

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie  
**Band:** 63 (1983)  
**Heft:** 1  
  
**Artikel:** Identification des micas des séries sédimentaires par diffraction X à partir de la série harmonique (001) des préparations orientées  
**Autor:** Rey, J.-Ph. / Kübler, B.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-48721>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 16.01.2026

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

## **Identification des micas des séries sédimentaires par diffraction X à partir de la série harmonique (00l) des préparations orientées**

par *J.-Ph. Rey*<sup>1</sup> et *B. Kübler*<sup>1</sup>

### **Abstract**

This paper deals with the study of the fraction  $<16\ \mu\text{m}$  and  $<2\ \mu\text{m}$  of micas from a whole variety of sedimentary sequences. The investigation is based on the X-Ray diffraction intensity of the harmonic series (00l) measured on oriented preparations.

Binary and ternary intensity diagrams allow to define fields relating to a specific chemical composition. In the sediments investigated the sequence muscovite-illite-phengite is observed when going from the zone of diagenesis to the epizone.

### **Résumé**

Dans l'étude de séries sédimentaires il est souvent intéressant de connaître la nature des micas de la fraction fine ( $<16$  ou  $2\ \mu\text{m}$ ). La méthode proposée se base sur la mesure de l'intensité des pics de diffraction X de la série harmonique (00l) de préparations orientées.

Ces intensités reportées sur des diagrammes binaires ou ternaires permettent de définir des plages caractéristiques d'une certaine composition chimique. Les résultats montrent qu'il est alors possible de déterminer la tendance muscovite-illite-phengite des micas de séries sédimentaires allant de la diagénèse profonde à l'épizone.

### **Zusammenfassung**

Die vorliegende Untersuchung von einer ganzen Reihe von sedimentären Abfolgen befasst sich mit der Mineralogie der Feinfraktion der Glimmer ( $<16$  oder  $2\ \mu\text{m}$ ). Die angewandte Methode basiert auf der Messung der Intensität der Röntgendiffraktion der harmonischen Serie (00l) von Texturpräparaten.

Binäre und ternäre Diagramme dieser Intensitäten erlauben es, Felder, die einer bestimmten chemischen Zusammensetzung entsprechen, auszuscheiden. Ferner lässt sich von der Diagenese zur Epizone die Abfolge Muscovite-Illit-Phengit für die untersuchten Sedimente ableiten.

---

<sup>1</sup> Institut de Géologie, 11, rue E. Argand, 2000 Neuchâtel.

## INTRODUCTION

Dans les séries sédimentaires de la diagénèse à l'épizone, les micas sont rarement seuls dans les fractions fines ( $< 16$  ou  $2\ \mu\text{m}$ ). Ils sont souvent accompagnés de chlorite et d'interstratifiés. La valeur  $d$  de (060) ne permet alors que très difficilement la distinction des micas potassiques tri- ou di-octaédriques.

CRAVEZ & KUBLER (1968) avaient déjà utilisé certains rapports d'intensité pour distinguer dans le groupe des micas les muscovites, des biotites et des phlogopites.

Après avoir recouru depuis plus de 12 ans aux diagrammes de CRAVEZ & KUBLER il est devenu important de décrire la méthode employée, tout en essayant de la compléter par une représentation en diagrammes ternaires, en raison de l'incertitude liée à la mesure du 4<sup>e</sup> pic des micas de milieux sédimentaires.

## 1. Techniques et méthodes

## 1.1. PRÉPARATION

Environ 20 g d'échantillon sont concassés dans un concasseur à mâchoires puis agités énergiquement dans de l'eau déminéralisée à pH 7-8. En présence de carbonates l'échantillon est décarbonaté à froid à HCl 10% sous agitation énergique pendant 20 minutes. Il est lavé, rincé et centrifugé de cinq à six fois jusqu'à l'obtention d'une suspension à pH compris entre 7 et 8 et maintenu tel, si nécessaire par NaOH (ou  $\text{NH}_4$ ). En présence d'argiles gonflantes, la suspension est saturée en  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  ou  $\text{Na}^+$  suivant les besoins.

La classe granulométrique désirée est pipetée dans la suspension après un temps calculé d'après la loi de Stokes, étendue sur des portes-objet de verre et lentement séchée à l'air. Ces plaquettes orientées (Texturpräparate) peuvent être chauffées à  $300^\circ\text{C}$  ou saturées aux vapeurs d'éthylène glycol.

## 1.2. DIFFRACTION X

Les préparations sont passées au diffractomètre selon les réglages suivants:

- générateur: anticathode de cuivre, 40 kV et 20 mA,
  - goniomètre: fente  $1^\circ$ , 0,2 mm,  $1^\circ$ , filtre de nickel,
  - enregistrement: transistorisé, compteur proportionnel avec discriminateur.
- L'enregistrement graphique est réglé de manière à ce que  $1\text{ cm} = 1^\circ 2\theta$ .
- la constante de temps est de 2 secondes,
  - l'espace angulaire balayé va de  $2$  à  $50^\circ 2\theta$  ( $\text{Cu } K\alpha$ ).

### 1.3. MESURES

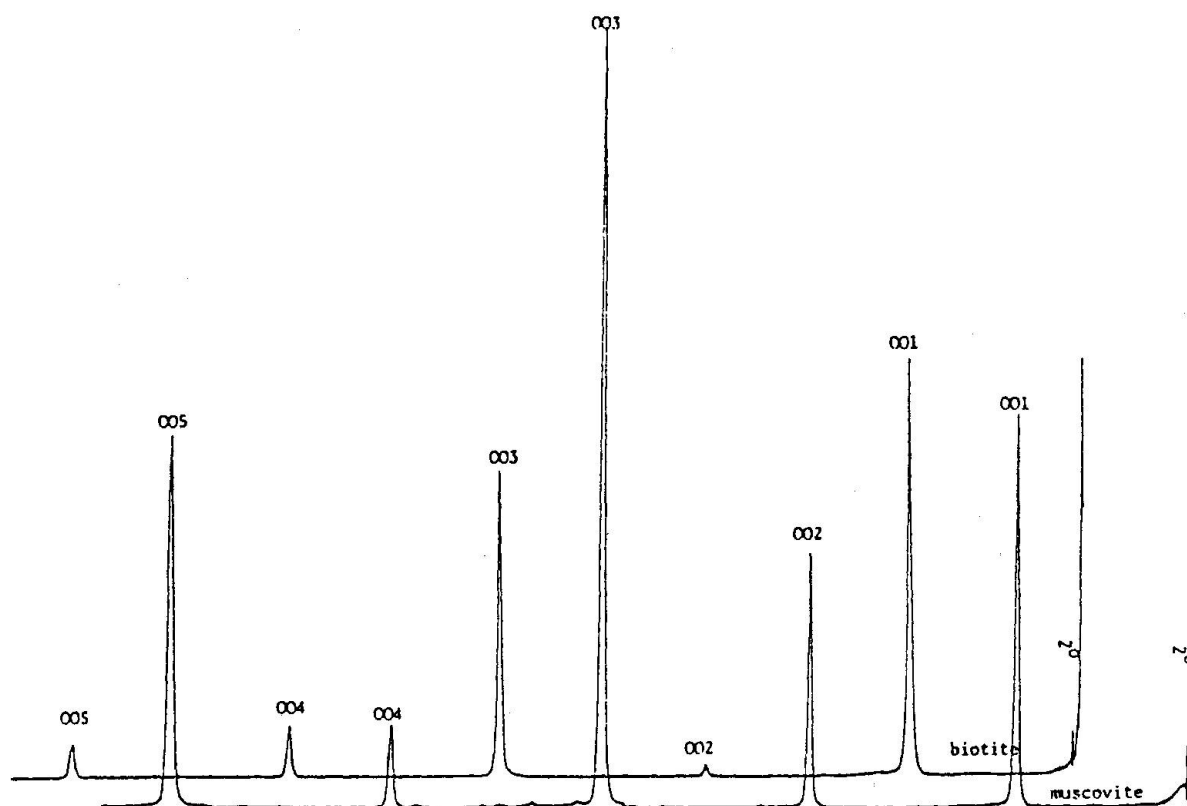
L'intensité des pics est la mesure (en cm) de la hauteur des pics au-dessus du bruit de fond. Il est aussi possible de normaliser ces hauteurs en coups par secondes (CPS), en respectant le nombre de coups pleine échelle.  $2 \cdot 10^3$  coups pleine échelle est, compte tenu des indications ci-dessus, un bon réglage moyen.

#### 1.4. CHOIX DES PICS DE DIFFRACTION

Par esprit de simplification les pics de la série harmonique (00l) sont numérotés de 001 à 005. Pour les polymorphes 2M il suffit de multiplier ces indices par 2 et par 3 pour les 3T.

Le 3<sup>e</sup> pic est le plus souvent porteur de la surcharge du pic principal du quartz ( $26.64^{\circ} 2\theta$ ). Il ne peut donc être utilisé qu'en cas de préparations très pures. C'est pourquoi nous n'en tenons jamais compte.

