

Nouvelles observations géologiques dans l'archipel de Molène

par Louis CHAURIS (*)

Les diverses formations géologiques du Pays de Léon, souvent profondément altérées ou empâtées par la solifluxion, offrent dans les îlots et récifs de l'archipel de Molène, de remarquables conditions d'affleurements. La première étude détaillée de ces confins occidentaux du Massif armoricain a été publiée voici près de 15 ans (CHAURIS, 1969a). Des recherches récentes, effectuées entre 1979 et 1982 à l'occasion du lever de la feuille géologique au 50 000^e Le Conquet (CHAURIS et HALLÉGOUE, en préparation), permettent de synthétiser les observations antérieures et de présenter les résultats nouveaux obtenus (1).

I. *SOCLE CRISTALLOPHYLLIEN* (Une série métamorphique basse-moyenne pression - haute température, d'âge discuté (Cadomien ?).

La moitié méridionale du Pays de Léon est constituée par un ensemble cristallophyllien, développé aux dépens de formations briovériennes, à métamorphisme (basse-moyenne pression - haute température) croissant du Sud au Nord : schistes de l'Elorn à paragenèse du sub-faciès quartz-albite-muscovite-chlorite du faciès schistes verts ; (orthogneiss de Brest) ; micaschistes du Conquet à muscovite et biotite, avec staurotide brune et almandin rougeâtre et, parfois, andalousite rose ou disthène bleu très subordonnés ; gneiss à sillimanite de Ploumoguier ; migmatites de Plouarzel (CHAURIS *et al.*, 1972 b). Schistes de l'Elorn et, localement, gneiss de Brest sont recouverts en discordance par les quartzites arénigiens de la Roche-Maurice (CHAURIS *et al.*, 1973a).

Que deviennent ces formations dans l'archipel de Molène et ses abords ? Les schistes de l'Elorn qui, selon toute probabilité, se poursuivent au Nord de la bande des quartzites arénigiens du

(*) Département des Sciences de la Terre. Université de Bretagne Occidentale, Brest — G.I.S. « Océanologie et Géodynamique » n° 410012. Ce travail a reçu le soutien de la D.G.R.S.T. dans le cadre de l'Action Concertée « Valorisation des Gisements ».

(1) La localisation des noms de lieux cités dans le texte pourra se faire sur les cartes 5159, 5567 et 5721 au 20.000^e éditées par le Service hydrographique de la Marine et sur la carte géologique Brest au 80.000^e.

Coq, ont été entièrement enlevés par l'érosion (les affleurements les plus occidentaux disparaissent à l'Ouest de Mengant dans le Goulet de Brest). Les gneiss de Brest n'ont nulle part été reconnus avec certitude et pourraient se terminer en coin à l'Ouest de la pointe de Saint-Mathieu. Le prolongement des micaschistes du Conquet, relativement tendres, est situé probablement entre la Chaussée des Pierres Noires et Beniguet où seuls quelques affleurements réduits ont été notés dans la partie méridionale de l'île. Les gneiss de Ploumoguer s'étendent largement de Beniguet à Molène et se poursuivent encore très loin vers l'Ouest ainsi que l'ont établi des prélèvements sous-marins (CHAURIS *et al.*, 1972a). Les gneiss offrent une structure isoclinale, avec plan de foliation généralement incliné au Sud (entre 15 et 70°, parfois subvertical) ; les directions — assez variables — oscillent entre N60°E et N110°E. Les amphibolites sont rares (Sud de Quemenez). Comme sur le continent, la granodiorite ancienne (565 ± 40 M.A., par Rb/Sr sur roche totale, ADAMS, in BISHOP *et al.*, 1969) de la pointe des Renards est associée à cet ensemble gneissique (Beniguet, Litiri, Quemenez, Trielen). Sur le terrain, la granodiorite se distingue facilement des gneiss encaissants par sa morphologie plus massive. La présence de très nombreuses enclaves lui confère parfois un aspect pseudopoudinguiforme. Les migmatites de Plouarzel apparaissent dans la partie septentrionale de Molène (Fig. 1), dans les récifs des Mein Hir, Ar Vranig, Baz Hir et, enfin, en enclaves dans le granite porphyroïde de Balanec.

La présence d'enclaves de roches métamorphiques encaissantes dans la granodiorite ancienne des Renards (BISHOP *et al.*, 1969) incite à penser que le métamorphisme général du Léon n'est peut-être pas à rapporter à une évolution hercynienne, comme l'admettent certains auteurs (CABANIS *et al.*, 1979). L'âge ancien du métamorphisme est également suggéré par la discordance des quartzites de l'Arenig sur les gneiss de Brest (CHAURIS et HALLÉGOUE, 1973 a) et par le contraste entre les schistes (Ordovicien) des synclinaux pincés dans les gneiss de Brest et les septa de micaschistes (Briovérien) dans ces mêmes gneiss (CHAURIS et HALLÉGOUE, 1973 b). Dans ces conditions, le métamorphisme du Léon serait à rapporter à une évolution cadomienne comme l'avaient déjà pensé BISHOP *et al.* (1969). Il pourrait être rapproché du métamorphisme de la région malouine avec lequel il présente un certain nombre d'analogies.

