HAL
open science

Relations entre plutonisme acide et volcanisme ignimbritique : Exemple des manifestation magmatiques cambriennes du Nord de la Bretagne

Bernard Auvray

To cite this version:

Bernard Auvray. Relations entre plutonisme acide et volcanisme ignimbritique : Exemple des manifestation magmatiques cambriennes du Nord de la Bretagne . Pétrologie, 1975, I (2), pp.125-138. insu-01528760

HAL Id: insu-01528760

https://insu.hal.science/insu-01528760

Submitted on 29 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Pétrologie, 1975, t. I, n° 2, 125-138

Relations entre plutonisme acide et volcanisme ignimbritique : exemple des manifestations magmatiques cambriennes du Nord de la Bretagne.

B. AUVRAY (*)

RÉSUMÉ. — *Durant le Cambrien apparaît dans le Trégor (Bretagne septentrionale), un magmatisme acide donnant naissance à des granites, des microgranites et des rhyolites ignimbritiques.*

L'étude géochimique (géochimie des éléments majeurs et géochimie isotopique) permet de montrer que ces roches n'appartiennent pas à une seule lignée magmatique évolutive, mais que l'on doit distinguer deux ensembles résultant de deux évolutions différentes.

Dans les volcanites, une forte dispersion des teneurs en SiO_2, K_2O et Na_2O est interprétée comme une silicification avec mise en mouvement des alcalins sous l'action de fluides cogénétiques du magma.

L'âge de ce volcanisme (530 MA = Cambrien moyen) est le premier obtenu sur tous les grands épanchements à caractères ignimbritiques qui marquent, dans le Massif armoricain, la base du Paléozoïque.

ABSTRACT. — *During Cambrian, one acid magmatism takes place in the Tregor Region (Northern Brittany) which produces granites, microgranites and ignimbritic rhyolites.*

Geochemical studies (major elements and isotope geochemistry) allows to show that these rocks are not products of the same magmatic suite. It is rather necessary to distinguish two different groups of rocks as a result of two different evolutionary processes.

In the volcanites, a large dispersion of datas concerning SiO_2, K_2O and Na_2O is interpreted as a silicification with deplacement of the alcalis under the action of fluids which are of same origin (cogenetic) as the magma.

The age of this volcanism (530 m.y = Middle Cambrian) is the first age data for the large ignimbritic extrusions which characterize the Lower part of Paleozoïc in the Armoricain Massif.

INTRODUCTION.

Il existe dans le Trégor (Bretagne Septentrionale) différents témoins d'un magmatisme acide que l'on trouve aussi bien dans le domaine nord (complexe cristallin et cristallophyllien, granitique et granodioritique), que dans le domaine sud, volcano-sédimentaire (AUVRAY, 1972).

Trois types de formations peuvent être distingués :

a) *Des volcanites.* — Ce sont les rhyolites ignimbritiques de Lézardrieux qui ne montrent à l'heure actuelle qu'un développement limité ; toutefois, les données recueillies dans la partie immergée du Trégor, permettent de supposer que leur extension est en réalité beaucoup plus importante que ne le laisserait imaginer les quelques gisements trouvés à terre (LEFORT, 1970). Ces volcanites reposent en discordance sur les

Accepté le 20 juillet 1974.
Laboratoire propre du CNRS, Institut de Géologie, Faculté des Sciences, B.P. 25 A, 35031 Rennes Cedex.

formations plus anciennes de Paimpol et de Tréguier (AUVRAY, 1972 ; AUVRAY et VIDAL, 1973).

b) *Des formations hypovolcaniques.* — Ce sont les microgranites de Loguivy qui constituent un champ filonien extrêmement dense recoupant principalement le socle granitique et granodioritique de la partie nord du Trégor. Ces filons parfois très épais (15 à 20 mètres), sont verticaux et possèdent une orientation moyenne N 60°.

c) *Un petit massif plutonique.* — Le granite de Porz-Scarff, aux dimensions limitées (ellipse d'environ 4 km sur 2 km), intrusif au sein des granites et granodiorites plus anciens.

La figure 1 montre la répartition géographique de ces différentes unités.

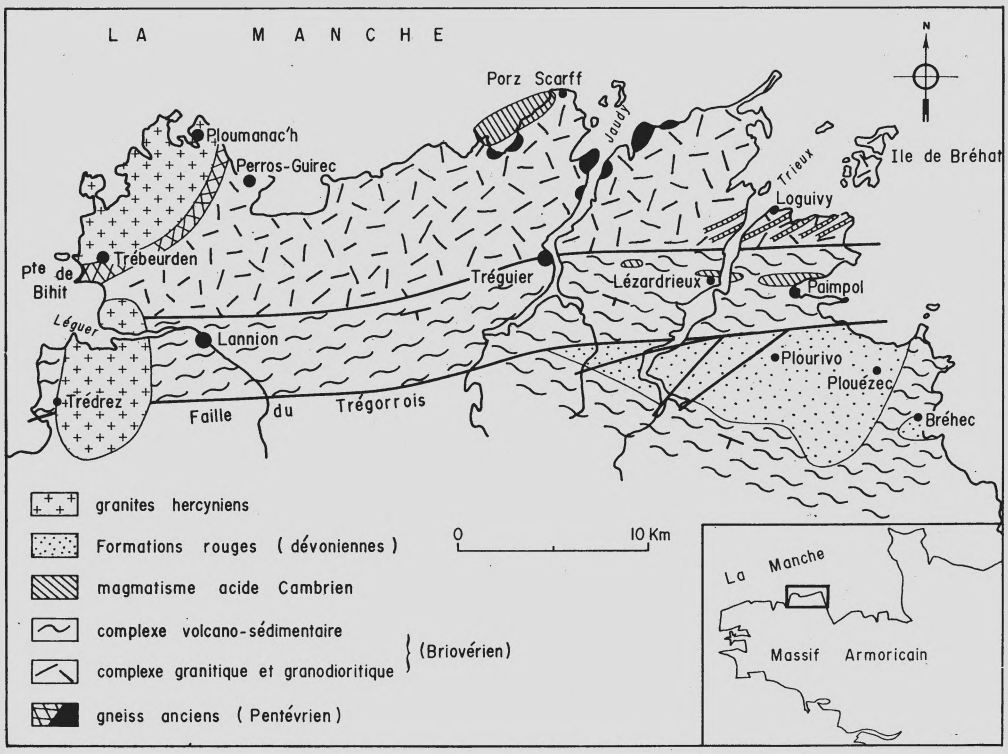

FIG. 1 — Esquisse géologique du Trégor et localisation des différentes roches acides cambriennes.