CRAVEZ & KUBLER (1968) ont proposé d'utiliser les rapports d'intensité du premier pic sur le second (001/002) et du quatrième sur le cinquième (004/005) en considérant que le 2<sup>e</sup> et le 5<sup>e</sup> pic est toujours plus intense pour les micas dioctaédriques (type muscovite) que pour les trioctaédriques (type biotite) et qu'en



**Fig. 1** Diagrammes RX d'une muscovite et d'une biotite.

outre le rapport d'intensité des 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> pics des dioctaédriques fluctue en fonction de la substitution de Mg (phlogopite) par Fe (biotite), (GOWER, 1957).

## 2. Les représentations en diagrammes binaires

### 2.1. DISTINCTION MUSCOVITE-PHLOGOPITE-BIOTITE PAR LES RAPPORTS 001/002 ET 004/005

13 micas de référence (tab. 1) provenant de divers granitoïdes ont été isolés et analysés chimiquement par les Laboratoires de Géochronologie isotopique du Centre de Recherche SNPA de Pau (actuellement SNEAP) et par l'Institut de Minéralogie de Berne. Les analyses en diffraction X ont été effectuées dans nos laboratoires. Les valeurs des rapports 001/002 et 004/005 sont reportés à la figure 2.

Tableau 1 Micas - données de référence (musc., bio., phlog.).

MICAS - DONNEES DE REFERENCE (MUSC., BIO., PHLOG.)

ECH.	1001	1002	1004	1005	AIGU	COMMENTAIRE
1	90.	0.78	17.	17.	0.21	BIOTITES - GRANITE KERMACH
2	100.	1.25	8.	6.	0.21	- AMI C 185
3	100.	2.4	13.9	9.6	0.21	- BERNE 4B
4	100.	4.6	16.6	11.4	0.21	- ST MICHEL
5	100.	2.05	17.3	14.5	0.20	- GRANITE ROSTRENEN
6	100.	3.6	13.6	9.35	0.20	- ST NICOLAS
7	100.	3.4	12.6	10.8	0.19	- DALOA
8	100.	2.34	11.	8.2	0.22	- THEIX
9	100.	4.4	15.	13.	0.24	- GRANITE ROSTRENEN
10	55.	33.	9.7	46.5	0.18	MUSCOVITES - BERNE 4M
11	72.	29.	10.	40.	0.19	- ROC BLANC
12	49.	23.6	10.9	45.	0.20	- GUYANNE
13	72.1	45.	10.6	55.	0.25	- ESTEREL
14	197.0	11.0	41.0	111.5	-	PHLOGOPITES REFERENCES
15	237.0	11.0	6.5	23.0	-	
16	104.0	14.0	9.0	21.0	-	
17	24.1	1.7	1.1	1.6	0.12	- FINERO
18	18.7	0.6	0.9	1.9	0.10	- St PHILIPPE

#### ANALYSES CHIMIQUES:

ECH.	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%K <sub>2</sub> O	%CaO	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%TiO <sub>2</sub>	%MgO	%Total
1	36.20	15.70	9.21	0.62	17.20	3.60	14.55	97.08
2	38.00	15.20	7.97	0.82	19.20	4.20	11.10	96.49
3	32.80	19.10	9.88	0.00	25.15	2.97	7.10	97.00
4	36.20	19.50	7.21	0.89	24.20	4.07	5.85	97.92
5	33.70	20.10	9.69	0.20	22.60	3.82	7.55	97.66
6	35.40	14.10	9.75	0.78	22.75	4.30	9.70	98.03
7	34.20	17.50	10.53	0.00	22.75	3.15	9.15	97.38
8	35.70	14.70	9.48	0.00	22.60	4.34	12.15	98.97
9	33.50	19.60	9.86	0.20	22.40	3.77	7.25	96.58
10	46.80	37.10	11.42	0.00	2.30	0.73	0.85	99.20
11	47.10	37.80	11.26	0.00	4.00	0.76	0.00	100.92
12	44.20	38.40	11.48	0.00	4.30	0.82	0.00	99.20
13	44.80	41.40	10.99	0.00	1.80	0.06	0.00	99.05

## MICAS - DONNEES DE REFERENCE (MUSC., BIO., PHLOG.)

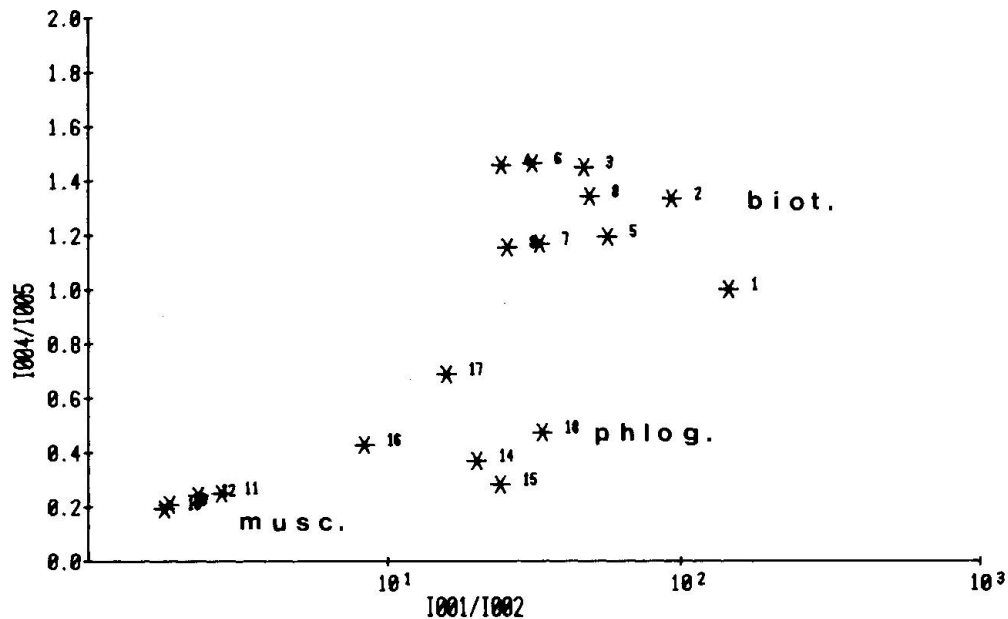


Fig. 2

On constate que les muscovites sont bien groupées autour de valeurs de 004/005 comprises entre 0.2 et 0.3 et que le rapport 001/002 est faible. La plage d'existence des biotites est plus large et les valeurs (logarithmiques) des rapports 001/002 varient plus que celles des rapports 004/005. Conformément aux observations de GOWER (1957) le 4<sup>e</sup> pic est plus intense que le 5<sup>e</sup> pour les biotites.

Les phlogopites ont des rapports 001/002 légèrement inférieurs à ceux des biotites et des rapports 004/005 analogues à ceux des muscovites. La combinaison de ces rapports permet de définir une plage intermédiaire caractéristique des phlogopites.

Ces résultats correspondent à la distinction prévue pour les micas trioctaédriques par GOWER (1957) et par BRADLEY & GRIM (in BROWN 1961) et permettent d'isoler efficacement les muscovites des autres micas potassiques.

## 2.2. TENDANCE DES RAPPORTS D'INTENSITÉ EN FONCTION DES SUBSTITUTIONS DE L'Al PAR Fe (FERRIMUSCOVITES) ET DE K PAR H<sub>2</sub>O (ILLITES)

### 2.2.1. Micas dioctaédriques

BRINDLEY (1980) a calculé les intensités respectives d'une muscovite (de composition «idéale»  $(K, H_2O)_2(Al, Fe)_4(SiAl)_8 O_{20}(OH)_4$ ) pour divers taux de sub-

stitution de Al par Fe et de K par H<sub>2</sub>O. Ces résultats sont reportés au tableau 2 et à la figure 3.

Tableau 2 Micas dioctaédriques - I calc. (BRINDLEY, 1980).

ECH.	I001	I002	I004	I005	AIGU	K	H2O	Al	Fe
1	100.	44.7	10.9	43.6		2.	0.	4	0
2	100.	14.4	8.5	21.3				3	1
3	100.	4.5	7.1	11.9				2	2
4	100.	1.2	6.3	7.1				1	3
5	100.	41.2	6.8	30.9		1.5	0.5	4	0
6	100.	15.0	5.9	16.5				3	1
7	100.	5.4	5.3	9.3				2	2
8	100.	1.7	4.9	5.8				1	3
9	100.	38.6	4.3	22.6		1.	1.	4	0
10	100.	15.6	4.1	12.5				3	1
11	100.	6.2	3.9	7.4				2	2
12	100.	2.2	3.8	4.7				1	3
13	100.	36.6	2.8	17.		0.5	1.5	4	0
14	100.	16.0	2.9	9.7				3	1
15	100.	6.9	2.9	5.9				2	2
16	100.	2.8	2.9	3.8				1	3
17	100.	35.0	1.8	13.1		0.	2.	4	0
18	100.	16.4	2.0	7.7				3	1
19	100.	7.6	2.2	4.8				2	2
20	100.	3.4	2.3	3.1				1	3

MICAS DIOCTAEDRIQUES - I CALC. (BRINDLEY, 1980)