II. GRANITE DE LA CHAUSSÉE DES PIERRES NOIRES (Un massif granitique, passé inaperçu au Nord de l'Iroise).

L'individualité de cette formation granitique, cartographiée jadis comme « gneiss de Brest », n'a été reconnue que récemment (CHAURIS, 1969a). Le granite, à biotite, constitue une succession de récifs, disséminés sur une quinzaine de kilomètres (et une largeur d'environ 2,5 km au droit de Kérouroc) entre les Rospects à l'Est et le Diamant à l'Ouest, et se prolonge encore à l'Ouest par des hauts-fonds. Au point de vue structural, le massif semble pouvoir être divisé en trois zones : une partie méridionale (Les Trois Cheminées) non écrasée ; une partie centrale (qui comprend les principaux affleurements) légèrement tectonisée (minces zones cataclastiques, stockwerk quartzeux) ; une partie septentrionale enfin (visible uniquement à Placen ar Beniguet) mylonitisée. Deux analyses chimiques (Rospects et Kérouroc) (TABLEAU I, n°s 1 et 2)

soulignent la dominante potassique du granite ($K_2O = 5,30 \%$; $Na_2O = 2,60 \%$), la richesse en silice ($SiO_2 = 75,75 \%$), mais, en même temps, la faible différenciation : teneur élevée en baryum (445 ppm), basses teneurs en béryllium (2 ppm), en lithium (15 ppm) et en étain (8 ppm). L'âge du granite, postérieur à celui du métamorphisme général, reste encore imprécis : aucun ensemble comparable n'a été reconnu dans le Pays de Léon, ni, à notre connaissance, dans le Massif armoricain. Le seul contact avec les formations cristallophylliennes, au Nord des Rospects, se fait par une zone mylonitique orientée Est-Ouest. La terminaison en coin, suggérée pour les gneiss de Brest à l'Ouest de la pointe de Saint-Mathieu, est peut-être à mettre en rapport avec l'intrusion du granite de la Chaussée des Pierres Noires et aussi avec l'accident mylonitique qui le limite vers le Nord.

III. DIORITES ET GABBROS DES ZERROU-GROAC'H ZU (Une nouvelle association basique dans la partie occidentale du batholite hercynien médio-armoricain).

Au Sud de Quemenez et de Trielen, le récif de Groac'h Zu et la partie méridionale du récif des Zerrou, presque entièrement immergés à pleine mer, sont constitués par des roches à teinte sombre, offrant une morphologie arrondie. La fréquence de galets comparables sur les estrans méridionaux de Quemenez et de Trielen suggère que ces récifs représentent seulement les points hauts d'un ensemble s'étendant sur quelques kilomètres carrés. Selon les échantillons, la composition varie des gabbros aux diorites micacées (TABLEAU 1, n^{os} 3, 4, et 5). Comme il est de règle, les faciès les plus basiques offrent des teneurs très faibles en Be (1,5 ppm), Li (6 ppm) et Sn (1 ppm). Aucune formation semblable n'a été observée dans le Bas-Léon ; dans le Haut-Léon, des roches basiques assez comparables (diorites) sont associées au granite hercynien de Roscoff, en particulier à l'île de Batz. D'autres pointements, de basicité variable, sont connus dans plusieurs autres plutons de la vaste ceinture batholitique (au sens de PITCHER, 1979) hercynienne médio-armoricaine (environs de Ploudaniel et de Plouneventer dans le massif de Kersaint ; de Lanvellec, de Plouaret... dans le massif de Plouaret, de Saint-Bihy, dans le massif de Quintin, etc...). La découverte de gabbros et de diorites dans les confins occidentaux du Léon fournit un nouvel exemple de la complexité de l'évolution du batholite médio-armoricain. Constitué principalement par des monzogranites porphyroïdes à biotite, ce batholite présente en fait un ensemble de plutons polyphasés allant des gabbros aux leucogranites fortement différenciés dont les affleurements du massif de Saint-Renan à Molène vont maintenant nous offrir des exemples. Il paraît former une association hybride où des matériaux résultant de l'anatexie crustale ont pu subir une contamination mantellique.

IV. GRANITE DE MOLENE (Modalités multiformes et polyphasées de la tourmalinisation métasomatique).

L'île de Molène et les récifs voisins fournissent — et de loin — les meilleurs affleurements du massif granitique de Saint-Renan-Kersaint qui constitue le pluton le plus occidental du batholite médio-armoricain. L'axe du massif coïncide approximativement



Fig. 1. — Gneiss migmatitique. Molène (Photo L. Chauris)



Fig. 2. — Contact à l'emporte-pièce du granite avec le socle gneissique. Molène (Photo L. Chauris)

avec un antiforme de gneiss migmatitiques (migmatites de Plouarzel) qui représente une des structures majeures du Pays de Léon. Comme le montrent les vastes panneaux enclavés (falaises de Korsenn et de Ruscumunoc en Plouarzel, estrans de Molène), la plus grande partie du granite de Saint-Renan s'est mise en place dans des gneiss et des migmatites. L'origine anatectique du granite est suggérée par la présence de restites, de sillimanite, de cordiérite. Cependant, le caractère intrusif du massif ne fait aucun doute, comme en témoignent les contacts à l'emporte-pièce (Fig. 2), les enclaves et le chevelu filonien. A l'affleurement, le massif dessine une longue « massue » (> 60 km sur 10 km au centre et à l'Est), dont le « manche » serait à l'Ouest ; dans cette partie occidentale (Plouarzel, Molène), le granite, encombré de panneaux du socle cristallophyllien, ne dépasse guère 2,5 km de large. L'accident linéaire médio-armoricain, puissant coulisage dextre jalonné par des mylonites (CHAURIS, 1969b) prend en écharpe le massif granitique : à l'Est, il affecte sa bordure méridionale, à l'Ouest (Molène), sa partie septentrionale. Les mouvements tectoniques ont accompagné (structure syncinématique) et suivi (mylonitisation) la mise en place du massif (vers 340-330 M.A.).

