

## A PROPOS DE L'ERUPTION ADVENTIVE DU NYAMULAGIRA DE JANVIER - FEVRIER 1980 : NATURE DE LA LAVE DU NOUVEAU GASENYI <sup>1</sup>

par

J-P.H. CARON <sup>2</sup>, A.B. KAMPUNZU <sup>2</sup>, R.T. LUBALA <sup>2</sup>, K.B. MIRUHO <sup>2</sup>,  
M.K. MUSENGIE <sup>2</sup>, P.J. VELLUTINI <sup>3</sup> & R. BROUSSE <sup>4</sup>

(10 figures et 6 tableaux)

**RESUME.**- L'éruption de Janvier-Février 1980 qui s'est produite sur le flanc nord du Nyamulagira a émis quatre coulées principales et a édifié un appareil pyroclastique composite, le Gasenyi II, accolé à un cône ancien, le Gasenyi I. La lave émise est une K-hawaïite à verre évolué en K-mugearite ou K-benmoreite. Les phénocristaux relèvent d'une paragenèse basaltique (chrysolite + salite + bytownite) née lors d'une réalimentation de la chambre magmatique par un liquide basique. Cette venue nouvelle dans le réservoir a dû entraîner des perturbations suffisantes pour déclencher l'éruption.

Les microphénocristaux ont cristallisé dans une chambre magmatique située aux alentours de 7 Km de profondeur, une chambre dans laquelle s'est opérée une différenciation magmatique par cristallisation fractionnée.

**ABSTRACT.**- The January-February 1980 eruption on the north side of Nyamulagira volcano has given four major lavas flows and built a composite pyroclastic volcano, Gasenyi II, bonding on former pyroclastic cone, Gasenyi I. The ejected lava is K-hawaïite with a glassy mesostase differentiated in K-mugearite or K-benmoreite. Discovery of a phenocryst basaltic paragenesis (ol. + pyr. + bytown.) crystallized in a liquid which suggests a new supply of the magma chamber by a basaltic liquid whose disturbances may have caused the eruption.

The microphenocryst have cristallized in a magmatic chamber situated at about 7 Km.

### 1.- DESCRIPTION DE L'ERUPTION

Le Nyamulagira, un des huit grands volcans de la chaîne des Virunga (Rift Valley du Nord-Kivu, Zaïre) s'est manifesté à nouveau le 30 Janvier 1980, trois ans après l'éruption du Murara (Y.Pottier, 1978; R. Brousse *et al.*, 1979 ; J.J.Cocheme & P.J. Vellutini, 1981) qui est un adventif Sud de l'appareil principal. La nouvelle éruption s'est déclenchée vers 17 h G.M.T. (19 h. locales) au flanc Nord et à 2400 m d'altitude (fig. 1).

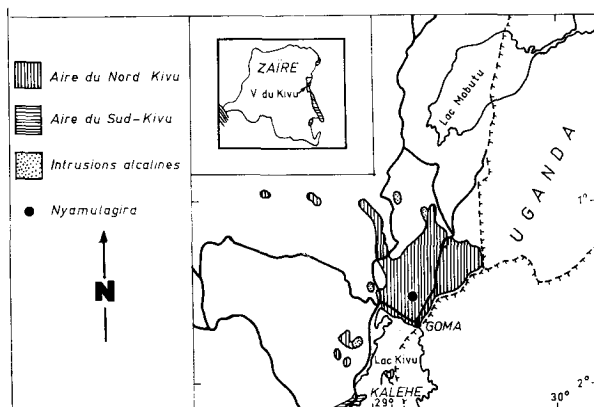


Fig. 1 : AIRE VOLCANIQUE DES VIRUNGA

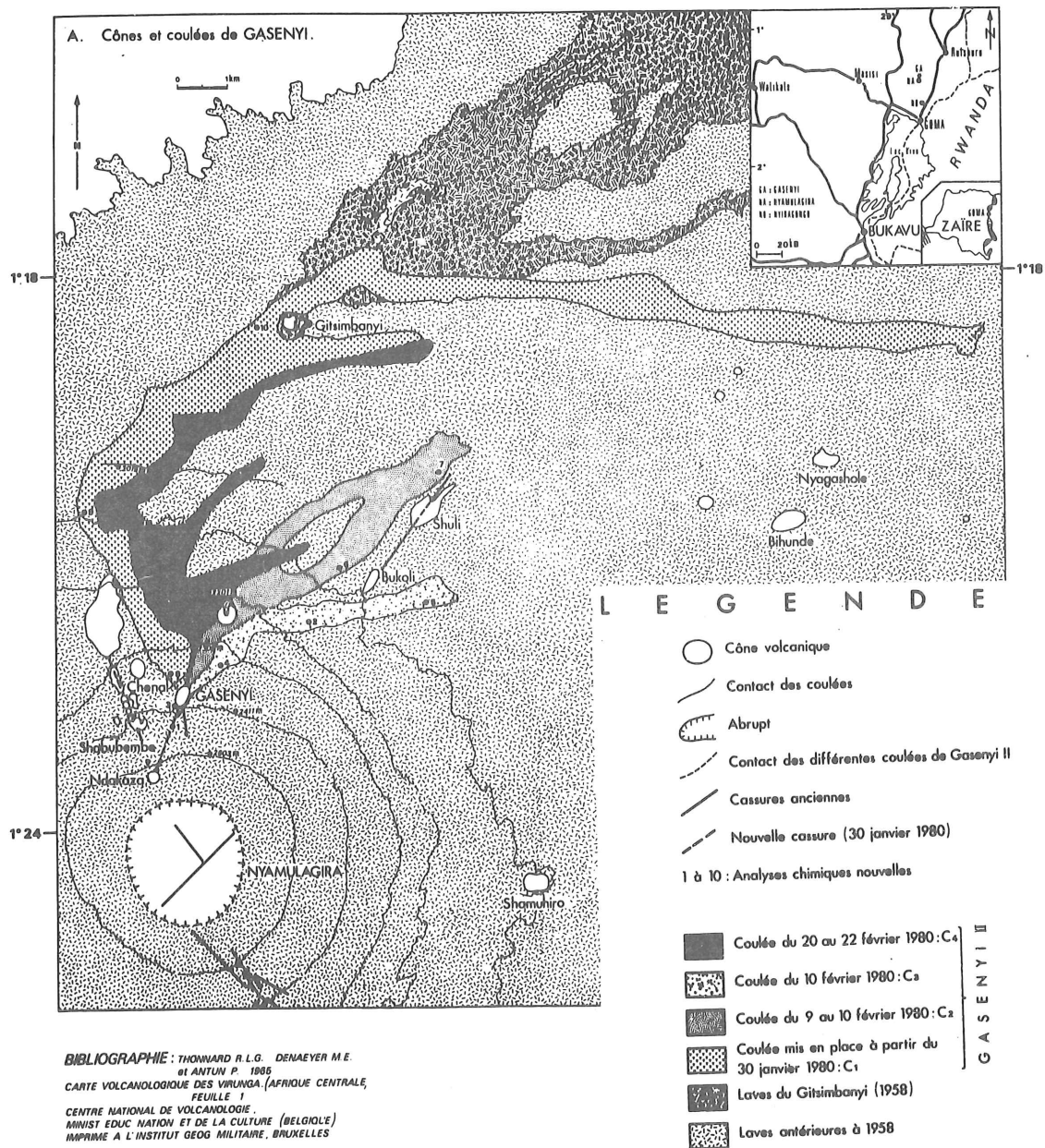
D'après la carte géologique du Zaïre  
au 1/2 000 000e (1974)

