Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 23 (1970)
Heft: 2

Artikel: Étude pétrographique des opiolites et des granites du flysch des Gets (Haute-Savoie, France)
Autor: Bertrand, Jean
Kapitel: 4: Pétrochimie des roches cristallines de la région des Gets
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739139

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: 02.11.2025

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

QUATRIÈME PARTIE

PÉTROCHIMIE DES ROCHES CRISTALLINES DE LA RÉGION DES GETS

1. INTRODUCTION

Nous avons groupé dans ce chapitre l'ensemble des analyses chimiques concernant les granites et les roches ophiolitiques du secteur des Gets. A côté des analyses nouvelles, on en trouvera d'autres, tirées principalement de la thèse de F. JAFFÉ (1955).

Pour chacune de ces analyses les paramètres de Niggli correspondants ont été calculés et nous avons complété ces résultats par le dosage, par fluorescence X, de quelques éléments traces; ces dosages ont généralement pu être aussi effectués sur les échantillons analysés par F. JAFFÉ puisque la plupart d'entre eux étaient à notre disposition.

Le lecteur qui prendrait connaissance des résultats des analyses données par F. JAFFÉ (1955) (totaux des pourcentages pondéraux, paramètres de Niggli) remarquera parfois quelques légères différences entre les valeurs données par notre prédécesseur et celles de ces mêmes analyses reprises dans notre travail. Il y a plusieurs causes à cela: le fait que nous avons calculé les paramètres de Niggli à l'aide d'une machine à calculer électronique en gardant trois chiffres après la virgule tout au long des calculs, que nous n'avons pas arrondi les paramètres obtenus comme l'a fait JAFFÉ pour certains d'entre eux, enfin quelques fautes d'impression se sont glissées dans le travail de cet auteur; ceci laissant donc très peu de place à de véritables erreurs telles que fautes dans les totaux ou autres.

Les résultats de cette étude pétrochimique, acompagnés de représentations graphiques et de quelques commentaires, ont été répartis en trois catégories:

— *Les granites.*

— *Les ophiolites en général.*

— *Les ophisphérites.*

Relevons toutefois que certaines comparaisons portent sur des analyses appartenant à l'une ou à l'autre des deux dernières catégories. Il sera facile de situer les analyses ainsi comparées: celles concernant les ophiolites en général sont numérotées en chiffres arabes et celles se rapportant aux ophisphérites en chiffres romains.

1.1. Les dosages par fluorescence X

Pour être analysés par ce procédé, les échantillons, après avoir été réduits en poudre, ont tous été pastillés dans les mêmes conditions à la presse hydraulique afin de présenter aux rayonnements X des propriétés de surface et de compaction reproductibles.

Conditions d'analyses

Pour les éléments Cr, Ni, Cu, Rb, Sr, Ti et Mn le cristal analyseur employé a été le LiF avec un tube à anticathode d'Ag et un compteur à scintillation; toutefois, dans le cas des serpentinites, le dosage du Mn a été effectué avec la topaze comme cristal analyseur et avec un tube à anticathode d'Ag et un compteur proportionnel à flux gazeux (90% argon — 10% méthane) ceci afin d'éviter l'influence du Cr. Enfin, pour l'analyse du Ba, le cristal analyseur a été la topaze avec un tube à anticathode d'Ag et un compteur à scintillation.

Toutes les mesures ont été effectuées sous vide et la discrimination a été employée pour tous ces éléments sauf pour le Ba. Pour chaque élément, sur les échantillons à analyser comme sur les standards employés, les mesures ont été réalisées de la manière suivante: 10 comptages de 10 secondes sur le pic (raie $K\alpha_1$) et 5 mesures de 10 secondes sur le fond continu (dans certains cas des deux côtés du pic).

Choix des standards

Pour tracer les droites d'étalonnage, les standards employés ont été ceux de l'U.S. Geological Survey: PCC-I *(péridotite)*, BCR-I *(basalte)*, W-I *(diabase)*, AGV-I *(andésite)*, GSP-I *(granodiorite)* et G-2 *(granite)*. Les teneurs attribuées à ces standards pour chacun des éléments à doser ont été, pour W-I, celles données par S. R. Taylor et P. Kolbe (1964) et pour les autres standards les moyennes des valeurs publiées par F. J. Flanagan (1967).

1.2. Signification des dosages d'éléments traces

Pour le moment, ces analyses ne doivent être considérées qu'à titre purement indicatif; les mesures effectuées sont en effet encore trop peu nombreuses pour permettre d'en tirer certaines conclusions. Il est évident que de tels dosages devraient être réalisés sur plusieurs échantillons de chaque type de roche bien déterminé et non pas sur des spécimens uniques comme cela a été le cas ici: alors pourrait-on tenter d'attribuer une signification à certaines variations observées. Dans cet ordre d'idée, d'autres études de ce genre s'attachant à la recherche d'éventuelles variations significatives de teneurs en certains éléments chimiques, en particulier dans les laves en coussins, doivent venir s'ajouter aux déterminations effectuées dans le cadre du présent travail et à celles publiées par M. Delaloye et H. Loubat (1967).

2. LES GRANITES

2.1. Modes et provenances des échantillons analysés

Analyse 1:

albite (légèrement séricitisée), orthose (le plus souvent en voie d'albitisation), quartz, biotite (fortement chloritisée), chlorite, sphène et leucoxène, zircon.

Le Plenay.

Analyste : N. Monnier.

Analyse 2:

albite, orthose (nettement plus rare, plus ou moins kaolinisée), microcline (accidentel); ces feldspaths présentent de fins développements chloriteux et séricitiques; quartz, biotite (relativement abondante, parfois encore assez fraîche), chlorite (altération du mica surtout), minéral opaque, apatite, zircon, calcite secondaire.

Le Marderet-Calamand.

Analyste : N. Monnier.

Analyse 3 [1]:

albite (légèrement séricitisée), quartz, biotite (largement chloritisée), minéral opaque, zircon, calcite secondaire.

Les Lanches.

Analyste : J. Jakob.

Analyse 4 [2]:

albite (plus ou moins séricitisée), orthose (passablement kaolinisée), quartz, chlorite (altération de la biotite), minéral opaque, zircon.

La Rosière (pentes du Bouvier).

Analyste : L. Duparc.

---

[1] Analyse publiée par F. Jaffé (1955).
[2] Analyse publiée par A. Michel-Lévy (1892).

2.2. Résultats des analyses

a. *Pourcentages pondéraux*

	1	*2*	*3* *	4 **
SiO_2	79,09	66,39	69,20	76,52
Al_2O_3	11,33	13,60	12,92	13,31
Fe_2O_3	0,28	1,21	0,56	
FeO	0,35	3,69	2,67	1,44
CaO	0,15	1,91	1,94	0,65
MgO	0,66	2,52	2,18	0,50
MnO	0,01	0,02	0,06	
Na_2O	4,25	4,80	5,15	3,43
K_2O	2,80	0,82	0,98	3,89
TiO_2	0,10	0,49	0,51	
P_2O_5	0,02	0,11	0,08	
H_2O^+	0,60	2,82	3,70	0,84 (perte au
H_2O^-	0,02	0,10	0,07	feu)
CO_2	0,52	1,63	0,71	
S^{-2}	—	—	—	
Totaux	100,18	100,11	100,73	100,58

b. *Paramètres de Niggli*

	1	*2*	*3* *	*4* **
si	556,0	288,7	325,6	470,1
al	46,9	34,8	35,8	48,1
fm	10,5	33,8	28,1	12,0
c	1,1	8,9	9,8	4,3
alk	41,5	22,5	26,4	35,6
ti	0,53	1,6	1,8	
p	0,06	0,20	0,16	
h	14,1	40,9	58,0	
k	0,30	0,10	0,11	0,48
mg	0,66	0,49	0,55	
ω	0,42	0,23	0,16	
qz	+290,1	+98,8	+120,0	+227,7

c. *Eléments traces (ppm)*

	1	*2*
Rb(±3)	160	70
Sr(±40)	<150	200
Ba(±50)	270	<100
Cr	<120	<120
Ni	<15	<15
Cu(±3)	23	20
Ti	350±20	2970±*100*
Mn(±30)	230	330

(nous ne disposions pas des échantillons 3 * et 4 **)

Les résultats de ces analyses confirment bien ceux des observations microscopiques. Il s'agit de granites leucocrates, alcalins, le plus souvent albitiques, bien que les variétés à albite et orthose s'observent aussi (analyses 1 et 4 **); rappelons que