A Molène, dont le « raccord » avec le massif de Saint-Renan à Plouarzel est attesté par les récifs des Las, le granite est à grain fin, avec microcline, plagioclase acide, quartz, biotite et muscovite, et souvent, tourmaline poecilitique. Il présente fréquemment une foliation primaire plus ou moins accusée, à fort pendage, matérialisée par le parallélisme des biotites, alors que les muscovites, plus tardives, n'offrent aucune orientation. Souvent, le granite est constitué par une série de bandes alternantes pluridécimétriques à plurimétriques (faciès légèrement grisâtre et faciès plus clair légèrement postérieur). La tourmaline poecilitique apparaît dans les deux faciès dont la composition chimique reste, dans l'ensemble, comparable (sauf en ce qui concerne les alcalins) (TABLEAU I, n° 7 et 8). Dans la partie septentrionale de l'île (Petit Ledenez et récifs voisins), la foliation primaire du granite (orientée N80°E) est recoupée par la foliation de cataclase (N100°E, pendage Sud 70° à subvertical) qui jalonne le passage du linéaire médio-armoricain. Sur 500 m de large environ apparaissent tous les stades de mylonitisation depuis le délitage en lames de quelques millimètres jusqu'au laminage total. Par rapport aux gneiss encaissants (TABLEAU I, n° 6), le granite de Molène présente des différences significatives de composition chimique : teneurs plus élevées en silice et en soude, teneurs plus basses en fer, magnésium, titane et calcium. La comparaison des éléments en traces est particulièrement intéressante : teneur relativement basse du granite en Ba (60 ppm), soit 7 fois moins que le gneiss, teneurs nettement plus fortes en Sn (100 ppm, soit 5 fois plus) et en Be (12 ppm) ; par contre, les teneurs en Li sont 2 fois plus faibles, probablement à cause de l'abondance de la biotite dans les gneiss.

L'évolution pegmatitique et pneumatolytique du granite de Saint-Renan présente, à Molène, comme sur le continent, des modalités variées.

a) *Veinules aux limites floues enrichies en muscovite* - Dans la partie méridionale de l'île, le granite fin à deux micas, est fréquemment parcouru par des veinules de quelques dizaines de centimètres à plus d'un mètre d'extension longitudinale, d'un à deux centimètres de puissance, d'orientation variée, fortement enrichies en muscovite, accompagnée d'un peu de tourmaline. Chaque veinule

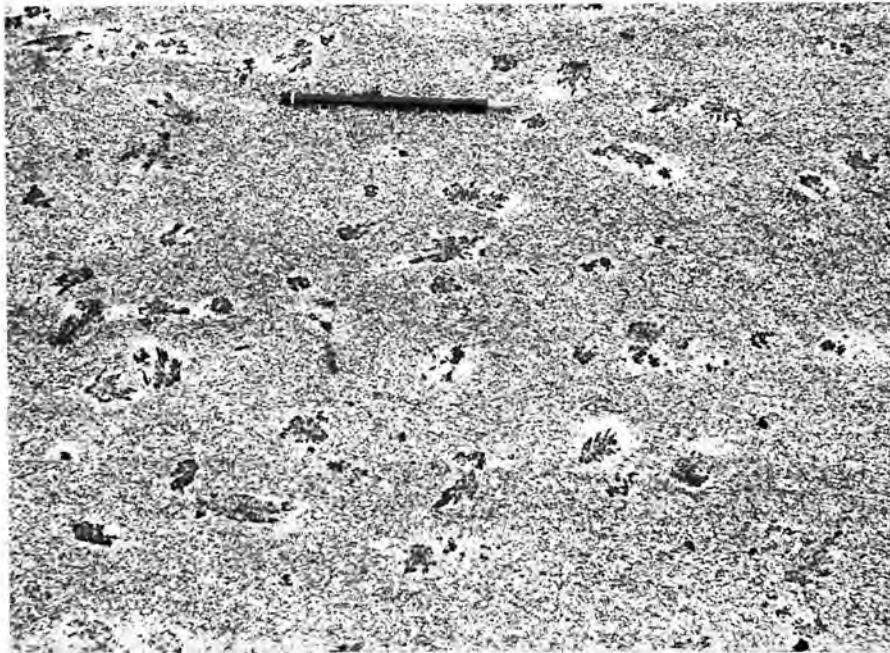


Fig. 3. — Amas poeciloblastiques de tourmaline, entourés d'un halo de blanchiment. Molène.

(Photo L. Chauris)



Fig. 4. — Blanchiment aux épontes de tourmalinites intragranitiques. Molène.

(Photo L. Chauris)

est bordée, des deux côtés, par une zone blanche d'un demi à un centimètre, dépourvue de mica. Le passage est insensible entre zone muscovitique, zone blanche et granite encaissant ; à leurs extrémités, les veinules se fondent imperceptiblement dans le granite. Ces formations paraissent résulter d'un piègeage précoce (postérieur à la foliation primaire quand elle apparaît, mais antérieur à la greisenisation sensu stricto comme le montre la présence de feldspaths apparemment identiques à ceux du granite) de fluides pneumatolytiques (muscovite) dans des zones de distension du granite en voie de refroidissement. Des formations comparables ont été décrites dans les leucogranites du Cap Sizun (FOUQUET, 1980) : le faciès blanchâtre se distingue du granite encaissant par la diminution du pourcentage en soude — qui reste cependant supérieur à 1 % — et l'augmentation en H_2O^+ (près de 2 %), variations qui soulignent une tendance à la greisenisation.

b) *Petits amas disséminés de tourmaline poeciloblastique* - En plusieurs points, en particulier dans la partie sud-ouest de l'île, le granite est constellé de petits amas nébulitiques de tourmaline. Ces amas, au nombre de plusieurs dizaines au mètre carré, plus ou moins globuleux, atteignent environ 5 cm de longueur (Fig. 3). Chaque amas est entouré d'une auréole claire, d'environ 1 cm de large, caractérisé par l'absence de biotite. Bien qu'assez anarchique, la répartition des amas tend à s'orienter parallèlement à la foliation primaire du granite. Au microscope, la tourmaline, de teinte brun-vert, forme des plages squelettiques développées dans le granite. Selon toute probabilité, le bore a percolé préférentiellement le long les plans de faiblesse constitués par la foliation et, de place en place, a capté le fer des biotites pour former des tourmalines poeciloblastiques. Ainsi s'explique le halo de blanchiment autour de chaque amas (déferisation causée par le bore). Le développement métasomatique de tourmaline affecte le faciès légèrement grisâtre du granite et le faciès plus clair postérieur : il n'est donc pas lié directement à un faciès particulier, mais a pu *se surimposer* à différents faciès. Il paraît antérieur à la mise en place des aplites à tourmaline qui peuvent recouper les amas.