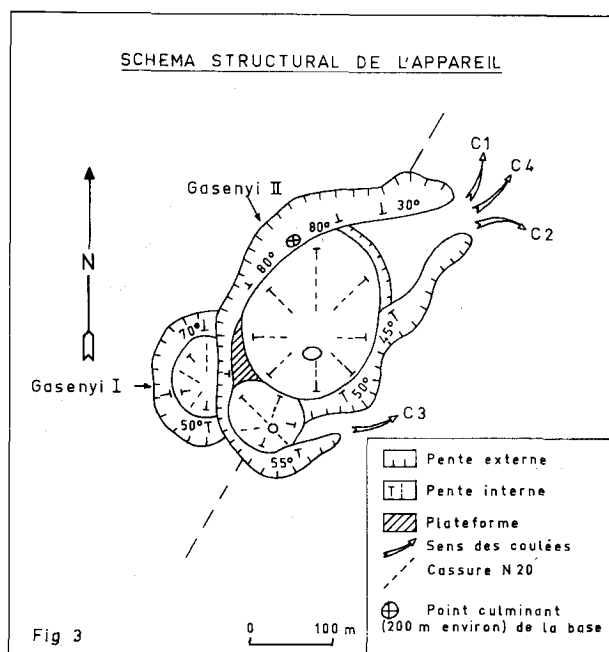
<sup>1</sup> Manuscrit reçu le 20 août 1981

<sup>2</sup> Laboratoire de Pétrologie, Département de Géologie - Campus de Lubumbashi B.P. 1825, Lubumbashi (Zaïre).

<sup>3</sup> Université Marien N'Gouabi, Mission de Coopération, B.P. 2175, Brazzaville, Congo.

<sup>4</sup> Laboratoire de Pétrographie - Volcanologie, Université de Paris XI (Orsay), Bât. 504, 91405, Orsay - France.





Le 31 Janvier à 5 h. G.M.T. , l'activité explosive initiale cède la place à une éruption à prédominance lavique centralisée au point d'intersection des trois cassures, c'est-à-dire contre le vieux cône surbaissé du Gasenyi I. Une première coulée est émise en direction du Nord-Nord Ouest. Elle s'incurvera ensuite vers le Nord-Est puis franchement vers l'Est après avoir contourné le cône du Gitsimbanyi par l'Ouest. Elle s'arrêtera à 3 Km de la piste Tongo-Kalengera le 10 Février. C'est la coulée principale C<sub>1</sub> la plus longue (20 Km environ), dont la largeur moyenné est de 200 m mais qui atteindra 1000 m par endroit. Son épaisseur maximum est approximativement de 10 m. Elle est bréchique sur une bonne partie de son parcours.

Autour du point d'émission de cette coulée principale un cône pyroclastique va progressivement s'édifier. Ce cône, égueulé vers le Nord, atteint 10 m le 3 Février, 50 m le 8 Février. Il est accolé au Gasenyi I où se manifeste d'ailleurs une activité fumerollienne.

Dans la nuit du 9 au 10 Février une nouvelle coulée C<sub>2</sub> commence à s'écouler vers le NE. Le 10, une forte explosion produit un deuxième point d'émission à 100 m environ au SSW du premier. Un nouvel appareil pyroclastique s'accôle au précédent. Il atteindra 15 m en quatre jours.

L'ensemble de ces deux cônes forme ce que nous appellerons le Gasenyi II (fig. 3).

Le soir du 10 Février une nouvelle coulée C<sub>3</sub> est émise de cet appareil en direction du NE puis de l'ENE. Lors de son passage elle ouvre une échancrure entre les deux cônes. Entre le 10 et le 20, l'activité est exclusivement explosive. Le 20 au soir à 16 h. locales une dernière coulée C<sub>4</sub> s'épanche vers le NE en recouvrant partiellement C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>. Cette activité effusive se poursuivra jusqu'au 22. Le 24 Février à 0 h. G.M.T. la dernière explosion retentira et dès lors l'activité ne sera plus que fumerollienne. L'édifice composite du Gasenyi II a alors une hauteur de 200 m et une base elliptique de 420 m sur 220 m.

La durée de l'activité du nouveau Gasenyi (26 jours) est inférieure à celle du réveil précédent du Nyamulagira dans lequel le Murara et ses satellites avaient eu 6 mois d'activité. Le volume de coulées est ici estimé à  $3.10^7$  m<sup>3</sup> et  $1,5.10^7$  m<sup>3</sup> pour les téphras associés, le volume total du magma expulsé serait de  $4,5.10^7$  m<sup>3</sup>. L'éruption de 1976-1977 a rejeté environ  $4,7.10^7$  m<sup>3</sup> de magma (R.Brousse *et al.*, 1980 ; J.J.Cocheme & P.J. Velutini, 1981). Par contre, le volume était plus fort en 1971 et dans les activités antérieures ( $10^8$  m<sup>3</sup> d'après A. Pouclet, 1976) ; ce qui dénote une décroissance du taux de production du Nyamulagira compensé, il est vrai, par un rapprochement des éruptions dans le temps (taux d'ouverture accru).