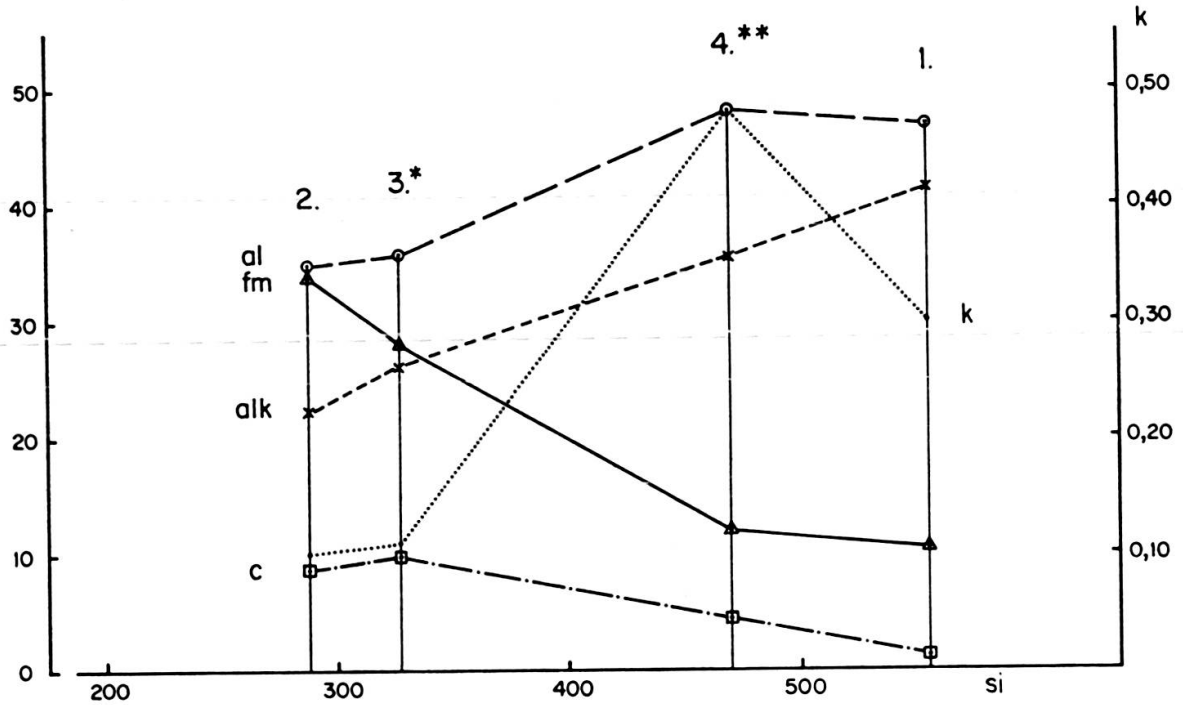


FIG. 33. — VARIATIONS DES PARAMÈTRES DE NIGGLI DANS LES GRANITES.

l'un ou l'autre de ces deux types ne caractérise pas spécialement un affleurement plutôt qu'un autre, car la variété à albite et orthose (qui s'observe surtout au Plenay, déjà moins dans les pentes du Bouvier) semble correspondre, dans chacun des pointements de granite, à des zones plus ou moins épargnées par la métasomatose sodique ayant affecté ces roches. On relèvera encore que le caractère très acide présenté par

deux des échantillons analysés traduit l'abondance des cristallisations secondaires de quartz, cristallisations très fréquentes et caractéristiques dans toutes les lames granitiques de la région des Gets.

La figure 33 montre la variation des paramètres de Niggli dans chacun des granites analysés.

3. LES OPHIOLITES

On trouvera ci-dessous les résultats des analyses des principaux types d'ophiolites de la région étudiée, variétés auxquelles il convient d'ajouter celles se rencontrant principalement sous forme d'ophisphérites et dont les analyses sont données plus loin, dans la partie consacrée essentiellement au chimisme de ces roches particulières.

3.1. Modes et provenances des échantillons analysés

Analyse 1*: Serpentinite massive.

Serpentine, chlorite, pyroxène, minéraux opaques, leucoxène.

Le Bartoli.

Analyste : J. Jakob.

Analyse 2: Gabbro à hornblende brune abondante (frais).

Plagioclase (35-40% d'An., largement séricitisé), hornblende brune, chlorite, sphène, leucoxène, minéraux opaques, apatite.

Elément de la brèche ophiolitique.

La Mouille-Ronde, *point 7.*

Analyste : G. Mérandon.

Analyse 3: Gabbro à hornblende brune (altéré).

Plagioclase (5-10% d'An., fins développements de chlorite, séricite et épidote, hornblende brune (largement chloritisée), chlorite, clinozoïsite et pistacite (saussuritisation et autres cristallisations), sphène, leucoxène, minéraux opaques, apatite, calcite.

Zone gabbroïque principale.

La Mouille-Ronde.

Analyste : G. Mérandon.

Analyse 4*: Diabase finement intersertale.

Albite, chlorite (une partie tout au moins résultant de la transformation d'une hornblende ou d'une augite préexistantes), sphène, leucoxène, minéral opaque, apatite.

Une des variétés de diabases massives plus ou moins étroitement associée à la serpentinite.

La Mouille-Ronde.

Analyste : J. Jakob.

Analyse 5*: Diabase intersertale.

Albite, chlorite, sphène, leucoxène.

Le Bartoli, *point 1* (partie non chloritisée).

Analyste : J. Jakob.

Analyse 6: Diabase intersertale divergente (très léger caractère porphyrique).

Albite (avec cristallisations de séricite et de chlorite), chlorite, sphène, leucoxène, minéraux opaques, apatite.

Premier épisode diabasique surmontant le granite arkosique.

La Rosière (pentes du Bouvier).

Analyste : N. Monnier.

Analyse 7: Diabase intersertale (par places hypidiomorphe grenue).

Albite (généralement très séricitisée), chlorite (résulte le plus souvent de l'altération de la biotite), quartz, sphène, leucoxène, apatite, pyrite limonitisée, zircon.

Variété étroitement associée au granite-arkosique.

Le Plenay.

Analyste : N. Monnier.

Analyse 8: Diabase intersertale assez grossière.

Albite (peu séricitisée), chlorite (une partie résulte de l'altération de la biotite), sphène, leucoxène, minéral opaque, apatite.

Le Farquet.

Analyste : G. Mérandon.

Analyse 9: Diabase intersertale à intersertale divergente moyenne.

Albite, chlorite, sphène, leucoxène, minéral opaque, calcite.

Vestige de filon recoupant les laves en coussins.

Le Vuargne.

Analyste : G. Mérandon.

Analyse 10*: Diabase intersertale assez grossière.

Albite, chlorite, hématite, sphène, leucoxène.

Elément de la brèche diabasique hématitique.

Le Plenay.

Analyste : J. Jakob.

Analyse 11*: Diabase arborescente étoilée.

Albite, chlorite, sphène, leucoxène, minéral opaque, calcite.

Centre de pillow.

Le Vuargne.

Analyste : J. Jakob.

Analyse 12*: Diabase sphérolitique.

Albite, chlorite, sphène, leucoxène, minéral opaque.

Bord de pillow.

Le Vuargne.

Analyste : J. Jakob.

Analyse 13*: Chlorite.

Chlorite, sphène, leucoxène, minéral opaque.

Matrice de pillow.

Le Vuargne.

Analyste : J. Jakob.

---

* Analyses données par F. Jaffé (1955): 1*, 4*, 5*, 10*, 11*, 12*, 13* = respectivement Ba 2, MR 157, Ba 1c, P, Vpc, Vpb, Vchl de cet auteur.

3.2. Résultats des analyses

a) *Pourcentages pondéraux*

	1*	2	3	4*	5*	6	7	8	9	10*	11*	12*	13*
SiO_2	39,13	42,11	43,67	49,60	46,41	49,04	57,98	47,30	50,00	50,42	49,50	54,83	33,62
Al_2O_3	2,21	15,83	16,38	15,69	15,87	19,29	17,22	17,05	17,24	16,00	14,75	15,68	15,23
Fe_2O_3	5,44	4,19	3,03	2,52	1,27	4,84	1,72	3,25	1,18	8,67	2,77	1,94	5,94
Cr_2O_3	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
FeO	3,28	6,56	6,28	6,96	6,94	3,86	4,99	6,39	6,06	1,47	6,81	5,07	10,33
CaO	0,56	9,95	7,07	3,57	3,24	0,91	1,16	3,64	3,54	5,34	3,16	2,42	2,74
MgO	34,72	8,85	7,97	7,41	10,06	8,16	4,47	9,96	7,53	3,92	7,95	5,78	13,55
MnO	0,14	0,19	0,17	0,17	0,25	—	0,12	0,05	0,10	0,17	0,19	0,11	0,23
NiO	0,24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na_2O	0,54	3,85	4,38	5,39	5,72	6,64	5,00	5,32	6,43	5,72	5,76	7,63	0,74
K_2O	0,10	0,97	0,33	0,22	0,20	—	1,72	0,19	0,10	0,44	0,11	0,07	1,29
TiO_2	0,13	4,86	4,20	3,40	2,87	1,87	1,36	1,56	1,73	2,62	2,24	2,19	2,30
P_2O_5	0,01	0,08	0,06	0,43	0,41	0,34	0,34	0,26	0,15	0,44	0,18	0,18	—
H_2O^+	12,19	1,89	4,70	4,36	6,38	4,92	3,72	5,00	4,59	4,75	5,05	3,78	11,76
H_2O^-	1,34	—	—	0,36	0,13	0,19	0,11	0,11	0,46	0,23	0,79	0,42	2,40
CO_2	—	0,48	1,86	—	—	0,25	0,43	—	1,46	—	0,80	—	—
S^{-2}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Totaux	100,24	99,81	100,10	100,08	100,17	100,31	100,34	100,08	100,57	100,19	100,06	100,10	100,08