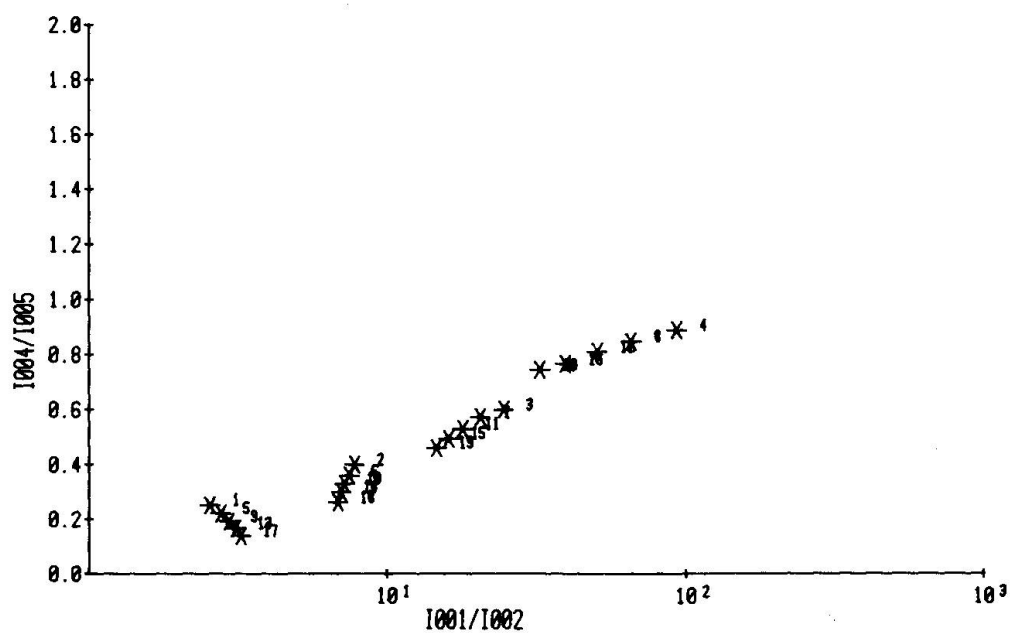


Fig. 3

La substitution de Al par Fe est celle qui influence le plus l'intensité du 2<sup>e</sup> pic en la diminuant et celle du 4<sup>e</sup> en l'augmentant. Les rapports 001/002 et 004/005 ont donc tendance à s'accroître. Ainsi l'on constate que les valeurs de ces rapports tombent bien dans l'aire des muscovites naturelles pour Fe = 0 et Al = 4 (cf. fig. 1), dans celle des phlogopites pour Fe = 2 et Al = 3 et s'approchent de la plage des biotites naturelles pour des taux de substitution Fe = 2 et Fe = 3.

La substitution de K par H<sub>2</sub>O ne fait que légèrement augmenter les rapports 001/002 pour une muscovite alumineuse, mais dès qu'il y a substitution de Al par Fe la tendance s'inverse et le rapport diminue.

Par contre 004/005 augmente dans tous les cas et l'influence de la substitution par H<sub>2</sub>O est d'autant plus grande que celle par Fe est plus grande aussi.

Les rapports 001/002 et 004/005 établis d'après les intensités calculées par BRINDLEY sont en bonne concordance avec les rapports des micas naturels. Dans la séquence harmonique (001), la substitution Al par Fe est celle qui marque le plus les rapports d'intensité; celle de K par H<sub>2</sub>O, plus discrète pourrait traduire une tendance aux illites si l'on considère ces dernières comme des micas à léger défaut de potassium, excès d'eau et contenant des couches interstratifiées.

### 2.2.2. Micas trioctaédriques

Les intensités relatives calculées par BRINDLEY (1980), (Tab. 3), pour une substitution croissante du Mg par Fe dans un mica trioctaédrique de composition  $(K, H_2O)_2(Mg, Fe)_6(Si, Al)_8O_{20}(HO)_4$  diffèrent nettement des données de GOWER (1957) particulièrement pour les valeurs du rapport 004/005. Cependant comme BRINDLEY le remarque, ces intensités calculées «ne peuvent être appliquées rigoureusement à l'interprétation des spectres de diffraction des micas». Il faut tout de même retenir les tendances qui confirment la séparation des aires «magnésiennes» des aires «ferrifères» observées pour les micas trioctaédriques naturels. Sans substitution, avec Mg = 6, les rapports 001/002 et 004/005 sont voisins du domaine des phlogopites (fig. 4); avec Mg = 5 et Fe = 1 on se rapproche des biotites et dès Mg < 4 et Fe > 2 les points se situent dans le domaine des biotites pour les rapports 001/002 et nettement au-dessus pour les rapports 004/005.

Il faut remarquer que le rapport 001/002 augmente jusqu'à Mg = 4 et diminue ensuite pour Mg = 3 et Mg = 2.

L'évolution de la série calculée par BRINDLEY confirme les tendances observées sur la série naturelle phlogopite-biotite, même si la correspondance n'est pas parfaite.



Tableau 3 Micas trioctaédriques intensités calculées (BRINDLEY, 1980).

ECH.	I001	I002	I004	I005	K	H2O	Mg	Fe
1	100.	5.3	7.4	12.6	2.	0.	6	0
2	100.	1.1	6.5	7.3			5	1
3	100.	0.2	5.9	4.5			4	2
4	100.	0.4	5.5	2.8			3	3
5	100.	1.2	5.4	1.9			2	4
6	100.	6.2	5.5	9.9	1.5	0.5	6	0
7	100.	1.8	5.8	5.9			5	1
8	100.	0.3	4.7	3.6			4	2
9	100.	0.2	4.5	2.3			3	3
10	100.	0.7	4.3	1.5			2	4
11	100.	7.2	4.0	7.8	1.	1.	6	0
12	100.	2.3	3.9	4.7			5	1
13	100.	0.6	3.8	3.0			4	2
14	100.	0.2	3.7	1.9			3	3
15	100.	0.7	3.6	1.3			2	4
16	100.	8.0	3.0	6.2	0.5	1.5	6	0
17	100.	3.0	3.0	3.8			5	1
18	100.	0.9	3.0	2.4			4	2
19	100.	0.2	3.0	1.6			3	3
20	100.	0.2	3.0	1.0			2	4
21	100.	8.7	2.2	5.0	0.	2.	6	0
22	100.	3.6	2.3	3.1			5	1
23	100.	1.2	2.4	2.0			4	2
24	100.	0.3	2.5	1.3			3	3
25	100.	0.1	2.5	0.9			2	4

MICAS TRIOCTAEDRIQUES INTENSITES CALCULEES (BRINDLEY 1980)

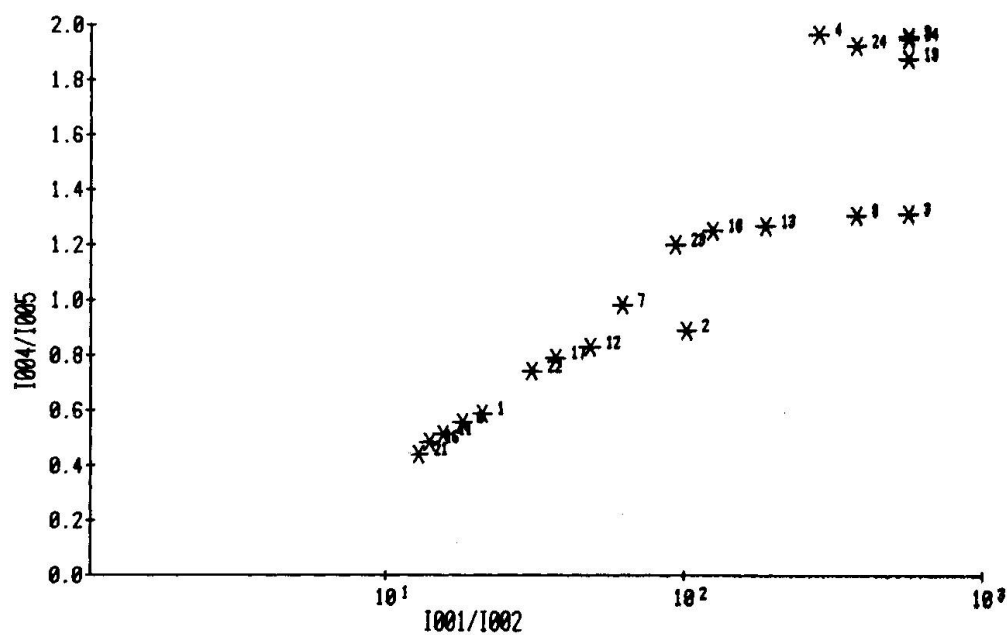


Fig. 4

Tableau 4 Phengites références - Berne.