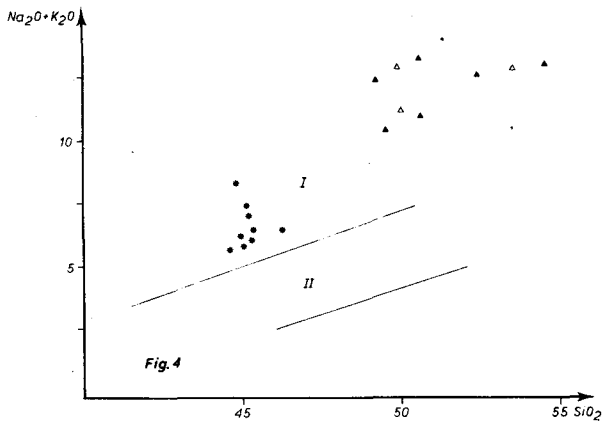
## 2.- DONNEES PETROGRAPHIQUES ET MINERALOGIQUES

Les caractères pétrographiques des coulées émises sont présentées dans le tableau I qui appelle les remarques suivantes :

- 1.-les diverses laves étudiées contiennent très peu de phénocristaux (2 à 6 ‰)
- 2.-les premières coulées contiennent uniquement des plagioclases en phénocristaux. Le clinopyroxène apparaît seulement dans C<sub>2</sub> et il s'y ajoute de l'olivine dans C<sub>3</sub>. La mésostase contient des microcristaux de chacune de ces espèces minérales.

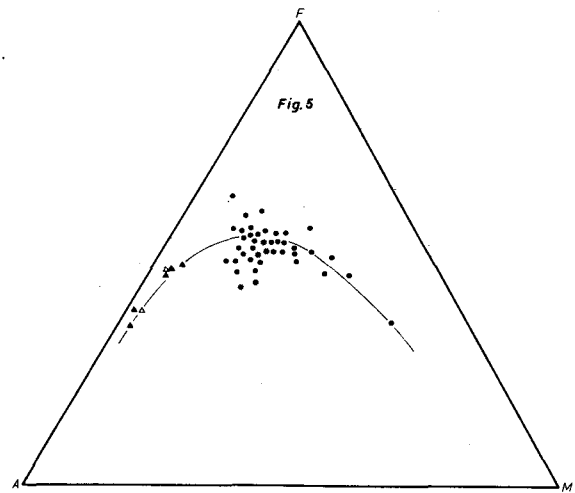
Ceci semble indiquer que l'éruption correspond aux parties supérieures de la chambre magmatique (phénocristaux et microphénocristaux) dont les "couches" magmatiques de plus en plus profondes seraient émises dans les coulées successives. Si l'on considère la composition des minéraux (tableaux 2, 3, 4 et 5), il apparaît que :

- les phénocristaux sont des bytownites (An 87, 9-82, 8) et des chrysolites (Fo : 75, 1) ;



- I Basaltes très alcalins
- II Basaltes moyennement alcalins
- Roches totales
- ▲ Verres
- △ Moyennes des verres

Figure 4.- Diagramme Alc. = f(SiO<sub>2</sub>)



- Laves historiques du Nyamulagira (1882 à 1977)
- Eruption de Janvier - Février 1980
- ▲ Verres
- △ Moyennes des verres

Figure 5.- Diagramme F.M.A.

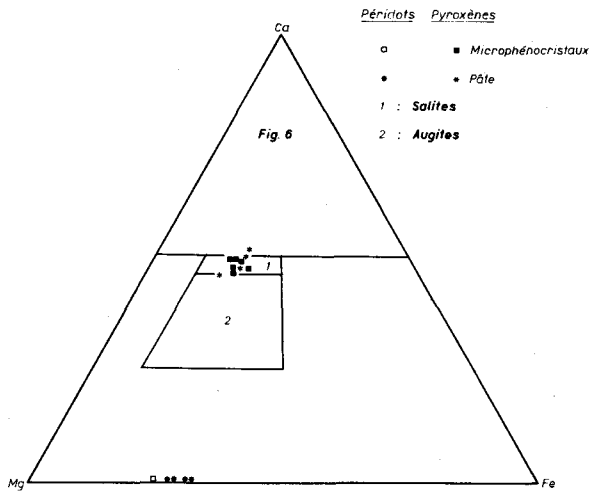


Figure 6.- Pyroxènes et périclides

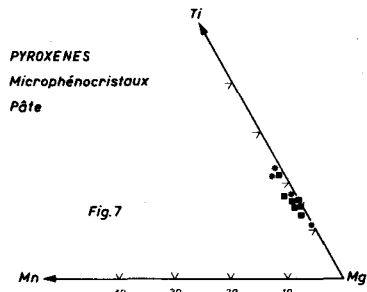


Figure 7.- Pyroxènes

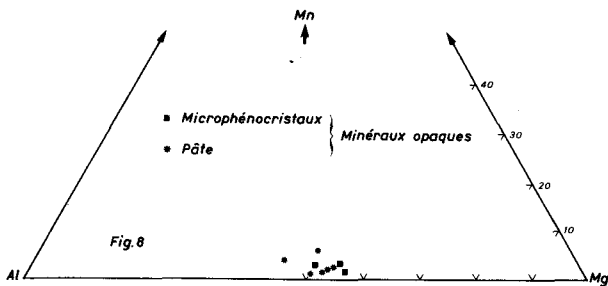


Figure 8.- Minéraux opaques

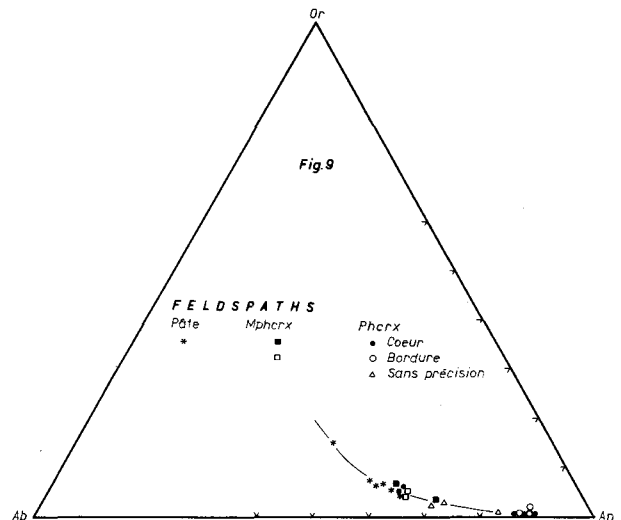


Figure 9.- Feldspaths

- les microphénocristaux comprennent des bytownites et des labradors (An 71, 9-62, 1), des chrysolites et des hyalosidérites (Fo 73, 0-68, 1), des salites (En 37, 5-32, 0 Fs 19, 7-15, 2 Wo 50,2-46, 8) et des titanomagnétites (Usp 63, 8-60, 6) ;
- la pâte contient, en plus du verre, des labradors et des andésines (An 64, 5-47, 3), des hyalosidérites (Fo 69, 1-68, 9), des salites (En 38, 7-30, 0 Fs 18, 3-14, 8 Wo 51, 7-46, 5) et des titanomagnétites (Usp 68, 6-57, 9).