b) *Paramètres de Niggli*

	1*	2	3	4*	5*	6	7	8	9	10*	11*	12*	13*
si	63,4	90,8	105,8	132,8	114,6	129,6	196,1	112,8	133,2	145,3	131,8	162,8	71,5
al	2,2	20,1	23,4	24,7	23,0	30,0	34,3	23,9	27,0	27,1	23,1	27,8	19,1
fm	95,8	47,5	47,5	50,7	54,4	50,4	41,5	54,2	46,1	39,6	52,8	42,9	71,4
c	0,97	23,0	18,4	10,2	8,6	2,6	4,2	9,3	10,1	16,5	9,0	7,7	6,2
alk	0,95	9,4	10,8	14,3	14,0	17,0	20,1	12,6	16,7	16,8	15,0	22,1	3,3
ti	0,18	7,9	7,6	6,8	5,3	3,7	3,5	2,8	3,5	5,7	4,5	4,9	3,7
p	0,01	0,07	0,06	0,49	0,43	0,4	0,49	0,3	0,17	0,54	0,20	0,23	—
h	65,8	13,6	38,0	38,9	52,5	43,3	41,9	39,7	40,8	45,6	44,8	37,4	83,4
k	0,11	0,14	0,05	0,03	0,02	0,00	0,18	0,02	0,01	0,05	0,01	0,01	0,53
mg	0,95	0,60	0,61	0,59	0,68	0,64	0,55	0,66	0,65	0,43	0,60	0,60	0,70
ω	0,60	0,37	0,30	0,25	0,14	0,53	0,24	0,31	0,15	0,84	0,28	0,26	0,34
qz	−40,5	−46,7	−37,3	−24,4	−41,4	−38,3	−15,8	−37,5	−33,8	−21,9	−28,2	−25,6	−41,6

c) *Eléments traces (ppm)*

	1*	2	3	4*	5*	6	7	8	9	10*	11*	12*	13*
Cr (±25)	2.000	120	67±5	50±5	60±5	200	<120	320	220	<120	230	240	720±5
Ni (±10)	1.560	80	65	⩽30	30	40	<15	125	80	40	70	75	245
Cu (±3)	<20	33	36	~1.350	39	63	80	<20	50	35	39	59	60
Rb (±3)	<10	20	<10	<10	<10	<10	120	<10	<10	20	<10	<10	40
Sr (±40)	<150	400	255	112	186	170	200	220	390	290	390	270	34
Ba (±50)	<100	630	⩽100	⩽100	⩽100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	⩽100
Ti (±100)	770±20	27.200	20.340	12.150	9.855	12.000	7.400	10.000	8.400	10.600	9.000	10.000	11.990
Mn (±30)	590	1.290	1.318	1.636	2.016	1.220	870	450	940	1.160	1.400	900	2.250

A la suite de ces résultats certains points méritent d'être relevés :

1) La grande majorité des diabases analysées présente un net caractère spilitique tel qu'il a été défini par H. DEWEY et J. S. FLETT (1911) et par M. VUAGNAT (1946); plusieurs de ces roches montrent de grandes analogies de composition chimiques

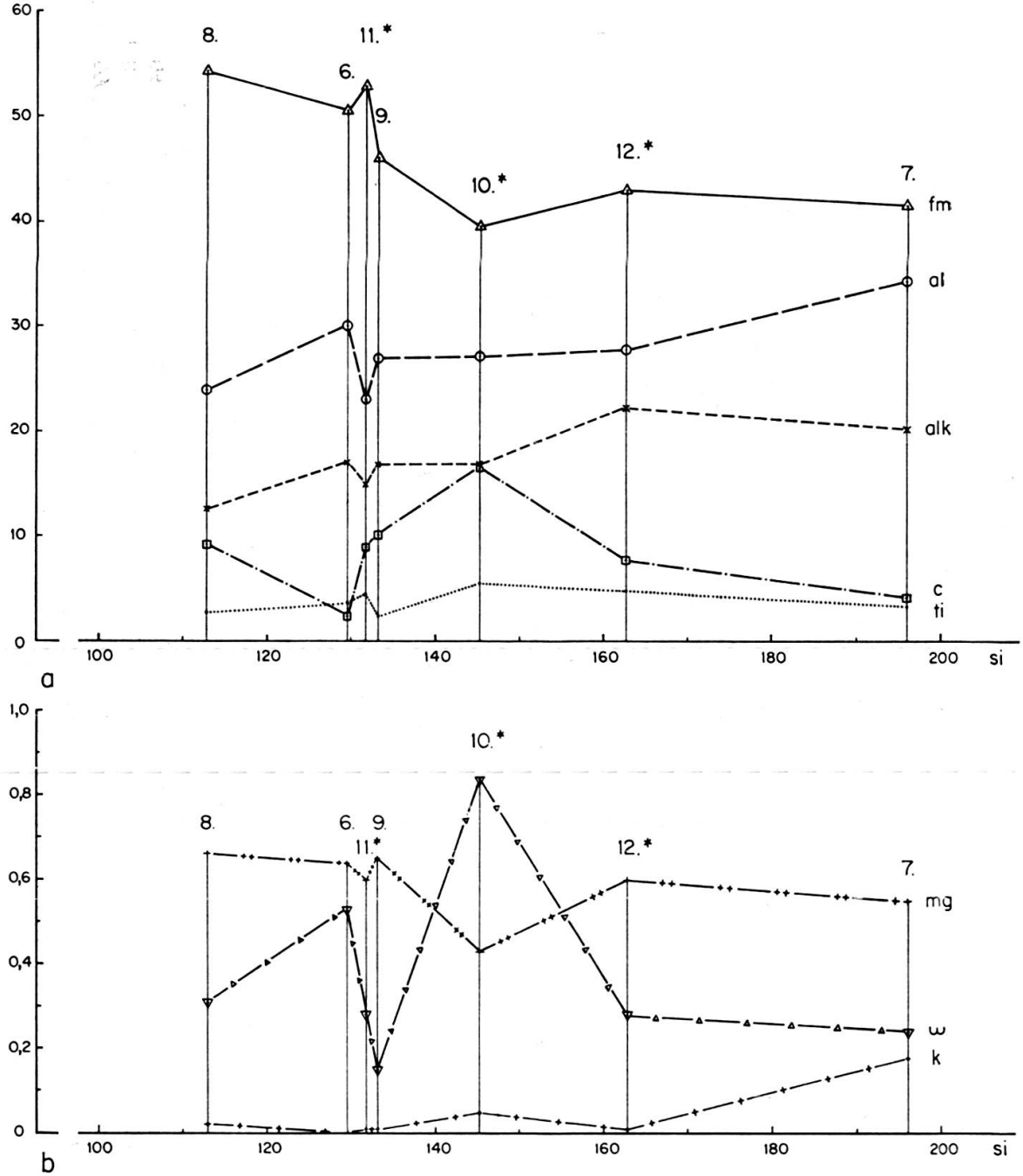


FIG. 34 a ET b. — VARIATIONS DES PARAMÈTRES DE NIGGLI DANS LES DIABASES SPILITIQUES.

avec certaines des variétés dont les analyses figurent dans ce dernier travail, de même d'ailleurs qu'avec les diabases spilitiques des Préalpes romandes (F. SALIMI, 1965).

Les figures 34a. et 34b. indiquent quelles sont les variations des paramètres de Niggli dans les diabases albito-chloritiques de la région des Gets.

2) La très grande similitude de composition chimique existant entre les diabases albito-chloritiques pour lesquelles on n'a aucune preuve qu'une telle association minérale soit secondaire (cas des diabases visiblement rattachées à des épanchements subaquatiques: analyses 9, 11* et 12*) et la variété provenant de la Mouille-Ronde (analyse 4*) dans laquelle il apparaît clairement que la chlorite a pris la place de la

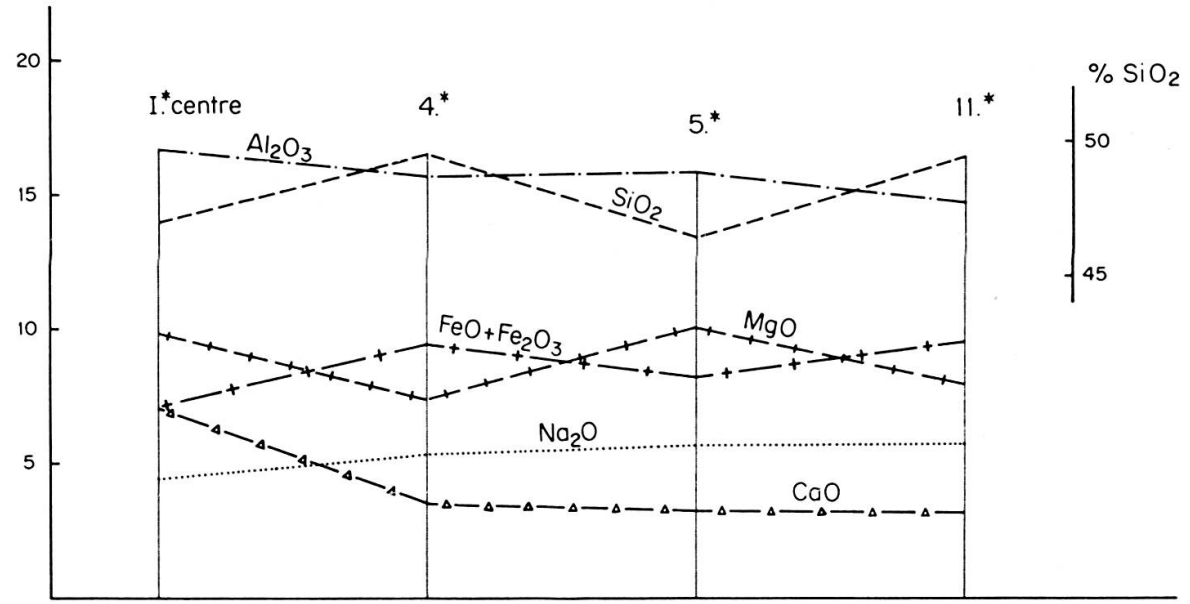


FIG. 35. — VARIATIONS DES TENEURS EN PRINCIPAUX OXYDES DANS TROIS DIABASES ALBITO-CHLORITIQUES SE PRÉSENTANT SOUS DES MODES DE GISEMENT BIEN DISTINCTS ET COMPARAISON AVEC UNE DIABASE NON SPILITIQUE A HORNBLENDE BRUNE.

hornblende ou du pyroxène et que l'albite résulte alors très vraisemblablement de la transformation d'un plagioclase originellement plus basique, comme le montre l'étude des diabases à hornblende ou à pyroxène encore fraîches rencontrées principalement en inclusions dans les serpentinites (caractère spilitique secondaire). Nous reviendrons sur cette question dans le cadre de nos conclusions pétrographiques générales, en faisant quelques réflexions sur le problème des spilites.

