

Le granite à tourmaline de Plouarzel (Finistère) : aspects chimico-minéralogiques d'une différenciation marginale leucogranitique

*The Plouarzel tourmaline granite (Finistère dept.):
chemical and mineralogical aspects
of a leucogranitic marginal differentiation*

Louis CHAURIS ⁽¹⁾

Mots-clés : Granite, Leucogranite, Analyses majeurs, Analyses éléments traces, Tourmaline, Bore.
Finistère (Plouarzel).

Résumé

Le leucogranite à tourmaline de Plouarzel résulte de la différenciation marginale du granite porphyroïde rose de l'Aber-Ildut à affinité granodioritique. Le fractionnement magmatique est marqué par les variations de la composition minéralogique, par la décroissance régulière des teneurs en Fe, Mg, Ca, Ti, V, Ba, Sr... et par l'augmentation très sensible des teneurs en bore. La concentration du bore dans le faciès marginal est restée toutefois sous le seuil de saturation et aucun processus de démixtion d'un mélange très enrichi en cet élément n'a été décelé. Les résultats obtenus permettent d'interpréter l'absence d'une minéralisation stannifère dans un granite fortement fractionné.

Abstract

The Plouarzel tourmaline leucogranite results from the marginal differentiation of the Aber-Ildut pink granite (with granodioritic affinity). The magmatic fractionation is emphasized by the variations of the mineralogical composition, by the regular decrease of the percentages of Fe, Mg, Ca, Ti, V, Ba, Sr... and by the strong increase of boron. Nevertheless, the boron concentration in the marginal facies is remained below the limit of saturation and any unmixing of a very rich boron melt has been observed. The obtained results allow to explain the absence of a stanniferous mineralization in a strongly fractionated granite.

Le leucogranite de Plouarzel forme le faciès de bordure méridionale du complexe granitique polyphasé tardi-hercynien (300 Ma) de l'Aber-Ildut qui affleure à l'extrémité occidentale du Pays de Léon (Massif armoricain) (Barrois, 1902 ; Chauris, 1966). Sa position structurale (faciès marginal), ses caractéristiques pétrographiques, avec entre autres, sa richesse en tourmaline, et sa composition chimique, en particulier l'abondance du bore, confèrent à ce leucogranite un caractère original. Le but de la note est de présenter un *exemple de différenciation de bordure marquée par la concentration de fluides borés, à partir d'un magma granitique peu fractionné et pauvre en bore*. Ce travail est une contribution à la géochimie du bore associé aux granitoïdes.

Cadre structural et pétrographique

Le complexe granitique polyphasé de l'Aber-Ildut (sensu lato) comprend deux venues majeures successives : l'ensemble I (ou de l'Aber-Ildut sensu stricto) ; l'ensemble II (ou de Ploudalmézeau), tous deux limités au nord, d'une manière rectiligne, par le linéament WSW-ENE de Porspoder (fig. 1, 2 et 3) (Chauris, 1966 ; Le Corre, Balé et Georget, 1989).

a) Sur la carte, **les différents faciès du pluton I** se disposent en une série de croissants convexes vers le sud. Ce dispositif traduit une dissymétrie qui incite à

(1) Département des Sciences de la Terre, URA 1278, Université de Bretagne Occidentale, 29287 Brest Cedex.

penser que l'intrusion du granite a débuté à partir de la zone de faiblesse de Porspoder et s'est peu à peu étendue en direction du sud. Au nord, à Porspoder, une foliation secondaire de cisaillement (sénestre), orientée WSW-ENE, se superpose à l'orientation primaire orientée E-W et inclinée fortement vers le nord. La déformation ductile est bien marquée par les étroites bandes mylonitiques qui séparent les bandes granitiques moins affectées par l'écrasement ; elle s'est effectuée sous des conditions élevées de température, ainsi que l'attestent la stabilité de la biotite et la déformation plastique du quartz en minces lentilles très allongées. Plus au sud, l'écrasement disparaît et le granite présente seulement une organisation planaire subhorizontale, marquée par les feldspaths porphyroïdes et les enclaves sombres « microgrenues » ; cette orientation elle-même s'estompe plus au sud et le leucogranite de Plouarzel montre une texture équante, selon toute apparence. Ces diverses modalités suggèrent que le pluton I s'est mis en place sous forme d'une grosse loupe, enracinée uniquement dans sa partie septentrionale (fig. 4).

Cette polarité structurale est accompagnée par une polarité pétrographique et des variations géochimiques (infra). Sur la plus grande partie de ses affleurements, le massif granitique de l'Aber-Ildut présente un faciès constant, caractérisé par la couleur rose de ses feldspaths porphyroïdes, la basicité relative du plagioclase (andésine), la présence de biotite abondante et de sphène, l'absence de muscovite et surtout par de très nombreuses enclaves sombres « microgrenues ». La composition modale (quartz : 26 % ; feldspath potassique : 28 % ; plagioclase : 36 % ; biotite et minéraux accessoires : 10 %) est celle d'un granite monzonitique, à tendance granodioritique. L'absence de muscovite, la présence de sphène, l'abondance des enclaves sombres microgrenues... suggèrent l'appartenance au type I (Chappell et White, 1974) de cet ensemble peu fractionné à tendance granodioritique. Sur sa bordure méridionale, le granite porphyroïde rose (ou Aber-Ildut sensu stricto) montre des variations progressives : d'abord, un granite à feldspaths potassiques blanchâtres, moins porphyroïde (type Kervriou) souvent encore proche du granite rose ; puis, par perte de la