ETUDE PETROGRAPHIQUE SOMMAIRE.

L'étude pétrographique détaillée sera présentée par ailleurs (Thèse de Doctorat en préparation) et nous nous contenterons ici de donner les caractères pétrographiques généraux de chaque formation.

1) *Les rhyolites ignimbritiques de Lézardrieux.* De teinte violacée à rose, ces roches montrent de grandes variations dans leurs textures : fluidale, bréchique, tuffacée, sphérolitique, perlitique, etc. ; certains niveaux présentent de belles flammes (fiammes) de teinte noire à texture axiolitique typique, et des textures vitroclastiques (échardes de verre) caractéristiques des ignimbrites.

Parmi les phénocristaux, qui, dans les niveaux tuffacés, se présentent souvent sous forme de fragments anguleux, l'albite (An 0-10 %) et l'orthose perthitique sont les plus nombreux. Biotite, quartz et zircon sont assez fréquents, la magnétite est rare. La mésostase, très finement cristallisée, est essentiellement quartzo-feldspathique, mais de minces traînées de minéraux

phylliteux (séricite, chlorite) soulignent, dans les roches à fluidalité nette, le plan d'écoulement.

2) *Les microgranites de Loguivy.* — Egalement de teinte violacée à rose, ces roches montrent une texture microgrenue typique.

Les phénocristaux automorphes, souvent très nombreux dans la partie centrale des filons, disparaissent dans les épontes qui présentent des aspects caractéristiques de refroidissement rapide (« chilled-margins »).

Albite souvent très pure (An 0-5 %), parfois oligoclase (An 10-17), et orthose perthitique donnent les phénocristaux les plus abondants. La présence du quartz en phénocristaux est moins systématique de même que celle de la biotite. Apatite, allanite et magnétite sont accessoires. La mésostase est quartzo-feldspathique et il est fréquemment possible d'y voir le développement de très nombreuses associations micropegmatitiques graphiques (quartz + feldspaths) donnant à la roche un aspect de granophyre. Les autres constituants de la mésostase (chlorite, minéraux opaques, zircon, pistacite) sont en très faible quantité.

3) *Le granite de Porz-Scarff.* — C'est un granite à grain moyen, de teinte rose, présentant le plus souvent une texture grenue ; certains échantillons montrent parfois une proportion importante d'associations micrographiques ; albite (An % oscillant entre 3 et 10), orthose perthitique et quartz sont les minéraux essentiels ; biotite, hornblende verte, magnétite, pyrite, zircon, allanite et sphène sont très accessoires (environ 7 % de l'ensemble des constituants).

On observe en bordure du granite, sans que les conditions d'affleurements permettent d'affirmer qu'il s'agit d'une auréole continue, une variété à grain fin mais à composition minéralogique très semblable à celle de la masse principale du corps plutonique. Le grain est également plus fin dans les filons à caractère aplitique qui partent de ce granite et recoupent les formations granodioritiques encaissantes.

En dehors des textures qui indiquent des modes de mise en place (donc de cristallisations) différents, les trois types montrent un certain nombre de caractères communs : ils sont hololeucocrates, quartz et feldspaths représentant plus de 90 % des constituants ; la nature des feldspaths est sensiblement la même d'un type à l'autre notamment en ce qui concerne le feldspath potassique toujours très perthitique (perthite en filets), à triclinité faible (le quadrillage du microcline n'apparaît jamais). Dans les divers types, au sein des cristaux de feldspath potassique, existent fréquemment des plages d'albite de substitution. La valeur des angles 2 Vx révèle cependant une évolution dans la composition des orthoses depuis le granite où la composition est voisine de Or_{52} - Ab_{48} (2 Vx = 77°) jusqu'aux rhyolites ignimbritiques où elle est de Or_{70} - Ab_{30} (2 Vx = 59°).

L'Albite, dans l'un ou l'autre type, est fréquemment zonée, même dans le granite, ce qui, avec le développement important des micropegmatites graphiques, notamment dans la partie ouest du massif, montre le caractère hypovolcanique de ce granite.

Ces différents traits pétrographiques semblent indiquer qu'il s'agit d'une lignée unique correspondant aux différentes expressions d'un même magmatisme. Dans ce schéma, nous aurions une image sensiblement identique à celle décrite par von Eller (1960) à propos des relations entre granite-granophyre (microgranite) - rhyolite dans le massif hercynien du Kagenfels (Vosges septentrionales).

ETUDE CHIMIQUE.

35 analyses chimiques nouvelles portant sur cet ensemble sont présentées (tableau I) : 17 concernent les rhyolites ignimbritiques, 10 les microgranites et 8 le granite.

Globalement, toutes ces analyses confirment le caractère acide et alcalin de ces différentes formations, souligné notamment par la teneur élevée en SiO_2, en (K_2O + Na_2O), et par les faibles teneurs en Fe_2O_3 (représentant le Fe total), en MgO et CaO.

Cependant, des différences légères apparaissent entre les divers termes que l'examen des compositions moyennes des trois types de formations permettent de saisir (tableau II).

Ainsi du granite aux rhyolites, on s'aperçoit que :

— SiO_2 et K_2O augmentent régulièrement ;

— Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, CaO et Na_2O diminuent de même ;

— MgO (toujours en très faible quantité) et TiO_2 présentent des variations irrégulières, avec une valeur maximum dans les microgranites.