3) La nature particulière, déjà relevée par l'examen microscopique, de la diabase associée au granite du Plenay (analyse 7). En effet, par sa teneur en silice, cette roche sort du domaine des roches basiques; cela tend bien à confirmer ses affinités dioritiques (voir la description pétrographique des diabases étroitement associées au granite arkosique). La composition minéralogique actuelle de cette variété est sans aucun doute secondaire.

4) Le caractère plus basique de la diabase du Bartoli (analyse 5*) résulte uniquement de sa tendance à la chloritisation complète (lame associée à la serpentinite).

5) Par la figure 35, nous avons voulu, d'une part montrer l'étroite parenté chimique existant entre les diabases albito-chloritiques rencontrées sous divers modes

de gisement, et d'autre part faire ressortir les différences entre de telles diabases et les variétés non spilitiques.

6) Les différenciations chimiques existant entre le centre et le bord des pillows suivent bien la voie classique telle qu'elle a été définie et décrite à plusieurs reprises par M. VUAGNAT; de plus, le magma des filons recoupant ces laves en coussins est

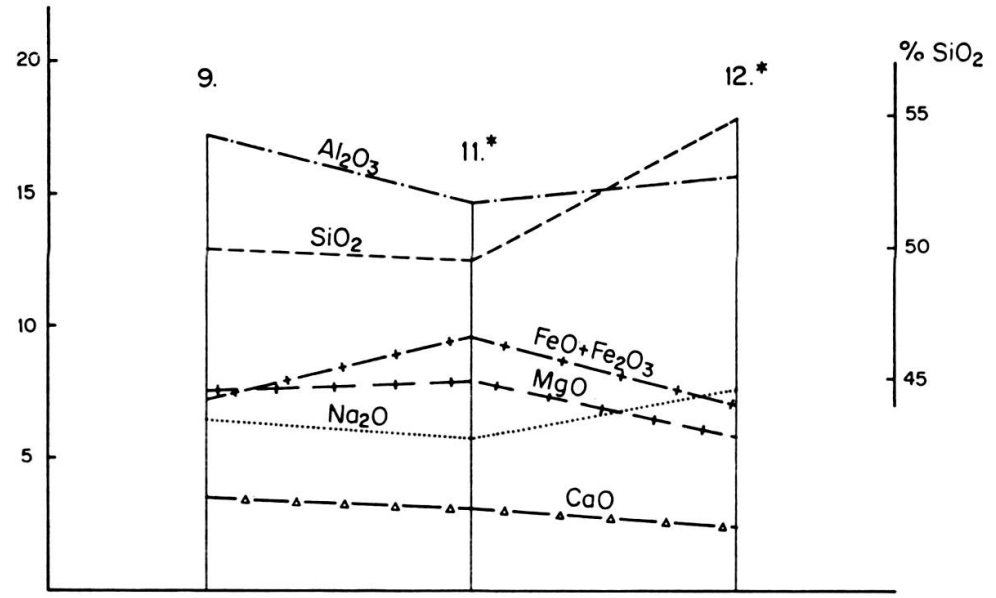


FIG. 36. — LA COMPOSITION CHIMIQUE D'UNE COULÉE SOUS-MARINE (diabases spilitiques) EXPRIMÉE EN FONCTION DE LA TENEUR EN PRINCIPAUX OXYDES AU CENTRE D'UN PILLOW, AU BORD D'UN PILLOW ET DANS UN FILON ÉTROITEMENT ASSOCIÉ A CES MÊMES COUSSINS.

très nettement « consanguin » de celui ayant donné naissance à ces dernières. La figure 36 illustre ces deux particularités.

7) La confrontation des résultats des trois analyses de gabbros (voir aussi fig. 37a. et b.) permet de relever:

a) La tendance au caractère alcalin présentée par le type encore frais à hornblende brune (analyse 2), tendance que l'on retrouve dans certaines diabases à hornblende brune formant très nettement une série continue avec ces gabbros. Ce caractère est lié non pas tant à une teneur très élevée en alcalis qu'à un faible pourcentage en silice (d'après ce dernier, l'analyse 2 se situe en effet dans le domaine des roches ultrabasiques). On pouvait s'attendre à une telle propriété, sachant que la kaersutite (variété de hornblende brune apparaissant dans ces gabbros et diabases) est typiquement associée à des roches alcalines.

b) La disparition de ce caractère alcalin dans le gabbro à augite-diallage (analyse V *centre*).

c) L'évolution vers le caractère spilitique (plagioclase passant à de l'albite et hornblende brune remplacée par de la chlorite) des gabbros observés « en place » à la Mouille-Ronde.

8) La comparaison des analyses chimiques de la serpentinite, de la chlorite ayant envahi l'enveloppe externe des ophisphérites (de même que certaines diabases en contact avec les serpentinites) et de la chlorite formant la matrice des pillows montre que chacune de ces roches a ses caractères propres et bien distincts. La serpentinite se distingue des chlorites par son extrême pauvreté en alumine; quant aux

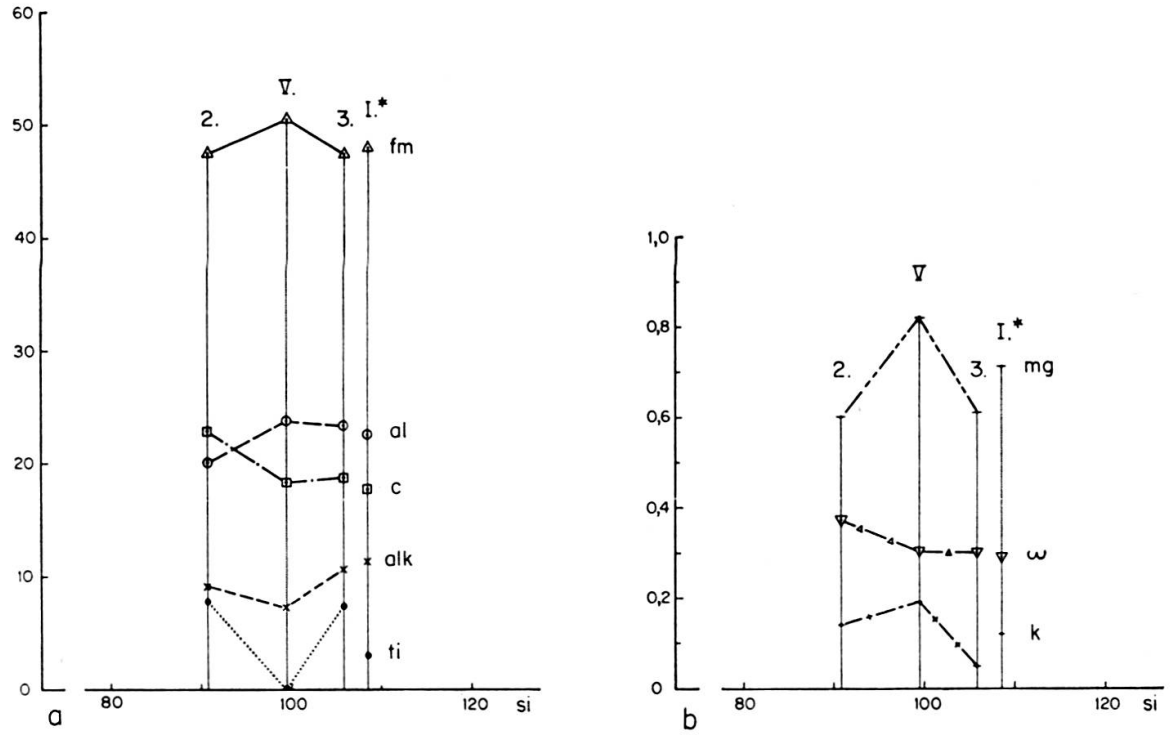


FIG. 37. — VARIATIONS DES PARAMÈTRES DE NIGGLI DANS LES PRINCIPAUX TYPES DE GABBROS. (La diabase non spilitique à hornblende brune est figurée comme point de comparaison).

chlorites, celle formant la matrice des pillows est nettement plus riche en oxyde de fer que celle envahissant l'enveloppe externe des ophisphérites, cette dernière variété étant surtout magnésienne comme nous l'avons aussi montré par quelques analyses à la microsonde électronique (J. BERTRAND, 1968).

Ces diverses particularités permettent de confirmer:

a) que les serpentinites et chacun de ces types de chlorites ont des origines bien différentes et que les premières ne sont pas le produit d'un stade de chloritisation ultime (de diabases ou de gabbros);

b) qu'il existe un lien entre la serpentinisation des péridotites et la chloritisation des roches incluses dans ces dernières.