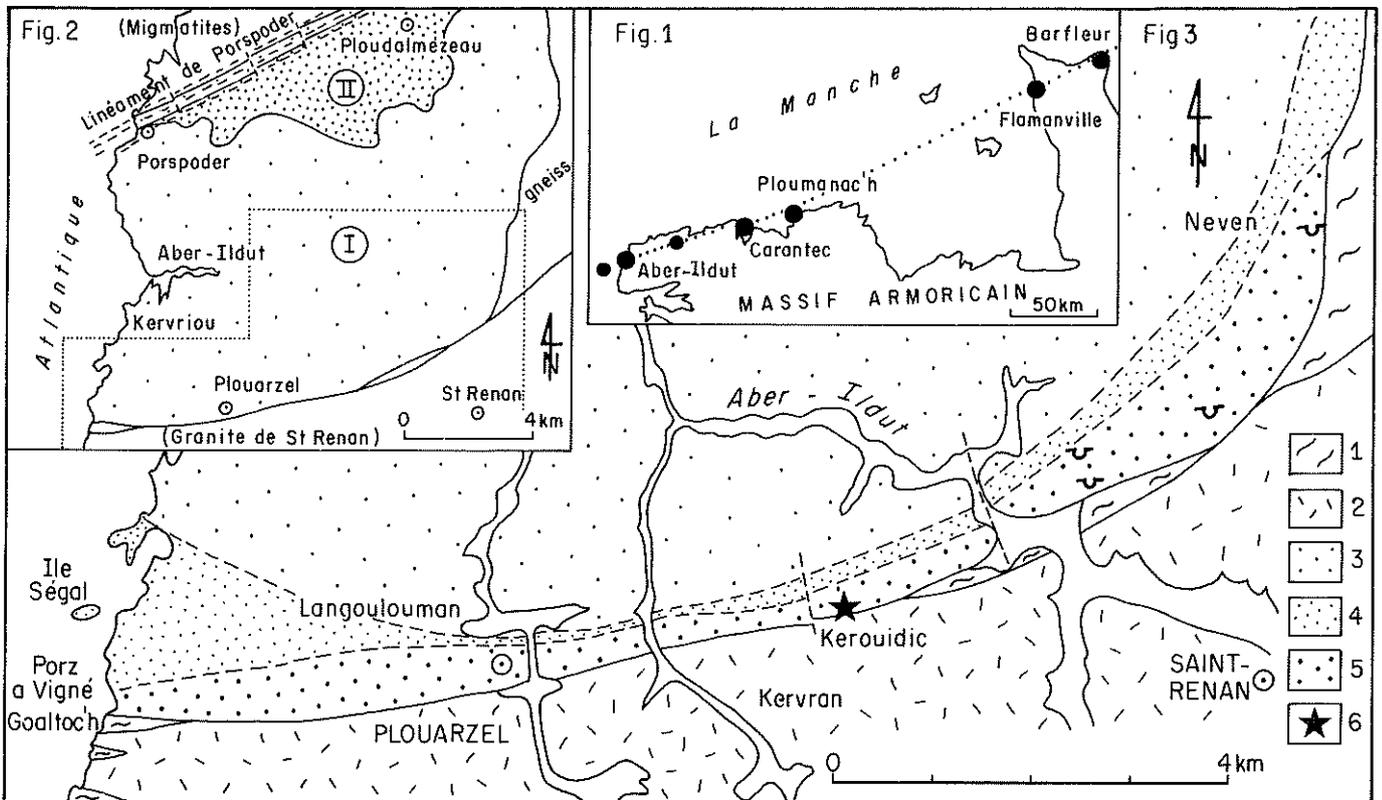


Fig. 1. - Place du massif granitique de l'Aber-Ildut dans la ceinture batholitique des granites rouges d'Armorique septentrionale.
Fig. 1. - Site of the Aber-Ildut granite in the North Armorican red granite batholith belt.

Fig. 2. - Les deux ensembles majeurs du pluton polyphasé de l'Aber-Ildut (sensu lato). I. Ensemble de l'Aber-Ildut. II. Ensemble de Ploudalmézeau. Faciès marginaux et apophyses non représentés.
Fig. 2. - The two major units of the multiphase Aber-Ildut pluton (sensu lato). I. Aber-Ildut unit. II. Ploudalmézeau unit. Marginal facies and apophyses not shown.

Fig. 3. - Le leucogranite à tourmaline de Plouarzel à la bordure méridionale du massif granitique de l'Aber-Ildut.
1 : Socle cristallophyllien. 2 : Granite de Saint-Renan. 3 à 5 : Ensemble de l'Aber-Ildut. 3 : Granite porphyroïde rose et granite porphyroïde blanc (non séparés). 4 : Granite grossier à biotite dominante et granite grossier à deux micas (non séparés). 5 : Leucogranite à muscovite et tourmaline de Plouarzel. 6 : Greisen de Kerouidic (voir texte).
Fig. 3. - Plouarzel tourmaline leucogranite at the southern edge of the Aber-Ildut granite massif.
1: Schistose basement. 2: Saint-Renan granite. 3-5: Aber-Ildut unit. 3: Pink porphyritic granite and white porphyritic granite (undifferentiated). 4: Coarse-grained biotitic granite and coarse-grained two-mica granite (undifferentiated). 5: Plouarzel muscovite-tourmaline granite. 6: Kerouidic greisen (see text).