ECH.	I001	I002	I004	I005	AIGU
1 KAW4M	159.	85.	26.	119.	0.17
2 KAW161	133.	51.	16.	71.	0.21
3 KAW203	101.	37.	10.	42.	0.20
4 KAW207	111.	36.	13.	57.	0.19
5 KAW88	160.	71.	20.	86.	0.18
6 KAW115	146.	69.	10.	56.	0.17

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	NaO	K2O	TiO2	P2O5	H2O	Total
1	48.20	31.67	1.44	1.32	0.04	1.10	0.31	1.40	8.85	0.76	0.10	4.08	99.27
2	49.20	28.53	3.46	1.38	0.05	1.52	0.34	1.15	9.30	0.90	0.05	4.04	99.92
3	49.35	28.35	2.94	1.85	0.05	1.52	0.45	0.56	9.20	0.49	0.03	4.06	98.85
4	49.66	25.73	5.52	1.38	0.02	2.34	0.20	0.87	9.46	0.45	0.02	3.98	99.63
5	49.78	25.53	5.92	2.19	0.11	2.21	0.40	0.75	9.40	0.42	0.03	4.04	100.78
6	51.73	25.43	2.34	1.37	0.03	3.58	0.58	0.35	9.33	0.49	0.02	4.32	99.57

## PHENGITES REFERENCES - BERNE

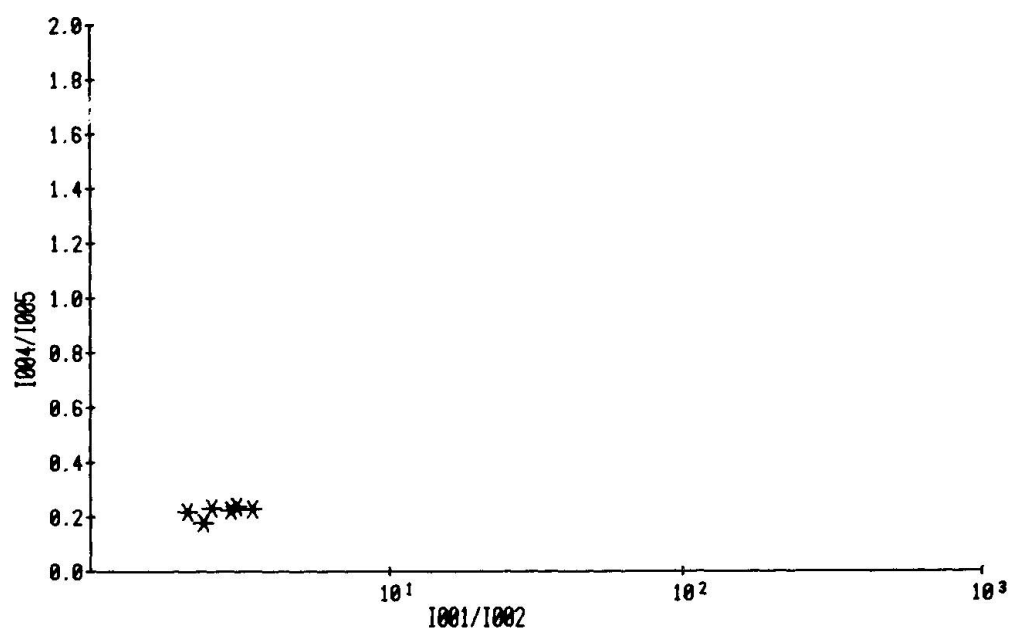


Fig. 5

## 2.2.3. Les phengites

Dans ce mica la substitution de Si par Al dans la couche tétraédrique est plus faible. Par contre une partie de Al est substitué par Mg et Fe (peu) au niveau octaédrique. La structure générale est encore compliquée par la possibilité de subs-

tituer un peu de Na à K. Les phengites sont donc des muscovites à faible substitution du type céladonite–paragonite.

Le réflexe (060) est d'habitude le seul pic assez fidèle pour permettre la reconnaissance, par son déplacement, des divers taux de substitution dans la muscovite.

Les quotients 001/002 et 004/005 de phengites à chimisme connu (Tab. 4) sont reportés à la figure 5. On voit qu'il n'y a pas de modification notable par rapport à la muscovite. Cela confirme que la substitution est surtout due à Mg et qu'elle reste faible. En outre et bien que les phengites des schistes verts se reconnaissent des muscovites de roches granitoïdes par un premier pic plus intense, la légère augmentation du rapports 001/002 n'est pas assez importante pour que l'aire des phengites se sépare de celle des muscovites.

### 2.3. CONCLUSIONS

Les rapports des intensités du premier pic sur le second et du quatrième sur le cinquième permettent de distinguer parfaitement les muscovites des phlogopites et des biotites des roches cristallines.

Cette distinction est efficace même en présence de chlorite, de plagioclase et de quartz.

La distinction phengites–muscovites par ce moyen est plus aléatoire en raison de la similitude des valeurs des rapports 001/002 et 004/005.

### 3. Les représentations en diagrammes ternaires

La zonéographie des roches sédimentaires de la diagénèse au métamorphisme se fait couramment par l'analyse de la fraction fine micacée. Un contrôle sur plusieurs milliers d'échantillons de roches sédimentaires a prouvé que le pic (005), ou cinquième pic du mica, était toujours présent, alors que le quatrième était très souvent confondu avec un (hkl), donc rarement fidèle. Par conséquent il n'est pas possible d'appliquer les rapports 001/002 et 004/005 pour reconnaître la nature des micas de ces roches.

Cependant, compte tenu que les intensités du second et du cinquième pic sont largement influencées par les cations de la couche octaédrique (substitution Al–Fe et Mg–Fe), on a essayé de représenter les différentes familles de micas sur diagrammes ternaires en utilisant les intensités des 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> pics rapportés à leur somme. Dans ce mode de représentation il est dès lors possible de faire aussi figurer les paragonites naturelles. En effet leur 4<sup>e</sup> pic est si faible qu'on ne constate jamais sa présence sur les diagrammes de DX et qu'il n'était donc pas possible de représenter ces minéraux sur les graphes précédents.



## MICAS DIOCTAÉDRIQUES - I CALC. (BRINDLEY, 1980)

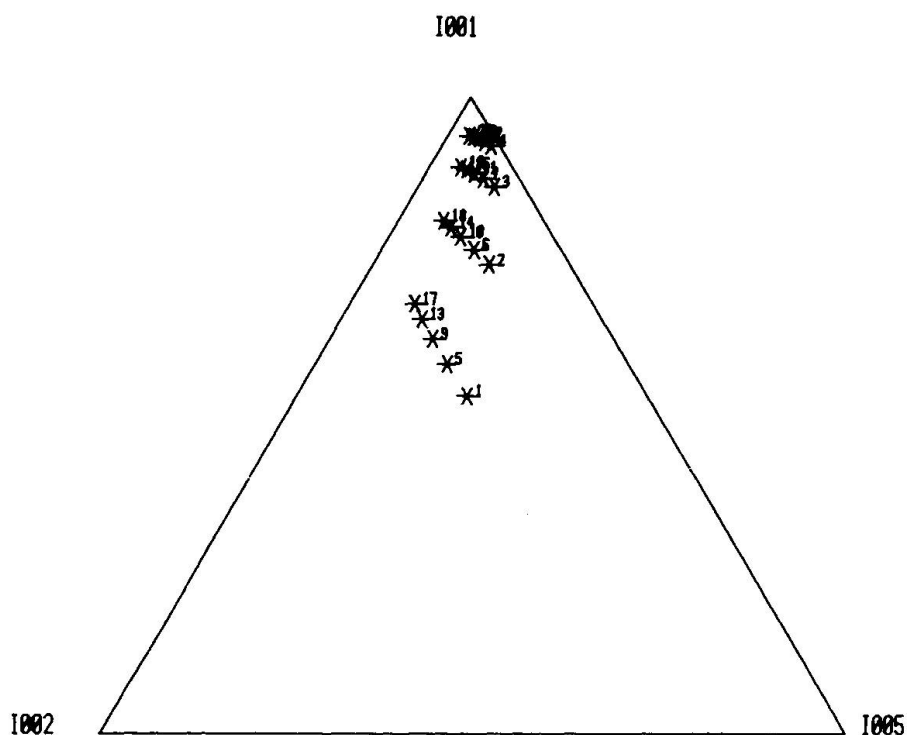


Fig. 7

## 3.2. DISTINCTION MUSCOVITE-MUSCOVITE FERRIFÈRE-ILLITE

Si l'on reporte à la figure 7 les résultats de BRINDLEY (Tab. 2) on remarque que:

- a) l'augmentation du taux de substitution de Al par Fe se traduit par une migration des points vers la plage des biotites;
- b) une substitution de K par H<sub>2</sub>O (tendance «illite») fait migrer tous les points vers la gauche du triangle.

Ce qu'il faut donc retenir de ce diagramme ce sont les tendances, car les intensités calculées, comme le souligne BRINDLEY, ne sont qu'indicatives et résultent de certaines simplifications.

## 3.3. MICAS TRIOCTAÉDRIQUES

La représentation triangulaire des valeurs d'intensité calculées par BRINDLEY (Tab. 3) ne concorde pas avec les valeurs des biotites naturelles. Elle est nettement moins bonne que la représentation binaire 001/002-004/005. On remarquera toutefois que la substitution de K par H<sub>2</sub>O fait aussi migrer les points vers la gauche.