Il faut souligner, dans les premiers stades de cristallisation, l'apparition des bytownites basiques dans la coulée C<sub>1</sub>, des salites légèrement chromifères (Cr<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 0,15-0,04) dans la coulée C<sub>2</sub> puis, en fin d'éruption, des chrysolites de composition constante (Fo 75,1).

### 3.- DONNEES CHIMIQUES

Le tableau n° 6 résume les caractères chimiques des roches et des verres des laves issues du Gasenyi II. Toutes les laves émises sont des hawaïites vitreuses avec un DI compris entre 35,5 et 42. Par contre, les verres, avec un DI variant entre 63,9 et 78,7, sont des mugearites ou des benmoreïtes.

Le rapport Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O est systématiquement inférieur à 1 et permet de préciser que ces produits sont potassiques à hyperpotassiques. Remarquons également que les laves de la dernière éruption sont chimiquement très proches des hawaïites émises en 1976-1977 par le Murara (R. Brousse *et al.*, 1979 ; J.J. Cochemé & P.J. Vellutini, 1981). Ces affinités se retrouvent au niveau des compositions minéralogiques.

Dans ces deux éruptions, les produits émis représentent un stade relativement avancé de différenciation. Ceci est confirmé par leur rapport mg ( $mg = 100 \text{ Mg} / \text{Mg} + \text{Fe}^{2+}$  lorsque  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  est égal 0,25) qui est voisin de 45 et témoigne de l'impossibilité qu'ont ces magmas à être en équilibre avec les olivines du manteau ( $mg \cong 65$ ). Le diagramme alcalins/silice (fig. 4) met en évidence la forte alcalinité des laves du Gasenyi et confirme leur appartenance au "Système" du Nyamulagira. Le report des analyses des différents verres dans ce diagramme prolonge la série du Nyamulagira jusqu'aux K-benmoreïtes du moins lorsque celle-ci évolue sous des faibles pressions. Ceci semble confirmé par le diagramme FMA (fig. 5) qui intègre les laves historiques et les éruptions actuelles dans une unique série différenciée sous des faibles pressions d'eau.

La minéralogie propre aux coulées récentes est donc celle des cristaux apparus dans des conditions de faible pression permettant la cristallisation des plagioclases avant les minéraux ferromagnésiens. Elle se marque par des microphénocristaux (70 à 100  $\mu$ ) souvent coalescents en glomérules à plagioclase + magnétite + pyroxène.

Dans ce cas, la paragenèse composée de phénocristaux de bytownites, de salites et de chrysolites observés respectivement dans C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> est en déséquilibre dans de telles conditions de pression et devrait être regardée comme le témoin d'un apport de magma basique neuf dans la chambre ou la portion de chambre à magma d'hawaïite. Une telle réalimentation aurait rompu l'équilibre et serait à l'origine du déclenchement de l'éruption (Sparks *et al.*, 1977).

La thermométrie estimée par la méthode de P.L. Roeder et R.F. Emslie (1970) est de 1070°C-1110°C ; l'olivine propre au magma hawaïtique (Fo 73, 0-68, 1) étant en équilibre (K<sub>D</sub> 0,27-0,30) avec le liquide (roche totale).

A ces températures, l'équilibration des plagioclases du magma (An 71, 9-62, 1) avec le liquide (A.M. Kudo & D.J. Weill, 1970) se fait sous des p<sup>H<sub>2</sub>O</sup> de 2,8 ± 0,3 Kb.

En admettant que la pression d'eau est proche de la pression totale, le début de cristallisation de microphénocristaux aurait commencé dans un réservoir situé aux environs de 7 Km de profondeur.

L'absence d'évolution chimique des microphénocristaux aux micrograins de la pâte aussi bien pour les olivines et les clinopyroxènes (fig. 6 et 7) que pour les minéraux opaques (fig. 8) témoigne d'une cristallisation de magma volumétriquement peu importante. Par contre les plagioclases montrent une évolution (fig. 9) conforme à celle que crée une cristallisation fractionnée sous des conditions thermodynamiques voisines, depuis des bytownites (An 71,9 Ab 24,8 Or 3,3) jusqu'à des andésines potassiques en fin de cristallisation (An 47,3 Ab 37,8 Or 15,0). A ce niveau, une importante cristallisation microlitique entraîne l'enrichissement en Fe, Mg, Ca, Ti des pyroxènes et magnétites tardifs ; ce qui explique la décroissance de ces éléments dans les verres résiduels (fig. 10d, e, f, g). Inversement, Al, Na, K et Si augmentent (fig. 10 a, b, c).