c) *Pegmatites et aplites à tourmaline* - Le granite de Molène et, dans une plus faible mesure, les gneiss encaissants, sont recoupés par de nombreux filons aplitiques ; les pegmatites sont moins fréquentes. Ces filons, de quelques centimètres à plus d'un mètre de puissance, offrent, dans l'ensemble, la direction dominante NW-SE, plus rarement NNW-SSE ou WNW-ESE. Les *pegmatites*, à muscovite et tourmaline en cristaux pluricentimétriques, renferment localement du *béryl* en individus de quelques centimètres de long (NW de Roc'h Louet). Les *aplites* forment parfois dans le granite, des champs de filons subparallèles. Ce sont des roches à grain très fin, avec muscovite, grenat et tourmaline zonée (abondante (plusieurs %) à pléochroïsme vert-bleuté à brun clair, riche en halos pléochroïques, subautomorphe, fortement poeciloblastique et apparemment tardive). Aplite et pegmatite peuvent être parfois associées dans un même filon ; dans ce cas, l'aplite constitue la partie centrale du filon. Les gros feldspaths potassiques et les tourmalines sont quelquefois disposés perpendiculairement aux épontes. Certains filons aplitiques renferment de gros feldspaths disséminés. Pegmatites et aplites semblent donc appartenir à la même venue ou à des venues très rapprochées dans le temps. Les deux analyses chimiques d'aplite à fins cristaux de tourmaline effectuées (TABLEAU I, n° 9 et 10) s'avèrent

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	79/172	79/196	79/207	79/206	79/208	80/220	80/218	80/219	80/217	80/215	79/124	79/126	79/127	79/180	79/186	79/194	79/195
SiO ₂	75,90	75,60	50,10	53,40	56,00	69,10	73,70	74,20	74,15	74,40	41,10	49,30	49,50	75,90	51,50	70,60	73,50
Al ₂ O ₃	13,10	12,50	16,10	16,20	18,40	14,75	14,60	14,45	14,80	14,10	29,70	29,90	26,70	14,80	29,90	15,10	14,60
Fe ₂ O ₃	0,64	0,28	1,31	1,66	0,69	0,95	0,50	0,60	0,70	0,40	10,10	2,75	1,85	0,85	1,67	0,30	0,31
FeO	0,75	1,51	8,69	7,54	5,39	3,27	0,86	0,60	0,30	0,30	0,65	0,95	1,50	0,83	1,10	2,00	0,90
MnO	0,02	0,02	0,17	0,15	0,09	0,04	0,04	0,03	0,15	0,07	0,17	0,11	0,11	0,02	0,03	0,05	0,02
MgO	0,22	0,25	7,40	6,83	5,95	1,62	0,23	0,28	0,16	0,18	3,04	1,13	1,32	0,40	1,28	0,70	0,25
CaO	0,24	0,48	9,38	8,04	5,39	0,84	0,70	0,56	0,35	0,48	0,73	0,14	0,59	0,07	0,06	1,66	0,60
Na ₂ O	2,54	2,65	2,68	3,29	2,93	2,10	3,63	2,80	3,85	2,93	1,90	0,35	0,16	0,44	0,55	3,40	3,35
K ₂ O	5,34	5,24	0,47	0,46	2,04	4,55	3,70	4,70	3,70	4,95	2,14	9,50	8,60	4,29	8,70	4,50	4,75
TiO ₂	0,18	0,21	1,37	1,11	0,70	0,63	0,08	0,07	0,02	0,06	0,67	0,44	0,71	0,05	0,35	0,34	0,13
P ₂ O ₅	0,14	0,11	0,18	0,29	0,11	0,17	0,19	0,23	0,51	0,50	0,09	0,05	0,44	0,03	0,03	0,23	0,31
P F	0,60	1,20	0,45	0,45	1,00	0,84	0,82	0,73	0,56	0,61	2,07	4,30	3,95	1,95	4,40	0,70	1,10
Ba	500	390	75	90	295	439	54	71	8	25	85	175	300	600	650	490	120
Sr	54	41	239	300	535	63	61	48			70	27	41	18	14	201	44
Li	17	14	7	5	39	178	88	69	< 30	< 30	163	810	630	27	61	210	169
Be	1	3	1	2	2	1	16	8	71	83	6	20	15	5	10	9	8
Sn	8	8	2	0	4	20	55	140	35	60	23	1800	25000	10	27	10	8
B							26	22	352	112	27300	600	100				

TABLEAU 1. — Analyses chimiques (effectuées au B.R.G.M., Orléans). *Granite de la Chaussée des Pierres Noires* : 1 (79/172) les Rospects — 2 (79/196) Kerourac — *Complexe basique des Zerrou-Groac'h* Zu : 3 (79/207), 4 (79/206) et 5 (79/208) — *Massif granitique de Molène* : 6 (80/220) gneiss encaissant — 7 (80/218) — Carrière de Molène, granite légèrement grisâtre — 8 (80/219) Carrière de Molène granite plus leucocrate — 9 (80/217) Carrière de Molène et 10 (80/215), près de la cale du bateau de sauvetage : filons d'aplite à tourmaline — 11 (79/124) Petit Ledenez de Molène : tourmalinite dans mylonite — 12 (79/126) et 13 (79/127) — Molène : greisens — *Pegmatite à cœur quartzoux de Beniguet* : 14 (79/180) : Association muscovite arborescente-quartz — 15 (79/186) : greisen — *Granite porphyroïde de Balanec* : 16 (79/194) — *Leuco-nite de Bannec* : 17 (79/195).

assez comparables à celles du granite pour les éléments majeurs (avec toutefois une teneur plus faible en ferro-magnésien et en calcium et plus élevée en phosphore), mais différentes pour les éléments en traces : très faible teneur en Ba (16 ppm) ; teneur relativement élevée en Be (75 ppm) laissant supposer la présence de quelques petits béryls ; augmentation de la teneur en B (10 fois plus) ; curieusement toutefois, les teneurs en Li et Sn sont plus faibles que dans le granite : il n'y a pas ici de concentration d'étain au stade aplitique.

d) *Tourmalinites* - Ces formations, très abondantes, appartiennent à deux types différents.

