



Photo aérienne des marais de L'Île d'Olonne depuis un ULM par Francis Leroy



Photos et composition de Jean-Luc Narcy : "Du sel et des étoiles"

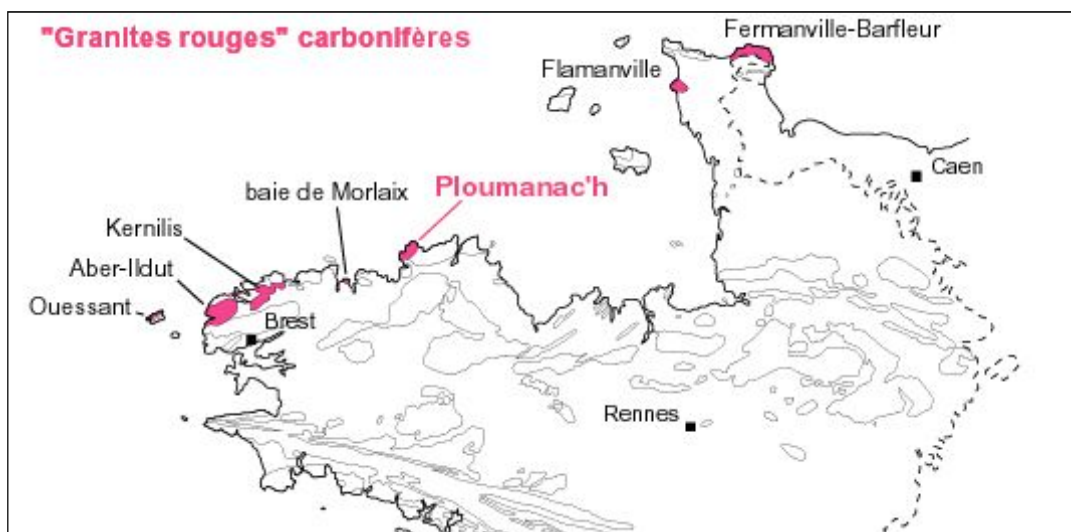


Figure A - Les "granites rouges" carbonifères.

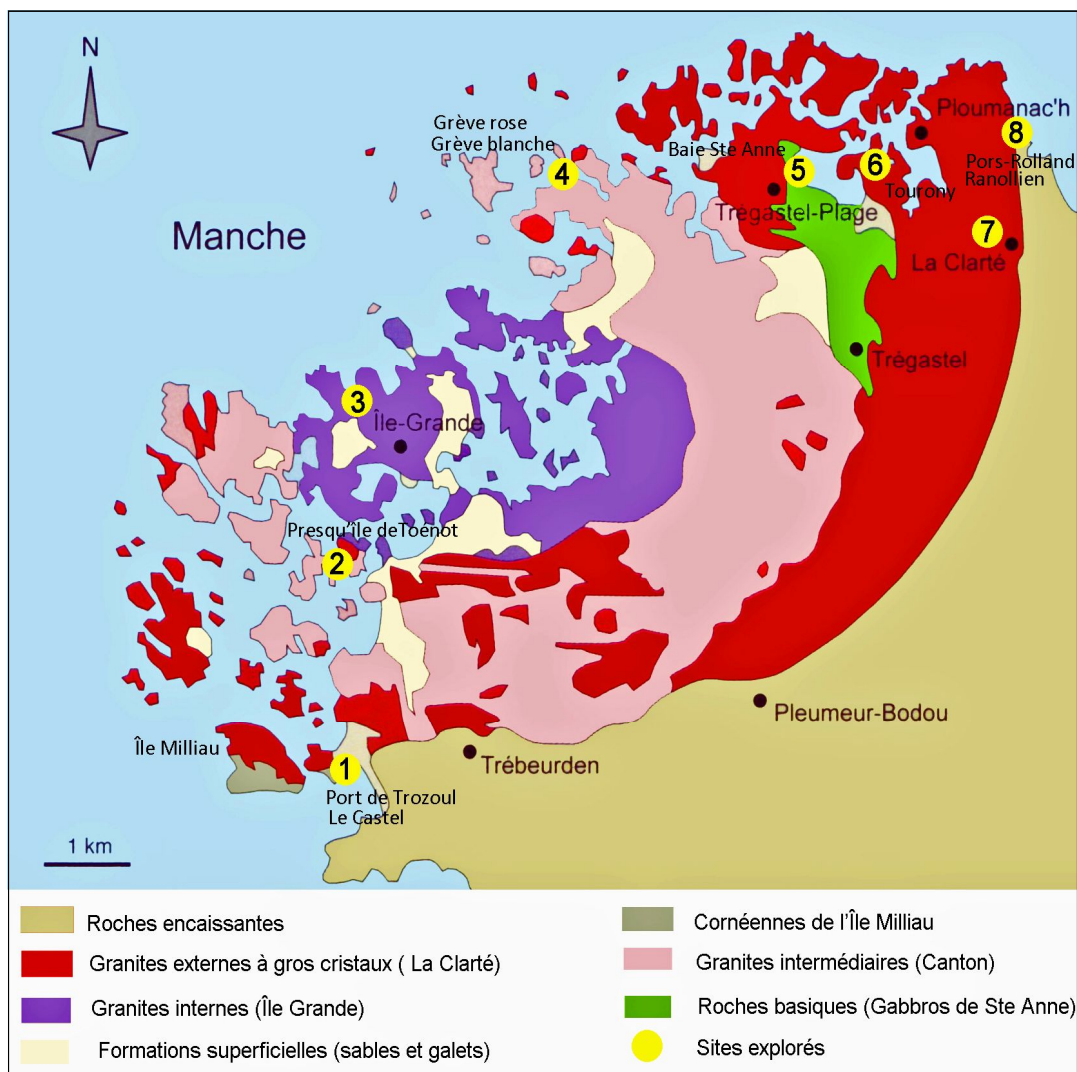


Figure B - Carte géologique du complexe granitique de Ploumanac'h - d'après M. BARRIÈRE (1976) par J.C. Localisation des sites explorés.

Week-end géologique

dans le complexe granitique de Ploumanac'h

8 - 9 septembre 2012

Guide de l'excursion : Yves CYRILLE

Présentation générale

Situé dans le coin Nord-Ouest du Trégor, entre Trébeurden et Perros-Guirec, le massif granitique de Ploumanac'h constitue un **ensemble exceptionnel en matière de curiosités géologiques**.

Pourquoi exceptionnel ?

- On peut y apprécier le travail du temps qui, par érosion, altération, a dégagé de magnifiques chaos granitiques et transformé de nombreux blocs en véritables œuvres d'art aux noms très évocateurs comme le Rocher du "Père Trébeurden" au Castel de Trébeurden (**site 1**) ou la "Couronne du Roi Gradlon" dominant la Grève blanche à Trégastel (**site 4**). Toutes ces formes étranges, et qui défient parfois les lois de l'équilibre, participent à la renommée bien justifiée de la "Côte de Granite rose".

- A côté de cet aspect purement esthétique, le grand intérêt du massif de Ploumanac'h réside dans le fait qu'il concentre, sur une quinzaine de kilomètres de littoral seulement, une **grande variété de faciès granitiques** et de **structures magmatiques affectant aussi bien du magma acide que du magma basique** : tout n'est donc pas rose dans ce coin du Trégor ! Il y a aussi du gabbro gris sombre ! Et autre fait remarquable, en de nombreux sites, plusieurs de ces faciès granitiques se côtoient ; en quelques autres, granite et gabbro sont étroitement mêlés.

Tout cela permet à la fois d'approcher les mécanismes de formation de ces intrusions magmatiques et de dater relativement leur mise en place.

- Enfin, cette mise en place s'est faite dans un encaissant sédimentaire que les magmas ont transformé, métamorphisé. Ce métamorphisme de contact est également facilement observable.

Contexte géologique régional

Sur le plan régional, le massif de granite rose de Ploumanac'h n'est pas isolé. Il appartient à tout un ensemble de petits affleurements de "granites rouges" qui s'alignent depuis l'Ouest du Finistère (Ouessant, Aber-Ildut) jusqu'au Nord du Cotentin (Flamanville, Barfleur) (**figure A**).

Il s'agit dans tous les cas de **granites tardi-hercyniens** :

- qui se sont mis en place au Carbonifère supérieur, il y a environ 300 Ma (303 +/- 15 Ma), datation au Rb/Sr (Rubidium/Strontium) ;
- qui sont pour la plupart **alcalins** (riches en feldspath orthose), **anorogéniques ou tardi-orogéniques**, c'est-à-dire sans liaison avec le fonctionnement d'une zone de subduction et sans relation directe avec un mécanisme de collision continentale.

Description cartographique du Massif de Ploumanac'h

La carte géologique de la **figure B** montre une remarquable disposition des différents ensembles lithologiques en **3 auréoles concentriques**. Le pluton de Ploumanac'h est un très bel exemple de **pluton zoné**.

1. L'auréole externe (en rouge sur la carte) :

- Elle s'étend de Pors-Rolland, à l'est de Ploumanac'h, jusqu'à l'île Milliau, au sud-ouest de Trébeurden.

- Elle est essentiellement constituée par les fameux granites roses de la côte du même nom et dont le faciès le plus classique, rouge vif, à grains plurimillimétriques, est qualifié de **type La Clarté** ; un autre faciès plus sombre et plus porphyroïde (à plus gros cristaux) constitue le **type Traouiéros**.

- Extérieurement, elle est bordée par des roches plus anciennes dans lesquelles elle a fait intrusion :

- au sud de l'île Milliau, dans la crique de Pors-Raden, elle est au contact direct avec les plus vieilles roches de France métropolitaine : les "**gneiss ocellés icartiens de Porz-Raden**", âgés d'environ 2 milliards d'années (datation U/Pb sur zircons) ;
- partout ailleurs et plus au Nord, avec le **granite cadomien de Perros-Guirec** daté à 615 millions d'années et qui appartient à l'important batholite volcano-plutonique Nord-trégorrois qui s'étend vers l'Est jusqu'à l'île de Bréhat et Paimpol.

- Cette auréole est la zone des "**granites roses à gros grains**" de nature calco-alkaline potassique. A l'ouest de Ploumanac'h, dans l'anse Sainte-Anne (**site 5**), ces granites sont localement associés à des gabbros (roches basiques) d'origine mantellique (**en vert sur la carte**) montrant quelques figures de mélange avec le granite.

2. L'auréole médiane.

Elle est colorée en rose sur la carte (figure B). Cette auréole se glisse contre la première, de la plage de Toul Bihan en Trégastel jusqu'à la plage de Goas-Trez en Trébeurden.

Elle est plus hétérogène que l'auréole externe. Elle est constituée de granites au grain plus fin, parfois légèrement porphyroïdes, aux couleurs plus variées (gris à rose) ; à ces différents faciès correspondent des noms locaux : type Canton, type Woas Wen ...

Cette auréole est la zone des "**granites à grains moyens**" dits aussi "**intermédiaires**".

3. L'auréole interne et le cœur du massif.

Ils exposent des granites à grains fins, de couleur claire (gris, blanc, bleuté), connus sous le nom de "**granites gris de l'Île-Grande**".

On y distingue :

- au centre, un granite interne assez semblable au granite intermédiaire de type Canton ;
- vers l'extérieur, une auréole de granite très clair, riche en muscovite : le leucogranite de l'Île-Grande.