Si les quantités relatives de K_2O et de Na_2O

TABLEAU I

Rhyolites ignimbritiques

	1 *	2	3 *	4	5	6	7 *	8	9	10	11	12	13	14 *	15	16 *	17
N° échant.	70-20	70-396	70-399	70-409	70-411	70-416	70-417	70-418	70-420	70-421	70-425	70-426	70-427	70-428	70-429	70-430	70-431
SiO_2	75,95	77,55	80,85	71,83	74,57	73,40	73,84	74,40	74,44	75,00	80,66	77,36	70,07	77,60	70,82	64,38	79,03
Al_2O_3	12,30	12,15	10,00	14,75	13,25	14,60	14,60	13,80	14,70	13,55	10,12	12,08	15,96	12,52	15,68	19,22	11,05
Fe_2O_3 (1)	1,35	1,39	1,75	2,46	2,01	1,21	0,94	1,32	1,49	1,28	0,55	1,04	1,18	0,90	1,63	2,85	0,94
MnO	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0.01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
MgO	0,32	0,05	0,15	0,41	0,26	0,07	0,14	0,15	0,18	0,08	0,03	0,05	0,11	0,14	0,07	0,07	0,09
CaO	0,01	0,00	0,07	0,15	0,05	0,00	0,00	0,38	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Na_2O	3,88	3,50	2,74	3,69	2,37	3,37	2,89	3,19	2,77	2,58	2,25	2,61	4,42	4,33	4,91	3,49	2,55
K_2O	4,18	5,01	2,69	5,16	5,37	6,28	6,19	5,62	6,21	6,28	5,10	5,47	5,87	3,47	5,64	6,67	5,04
TiO_2	0,13	0,12	0,25	0,27	0,22	0,18	0,14	0,15	0.20	0,15	0,11	0,13	0,13	0,14	0,18	0,18	0,11
H_2O+	0,47	0,20	0,83	0,91	0,92	0,36	0,84	0,67	0,72	0,45	0,39	0,36	0,42	0,47	0,34	1,52	0,32
H_2O-	0,03	0,01	0,11	0,02	0,15	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,04	0,19	0,11	0,12	0,12	0,21	0,11
Total	98,63	99,99	99,45	99,66	99,18	99,51	99,62	99,69	100,74	99,41	99,27	99,30	98,28	99,72	99,40	99,00	99,25

* Echantillons utilisés pour les déterminations radiométriques.

(1) Fer total.

TABLEAU I (*suite*)

Microgranites

	18 *	19	20 *	21	22 *	23	24 *	25 *	26 *	27
N° échant.	69-44	69-61	69-64	69-67	70-12	10-126	70-23	70-44	70-96	CMA 3
SiO_2	73-72	71,48	75,77	75,82	72,42	71,10	73,69	70,32	73,72	71,71
Al_2O_3	14,40	14,92	12,80	12,60	14,00	14,65	14,08	15,25	13,70	14,58
Fe_2O_3 (1)	1,68	2,64	1,46	1,56	1,68	2,49	1,97	2,80	1,62	2,30
MnO	0,04	0,05	0,03	0,03	0.03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,05
MgO	0,22	0,39	0,22	0,38	0,24	0,47	0,15	0,30	0,14	0,18
CaO	0,28	0,46	0,16	0,14	0,17	0,40	0,09	0,19	0,28	0,24
Na_2O	4,23	5,02	4,59	4,15	4,63	4.93	5,35	5,06	4,31	4,82
K_2O	4,78	3,77	3,57	3,63	4,32	3,88	3,52	4,15	4,48	3,89
TiO_2	0,20	0,30	0,22	0,25	0,25	0,37	0,38	0,38	0,28	0,34
H_2O+	0,45	0,82	0,38	0,73	0,59	0,83	0,46	0,61	0,38	0,78
H_2O-	0,17	0,12	0,07	0,13	0,11	0,10	0,12	0,16	0,11	0,16
Total	100,07	99,97	99,97	99,42	98,44	99,27	99,84	99,26	99,05	99,05

TABLEAU I (*suite*)

Granites

	28 *	29 *	30 *	31 *	32	33	34	35 *
N° échant	70-239	70-250	69-153	70-127	70-222	70-228	70-232	70-204
SiO_2	73,70	74,80	73,30	67,50	66,30	72,60	69,50	66,40
Al_2O_3	13,57	12,46	13,22	15,51	15,56	13,29	14,74	16,05
Fe_2O_3 (1)	2,78	1,48	2,22	3,31	4,84	1,78	3,39	4,80
MnO	0,06	0,02	0,03	0,05	0,12	0,03	0,06	0,10
MgO	0,15	0,14	0,14	0,21	0,33	0,36	0,10	0,25
CaO	0,67	0,20	0,38	3,81	2,15	0,97	1,22	1,90
Na_2O	5,00	3,90	4,16	5,11	5,70	3,19	5,25	5,69
K_2O	3,28	4,51	3,93	3,36	2,48	5,57	3,22	2,61
TiO_2	0,15	0,10	0,13	0,20	0,31	0,30	0,15	0,30
H_2O+	0,59	0,74	0,79	0,88	0,82	0,69	0,77	0,82
H_2O-	0,19	0,20	0,28	0,22	0,20	0,19	0,26	0,32
Total	100,14	98,55	98,58	100,16	98,81	98,87	98,66	99,24

s'inversent lorsque l'on passe des granites aux rhyolites (le rapport K_2O/Na_2O varie de 0,76 à 1,60), par contre la somme des alcalins reste à peu près constante, ne subissant pas de variations significatives (elle est respectivement de 8,37 %, 8,71 % et 8,63 % dans le granite, les microgranites et les rhyolites).

De multiples diagrammes peuvent être utilisés pour mettre en évidence le comportement chimique de ces divers types de roches et tenter de découvrir une tendance évolutive. Nous n'avons retenu ici que le diagramme de de LA ROCHE utilisant le paramètre Si/3 - (K + Na + 2Ca/3) en ordonnée (de LA ROCHE, 1964). Ce diagramme a en outre l'avantage, grâce au paramètre K - (Na + Ca) porté en abscisse, de séparer au maximum le champ des roches potassiques de celui des roches calco-sodiques.

Ce diagramme (fig. 2) permet d'observer les faits suivants :

— Seules les analyses de microgranite montrent une dispersion faible, sans allongement

préférentiel. Le champ qu'elles dessinent est presque entièrement inclus dans celui des granites.

— Les différentes compositions du granite de Porz-Scarff dessinent un nuage qui tend à s'allonger préférentiellement le long de l'axe des abscisses. Ceci traduit des variations principalement dans les teneurs en Ca des différents échantillons (voir tableau I) et l'étalement observé peut par conséquent s'inscrire dans une évolution normale (analogue en quelque sorte à celle qui conduit, dans les complexes magmatiques différenciés, depuis des roches basiques telles que gabbros ou diorites jusqu'à des roches acides telles que des granites).

— Les analyses correspondant aux rhyolites ignimbritiques montrent une très grande dispertion et le nuage est étiré considérablement suivant l'ordonnée. Les rhyolites ne contenant pratiquement pas de CaO, cet étalement est lié aux variations relatives de Si/3 et de (K + Na), donc, finalement, de Si/3. L'étalement horizontal, pour la même raison (absence de Ca), est dû au jeu relatif de K et de Na.