● Les tourmalinites localisées dans les mylonites (formées aux dépens de granite ou de gneiss) liées au passage du linéament médio-armoricain (Petit Ledenez et récifs voisins, en particulier rochers de Goulin, Roc'h Velen, Ouest du sémaphore, etc...). La tourmalinisation, accompagnée d'un intense blanchiment de la roche encaissante, dû à la déferisation provoquée par le bore,

s'est développée parallèlement aux zones écrasées. Elle offre un caractère multiforme qui varie avec l'intensité du processus : dissémination de tourmaline en fins cristaux subautomorphes poeciloblastiques (quartz englobé) ; minces veinules ; tourmalinites massives. Dans les trois cas, la tourmaline est accompagnée de quartz tardif, en grandes plages non écrasées qui contrastent vivement avec le fond de granite mylonitisé. Parfois apparaît un peu de mispickel. A l'évidence, la *tourmalinisation*, guidée par les zones écrasées, s'est développée postérieurement à la mylonitisation. Ce processus métasomatique s'accompagne d'importantes migrations chimiques (TABLEAU I, n° 11) : diminution des teneurs en silice, soude et potasse, augmentation des teneurs en alumine, en oxyde de fer, de magnésium et de titane et surtout en bore (plus de 1 000 fois !). La tourmaline des tourmalinites appartient au type *schorlite* avec fer dominant et magnésium subordonné ; la teneur en *lithium* est très faible.

• Les tourmalinites situées dans des cassures transverses, orientées préférentiellement NW-SE ou NNW-SSE, confèrent au granite de Molène, du fait de leur fréquence, un cachet assez remarquable. Le type le plus répandu est représenté par les *diaclasses tourmalinisées* dont de beaux exemples peuvent être observés dans la partie méridionale de l'île au NW de Roc'h Louet ; en ce point, pratiquement toutes les diaclasses du granite présentant la direction NW-SE sont tourmalinisées. Les tourmalinites du granite se poursuivent dans les enclaves gneissiques avec la même direction. Aux épontes des tourmalinites, granite et gneiss présentent toujours un net blanchiment. Une prospection nocturne à la lampe à ultraviolet (mineralight) révélerait très certainement, comme sur le continent, la présence de *scheelite*. Les *aprites* à tourmaline qui injectent le granite sont également recoupées par des *tourmalinites* qui se sont parfois développées à l'éponte ; elles sont essentiellement constituées d'innombrables petites tourmalines automorphes jointives ou presque juxtaposées ; la tourmaline de ces tourmalinites est semblable à celle des *aprites* encaissantes. Les *filons de tourmalinite-quartz*, parfois avec amas de mispickel pluricentimétriques, sont également assez fréquents.

e) *Greisens* - A l'extrémité méridionale de Molène, le granite est localement greisenisé. La transition entre granite et greisen est soulignée par une zone claire, de quelques centimètres, caractérisée par la disparition de la biotite. Certains greisens présentent une forme lenticulaire (2×1 m). Ces lentilles peuvent montrer une structure zonée : cœur quartzeux central, greisen, auréole de granite clair, granite normal à deux micas. D'autres greisens, parfois de plus de 30 cm de puissance, sont situés à l'une des épontes de filons-diaclasses quartz-tourmalinites ; la zonation est alors la suivante : quartz-tourmalinite-greisen-granite clair-granite normal. Les greisens sont composés de quartz, muscovite, tourmaline (verte au microscope), apatite, cassitérite, *scheelite* et mispickel. Le quartz se présente en grandes plages, sans extinction roulante ; son pourcentage est très variable et inverse de celui de la muscovite. Certains greisens sont hypermicacés. La *cassitérite*, abondante, forme des cristaux brun-rouge, zonés et maclés, infra-millimétriques à centimétriques, localisés, soit dans la masse même du greisen, soit dans les minces filonnets quartzeux qui le recoupent ; les grosses masses de quartz intra-greisen paraissent stériles. Certaines plages de *scheelite* ont 2-3 centimètres. Deux analyses chimiques ont été effectuées sur des greisens hypermicacés (TABLEAU I, n°s 12 et 13), d'où les teneurs élevées en K_2O (9 %)

et en Al_2O_3 (28 %) et la faible teneur en SiO_2 (49 %). Par rapport au granite, on notera la chute de la teneur en Na_2O (0,25 %), très caractéristique de la greisenisation, la nette augmentation des teneurs en bore, en lithium ($\times 10$) et surtout en étain ($\times 250$). Les teneurs relativement élevées en P_2O_5 et CaO de l'échantillon n° 13 sont dues à la présence d'apatite. La découverte de greisens stannio-tungstifères à Molène établit que le massif de Saint-Renan-Kersaint présente d'une extrémité à l'autre, un chapelet de greisen, s'allongeant d'Est en Ouest, sur près de 60 km, de Tréméal près de Plouvorn à Molène. Il est à remarquer toutefois que la principale zone de greisenisation coïncide avec la partie renflée centro-orientale du pluton de Saint-Renan, tandis que ces formations sont beaucoup plus rares dans la zone étroite occidentale. Cette succession de greisens constitue, à notre connaissance, la plus longue zone greisenisée observée en France.