Cette zonation concentrique du massif de Ploumanac'h ne résulte pas d'une différenciation "in situ" par cristallisation fractionnée d'un seul et même magma dans une chambre magmatique mais de **différentes venues magmatiques**.

Les 3 zones évoquées ci-dessus (auréole externe, auréole médiane, auréole interne et cœur de l'Île-Grande) corres-

pondent en effet à des intrusions de magmas, qui se sont mis en place et ont cristallisé avec un léger décalage dans le temps, décalage que l'on peut apprécier sur le terrain. Cela a été démontré par les données des isotopes ^{16}O et ^{18}O de l'oxygène et les mesures du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (voir figure C et comparer à la figure B).

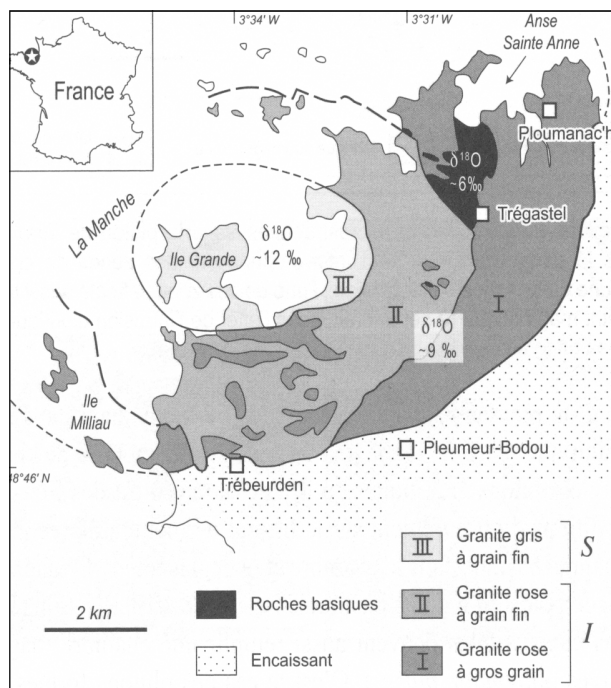


Figure C : Données isotopiques* de l'oxygène d'après BARRIÈRE (1977) et ALBARÈDE (1980) dans "*Pétrologie des granites*" de NÉDÉLEC et BOUCHEZ (2011) - Ed. Vuibert.

1. L'auréole externe correspond à la première venue magmatique et aurait une origine mantellique selon un rapport isotopique $\delta^{18}\text{O}$ * voisin de -6‰ .

2. Le leucogranite du cœur, le dernier venu, à 2 micras et cordiérite, a un $\delta^{18}\text{O}$ élevé égal à $-12,3\text{‰}$ ce qui signe une origine crustale (croûte terrestre) évidente ; il dériverait de roches métasédimentaires pélitiques de la croûte continentale supérieure.

3. Quant à l'auréole intermédiaire, constituée essentiellement de granites à biotite et dont le $\delta^{18}\text{O}$ est voisin de -9‰ , elle résulterait d'un mélange magmatique entre amphibolites ou granulites (peut-être dérivées d'un protolithe volcano-détritique) de la croûte continentale inférieure et de matériel granitique (peut-être de l'auréole externe) de la croûte supérieure.

Voilà pourquoi on utilise de préférence l'expression de "Complexe granitique" pour désigner le massif granitique de Ploumanac'h.

En résumé, le Complexe granitique de Ploumanac'h est un pluton polyphasé à structure concentrique.

LES SITES EXPLORÉS

Sous la conduite du géologue Yves Cyrille, directeur de la Maison des minéraux de Crozon, le groupe de l'AVG a exploré, sur la célèbre Côte de granite rose, huit sites appartenant au complexe granitique de Ploumanac'h.

1. Le port de Trozoul et Le Castel - *Trébeurden*.
2. La presqu'île de Toénot - *Pleumeur-Bodou*.
3. L'Île-Grande - *Pleumeur-Bodou*.
4. La Grève rose et la Grève blanche - *Trégastel*.
5. La baie Sainte-Anne - *Trégastel*.
6. La baie de Tourony - *Trégastel*.
7. La carrière de granite rose de La Clarté - *Perros-Guirec*.
8. Le contact de Pors-Rolland - Le Ranollien - *Perros-Guirec*.

Site 1

Port de Trozoul – Le Castel Commune de Trébeurden

1. Le gneiss icartien de Pors-Raden

Nous ne verrons pas en place, hélas, les fameuses roches icartiennes de 2 milliards d'années. Mais Yves CYRILLE est venu avec un échantillon provenant de Pors-Raden, affleurement situé un peu au Sud du lieu où nous nous trouvons.

Il s'agit d'un gneiss œillé dans lequel on peut voir des clastes* (fragments) centimétriques de feldspath (taches fusiformes de teinte crème) tronçonnés et inclus dans une matrice silico-miacée (fond sombre de la roche). Cette matrice est marquée par une intense foliation et de nombreuses figures de cisaillement.



1. Orthogneiss icartien de Pors-Raden

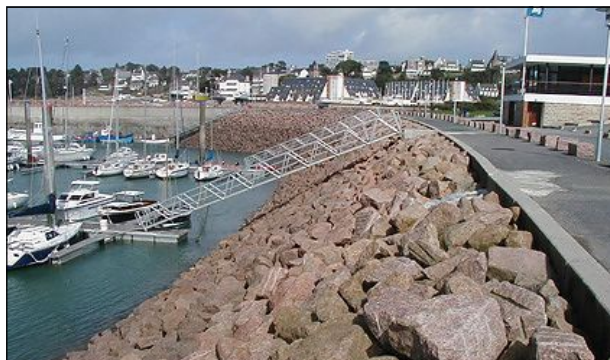
Le protolithe (roche originelle) de ce gneiss était donc une roche granitique qui a été ensuite intensément déformée et métamorphisée. Voilà pourquoi on parle

d'orthogneiss : son origine est magmatique et non sédimentaire.

Ce sont les moyens modernes de radiochronologie qui ont permis, par l'étude des isotopes radioactifs du plomb et de l'uranium inclus dans les zircons de la roche, de dater ces faciès œillés de Pors-Raden à $2\,031 \pm 36 / - 28$ Ma soit près de la moitié de l'âge de la Terre !

2. Le granite du Castel

Il s'agit du granite rose à gros grains de l'auréole externe, ici de type La Clarté. Il forme l'essentiel du promontoire du Castel et de l'île Milliau. On peut d'ailleurs l'observer facilement et frais (non altéré) dans le port de plaisance de Trébeurden (port de Trozoul).



2. Enrochement au port de Trozoul

C'est un granite isotrope, c'est-à-dire sans aucune orientation préférentielle. Sa texture est grenue à grenue porphyroïde (à gros cristaux), la taille moyenne des minéraux allant de quelques millimètres au centimètre.



3. Granite rose à gros grains, faciès "La Clarté"

Il est constitué de *feldspath alcalin rose* (microcline) et de *plagioclase blanc* (albite-oligoclase). La couleur rose du granite est due en grande partie à la présence d'oxyde de fer (hématite) dans le réseau cristallin du microcline.

Le quartz y est normalement gris translucide. On y trouve aussi de la *biotite* (mica noir) et de la *hornblende*.

Il renferme également des minéraux accessoires : *sphène*, *apatite*, *allanite*, *magnétite*, *zircon*...

Dans la classification des granites de Streckeisen, le granite rose de la Clarté s'inscrit dans le champ des syéno-granites et monzogranites.

3. Le chaos granitique du port de Trébeurden

Entre le port de Trozoul et la plage de Tresmeur, on peut observer un très beau chaos granitique en place, fortement découpé par de grandes diaclases horizontales, verticales et obliques.



4. Chaos granitique du port de Trozoul.



5. Autre chaos granitique (en arrière plan, plage de Tresmeur).

4. Les cornéennes alumineuses du Castel et leur contact avec le granite de l'auréole externe

A partir du port de Trozoul, on poursuit à pied sur l'estran rocheux en contournant le promontoire du Castel par le Sud (côté plage de Tresmeur) en direction de l'île Milliau.

On progresse difficilement dans un véritable chaos granitique. En chemin, plusieurs blocs de granite montrent des **enclaves** décimétriques à pluridécimétriques sombres.



6. Enclave sédimentaire sombre dans le granite rose



7. Vue rapprochée d'une enclave.

Description des enclaves : leur origine et leur mode de formation

Ces enclaves apparaissent nettement litées (alternance millimétrique de lits arkosiques clairs et de lits grauwackeux sombres), ce qui traduit une **origine sédimentaire évidente**.

Par application du **principe d'inclusion** qui dit que toute roche incluse dans une autre lui est antérieure, il en résulte que la roche sédimentaire sombre litée observée aujourd'hui en enclaves dans le granite rose préexistait à ce granite.

Ces enclaves représentent en fait des blocs qui ont été arrachés mécaniquement à l'encaissant sédimentaire lorsque le magma à l'origine du granite de l'auréole externe du "Complexe granitique de Ploumanac'h" s'est mis en place. Elles forment, sur la bordure du massif, autant de corps étrangers ou "**xénolithes**" dans le magma granitique.

Leur forme anguleuse indique d'autre part un fort contraste de viscosité entre elles et le magma granitique. Ce dernier a donc fait intrusion dans un matériel solide et beaucoup plus froid. Les blocs de roches sédimentaires sont ainsi véritablement "tombés" par gravité dans la chambre magmatique.

Minéralogie des enclaves : profondeur estimée de l'intrusion granitique.

Du fait de sa proximité avec le magma granitique chaud, l'encaissant sédimentaire a également été transformé par **métamorphisme de contact** en **cornéennes** sans que le litage hérité n'en soit affecté ; il est toujours bien net dans les enclaves.

Nous ne l'avons pas observé à l'œil nu mais les lits clairs au chimisme initial alumineux montrent des taches qui correspondent à de l'*andalousite*, les niveaux sombres plus ferro-magnésiens, à des taches de *cordiérite* et d'*andalousite*. Pour le voir, il aurait fallu atteindre l'île Milliau mais la marée et surtout le temps ne nous l'ont pas permis.

Au contact immédiat avec le granite, se forme également de la *sillimanite*.

Les paragenèses développées dans les cornéennes autorisent une estimation de la profondeur maximale de mise en place de l'intrusion granitique autour de **8 kilomètres**.

Âge de l'encaissant sédimentaire

Ces **xénolithes** de roches sédimentaires n'ont pas été datés de façon absolue.

Une seule chose est certaine : puisqu'ils sont antérieurs au granite qui, lui, est d'âge Carbonifère supérieur, ils sont par conséquent **anté-carbonifères** !

Dans l'environnement immédiat du "Complexe granitique de Ploumanac'h", on ne connaît pas de formation sédimentaire susceptible d'être leur source. Elles sont parfois rapprochées, uniquement par analogie des faciès, des roches dévoniennes du bassin de Morlaix. **L'encaissant sédimentaire pourrait donc être dévonien.**

Le caractère intrusif du granite s'exprime également sous la forme de filons à texture aplitique ou pegmatitique.