Sur ce diagramme on voit donc apparaître très distinctement deux groupes : celui des granite-microgranites d'une part, celui des rhyolites ignimbritiques d'autre part.

Contrairement à ce que paraissaient indiquer les compositions chimiques moyennes, il ne semble pas qu'il y ait passage continu, correspondant à une suite évolutive régulière, depuis les plutonites jusqu'aux volcanites.

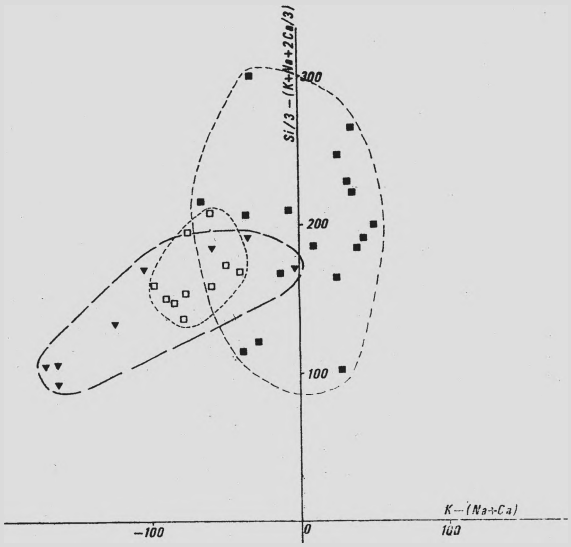

FIG. 2. — Dispersion des analyses et tendances géochimiques des roches magmatiques cambriennes du Trégor dans un diagramme de de La Roche (1964) : ▼ granite de Porz-Scarff ; □ microgranites de Loguivy ; ■ rhyolites ignimbritiques de Lézardrieux.

TABLEAU II. — Compositions moyennes des 3 catégories de roches étudiées.

1) Granite de Porz-Scarff.
2) Microgranites de Loguivy.
3) Rhyolites ignimbritiques de Lézardrieux.

	1	2	3
SiO_2	70,51	72,97	74,40
Al_2O_3	14,30	14,09	13,69
Fe_2O_3	3,07	2,02	1,53
MnO	0,06	0,04	0,01
MgO	0,21	0,27	0,18
CaO	1,41	0,24	0,06
Na_2O	4,75	4,71	3,32
K_2O	3,62	4,00	5,31
TiO_2	0,20	0,30	0,17
H_2O+	0,76	0,60	0,71
H_2O-	0,23	0,12	0,08
Totaux	99,12	99,36	99,46

DONNEES RADIOMETRIQUES.

Des mesures radiométriques ont été effectuées sur ces trois groupes de roche de façon à en déterminer l'âge.

Il n'est pas question ici de décrire les méthodes analytiques employées ni de justifier les constantes utilisées, ceci ayant déjà été fait à plusieurs reprises pour des travaux effectués au Laboratoire de Géochronologie de Rennes (VIDAL et al., 1972 ; COGNÉ et PEUCAT, 1973 notamment).

Le tableau III donne la liste des échantillons qui ont été traités, les résultats analytiques et la valeur des constantes utilisées, tandis que sur la figure 3 sont représentées les deux isochrones obtenues.

Deux constatations s'imposent à la lumière de ces résultats :

1° Granite, microgranites et rhyolites ignimbritiques ont le même âge. Celui du couple granite-microgranites est de 536 ± 19 MA. ; celui des volcanites est de 528 ± 24 MA. Il y a recouvrement des âges obtenus et on peut donc considérer, aux incertitudes près, que l'âge des différentes manifestations magmatiques est le même et d'environ 530 MA.

2° Les deux isochrones parallèles obtenues, indiquent des rapports isotopiques initiaux différents : 0,7096 ± 0,0012 pour les granite-microgranites, 0,7064 ± 0,0012 pour les rhyolites ignimbritiques.

L'existence de deux isochrones montre à nouveau que l'ensemble du magmatisme cambrien du Trégor ne peut être envisagé dans le cadre d'une différenciation ou d'une évolution progressive.

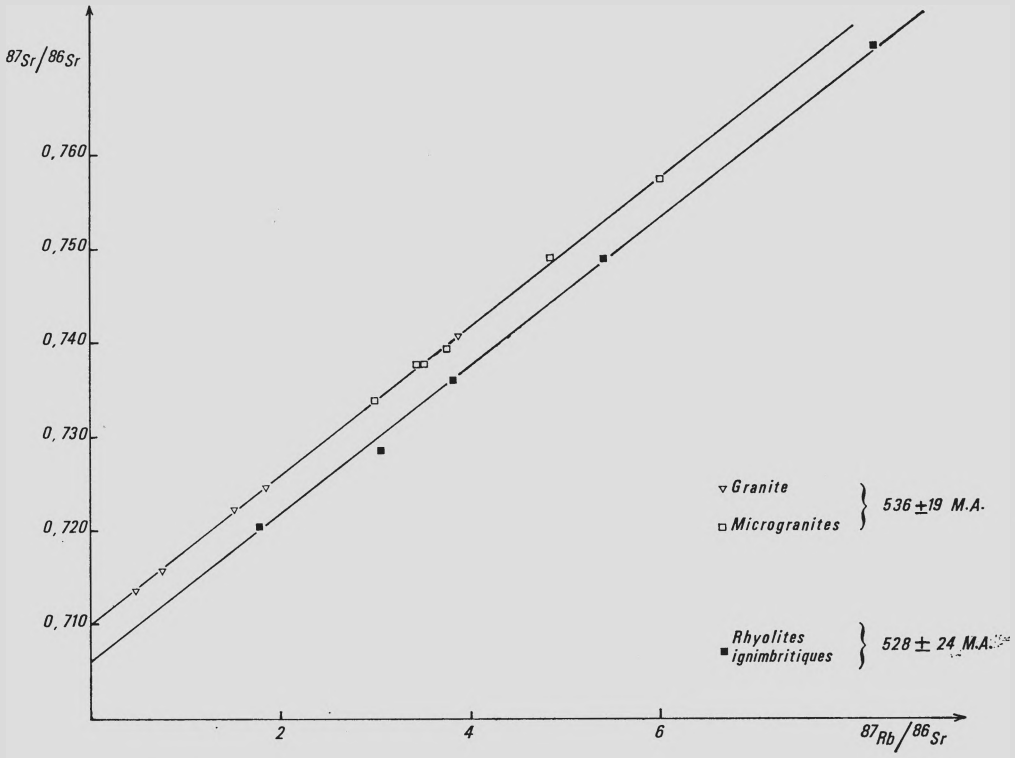

FIG. 3. — Age des roches acides du Trégor ; isochrones de roches totales.