En résumé, le caractère géochimique le plus remarquable du pluton de Saint-Renan, particulièrement évident à Molène, réside dans son aptitude à *expulser du bore*. La *tourmaline* apparaît ici comme un *minéral essentiel*, non seulement du granite, des pegmatites, des aplites, des greisens et surtout des tourmalinites, mais aussi de certains gneiss encaissants. La tourmaline a cristallisé en plusieurs générations et n'est pas liée à un stade particulier de l'évolution du pluton. L'étude des mylonites, des filons-diaclases et des gneiss tourmalinisés montre que ce minéral présente indubitablement, dans ces trois cas, une *cristallisation métasomatique*. Une telle cristallisation métasomatique, et non magmatique, paraît également devoir s'appliquer aux amas nébulitiques disséminés dans le granite.

V. MYLONITES DE MOLÈNE (Affleurements occidentaux du linéament médio-armoricain).

L'accident linéamentaire qui affecte la partie septentrionale du granite de Saint-Renan à Molène mérite une mention spéciale. Les récifs situés au Nord de l'île représentent en effet les derniers affleurements occidentaux d'un des grands linéaments du Massif armoricain. Tout d'abord dénommé « linéament Molène-Moncontour » (CHAURIS, 1969b), cette fracture majeure a été suivie ultérieurement, vers l'Est, sur 400 km, jusqu'aux confins orientaux de l'Armorique où elle disparaît sous la couverture mésozoïque aux environs d'Alençon, d'où son nom actuel de « linéament médio-armoricain ». Cet accident paraît avoir joué un rôle important dans la mise en place (contrôle structural) de la ceinture batholitique médio-armoricaine et ce sont justement les mesures géochronologiques effectuées sur les différents plutons de ce batholite qui permettent de mieux cerner son histoire. Son rôle en tant que faille coulissante a surtout été important vers 330 M.A. (âge de la mise en place du pluton de Plouaret relié au pluton de Commana par l'étroit feuillet mylonitique de Lannéanou), avec un déplacement dextre d'une vingtaine de kilomètres au Sud de Morlaix (CHAURIS *et al.*, 1975). L'ampleur du coulissage et de la mylonisation s'est atténué progressivement par la suite : lors de la mise en place des granites de Quintin (vers 300 M.A.) et de Moncontour, le déplacement dextre n'était plus que de quelques kilomètres. Enfin, tout coulissage avait cessé lors de l'injection (vers 280 M.A.) du champ filonien microgranitique du Bas-Léon, qui recoupe, sans le moindre décrochement, les mylonites du granite de Saint-Renan. Faute de repères précis, l'importance du

mouvement coulissant ne peut être appréciée dans l'archipel de Molène, mais selon toute probabilité, il est encore de plusieurs kilomètres.

Le passage de l'accident linéaire dans l'archipel de Molène appelle *quelques remarques* (1). Avant le coulisage, toute la partie méridionale de la région était située plus à l'Est (2). A l'Ouest de Molène, le linéament doit passer à proximité du granite de Balanec (cf. infra) ; cependant, par suite de l'âge récent de ce massif, l'activité de l'accident était peut-être alors fortement réduite (3). L'apport de bore (si caractéristique de l'évolution pneumatolytique du granite de Saint-Renan), piégé dans les mylonites lors de la formation des tourmalinites, ne peut être très tardif : ainsi est nettement suggéré un laps de temps relativement court entre la mise en place syncinématique du granite et le coulisage mylonitisant.

VI. PEGMATITE DE BENIGUET (Une formation pegmatitique à cœur quartzéux et à passées greisenisées).

Une curieuse pegmatite, totalement différente de toutes les manifestations pegmatito-pneumatolytiques du granite de Saint-Renan à Molène, avec lequel elle n'a certainement aucun lien génétique, a été mise en évidence sur l'estran occidental de Beniguet, au NNW de l'ancienne ferme. Elle recoupe la granodiorite de la pointe des Renards selon une direction NE-SW et demeure partiellement masquée par le sable. Son extension longitudinale dépasse sans doute 30 m, sa puissance est supérieure à 2 m. La pegmatite de Beniguet se distingue des pegmatites liées au granite de Molène par l'absence de tourmaline, les faciès de la muscovite et le développement d'un cœur quartzéux. Les *muscovites* présentent trois habitus différents : 1) *Structure arborescente*, perpendiculaire à l'éponte, en grandes lames associées au quartz (des feldspaths potassiques pluricentimétriques à texture graphique peuvent également se développer directement à l'éponte). 2) *Structure « en livre »*, près du cœur quartzéux, en lames atteignant 5 cm. 3) *Amas à grain fin*, essentiellement micacé (muscovite) mais avec des biotites résiduelles décolorées, à composition de *greisen*. Ces greisens apparaissent, soit à l'éponte où ils offrent des termes de passage à la granodiorite encaissante dont ils dérivent manifestement, soit à l'intérieur de la pegmatite, au contact du cœur quartzéux, où ils représentent d'anciennes enclaves. Le *cœur quartzéux*, très blanc, est visible de loin ; il renferme de grandes plages (20 cm) de feldspath potassique sans texture graphique, blanchâtre, à éclat nacré sur le clivage, avec abondantes micropertites d'albite. Deux analyses chimiques ont été effectuées, l'une sur l'association muscovite arborescente-quartz, l'autre sur une passée greisenisée (TABLEAU I, nos 14 et 15). Au point de vue éléments majeurs, la composition du greisen est comparable à celle du greisen stannifère lié au granite de Molène, sauf en ce qui concerne P_2O_5 et CaO (absence d'apatite à Beniguet) ; par contre, au point de vue de certains éléments rares, les teneurs sont très différentes (environ 10 fois moins de lithium, environ 1 000 fois moins d'étain). La conservation des différents feldspaths potassiques de la pegmatite (minéraux normalement détruits lors de la formation des greisens) semblerait indiquer que la greisenisation a précédé la venue pegmatitique proprement dite. Et cette dernière manière de voir ajoute encore une touche originale à la pegmatite de Beniguet.