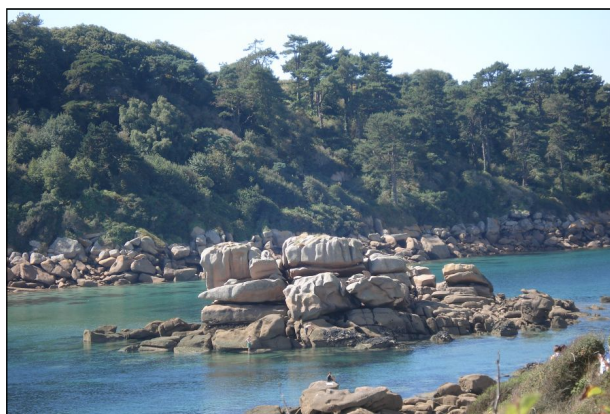
Retour par l'estran au point de départ puis direction île Milliau et Rocher du "Père Trébeurden" par le chemin côtier du haut de la falaise.

Vasques et cuvettes

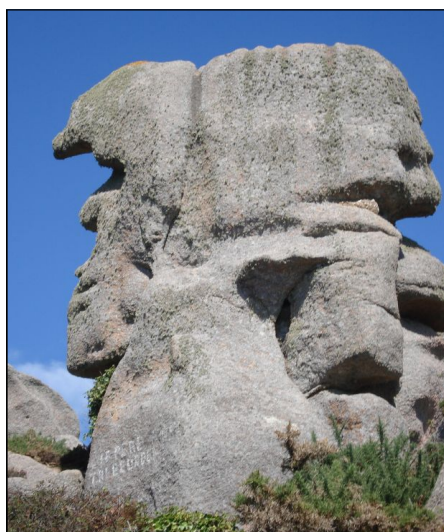
A l'approche de l'île Milliau, le sommet des rochers est modelé de **vasques**, de **cuvettes** à fond plat, isolées ou communiquant entre elles et formant alors de véritables réseaux. Leur formation résulte en fait de la stagnation pratiquement permanente de l'eau de pluie qui, plus ou

moins enrichie du sel projeté par les embruns, provoque l'altération du granite.

De ces cuvettes, appelées "bidets de la Vierge" ou encore "empreintes du Diable", rayonnent des rigoles créées par le débordement de l'eau ; en s'écoulant, l'eau creuse ces cannelures et, en même temps, élimine l'arène granitique des vasques. Les rigoles d'égouttement sont ici bien visibles.



8. Vasques et rigoles d'écoulement (en arrière-plan, l'île Milliau)



9. Le Rocher du "Père Trébeurden"

L'essentiel du site 1

1. Le granite rose à gros grains de l'auréole externe s'est mis en place au Carbonifère supérieur dans un encaissant sédimentaire non daté qu'il a métamorphisé.
2. Le développement de *cordiérite*, d'*andalousite* et de *sillimanite* dans l'auréole de métamorphisme de contact implique un métamorphisme dans des conditions de HT (haute température) et BP (basse pression).
3. Différentes formes d'altération du granite (chaos, vasques et rigoles d'écoulement...) peuvent être mises en évidence.

Site 2

Les trois granites de la presqu'île de Toénot (commune de Trébeurden)

On fait le tour complet de la presqu'île à partir du parking en longeant la côte.

Le contournement de la presqu'île du Toénot nous a permis d'observer les 3 principaux types de granite du "Complexe de Ploumanac'h" ainsi que leurs relations géométriques, permettant d'établir une chronologie relative de mise en place.

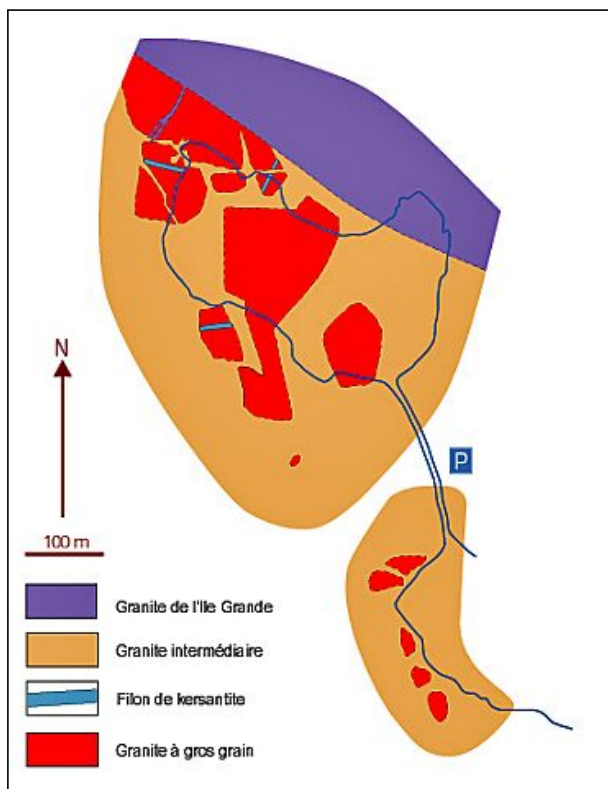


Figure C : Carte géologique simplifiée de Toénot d'après M. Barrière, 1976.

1. Le contact entre le granite rose de l'auréole externe et le granite intermédiaire gris-rosé de l'auréole médiane

Le parcours dans les rochers sur le flanc Sud de la presqu'île de Toénot débute dans le **granite externe** à gros grains (en rouge sur la carte de la figure C ci-dessus), rigoureusement identique à celui rencontré à l'arrêt précédent. Un remarquable **bloc de granite en forme de mamelon** en est constitué.



10. Bloc de granite en forme de "mamelon "

Mais très rapidement, on atteint la zone de contact avec un granite à grains fins, isotrope et de couleur grisâtre à légèrement rosée. Il s'agit du **granite intermédiaire** ici de type Canton (en orange sur la carte de la figure C).

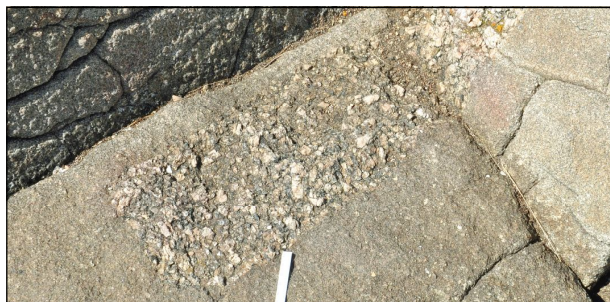


11. Contact entre granite rose à gros grains (au centre) et granite gris à grains fins (à droite et à gauche)

Ce granite intermédiaire est un **monzogranite** dans la classification de Streckeisen ; il est constitué de *microcline*, *plagioclase*, *quartz*, *biotite*. Par rapport au granite type "La Clarté", en dehors d'une différence de couleur, il se montre moins riche en *quartz* mais plus riche en *plagioclase*.

Le contact sur le terrain entre ces deux types de granite est toujours net, bien tranché (fig.12).

Au départ, le granite rose à gros grains type "La Clarté" se présente en effet sous la forme d'**enclaves** dans le granite intermédiaire à grains fins, ce qui signifie sans ambiguïté son antériorité de mise en place par rapport à ce dernier.



12. Enclave de granite rose à gros grains dans le granite intermédiaire gris-rosé à grains fins.

Ces enclaves présentent d'autre part des formes anguleuses ; leur contour est rectiligne. Le granite à gros grains était par conséquent déjà totalement refroidi, solidifié, cristallisé lorsque le magma à l'origine du granite à grain fin y a fait intrusion.

En poursuivant notre chemin vers le Nord, des **alternances d'échelle décimétrique de granite à gros grains et de granite intermédiaire** se succèdent.

C'est la preuve que ce sont de véritables "**panneaux**" de granite rose qui ont été arrachés par le magma lors de la mise en place du granite à grain fin et on peut par conséquent parler ici de "**mégabrèche**" magmatique. Cela implique aussi que cet "arrachage" de panneaux aussi importants en volume n'a pu se faire qu'avec force ; **le magma qui montait était sous forte pression**.

2. Autres observations faites en chemin

Arène granitique

Entre les blocs, on observe la présence d'un sable grossier, issu directement de la désagrégation (mécanique) et de l'altération (chimique) du granite rose. Ce sable est une véritable arène granitique qui porte localement le nom de "**perré**".

Filon de kersantite

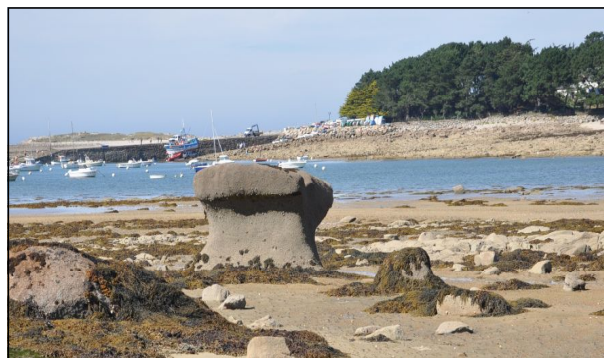
Sur la façade Ouest de la presqu'île de Toénot, on peut également observer un filon peu épais de kersantite ou lamprophyre, roche magmatique sombre, microgrenue, riche en *mica noir*, coupant une enclave de granite rose à gros grain.



13. Filon de kersantite sombre coupant du granite rose

Ce filon est donc postérieur au granite rose par application du **principe de recoupement**. En revanche, il ne se prolonge pas dans le granite intermédiaire ; il est par conséquent antérieur à la mise en place de ce dernier.

Bloc de granite en forme de champignon



14. Un bloc de granite en forme de champignon.

3. Comment un bloc de granite peut-il prendre une forme "en champignon" puis "en mamelon" ?

(figures E et F)

Remontons un peu le temps !

Arénisation du granite

Lorsque le magma cristallise en profondeur, son refroidissement s'accompagne d'un "retrait" responsable de la formation de **diaclasses majoritairement orthogonales** les unes par rapport aux autres. Ces diaclases débitent alors le granite intrusif en blocs plus ou moins parallélépipédiques.

La remontée isostatique du pluton favorise également la création de diaclases à son toit du fait de la diminution de la charge lithostatique* (moins de roches au-dessus) et de la décompression qui en résulte.

Avec le temps, le pluton finit par affleurer (**schéma 1-figure E**), il est alors la proie de l'érosion. Les eaux de surface coulent en profondeur par les diaclases.

Le long de ces diaclases, l'eau exploite les microfissures intra-cristallines des cristaux feuilletés ou maclés du granite comme les micas et les feldspaths ; elle y pénètre par capillarité. Ces derniers s'imbibent d'eau, se dilatent et vont exercer une pression sur les cristaux voisins. La roche perd peu à peu de sa cohérence, il y a désolidarisation générale des cristaux le long des diaclases qui s'élargissent : de l'arène se forme.

C'est l'aspect mécanique de l'érosion du granite ou "désagrégation granulaire" (schéma 2).

Parallèlement, l'eau hydrolyse les micas et les feldspaths pour les transformer à la longue en minéraux argileux ; il s'agit alors de véritables réactions chimiques.

C'est le second aspect, cette fois-ci chimique de l'érosion, ou "altération".