INTERPRETATION.

L'examen des données chimiques et radiométriques pose les deux problèmes suivants :

— A quel phénomène peuvent-être rattachées les tendances géochimiques différentes observées dans ces roches ?

— Quel est le processus génétique capable d'entraîner l'apparition de deux groupes aux caractères isotopiques aussi distincts ?

a) *Les tendances géochimiques.* — Nous avons vu à l'aide du diagramme de de LA ROCHE (fig. 2) que géochimiquement, deux groupes distincts pouvaient être mis en évidence.

Ce caractère se retrouve dans le diagramme Q - Ab - Or (fig. 4). Dans la plupart des échantillons analysés, la somme (Q + Ab + Or) est largement supérieure à 90 % de l'ensemble des constituants normatifs. Seuls 4 échantillons, provenant tous du granite de Porz-Scarff, montrent pour cette somme une valeur sensiblement inférieure, quoique toujours supérieure à 80 % ; corrélativement, dans ces quatre échantillons, le

rapport Ab/An est plus faible que dans les autres roches.

Le nuage des points représentatifs des compositions des divers échantillons de microgranite (fig. 4) est peu étendu et presque entièrement inclus dans celui du granite. Seules, deux analyses, correspondant à deux échantillons dans lesquels les phénocristaux de quartz sont assez nombreux, montrent un sensible enrichissement en Q. Il n'y a pas dans ce champ des microgranites de tendance à une différenciation. La composition normative moyenne est la suivante : Q = 31,61 % ; Ab = 42,9 % ; Or = 25,51 %. Cette composition est voisine de celle de l'eutectique du système granitique pour $P(H_2O) = 3$ kb (le rapport Ab/An est ici toujours très élevé et peut être considéré comme infini). On peut ainsi évaluer à 750° la température minimale de cristallisation de ces microgranites (MEHNERT, 1968).

En ce qui concerne les analyses de granite, le nuage représentatif s'allonge préférentiellement suivant la hauteur issue du sommet Ab du triangle.

Les données expérimentales relatives au système granitique (WINKLER, 1966 ; MEHNERT, 1968) montrent que le minimum ternaire subit une dérive qui est fonction soit de la pression partielle de vapeur d'eau régnant au cours de la cristallisation, soit de la valeur du rapport Ab/An dans le magma ; les deux paramètres peuvent d'ailleurs intervenir simultanément. Or ce déplacement du minimum eutectique s'effectue précisément (dans le cas où PH_2O et où le rapport Ab/An diminuent) vers la droite et vers le haut du triangle Q - Ab - Or.

TABLEAU III

N° éch.		Rb	Sr	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$
70-239	Granite de Porz-Scarff	88,93	167,37	1,538	0,7224
70-250		127,27	95,44	3,861	0,7404
69-153		102,39	158,11	1,875	0,7246
70-217		90,04	344,51	0,757	0,7159
70-204		65,65	386,74	0,491	0,7137
69-44	Microgranite de Loguivy	150,6	89,8	4,858	0,7485
69-64		93,60	78,45	3,458	0,7369
70-12		131,3	63,2	6,005	0,7568
70-23		91,2	87,9	3,004	0,7336
70-44		123,5	102,2	3,499	0,7378
70-96		156,3	120,2	3,765	0,7394
70-20	Rhyolites ignimbritiques de Lézardrieux	97,2	74,2	3,972	0,7365
70-399		96,41	91,86	3,085	0,7283
70-417		166,6	89,4	5,394	0,7489
79-428		82,64	136,6	1,755	0,7207
70-430		277,6	96,6	8,322	0,7716

Constantes utilisées : $\lambda\ ^{87}Rb = 1{,}47.10^{-11}\ an^{-1}$
$^{85}Rb/^{87}Rb = 2{,}591$
$^{86}Sr/^{88}Sr = 0{,}1194$
Erreur sur le rapport $^{87}Rb/^{86}Sr = 2$ %
Erreur sur le rapport $^{87}Sr/^{86}Sr = 0{,}0005$

Autrement dit, l'étalement des points que nous observons à propos du granite de Porz-Scarff est compatible avec un phénomène connu dans le cas de la cristallisation des magmas granitiques. Le rapport Ab/An dont la valeur minimum est d'environ 7,3 ne joue vraisemblablement qu'un rôle très faible dans le cas présent et le facteur important doit être ici la variation de la pression partielle de vapeur d'eau au cours de la cristallisation.

Les variations observées dans les compositions des divers échantillons de granite peuvent donc être rapportées à un phénomène expérimentalement expliqué.

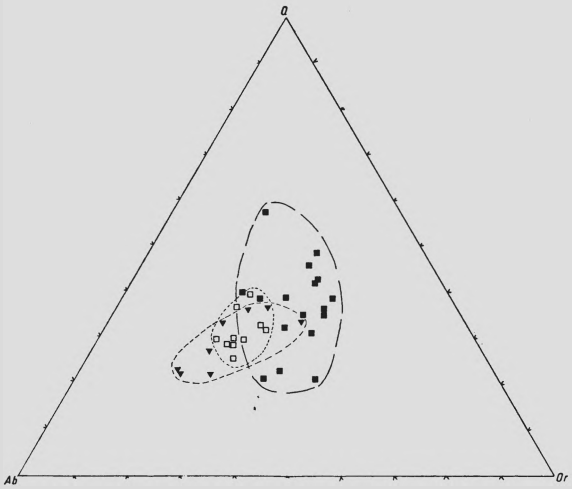

FIG. 4. — Répartition des granites, microgranites et rhyolites ignimbritiques du Trégor dans le diagramme Q - Ab - Or (mêmes figurés que ceux de la fig. 2).