Les figures 38a. et b. illustrent les particularités chimiques de chacunes de ces trois roches.

Enfin, relevons qu'une étude plus détaillée de la distribution de certains éléments traces dans les serpentinites massives a été effectuée : 12 échantillons provenant de

divers points de la région étudiée ont tout d'abord été analysés semi-quantitativement; puis, au vu de ces premiers résultats, des mesures quantitatives ont été faites sur trois échantillons représentatifs.

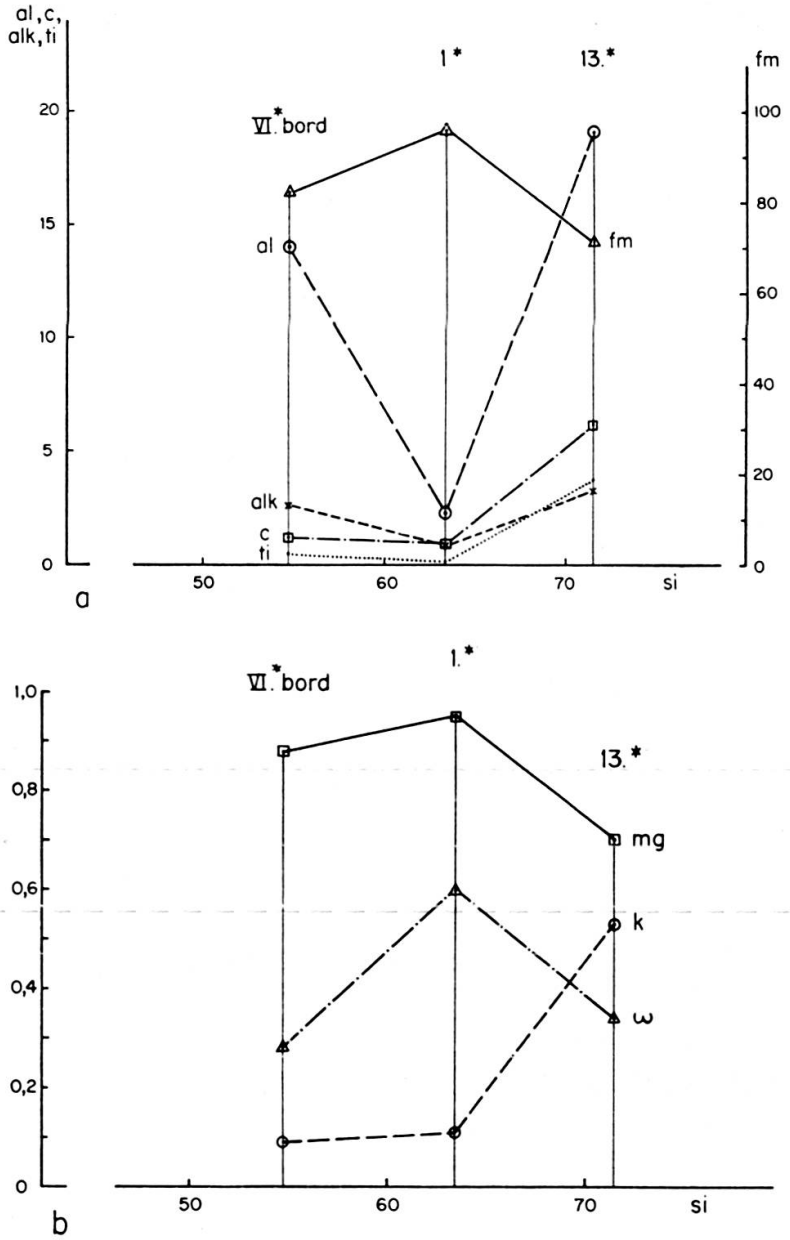


FIG. 38 a ET b. — VARIATIONS DES PARAMÈTRES DE NIGGLI ENTRE LA SERPENTINITE MASSIVE, LA CHLORITE FORMANT LA MATRICE DES PILLOWS ET LA CHLORITE AYANT ENVAHI L'ENVELOPPE EXTERNE DES OPHISPHÉRITES.

Les moyennes des résultats ainsi obtenus sont les suivantes:

Cr : 2040 ppm (±25);	Ni : 1820 ppm (±10);	Co : <100 ppm;
Cu : <20 ppm ;	Rb : <10 ppm ;	Sr : <150 ppm;
Ba : <100 ppm ;	Ti : 693 ppm (±20);	Mn: 923 ppm (±30).

(Les standards dont nous disposions et surtout la limite de sensibilité de la méthode utilisée ne nous ont pas permis de déterminer la teneur en Co avec davantage de précision; il convient toutefois de relever la présence de cet élément, présence qui n'a pas été décelée dans les autres ophiolites analysées).

Ces valeurs, comparées à celles trouvées sur l'échantillon dont l'analyse chimique complète est donnée (analyse 1*), montrent le caractère extrêmement constant de la distribution des éléments dosés: sans doute les serpentinites actuellement dispersées sous forme d'écailles proviennent-elles d'une même zone originelle.

D'autre part, en nous basant sur les résultats de diverses études géochimiques cités et complétés par G. T. FAUST et J. J. FAHEY (1962), les teneurs en Cr et Ni des échantillons analysés sont caractéristiques des variétés dérivant de péridotites.

Cet argument s'ajoute à ceux que nous avons déjà avancés pour attribuer une telle origine aux serpentinites de la région des Gets.

4. LES OPHISPHÉRITES

Six ophisphérites ont été analysées (partie centrale et enveloppe externe). Elles n'ont pas été choisies nécessairement parmi celles que l'on rencontre le plus fréquemment mais plutôt dans le dessein de mieux définir:

— quelques types de roches bien distincts se présentant sous un tel mode de gisement;

— certaines des transformations qui ont pu affecter ces roches avant la phase de chloritisation;

— divers effets de la phase de chloritisation.

4.1. MODES ET PROVENANCES DES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS

Analyse I*: Diabase intersertale à hornblende brune et phénocristaux de plagioclase.

Centre :

plagioclase (30-40% d'An., passablement séricitisé, quelques très fines cristallisations de pumpellyite, de chlorite également), hornblende brune, biotite, chlorite, clinozoïsite (veinules), minéral opaque, leucoxène, apatite.

Bord :

chlorite, hornblende brune, biotite, minéral opaque, leucoxène, apatite.

Le Crêt.

Analyste : J. Jakob.

Analyse II: Diabase intersertale à hornblende brune.

Centre :

chlorite, leucoxène, sphène, minéral opaque, accidentels vestiges de hornblende.

Bord :

hornblende brune (quelque peu remplacée par chlorite et actinote-trémolite), chlorite, minéral opaque, leucoxène, sphène.

Le Crêt (ophisphérite « *inverse* »).

Analyste : G. Mérandon.

Analyse III: Diabase à hornblende brune à structure hypidiomorphe grenue orientée.

Centre :

plagioclase totalement chloritisé et séricitisé (seules quelques reliques subsistent), hornblende brune (largement chloritisée et passant à l'actinote-trémolite), leucoxène, sphène, minéral opaque, biotite (légèrement chloritisée).

Bord :

chlorite, leucoxène, sphène, minéral opaque, biotite (légèrement chloritisée).

La Pierre à Feu.

Analyste : G. Mérandon.

Analyse IV*: Diabase à hornblende brune à structure hypidiomorphe grenue orientée (variété largement épidotitisée).

Centre :

clinozoïsite (largement cristallisée, associée à de la chlorite), hornblende (passablement remplacée par chlorite et actinote-trémolite), leucoxène, sphène, apatite, minéral opaque.

Bord :

chlorite, hornblende brune (un peu plus altérée qu'au centre), sphène, apatite, leucoxène, minéral opaque.

Le Crêt.

Analyste : J. Jakob.

Analyse V: Gabbro à augite-diallage.

Centre :

plagioclase (30-35% d'An., passablement séricitisé, accidentelles et fines cristallisations de pumpellyite), augite-diallage (en voie d'ouralitisation), chlorite, hornblende brune, minéral opaque.

Bord :

chlorite, pyroxène (remplacement par actinote-trémolite et chloritisation plus importants qu'au centre), chlorite, hornblende brune (largement chloritisée), minéral opaque.

Le ruisseau des Bounaz.

Analyste : N. Monnier.

Analyse VI*: Ségrégation albitique.

Centre :

albite, chlorite, minéral opaque, leucoxène, sphène, clinozoïsite (veinules).

Bord :

chlorite, minéral opaque, leucoxène, sphène.

Le Crêt.

Analyste : J. Jakob.

* Analyses données par F. Jaffé (1955): I*, IV*, VI* = respectivement C 50, C 27, C 2 de cet auteur.