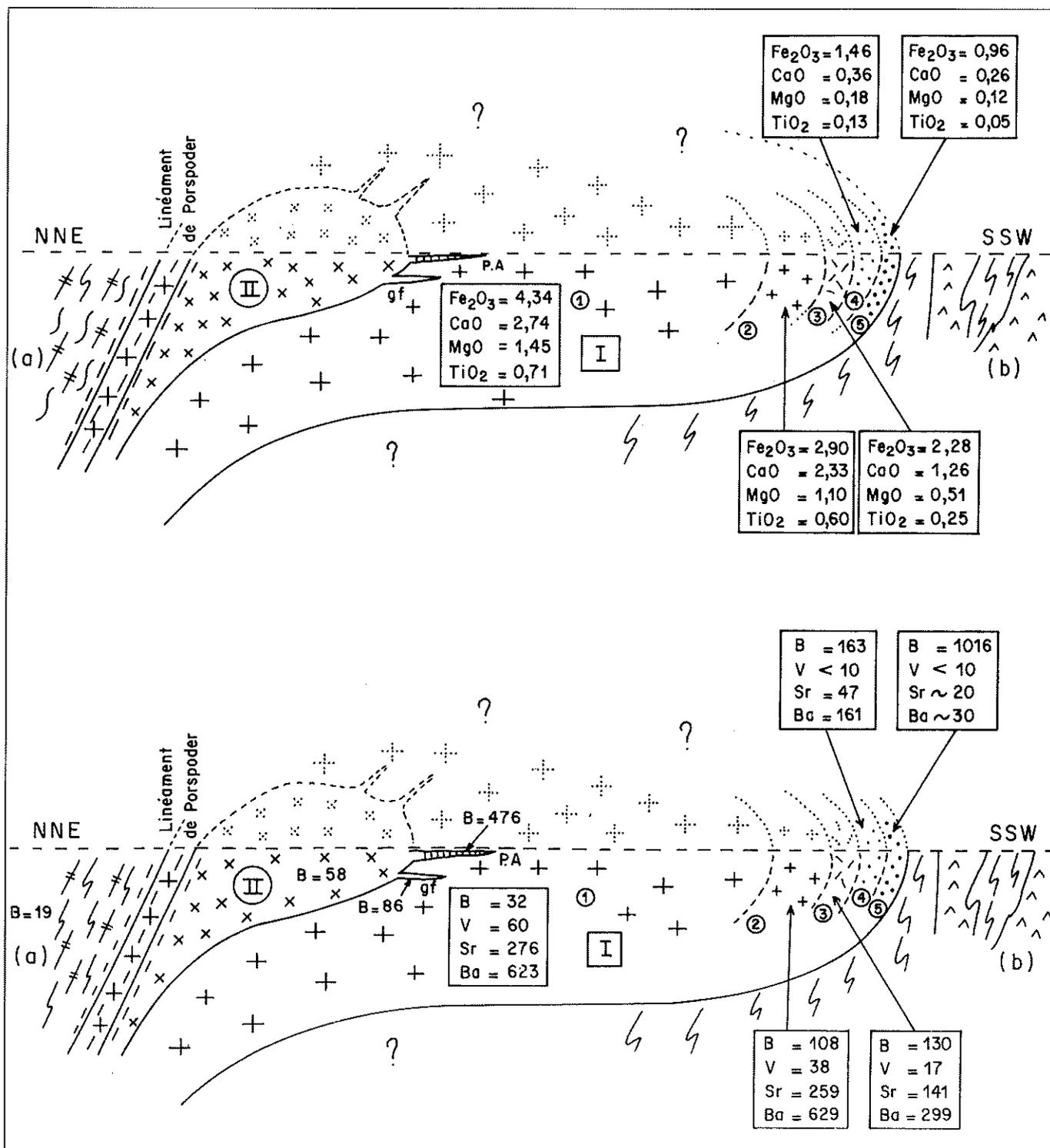


Fig. 4 a et 4 b. - Coupe semi-schématique interprétative du pluton polyphasé de l'Aber-Ildut. Variations de la composition chimique dans les différents ensembles.

a) Complexe migmatitique de Landunvez (teneur moyenne en bore de 6 échantillons = 19 ppm). b) Granite de Saint-Renan (avec septa cristallophylliens). I. Ensemble de l'Aber-Ildut avec modification de bordure méridionale. (1 : Granite porphyroïde rose, 2 : Granite porphyroïde blanc, 3 : Granite grossier à biotite dominante, 4 : Granite grossier à deux micas, 5 : Leucogranite à muscovite et tourmaline de Plouarzel), II. Ensemble de Ploudalmézeau. (gf : filon de granite fin ; PA : filon de pegmatite-aplité). Fe₂O₃ à TiO₂ en % ; B à Ba en ppm (cf. Tableau IV).

Fig. 4 a and 4 b. - Interpretative semi-schematic section of the Aber-Ildut multiphase pluton. Variations in chemical composition of the different units.

a) Landunvez migmatite complex (average boron grade of 6 samples = 19 ppm). b) Saint-Renan granite (with schistose septa). I. Aber-Ildut unit with modified southern margin (1: Pink porphyritic granite, 2: White porphyritic granite, 3: Coarse-grained biotitic granite, 4: Coarse-grained two-mica granite, 5: Plouarzel muscovite-tourmaline leucogranite), II. Ploudalmézeau unit (gr. Fine-grained granite vein. PA. Pegmatite-aplité vein). Fe₂O₃ to TiO₂ in %, B to Ba in ppm (cf. Table IV).

texture porphyroïde, un granite grossier à biotite dominante, à oligoclase (type Langoulouman) ; puis un leucogranite grossier, avec albite à quelques % an, à deux micas et tourmaline sporadique (type Ségal) ; enfin un leucogranite à albite (souvent An₆₀), muscovite et tourmaline abondante (type Plouarzel). Seul ce dernier faciès sera examiné ici en détail.

b) **Le pluton II** (dit leucogranite de Ploudalmézeu) présente au sud un contour festonné ; il émet de nombreuses apophyses méridionales (granite à grain fin et pegmatites-aplites, parfois riches en tourmaline) dans le granite porphyroïde rose de l'Aber-Ildut, qu'il recoupe à l'emporte-pièce. Ce deuxième ensemble ne sera pas étudié ici.

Le leucogranite de Plouarzel

a) Situation

L'auréole marginale méridionale du granite de l'Aber-Ildut sensu stricto — ou leucogranite de Plouarzel — apparaît remarquable par son ampleur, tant latérale (plusieurs centaines de mètres) que longitudinale (plus de 15 km d'extension visible) [en fait, son prolongement occidental, masqué par la mer, reste inconnu ; dans le récif isolé de Goaltoc'h affleure un granite intermédiaire entre le leucogranite type Ségal et le leucogranite de Plouarzel] (fig. 3). Sa mise en place à l'extrémité de la loupe granitique s'est effectuée au contact d'unités antérieures indurées (gneiss migmatitiques de Plouarzel et granite de Saint-Renan). Le leucogranite apparaît légèrement en relief dans la morphologie ; il limite vers l'aval les petits flats stannifères de Plouarzel et de Kervran, et forme également le seuil du grand flat de Saint-Renan (Moussu, 1963 ; Chauris, 1980).

b) Pétrographie

Malgré une certaine variation dans la granulométrie (fin à grossier), le leucogranite de Plouarzel présente, dans l'ensemble, une grande homogénéité pétrographique. Il se distingue immédiatement de tous les autres granites bretons. Il est caractérisé par de nombreux cristaux isolés et allongés de tourmaline noire dans un fond hololeucocrate ; localement, apparaissent de petits grenats rouges. L'albite, souvent pure (An₆₀), offre une tendance automorphe. Le feldspath potassique (tabl. I, 1) se présente parfois en plages rési-

duelles dans le feldspath sodique. La biotite ne forme que de rares individus presque entièrement transformés en muscovite, ou est totalement absente. Le quartz, en grandes plages xénomorphes, sans extinction roulante, corrode l'albite. La muscovite (tabl. I, 2 et 3) est abondante. Ça et là, apparaissent des plages millimétriques de mispickel entouré d'une auréole rouillée et, plus rarement, des cavités miarolitiques avec cristaux de quartz, de muscovite et d'apatite. Près de Kerroudic, le leucogranite est greisenisé.