## MICAS TRIOCTAEDRIQUES INTENSITES CALCULEES (BRINDLEY 1980)

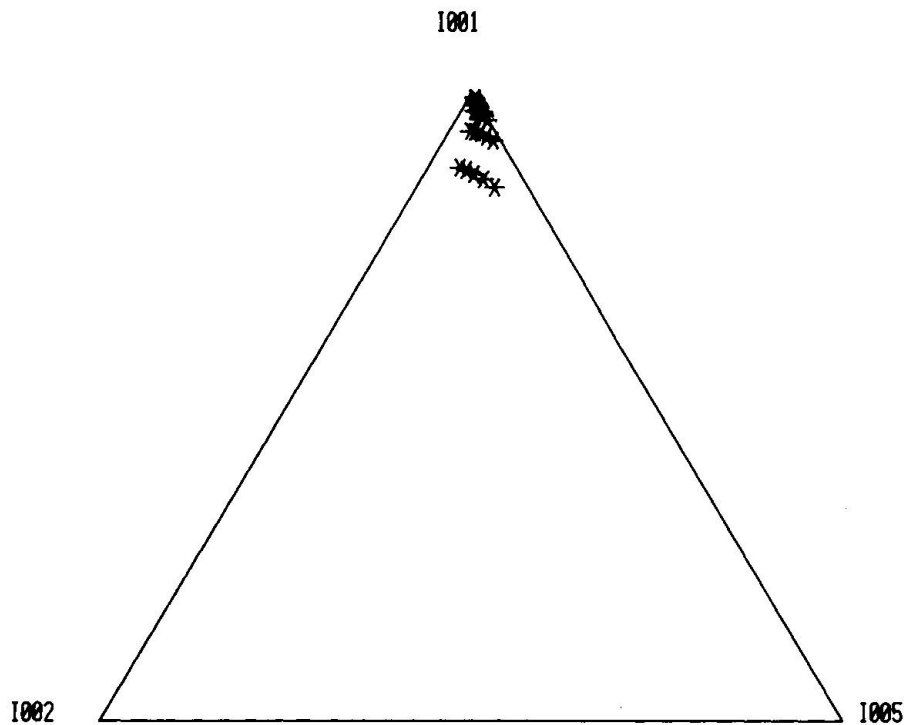


Fig. 8

## 3.4. LES PHENGITES

A la figure 9 nous voyons que l'aire des phengites (Tab. 4) se situe légèrement au-dessus de celle des muscovites, ce qui s'explique par une substitution de K par Na, donc une augmentation de l'intensité du premier pic par rapport au second et par conséquent, lorsque le taux de substitution croît, à une élongation du nuage vers le haut à gauche.

## 3.5. LES PARAGONITES

Il est très rare de rencontrer dans les sédiments anchi- ou épi-métamorphiques de la paragonite isolée. Par ailleurs on reconnaît parfaitement la paragonite par ses équidistances  $d$ . En outre ce minéral ayant un 5<sup>e</sup> pic relativement plus faible que celui de la muscovite, les points seront donc plutôt parallèles au côté 001-002. (Tab. 5).

## PHENGITES REFERENCES - BERNE

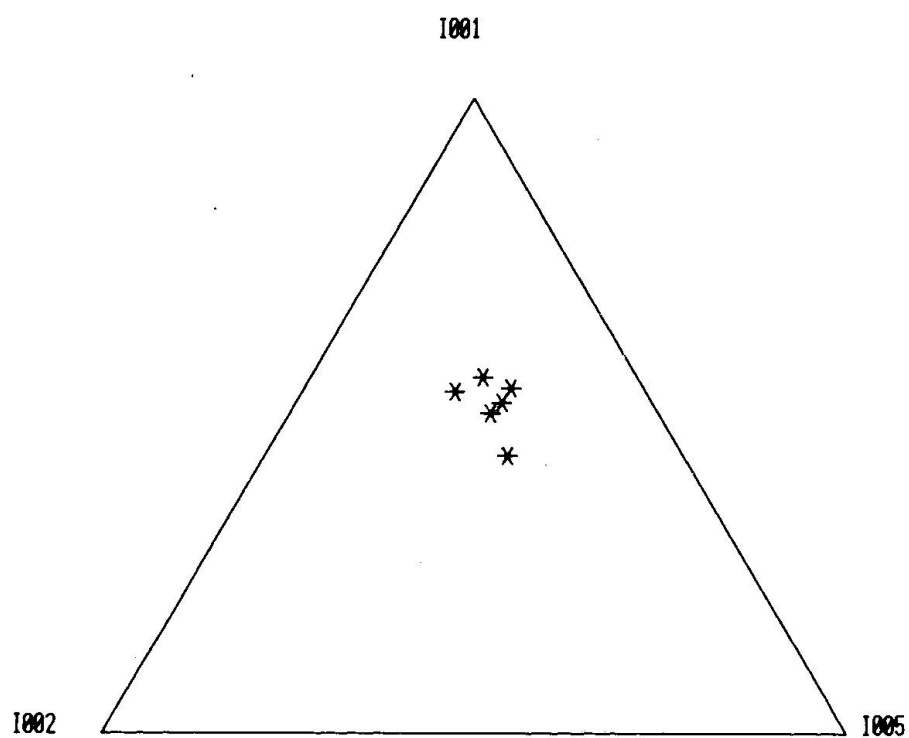


Fig. 9

Tableau 5 Paragonites uni GRAZ + PFIFFNER.

12 ECH.	1001	1002	1004	1005
OK1	77.	28.		15.
C2	21.	5.		3.
C19	82.	24.		8.
C24	59.	19.		7.
C28	68.	19.		7.
C35	41.	13.		5.
15N33	78.	23.		7.
20G87	37.	8.		3.
1114	65.	20.		7.
1118	74.	15.		7.
1119	45.	4.		6.
1120	32.	4.		2.

PARAGONITES UNI GRAZ + PFIFFNER

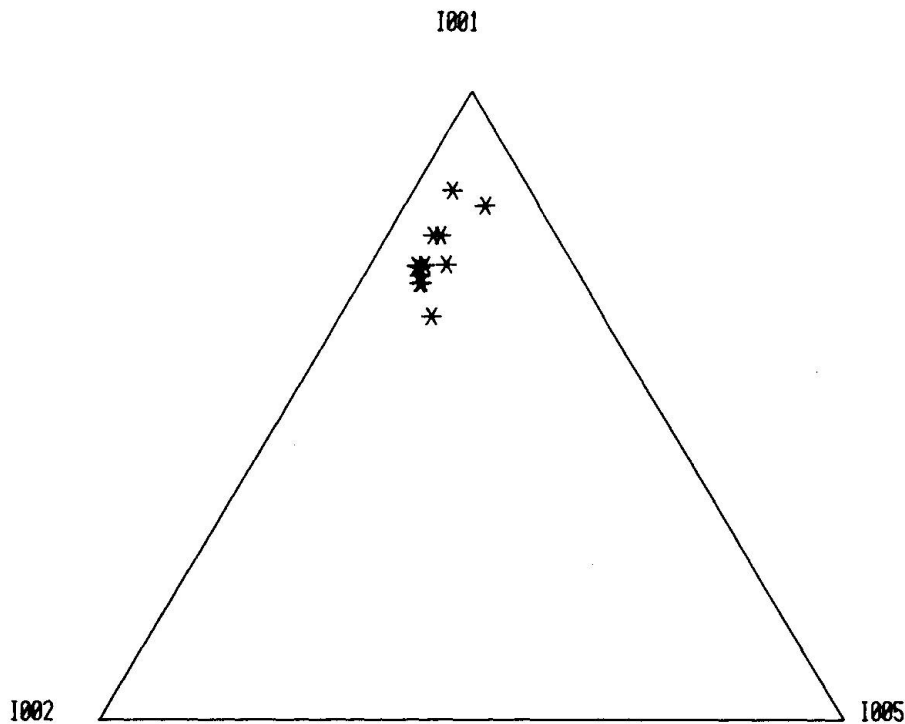


Fig. 10

La dispersion des points provient surtout de la difficulté de mesure du (001) en présence de muscovite-phengite.

#### 4. Exemples d'application

Il s'agissait enfin de vérifier si le modèle proposé était facilement applicable à l'étude des micas de séries de provenances diverses. Nous avons choisi à cet effet un éventail de roches relativement large:

- 1 série de faciès granulite:
  - zone à migmatites du versant sud du massif de l'Aar (Tab. 6);
- 2 séries de faciès schistes verts:
  - couverture autochtone des Aiguilles Rouges (Tab. 7);
  - couverture du massif de l'Aar (Tab. 8);
- 3 séries non métamorphiques:
  - grès de Taveyanne de Flaine (Tab. 9);
  - marnes et marno-calcaires de l'Hauterivien du Jura (Cressier) (Tab. 10);
  - série sédimentaire continue du Sinémurien au Dogger du Haut Atlas marocain, (Tab. 11).