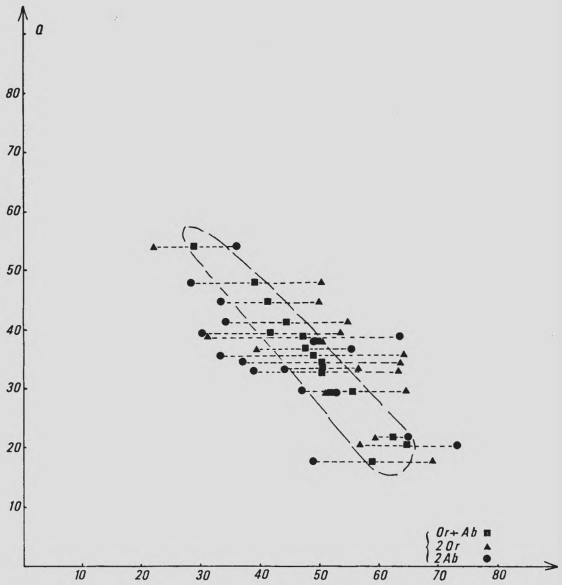

FIG. 5. — Relations Q en fonction de (Ab + Or) et Q en fonction de Ab ou de Or (mêmes figurés que ceux de la fig. 2).

Le diagramme Q - Ab - Or montre un comportement tout à fait anormal des rhyolites qui présentent, comme on l'a déjà noté dans le diagramme de la figure 2, une très forte dispersion. Le nuage représentatif des compositions chimiques des rhyolites occupe une grande partie du diagramme triangulaire et s'allonge préférentiellement suivant la hauteur joignant le sommet Q au côté Ab - Or du diagramme. Cet allongement, avec franchissement de la ligne cotectique, ne correspond à aucune des évolutions connues expérientalement lors de la cristallisation fractionnée ou de la fusion partielle. La dérive des compositions liée à ces phénomènes et déterminée par des conditions physico-chimiques réglant les équilibres entre cristaux et liquides (pression de vapeur d'eau, valeur du rapport Ab/An qui d'ailleurs est toujours infini dans le cas présent, etc.) ne peut expliquer un tel étalement.

De façon à mieux saisir les variations relatives de Q, Ab et Or, nous avons utilisé le diagramme en coordonnées rectangulaires sur lequel Q est porté en ordonnée tandis qu'en abscisse nous avons utilisé à la fois les paramètres : (Ab + Or), 2 Ab et 2 Or (fig. 5). Pour chaque roche, nous avons donc trois points représentatifs (ces points sont joints par une ligne de tirets). Ce diagramme montre que :

1) Q et (Ab + Or) sont étroitement liés, mais ceci est évident puisque la somme Q + Ab + Or représente la presque totalité des éléments normatifs de ces rhyolites (94 % en moyenne).

2) Qu'il y a un jeu de permutation des alcalins, chaque valeur élevée de Or accompagnant une valeur faible de Ab et vice-versa. Ceci explique, dans le diagramme triangulaire (fig. 4), l'étalement transversal du champ de ces volcanites.

3) Qu'il n'existe pas de rapport évident entre la teneur en Q de la roche et sa richesse en Ab ou Or. Autrement dit, au niveau des rhyolites ignimbritiques, il n'y a pas, dans les variations relatives des alcalins (K et Na), de différenciation pouvant s'inscrire dans une évolution progressive et continue (cristallisation fractionnée ou fusion partielle).

En conséquence, il apparaît au sein des rhyolites, un phénomène assimilable à une silicification, accompagné par une mobilisation sélective de K et de Na.

La silicification et la permutation de K et de Na interviendraient lors du phénomène volca-

nique lui-même ; en effet, les données de géochimie isotopique, obtenues lors de la détermination de l'âge des rhyolites ignimbritiques (voir plus haut), indiquent l'alignement excellent de ces roches suivant une isochrone, ce qui montre qu'aucun phénomène secondaire n'a modifié les teneurs aussi bien en Sr qu'en Rb postérieurement au refroidissement complet de ces laves. Donc, s'il y a eu silicification, avec lessivage de Na remplacé par K ou inversement, ceci ne peut avoir eu lieu que sous l'effet de solutions cogénétiques du magma (ayant le même rapport isotopique initial que ce dernier) et durant le phénomène volcanique.

Un autre argument en faveur d'un tel mécanisme est l'hétérogénéité du phénomène dans sa répartition spatiale ; à l'affleurement, il est impossible de mettre en évidence une évolution progressive (par exemple de la base au sommet des couches) et des échantillons pris à proximité l'un de l'autre montrent des teneurs relatives en SiO_2, NaO_2 et K_2O fort variables.

b) *Hypothèses génétiques.* — Les écarts entre les rapports isotopiques initiaux sont incompatibles avec l'hypothèse d'une origine comagmatique de l'ensemble de ces roches.

Dans ce cas, il faudrait en effet admettre que le rapport le plus bas (0,706) est celui du magma originel qui, montant rapidement à la surface, n'aurait pas le temps de se contaminer lors de la traversée du socle ; les volcanites ignimbritiques cristalliseraient ainsi en surface en conservant le rapport isotopique initial du magma. Une partie du magma n'atteignant pas la surface cristalliserait en profondeur, soit dans les cheminées d'alimentation du volcanisme (filons de microgranites), soit sous forme de petites masses plutoniques (granite de Porz-Scarff). Le refroidissement et donc la cristallisation plus lents, favorisant les échanges avec l'encaissant, entraînerait une contamination se traduisant par une modification du rapport isotopique initial qui devient voisin de 0,710.

Il s'agirait donc, dans ce cas, d'une contamination contemporaine de la cristallisation. Nous voyons ici plusieurs objections à cette interprétation :

— si une telle contamination peut être envisagée pour le massif granitique qui, malgré sa taille réduite, constitue néanmoins une source de chaleur suffisante pour entraîner un apport d'éléments à partir de l'encaissant, elle est beaucoup plus difficilement admissible en ce qui concerne les filons microgranitiques. La présence des « chilled-margins », brusquement développées, doit être en effet un obstacle à des échanges entre le filon et le milieu qu'il traverse ;

— géographiquement granite et microgranites, bien qu'intrusifs tous les deux dans le même complexe à l'échelle de la région, sont néanmoins localisés dans des formations aux caractères pétrochimiques légèrement différents : le granite de Porz-Scarff est intrusif dans un ensemble microgranodioritique, tandis que les filons de microgranite coupent des roches sensiblement plus acides (micromonzonites). L'hétérogénéité du socle rend donc encore plus improbable une contamination respectant les rapports isotopiques de tous les échantillons (11 figurent sur l'isochrone), le fait qu'ils soient alignés nécessitant obligatoirement que la quantité de ^{87}Sr (strontium radiogénique) empruntée au socle soit proportionnelle à la quantité de strontium total contenue à l'origine dans chaque roche.