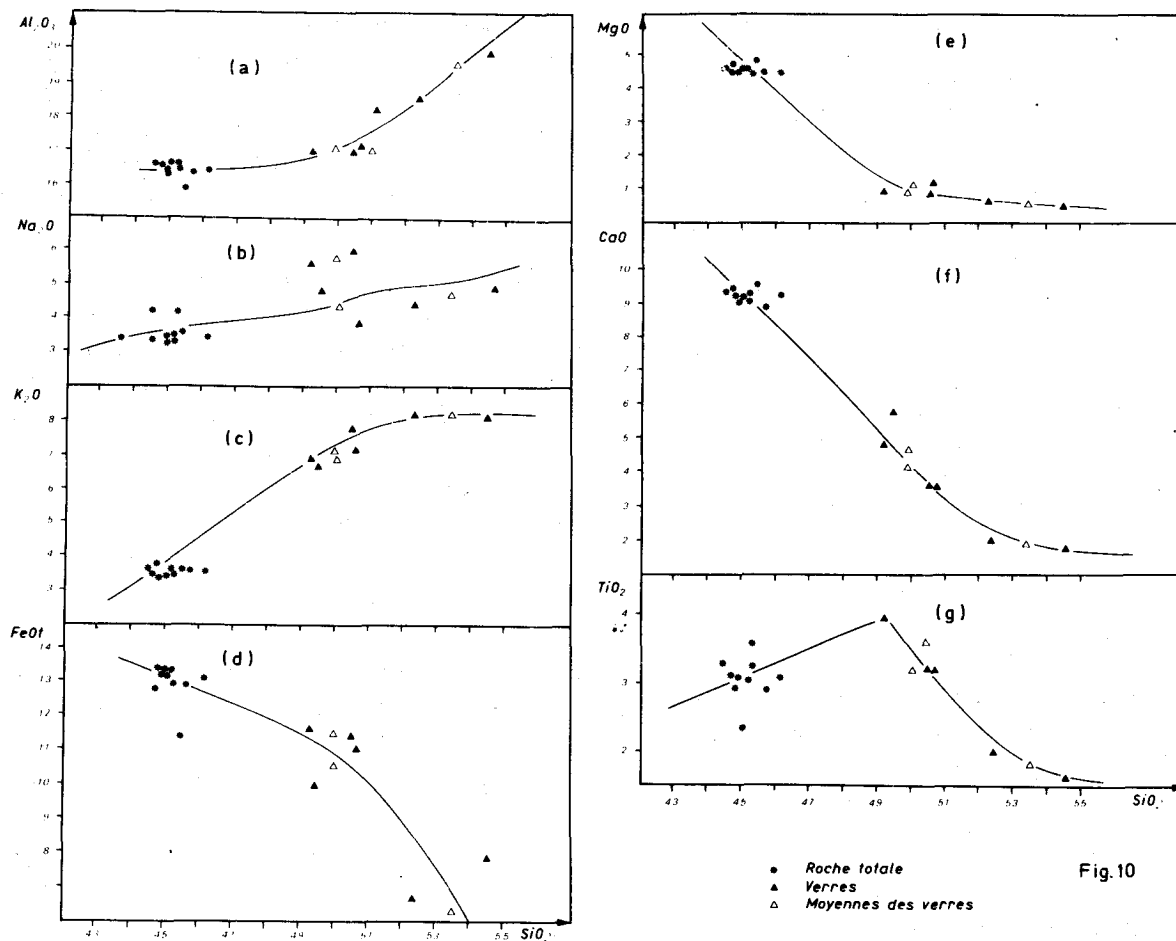


Figure 10 : Diagrammes oxyde = f (SiO<sub>2</sub>).

Composition modale des différentes coulées

Tableau 1 :

	"Bavures" initiales	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Phénocristaux + microphénocr. (°/o)	0,79	0,84	2,39	1,60
. Plagioclase	-	-	-	-
. Clinopyroxène	-	-	-	-
. Olivine	-	-	-	-
Mésostase (°/o)	99,21	99,16	97,61	98,40
. Verre	42,55	39,32	43,32	14,31
. Micrograins	56,58	59,84	54,29	84,09

"Bavures" initiales : Cf = petite coulée le long de la fissure.

C<sub>1</sub> = coulée du 30 Janvier au 9 Février.

C<sub>2</sub> = coulée du 9 au 10 Février.

C<sub>3</sub> = coulée du 10 Février.

#### 4. - CONCLUSION

L'éruption de Janvier-Février 1980 qui s'est produite sur le flanc nord du Nyamulagira a édifié un appareil pyroclastique composite que nous appellerons Gasenyi II car il s'est accolé à un cône ancien : le Gasenyi I.

Ces cônes nouveaux se sont édifiés à l'intersection de trois cassures, deux nouvelles, orientées NNE et une ancienne subméridienne ayant servi de point de sortie aux produits du Gasenyi I. Le dynamisme de la nouvelle éruption est mixte avec cependant un rapport laves/pyroclastites approximativement égal à 2. Les laves, subaphanitiques (94-100 % de mésostase), sont des K-hawaïites ( $35 < DI < 42$ ), très sous-saturées ( $11 < Ne_{norme} < 19$  %), à verre évolué en K-mugearite et K-benmoréite ( $63 < DI < 79$ ). Ces produits sont analogues à ceux émis en 1976-77 par le Murara, un autre satellite du Nyamulagira. Les phénocristaux des laves émises sont en déséquilibre dans le magma hawaïitique et appartiennent à une paragenèse basaltique (bytownite + chrysolite + salite) formée lors d'une réalimentation de la chambre magmatique par un magma neuf ce qui a engendré des perturbations qui ont déclenché l'éruption.

Les microphénocristaux ont cristallisé dans un réservoir magmatique situé à environ 7 Km de profondeur dans lequel pourrait avoir évolué, par cristallisation fractionnée sous faibles pressions, l'ensemble des produits historiques du Nyamulagira.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BROUSSE, R., CARON, J.P., KAMPUNZU, A.B., LUBALA, R.T., MUSENGIE, M.K. & VELLUTINI, P.J., 1981. Eruption et nature de la lave du Gasenyi, un nouveau volcan (Janvier - Février 1980) au flanc Nord du Nyamulagira (Kivu - Zaïre). C. R. Ac. Sc. Paris (à paraître).
- BROUSSE, R., COCHEME, J.J., POTTIER, Y. & VELLUTINI, P.J., 1979. Eruption et nature de la lave du Murara : un nouveau volcan (Décembre 1976 - Avril 1977), au Kivu (Zaïre). C. R. Ac. Sc. Paris, 289, série D : 809-812.
- CARMICHAEL, I. S. E., 1967. The iron-titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates. Contr. Min. Petrol., 14 : 36-64.
- COCHEME, J.J. & VELLUTINI, P.J., 1981. A propos de la récente reprise de l'activité volcanique dans la chaîne des Virunga (Kivu septentrional). Ann. Fac. Sc. de Lubumbashi, Zaïre, II : 67-73.
- KUDO, A. M. & WEILL, D.F., 1970. An igneous plagioclase thermometer. Contr. Mineral. Petrol., 25 : 52-65.
- POTTIER, Y., 1978. Première éruption historique du Nyiragongo et manifestations adventives simultanées du volcan Nyamulagira (chaîne des Virunga - Kivu - Zaïre : Déc. 76 - Juin 77). Mus. roy. Afr. Centr., Tervuren (Belg.), Dépt. Géol. Min., Rapp. ann. 1977 : 157-175.
- POUCLET, A., 1976. Volcanologie du rift de l'Afrique Centrale Le Nyamulagira dans les Virunga. Essai de magmatologie du rift. Thèse d'Etat, Orsay : 610 p.
- ROEDER, P. L. & EMSLIE, R. F., 1970. Olivine-liquid equilibrium. Contr. Miner. Petrol., 29 (4) : 275-289.
- SPARKS, S. R. J., SIGURDSSON, H. & WILSON, L. 1977. Magma mixing : a mechanism for triggering acid explosive eruptions. Nature, G. B., 267, n° 5609 : 315-318.
- THONNARD, R.L.G., DENAEYER, M.E. & ANTUN, P., 1965. Carte volcanologique des Virunga (Afrique Centrale). Feuille 1. Centre Nation. de Volcanologie, Minist. Ed. Nat. et de la Culture (Belgique). Imprimé à l'Institut Géogr. Milit. de Bruxelles.