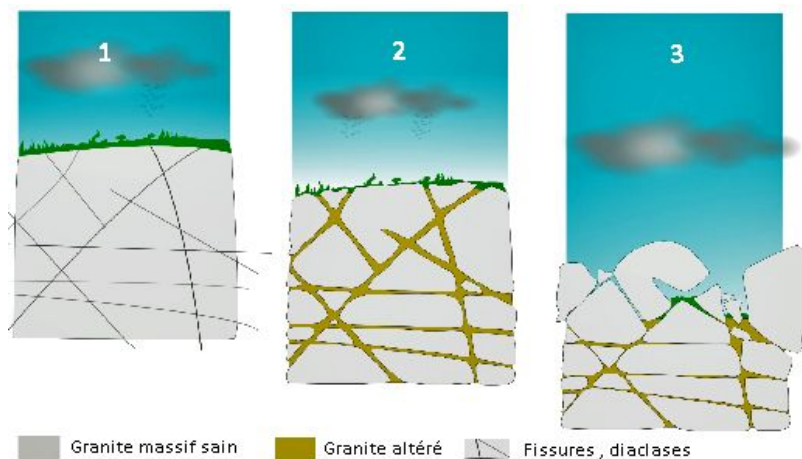


Figure E : Formation du chaos granitique - *extrait de www. geodiversite. net/media297.*

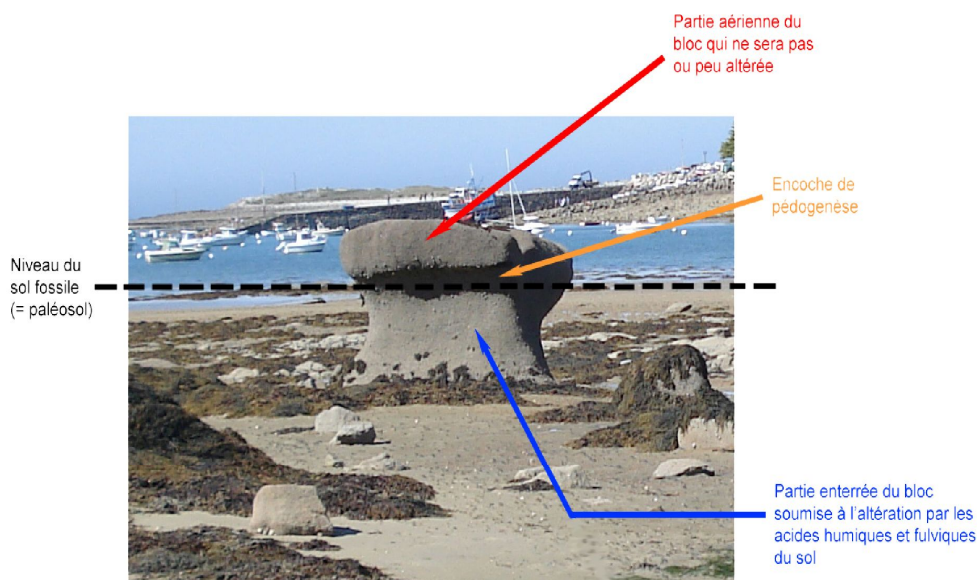


Figure F1 : Explication de l'apparition de la forme "en champignon".



Figure F2 : Formation de l'encoche de pédogenèse et apparition de la forme "en mamelon".

Ces phénomènes conduisent finalement à débiter le pluton en blocs parallélépipédiques séparés et recouverts par de l'arène granitique.

Point important : cette arène, riche en minéraux argileux "gonflants", donc imperméable, retient l'eau comme une éponge au contact des blocs permettant à l'arénisation de progresser vers le bas à une vitesse variant de 1 mm à 300 mm pour 1000 ans selon le climat (action favorisée en climat chaud et humide).

Formation du chaos granitique et altération chimique des blocs par les micro-organismes du sol.

Plus tard, l'arène peut être éliminée, entraînée par exemple par les eaux de ruissellement. Les blocs ne sont plus alors "tenus" entre eux. Certains, maintenant à l'air libre, peuvent continuer à s'éroder en "pelure d'oignon" ; les plus petits disparaissent, les plus gros s'arrondissent et il en résulte des boules, des galettes, ... D'autres, en déséquilibre, finissent par tomber et en bas de pente, s'enfoncent ou sont recouverts progressivement par de l'arène. Celle-ci est ensuite colonisée par de la végétation ; **un véritable sol se forme.**

Un tel paysage est un chaos granitique (**schéma 3**).

Or, un sol produit des acides (humiques, fulviques) issus de la décomposition de la matière vivante des végétaux par les micro-organismes (bactéries, champignons...) qu'il héberge. **Ces acides vont alors attaquer la partie enterrée des blocs de granite, la partie aérienne échappant à cette altération.**

Il en résulte alors la formation d'une véritable encoche d'origine pédogénétique* ! Voilà l'origine des blocs "en forme de champignon" (figure F1).

Ce phénomène a certainement eu lieu lors de la dernière glaciation du Würm, les chaos du Trégor étant à cette époque recouverts par de l'arène et du loess.

Déblaiement du sol

Le sol sous l'encoche a ensuite été déblayé par l'érosion marine lors de la dernière transgression flandrienne. Le bloc "en forme de champignon" est alors apparu complètement à l'air libre avec sa forme si caractéristique.

Pour expliquer la formation du bloc "en forme de mamelon", il suffit d'imaginer une encoche plus importante, plus profonde qui finit par séparer presque complètement le chapeau du pied du champignon (**figure F2**). Lors de la transgression qui suit, la mer fait tomber le chapeau ; il ne reste que le pied en forme de pédoncule qui peu à peu va s'émousser. On aboutit bien à notre "mamelon"!

Les encoches de pédogénèse* sont importantes à repérer. Ce sont d'excellents marqueurs de l'extension initiale des sols avant leur disparition par érosion marine.

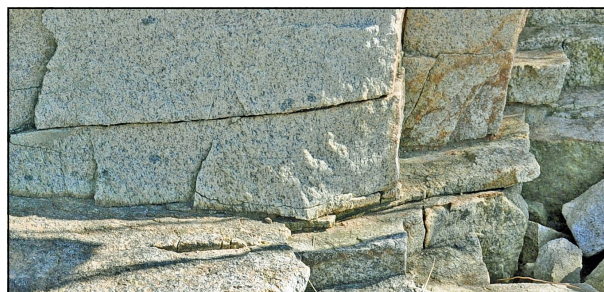
3. Le contact granite gris à grain fin de l'auréole médiane et leucogranite de l'auréole interne (encore appelé granite externe de l'Île-Grande)

Le contournement de la presqu'île de Toénot permet d'observer au Nord un nouveau contact entre granites, mais cette fois-ci, entre le granite intermédiaire et un granite gris clair : le **leucogranite de l'Île-Grande** qui, lui, ne contient pas d'enclaves.

Une ancienne petite exploitation littorale permet de bonnes observations. Quelques blocs dispersés çà et là portent l'empreinte des méthodes utilisées autrefois par les ouvriers pour obtenir des éléments de bonne qualité.



15. Le groupe de l'AVG dans la carrière !



16. Leucogranite à deux micas et cordiérite

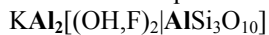


17. Leucogranite à deux micas et cordiérite observé à la loupe

Il s'agit d'un granite gris-blanc à deux micas : *mica noir* ou *biotite* et *mica blanc* ou *muscovite*. Ce granite renferme aussi de la *cordiérite*, maintenant pinitisée*, c'est-à-dire se présentant sous la forme d'agrégats polycristallins sombres (mélange de *séricite*, de *chlorite* et de *quartz*), pluricentimétriques et auréolés de rouille.

La présence simultanée de muscovite et de cordiérite signe la richesse en aluminium de ce granite .

Formule chimique de la *muscovite* :



Formule chimique de la *cordiérite* :



Ce caractère hyperalumineux permet de conclure que le leucogranite de l'auréole interne dérive de l'anatexie d'un protolithe sédimentaire (dans la classification alphabétique des granites, le leucogranite est de type S,"S" pour sédimentaire), ce que confirme d'ailleurs les mesures isotopiques de l'oxygène ($\delta^{18}O$ élevé, égal à -12,3).

Enfin, la présence de cordiérite est indicatrice de conditions de BP et HT. Sa pinitisation est due à une rétro-métamorphisme* qui a lieu à une température inférieure à 400°C.

L'essentiel du site 2

1. Le granite gris-rose à grains fins de l'auréole intermédiaire s'est mis en place postérieurement au granite rose à gros grain de l'auréole externe puisque ce dernier est en enclaves dans le premier.
2. Le granite gris-clair à deux micas et cordiérite de l'auréole interne (encore appelé granite externe de l'île Grande) ne renferme, lui, aucune enclave. Il s'est mis en place postérieurement au granite intermédiaire.

Site 3

L'île Grande

(commune de Pleumeur-Bodou)

A partir de la station ornithologique de la LPO, on prend à gauche le sentier côtier qui part en direction de la pointe de Toul ar Staon qui prolonge à l'ouest l'île Grande.

On est là au cœur du "Complexe granitique de Ploumanac'h".

1. Le leucogranite de l'auréole interne à la pointe de Toul ar Staon.

(appelé aussi granite externe de l'île-Grande)

Au nord, face à la haute mer, le rivage est très fortement entaillé de nombreuses excavations qui témoignent de l'intense exploitation du granite, du début du 20^e siècle jusqu'à la fin des années 1940.

Ces zones d'extraction sont particulièrement spectaculaires à marée basse.



18. Anciens fronts d'exploitation visibles sur l'estran.

Elles entament, sur une dizaine de mètres de hauteur, un granite gris-blanc à grains relativement fins, homogène, particulièrement riche en *muscovite* et *biotite*, en tout point identique à celui observé dans la carrière littorale de la presqu'île de Toénot (voir site 2).

Il s'agit donc d'un **leucogranite**, ne montrant pas comme le précédent, d'enclaves de granites appartenant aux auréoles plus externes.

Sa composition minéralogique est la suivante : *quartz*, *microcline*, *plagioclase* (*albite* à *oligoclase*), *biotite*, *muscovite* et *cordiérite*, ces deux derniers minéraux attestant là aussi du caractère hyperalumineux de la roche et de son origine à partir d'un protolithe sédimentaire. *Apatite*, *zircon* et *tourmaline* complètent la minéralogie.



19. Leucogranite observé à la loupe binoculaire.
(M : muscovite ; B : biotite)

Retour vers la station ornithologique de la LPO par le même sentier.

En revenant vers la station ornithologique, on observe la profonde altération du granite qui est décomposé en arène, les nombreuses figures d'érosion en "pelure d'oignon" à la surface de blocs encore sains, le tout souligné par de nombreuses diaclases horizontales faiblement espacées.



20. Figures d'altération dans le leucogranite

En poursuivant vers le bâtiment de la LPO, on longe un imposant cordon de galets blancs, enjolivé de "cairns". Ces galets, très arrondis et bien polis, ont été façonnés au fil des années par les marées et les tempêtes à **partir des rebuts d'exploitation**.



21. Cordon de galets. En arrière-plan, la maison de la LPO qui occupe les anciens bâtiments administratifs des carrières.



22. Cairns de galets de leucogranite

Sachant que l'exploitation du granite a commencé en ces lieux au tout début du XX^e s., on imagine aisément la puissance érosive des vagues.

2. Le granite interne de l'île-Grande : carrières de Castel EreK

La "Grande carrière" de Castel EreK

Après quelques centaines de mètres, près de la maison de la LPO, on parvient à une vaste excavation ennoyée, isolée de l'océan par un mur épais. C'est la Grande carrière de Castel EreK qui a fonctionné de la fin du XIX^e s. jusqu'en 1979.