Deux minéraux de leucogranite méritent une mention spéciale : le grenat et surtout la tourmaline. Le *grenat* reste sporadique et de faible dimension (de l'ordre du mm). Il offre des contours irréguliers dus — au moins en partie — à son habitus poecilitique (quartz englobé) et à son association avec la muscovite. Les analyses à la microsonde indiquent un *almandin-spessartine* (avec un rapport approximatif 60/40) (tabl. I, 4 à 7). La *tourmaline* est un constituant essentiel du leucogranite : ses pourcentages, toujours supérieurs à 1 % atteignent souvent 4 %. Elle se présente en cristaux noirs isolés, allongés, qui peuvent dépasser 1 cm de long. Au microscope, elle montre un habitus automorphe, poecilitique (feldspath, mica et quartz englobés — indiquant ainsi sa cristallisation tardive), une teinte le plus souvent brun-vert (avec rarement parties bleuâtres). Elle renferme parfois de minuscules inclusions avec halos pléochroïques. Les analyses à la microsonde (tabl. I, 8 à 11) indiquent la *nette prédominance du pôle schorlite sur le pôle dravite* (Fe/Mg ~ 12,6).

c) Composition chimique

Le tableau II, 1 à 10, présente la composition de 10 échantillons du leucogranite de Plouarzel. Quelques remarques générales peuvent être formulées. Forte « acidité » (SiO₂ = 73 % - CaO = 0,26 %). Faibles teneurs en éléments « ferro-magnésiens » (Fe₂O₃ + MgO + MnO + TiO₂ = 1,18 %). Rapport moyen Na₂O/K₂O voisin de 1 (0,96), parfois même supérieur à 1 (jusqu'à 1,12). Le caractère nettement différencié du granite est confirmé par les faibles teneurs en baryum et strontium (parfois < 10 ppm), les teneurs assez élevées en rubidium (jusqu'à 645 ppm) et surtout en bore (jusqu'à 1 643 ppm ; teneur moyenne de 7 échantillons : 1 016 ppm). L'évolution marginale qui a conduit à la formation du leucogranite de Plouarzel est sensible par rapport au leucogranite à deux micas et à tourmaline sporadique, du type Ségal, situé immédiatement plus au nord et pour lequel les données suivantes ont été

| | 1 | 2(3) | 3(10) | 4 | 5 | 6(2) | 7 | 8 | 9 | 10(2) | 11(3) |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 66,26 | 47,72 | 47,94 | 37,16 | 37,09 | 36,66 | 37,21 | 33,98 | 34,34 | 35,95 | 34,93 |
| Al ₂ O ₃ | 19,10 | 34,92 | 34,88 | 21,34 | 21,56 | 21,18 | 21,12 | 35,13 | 34,66 | 35,97 | 34,95 |
| FeO | 0,00 | 2,36 | 3,53 | 25,48 | 28,27 | 25,04 | 25,60 | 12,17 | 13,33 | 12,31 | 12,57 |
| MnO | 0,00 | 0,20 | 0,21 | 17,28 | 13,98 | 15,90 | 16,83 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,14 |
| MgO | 0,00 | 0,41 | 0,25 | 0,19 | 0,34 | 0,05 | 0,04 | 1,31 | 1,30 | 1,40 | 1,13 |
| CaO | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,17 | 0,22 | 0,13 | 0,11 | 0,12 | 0,13 |
| Na ₂ O | 0,12 | 0,73 | 0,36 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 1,71 | 1,87 | 1,54 | 1,68 |
| K ₂ O | 14,26 | 9,34 | 9,10 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| TiO ₂ | 0,00 | 0,49 | 0,25 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,02 | 0,33 | 0,71 | 0,62 | 0,61 |
| F | | | 1,62 | | | | | | | 0,13 | 0,93 |

Tabl. I. - Analyses à la microsonde de quelques minéraux du leucogranite à tourmaline de Plouarzel. (CRPG, Nancy, M. Pichavant). () Nombre d'analyses. 1 : Feldspath potassique. 2 et 3 : Muscovite. 4 et 5 : Grenat (cœur et bordure). 6 et 7 : Grenat (cœur et bordure). 8 et 9 : Tourmaline (cœur et bordure). 10 et 11 : Tourmaline (cœur et bordure).

obtenues (moyenne de 2 analyses) : (Fe₂O₃ + MgO + MnO + TiO₂ = 1,82 % ; rapport Na₂O/K₂O = 0,71 ; teneurs nettement plus fortes en Ba (161 ppm) et en Sr (47) ; teneurs plus faibles en Rb (325 ppm) et surtout en B (163 ppm) (fig. 5). L'augmentation du rapport Na₂O/K₂O s'interprète par le grand développement de l'albite (le feldspath potassique est parfois résiduel). Les filons de leucogranite à muscovite et tourmaline qui recoupent le leucogranite de Plouarzel ont une composition chimique (tabl. II, 11) tout à fait comparable à celle de ce granite (avec une légère prédominance de la soude sur la potasse [1,04]).

d) Dégénérescence : la greisenisation

Aux environs de Kerouidic, à proximité de sa bordure externe, le leucogranite de Plouarzel est localement greisenisé. Le passage entre leucogranite et greisen est progressif mais rapide (1 cm seulement) et se marque en particulier par le développement intra-feldspathique de la muscovite. Dans le greisen, la muscovite se présente, soit en grandes lames héritées du granite, soit en amas de lames plus petites, de néoformation. Lors de la greisenisation, le grenat et surtout la tourmaline ont, dans l'ensemble, résisté aux processus métasomatiques. La tourmaline montre les mêmes pourcentages et les mêmes caractères que dans le leucogranite. Le greisen de Kerouidic offre ainsi un cachet original : en effet, dans les greisens, la *tourmaline* est classiquement un minéral de néoformation (Scherba, 1970) : ici, elle est *minéral relique* et représente l'*héritage de la roche-mère*. Le greisen à grain fin (ou greisen I) fait place à un greisen à gros grain (1 à 2 cm), avec muscovite et quartz, mais sans grenat et sans tourmaline (ou greisen II) ; l'abondance du quartz indique que l'évolution greisenisante s'achève ici par une silicification.