TABLEAU N°2 : ANALYSES CHIMIQUES DES PLAGIOCLASES  
(Formule structurale à 8 oxygènes)

	PHENOCRISTAUX							MICROPHENOCRISTAUX													
	1c	2c	3c	3b	4b	5c	5b	6c	6b	7c	8c	9c	9b	10c	11c	12c	13c	14c			
SiO <sub>2</sub>	48,20	47,92	46,37	47,53	47,55	46,88	46,17	53,18	52,97	52,33	50,78	51,83	52,05	49,64	52,07	52,71	52,48	50,87			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,10	34,29	34,00	34,34	33,28	34,10	33,98	29,97	28,43	29,71	31,81	29,59	29,52	31,13	29,59	28,85	29,64	31,32			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,73	0,75	0,61	0,79	0,85	0,92	0,93	0,73	2,09	0,95	0,72	0,74	1,00	0,67	1,00	1,10	0,69	1,18			
CaO	17,21	17,42	16,78	17,19	16,49	17,30	17,28	13,04	12,62	13,11	14,09	12,39	12,37	14,13	12,29	12,44	12,72	14,56			
Na <sub>2</sub> O	1,44	1,34	1,34	1,18	1,75	1,17	1,33	3,66	3,45	3,60	3,07	3,52	3,48	3,05	3,49	3,42	3,41	2,77			
K <sub>2</sub> O	0,20	0,19	0,20	0,21	0,23	0,23	0,17	0,91	0,83	0,99	0,50	0,99	0,84	0,51	0,73	0,84	0,84	0,56			
Total	101,79	101,91	99,30	101,24	100,15	100,60	99,86	101,49	100,39	100,69	100,97	99,06	99,26	99,13	99,17	99,36	99,78	101,26			
Si	2,176	2,163	2,146	2,157	2,182	2,146	2,133	2,388	2,410	2,374	2,297	2,383	2,379	2,289	2,387	2,413	2,391	2,299			
Al	1,806	1,821	1,851	1,834	1,797	1,836	1,844	1,583	1,522	1,586	1,693	1,600	1,587	1,689	1,596	1,554	1,592	1,666			
Fe <sup>3+</sup>	0,025	0,025	0,021	0,027	0,029	0,031	0,032	0,025	0,071	0,032	0,024	0,025	0,034	0,023	0,034	0,038	0,024	0,040			
Ca	0,832	0,842	0,832	0,836	0,811	0,848	0,855	0,627	0,615	0,637	0,683	0,610	0,630	0,698	0,604	0,610	0,621	0,705			
Na	0,126	0,117	0,120	0,103	0,155	0,104	0,119	0,318	0,304	0,316	0,268	0,313	0,309	0,272	0,310	0,303	0,301	0,243			
K	0,011	0,011	0,012	0,012	0,014	0,014	0,010	0,052	0,048	0,057	0,029	0,058	0,049	0,030	0,046	0,049	0,049	0,032			
Or	1,14	1,13	1,24	1,26	1,4	1,45	1,02	5,22	4,96	5,64	2,96	5,91	4,96	3,00	4,79	5,09	5,05	3,27			
Ab	13,00	12,06	12,45	10,83	15,82	10,77	12,09	31,90	31,44	31,28	27,35	31,91	31,28	27,20	32,29	31,50	31,00	24,80			
An	85,86	86,80	86,31	87,91	82,76	87,78	86,89	62,89	63,60	63,07	69,69	62,18	63,17	69,80	62,92	63,41	63,95	71,94			

(c : Centre, b : bordure).

TABLEAU N° 2 (suite) : ANALYSES CHIMIQUES DES PLAGIOCLASES.

	MICROGRAINS DE LA MESOSTASE							
	15	16	17	18	19	20	21	22
SiO <sub>2</sub>	53,97	5,57	54,07	53,71	55,27	54,24	52,78	53,13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,22	29,75	28,84	28,40	27,02	29,62	30,32	29,72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,80	0,89	0,82	0,80	1,60	0,75	0,82	0,87
CaO	12,09	13,04	11,87	10,68	9,39	11,84	13,29	12,76
Na <sub>2</sub> O	4,18	3,72	3,79	4,17	4,15	4,11	3,56	3,62
K <sub>2</sub> O	1,16	0,92	1,14	1,45	2,50	1,03	0,77	0,85
Total	101,42	101,89	100,53	99,21	99,93	101,59	101,54	100,95
Si	2,424	2,397	2,443	2,456	2,515	2,425	2,370	2,394
Al	1,544	1,566	1,533	1,531	1,449	1,558	1,602	1,579
Fe <sup>3+</sup>	0,027	0,030	0,028	0,028	0,055	0,025	0,028	0,029
Ca	0,582	0,625	0,575	0,523	0,458	0,567	0,604	0,616
Na	0,363	0,322	0,332	0,370	0,366	0,356	0,309	0,316
K	0,066	0,052	0,066	0,085	0,145	0,059	0,044	0,049
Or	6,53	5,21	6,78	8,69	14,96	6,01	4,43	4,96
Ab	35,91	32,23	34,12	37,83	37,77	36,25	31,12	32,22
An	57,57	62,56	59,10	53,48	47,27	57,74	64,45	62,81



TABLEAU N°3 : ANALYSES CHIMIQUES DES OLIVINES  
(Formule structurale à 4 oxygènes)

