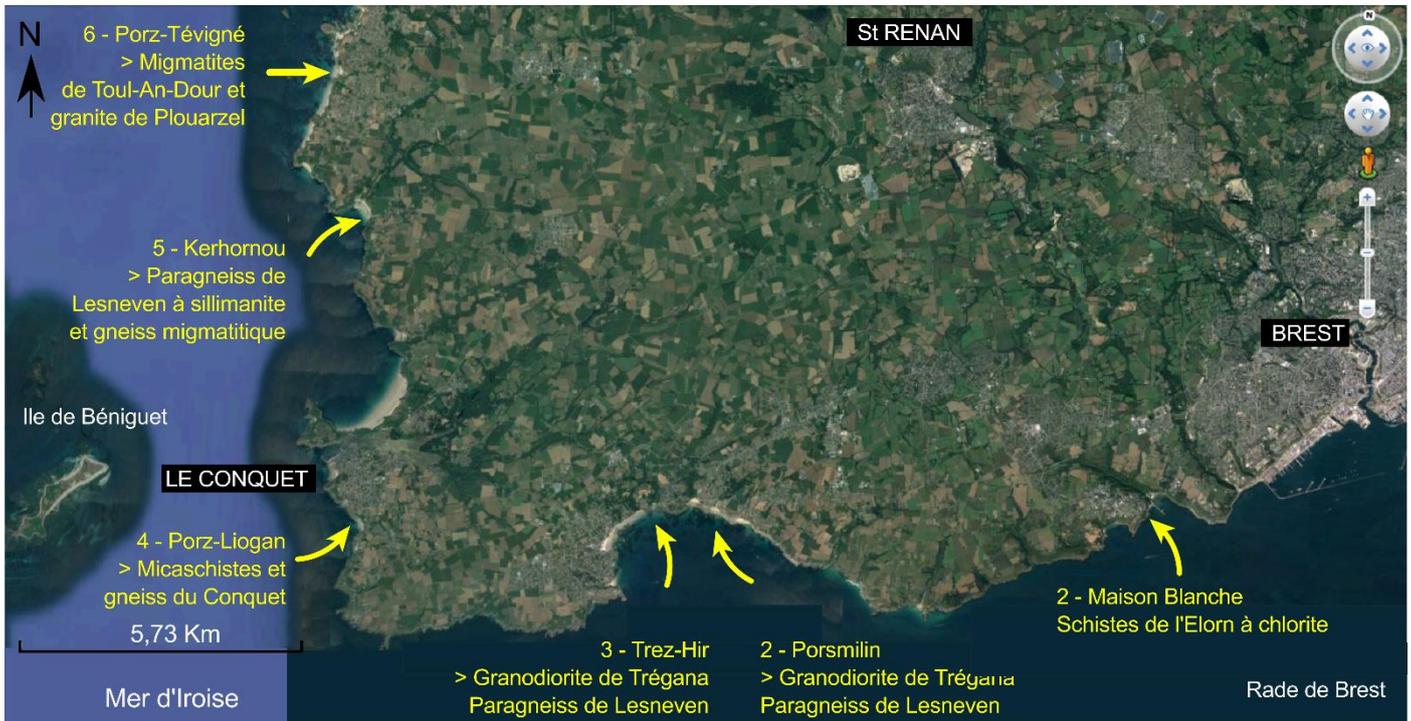


SORTIE GÉOLOGIQUE DANS LE LÉON - DOMAINE CONTINENTAL

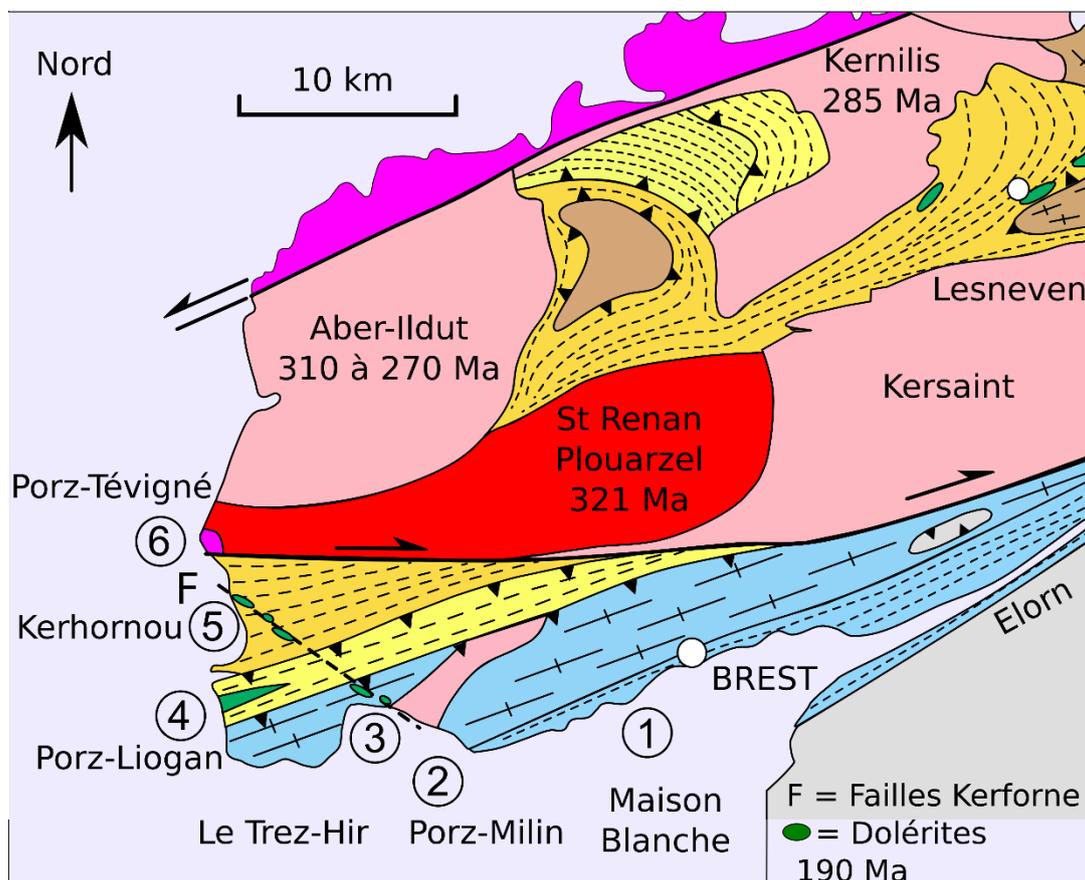
1 – PROGRAMME DE LA SORTIE GEOLOGIQUE

Document 1 - Les six stations de la sortie géologique dans le Léon



2 – GEOLOGIE DU DOMAINE CONTINENTAL DU LEON

Document 2 - Carte géologique simplifiée des sites de la sortie géologique d'après Rollet



**ROCHES MAGMATIQUES
INTRUSIVES ET FILONNIENNES**

 Granites varisques hercyniens
300 Ma avec leurs noms

 Migmatites de Plouguerneau

 Roches basiques type amphibolite
ou dolérite 193 Ma

**ROCHES PALEOZOIQUES D'ORIGINE
SEDIMENTAIRES**

 Formation Paléozoïque
Dévonien inclus

 Formation Carbonifères du
Bassin de Morlaix

TECTONIQUE

 Failles majeures dont faille
Kerforne avec filon de dolérites

**ROCHES METAMORPHIQUES
METAMORPHISME GENERAL**

 Orthogneiss de Plounevez
Lochrist et Tréglonou

 Amphibolite de Lannilis

 Micaschistes du Conquet
Roches basiques (Amphibolite)

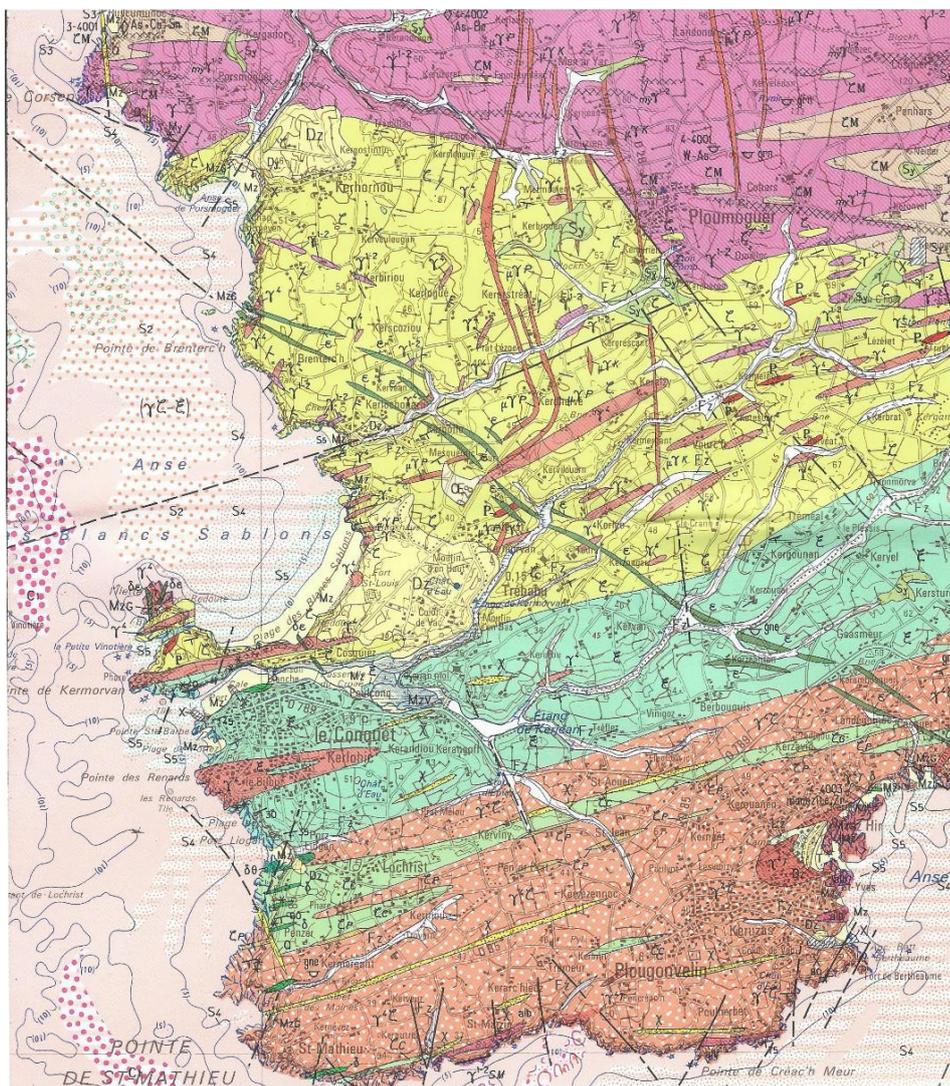
 Gneiss de Lesneven avec
noyau éclogitiques