Par rapport au leucogranite-source, le greisen à grain fin (seul analysé) se caractérise chimiquement (tabl. III) : par la croissance de la teneur en fer (Fe₂O₃ = 3,3 %), lié à l'augmentation du pourcentage en muscovite ; par la chute de la teneur en soude (Na₂O = 0,37 %), due à la destruction de l'albite. Les teneurs en Ba (20 ppm) et en Sr (8 ppm) sont comparables à celle

du leucogranite. La teneur en lithium, en liaison avec la muscovite, augmente sensiblement (355 ppm — au lieu de 186 ppm [t.m. de 3 éch.]).

e) Interprétation

Le passage insensible entre le leucogranite type Ségol (à deux micas et tourmaline sporadique) et le leucogranite type Plouarzel (à muscovite et tourmaline abondante) est bien établi par la coupe continue sur l'estran au nord de Porz a Vigné et les diagrammes géochimiques (infra, fig. 5). La présence de minéraux plus ou moins résiduels dans le leucogranite de Plouarzel (essentiellement biotite ; accessoirement feldspath potassique) ; la corrosion de l'albite par le quartz ; la formation locale d'un faciès caractérisé essentiellement par l'association microcline-quartz-tourmaline (tendance « microclinitique ») ; la croissance poecilitique du grenat et de la tourmaline ; la cristallisation tardive de mispickel disséminé ; l'apparition de miaroles avec apatite ; enfin le développement local de la greisenisation... indiquent la *superposition*, dans le leucogranite de Plouarzel, de *plusieurs phases tardi- à post-magmatiques*. La présence à la fois de minéraux-reliques et de minéraux de néo-formation confère à cette roche un *certain cachet apogranitique* (cf. Beus et al., 1962). Les travaux expérimentaux (Chorlton et Martin, 1978 ; Pichavant, 1981 ; Pichavant et Manning, 1984) ont établi que le bore — élément constitutif essentiel de la tourmaline — et le fluor contribuent à *abaisser le solidus* du magma granitique : ainsi s'explique que le leucogranite de Plouarzel apparaisse comme la formation ultime du pluton de l'Aber-Ildut sensu stricto.

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------------------------------|------|------|----|-----|-----|
| | 1 | 2 | | 1 | 2 | | 1 | 2 |
| SiO ₂ | 76,20 | 78,50 | CaO | 0,23 | 0,16 | Li | 360 | 350 |
| Al ₂ O ₃ | 12,90 | 11,67 | Na ₂ O | 0,39 | 0,35 | Sr | 8 | 8 |
| Fe ₂ O ₃ | 3,53 | 3,06 | K ₂ O | 3,38 | 3,23 | Ba | 20 | 20 |
| MnO | 0,04 | 0,04 | TiO ₂ | 0,11 | 0,08 | Rb | 492 | 465 |
| MgO | 0,24 | 0,21 | P ₂ O ₅ | 0,21 | 0,25 | | | |

Tabl. III. - Composition chimique des greisens de Kerouidic. Analyses J. Cotten, UBO, Brest. Li à Rb en ppm.

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| SiO ₂ | 72,00 | 71,70 | 68,25 | 74,56 | 76,18 | 74,36 | 73,80 | 74,50 | 73,18 | 72,60 | 74,20 |
| Al ₂ O ₃ | 15,20 | 15,20 | 17,85 | 14,45 | 13,94 | 14,90 | 14,75 | 14,80 | 15,84 | 15,80 | 14,79 |
| Fe ₂ O ₃ | <1,0 | <1,0 | 1,57 | 0,77 | 0,71 | 1,03 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,77 | 0,79 |
| MnO | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,04 | 0,08 | 0,04 |
| MgO | <1,0 | <1,0 | 0,30 | 0,16 | 0,03 | 0,03 | 0,09 | 0,06 | 0,20 | 0,08 | <0,20 |
| CaO | <1,0 | <1,0 | 0,50 | 0,22 | 0,02 | tr | 0,04 | 0,27 | 0,42 | 0,60 | 0,13 |
| Na ₂ O | nd | nd | 4,25 | 3,62 | 3,84 | 3,96 | 3,90 | 4,04 | 3,80 | 4,50 | 4,31 |
| K ₂ O | 5,00 | 5,50 | 4,90 | 4,37 | 4,12 | 4,13 | 4,04 | 3,99 | 3,40 | 4,20 | 4,13 |
| TiO ₂ | 0,07 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | <0,05 | <0,05 |
| P ₂ O ₅ | 0,20 | 0,18 | 0,26 | 0,26 | 0,14 | 0,25 | 0,15 | nd | 0,26 | nd | 0,14 |
| B | 1643 | 621 | 1626 | 961 | 892 | 714 | 655 | nd | nd | nd | 696 |
| Sr | 35 | 43 | 29 | 29 | <10 | <10 | <10 | 14 | nd | nd | 24 |
| Ba | 39 | 77 | 29 | 54 | <10 | 16 | <10 | 23 | nd | nd | <10 |
| Rb | nd | nd | nd | 320 | 410 | 645 | 644 | 559 | nd | nd | nd |

Tabl. II. - Composition chimique du leucogranite à tourmaline de Plouarzel (1 à 10). 1 à 5 : Environs de Porz a Vigné. 6 à 8 : Environs de Kerouidic. 9 : Près Kernevez. 10 : Près Le Camp. 11 : Filon de granite à tourmaline recoupant le leucogranite de Plouarzel à Porz a Vigné. Analyses : BRGM : 1, 2, 3, 11 - CRPG : 4, 5, 6, 7 - UBO : 8 - CEA : 9 - Muséum Paris : 10. B à Rb en ppm. nd : non dosé.