	PHENOCRISTAUX			MICROPHENOCRISTAUX				MICROGRAINS DE LA PATE	
	1c	1b	2c	3c	4c	5c	6c	7	8
SiO <sub>2</sub>	39,38	38,83	39,41	38,24	37,66	38,20	38,31	37,95	38,01
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,10	0,05	0,21	0,17	0,20	0,12	0,24	0,27
FeO	22,75	23,22	23,19	28,52	26,93	24,43	25,33	27,41	27,30
MnO	-	-	0,38	0,43	-	-	-	0,43	0,55
MgO	38,16	38,96	38,96	33,86	33,87	36,87	35,74	34,08	33,76
CaO	0,42	0,42	0,35	0,61	0,49	0,36	0,39	0,91	0,72
NiO	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-
Total	100,76	101,61	102,34	101,87	99,12	100,06	99,89	101,02	100,61
Si	1,013	0,995	1,002	1,004	1,009	1,000	1,009	1,001	1,007
Ti	0,001	0,002	0,001	0,004	0,004	0,004	0,002	0,005	0,005
Fe	0,488	0,496	0,491	0,624	0,601	0,533	0,556	0,603	0,603
Mn	-	-	0,008	0,009	-	-	-	0,010	0,012
Mg	1,473	1,497	1,485	1,333	1,361	1,448	1,412	1,349	1,341
Ca	0,012	0,012	0,010	0,017	0,014	0,010	0,011	0,026	0,021
Ni	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-
Fo	75,1	75,1	75,1	68,1	69,3	73,0	71,7	69,1	68,9

TABLEAU N° 4 : ANALYSES CHIMIQUES DES PYROXENES  
(Formule structurale à 6 oxygènes et 4 cations)

	MICROPHENOCRISTAUX						MICROGRAINS DE LA MESOSTASE					
	1b	1c	2c	3b	4b	5c	6c	7c	8c	8b	9c	10c
SiO <sub>2</sub>	40,41	45,22	43,70	42,74	42,25	46,44	45,23	48,49	45,14	42,42	43,91	45,20
TiO <sub>2</sub>	6,24	3,70	4,77	5,15	5,45	4,16	4,18	3,22	4,50	6,03	5,10	4,54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,15	6,85	8,76	10,19	10,45	13,16	7,66	5,02	7,95	9,92	9,94	7,67
FeO	9,13	9,13	8,69	8,96	8,93	8,61	9,38	8,95	9,22	9,99	9,53	10,24
MnO	0,23	0,27	0,37	0,10	0,32	0,08	0,14	0,08	0,07	0,13	0,32	0,17
MgO	10,32	12,10	11,07	10,34	10,65	7,77	11,55	12,98	11,79	10,24	8,69	11,17
CaO	21,29	21,14	22,10	21,60	21,80	16,44	20,68	21,81	20,84	22,13	20,98	21,45
Na <sub>2</sub> O	0,37	0,37	0,37	0,43	0,42	1,58	0,36	0,27	0,38	0,44	0,45	0,43
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,04	-	-	-	0,15	-	0,13	-	-	-	-
Total	99,14	98,82	99,83	99,51	100,27	98,39	99,18	100,95	99,89	101,30	98,92	100,87
Si	1,551	1,727	1,657	1,625	1,598	1,735	1,714	1,802	1,699	1,597	1,676	1,699
Al <sup>IV</sup>	0,269	0,449	0,343	0,375	0,402	0,265	0,286	0,198	0,301	0,403	0,324	0,301
Al <sup>VI</sup>	0,017	0,055	0,048	0,081	0,064	0,314	0,064	0,021	0,052	0,037	0,122	0,039
Ti <sub>3+</sub>	0,180	0,106	0,136	0,147	0,155	0,117	0,119	0,090	0,127	0,170	0,146	0,128
Fe <sup>2+</sup>	0,076	0,062	0,050	0,032	0,059	-	0,011	0,012	0,023	0,056	-	0,037
Fe <sup>2+</sup>	0,209	0,230	0,224	0,252	0,222	0,267	0,285	0,265	0,267	0,257	0,858	0,284
Mn	0,007	0,009	0,012	0,003	0,010	0,002	0,005	0,002	0,002	0,004	0,010	0,005
Mg	0,594	0,693	0,630	0,589	0,605	0,435	0,656	0,724	0,661	0,578	0,497	0,630
Ca	0,876	0,865	0,898	0,880	0,884	0,658	0,839	0,868	0,840	0,893	0,858	0,864
Na	0,027	0,028	0,027	0,031	0,031	0,114	0,026	0,019	0,028	0,032	0,033	0,031
Cr	-	0,001	-	-	-	0,005	-	0,004	-	-	-	-
En	33,7	37,5	34,9	33,6	34,2	32,0	36,6	38,7	36,9	32,4	30,0	34,7
Fs	16,6	15,7	15,2	16,2	15,9	19,7	16,5	14,8	16,2	17,6	18,3	17,7
Wo	49,7	46,8	49,8	50,2	49,9	48,3	46,8	46,5	46,9	50,0	51,7	47,6

TABLEAU N° 5 : ANALYSES CHIMIQUES DES MAGNETITES  
(Formule structurale à 32 oxygènes)

	MICROPHENOCRISTAUX			MICROGRAINS DE LA PATE					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	0,09	0,14	0,12	0,43	0,18	0,38	0,05	0,11	0,10
TiO <sub>2</sub>	23,78	22,59	23,63	24,35	24,90	24,80	23,31	23,39	21,69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,40	6,23	5,29	4,55	5,50	4,75	6,62	6,15	6,27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,59	19,78	19,09	15,59	16,14	15,64	17,67	18,10	21,93
FeO	44,95	44,26	44,84	49,29	46,31	47,80	44,08	44,59	43,90
MnO	0,53	0,56	0,39	0,49	0,72	0,81	0,53	0,52	0,41
MgO	5,39	5,29	5,52	3,00	5,15	4,06	5,61	5,44	5,15
CaO	0,16	0,16	0,10	0,42	0,05	0,38	0,52	0,27	0,20
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,05	0,03	0,16	0,21	-	0,03	0,14	-
Total	98,89	99,06	99,01	98,28	99,16	98,62	98,42	98,71	99,65
FeO*	61,70	62,08	62,04	63,33	60,85	61,89	60,01	60,89	63,65
Si	0,003	0,005	0,005	0,017	0,007	0,014	0,002	0,004	0,004
Ti	0,676	0,642	0,672	0,704	0,702	0,708	0,659	0,662	0,619
Al	0,241	0,278	0,236	0,207	0,233	0,213	0,293	0,273	0,281
Fe	1,949	1,961	1,960	2,035	1,908	1,963	1,883	1,916	2,018
Mn	0,017	0,018	0,013	0,016	0,023	0,026	0,017	0,016	0,013
Mg	0,307	0,301	0,314	0,173	0,291	0,232	0,317	0,308	0,294
Ca	0,007	0,006	0,004	0,017	0,002	0,015	0,021	0,011	0,008
Cr	-	0,002	0,001	0,005	0,006	-	0,001	0,004	-
Usp	63,80	60,60	63,40	68,50	67,10	68,60	62,40	62,80	57,90

(Usp: Selon la formule de I.S.E. CARMICHAEL, 1967).