 Orthogneiss de Brest intrusif
dans les schistes de l'Elorn

 Micaschistes de l'Elorn

 Chevauchements majeurs

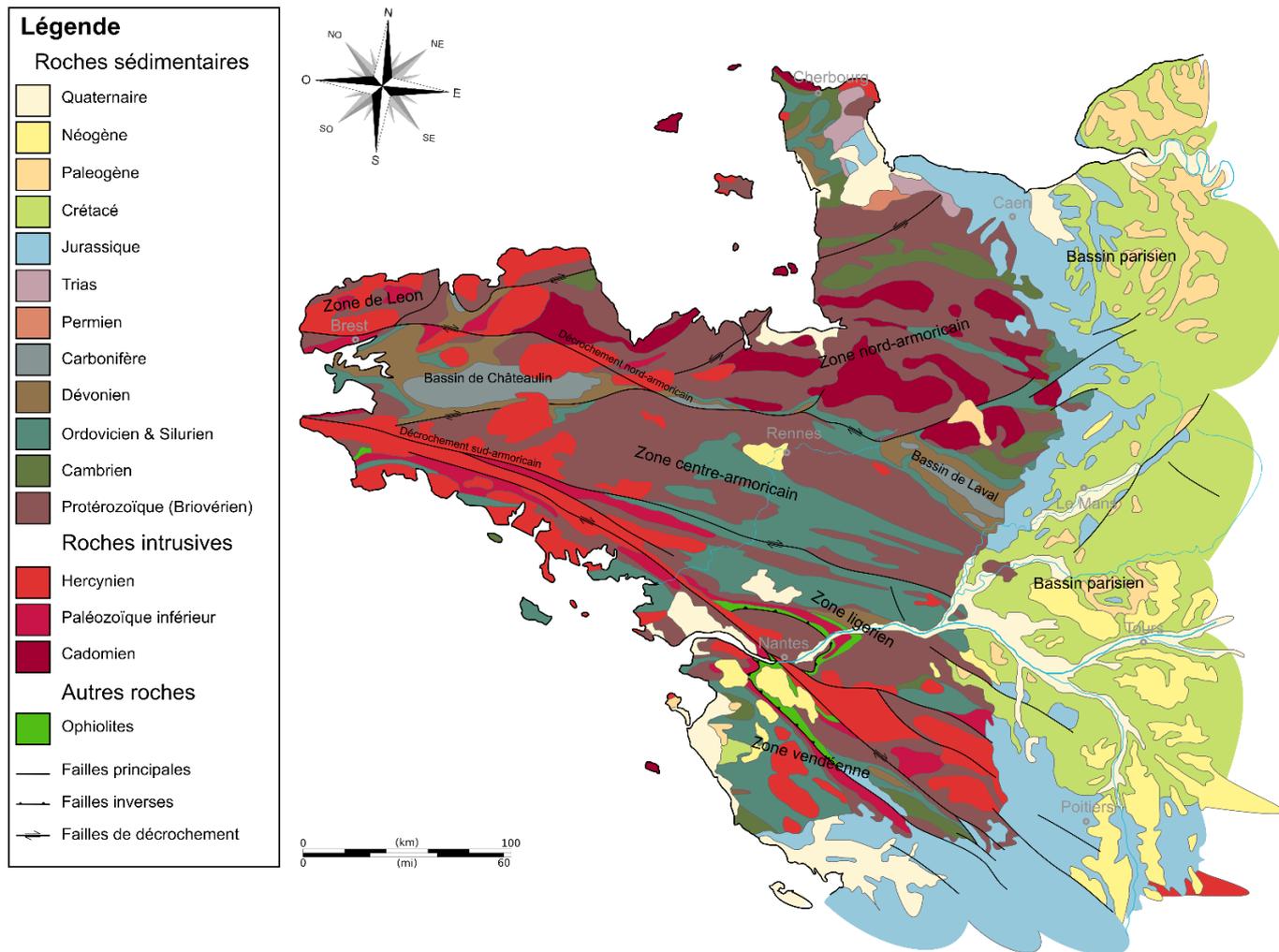
Document 3 – Extrait de la carte géologique du Conquet au 1/50 000^{ème}



-  ϵ
Dolérite filonienne
-193 Ma
-  γ_{1-2}
Granite de St Renan
- 310 à -270 Ma
-  γ_{4T}
Granodiorite de
Trégana intrusive
avec filons et
enclaves de gneiss
-  γ_4
Granodiorite de
la Pt des Renards
avec filons et
enclaves de gneiss
-  ζ
Gneiss Kerhornou
-  ξ
Micaschistes et
gneiss du Conquet
-  $\gamma_4 \zeta$
Gneiss de Brest
encaissant avec
enclaves de
son protolithe

3 – LES TEMPS GEOLOGIQUES

Document 1 – Carte géologique simplifiée de la Bretagne



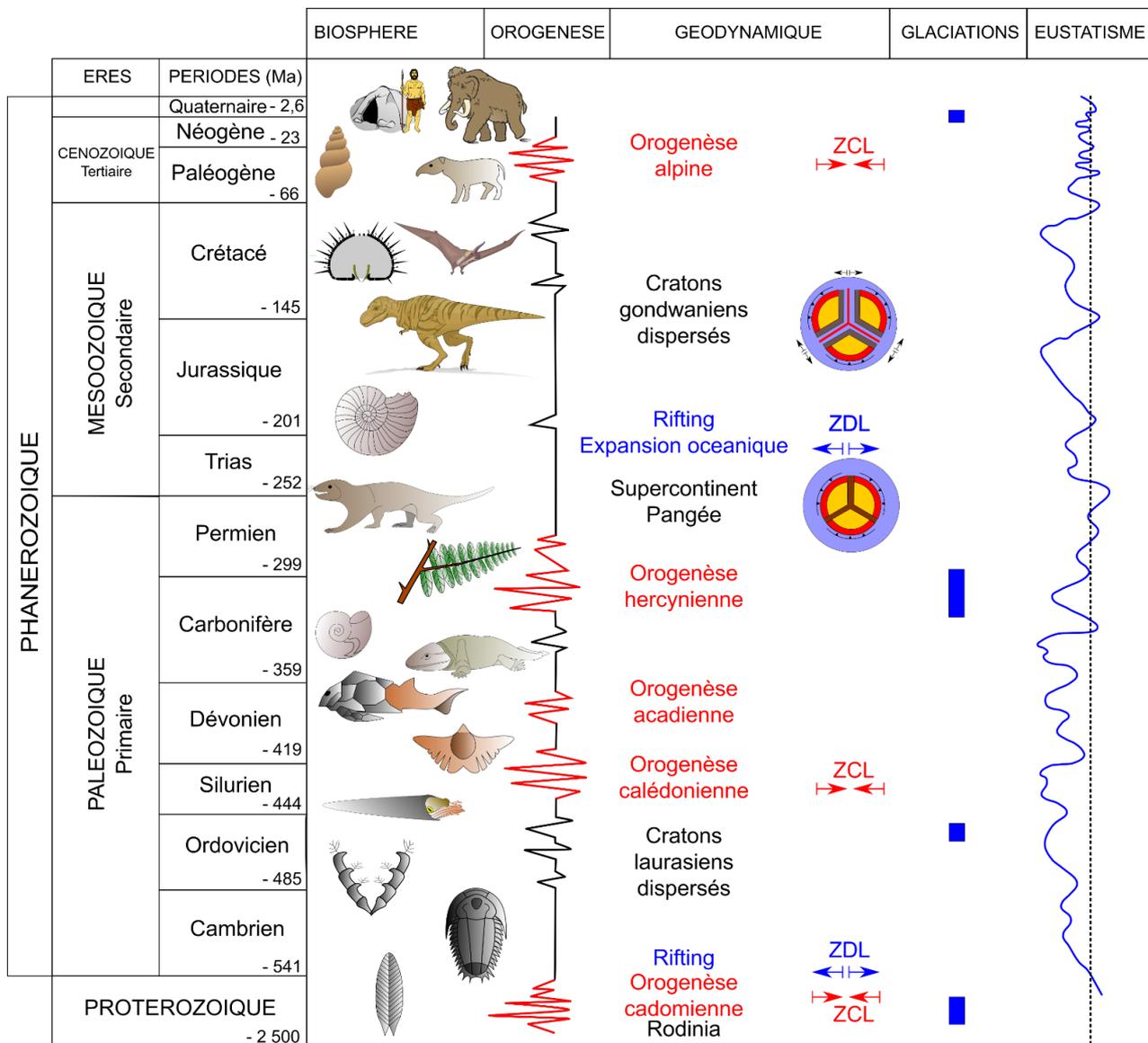
Le massif Armoricaïn émergé depuis la fin du Paléozoïque n'expose que très peu de roches d'âge Mésozoïque à Quaternaire. Son histoire géologique a été marquée par plusieurs **orogènes** (= formation d'une chaîne de montagnes, sous un régime tectonique compressif.) :

L'**orogène calédonienne**, entre 640 Ma et 540 Ma.

- L'**orogène hercynienne**, entre 360 à 300 Ma a créé du relief positif (jusqu'à 7 000 m) et émergé la Bretagne depuis la fin du Paléozoïque ce qui explique l'absence de roches sédimentaires du Mésozoïque.
- La croûte continentale bretonne est percée de **massifs granitiques** généralement circonscrits liés à l'orogène hercynienne (Bretagne centrale et Sud) ou post-orogénique (Granite de Ploumanac'h).

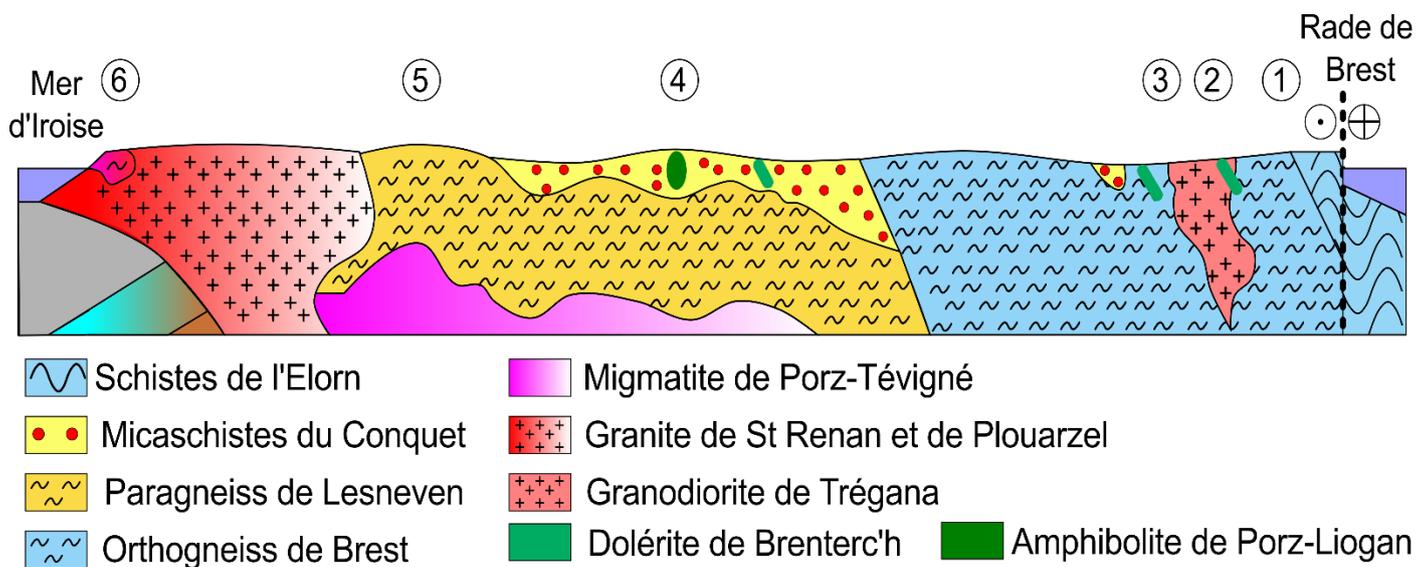
La Bretagne, qui a été affectée par les transgressions (avancée de la mer au-delà de ses limites antérieures) Mésozoïque (Jurassique et Crétacé) et Cénozoïques surtout à sa marge, ne conserve que très peu de roches d'âge Mésozoïque ou Cénozoïque.