4.2. Résultats des analyses

a) *Pourcentages pondéraux*

	I*		II		III		IV*		V		VI*	
	Centre	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*
SiO_2	47,00	40,10	29,66	37,85	33,39	32,24	38,25	36,66	46,32	40,80	54,15	33,04
Al_2O_3	16,73	8,65	16,74	12,53	20,47	15,21	19,60	10,85	18,89	14,39	17,59	14,41
Fe_2O_3	2,23	2,93	—	2,99	1,89	3,61	3,79	1,87	1,62	2,10	0,94	2,17
FeO	4,94	6,36	9,85	6,87	3,66	5,74	3,11	5,81	3,48	6,26	1,07	5,04
CaO	7,17	6,57	2,54	6,47	1,61	1,20	14,76	4,55	7,98	6,42	1,94	0,69
MgO	9,87	21,83	27,03	22,00	24,00	27,20	12,78	26,46	12,79	20,98	10,05	29,10
MnO	0,21	0,23	0,29	0,22	0,30	0,15	0,18	0,17	0,21	0,33	0,12	0,21
Na_2O	4,54	2,17	(<0,1)	1,01	0,27	(<0,1)	1,51	1,09	2,81	0,59	8,38	1,46
K_2O	0,91	0,40	(<0,1)	0,17	1,65	0,18	0,09	0,04	1,03	(<0,1)	0,66	0,22
TiO_2	1,79	1,94	1,46	1,38	1,27	1,15	2,05	2,45	0,38	0,47	0,53	0,41
P_2O_5	0,32	0,37	0,21	0,21	0,04	0,04	0,31	0,28	0,01	0,01	0,22	0,22
H_2O^+	4,31	7,35	12,02	7,99	11,37	13,10	3,26	9,41	4,54	7,01	4,47	12,15
H_2O^-	0,06	1,15					0,26	0,84	0,14	0,30	0,17	1,20
CO_2	—	—	0,76	0,36	0,28	0,31	—	—	0,19	0,57	—	—
S^{-2}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Totaux	100,08	100,05	100,56	100,04	100,20	100,13	99,95	100,21	100,39	100,23	100,29	100,30

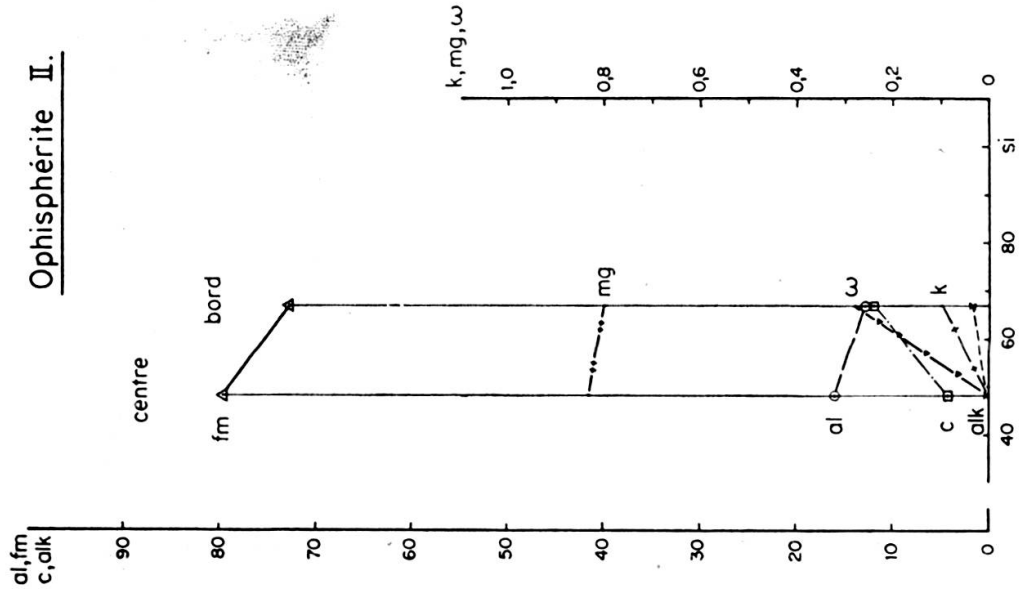
b) *Paramètres de Niggli*

	I*		II		III		IV*		V		VI*	
	Centre	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*
si	108,6	73,0	48,2	66,9	59,8	54,9	71,3	62,8	99,6	74,9	143,5	54,7
al	22,7	9,3	16,0	13,0	21,6	15,2	21,5	10,9	23,9	15,5	27,4	14,0
fm	48,0	73,6	79,6	72,8	73,0	82,4	46,2	78,9	50,5	70,8	44,5	82,2
c	17,8	12,8	4,4	12,3	3,1	2,2	29,5	8,3	18,4	12,6	5,5	1,2
alk	11,5	4,3	0,02	1,9	2,4	0,2	2,8	1,8	7,3	1,0	23,5	2,6
ti	3,1	2,6	1,8	1,8	1,7	1,5	2,9	3,1	0,61	0,65	1,1	0,51
p	0,31	0,28	0,14	0,15	0,03	0,03	0,24	0,20	0,01	0,01	0,25	0,14
h	33,2	44,6	65,1	47,1	67,9	74,3	20,3	52,2	32,5	42,9	39,5	67,0
k	0,12	0,11	0,00	0,10	0,80	1,0	0,04	0,02	0,19	0,00	0,05	0,09
mg	0,71	0,81	0,83	0,80	0,88	0,84	0,77	0,86	0,82	0,82	0,90	0,88
ω	0,29	0,29	0,00	0,28	0,32	0,36	0,52	0,22	0,30	0,23	0,44	0,28
qz	−37,0	−45,0	−51,9	−40,7	−49,5	−45,9	−42,5	−45,0	−29,4	−29,3	−49,0	−57,0

c) *Eléments traces (ppm)*

	I*		II		III		IV* [1]		V		VI*	
	Centre	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*	*Centre*	*Bord*
Cr (±25)	170	180	225	180	360	540	<120	<120	<120	<120	<120	<120
Ni (±10)	75	370	155	130	405±20	625±20	165	570	95	140	<15	120
Cu (±3)	99	43	53	~270	<20	<20	<20	<20	40	137	27	<20
Rb	<10	<10	<10	<10	40±3	<10	<10	<10	40±3	<10	<10	<10
Sr (±40)	480	150	<100(~15)	<100(~15)	<100(~50)	<100(~50)	1.255	<150	730	<150	620	<150
Ba	1.440±50	<100	—	—	340±40	<100(~30)	<100	<100	2.970±50	<100	540	<100
Ti (±100)	7.400	7.500	9.680	8.420	10.400	9.720	830±20	350	2.230	3.200±20	1.750±20	1.890±20
Mn (±30)	1.220	1.380	3.695	2.540	3.560	1.870	1.360	1.140	1.390	2.190	950	1.740

[1] Nous n'avons pas pu disposer, pour effectuer ces mesures, de l'ophisphérite IV* analysée par F. JAFFÉ; par contre, l'examen des coupes minces de cette dernière nous a permis de choisir un nouvel échantillon présentant des propriétés quasi équivalentes.



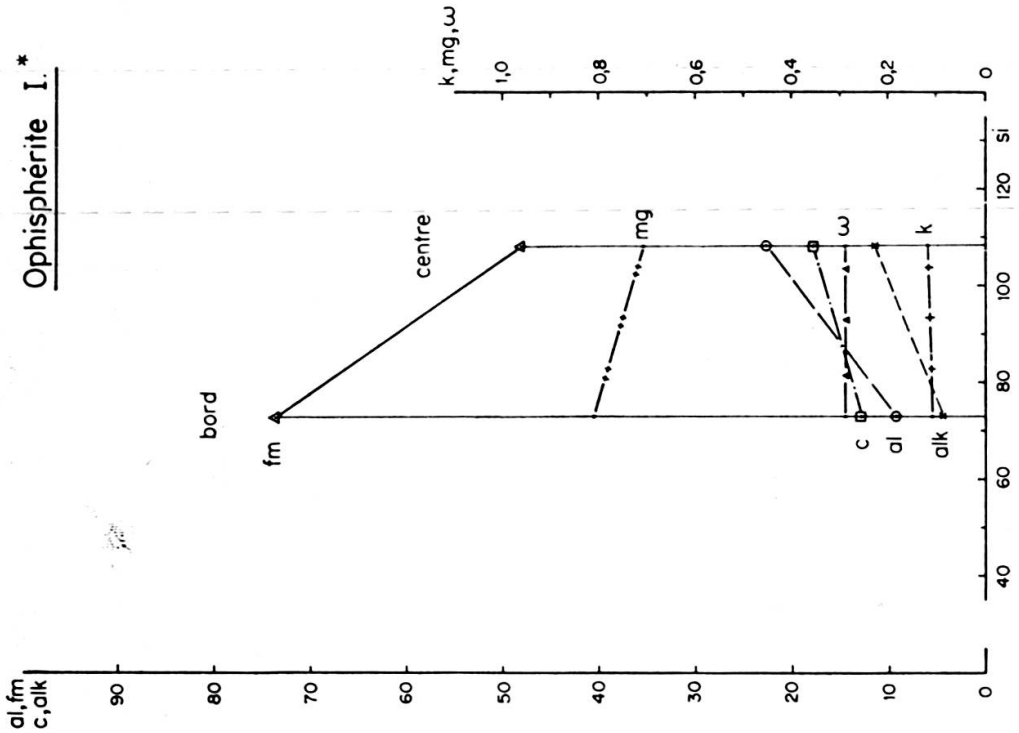


FIG. 39 a

FIG. 39. — DIAGRAMMES ILLUSTRANT LA VARIATION DES PARAMÈTRES DE NIGGLI ENTRE LE CENTRE ET LE BORD DES OPHISPHÉRITES ANALYSÉES.

