sur la constitution du feuillet mica de la chlorite, on peut donc comparer les feuillets ainsi calculés à ceux des micas. C'est pourquoi dans le tableau ci-dessous, en face des limites indiquées, figure le nom d'un mica dont le feuillet a une constitution identique.

	Teneur en ions Si			
Amésite	Groupe I	2 à 2.2		margarite
Prochlorite	Groupe II	2.3 à 2.8		lépidomélane
Clinochlore	Groupe III	2.9 à 3.05		muscovite
Pennine	Groupe IV	3.05		séricite, montmorillonite
GROUPE I.				
	Nombre d'ions Si	2 à 2.2	Nombre d'ions Fe	0.67 à 1.28
	Amésite			
GROUPE II. Nombre d'ions Si 2.3 à 2.8				
	Nombre d'ions Fe			
	0 à 1	1 à 2	> 2	
Sheridanite	Chlorite (grochaulte)		Thuringite	
Comberousse, France	des marundites		Chester Co., Pennsylvania	
Grochaulte	Corundophilite		Thuringite	
Carter Mine, North Carolina			Messina, Transvaal	
Leuchtenbergite			Ripidolite	
Ambatofinandrahana, Madagascar			Masoala, Madagascar	
Grochaulte	Ripidolite		Ripidolite	
Antohidrano, Madagascar	Androta, Madagascar		Laifour, Ardennes, France	
	Ripidolite		Aphrosidélite	
	Col de la Croix, France		Weilburg, Nassau	
			Thuringite, Evisa, Corse	
			Epichlorite	
			Elbingerode, Harz	
			Bavalite	
			Bas-Vallon, France	
			Thuringite	
			Schmiedefeld, Thuringia	
L'index de réfraction:	1.57 à 1.59	1.593 à 1.62	1.63 à 1.67	
La pesanteur spécifique:	2.68 à 2.75	2.79 à 2.90	2.96 à 3.20	

GROUPE III.

Nombre d'ions Si 2.9 à 3.05

Nombre d'ions Fe*

0.0 à 1	2
Chlorite blanche de Mauléon, France	Delessite Batoum, Caucase
Clinochlore Bernstein, Austria	Chamosite Windgalen, Switzerland
Kotschubéite Ufaleisk, Urals	
Kotschubéite Patevi, Togo	
Clinochlore Besafotra, Madagascar	
Kotschubéite Hagdale, Shetland	
L'index de réfraction: 1.57 à 1.583	1.60 à 1.64
La pesanteur spécifique: 2.67 à 2.70	2.80 à 3.40

* Il n'y a pas de minéraux pour lesquels le nombre d'ions Fe reste entre 1 et 2.

GROUPE IV.

Nombre d'ions Si > 3.05

Nombre d'ions Fe*

0 à 1	2
Leuchtenbergite Midongy, Madagascar	Diabantite Reinsdorf, Saxony
Pseudophite South Africa	Diabantite Farmington Hill, Connecticut
Pennine Zermatt, Switzerland	Diabantite Trillochthal, Saxony
Pseudophite Nassfeld, Austria	
L'index de réfraction: 1.572 à 1.577	1.62 à 1.65
La pesanteur spécifique: 2.66 à 2.67	2.9 à 3

* Il n'y a pas de minéraux pour lesquels le nombre d'ions Fe reste entre 1 et 2.

General Résumé

The classification of the chlorites is now based upon four groups:

Group I is probably rare and so far is represented only by amesite.

Group IV comprises more numerous elements, but besides normal chlorites, like pennine and leuchtenbergite, there are also a certain number of imperfect minerals, especially the 'inflatable' chlorites (17).

This classification results in dividing the chlorites into coherent groups,

to which can be compared with mica types. This last result is particularly important, since it seems that in nature a certain number of these minerals at 14Å. result from the transformation of phyllites at 10 Å. or are found closely associated with them (see footnote, p. 329).

In order to introduce subdivisions, we shall choose as our second criterion, the nature of the constituents. As chlorites are normally formed by aluminous and magnesium ions, it will be enough if we consider the proportion of elements other than these, such as Fe, Mn, or Ni, to obtain a definition of the types. In the minerals we have studied, iron alone is to be found in any quantity; so we have not had to consider any other ions. In general, if we compare the results of this attempt at classification with that made on a purely chemical basis, we may notice a certain parallelism. Thus amesite remains characteristic of the type rich in alum; Group II covers the whole of groups 2-3-4 of Orzel's earlier classification comprising corundophilites, grochaultes, ripidolites, epichlorites, bavalite, and thuringite. Group III, clearly equivalent to groups 5 and 6, comprises clinochlores, delessite, and chamosite. Finally, in Group IV, we come across elements 7 and 8 of the preceding classification; that is, pennines, diabantites, and pseudophites. Only a few minerals are displaced to any extent, for example, certain leuchtenbergites passing from groups 3 and 4 to Group IV.