Document 2 - Échelle des temps géologiques et événements géologiques



Document 3

Coupe Nord-Sud de la côte Atlantique du Finistère nord (Léon)

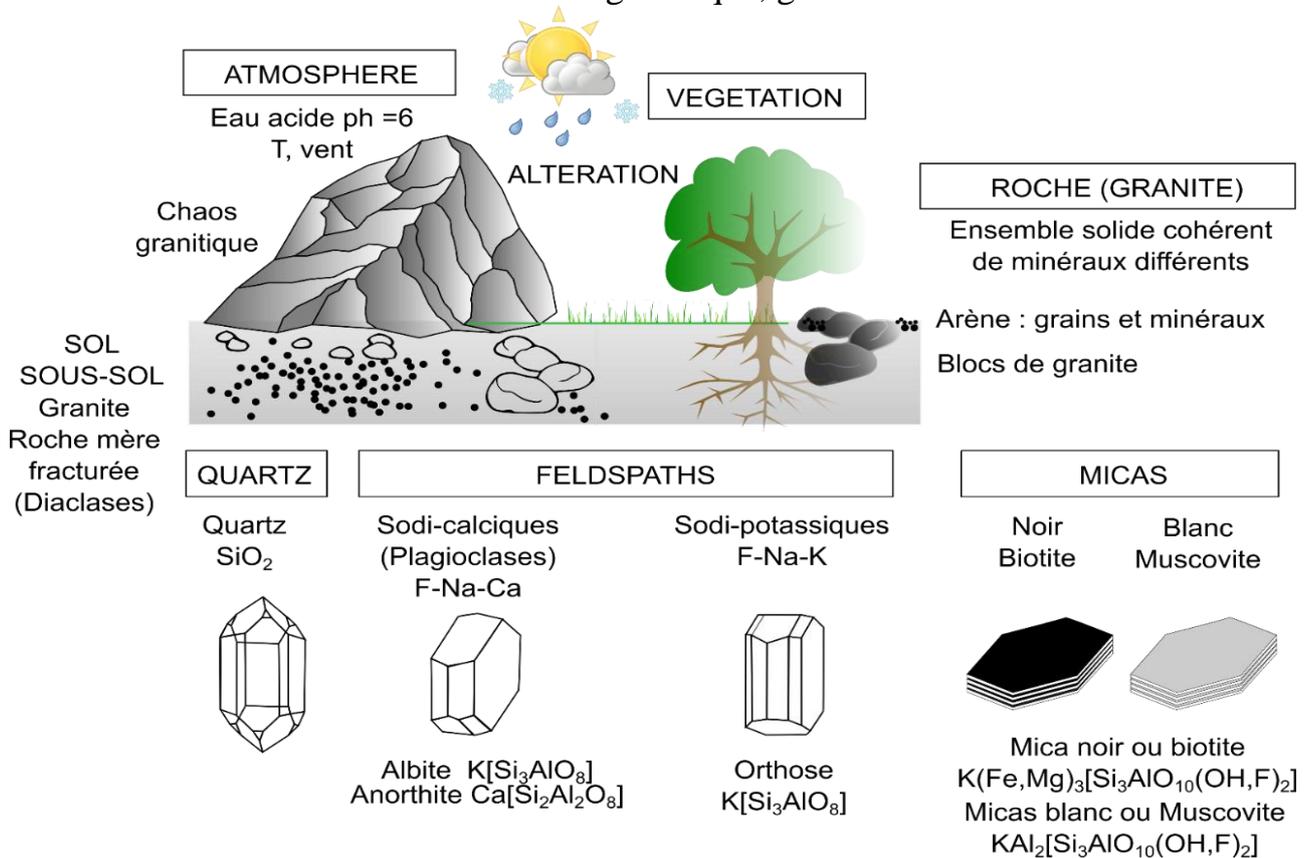


4 – ROCHES ET MINERAUX...QUELQUES ELEMENTS A CONNAITRE

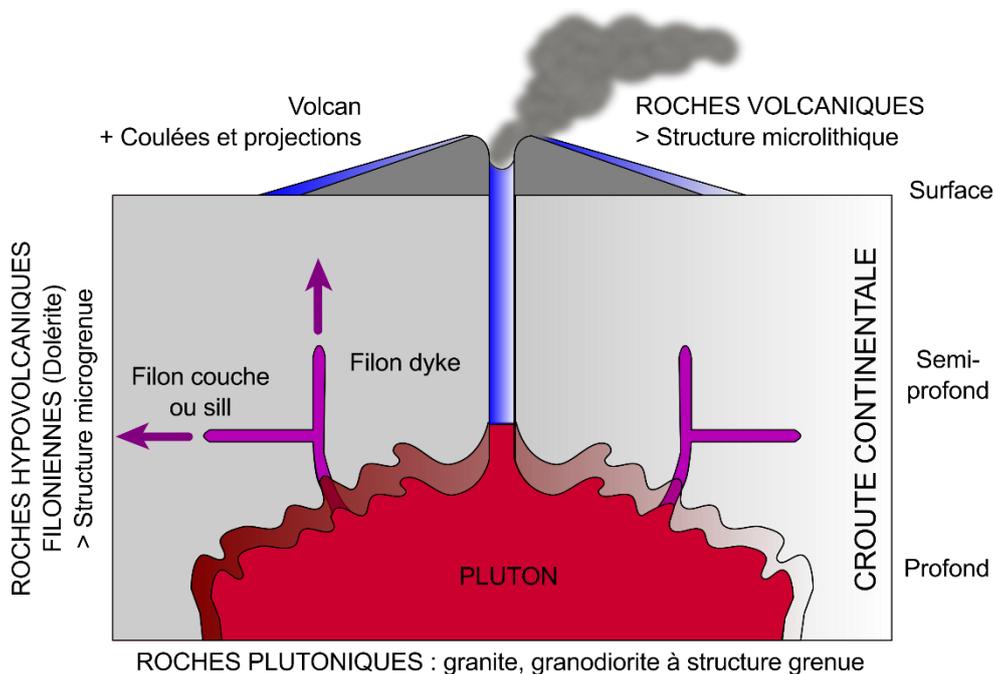
Roche ensemble cohérent de minéraux (Quartz SiO_2 ...), cimentés entre eux le plus souvent dure (granite) parfois plastique (argile).

Minéral un assemblage ordonné d'atomes défini par une formule chimique précise (SiO_2) et que l'on retrouve répété dans un réseau cristallin (Trigonal) possédant une périodicité et une symétrie bien définies formant un solide cristallin (Cristal)

Document 1 - Chaos granitique, granite et ses minéraux

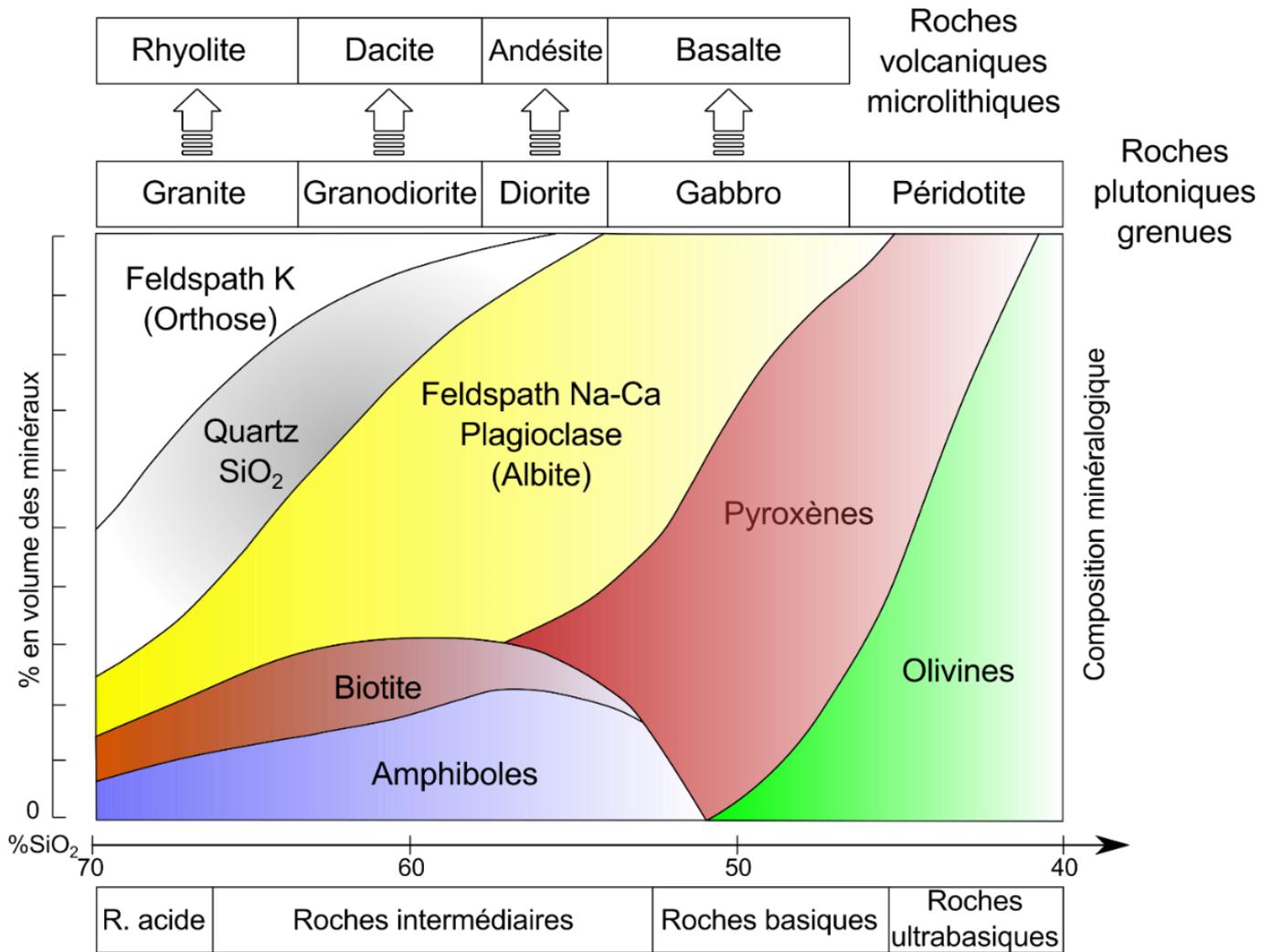


Document 2 – Roches magmatiques volcaniques et plutoniques



Document 3

Classification des roches magmatiques en fonction de leur composition minéralogique



1 - Les roches sédimentaires (argilites, grès, calcaires) : roches très variées formées à la surface de la Terre. Elles résultent de l'accumulation de sédiments, le plus souvent sous forme de dépôts stratifiés en lits superposés puis compactés par diagenèse à $P < 4 \text{ km}$ et $T < 200^\circ \text{C}$

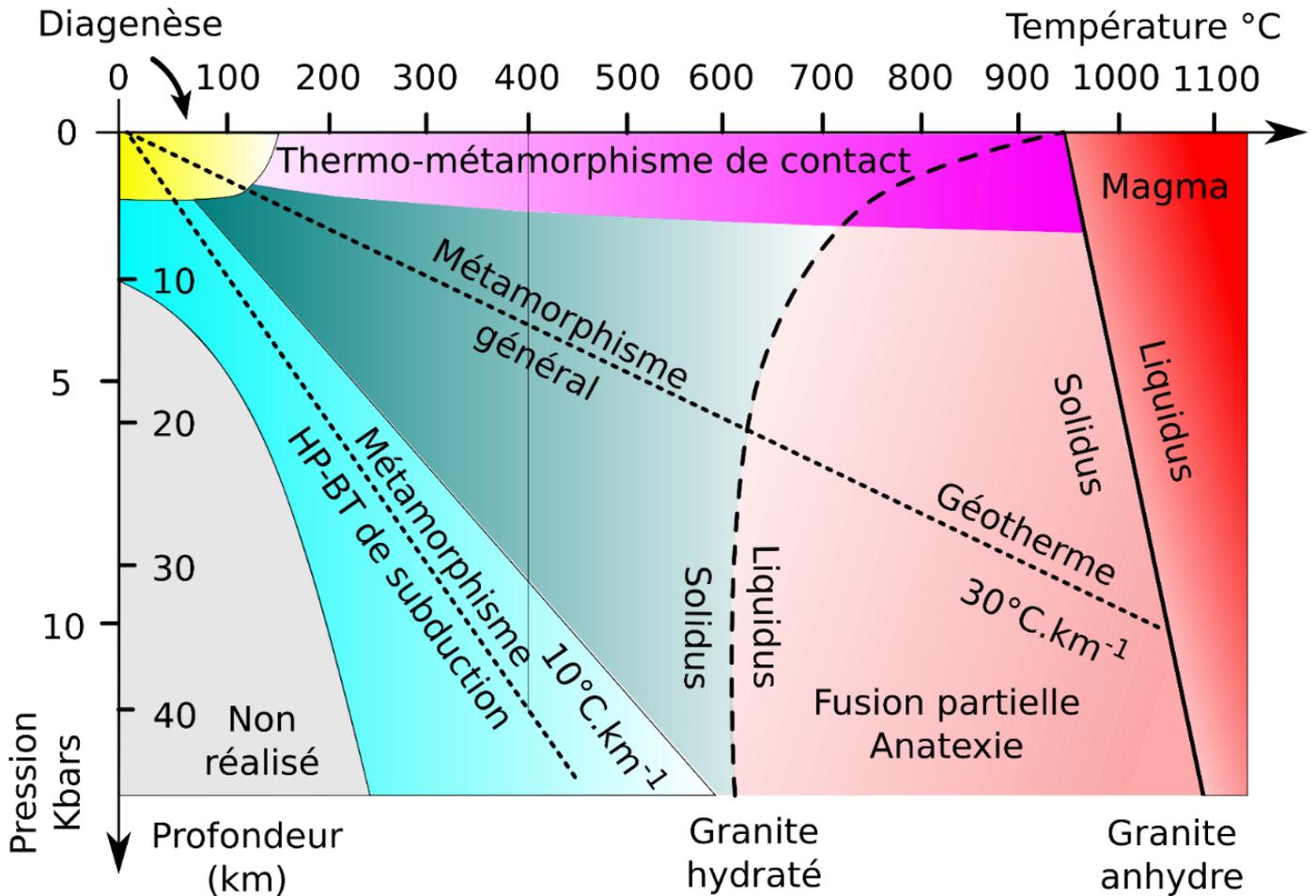
2 - Les roches magmatiques (basalte, gabbro, granite, dolérite) : roches résultant de la cristallisation plus ou moins rapide d'un magma. La vitesse (et donc la profondeur de refroidissement) de ces roches influence leur structure :

3 - Les roches métamorphiques (micaschistes, gneiss, migmatites). Toutes les catégories de roches précédemment citées peuvent se transformer en roches métamorphiques.