23. La "Grande carrière" de Castel EreK

La présence du mur s'explique par le fait que les bancs de granite devenant plus épais, plus sains et plus faciles à extraire en se dirigeant vers le cordon de galets, la carrière s'est étendue vers l'Ouest. Mais devenant en même temps plus profonde, elle devait être protégée des entrées d'eau marine, d'où la construction du mur.

La "Grande carrière", à l'apogée de son exploitation, mesurait plus de 100 mètres de long d'Est en Ouest et 50 mètres de large. Sa profondeur atteignait 35 mètres, mais ce trou béant est aujourd'hui rempli d'eau !

La carrière de la pointe de Castel EreK



24. Front de taille de la carrière de la pointe de Castel EreK

De nombreux blocs en place, parfaitement fendus ou partiellement débités, portent l'empreinte des méthodes utilisées par les ouvriers pour obtenir des éléments de bonne qualité (pierres de taille essentiellement) : alignements de trous pour l'emplacement des coins de bois et de fer, certains trous réalisés à la chante-perce (sorte de barre à mine).

Technique utilisée

Les fentes étaient préparées au poinçon. Puis on y introduisait des coins en bois que l'on arrosait d'eau. Ils gonflaient ensuite et faisaient éclater la pierre (36 h après).

Cependant, le granite ne se fendait pas toujours !

Révolution technique avec la chante-perce ! Il devenait possible de faire plus facilement des trous dans le granite dur, d'utiliser des coins en acier. Ces coins, bloqués entre deux serres en demi-rondes, enfoncés "à force" à la masse, disposés en ligne, espacés de 10 centimètres environ, allaient permettre de fendre plus rapidement les blocs.

Propriétés du granite extrait dans les carrières de Castel Erek

Le granite, dont on trouve des éléments frais un peu partout en bordure du chemin qui relie les deux carrières, est **un granite gris-bleuté à biotite uniquement** ce qui le différencie du granite externe à deux micas et cordiérite, ou leucogranite de l'Île-Grande, que l'on a observé juste avant à la pointe de Toul ar Staon ou dans la carrière de la presqu'île du Toénot.



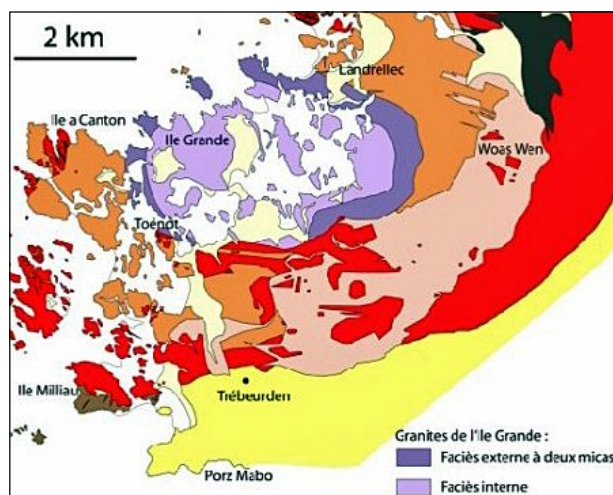
23. Granite gris-bleuté, à biotite seulement, de Castel Erek.

Le contact entre les deux granites de l'Île-Grande : leucogranite de la pointe de Toul ar Staon et granite à biotite de Castel Erek est visible à marée basse sur le platier rocheux en contre-bas du mur de la "grande carrière" de Castel Erek. Vertical, ce contact est sinueux et lobé, ce qui montre :

1. que le leucogranite externe recoupe l'autre et lui est donc postérieur ;
2. qu'il s'est mis en place dans un milieu encore chaud et plastique.

A l'échelle du "Complexe de Ploumanac'h", le granite externe de l'Île-Grande (en violet foncé, carte ci-dessous) forme un anneau de quelques centaines de mètres de largeur au sein des granites intermédiaires de type Canton.

Dans l'architecture générale du Complexe, et compte-tenu de sa structure, il apparaît comme une lame à l'allure de coupole injectée en fin de mise en place du massif.



24. Localisation des granites de l'Île-Grande dans le "complexe granitique de Ploumanac'h".

L'essentiel du site 3

1. Le cœur du "Complexe granitique de Ploumanac'h" est constitué par un granite clair à biotite qui affleure dans la "grande carrière".
2. Il est entouré par une auréole de leucogranite à deux micas et cordiérite plus jeune que lui et qui affleure à la pointe de Toul ar Staon et que l'on a déjà rencontré sur la presqu'île de Toénot.
3. Le caractère hyperalumineux de ce leucogranite et du granite du cœur laisse supposer qu'ils dérivent de l'anatexie d'un protolithe* sédimentaire, ce que confirment les mesures isotopiques de l'oxygène.

CONCLUSION

Architecture et genèse du "Complexe granitique de Ploumanac'h"

(d'après les travaux de Michel Barrière)

1. Architecture du massif

Le "Complexe granitique de Ploumanac'h" présente une anatomie complexe (figure G) résultant de l'emboîtement de trois dispositifs mis en place successivement et dans des contextes différents.

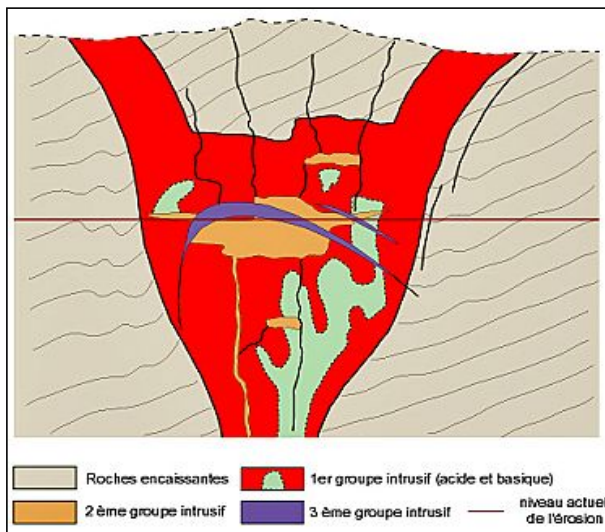


Figure G :
Structure du "Complexe granitique de Ploumanac'h"
d'après BARRIÈRE (1976)

Sa structure générale est celle d'un tronc de cône, d'un entonnoir profond à section elliptique occupé par :

- les granites roses à gros grains (granites faciès "La Clarté" et "Traouiéros") et les roches basiques (gabbros) de l'auréole externe, injectés simultanément, les gabbros formant au Nord du massif une masse importante située en profondeur (apport de la gravimétrie).
- des dykes verticaux, de larges feuillets horizontaux et des filons à pendage externe constitués de granites divers à grain fin (Canton, Woas Wen,...) qui occupent une large fraction centrale de l'aire elliptique. Ils constituent l'auréole intermédiaire ou médiane.
- enfin, une cloche asymétrique de granites à grain moyen (granites de l'Île-Grande) au centre de l'unité précédente et au cœur du Complexe.

2. Les différentes étapes de mise en place (figure H)

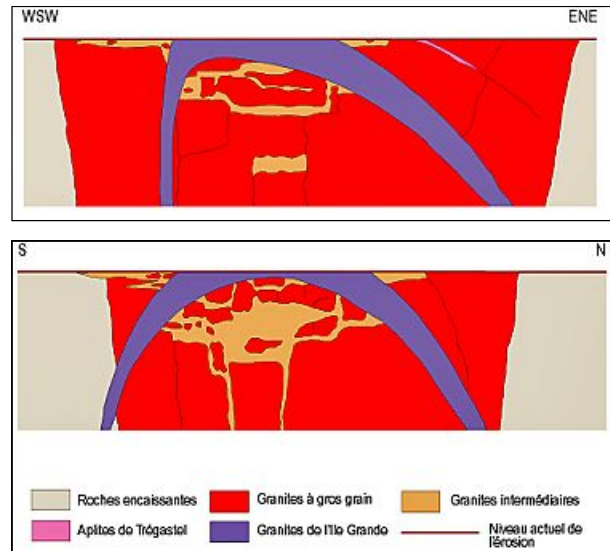


Figure H:
Interprétation des intrusions des granites à grain fin
au centre du "Complexe" d'après BARRIÈRE (1976)

1^{re} étape

- Fracturation conique annulaire du socle avec individualisation d'un panneau qui, soit par effondrement dans le réservoir magmatique, soit par refoulement vers le haut à la manière d'un piston, permet l'intrusion des granites roses à gros grains de types "La Clarté" et "Traouiéros" accompagnés de roches basiques (gabbros au sens large).

- Cette première venue magmatique s'accompagne d'abord de fractures concentriques et de fractures radiales qui sont nourries de granite à gros grains, de granite à grains moyens, de granite aplitique, d'aplitites et de pegmatites qui recoupent le premier corps magmatique et le socle.

- Des fractures radiales, inclinées à subhorizontales, remplies d'aplitite-pegmatites sont légèrement postérieures aux précédentes.

2^e étape

- Fracturation de la première unité dans ses parties centrale et méridionale permettant l'intrusion des granites du groupe intermédiaire (types "Canton", "Woas Wen") qui se disposent selon les fractures en puissants feuillets horizontaux ou obliques, en dykes verticaux. Ainsi se trouve réalisée une brèche* (conglomérat) avec d'immenses blocs de granite rose cimentés par les granites intermédiaires.

3^e étape

- Mise en place des granites gris de l'Île-Grande à la faveur d'une nouvelle fracturation, selon une structure filonienne circulaire ("ring dykes") qui recoupe les granites intermédiaires.

3. Genèse du Complexe

Les mécanismes de genèse des magmas à l'origine de la formation du "Complexe granitique de Ploumanac'h" ne sont pas connus avec précision et font encore l'objet de discussions entre pétrologues et magmatologues.

Le schéma global suivant peut néanmoins être proposé :

1- Remontée dans la croûte d'une intrusion diapirique* (bulle magmatique) de matériel basique d'origine mantellique.

Celui-ci va se différencier en donnant des liquides de plus en plus acides qui, en se mélangeant avec la croûte environnante (hybridation), vont aboutir à la formation des granites externes rouges puis à celle des granites intermédiaires.

2- La très forte température du magma basique est suffisante pour induire la fusion partielle de la croûte supérieure dans laquelle il se met en place. Ainsi se trouve expliquée la naissance des granites hyperalumineux* de l'Île Grande qui occupent la partie centrale de l'édifice.

Le "Complexe de Ploumanac'h" correspond à un mélange, dans des proportions différentes, d'un composant purement issu du manteau (les roches basiques) et d'un composant purement issu de la croûte (les granites à muscovite et cordiérite).

Au fur et à mesure de la formation du complexe, les intrusions successives montrent une prépondérance du composant crustal* sur le composant mantellique*.

4. Le contexte géodynamique de la remontée du magma basique

Deux hypothèses peuvent être évoquées :

- Apparition d'une série de points chauds au sein de l'édifice hercynien.
- Formation d'un grand accident tectonique affectant la croûte et une partie du manteau lithosphérique sur 100 à 150 kilomètres de profondeur, peut-être en relation avec le Cisaillement Nord-Armoricain (CNA) et ses rejeux*, induisant la fusion partielle des péridotites* du manteau.