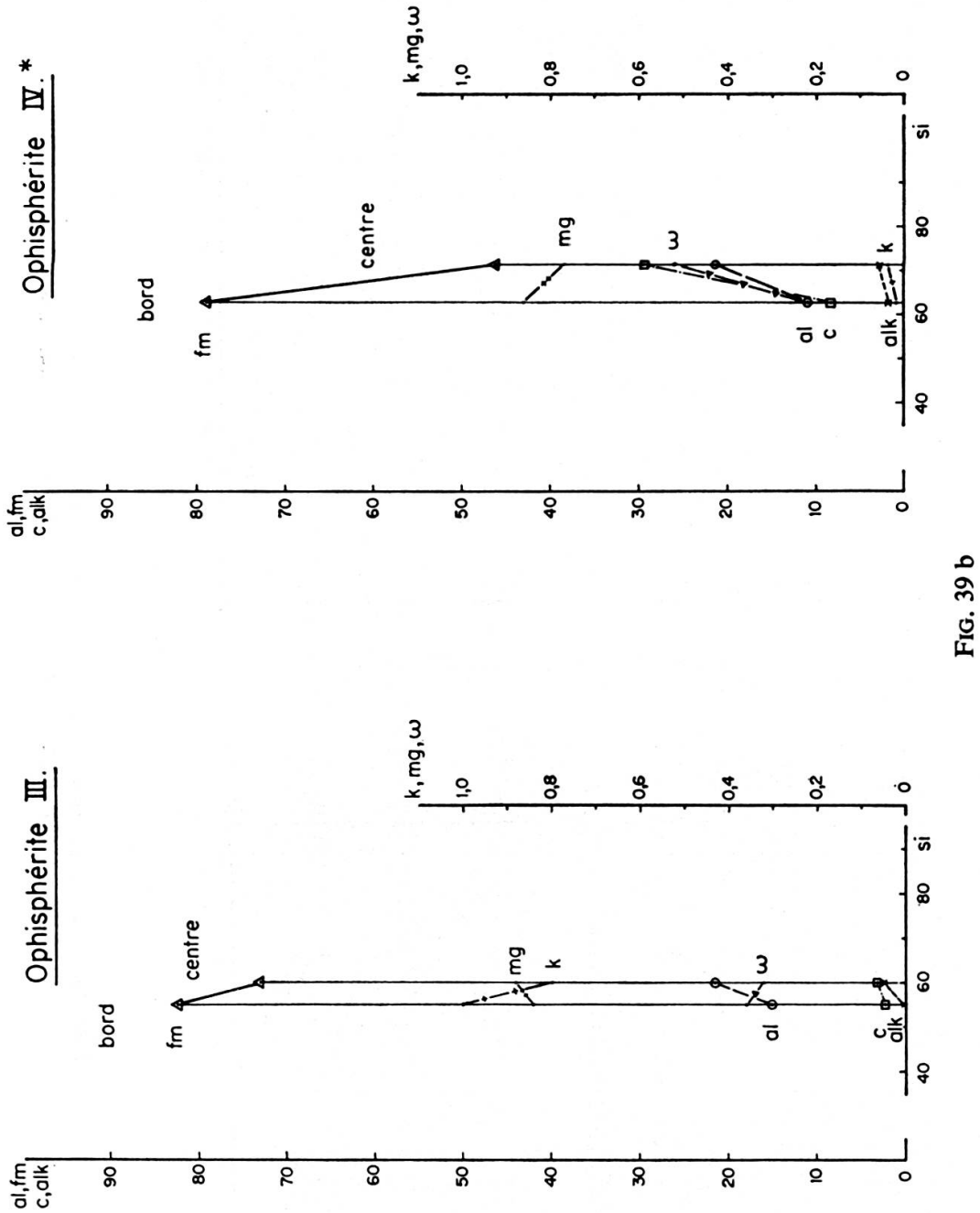


FIG. 39 b

FIG. 39. — DIAGRAMMES ILLUSTRANT LA VARIATION DES PARAMÈTRES DE NIGGLI ENTRE LE CENTRE ET LE BORD DES OPHISPHÉRITES ANALYSÉES.

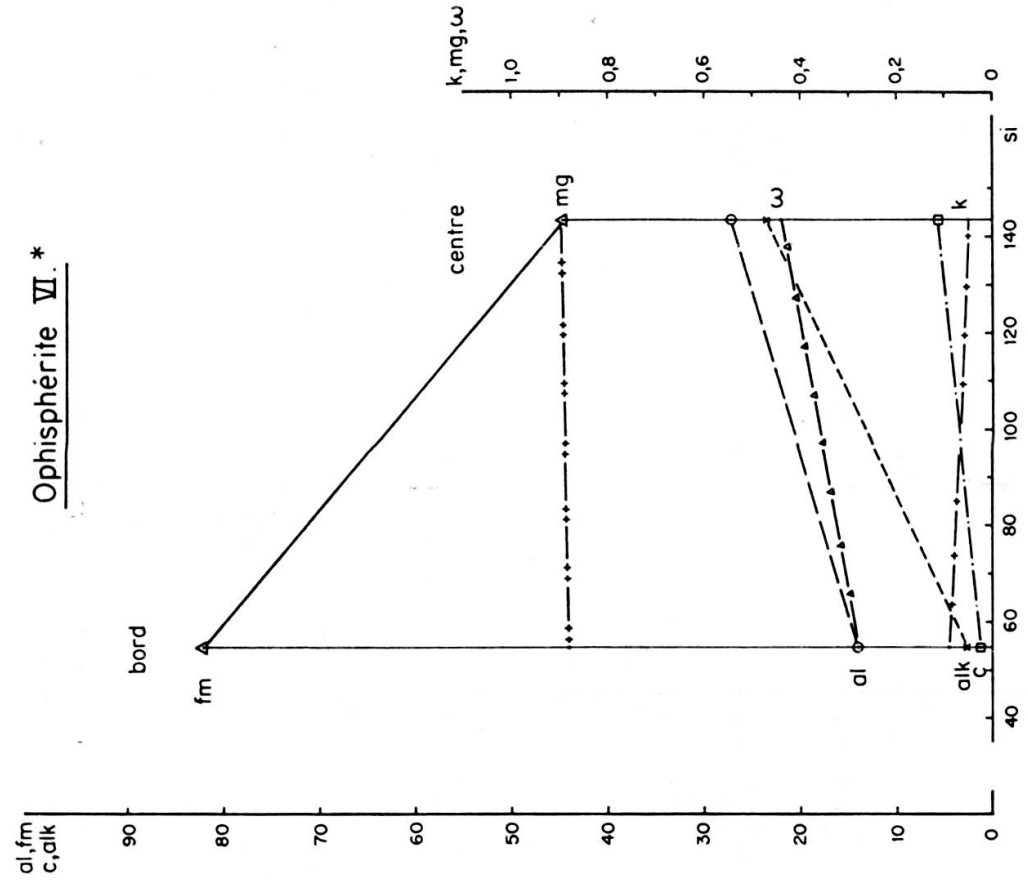


FIG. 39 c

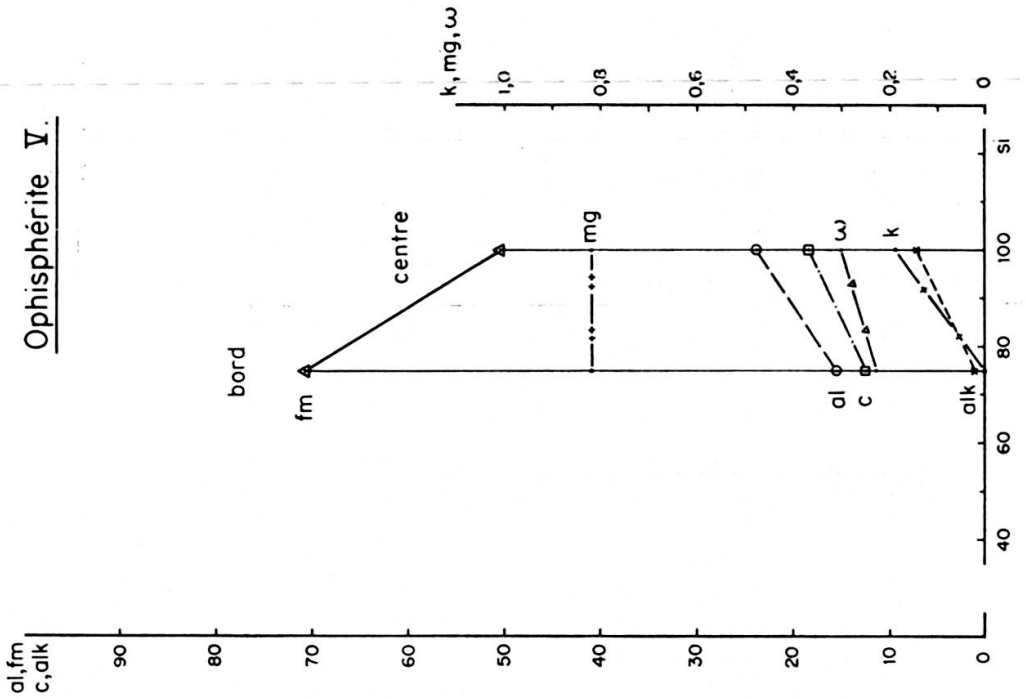


FIG. 39. — DIAGRAMMES ILLUSTRANT LA VARIATION DES PARAMÈTRES DE NIGGLI ENTRE LE CENTRE ET LE BORD DES OPHISPHÉRITES ANALYSÉES.