Métamorphisme : Ensemble des transformations minéralogiques, structurales et chimiques d'une roche appelée protolithe qui s'effectuent à l'ÉTAT SOLIDE, du fait d'une modification des conditions de température, de pression, de teneur en eau dans un régime de contraintes au cours d'un temps long

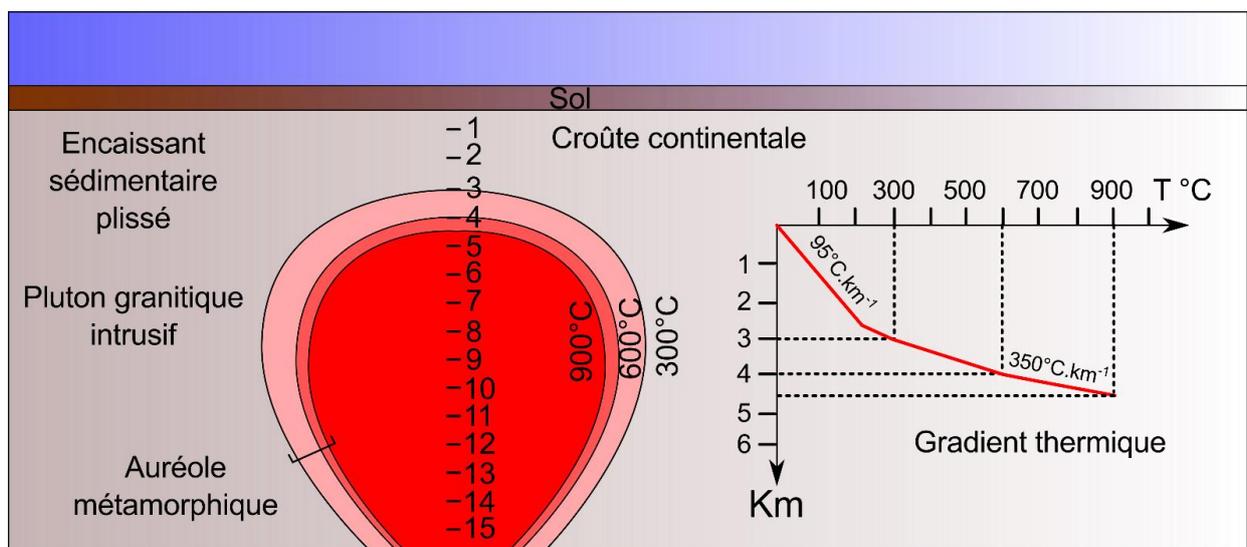
Lors d'un métamorphisme régional, il y a formation par réarrangements atomiques de nouveaux minéraux (minéraux métamorphiques néoformés) en fonction des conditions de pression et de température. Certains de ces minéraux sont des indicateurs de T ou de P mais seule l'association minérale (paragenèse) permet d'affiner le domaine PT du métamorphisme et le trajet PT suivi par le protolithe.

Document 4
Diagramme pétrogénétique PT



Document 5
Métamorphisme thermique de contact

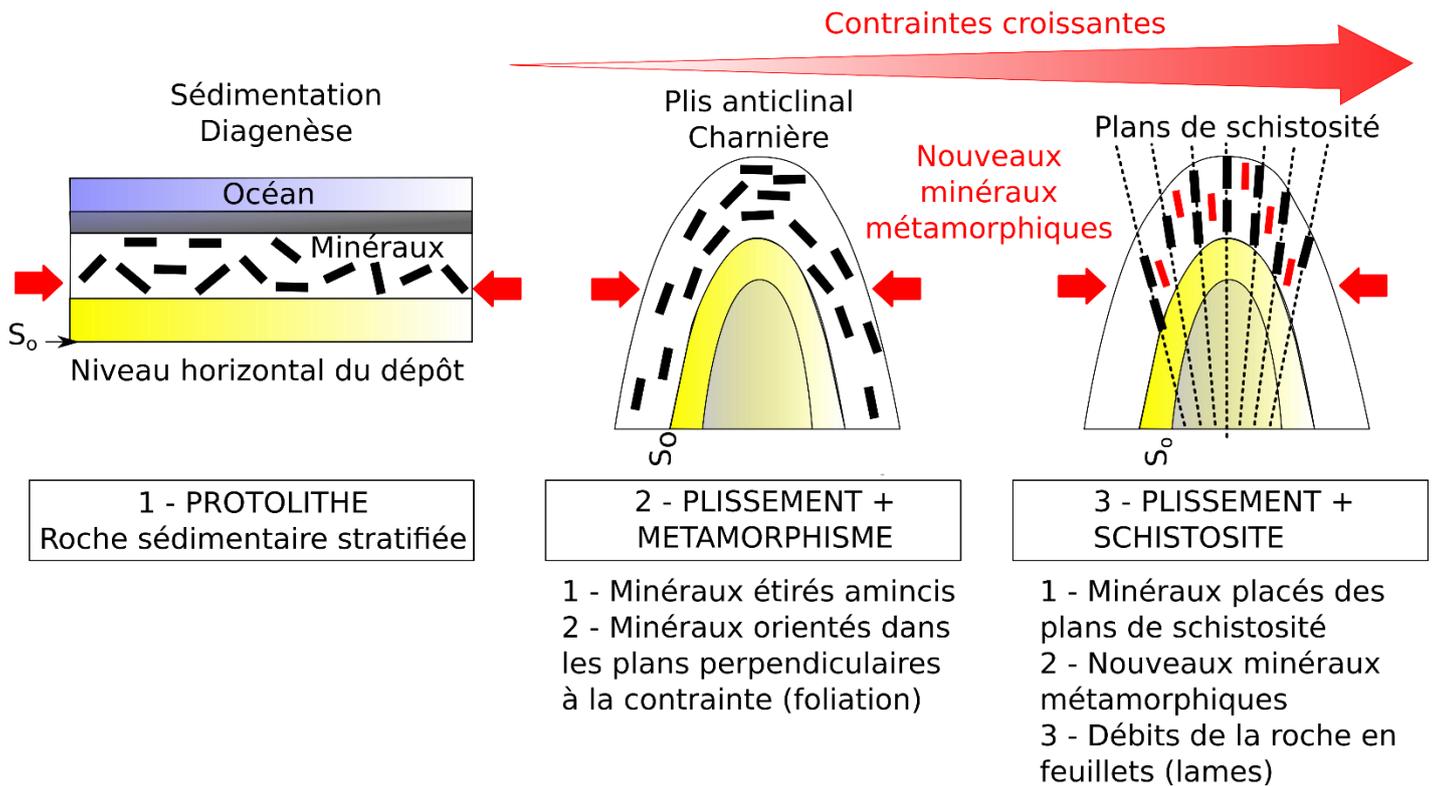
Il existe un **métamorphisme de contact**, dans lequel seule la température s'élève au contact d'une intrusion, entraînant uniquement des recristallisations minéralogiques



Il existe de plus un **métamorphisme régional**, dans lequel les variations de pression et de température sont associées à la tectonique des plaques et donc à des contraintes physiques