The essence of any classification is that it should have, at least implicitly, a genetic significance. The correspondence which we have indicated between the chlorite and the mica groups seems to indicate that this condition is observed. Besides this, it is evident that to a given place, in the classification, a whole series of properties should correspond. This seems to be the case. Indeed, in each group, types are classed by refraction indexes and increasing densities. This is clear from the values indicated below the tables. The phenomena of reoxidation, and, as a result, the difference between the apparent loss of weight and the water content, corroborate it. On the other hand, the water content and the temperature at which dehydration takes place decrease as the iron content increases. Finally, it is likely that some other properties should be classed in the order already indicated; thus, colour will range from light tints, near to white, to dark greens, almost black, as we pass from type 1 to type 3, in each group. On the other hand, dielectric properties will necessarily decrease in the same direction.

In short, the proposed classification, if it does not permit us to account for all the properties which may attract the attention of the mineralogist, groups the chlorites in accordance with their essential properties.

References.

1. G. TSCHERMAK, Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl., Abt. 1, 1890, vol. 99, pp. 174-268.
 2. A. LACROIX, *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, 1893-5, vol. 1, pp. 373-404.
 3. J. ORCEL, *Recherches sur la composition chimique des chlorites*. Bull. Soc. Franç. Min., 1927, vol. 50, pp. 75-454. [M.A. 3-372.]
 4. Ch. MAUGUIN, Bull. Soc. Franç. Min. 1930, vol. 53, pp. 279-300. [M.A. 4-465.]
 5. L. PAULING, Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 1930, vol. 16, pp. 578-582 [M.A. 4-465.]
 6. R. C. MACMURCHY, Zeits. Krist., 1934, vol. 88, pp. 420-432. [M.A. 6-45.]
 7. G. W. BRINDLEY and S. Z. ALI, Acta Cryst., Cambridge, 1950, vol. 3, pp. 25-30. [M.A. 11-104.]
 8. W. VON ENGELHARDT, Zeits. Krist., 1942, vol. 104, pp. 142-159. [M.A. 8-291.]
 9. J. GARRIDO, Bull. Soc. Franç. Min. Crist., 1949, vol. 72, pp. 549-570. [M.A. 11-104.]
 10. S. B. HENDRICKS, Amer. Min., 1939, vol. 24, pp. 529-539. [M.A. 7-496.]
 11. J. W. GRUNER, Amer. Min., 1944, vol. 29, pp. 422-430. [M.A. 9-232.]
 12. F. A. BANNISTER, Min. Mag., 1939, vol. 25, pp. 459-464.
 13. S. CAILLÈRE, S. HÉNIN, and R. GUENNELON, Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 1949, vol. 228, p. 1741.
 14. J. ORCEL, S. HÉNIN, and S. CAILLÈRE, Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 1949, vol. 229, p. 134.
 15. G. W. BRINDLEY, Communication orale faite à l'Association française de cristallographie.
 16. S. CAILLÈRE and S. HÉNIN, Proc. 4th Internat. Congress Soil Sci., Amsterdam, 1950, vol. 10 (in the press).
 17. D. M. C. MACÉWAN and S. S. HONEYBORN, Clay Minerals Group of the Mineralogical Society, London, Nov. 1949 (in the press).
 18. J. HOLZNER, Neues Jahrb. Min., Abt. A., 1937, vol. 73, pp. 389-418. [M.A. 7-408.]
 19. S. CAILLÈRE and S. HÉNIN, C.R. Journées COBEA, Bruxelles, 1947, dans Verres et Silicates Industriels, 1948, vol. 13, no. 9, pp. 114-118.
 20. J. ORCEL, S. CAILLÈRE, and S. HÉNIN, Compt. Rend. Congrès Soc. Savants, Strasbourg, 1947 (in the press).
 21. S. CAILLÈRE and S. HÉNIN, Clay Minerals Group of the Mineralogical Society, London, Nov. 1949 (in the press). Min. Mag. 1950 (in the press).
 22. A. HALLIMOND, Min. Mag., 1939, vol. 25, pp. 441-459.
 23. J. ORCEL and P. RENAUD, Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 1941, vol. 212, pp. 918-921. [M.A. 8-272.]
-