En conséquence, et étant donné l'état actuel des connaissances sur la signification des isochrones de roches totales, sur la valeur des constitutions isotopiques initiales, il faut admettre que le granite et les microgranites d'une part, les rhyolites ignimbritiques d'autre part, ont, sinon une origine, du moins une histoire différente.

Deux processus peuvent alors être invoqués (fig. 6).

1. — Il existe deux magmas parents indépendants et à aucun moment il n'y a eu de rapport entre les deux magmas (fig. 6 a). La valeur plus faible du rapport initial $^{87}Sr/^{86}Sr$ dans les ignimbrites (0,706) indiquerait une origine profonde du magma qui leur a donné naissance. Ce rapport est à la limite, compatible avec une origine mantellique, les rhyolites ignimbritiques représentant alors la fin d'une évolution par cristallisation fractionnée d'un magma basaltique (la valeur 0,706 nécessite néanmoins une certaine contamination crustale).

Le granite et les microgranites représenteraient, quant à eux, la cristallisation d'un magma d'origine anatectique élaboré à partir du socle

(matériel crustal) soumis à une élévation de température, ceci se produisant à un niveau plus voisin de la surface que l'élaboration du « magma rhyolitique ».

2. — Le magma initial est le même pour l'ensemble des roches (rapport isotopique initial de 0,706) et de même origine que celle imaginée pour le premier processus (fig. 6 b).

A partir de cette chambre magmatique profonde, une fraction va s'échapper et, montant rapidement à la surface, ne sera pas contaminée au cours de la traversée du socle et donnera naissance aux volcanites.

Une autre fraction est stockée, lors de son ascension, dans une chambre intermédiaire : le magma y séjourne suffisamment longtemps pour, par assimilation et contamination, voir son rapport initial augmenter jusqu'à environ 0,710. Dans cette chambre secondaire apparaît donc, du point de vue isotopique, un nouveau magma à partir duquel prendront naissance le granite de Porz-Scarff et les microgranites de Loguivy. Dans ce schéma apparaît donc une évolution en deux étapes, le magma primaire donnant naissance directement aux ignimbrites et à un second magma générateur des roches intrusives.

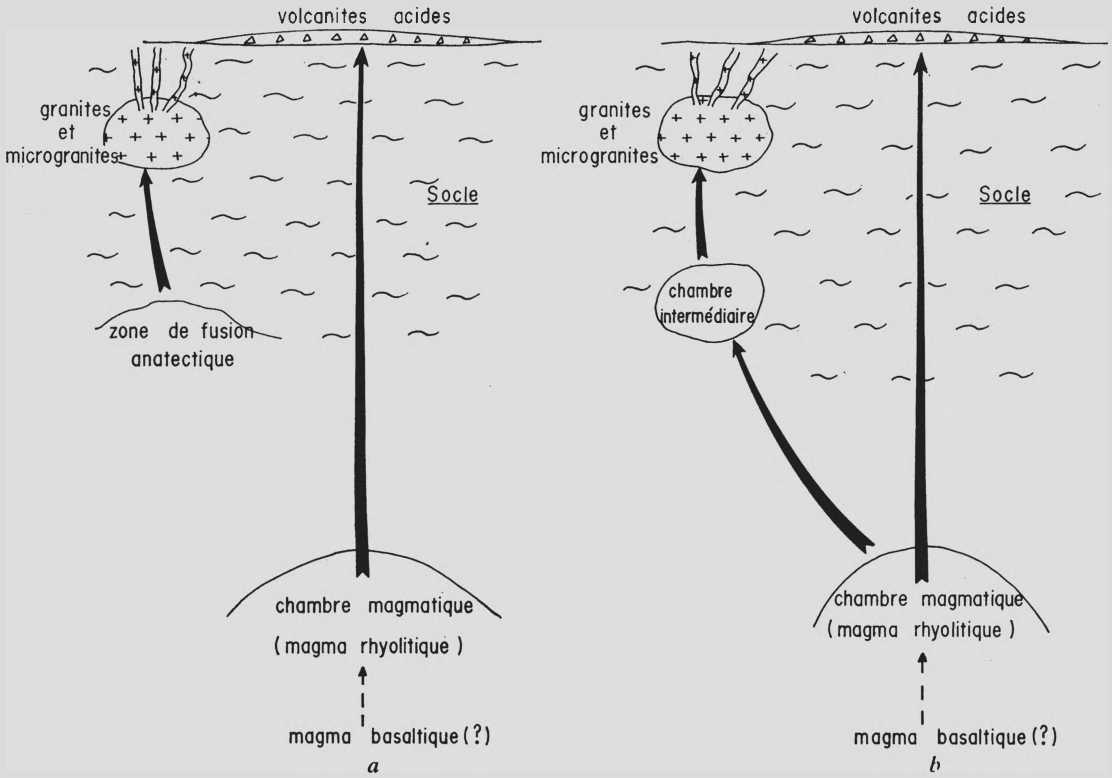

FIG. 6. — Essai d'interprétation génétique des différents termes du magmatisme acide cambrien dans le Trégor.

Il faut cependant ajouter que, dans l'un comme dans l'autre des deux processus possibles, une condition est nécessaire : le socle doit de toute façon avoir un rapport $^{87}Sr/^{86}Sr$ au moins égal à 0,710. Une étude est actuellement en cours de façon à préciser ce point.

Il nous est impossible, pour l'instant, de trancher en faveur de l'une ou de l'autre hypothèse ; l'étude des éléments en trace et de leur répartition dans l'ensemble de ces roches permettrait peut-être de lever l'indécision.

CONCLUSION.

Au Cambrien apparaît dans le Nord de la Bretagne un magmatisme acide se manifestant par la mise en place de roches volcaniques et intrusives. Le volcanisme, en particulier, fait partie d'un ensemble caractéristique de période post-orogénique, dans le cas présent post-cadomienne, dont on observe de nombreux témoins dans le reste du Massif Armoricain. Dans la partie Est de ce massif, de nombreux gisements de volcanites à caractère acide et alcalin, souvent ignimbritiques, ont été reconnus depuis le Cotentin au Nord (région de Saint-Germain-le-Gaillard), jusqu'en Vendée, au Sud (BOYER, 1972, 1974).