Document 6

Contraintes compressives - Plissement – Métamorphisme - Schistosité



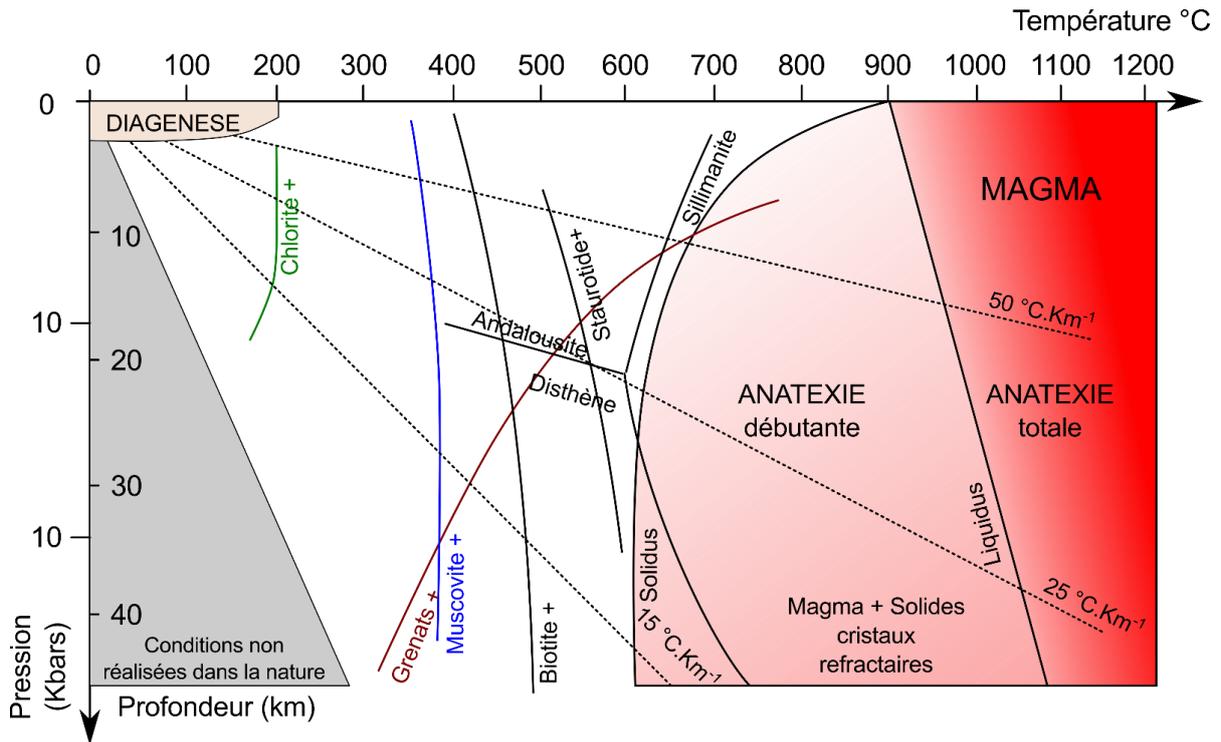
Document 7

Classification roches métamorphiques fonction de l'importance du métamorphisme

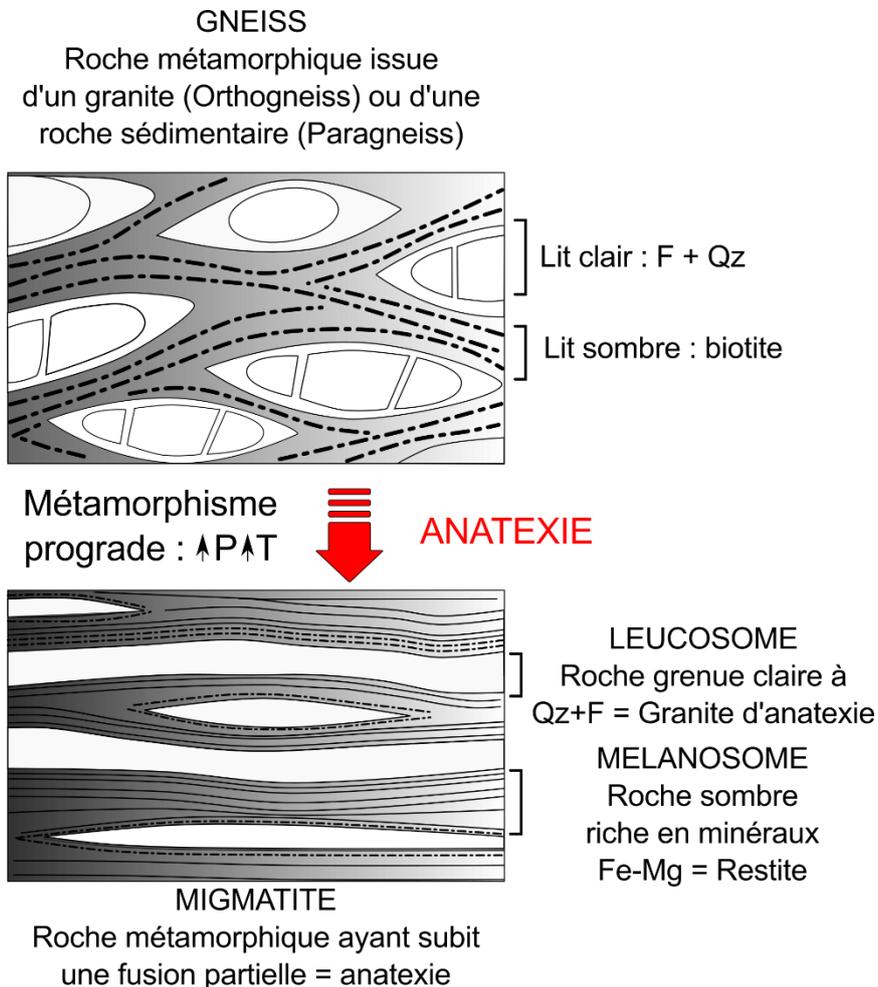
Conditions	200 à 300°C	300 à 450°C	>450°C
Degré	Faible	Moyen	Elevé
Roches	Schiste		
Facès	Ardoisier	Schistes, micaschistes	Gneiss
Description roche	<p>Minéraux peu visibles à l'œil nu < 1 mm</p> <p>Roche sombre à clivages caractéristiques issue de la transformation d'argiles fines (pélites)</p>	<p>Minéraux millimétriques</p> <p>Roche riche en micas blancs (Muscovite) et/ou noirs (Biotite)</p> <p>Roche plus claire à argentée à clivages caractéristiques issue de la transformation d'argiles plus grossiers, de grès ou d'autres roches non sédimentaires (granite ou basalte)</p>	<p>Minéraux milli à centimétriques</p> <p>Roche grenue à grains grossiers, foliée avec alternance de lits clairs de Qz+F et sombres de micas noirs (biotite), bandes plissées</p> <p>Roche métamorphique issue de la transformation de roches sédimentaires (argilites, grès > Paragneiss) ou granites (>Orthogneiss)</p>

Document 8

Diagramme pression-température de quelques minéraux métamorphiques et point triple des silicates d'alumines (Al_2SiO_5 – Andalousite, disthène, sillimanite)



Document 9 - Anatexie : début de fusion partielle des roches de la croûte continentale. Elle est à l'origine de la formation de **migmatites**, issues de la fusion partielle d'un gneiss.



5 – LES DIFFERENTES STATIONS DU LEON

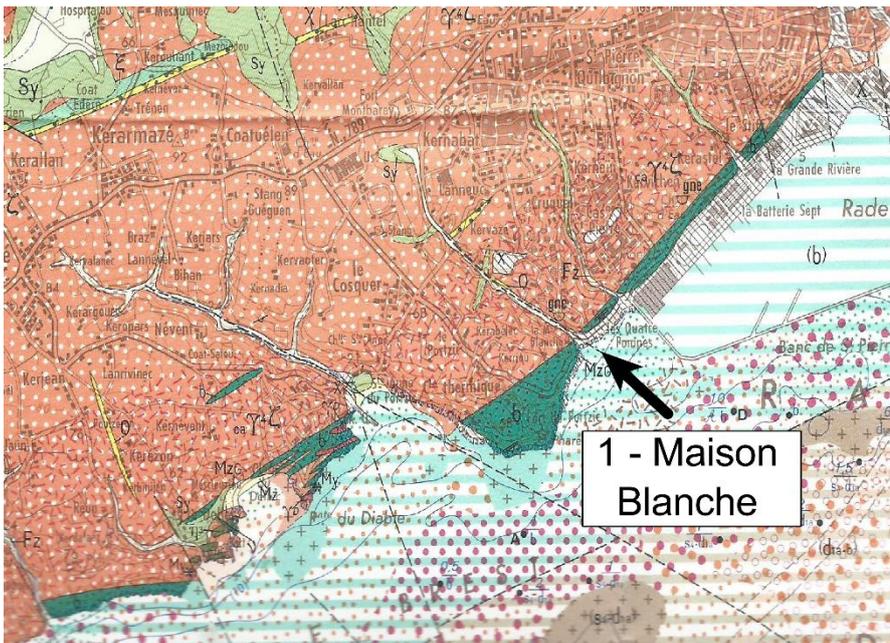
1 - MAISON BLANCHE - FORMATION DES SCHISTES DE L'ÉLORN

Les schistes de l'Elorn s'étendent des Quatre Pompes (Ouest de Brest) jusqu'à Landerneau en suivant les berges de l'Élorn et la faille décrochante (Cisaillement) Nord Armoricaine

- **Faciès :** schistes zébrés avec alternances de lits argileux et de lits gréseux. La schistosité est orientée O/SO- E/NE avec un pendage au S/SE.
- **Nature du protolithe :** argilite (ancienne vase compactée cimentée par diagenèse)
- **Composition minéralogique :** minéraux argileux d'origine métamorphique (chlorite, séricite), quartz et quelques plagioclases.
- **Histoire :** les schistes de l'Élorn ont été affectés par un métamorphisme thermique de contact lors de la mise en place d'un massif de granodiorite (protolithe des gneiss de Brest) avec développement d'un faciès métamorphique de cornéenne au contact du protolithe. Ce métamorphisme de contact est antérieur au métamorphisme général observable sur le document 7 ci-dessous
- **Âge :** - 600 Ma (Protérozoïque supérieur, Briovérien)

Document 1

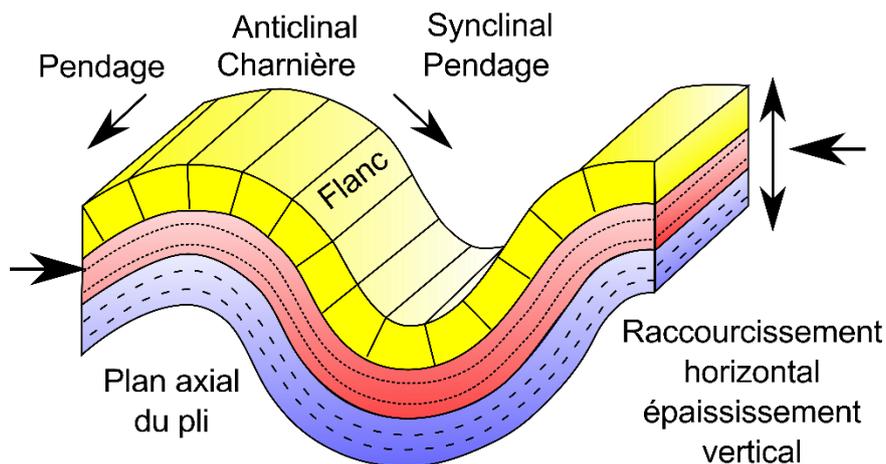
Site de la Maison Blanche sur la carte géologique de Brest au 1/50 000^{ème}



Gneiss de Brest
504 Ma
encaissant avec
enclaves de
son protolithe



Schistes briovériens
600 Ma de l'Elorn
à chlorite + séricite
et faciès de cornéenne



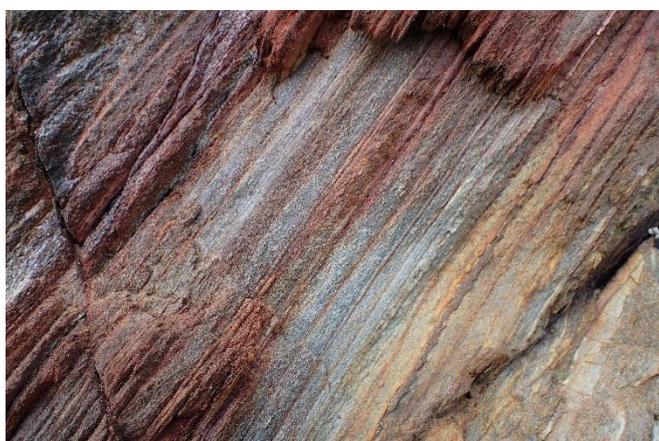
1 – Affleurement des schistes zébrés de l'Elorn vu depuis la route de la corniche



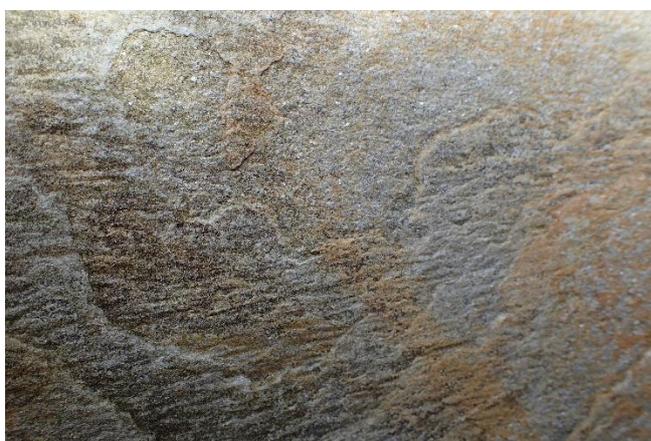
2 – Affleurement des schistes zébrés de l'Elorn : stratification, pendage schistosité