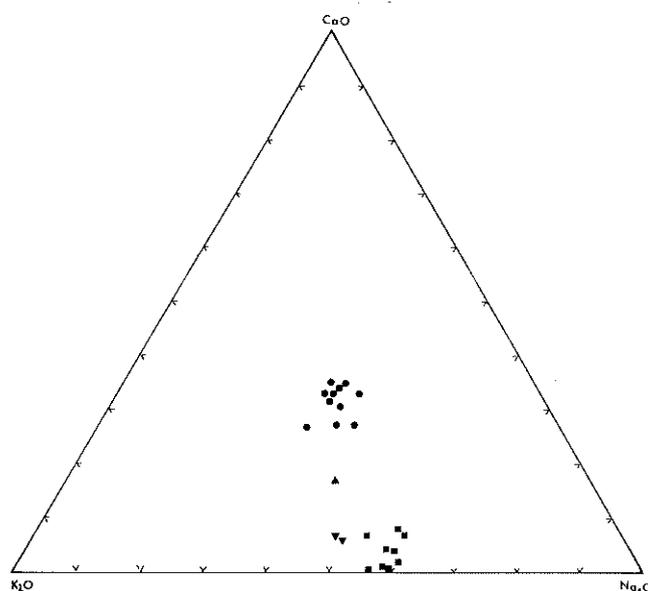
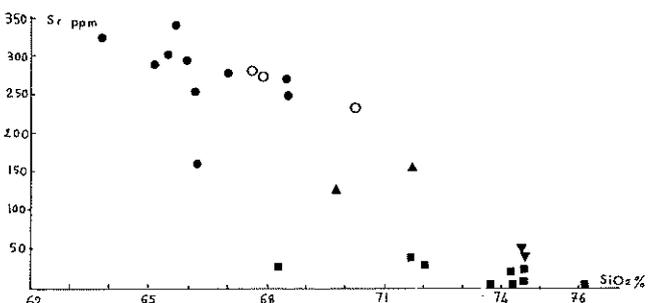
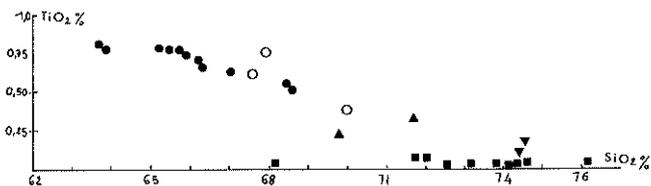
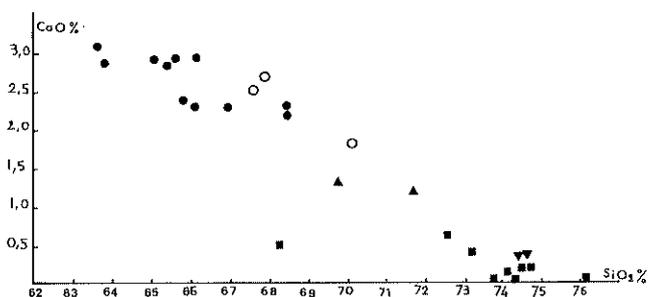
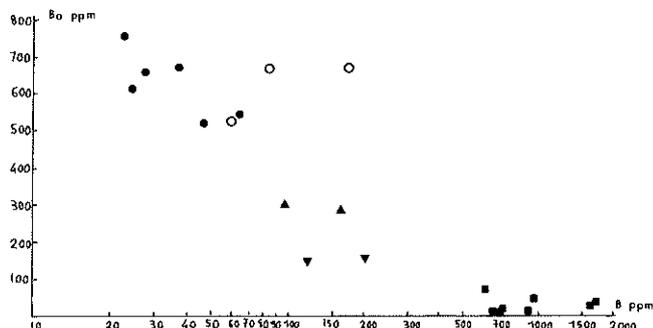
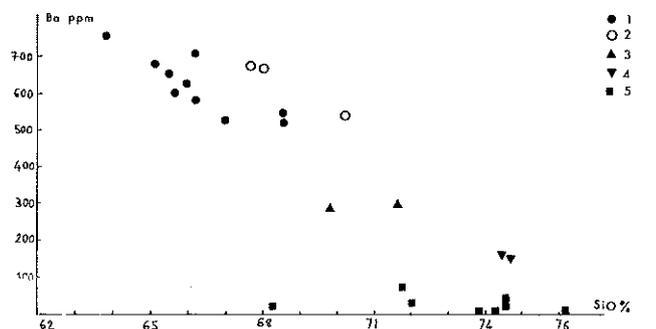


Fig. 5. - Diagrammes géochimiques — légende commune pour les différents diagrammes.

1 : Granite porphyroïde rose (Aber Ildut sensu stricto). 2 : Granite porphyroïde blanc (type Kervriou). 3 : Granite grossier à biotite dominante (type Langoulouman). 4 : Leucogranite grossier à deux micas (type Ile Ségat). 5 : Leucogranite à muscovite et tourmaline (type Plouarzel).

Fig. 5. - Geochemical diagrams — same legend for all diagrams.

1: Pink porphyritic granite (Aber Ildut sensu stricto). 2: White porphyritic granite (Kervriou type). 3: Coarse-grained biotitic granite (Langoulouman type). 4: Coarse grained two-mica granite (Ile Ségat type). 5: Muscovite-tourmaline granite (Plouarzel type).

Place du leucogranite de Plouarzel dans l'évolution du massif granitique de l'Aber-Ildut (ensemble I) et variations des teneurs en bore

La cartographie et l'étude pétrographique du massif granitique de l'Aber-Ildut — entreprise dans le cadre des levés effectués pour l'établissement de la feuille à 1/50 000 Plouarzel (Chauris, en préparation) — ont confirmé les travaux antérieurs (Chauris, 1966) et permis de préciser la polarité structurale et lithologique du pluton, soulignée en particulier par la nette évolution marginale de sa partie méridionale. Cette polarité est rendue encore plus sensible par l'examen des 28 analyses chimiques, effectuées sur l'ensemble I, et regroupées selon les cinq faciès principaux mis en évidence du nord au sud (tabl. IV et diagrammes géochimiques (fig. 5)). Outre les modifications de la teneur en silice, quelques éléments apparaissent particulièrement discriminants pour suivre les variations régulières de la différenciation magmatique. Fe_2O_3 va décroître de 4,34 % à 0,96 % ; MgO de 1,45 à 0,12 % ; CaO de 2,74 à 0,26 % ; TiO_2 de 0,71 à 0,05 % ; éléments en traces.