Plus proches du Trégor, les volcanites acides de Jersey ont été récemment décrites comme ignimbrites par BOYER (1972, 1974). Bien que mal calées quant à l'âge, mais vraisemblablement cambriennes, ces ignimbrites appartiennent à un ensemble de roches acides comprenant non seulement des volcanites, mais également des granites et microgranites (PLYMEN, 1921 ; MOURANT, 1933 ; BOYER, 1970). Les relations entre les différents termes de cet ensemble ne sont pour l'instant pas bien connues, mais il est remarquable de retrouver à Jersey un complexe acide fort semblable à celui observé dans le Trégor. ADAMS (1967) obtient pour les granites des âges variant entre 530 et 490 MA. (constante utilisée : $\lambda\ ^{87}\mathrm{Rb} = 1{,}39.\ 10^{-11}\ \mathrm{an}^{-1}$). Recalculés avec la même constante que celle utilisée pour les roches trégorroises, les âges obtenus par ADAMS montrent qu'une activité magmatique s'est manifestée pendant la période cambrienne, aussi bien dans le Trégor qu'à Jersey. L'absence d'âge précis sur les volcanites de Jersey, pétrographiquement identiques à celles de Lézardrieux (MOURANT, 1936), le manque d'informations précises sur les relations granites-microgranites-rhyolites, ne permet toutefois pas de pousser plus loin le rapprochement entre les deux ensembles.

L'âge de 530 MA., Cambrien moyen, est le premier avancé pour ces volcanites à caractère ignimbritique de la base du Paléozoïque armoricain. Il tend à montrer que l'activité thermique de cette région, marquée par un paroxysme à la fin du cycle cadomien, aux environs de 500-570 MA. (mises en place des granites mancelliens et des massifs dioritiques de la région de Saint-Brieuc, notamment : COGNÉ, 1962, 1964, 1972 ; VIDAL et al., 1972 ; DEUTSCH et al., 1974) se poursuit, lors du Cambrien, d'une manière très active.

BIBLIOGRAPHIE

ADAMS C. J. D. (1967). — A geological and related isotopic study of rocks from North-Western France and the Channel Islands (United Kingdom). Thèse, ronéo, Oxford.

AUVRAY B. (1972). — Les subdivisions majeures des volcanites du Trégor (Bretagne septentrionale). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, D, **274**, 1788-1791.

AUVRAY B., VIDAL P. (1973). — Chronologie des événements géologiques dans le Trégor (Bretagne septentrionale). *Ire Réunion ann. Sci. Terre*, Paris, p. 54.

BOYER C. (1970). — Contribution à l'étude du volcanisme acide de Jersey (Iles anglo-normandes). Analogie avec certains termes paléovolcaniques du Massif Armoricain et du Massif Central Français. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, **101**, 20-25.

BOYER C. (1972). — Study of a few paleozoic ignimbrites in the Armoricain Massif and in the Central Massif, France. *Bull. Volcanol.*, **36**, n° 1, 46-82.

BOYER C. (1974). — Volcanisme acide paléozoïque dans le Massif Armoricain. Thèse Doct. d'Etat, Paris, 385 p.

COGNÉ J. (1962). — Le Briovérien : Esquisse des caractères stratigraphiques, métamorphiques, structuraux et paléontologiques de l'Antécambrien récent dans le Massif Armoricain. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **4**, n° 3, 413-430.

COGNÉ J. (1964). — Esquisse tectonique de la région comprise entre la Baie de Saint-Brieuc et la Baie du Mont Saint-Michel. C. R. Sess. Extr. Soc. belge Géol. et de la Soc. Géol. Belg. *Bull. Soc. belge Géol., Paléontol., Hydrogéol.*, **73**, 222-227.

COGNÉ J. (1972). — Le Briovérien et le cycle orogénique cadomien dans le cadre des orogènes fini-précambriens. *Notes Mém. Serv. Géol. Maroc*, **236**, 193-218.

COGNÉ J., PEUCAT J. J. (1973). — Une étape magmatique nouvelle dans l'évolution hercynienne sud-armoricaine : le granite orthogneissique de Pors-Poulhan en Baie d'Audierne (Finistère Sud). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, D, **277**, 2601-2604.

LA ROCHE H. de (1964). — Sur l'expression graphique des relations entre la composition chimique et la composition minéralogique quantitative des roches cristallines. Présentation d'un diagramme destiné à l'étude chimico-minéralogique des massifs granitiques ou grano-dioritiques. Application aux Vosges cristallines. *Sci. de la Terre*, Nancy, **9**, n° 3, 293-337.

LEFORT J. P. (1970). — Etude géologique de la Manche au Nord du Trégor. III : géologie du substrat rocheux et morphologie. *Bull. Soc. Géol. Minéral. Bretagne*, **2**, n° 2, 89-103.

MEHNERT K. R. (1968). — Migmatites and the origin of granitic rocks. London, Elsevier, 392 p.

MOURANT A. E. (1933). — The geology of Eastern Jersey. *Quart. J. Geol. Soc. London,* **89**, 273-307.

MOURANT A. E. (1936). — Les roches volcaniques du Trégorrois en relation avec celles de Jersey. *Mém. Soc. Géol. Minéral. Bretagne,* **3**, 79-88.

PLYMEN G. H. (1927). — The geology of Jersey. *Proceed. Geol. Assoc.,* **32**, p. 151.

VIDAL P., AUVRAY B., CHAUVET J. F., COGNÉ J. (1972). — L'âge radiométrique de la diorite de Saint-Quay-Portrieux (Côtes-du-Nord). Ses conséquences sur le Briovérien de la Baie de Saint-Brieuc. *C. R. Acad. Sci.,* Paris D, **275**, 1323-1326.

VIDAL P., DEUTSCH S., MARTINEAU F., COGNÉ J. (1974). — Nouvelles données radiométriques en Baie de Saint-Brieuc. Le problème d'un socle antécadomien Nord Armoricain. *C. R. Acad. Sci.,* Paris, D, 631-634.

Von ELLER J. P. (1960). — Développement sub-volcanique d'un granite hercynien des Vosges Septentrionales : « le granite du Kagenfelds ». *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.,* **3**, fasc. 2, 101-107.

WINKLER H. G. F. (1966). — La genèse des roches métamorphiques. Trad. française, Gap, Ophrys., 188 p.

Extrait de *Pétrologie*, N° 2, 1975
Imp Imbert-Nicolas