3 - Alternance de lits argileux sombres et de lits gréseux plus clairs

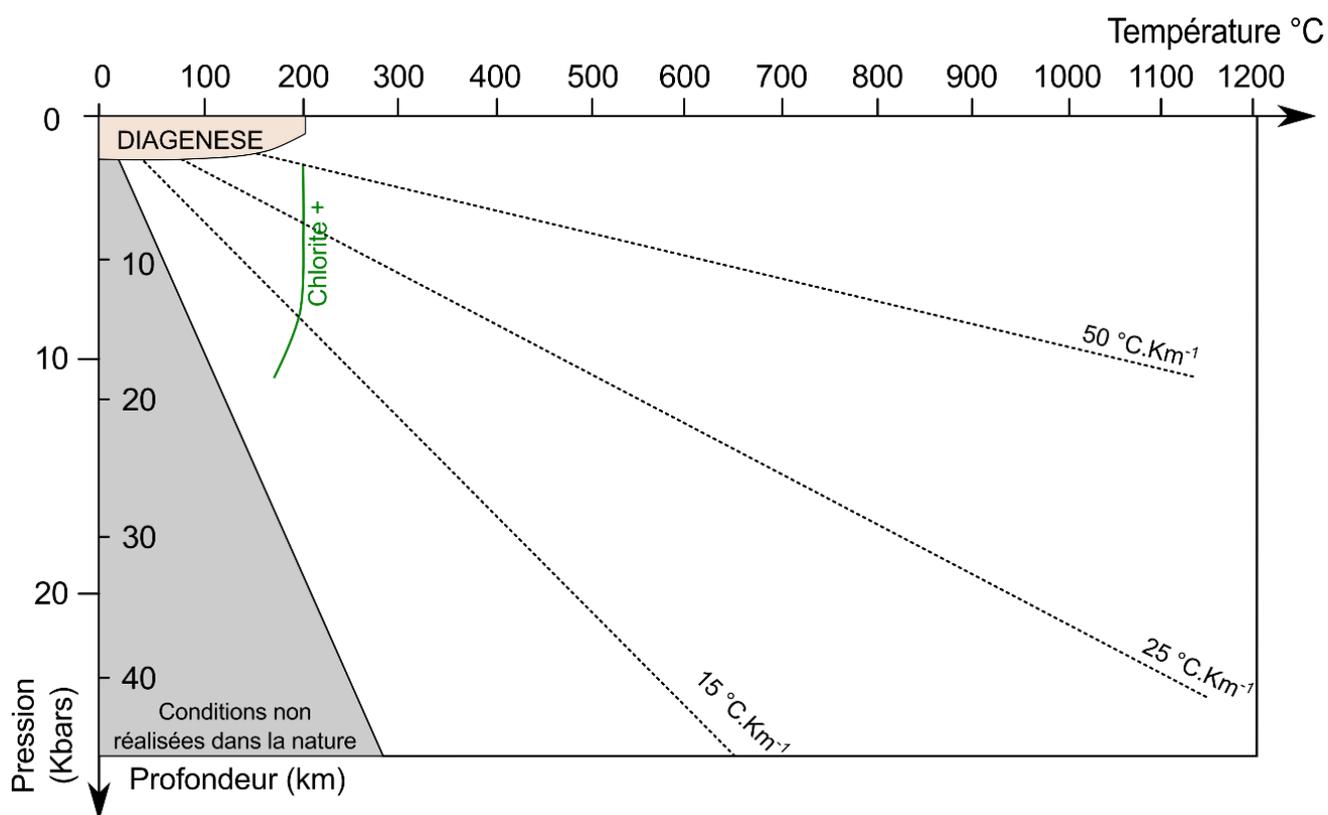


4 - Chlorite verte et séricite argentée minéraux métamorphiques



Document 5

Indices métamorphiques de Maison Blanche – Digramme et trajet PT des schistes

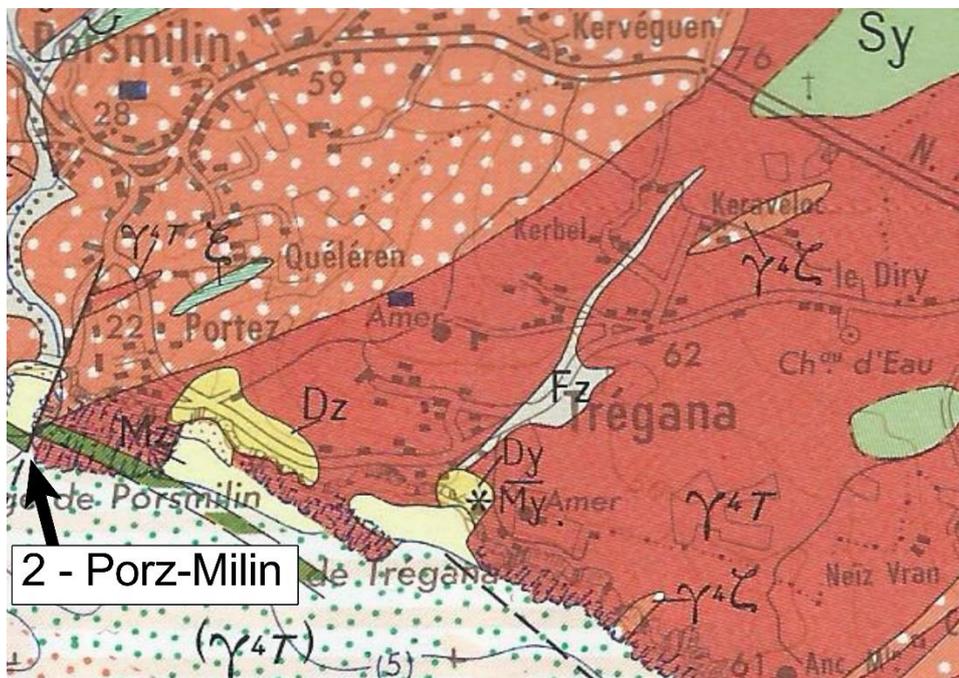


2 – PORZ-MILIN - ÉTUDE DES ORTHOGNEISS DE BREST

- **Type pétrographique et composition minéralogique :** orthogneiss (=gneiss d'origine magmatique), alternances de lits clairs quartzo-feldspathiques et de lits sombres à biotite. Le gneiss est couplé par des filons de granodiorite de Trégana (340 Ma) et par des dykes de dolérite, roche magmatique filonienne microgrenue Jurassique datée à 190 Ma témoin de l'éclatement de la Pangée et issue de l'ouverture de l'océan Atlantique Central et que l'on retrouve de part et d'autre de l'Atlantique. Les filons sont parallèles à la faille Kerforne
- **Origine et nature du protolithe (roche initiale) :** ancienne granodiorite déformée.
- **Âge :** 504 (+/- 15) Ma soit Cambrien

Document 1

Site de Porsmilin à Locmaria sur la carte géologique de Brest au 1/50 000^{ème}



■ γ4T

Granodiorite de intrusive Trégana
340 Ma + filons,
enclaves de gneiss

■ γ4ζ

Orthogneiss de Brest
encaissant 504 Ma
avec enclaves de
son protolithe

■ ε

Dolérite filonienne
-193 Ma

Document 2

Panorama du contact entre le gneiss de Brest et la granodiorite intrusive



3 - Filon intrusif de granodiorite 340 Ma dans l'orthogneiss de Brest de 504 Ma



4 - Filon dyke intrusif de dolérite 193 Ma dans l'orthogneiss de Brest 504 Ma



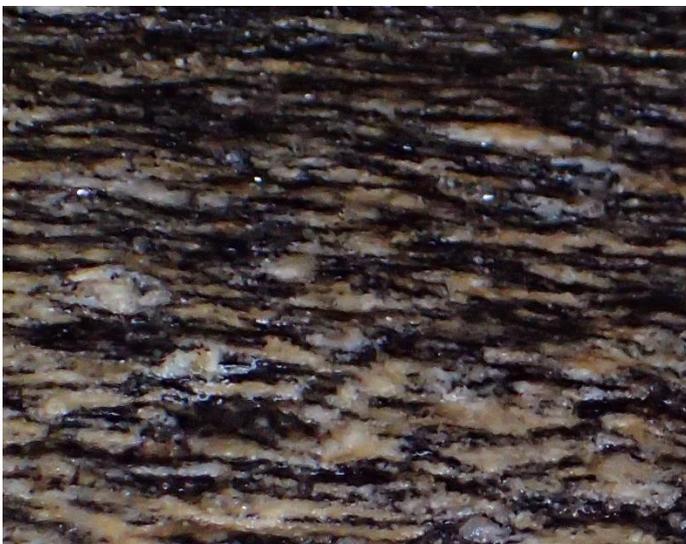
5 - Contact franc entre la granodiorite et l'orthogneiss



6 - Enclave anguleuse métrique de gneiss dans un filon de granodiorite



7 - Foliation minérale de l'orthogneiss

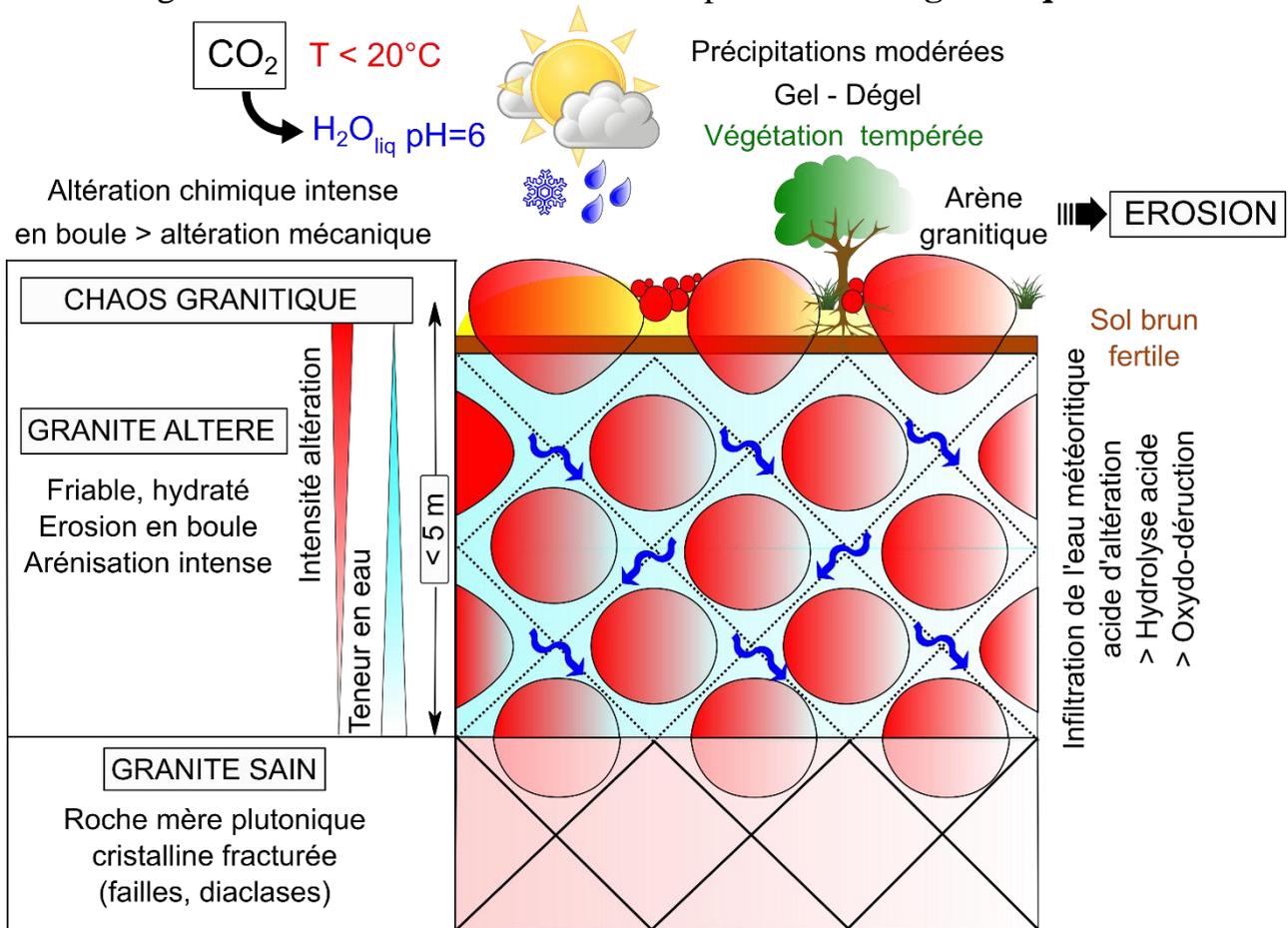


8 - Structure non orientée de la granodiorite

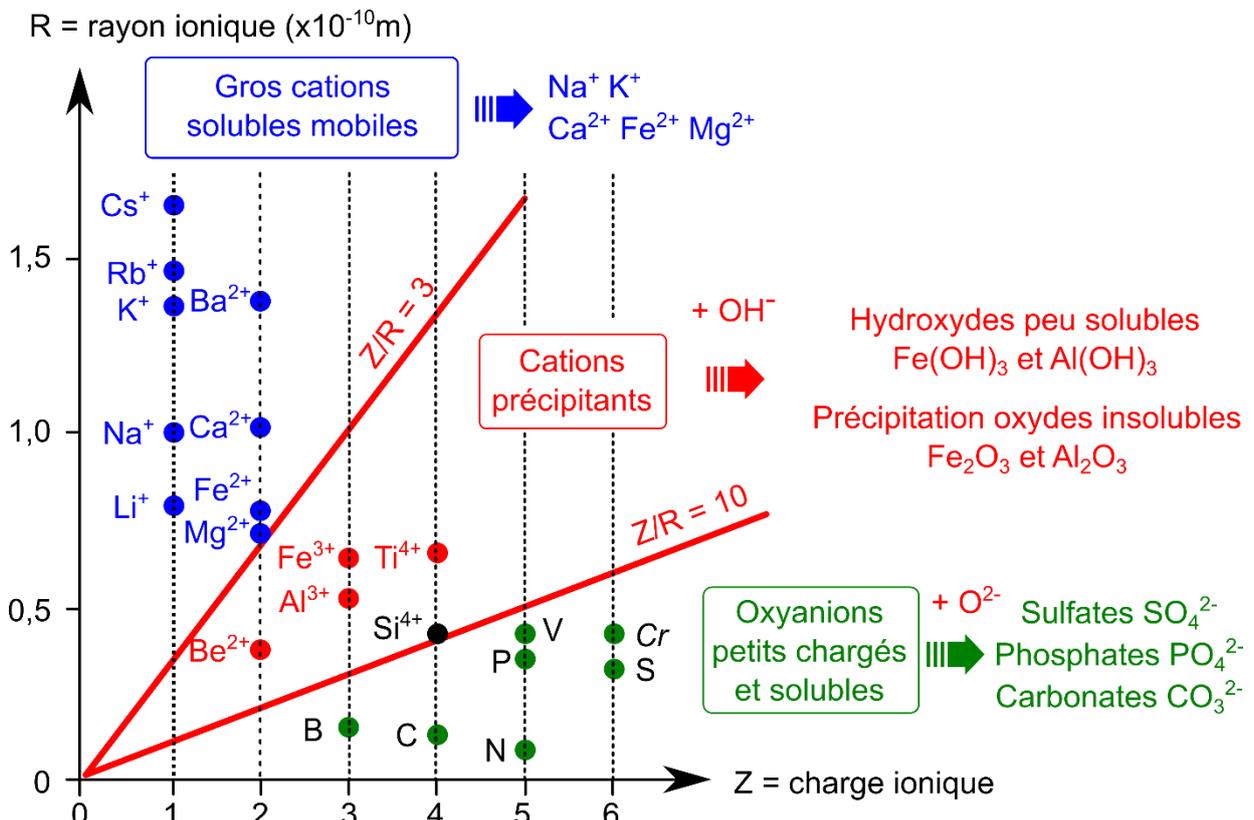


Document 3 - La formation d'un chaos granitique

L'altération chimique progressive du granite par hydrolyses, oxydations et réactions acide-base est à l'origine de la formation sous climat tempéré du **chaos granitique** observé