TABLEAU 6 : ANALYSES CHIMIQUES DES ROCHES ET DES VERRES (V)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	V1	V2	VM1	V3	V4	VM2	V5	VE	VM3
SiO <sub>2</sub>	46,10	44,97	44,52	45,20	44,74	45,12	44,84	44,69	45,63	49,09	49,20	50,57	49,89±0,69	54,52	52,37	53,45±1,08	50,60	49,46	50,03±0,57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,38	16,54	16,55	16,48	16,37	16,60	16,40	16,50	16,36	16,46	15,96	18,16	17,06±1,10	19,92	18,70	19,64±0,29	17,08	16,90	16,99±0,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,28	3,97	3,73	4,10	4,92	3,98	5,34	4,37	7,44	4,57	11,55	11,35	11,45±0,10	7,74	6,69	7,22±0,53	11,02	9,95	10,49±0,54
FeO	9,74	9,25	9,61	8,88	8,39	8,94	7,88	8,44	5,50	8,51	0,95	0,88	0,92±0,04	0,44	0,60	0,52±0,08	1,14	nd	1,14
MgO	4,54	4,60	4,60	4,50	4,71	4,57	4,55	4,55	4,55	4,57	4,86	3,54	4,20±0,66	1,78	2,00	1,89±0,11	3,60	5,78	4,69±1,09
CaO	9,25	9,17	9,30	9,25	9,47	9,08	9,09	9,25	8,92	9,19	5,55	5,91	5,73±0,18	4,94	4,43	4,69±0,26	3,86	4,72	4,29±0,43
Na <sub>2</sub> O	3,38	3,37	3,30	4,11	3,28	3,36	3,39	4,14	3,43	3,52	6,93	7,37	7,15±0,22	8,12	8,24	8,18±0,06	7,20	6,74	6,97±0,23
K <sub>2</sub> O	3,59	3,45	3,48	3,51	3,38	3,58	3,61	3,82	3,59	3,55	3,95	3,18	3,57±0,39	1,69	1,98	1,84±0,65	3,20	nd	3,20
TiO <sub>2</sub>	3,10	2,37	3,37	3,27	3,10	3,05	3,10	2,99	2,94	3,03	0,12	0,19	0,16±0,04	0,20	0,14	0,17±0,03	0,40	nd	0,40
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,64	0,68	0,67	0,66	0,65	0,69	0,69	0,68	0,63	0,66	99,07	101,15	100,13	99,35	95,15	97,60	98,10	93,35	98,20
MnO	0,21	0,19	0,17	0,18	0,19	0,18	0,17	0,19	0,19	0,16									
H <sub>2</sub> O	0,07	0,02	0,07	0,06	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,04									
Total	100,28	98,58	99,37	100,20	99,22	99,16	99,08	99,67	99,23	103,35									

COMPOSITIONS NORMATIVES (avec Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1,50)

Or	21,20	20,73	20,75	20,76	20,20	21,39	21,61	22,72	21,51	20,36	40,74	42,98	42,13				48,22	51,08	49,44	43,30	42,50	41,87
Ab	7,64	5,94	5,10	4,35	5,57	6,52	5,58	0,71	8,02	13,87	-	3,57	2,58				17,48	15,11	16,04	11,88	3,23	7,67
An	18,92	20,16	20,26	16,18	20,20	19,91	19,13	15,27	18,91	18,09	-	1,25	-				8,25	7,15	8,58	8,16	5,37	6,64
Ne	11,34	12,49	12,50	16,50	12,19	11,99	12,72	18,71	11,60	8,15	23,76	24,80	24,50				13,28	13,11	13,29	11,57	21,33	15,83
Le											0,41											
Ac											3,05		0,46									
Wo	9,51	9,01	9,14	10,62	9,61	8,80	9,18	11,05	9,10	9,18	10,14	6,71	8,67		0,26	1,36	0,42		4,18	10,53	7,11	
Di	4,11	3,74	3,98	4,66	4,20	3,85	3,98	4,85	4,03	3,99	1,80	1,11	1,52		0,03	0,31	0,07		0,86	-	1,55	
En	5,40	5,32	5,15	5,94	5,40	4,93	5,20	6,17	5,04	5,18	9,16	6,17	7,85		0,25	1,14	0,38		3,62	11,96	6,03	
Fs	5,04	5,54	5,31	4,60	5,37	5,36	5,25	4,59	5,23	4,94	0,41	0,74	0,54		0,75	0,88	0,88		1,42	-	0,93	
Ol	7,30	8,67	7,59	6,46	7,59	7,57	7,55	6,44	7,21	7,06	2,31	4,55	3,05		6,07	3,62	5,09		6,62	2,75	3,99	
Fa	2,17	2,21	2,20	2,18	2,20	2,20	2,20	2,19	2,21	2,11	0,67	2,15	1,94		2,19	2,28	2,22		2,21	2,32	2,21	
Mt	5,89	4,58	6,46	6,22	5,96	5,86	5,97	5,72	5,66	5,59	7,56	5,96	6,76		3,23	3,95	3,57		6,19	-	6,18	
Il	1,52	1,64	1,60	1,57	1,56	1,65	1,66	1,62	1,52	1,52	-	-	-		-	-	-		-	-	-	
Ap																						
D.I.	40,19	39,16	38,35	41,61	37,96	39,90	39,92	42,14	41,13	42,37	64,91	71,36	69,21		78,97	79,31	78,78		66,74	67,06	65,37	

Analyses 1 à 10 : par voie humide; analyse: Mme M.O. LAT, Laboratoire de Pétrologie de Marseille

Analyses V<sub>1</sub> à VM<sub>3</sub>: Microsonde.

$$VM1 = \frac{V_1 + V_2}{2}; \quad VM2 = \frac{V_3 + V_4}{2}; \quad VM3 = \frac{V_5 + V_6}{2}$$