Ces séries sont représentées sur les diagrammes suivants:

MICAS DU MASSIF DE L'AAR

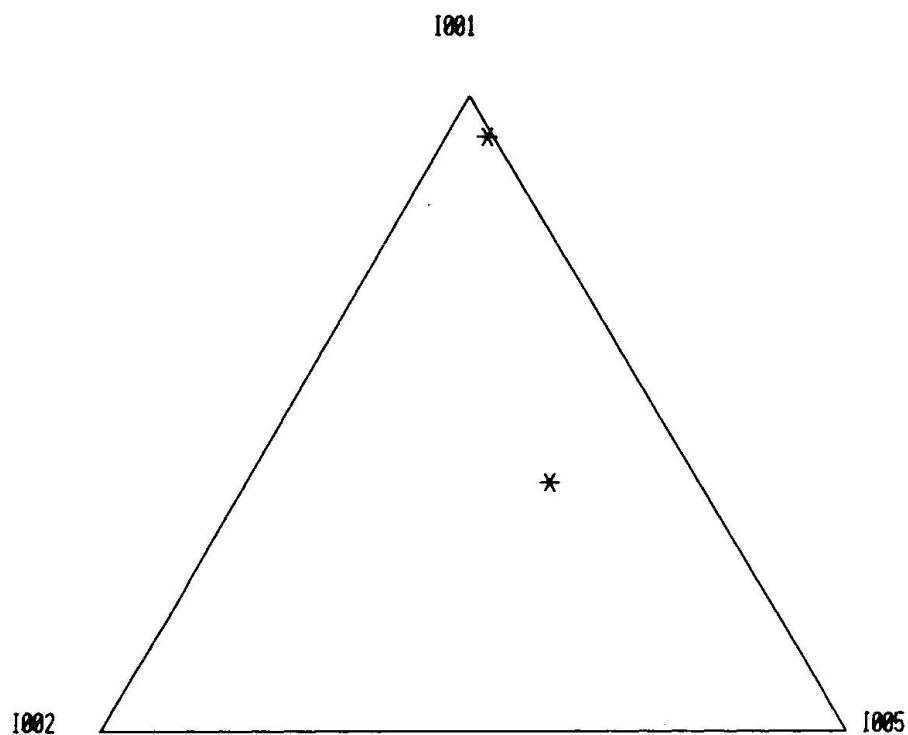


Fig. 11

Tableau 6 Micas du massif de l'Aar.

2						
ECH.	I001	I002	I004	I005	AIGU	COMMENTAIRE
13896	58.5	0.5	3.6	3.5	3.2	
13899	10.9	5.5	2.3	11.4	2.2	

## MICAS - AUTOCHTONE DES AIGUILLES ROUGES

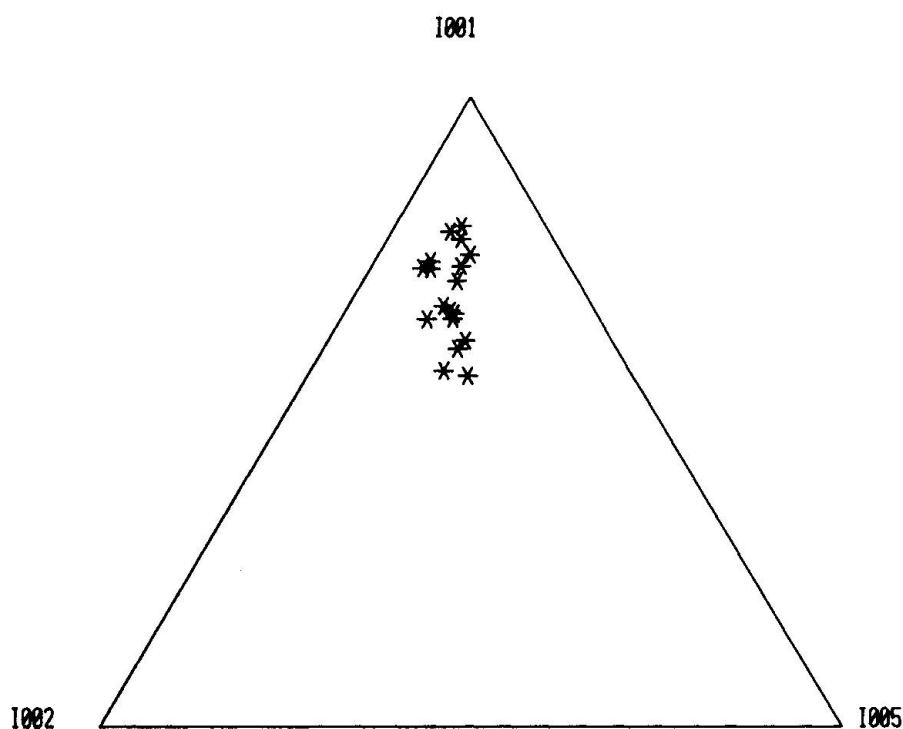


Fig. 12

Tableau 7 Micas - autochtone des Aiguilles Rouges.

18						
ECH.	1001	1002	1004	1005	AIGU	COMMENTAIRE
580	3.7	1.1	0.2	0.8	0.40	PRIABONIEN
581	8.8	2.3	0.2	1.0	0.27	MALM CALCAIRE
582	13.8	3.2	0.8	2.5	0.28	TRIAS (contact crist.)
583	1.1	0.4	0.1	0.2	0.30	QUARTZITE
585	5.1	1.4	0.2	0.5	0.28	CALC. SILICEUX
586	3.0	0.6	0.2	0.5	0.30	BARREMIEN
587	5.9	1.0	0.2	0.6	0.45	HAUTERIVIEN
588	22.1	5.5	0.6	2.3	0.24	URGONIEN SUP.
589	8.1	2.5	0.4	1.9	0.64	GRES CARRIERES DU BOUVERET
590	13.9	4.2	0.5	2.7	0.70	MOLASSE ROUGE
591	19.0	6.2	1.6	5.8	0.31	CARBONIFERE VALLORCINE
592	12.2	3.6	0.8	2.8	0.27	"
593	10.5	3.8	0.9	3.2	0.30	"
594	17.6	7.1	1.7	6.9	0.27	"
596	13.4	6.0	0.9	4.3	0.24	LIAS
597	3.1	0.5	0.1	0.4	0.32	MYLONITES
598	5.4	0.9	0.2	0.9	0.33	"
599	3.5	0.5	0.3	0.4	0.34	"

## MICAS - COUVERTURE DU MASSIF DE L'AAR - BAER

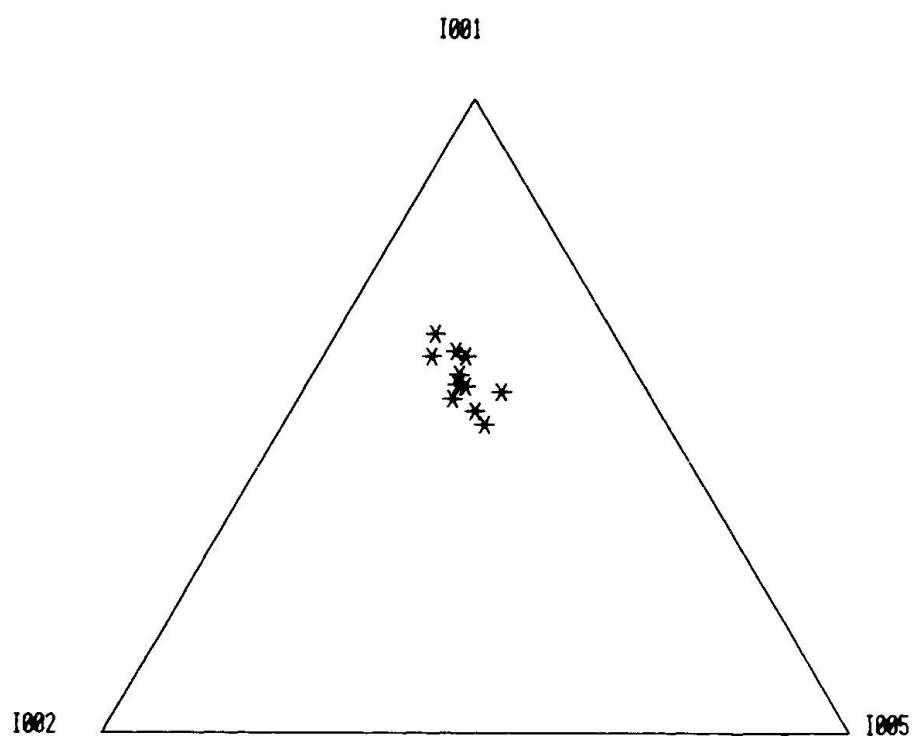


Fig. 13

Tableau 8 Micas - couverture du massif de l'Aar.