Document 4 - Diagramme de Goldschmidt répartition ions fonction potentiel ionique Z/R



5 - Filon clair de granodiorite intrusive dans l'orthogneiss de Brest encaissant



6 - Contact franc granodiorite intrusive et gneiss encaissant



7 - Enclave anguleuse du protolithe du gneiss de Brest



8 - Enclave anguleuse de gneiss de Brest dans la granodiorite



9 - Foliation minérale de l'orthogneiss de Brest : lits clairs Qz+F - lits sombres (Bio)



10 - Paragenèse minérale de la granodiorite : FNaCa – Qz – micas biotite

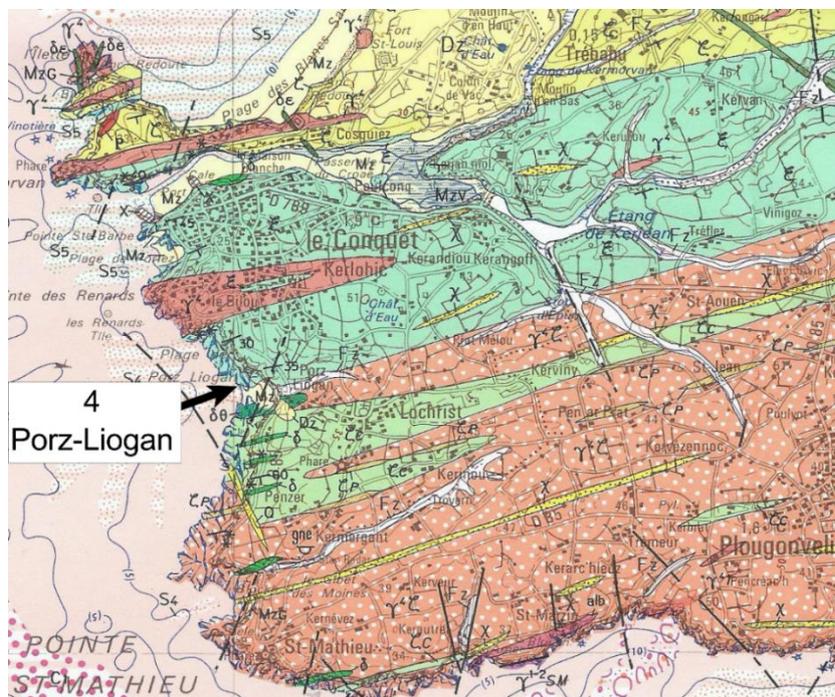


3 - PORZ LIOGAN - MICASCHISTES A GRENATS - GNEISS DU CONQUET

- **Type pétrographique et composition minéralogique** : micaschistes (au nord) et paragneiss (au sud) comportant muscovite, biotite, quartz, un peu de plagioclase, du grenat almandin et de la staurotide. **Grenat** et **staurotide** sont des minéraux métamorphiques se développent préférentiellement dans les niveaux argileux (sombres) qui ensemble permettent de préciser les conditions de pression et de température subies par la roche au paroxysme du métamorphisme : $T = 550 \pm 50^\circ\text{C}$ et P comprise entre 4 et 8 Kb, ce qui correspond à des profondeurs comprises entre **12 et 25 km**.
- **Origine et nature du protolithe des micaschistes** : ancienne série sédimentaire dominée par des dépôts de sédiments argileux (pélites) > Paragneiss (#Orthogneiss de Brest)
- Présence de **boudins de quartz déformés**.
- **Âge du métamorphisme** : **338 +/- 5 Ma**.

Document 1

Site de Porz-Liogan au Conquet sur la carte géologique du Conquet au 1/50 000^{ème}



 γ_4

Granodiorite de la Pt des Renards avec filons et enclaves de gneiss

 $\gamma_4 \zeta$

Gneiss de Brest encaissant -340 Ma

 ζ

Micaschistes et gneiss du Conquet

Document 2

Affleurement des micaschistes et gneiss du Conquet

Au nord : micaschistes du Conquet à grenats et staurotide



Au sud : paragneiss à grenats altérés et amphibolite à Hb

3 - Au sud, paragneiss à grains fins et grenats altérés



4 - Grenat almandin altéré dans le paragneiss



5 - Massif d'amphibolite à hornblende



6 - Amphibolite, roche magmatique basique



7 - Au nord, micaschistes du Conquet à grenats et staurotide



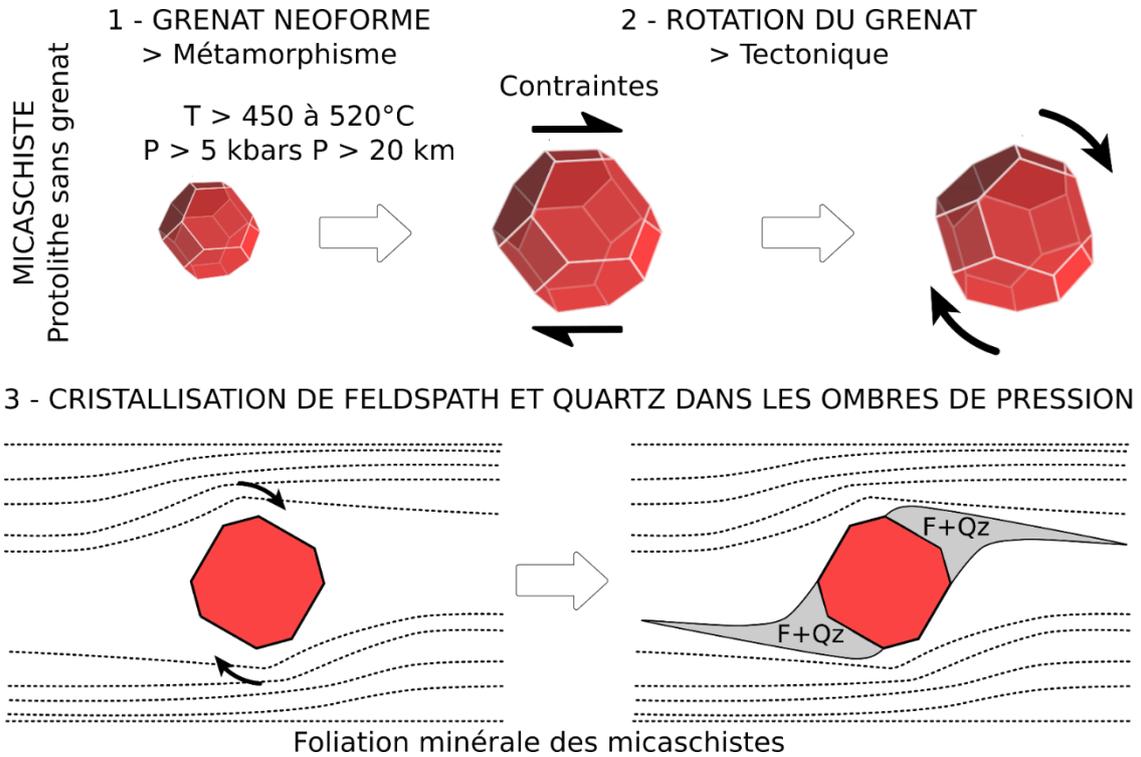
8 - Grenats centimétrique à ombres de pression de F+Qz



Document 9

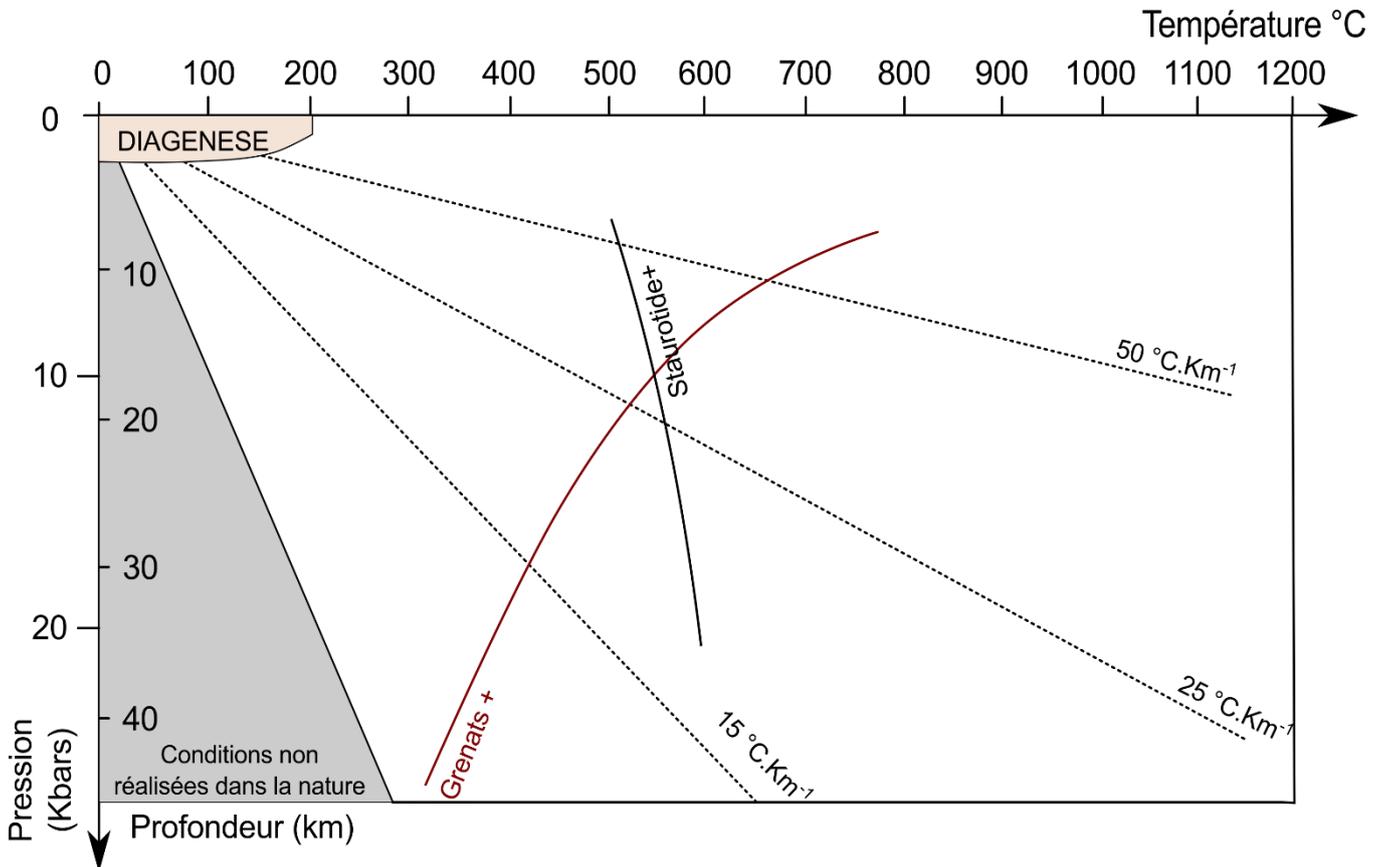
Le grenat un minéral métamorphique de HP

Lorsqu'il y a déformation, les gros minéraux ménagent des zones de moindre pression. On y observe des recristallisations appelées « Ombres de pression ». Celles-ci sont formées de petits minéraux (ici, le quartz et surtout des feldspaths) recristallisés ou non à l'abri du gros minéral.