Tabl. IV. - Composition chimique des différents faciès granitiques du pluton de l'Aber-Ildut (ensemble I). 1 : Granite porphyroïde rose (type Aber-Ildut sensu stricto). 2 : Granite porphyroïde blanc (type Kervriou). 3 : Granite grossier à biotite dominante (type Langoulouman). 4 : Leucogranite grossier à deux micas (type Ile Ségat). 5 : Leucogranite à muscovite et tourmaline (type Plouarzel). Analyses BRGM, sauf les 2 de la colonne 4 et 4 de la colonne 5 (CRPG). Li à Ba en ppm. () Nombre d'analyses. nd : non dosé.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------|----|---------|-----|-----|-----|---------|
| | (11) | (3) | (2) | (2) | (10) | | (3) | (2) | (2) | | |
| SiO ₂ | 66,00 | 68,55 | 70,70 | 74,55 | 73,00 | Li | 104(6) | 166 | 194 | nd | 186(3) |
| Al ₂ O ₃ | 15,75 | 15,60 | 14,85 | 13,95 | 15,30 | Be | 5(6) | 5 | 6 | nd | 10(3) |
| Fe ₂ O ₃ | 4,34 | 2,90 | 2,28 | 1,46 | 0,96(8) | B | 32(6) | 108 | 130 | 163 | 1016(7) |
| MnO | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,05(8) | V | 60(9) | 38 | 17 | <10 | <10(7) |
| MgO | 1,45 | 1,10 | 0,51 | 0,18 | 0,12(8) | Co | 13(9) | 6 | 5 | <10 | <10(7) |
| CaO | 2,74 | 2,33 | 1,26 | 0,36 | 0,26(8) | Ni | 24(9) | 35 | 21 | <10 | <10(7) |
| Na ₂ O | 3,34 | nd | 3,22 | 3,40 | 3,99(8) | Cu | 11(5) | 10 | 5 | <10 | <10(7) |
| K ₂ O | 4,76 | 4,63 | 4,79 | 4,81 | 4,14(10) | Zn | 69(5) | 68 | 49 | nd | 39(3) |
| TiO ₂ | 0,71 | 0,60 | 0,25 | 0,13 | 0,05(9) | Sr | 276(10) | 259 | 141 | 47 | ~20(8) |
| P ₂ O ₅ | 0,29 | 0,23 | 0,15 | 0,14 | 0,21(8) | Ba | 623(10) | 629 | 299 | 161 | ~30(8) |

L'augmentation des teneurs en bore est particulièrement remarquable (en ppm) : 32-108-130-163-1 016. Les figures 4 a et 4 b visualisent l'évolution géochimique de l'ensemble I et situent les diagrammes géochimiques (fig. 5) dans le pluton. (A titre d'information, on a également reporté sur la figure 4 b les teneurs en bore du leucogranite de Ploudalmézeau et de ses apophyses filoniennes).

Le granite porphyroïde rose est totalement dépourvu de tourmaline. Ce minéral apparaît sporadiquement dans le leucogranite type Ségat, pour devenir un constituant essentiel dans le leucogranite de Plouarzel. Dans la masse du granite porphyroïde rose (qui forme l'essentiel de l'ensemble I), la teneur en bore — très faible (32 ppm) — reste « camouflée » dans le réseau des minéraux (Yezhkov *et al.*, 1972 ; Harder, 1975) ; dans le leucogranite de Plouarzel, au contraire, la teneur en bore — très élevée (1 016 ppm) — s'est exprimée dans la tourmaline : le coefficient de croissance est supérieur à 30 : l'enrichissement en bore s'est effectué essentiellement à l'extrême avancée méridionale de la loupe granitique.

Il importe toutefois de noter que, dans le leucogranite de Plouarzel, la tourmaline reste dispersée dans la masse granitique (avec des pourcentages pouvant atteindre 4 %) : aucune tourmalinite (où les teneurs en bore dépassent fréquemment 20 000 ppm) n'a été observée ici (alors qu'elles sont très nombreuses dans le granite voisin de Saint-Renan (Chauris, 1980)). Dans le faciès marginal de Plouarzel, tout le bore disponible est resté dans le magma en cours de cristallisation pour former tardivement des tourmalines poecilites : il n'y a pas eu ici de sursaturation en bore ; tout le bore a été utilisé in situ. Les travaux récents (Pichavant *et al.*, 1984) ont montré que des teneurs en B₂O₃ jusqu'à 1 % pouvaient exister dans les granites ; dans le leucogranite de Plouarzel, les teneurs sont généralement < 0,5 % seulement : on est loin de la saturation et il n'y a pas eu démixtion de magma très enrichi en bore.

Conclusions

Le leucogranite de Plouarzel résulte de la cristallisation d'un bain résiduel, produit dans un stade tardif du fractionnement particulièrement poussé d'un magma granitique de type I (Chappell et White, 1974), originellement pauvre en bore. Cette cristallisation a été polyphasée comme le souligne la coexistence de minéraux

reliques (biotite) ou résiduels (parfois feldspath potassique) et de minéraux tardifs (grenat, tourmaline, mispickel), suggérant une certaine empreinte apogranitique.

Le bore apparaît comme un bon marqueur de l'évolution pétrologique. Du fait de l'entrée fort limitée de cet élément dans le réseau des minéraux majeurs des granites, le bain magmatique résiduel s'enrichit progressivement, et la tourmaline — au moins sous forme de cristaux disséminés — peut apparaître bientôt sporadiquement. La facilité de détection de la tourmaline sur le terrain en fait un précieux traceur (Charoy, 1979) du fractionnement magmatique. Le baryum et d'autres éléments en traces constituent aussi — bien évidemment — d'excellents marqueurs, mais leurs variations — décroissantes — ne peuvent être décelées que par l'analyse chimique, tandis que le bore se « visualise » très vite sous forme de tourmaline.