Site 4

Grève blanche et Grève rose (commune de Trégastel)

1. La "couronne du Roi Gradlon "

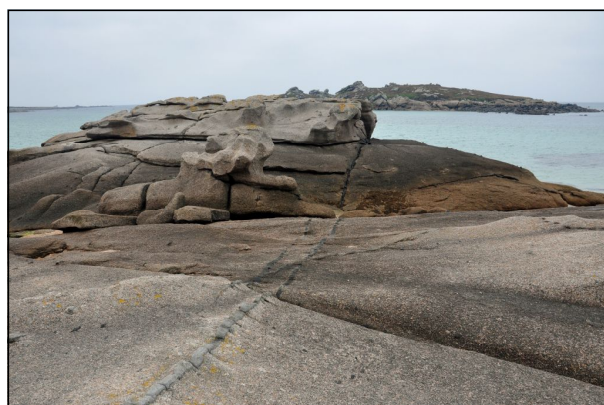
Ciselée dans le granite rose à gros grain de l'auréole externe du Complexe de Ploumanac'h, elle apparaît ornée de pierres précieuses, de cabochons de gabbros en relief parce que plus durs (érosion différentielle).



25. La "couronne du Roi Gradlon" .

2. Les enclaves et les filons de gabbro de la Grève Blanche

Les rochers qui limitent à l'ouest l'étendue sableuse de la Grève Blanche et qui s'étendent jusqu'à l'Île aux Lapins sont constitués comme la "couronne du Roi Gradlon" de granite rose à gros grains de l'auréole externe du "Complexe de Ploumanac'h".



26. Rochers plats de la Grève blanche.
Vasques ornées de rigoles d'écoulement.
Enclaves et deux filons parallèles de gabbros sombres.

Ces rochers de granite rose ont été véritablement polis, lissés par l'érosion marine.

Dans l'ensemble, sur l'affleurement, les phénocristaux* pluricentimétriques de *feldspath orthose* du granite sont statistiquement disposés parallèlement les uns aux autres dessinant une structure de flux magmatique grossièrement orientée Est-Ouest, acquise lors de la mise en place du pluton.



27. Affleurement de granite rose poli par l'érosion parcouru de filons sombres de gabbro.

Des filons et de nombreuses petites enclaves de gabbro sombre à grains fins sont dispersés au sein du granite rose à gros grains.



28. Filon et enclave de gabbro dans le granite rose

Certaines enclaves de gabbro, plus résistantes, ont été mises en relief par l'érosion et sont facilement repérables sur la surface polie des rochers exposés aux vagues. Elles ont quelques décimètres de longueur, une forme arrondie ou oblongue, la majorité d'entre elles étant orientée dans la foliation magmatique du granite. Elles contiennent souvent de nombreux cristaux roses de *feldspath orthose*, certains à **texture rapakivi***, qui, comme dans le cas du gabbro de l'anse Sainte-Anne (**voir site 5**), ont été mécaniquement introduits dans le magma basique non encore refroidi.

Ces enclaves proviennent certainement de la fragmenta-

tion sous la forme de gouttelettes, de masses magmatiques basiques plus importantes semblables à celles que l'on rencontrera à l'anse Sainte-Anne. Les filons ont une origine semblable.



29. Enclave de gabbro en relief. Inclusion de nombreux petits et gros cristaux d'orthose matérialisant un cisaillement (?)



30. Cristal de feldspath orthose à structure rapakivi (couronne blanchâtre de feldspath oligoclase)

3. Les enclaves sédimentaires de la Grève Rose

Au sud, à quelques encablures de la Grève Blanche, les rochers littoraux de la Grève Rose montrent la même dualité de composition : granite rose à gros grains et enclaves basiques.

Ils renferment, en plus, de nombreuses **enclaves sédimentaires**, de taille et de couleur variables, allant du gris clair au gris-noir. Ces enclaves sont litées, litage souligné par l'alternance millimétrique à centimétrique de niveaux sombres grauwackeux et de niveaux plus clairs arkosiques, riches en *feldspath*. Dans certaines enclaves, ce litage peut être légèrement déformé, plissé.

Mais, à la différence des enclaves de gabbro de forme ovoïde, les **enclaves sédimentaires sont à contour net et anguleux**.



31. Enclave sédimentaire sombre dans le granite rose à gros grains, traversée par un filon de granite intermédiaire.



32. Le même filon de granite intermédiaire coupe également (à gauche) une petite enclave ovoïde de gabbro.



33. Grosse enclave ("panneau") sédimentaire gris-clair au sein du granite rose à gros grains.

Pour les plus grosses enclaves sédimentaires, on pourrait même parler de "mégabrèches" ou de "panneaux". On retrouve donc à peu près la même chose qu'au **site 1**.

Ces enclaves sédimentaires ont été arrachées à un encaissant sédimentaire lors de l'ascension du magma granitique à l'origine du granite rose à gros grain de l'auréole externe du Complexe de Ploumanac'h.

Le magma chaud y a également développé un métamorphisme de contact de BP et HT* : de petites taches noires de *cordiérite* ainsi que quelques petits cristaux de *grenat*

traduisent ce métamorphisme de contact. Ces enclaves peuvent donc être qualifiées de "**cornéennes**".

Question

S'agit-il du même encaissant que celui observé à l'arrêt 1 ? Est-il du même âge ?

Rien ne permet de le dire !

Il faut rappeler qu'il n'a pas été daté au **site 1** (peut-être Dévonien ?).

Les enclaves sédimentaires plus claires et à litage plus grossier montrent des structures linéaires blanches, perpendiculaires au litage. Ces figures sont interprétées, avec quelques réserves, comme des tubes correspondant à des **terriers de vers marins** (traces de bioturbation).

Si cette hypothèse s'avérait exacte, les enclaves claires pourraient représenter des niveaux sédimentaires plus superficiels que les enclaves sombres.



34. Enclave sédimentaire - Litage sédimentaire et empreintes de "tubes" perpendiculaires au litage.

Quelques mètres plus au Sud, on rencontre un puissant filon d'aplite de couleur rose clair, large de près d'un mètre, et qui coupe à l'emporte-pièce le granite rose à gros grain de l'auréole externe.



35. Filon d'aplite dans le granite rose à gros grains.

Des filons plus petits recoupent aussi de façon rectiligne et indifféremment les enclaves sédimentaires anguleuses

de petite dimension comme les enclaves ovoïdes de gabbro. Cela est la preuve que le granite à gros grain et ses enclaves de gabbro étaient totalement cristallisés et refroidis quand le granite intermédiaire à grain fin et son cortège filonien se sont mis en place.

L'essentiel du site 4

On retrouve en partie ce qui a été constaté au site 1 :

1. Le granite rose à gros grains de l'auréole externe s'est mis en place, toujours au Carbonifère supérieur, dans un encaissant sédimentaire non daté qu'il a métamorphosé. Était-ce le même encaissant qu'au Castel de Trébeurden ? Rien ne permet de l'affirmer.

2. Le développement de *cordiérite* et de *grenat*, (ce que nous n'avons pas observé) dans les enclaves sédimentaires implique un métamorphisme dans des conditions de HT et BP. Le magma est donc monté très haut, dans la croûte supérieure en tout cas (~ 8-10 km).

3. La forme anguleuse de ces enclaves et parfois leur importance volumétrique montre que ce magma est monté avec force, sous pression.

4. Après cristallisation, il a été ensuite recoupé par de nombreux filons d'aplite issus d'un magma plus tardif : le magma à l'origine du granite de l'auréole intermédiaire.

4. Quant aux enclaves de gabbros, de forme ovoïde et disposées parallèlement à la foliation magmatique du granite rose de l'auréole externe, elles doivent avoir à tout coup une origine complètement différente de celle des enclaves sédimentaires (voir site 5 suivant).

Site 5

Baie Sainte-Anne (commune de Trégastel)

1. Les roches basiques de la baie Sainte-Anne

La descente depuis le remblai vers l'estran permet d'atteindre les premiers affleurements de gabbros au pied du mur de la propriété privée fait de granite et d'aplite rose de Trégastel.



36. Gabbro en "boules"

Certains blocs de gabbro, un peu plus clairs, de composition granodioritique*, sont particulièrement riches en cristaux de feldspath orthose de belle taille.



37. Gabbro de faciès clair à gros cristaux de feldspath orthose

La plupart du temps, le gabbro apparaît plus sombre et à grain fin. Il a alors une composition de gabbro-norite* à deux pyroxènes.

Le gabbro présente souvent un débit "en boules" très net, boules relativement importantes par rapport aux petites "éclaboussures" de gabbros du site précédent (Grève blanche et Grève rose). Ces boules de gabbros évoquent la forme en pillows des basaltes sous-marins. **Mais il ne s'agit pas ici de pillow-lavas !**

En certains endroits, ces blocs de gabbro en forme de pillows apparaissent nettement séparés les uns des autres par du granite rose à gros grain qui forme comme une matrice claire.



38. "Boules" de gabbro séparées par une matrice granitique

Le granite rose à gros grains montre ici une texture grenue porphyroïde, les cristaux de *feldspath orthose* atteignant plusieurs centimètres de long.

En conclusion, l'affleurement de Sainte-Anne est constitué par un mélange de deux roches : de gabbro, roche à composition basique, emballé dans du granite, roche à composition acide.

Remarque : Le gabbro occupe une surface plus importante que ces simples rochers de la baie de Ste Anne ; il se prolonge à l'Ouest dans des affleurements situés dans les propriétés voisines de la route, au Sud dans les affleurements du fond de l'anse et surtout dans les terres en direction du bourg de Trégastel.

2. Les xénocristaux* des gabbros

Nous l'avons dit, certains gabbros renferment des cristaux isolés de *feldspath orthose* rosé tout à fait identiques à ceux du granite de la matrice.

Or, le chimisme global du gabbro, déficitaire en silice, ne permet pas la formation de ce *feldspath orthose*. En conséquence, ils ne peuvent provenir que du granite de la matrice voisine ; et ils sont en quelque sorte étrangers au gabbro : on les qualifie de "**xénocristaux**".

Après leur cristallisation dans le granite, ils ont donc été mécaniquement "**injectés**" dans le gabbro. Mais il est bien évident que cela n'a pu se faire que si le gabbro lui-même était à l'état liquide, donc sous forme de magma.

Confirmation : Les xénocristaux* de *feldspath orthose* rosé sont fréquemment entourés par une fine **couronne de plagioclase (oligoclase)** blanc laiteux. Cette texture porte le nom de "**rapakivi**"*, mot d'origine finlandaise signifiant "granite pourri".

Cette couronne est en fait une véritable **auréole réactionnelle** ; elle s'est formée par réaction chimique entre le magma basique et le cristal de *feldspath*. Ce dernier, qui a commencé à cristalliser dans le magma granitique acide, se retrouve maintenant "injecté" dans un environnement complètement différent, basique, c'est-à-dire plus pauvre en silicium, en potassium, et plus riche en sodium et surtout calcium. Devenu instable, il continue à croître mais en empruntant des ions Na^+ et Ca^{2+} , changeant ainsi de composition pour devenir plus calco-alcalin*.

Le même raisonnement peut être fait pour le *quartz*. Le gabbro renferme également des cristaux de *quartz* clair entourés par une auréole réactionnelle noire. On donne le nom d' "**ocelles**" à ces figures particulières.

Interprétation des "ocelles" de quartz :



39. Feldspath de structure rapakivi (en haut à gauche) et "ocelles" de quartz (à droite).



40. "Ocelles" de quartz et leur auréole réactionnelle de pyroxène.