VII. *GRANITES DE BALANEC ET DE BANNEC* (Extrémité occidentale de la « traînée moniliforme » des granites tardihercyniens (300-290 M.A.) de Bretagne septentrionale).

a) *Le granite de Balanec* constitue presque entièrement l'île de ce nom, ainsi que de nombreux récifs voisins, en particulier Penn Ven Gwen et An Hanter Ven à l'Est ; les Remeurs et Men Gourgant au Nord ; Forc'hog et Men Gwen ar Rest, à l'Ouest. Le « *raccord* » avec le massif de l'*Aber-Ildut* sur le continent, est établi par les récifs de la Helle et du Faix. Ici, cependant, le granite présente un aspect un peu différent du faciès dominant de l'*Aber-Ildut*, caractérisé par ses mégacristsaux porphyroïdes d'orthose et l'absence totale de muscovite. A Balanec, au contraire, les feldspaths porphyroïdes sont, localement, de dimension réduite et constitués de microcline quadrillé ; dans certain cas, leur coloration rose est peu prononcée ou même absente ; la muscovite peut être observée, parfois même la tourmaline. Des différenciations pegmatitiques se développent dans le granite à proximité du contact avec les enclaves de gneiss migmatitiques. Des filons aplitiques à muscovite, tourmaline et grenat, de plusieurs mètres de puissance et d'orientation NW-SE, apophyses du granite de Balanec, recoupent les gneiss au Sud-Est de l'île. Au point de vue chimique (TABLEAU I, n° 16), la comparaison entre le granite porphyroïde de Balanec et le faciès dominant du granite de l'*Aber-Ildut* montre une augmentation de la teneur en silice ($\text{SiO}_2 = 70,60\%$ au lieu de $66,20\%$), une diminution des teneurs en CaO ($1,60\%$ au lieu de $2,90\%$) et en oxydes de fer, de magnésium et de titane. Cependant, la différenciation magmatique reste encore peu poussée à Balanec, comme le soulignent les teneurs relativement élevées en Ba (490 ppm) et en Sr (200 ppm). Ces divers caractères permettent de reconnaître, dans les îles, les faciès présentés, sur le continent, par la bordure méridionale du massif de l'*Aber-Ildut*. Le développement de tels faciès marginaux dans les îles et leur coïncidence avec la diminution très sensible de la largeur du granite, suggèrent que Balanec et les récifs voisins correspondent aux approches de l'extrémité du massif.

b) *Le leucogranite de Bannec*, réapparition occidentale du massif de Ploudalmézeau qui, sur le continent, recoupe le granite porphyroïde de l'*Aber-Ildut*, est une roche à grain grossier, avec microcline, deux micas et un peu de tourmaline. Il constitue l'île de ce nom, ainsi que les récifs voisins (Berlimou, Enez Kreiz, Enez ar Roc'h Hir, Staon Vraz, Louedog et Korn ar Men). Il présente une structure en dalles peu inclinées, magnifiquement exposée à Staon Vraz. A Louedog, il admet d'assez nombreuses petites différenciations pegmatitiques à tourmaline. Il peut montrer un léger écrasement, souligné par l'extinction roulante des quartz engrenés et par la courbure des lamelles de macles des plagioclases. A l'extrémité septentrionale de Bannec, il est recoupé par de nombreuses cassures parallèles dirigées N70°E. La différence entre le leucogranite de Bannec et le granite de Balanec se traduit nettement sur le plan chimique (TABLEAU I, n° 17) : augmentation de l'acidité ($\text{SiO}_2 = 73,50\%$), diminution des teneurs en CaO ($0,60\%$) et en oxydes de fer, de magnésium et de titane, chute des pourcentages en Ba (120 ppm) et en Sr (44 ppm) ; toutefois, les teneurs en Be et Sn restent sensiblement identiques.

La mise en place du massif de l'*Aber-Ildut*-Ploudalmézeau sous forme de grosses loupes uniquement enracinées au Nord, a été rattachée à la *réactivation d'une importante zone de faiblesse*

cadomienne, d'orientation N70°E (linéament Plouguerneau-Porspoder, CHAURIS *et al.*, 1972b). Cet accident, jalonné par de puissantes mylonites à pendage nord, tend à faire chevaucher le complexe de migmatites et de granites d'anatexie de Landunvez sur le massif de l'Aber-Ildut-Ploudalmézeau. Vers l'Ouest, l'accident Plouguerneau-Porspoder se poursuit, selon toute probabilité, avec la même direction, par le *passage du Fromveur* qui sépare l'archipel de Molène de l'île d'Ouessant. Dans l'archipel de Molène même, l'accident est marqué uniquement par la cataclase N70°E qui affecte localement le leucogranite de Bannec. C'est vraisemblablement la même famille d'accidents N70°E, parallèles aux grandes failles de la Manche, qui a contrôlé, plus à l'Est, la mise en place, à la même époque (300-290 M.A.), des granites rouges de la baie de Morlaix et de Ploumanac'h, maillons plus orientaux de la traînée « moniliforme » des granites tardihercyniens de Bretagne septentrionale.