11 ECH.	I001	I002	I004	I005	AIGU	COMMENTAIRE
75	20.4	7.3	1.6	6.6	0.22	GRES DE TAVEYANNE
76	3.8	1.9	0.4	1.5	0.19	"
77	24.7	9.1	1.7	7.2	0.20	PRIABONIEN
78	12.1	5.4	1.1	4.5	0.21	"
79	6.0	2.5	0.7	2.1	0.21	"
80	15.1	7.5	2.0	8.4	0.20	CARBONIFERE
81	16.1	5.8	2.0	8.0	0.21	"
82	24.0	11.5	2.6	11.7	0.28	"
83	21.6	8.1	1.4	4.6	0.17	TOARCIEN
84	8.5	3.7	0.6	2.1	0.18	"
85	10.4	4.5	1.0	4.1	0.20	RHETIEN

## MICAS - GRES DE TAVEYANNE - FLAINE

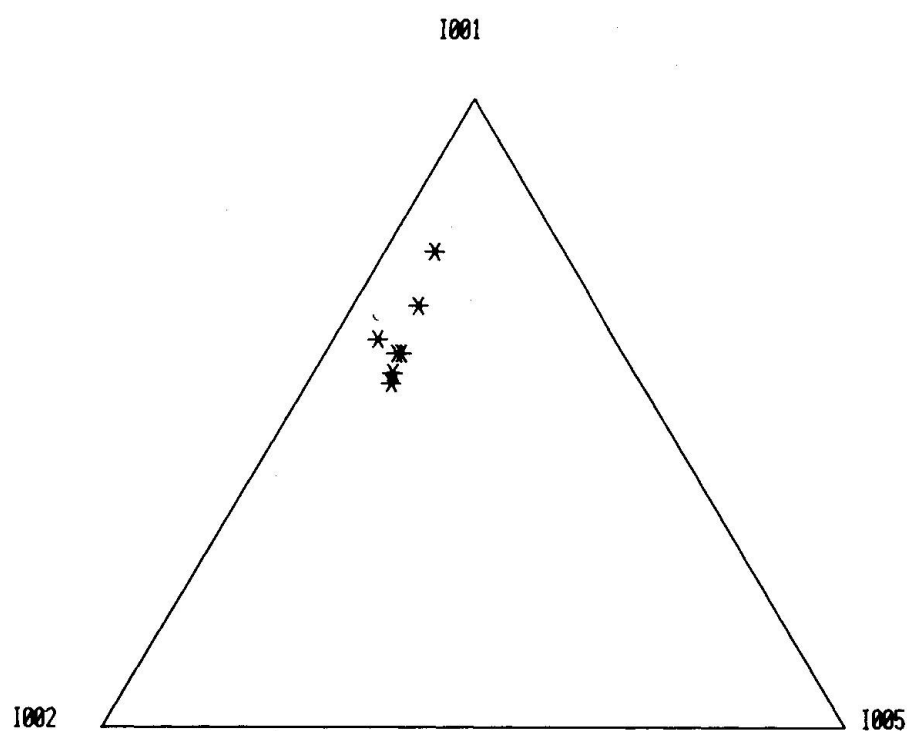


Fig. 14

Tableau 9 Micas - grès de Taveyanne de Flaine.

7						
ECH.	I001	I002	I004	I005	AIGU	COMMENTAIRE
1720	9.1	4.6	0.3	1.6	0.47	SCHISTES A GLOBIGERINES GdT
1721	10.5	6.5	0.4	2.2	1.2	" "
1723	14.2	7.4	0.2	1.4	1.95	COUCHES DES DIABLERETS
1726	8.5	4.4	0.1	1.4	1.14	SCHISTES A GLOBIGERINES Flaine
1727	16.5	5.9	0.5	2.2	0.66	SENONIEN Flaine
1738	7.8	1.8	0.1	0.7	0.71	?
1725	17.7	10.3	1.5	3.4	1.31	CHARBONNEUX GdT

GIND2.DTA CRESSIER FRACTION ARGILEUSE &lt;16 MU

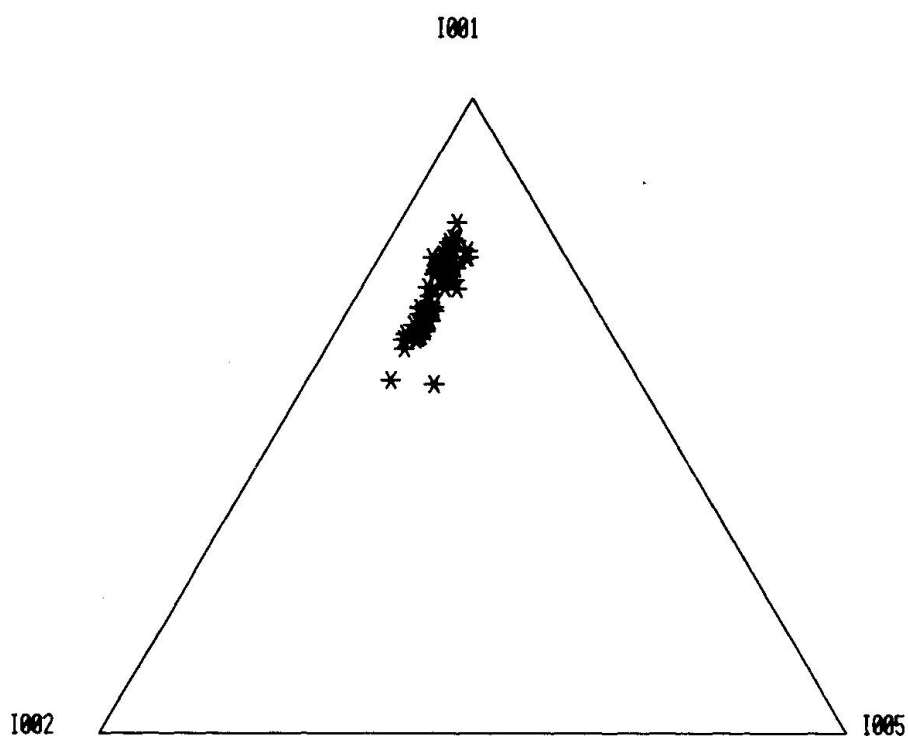


Fig. 15

Tableau 10 Cressier fraction argileuse &lt; 16 µm.

45									
ECH.	I001	I002	I004	I005	C19C	111.	19.	9.	13.
C44F	70.	17.	11.	13.	C18B	75.	27.	12.	13.
C43F	106.	34.	12.	18.	C17B	114.	27.	10.	11.
C43E	66.	16.	8.	11.	C16B	51.	9.	11.	8.
C41D	83.	33.	13.	13.	C15B	161.	39.	7.	24.
C39D	76.	27.	14.	14.	C14B	141.	48.	11.	22.
C37D	54.	23.	15.	10.	C13B	166.	36.	12.	21.
C35D	73.	12.	12.	11.	C12B	178.	38.	10.	20.
C33D	65.	12.	10.	7.	C11B	162.	41.	11.	20.
C30D	81.	14.	12.	13.	C10B	152.	55.	9.	25.
C29D	44.	22.	15.	14.	C09B	172.	40.	9.	29.
C28D	78.	23.	10.	10.	C09A	134.	33.	10.	19.
C27D	78.	34.	11.	12.	C08A	147.	48.	10.	26.
C26D	156.	29.	10.	19.	C07A	132.	28.	10.	18.
C25D	72.	26.	9.	11.	C06A	162.	66.	8.	31.
C24D	114.	54.	13.	20.	C05A	144.	60.	9.	27.
C23D	103.	15.	9.	10.	C04A	152.	59.	8.	29.
C22D	138.	24.	12.	15.	C03A	108.	64.	8.	22.
C21D	146.	45.	13.	21.	C02A	108.	49.	8.	17.
C19D	136.	36.	10.	22.	C01A	160.	40.	9.	19.
C24C	102.	20.	8.	12.	C01A	140.	49.	5.	20.
C23C	89.	18.	11.	10.					
C22C	123.	32.	13.	15.					
C21C	52.	11.	10.	8.					
C20C	70.	20.	13.	10.					

La muscovite et la biotite du massif de l'Aar concordent parfaitement avec les micas de références.

Les deux séries de faciès type schistes verts coïncident en partie avec les phengites de référence et déterminent ainsi une tendance caractéristique des ferrimuscovites.

Enfin nous pouvons constater que les séries non métamorphiques définissent une «trend» des illites parallèle au côté 001-002, conformément à ce qui était prévu.

Dans la série hauterivienne de Cressier deux points se détachent au bas du nuage qui pourraient correspondre à des muscovites détritiques. La série marocaine se trouve décalée vers la droite du triangle en raison de l'environnement sédimentaire très riche en Mg particulier au Haut Atlas marocain.

### 5. Conclusions générales

Sur les préparations orientées, en présence d'autres phyllosilicates comme la chlorite ou en présence de plagioclases, feldspaths et quartz, il est possible de distinguer muscovites, phlogopites et biotites grâce aux rapports des intensités de la série harmonique (00l). Pour des micas d'origine magmatique les rapports

MICAS DU HAUT ATLAS MAROCAIN (Studer, 1980)

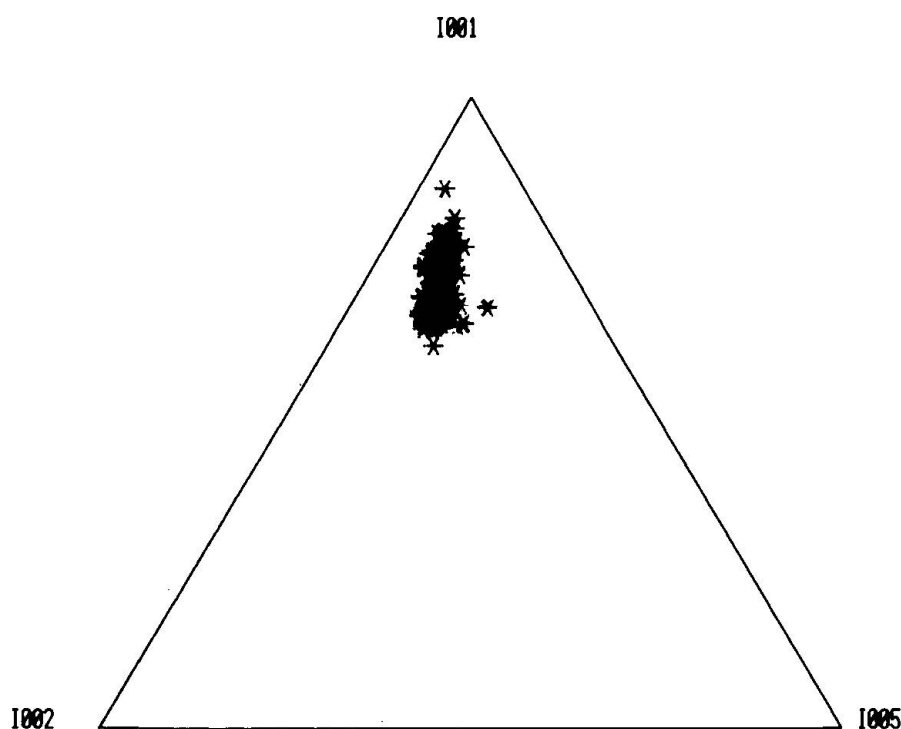


Fig. 16

Tableau 11 Micas du Haut Atlas marocain (STUDER, 1980).