C'est sans doute à son origine (de type I) que le leucogranite de Plouarzel doit d'être dépourvu, malgré sa forte différenciation (Groves *et al.*, 1978) d'une minéralisation stannifère. Le granite de l'Aber-Ildut, dont il représente l'évolution ultime, peut en effet être rapproché des granites de la « magnetite series » (Ishihara, 1977), dans lesquels le sphène, précoce, a capté — du fait de la similitude des rayons ioniques entre Ti⁴⁺ (0,68Å) et Sn⁴⁺ (0,71Å) — tout l'étain disponible dès les premiers stades de la cristallisation. Sept échantillons du granite porphyroïde rose de l'Aber-Ildut ont montré en effet une teneur moyenne en étain déjà significative (18 ppm Sn) (Chauris, 1981).

Remerciements

Nous témoignons notre reconnaissance à Michel Pichavant (CRPG, Nancy) qui nous a aimablement communiqué — à l'issue d'une sortie en commun — les résultats de ses analyses à la microsonde sur plusieurs minéraux du leucogranite de Plouarzel, ainsi que plusieurs analyses chimiques. Les figures ont été redessinées par J.L. Travers et le manuscrit dactylographié par M.P. Schutz, UBO Brest.

Bibliographie

- BARROIS Ch. (1902). - Carte géologique Brest à 1/80 000. Éditions du BRGM, Orléans.
 BEUS A.A., SEVEROV E.A., SITNIN A.A. (1962). - Granites albitisés et greisenisés (apogranites). *Izd. Akad. Nauk. SSSR*, Moscou, 196 p.

CHAPPELL B.W., WHITE A.J.R. (1974). - Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, **8**, pp. 173-174.

CHAROY B. (1979). - Définition et importance des phénomènes deutériques et des fluides associés dans les granites. Conséquences métallogéniques. *Sci. Terre*, Nancy, **37**, 364 p.

CHAURIS L. (1966). - Le granite de l'Aber-Ildut (Finistère). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 278, pp. 9-30.

CHAURIS L. (1980). - Un district stannio-wolframifère à minéralisation disséminée : le granite de Saint-Renan (Massif armoricain) et ses gisements alluvionnaires de cassitérite. *26^e Congrès géol. intern.*, Gisements français, fasc. E.1, pp. 31-60.

CHAURIS L. (1981). - Une province stannifère : le Massif armoricain (France). *Chron. rech. min.*, n° 462, pp. 5-42.

CHORLTON L.B., MARTIN R.F. (1978). - The effect of boron on the granite solidus. *Canad. Mineral.*, **16**, pp. 239-244.

GROVES D.I., Mc CARTHY T.S. (1978). - Fractional crystallization and the origin of tin deposits in granitoids. *Mineral. Deposita*, **13**, pp. 11-26.

HARDER H. (1975). - Contribution to the geochemistry of boron, pp. 47-63, in: *Geochemistry of boron*, C.T. Walker edit., *Bench mark Papers in Geology, USA*, n° 23, 425 p.

ISHIHARA S. (1977). - The magnetic-series and ilmenite-series granite rocks. *Mining Geology*, **27**, pp. 293-305.

LE CORRE C., BALE P., GEORGET Y. (1989). - Le Léon : un domaine exotique au nord-ouest de la chaîne varisque armoricaine (France). *Geodinamica Acta*, **3**, pp. 57-71.

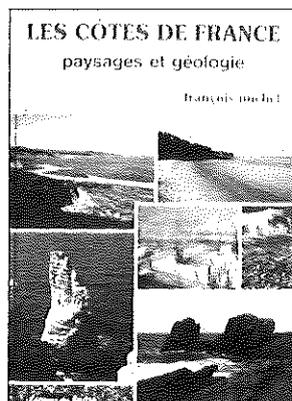
MOUSSU R. (1963). - Le gisement d'étain de Saint-Renan. Géologie et prospection. *Ann. Mines*, **9**, pp. 555-572.

PICHAVANT M. (1981). - Applications des données expérimentales aux conditions de genèse et de cristallisation des leucogranites à tourmaline. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, (2), **292**, pp. 851-854.

PICHAVANT M., MANNING D. (1984). - Petrogenesis of tourmaline granites and topaz granites; the contribution of experimental data. *Phys. earth. planet. interior*, **35**, pp. 31-50.

SCHERBA G.M. (1970). - Greisens. *Int. Geol. Rev.*, **12**, n° 2, pp. 114-150; **9**, pp. 239-255.

YEZHKOV Y.B., LEVCHENKO I.V. (1972). - Geochemistry of boron in granitoids (illustrated by the Chatkal region, Central Tien Shan) *Geochem. Internat.*, **9**, 5, pp. 734-743.



LES CÔTES DE FRANCE

paysages et géologie

françois michel

Professeur de Sciences naturelles dans la région parisienne et guide de haute montagne, François MICHEL est l'auteur de livres destinés au grand public et le scénariste de plusieurs films, tous axés sur l'Histoire de la Terre.

Pédagogue, il sait faire partager avec enthousiasme sa passion pour la géologie.

Titre déjà paru aux Éditions du BRGM :
Roches et paysages ont une histoire

Ouvrage relié de 160 pages
Nombreuses illustrations en couleurs

Prix : 200 F
+ 35 F de frais de port et d'emballage

5 500 kilomètres de côtes jalonnent la France sur la moitié de son pourtour. A chaque secteur du littoral correspond un paysage caractéristique, souvent marqué d'un cachet pittoresque.

Suivre les rivages procure un dépaysement permanent, parsemé de transitions étonnantes et souvent brutales. En peu de distance, on passe de la plage à la falaise, de cette dernière aux marais ou à la dune.

Chaque paysage correspond à un sous-sol particulier façonné par la nature des roches, l'histoire géologique, l'évolution tectonique, le contexte climatique... et parfois l'action humaine.

Entre Dunkerque et Bonifacio, François MICHEL vous emmène découvrir le littoral de France dans une « balade géologique » à la portée de tous.

ÉDITIONS DU BRGM
Avenue de Concyr
45060 ORLÉANS CEDEX 2
FRANCE. Tél. 38 64 30 28
ISBN 2-7159-0516-5