N° échantillon	79/187	79/203	82/191		79/187	79/203	82/191
Localisation	Beniguet	Quemenez	Molène		Beniguet	Quemenez	Molène
Poids (en g) de l'échantillon analysé	114	362	987				
% en poids des minéraux lourds	70,9	69,2	8,71				
Cassitérite		tr	tr	Apatite	—	—	—
Tourmaline	—	—	66,27	Staurotide	—	—	—
Monazite	tr	—	tr	Disthène	—	—	—
Rutile	—	0,6	—	Sillimanite	—	—	—
Anatase	—	—	—	Andalousite			—
Zircon	—	—	—	Amphibole	—	1,6	—
Magnétite	—	—	—	Epidote	—		—
Ilménite	9,3	6,0	—	Corindon	—	—	—
Grenat	85,4	91,0	32,55	Sphène		—	

TABEAU II. — *Composition minéralogique de quelques placers littoraux de l'archipel de Molène* (tr = traces. — = minéral présent).
Analyses effectuées par H. CHEVANCE, responsable du Laboratoire de Minéralogie de la Division Minière Vendée-Bretagne du B.R.G.M. à Nantes.

VIII. PLACERS LITTORAUX - (Ultimes reliques des roches-mères).

De petites concentrations en minéraux lourds ont été observées sur quelques grèves de l'archipel de Molène. Ces « *sables lourds des plages* » forment des dépôts d'extension réduite à *Beniguet* (à proximité de la pegmatite à cœur quartzeux, ainsi que sur la côte sud-est, à *Quemenez* (sur la côte sud, un peu à l'ouest de la petite dune orientale, en placage sur les limons) et à *Molène* (au pied des cordons de galets, au sud du port et surtout dans la grande Ledenez, sous forme de couches millimétriques réparties sur une dizaine de cm de profondeur). Les occurrences de Beniguet et de Quemenez

présentent une couleur rouge, tandis qu'à Molène, la teinte tend vers le noir. L'analyse minéralogique rend compte de ces différences (TABLEAU II). Dans les deux premières îles, le spectre est nettement dominé par le *grenat* (plus de 90 % en poids des minéraux lourds à Quemenez), tandis qu'à Molène, il est surtout caractérisé par la *tourmaline* (plus de 65 %). Ces fortes variations reflètent la nature des *roches-mères* : dans les deux premiers cas, selon toute vraisemblance, les micaschistes du Conquet, riches en grenat ; dans le troisième cas, le granite de Saint-Renan et ses multiples différenciations à tourmaline. L'*origine proximale* des occurrences paraît confirmée par les observations effectuées sur le continent. Sur la grève de Porz Feunteun (micaschistes du Conquet), le grenat représente 63 % en poids des minéraux lourds : la tourmaline est très sporadique. Inversement, à Ruscumunoc (granite de Saint-Renan), la tourmaline constitue 55 % en poids des minéraux lourds, alors que la teneur en grenat est tombée à 23 % (CHAURIS, « A la recherche des placers littoraux : concentrations de sables lourds sur les plages du Nord-Finistère (Massif armoricain) », 107^e Congrès Soc. Savantes, Brest, 1982, sous presse). La présence de traces de *cassitérite* à Molène et à Quemenez est à mettre en relation avec le granite stannifère de Saint-Renan ; les plages de Beniguet, plus éloignées, semblent dépourvues de ce minéral. Les minéraux lourds *concentrés* dans les placers littoraux apparaissent comme les *ultimes reliques* des roches-mères où ils étaient jadis *disséminés*. Ils conservent ainsi, sous le fard de la parure mouvante des plages, les traits, presque effacés, d'une lointaine histoire.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BISHOP A.C., BRADSHAW J.D., RENOUF J.T., TAYLOR R.T. (1969) - The stratigraphy and structure of part of West Finistère, France. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 124, pp. 309-348.
- 2 - CABANIS B., PEUCAT J.-J., MICHOT J. et DEUTSCH S. (1979). Remise en cause de l'existence d'un socle orthogneissique antécambrien dans le Pays de Léon. *Bull. B.R.G.M.*, 1, 4, pp. 357-364.
- 3 - CHAURIS L. (1969 a) - Les confins occidentaux du Pays de Léon (Finistère) : Archipel de Molène et Chaussée des Pierres Noires. *Bull. Soc. Géol. Minéral. Bretagne, Nouvelle série*, 1968 (1969) pp. 119-145.
- 4 - CHAURIS L. (1969 b) - Sur un important accident structural dans le Nord-Ouest de l'Armorique. *C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 268, pp. 2859-2861.
- 5 - CHAURIS L., DEUNFF J., LAPIERRE F., LE FORT J.-P., PLUSQUELLEC Y. (1972 a) - Les formations précambriennes et paléozoïques au large des côtes occidentales du Finistère. *C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 274, pp. 2624-2626.
- 6 - CHAURIS L. et GARREAU J. (1975) - Les relations du granite de Guimiliau avec le Paléozoïque de la rade de Brest et du bassin de Morlaix (Massif Armoricaire). *C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 280, pp. 251-254.
- 7 - CHAURIS L. et HALLEGOUET B. (1972 b) - Feuille géologique de Brest au 80.000^e, 3^e Edit., partie Pays de Léon.
- 8 - CHAURIS L. et HALLEGOUET B. (1973 a) - Les relations du Paléozoïque inférieur avec le socle précambrien du Pays de Léon, le long de la vallée de l'Elorn (Finistère). *C.R. Acad. Sc. Paris* t. 277, pp. 277-280.
- 9 - CHAURIS L. et HALLEGOUET B. (1973 b) - Les « quartzites » des gneiss de Brest (Finistère). *Bull. Soc. Géol. Minéral. Bretagne*, C, V, 2, pp. 93-99.
- 10 - FOUQUET Y. (1980) - Les districts antimonifères de Quimper et du Cap Sizun (Finistère). Leur place dans la métallogénie de l'antimoine dans le Massif Armoricaire (France). *Thèse 3^e cycle*, Clermont-Ferrand.
- 11 - PITCHER W.S. (1979) - The nature, ascent and emplacement of granitic magmas. *Journ. Geol. Soc. London*, 136, pp. 627-662.

On trouvera, dans la collection « Guides géologiques régionaux », volume Bretagne (Editions Masson), la description de l'itinéraire suivi par le courrier régulier reliant Brest à Ouessant via Molène.