La confrontation de ces quelques analyses (illustrées par les diagrammes des figures 39a., b. et c.) montre d'une part, en comparant les résultats obtenus sur les parties centrales (« noyaux ») et sur les enveloppes externes, quels ont été les divers effets de la phase de chloritisation (deuxième stade) sur ces inclusions particulières

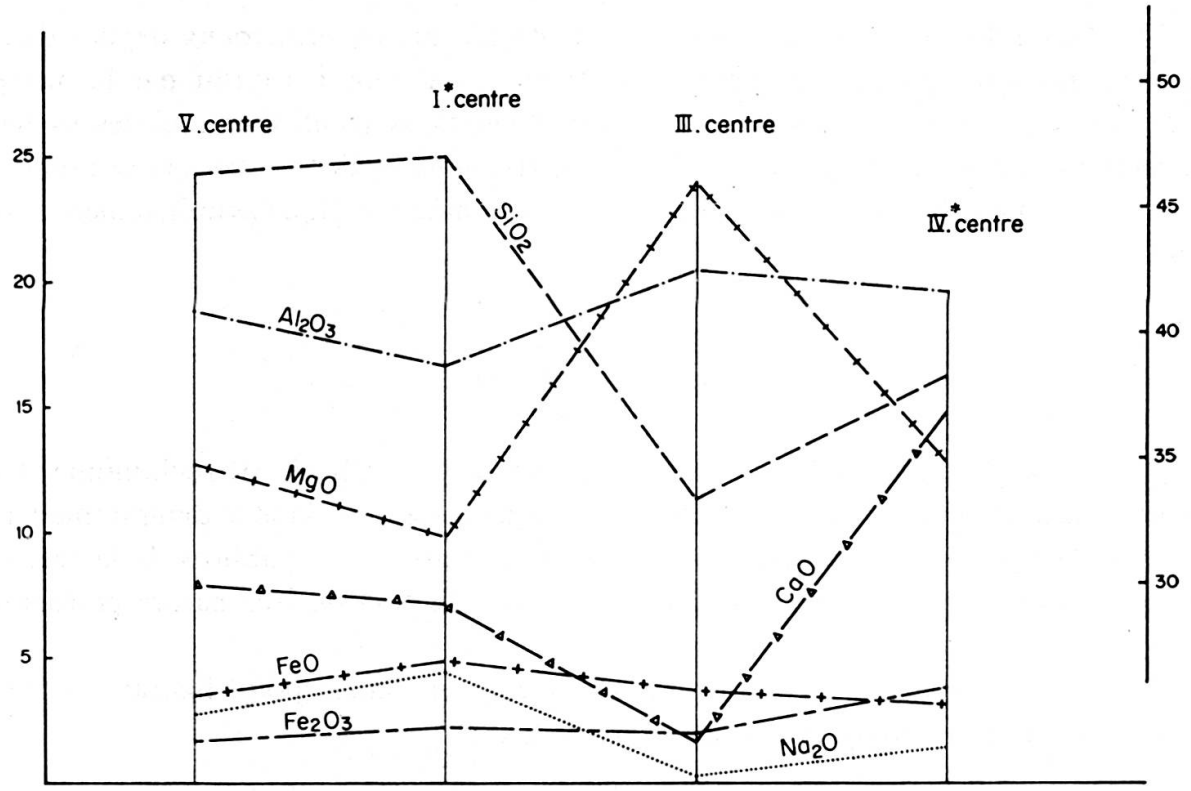


FIG. 40. — VARIATIONS DES TENEURS EN PRINCIPAUX OXYDES DANS LA PARTIE CENTRALE DE QUATRE TYPES BIEN DISTINCTS D'OPHISPHÉRITES.

et d'autre part (cas des analyses III *centre* et IV* *centre* surtout) quelles ont été les incidences de certaines des transformations précédant cette phase de chloritisation sur la composition chimique originelle de ces enclaves.

A propos de la phase de chloritisation on relèvera surtout que le mode « *inverse* » présenté par l'échantillon II ressort nettement des résultats des analyses chimiques.

Quant aux transformations du premier stade, elles appellent les commentaires suivants :

1) Dans le cas de l'échantillon III, la composition chimique du « noyau » intensément chloritisé et séricitisé (l'analyse I* *centre* donne une idée approximative de la composition chimique primitive de cette roche, les ophisphérites I* et III étant constituées par des diabases de structures différentes mais de composition minéralogique originelle très semblable) est malgré tout différente de celle de l'enveloppe chloritisée. Cela prouve l'existence de deux phases de chloritisation bien distinctes, non seulement au point de vue chimique mais aussi dans le temps.

2) Si l'on compare les résultats des analyses I* *centre* et IV* *centre* (ophisphérites également formées à l'origine par des diabases de composition minéralogique voisine) on remarque avant tout le très net accroissement de la teneur en Ca dans ce dernier échantillon: l'intense développement d'épidote dont il témoigne est donc bien lié à une métasomatose calcique.

La figure 40, en montrant les variations de teneurs en principaux oxydes dans les « noyaux » de quatre ophisphérites de type bien différent, fournit par la même occasion une illustration des effets des transformations mentionnées ci-dessus (en permettant de comparer les analyses I* *centre*, III *centre* et IV* *centre*, qui se rapportent, comme l'on sait, à des roches de composition minéralogique primitivement fort semblable).

5. CONCLUSIONS

En guise de conclusion à cette partie consacrée à l'étude pétrochimique des roches cristallines du secteur des Gets, nous avons rassemblé dans le diagramme ternaire de la figure 41 les principales variétés de diabases et de gabbros de la région étudiée. Ces variétés ont été chosies aussi bien en fonction de leur nature pétrographique que de leurs modes de gisement.

Sur ce diagramme, les chiffres indiqués à côté de chaque point figuratif correspondent à ceux des analyses données dans le texte.

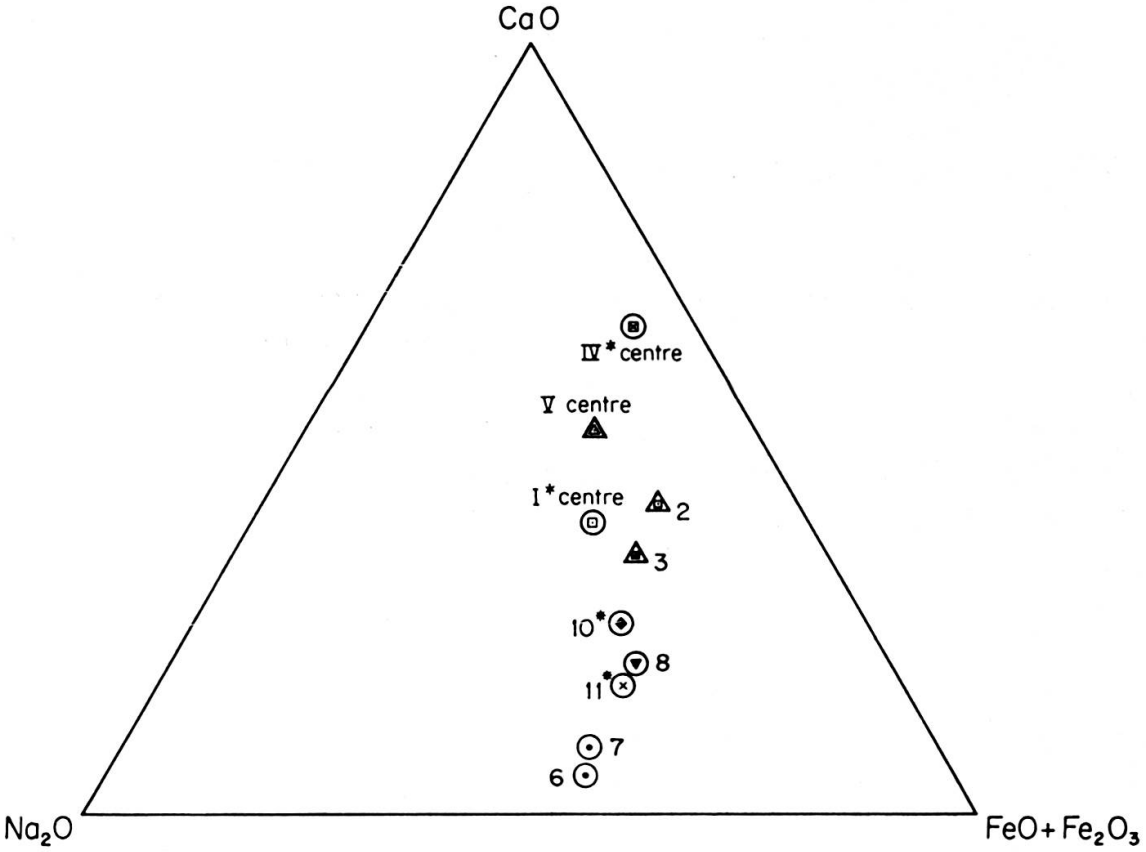


FIG. 41. — VARIATION DE LA TENEUR RELATIVE EN SOUDE, EN CHAUX ET EN OXYDES DE FER DANS LES PRINCIPAUX TYPES D'OPHIOLITES DE LA RÉGION DES GETS.

Diabases de caractère spilitique :

- ⊙ 6 et 7: étroitement associée au granite arkosique;
- ⊗ 11*: vestige d'une coulée sous-marine (centre de pillow);
- ⊚ 8: lame isolée;
- ⊛ 10*: élément d'une brèche diabasique hématitique.

Diabases non spilitiques à hornblende brune :

- ⊡ I* *centre*: variété encore fraîche (ophisphérite);
- ⊞ IV* *centre*: variété épidotitisée (ophisphérite);

Gabbros :

- ▲ 2: frais, à hornblende brune; (élément de la brèche ophiolitique);
- ▲ 3: altéré, à hornblende brune (« en place »);
- ▲ V *centre*: relativement frais, à augite-diallage (ophisphérite);