Le gabbro ne peut pas non plus fabriquer des cristaux de *quartz* pour la même raison qu'il ne pouvait pas fabriquer de *feldspath orthose*, il est déficitaire en silice. Les cristaux de *quartz* proviennent donc du granite et instables dans le magma basique, ils réagissent avec lui pour former une couronne noire de *pyroxène* : on dit qu'ils se "blindent" d'une auréole de *pyroxène*.

Synthèse : Les cristaux de feldspath et de quartz étaient en cours de cristallisation quand ils ont été "injectés" dans le magma gabbroïque. Le granite rose non plus n'était pas entièrement cristallisé ! Lui aussi était sous la forme de magma, de "bouillie cristalline". D'ailleurs, s'il a emballé les boules de gabbros, il ne pouvait être que liquide !

On met ainsi en évidence la contemporanéité de mise en place des deux magmas : magma acide et magma basique.

Et si l'on applique cette conclusion au site précédent (**site 4**), on démontre alors que les enclaves de roches sédimentaires et de gabbros n'ont pas du tout la même origine et le même âge :

- les premières dérivent d'un protolithe* sédimentaire appartenant à la croûte supérieure et sont antérieures au granite rose à gros grain de l'auréole externe du "Complexe de Ploumanac'h" qui les a arrachées ;

- les secondes sont d'origine magmatique profonde, mantellique et contemporaines de la mise en place du granite rose à gros grain.

3. Autre façon de démontrer la contemporanéité des deux magmas par utilisation du principe d'inclusion

L'examen de détail du contact entre gabbros et granite montre des enclaves de gabbro entourées de granite. Par application du principe d'inclusion, le gabbro serait donc plus vieux que le granite.

Mais le gabbro contient aussi des "mini-enclaves de granite" que sont les cristaux d'*orthose* et de *quartz*. Le gabbro contenant des fragments de granite en enclaves serait donc plus jeune que le granite toujours d'après le même principe d'inclusion !

Et cette conclusion est contraire à la précédente ! Puisqu'un même affleurement montre que le gabbro est soit plus jeune, soit plus vieux que le granite, c'est qu'en fait le gabbro et le granite sont contemporains !

Magma granitique acide et magma gabbroïque basique étaient donc liquides (ou partiellement liquides) en même temps ; mais de densité et de viscosité assez différentes, ils se sont très peu mélangés.

4. Comment expliquer le débit "en boules" du gabbro ?

On peut aussi proposer une explication au débit en boules du gabbro au contact gabbro/granite.

Que fait un magma quand il arrive dans un liquide froid ?

Tout le monde le sait, quand ce liquide froid est de l'eau de mer. Cela forme des "pillows lava"! Il se passe la même chose pour de nombreux liquides chauds que l'on fait couler dans un liquide froid. C'est par exemple le cas du soufre fondu que l'on fait couler dans de l'eau froide ; il se fige brutalement en petites perles.

Pour Sainte Anne, il pourrait s'agir d'un phénomène "analogue", le magma basique étant plus chaud que le magma acide. En arrivant dans le magma granitique plus froid et en cours de cristallisation, le magma basique se prendrait en boules. On pourrait donc parler ici pour ces gabbros en boules de "pillows-gabbro" ! Expression qui n'a bien sûr rien d'officiel, mais qui veut bien dire ce qu'elle veut dire.

D'après Pierre Thomas - ENS de Lyon

On peut alors interpréter cet affleurement de la façon suivante :

- un magma granitique, certainement d'origine profonde (croûte inférieure), était en train de cristalliser en profondeur. Des *orthoses* et des *quartz* étaient déjà formés et l'ensemble correspondait à une "bouillie cristalline", un "**mush**" selon le vocabulaire des géologues.

- puis dans cette bouillie cristalline acide, encore partiellement liquide, est arrivé un magma basique d'origine encore plus profonde, mantellique.

La température de solidification d'un magma basique est d'environ 1100°C ; celle d'un magma acide d'environ 700°C. Le magma basique arrivant dans un liquide "froid" (pour lui) s'est donc figé en boules et a cristallisé (relativement) rapidement (d'où la taille réduite des cristaux du gabbro), sans se mélanger au magma acide, mais en englobant à son contact quelques cristaux d'*orthose* et de *quartz*.

Les *orthoses* ont très provisoirement continué à croître dans le magma basique, mais en changeant de composition, pour passer d'une composition potassique à une composition calco-sodique. Une auréole claire de plagioclase s'est alors formée à leur périphérie engendrant une "texture rapakivi".

En même temps, les *quartz* se sont "blindés" d'une auréole de *pyroxène*.

L'essentiel du site 5

1. L'affleurement de Sainte-Anne est constitué par un mélange de deux roches : du gabbro, roche à composition basique, emballé dans du granite, roche à composition acide
2. Les magmas acide et basique à l'origine du granite rose à gros grain et du gabbro de l'auréole externe du "Complexe de Ploumanac'h" sont contemporains.
3. Les deux magmas ne sont pas miscibles.
4. Leur présence simultanée ainsi que leurs types de relations permet d'estimer la température de mise en place de ces magmas entre 800 et 900°C.

Site 6

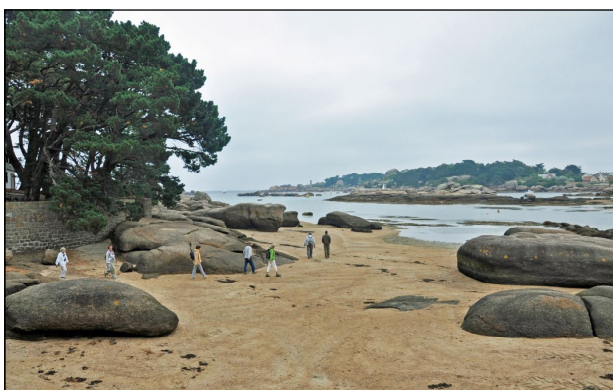
Le Tourony (commune de Trégastel)

1. Les traînées sombres de Tourony

Depuis le petit remblai, le spectacle est magnifique. Mer calme, un courageux baigneur à cette heure plutôt matinale et le château de Costaérès fermant la baie... et au loin, dans la brume, à l'horizon, les Sept îles...



41. Vue panoramique sur la baie de Tourony.



42. Blocs de granite rose avec des traînées sombres, à l'ouest de la plage.

Sur la bordure Ouest et Nord-Ouest de la plage, les blocs de granite rose à gros grains sont parcourus de traînées sombres tout à fait singulières : en forme de spirales, de tourbillons... isolées ou regroupées en faisceaux.

Ces traînées sont colorées en noir par des minéraux ferromagnésiens, principalement de la *biotite* et accessoirement de l'*amphibole*.



43. Traînées sombres dans le granite rose à gros grains : ségrégations minérales riches en biotite et amphibole groupées en faisceaux.

Or ces deux minéraux cristallisent précocement dans le magma granitique, avant le *feldspath* et le *quartz*.

Aussi, ces traînées sont-elles interprétées comme la marque de mouvements, de courants et d'écoulements plus ou moins visqueux de la matière en fusion à l'intérieur de la chambre magmatique, juste avant que cette matière ne se fige définitivement au cours de son refroidissement.

Ces ségrégations minérales témoignent donc de l'origine magmatique du granite.

Regroupés sous le nom de **schlieren*** par M. BARRIÈRE, ces ségrégations minérales sont à rattacher aux **cumulats magmatiques***. Elles constituent de véritables **biotitites**** qui renferment à côté de la biotite de nombreux cristaux d'*allanite** très riches en **lanthanides*** (**terres rares**) (L. CHAURIS).

Elles s'observent à différents endroits mais le plus souvent dans l'auréole externe et à proximité (entre 0,5 et 1,5 km) du contact avec le socle gneissique icartien et surtout cadomien dans lequel le granite rose à gros grain s'est mis en place (**figure I**).

2. Localisation des schlieren

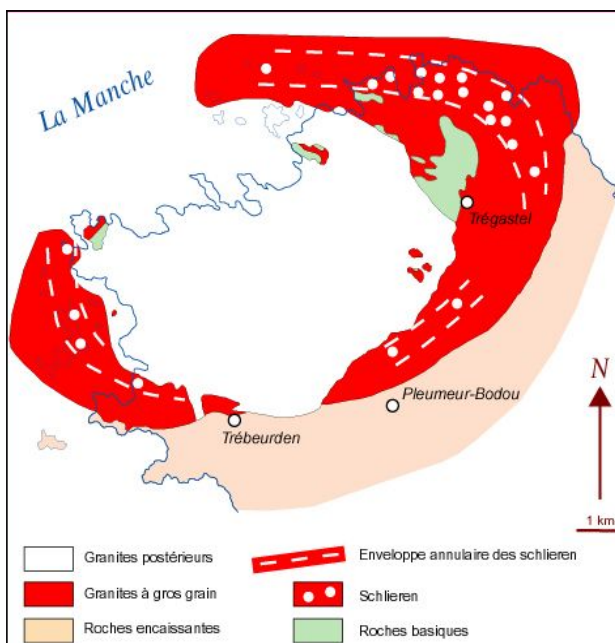


Figure 1 : Localisation des schlieren (= biotitites) dans les granites à gros grains d'après BARRIÈRE (1976)



45. Curiosité ! Le bloc de granite du haut de la pile présente une anse. L'érosion peut donc percer, trouer le granite !



46. Détail de la photo précédente. Anse dans le bloc de granite

3. Formes d'érosion

Vasques avec rigoles d'égueulement*, granite percé, ...



44. Vasque remplie d'eau de mer au sommet du bloc. Schlieren sur le flanc gauche du bloc.

L'essentiel du site 6

1. Les figures d'écoulement magmatique : les schlieren
2. Les différentes formes d'érosion du granite.

Site 7

Les carrières de La Clarté (Perros-Guirec)

1. Les carrières de granite rose de La Clarté (Carrière de Ranguillégan)

De part et d'autre du chemin de Ranguillégan, le paysage est entaillé par d'impressionnantes carrières ouvertes dans le granite rose et dont la profondeur dépasse souvent les 50 mètres.

Si elle a été abandonnée sur le littoral, l'industrie extractive est encore bien présente au sein du massif de Ploumanac'h, l'un des plus grands bassins granitiques bretons, le plus réputé à l'étranger pour la qualité esthétique du matériau qu'il fournit.

Les principaux débouchés pour le granite rose labellisé "La Clarté" sont la marbrerie funéraire, les plaques de dallage et de revêtement de façades de bâtiments, le mobilier et l'aménagement urbain, la sculpture... Quant aux "rebuts", ils sont essentiellement destinés aux enrochements (voir port de Trozoul - site 1).



47. Vue aérienne des carrières de granite de la Clarté (Google).



48. Vue panoramique de la carrière B.G.P. de Ranguillégan.



49. Granite de La Clarté observé à la loupe.

"En dehors d'un intérêt dans l'approche des techniques modernes d'extraction, les carrières de la Clarté offrent un grand intérêt géologique du fait de la beauté et de la diversité des paragenèses développées durant les stades ultimes de l'évolution du granite externe".