107 ECH.	I001	I002	I004	I005	AIGU						
0	54	16	0	9	0.71	66	75	16	0	8	0.27
2	264	102	10	48	0.81	67	76	18	0	7	0.49
3	119	36	0	21	0.78	68	63	15	0	7	0.52
4	29	9	0	5	0.50	69	75	18	0	8	0.48
5	32	7	0	5	0.43	70	82	23	0	15	0.43
6	105	36	4	20	0.67	71	58	10	0	7	0.32
8	113	40	0	24	0.61	72	92	19	0	9	0.46
9	51	19	0	8	0.46	73	64	12	0	8	0.47
10	69	11	3	7	0.46	74	198	69	7	35	0.53
11	127	45	6	22	0.64	75	104	19	0	9	0.42
12	187	56	8	35	0.72	77	62	17	0	6	0.44
13	68	24	0	14	0.73	78	107	29	0	10	0.53
14	85	16	0	8	0.51	79	79	18	0	8	0.46
16	141	51	5	30	0.74	80	87	20	0	8	0.38
17	53	13	0	7	0.66	81	109	25	0	12	0.44
18	91	34	0	19	0.80	82	84	20	0	12	0.62
20	65	14	0	9	0.56	83	133	32	0	15	0.47
21	106	38	5	19	0.72	84	104	27	0	13	0.46
22	134	45	7	22	0.79	85	142	35	0	19	0.44
23	126	39	4	19	0.72	86	82	27	3	11	0.45
25	42	7	0	6	0.49	87	31	8	6	6	0.25
26	182	64	7	34	0.79	87A	53	14	4	12	0.34
27	36	11	0	8	0.58	88	196	58	6	33	0.57
29	172	65	7	30	0.58	89	92	21	0	12	0.28
30	167	56	0	31	0.68	89R	231	84	5	36	0.42
31	194	59	6	27	0.52	90	76	18	0	8	0.35
32	88	20	0	12	0.55	93	84	26	0	13	0.45
33	138	26	0	12	0.43	94	28	6	0	8	0.23
34	146	33	3	18	0.31	95	87	22	0	12	0.44
35	81	17	3	8	0.41	97	60	16	0	7	0.42
36	51	10	0	4	0.39	98	50	10	0	5	0.26
37	260	98	10	49	0.61	99	38	10	0	6	0.28
38	63	12	5	6	0.39	100	74	23	4	19	0.20
39	80	20	0	10	0.60	101	49	10	0	7	0.24
40	136	35	0	21	0.73	102	129	34	4	18	0.33
41	23	5	3	4	0.49	103	122	36	7	32	0.25
41B	161	50	5	26	0.66	104	146	41	9	28	0.32
42	61	15	0	7	0.50	105	87	23	4	14	0.25
43	144	36	0	16	0.63	106	74	24	4	16	0.36
44	106	33	0	14	0.57	107	52	13	0	8	0.26
45	100	41	0	24	0.81	108	144	50	6	26	0.42
46	64	13	0	6	0.45	109	123	35	5	22	0.21
47	35	10	0	7	0.52	110	240	85	10	40	0.42
50	64	12	0	8	0.49	111	137	17	3	6	0.21
51	122	38	0	19	0.73	113	129	36	6	18	0.24
52	49	9	0	5	0.37	114	260	102	10	49	0.44
53	95	20	0	11	0.47	115	81	23	4	13	0.21
54	176	58	6	36	0.62	116	146	37	4	18	0.38
55	110	16	0	10	0.44						
56	210	72	7	46	0.62						
57	234	78	11	48	0.55						
58	68	14	5	9	0.65						
59	93	24	0	14	0.50						
60	90	17	0	8	0.45						
61	360	78	9	43	0.45						
62	111	29	0	14	0.61						
63	100	26	0	13	0.40						
64	77	27	0	15	0.37						
65	216	62	6	28	0.42						

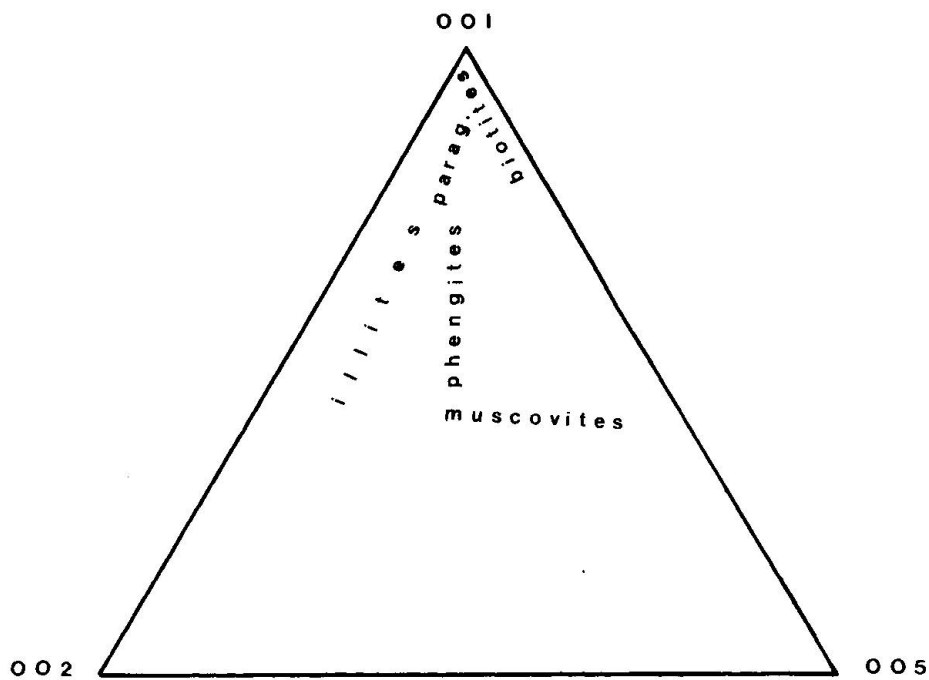


Fig. 17

001/002 et 004/005 sont les plus efficaces, car dans le diagramme triangulaire, l'omission du pic (004) entraîne des confusions entre biotites et phlogopites.

Pour les micas des fractions fines des roches sédimentaires, une représentation ternaire des intensités des pics (001), (002) et (005) est mieux adaptée en raison de l'incertitude de mesure liée au pic (004) et surtout pour la détection des familles auxquelles appartiennent ces micas.

Dans l'état de nos recherches, cette méthode n'est utilisable que pour cerner rapidement la tendance (muscovite, phengite ou illite) des micas d'une série d'échantillons traités en routine et non pour une identification précise d'un échantillon isolé. La figure 17 illustre ces différentes tendances.

Remarquons enfin que les diagrammes de références dépendent étroitement des caractéristiques de l'appareil de DX utilisé, notamment s'il est équipé d'un monochromateur.

#### Remerciements

Nous remercions le Laboratoire de Minéralogie, Pétrographie et Géochimie (LMPG) ainsi que le Centre de Calcul de l'Université de Neuchâtel pour l'aide qu'ils nous ont apporté dans la conception et la réalisation de ce travail.



**Bibliographie**

- BRINDLEY, G. W. & BROWN, G. (1980): Crystal structures of clay minerals and their X-Ray identification, Mineralogical Society, London.
- BROWN, G. (1961): The X-Ray identification and crystal structures of clays minerals, Mineralogical Society, London.
- CRAMEZ, C. & KUBLER, B. (1968): Reconnaissance du métamorphisme dans les terrains sédimentaires des Aiguilles Rouges, inédit.
- DUNOYER DE SEGONZAC, G. (1969): La diagénèse dans les minéraux argileux. - Passage au métamorphisme, Mém. Serv. Carte géol. Als-Lorr., 29.
- ESQUEVIN, J., (1957): Influence de la composition chimique des illites sur leur cristallinité, Bull. Centre Rech. Pau-SNPA, 3, 1, p. 147-153.
- GOWER, J.-A. (1957): X-Ray measurement of the iron-magnesium ratio in biotites, Amer. Jour. of Science, 255, p. 142-156.

Manuscrit reçu le 9 juillet 1982.