"Dans sa masse, il montre des accidents aplito-pegmatitiques qui correspondent à des poches difformes individualisées au sein de la roche en fin de cristallisation ; dans celles-ci se sont accumulés le magma et les liquides résiduels qui ont donné naissance en leur centre à des cristaux souvent pluridécimétriques de microcline rouge (feldspath), de quartz hyalin, de lamelles de biotite, de baguettes noires de hornblende et de rares allanites. Ces pegmatites sont aussi réputées pour renfermer des lamelles de molybdénite (MoS₂)".

Texte de Jean Plaine

Site 8

Le contact de Pors Rolland – Le Ranollien

(commune de Perros-Guirec)

1. Contact entre le pluton granitique de Ploumanac'h et son encaissant gneissique.

Ce contact géologique est aisément palpable lorsque l'on descend sur l'estran.



50. Platier rocheux (= "gneiss de Trébeurden") au départ du sentier littoral du Ranollien.

Le granite rose de l'auréole externe (ici appelé "granite de Ploumanac'h") est entouré de gneiss qui dérivent, par métamorphisme, d'une ancienne série volcanosédimentaire. Si ces gneiss affleurent bien ici sur la côte, ils disparaissent à l'intérieur des terres puis réapparaissent au sud de Trébeurden, à la pointe de Bihit où ils ont fourni un âge voisin de 2 milliards d'années.



51. Groupe de l'AVG sur les "gneiss icartiens de Trébeurden"

On retrouve donc à nos pieds un petit lambeau de "gneiss de Trébeurden" d'âge icartien ! (voir site 1)

Si l'on veut être précis, ce morceau de socle icartien s'intercale très exactement entre :

- le granite hercynien de Ploumanac'h daté du Carbonifère supérieur (300 Ma), qui affleure juste à l'Ouest au niveau des magnifiques chaos de granite rose de Pors-Rolland ;
- et le granite cadomien de Perros-Guirec, juste à l'Est d'où nous nous trouvons, daté à 615 Ma, et qui s'étend lui jusqu'à l'île de Bréhat.

2. Filons de dolérite* et de granite

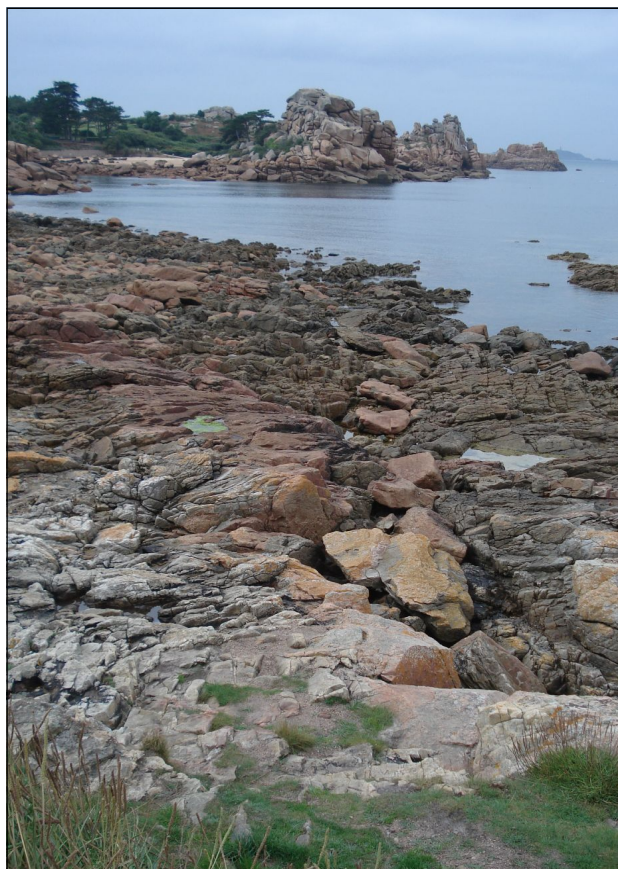


52. Filons de granite rose et de dolérite sombre dans les gneiss.

Le socle icartien est recoupé par des **filons rectilignes de "granite de Ploumanac'h"**, aisément identifiables à leur couleur rose et larges de plusieurs décimètres et qui recoupent eux-mêmes un imposant **filon de dolérite** sombre (roche de chimisme basique).



53. Détail - Les filons de granite rose recoupent le large filon de dolérite



54. Filon de granite rose se dirigeant en droite ligne vers les chaos de Pors-Rolland

Comme le montre la photo 54, beaucoup de ces filons, qu'ils soient acides ou basiques, se dirigent en ligne droite vers les chaos de granite rose de Pors-Rolland. C'est la raison pour laquelle on les interprète aujourd'hui comme étant des **conduits d'alimentation** de la **chambre magmatique** qui a donné naissance au granite rose et au gabbro de l'auréole externe du "Complexe granitique de Ploumanac'h".

3. Les chaos granitiques de Pors-Rolland

En progressant vers le nord-ouest sur le sentier douanier, nous constatons un changement de nature des roches de l'estran : le gneiss icartien est remplacé par le granite rose de Ploumanac'h qui forme les magnifiques chaos de Pors-Rolland.

Rappel : la formation des chaos granitiques est expliquée dans le commentaire sur le **site 2** (pages 9,10 et 11).



55. Chaos de granite rose de Pors-Rolland .



56. Chaos granitique du "château" montrant les nombreuses diaclases qui découpent le granite.

L'essentiel du site 8

1. Les filons d'alimentation du granite rose de l'auréole externe du Complexe de Ploumanac'h.
2. Les filons de dolérite alimentant la même auréole externe en gabbros.
3. Les chaos granitiques de Pors-Rolland

SCHÉMA DE SYNTHÈSE HYPOTHÉTIQUE

En rassemblant les observations faites dans les sites 4, 5, 6 et 8, on peut tenter le **schéma de synthèse de la figure J ci-contre**.

En faisant pivoter le schéma de 90° vers la droite ↻, on a alors une excellente image de la chambre magmatique lors de la mise en place de l'auréole externe du Complexe :

- Le trait en pointillé noir épais devient le plancher de la chambre magmatique.
- L'auréole externe de granite rose à gros grain reproduit la 1^{ère} chambre magmatique.
- Les filons de granite rose et de dolérite du socle icartien correspondent aux conduits et puits d'alimentation magmatique.
- Mais rien ne permet d'identifier le matériel à l'origine du magma. On sait seulement qu'il est d'origine très profonde (croûte inférieure, voire manteau lithosphérique).
- Les figures d'écoulement magmatique pourraient résulter de la formation de courants de convection lors de la mise en place du magma basique, entre ce dernier et le plancher de la chambre.

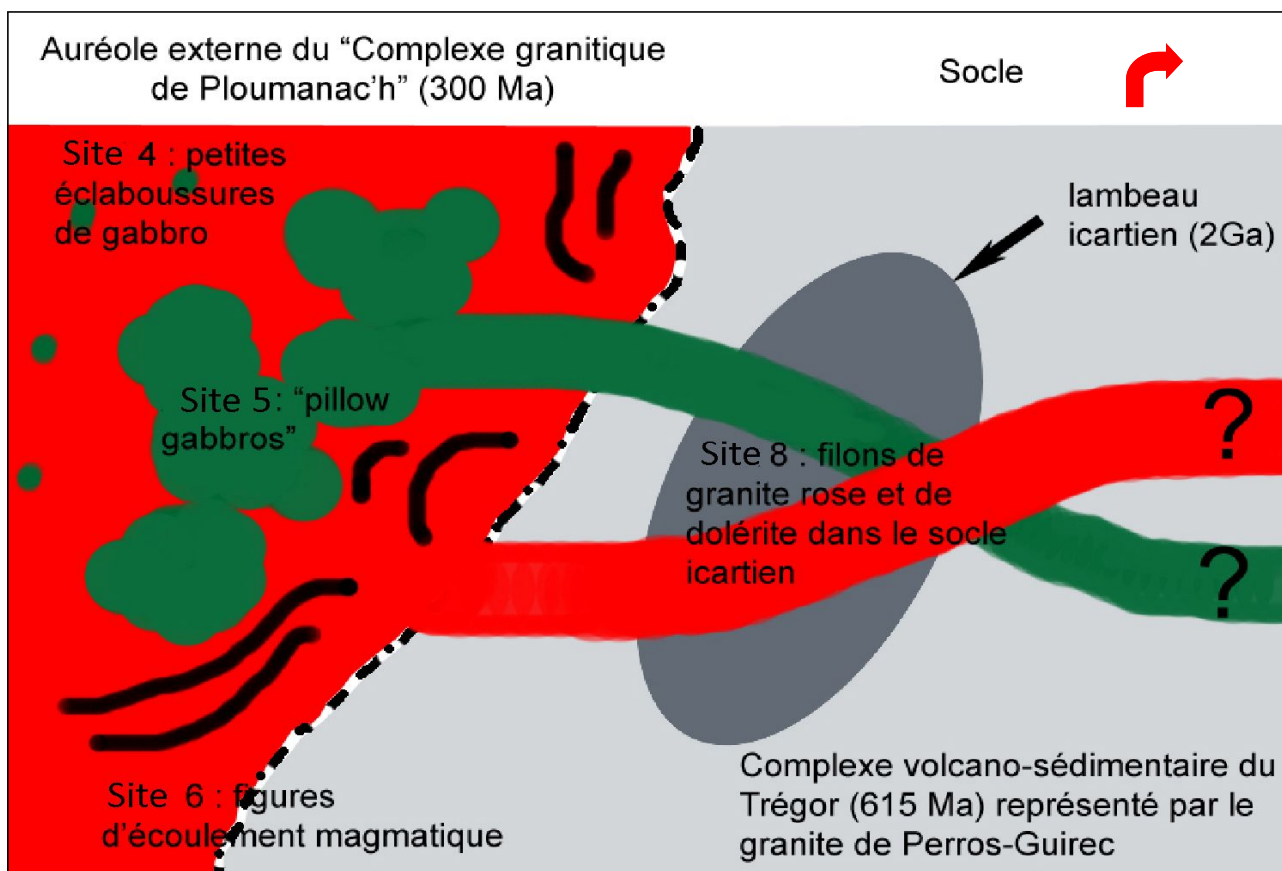


Figure J : Représentation schématique de la première chambre magmatique à l'origine de l'auréole externe du "Complexe granitique de Ploumanac'h" (H.V).

VREKEN Hendrik

PHOTOGRAPHIES ET SCHÉMAS : VREKEN Hendrik , CHAUVET Jean

BIBLIOGRAPHIE

- NÉDÉLEC Anne et BOUCHEZ Jean-Luc, Pétrologie des granites-Structure-Cadre géologique, Éditions Vuibert et Société Géologique de France, 2010.
- GRAVIOU Pierrick et NOBLET Christophe, Curiosités géologiques du Trégor et du Goëlo, BRGM Éditions et Éditions Apogée, 2009.
- GRAVIOU Pierrick, Géotourisme en côtes d'Armor, petit guide géologique pour tous, Collection Géotourisme, Editions Biotope, 2012.
- Notice de la carte géologique de Lannion au 1/50 000^{ème}.

SITES INTERNET CONSULTÉS

- Site de Jean Plaine : <http://sgmb.univ-rennes1.fr/DOSSIERS/patrimoine/PLOUMfeuille.htm>
- <http://www.tregor.fr/Liste3.php?type=site>
- <http://sallevirtuelle.cotesdarmor.fr/asp/inventaire/pleumeur/Geoviewer/Data/HTML/IM22005352.html>

SITE INTERNET À CONSULTER : avg85.com