Document 10

Indices métamorphiques de Porz-Liogan - Digramme et trajet PT des micaschistes



3 - Foliation des gneiss :
lits clairs à Qz+F vs sombres à biotite



4 - Fusion partielle des gneiss migmatisés



5 - Apparition de la sillimanite, silicate d'aluminium de haute température



6 - Restite riche en biotites réfractaires



Par rapport aux micaschistes du Conquet à grenat et staurotide auxquels ils succèdent vers le Nord, les paragneiss de Kerhornou enregistrent une **nette croissance de l'intensité du métamorphisme** : disparition de la staurotide et du grenat, apparition de la sillimanite, un silicate d'alumine de haute température et le **début de la fusion partielle des gneiss** > **Gneiss migmatitique**.

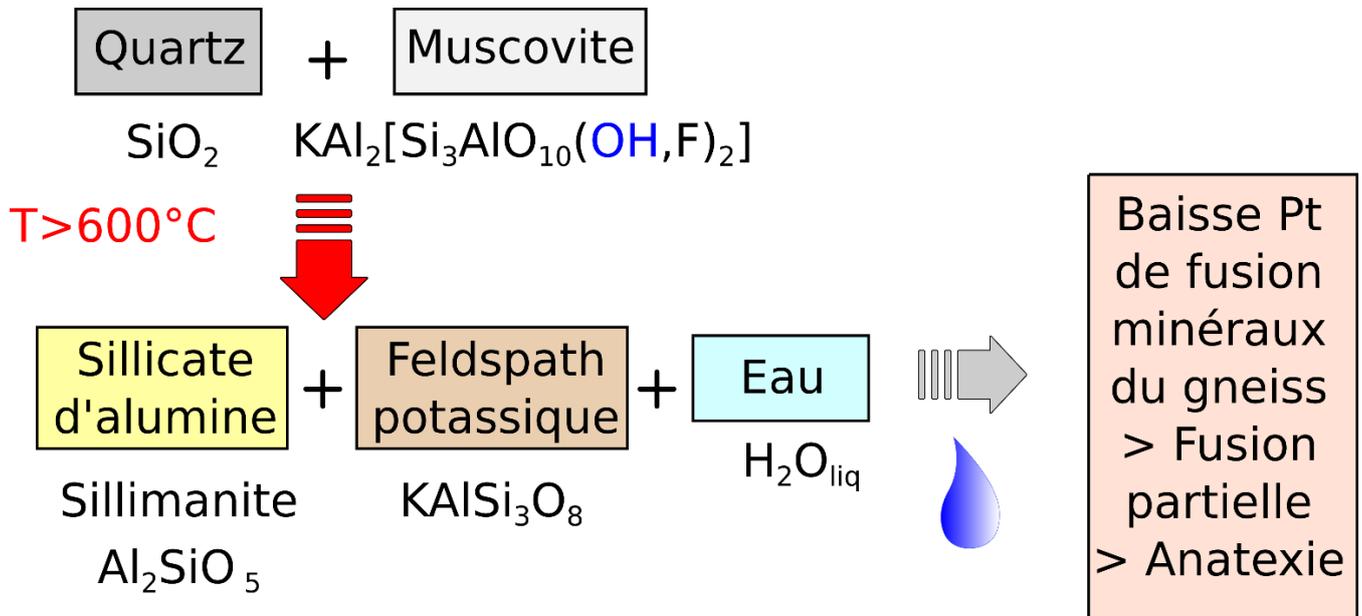
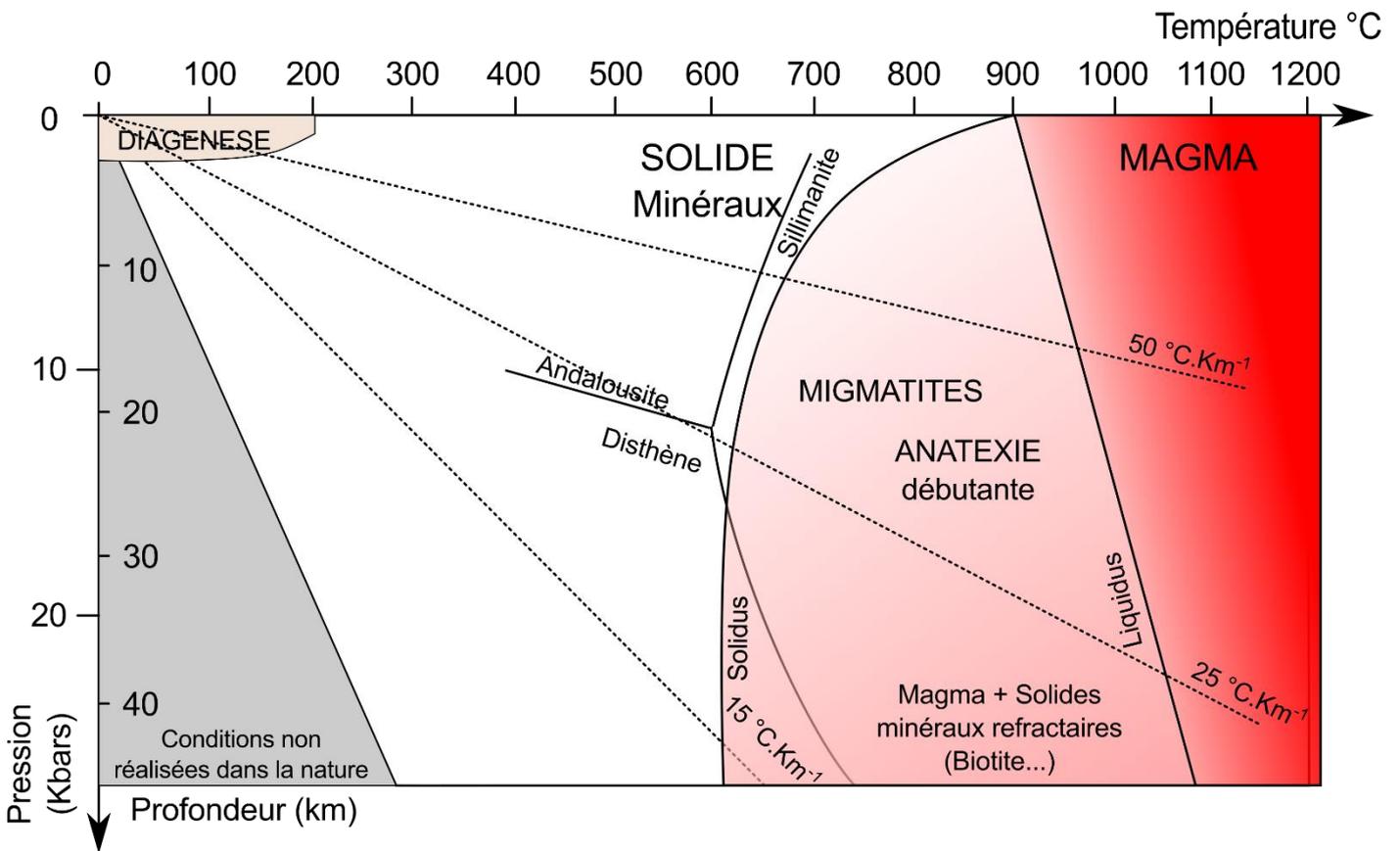
La formation de la sillimanite et la fusion anatectique des roches s'expliquent par la réaction métamorphique prograde suivante :



Cette réaction génère de l'eau qui va **abaisser le point de fusion** du paragneiss et permettre un début d'anatexie à l'origine, dans certaines zones, de la formation de gneiss migmatitiques.

Document 7

Indices métamorphiques de Kerhornou - Digramme et trajet PT des gneiss

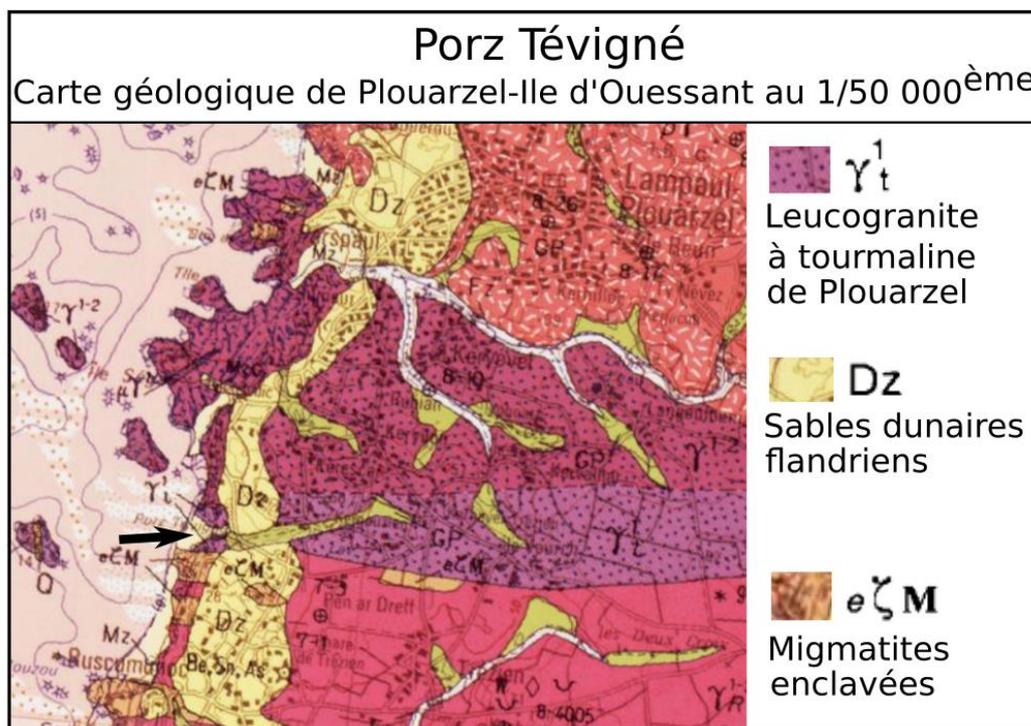


6 – PORZ-TEVIGNE - MIGMATITES DE TOUL AN DOUR ET CONTACT AVEC LE GRANITE DE PLOUARZEL

- Fusion partielle du quartz et des feldspaths hydratés puis cristallisation fractionnée avec ségrégation minérale en leucosome clairs riches en Qz+F+ muscovite et en mélanosome sombre riche en biotite réfractaires à la fusion > Migmatite "migma" = mélange. Ces migmatites (« migma »=mélange) sont comparables à celles qui se forment à la base de la croûte continentale notamment lors de l'épaississement crustal associé à une chaîne de collision. Les migmatites de Toul An Dour seraient des blocs de socle arrachés par l'intrusion du granite de Plouarzel daté à 321 Ma et fondues à son contact
- Âge des migmatites et du granite d'anatexie : 327+/- 15Ma

Document 1

Site de Porz-Tévigné sur la carte géologique de Plouarzel au 1/50 000^{ème}



Document 2

Migmatites au Sud et leucogranite de Plouarzel au Nord de Porz-Tévigné

Au sud de Porz-Tévigné
contact granite de Plouarzel et migmatites

Au nord de Porz-Tévigné
leucogranite fin de Plouarzel à tourmaline



3 - Sud, granite d'anatexie et restite



4 - Au sud, granite d'anatexie et restite



5 - Ségrégation minérale due à l'anatexie



6 - Plissement dans la migmatite



7 - Leucogranite à tourmaline de Plouarzel



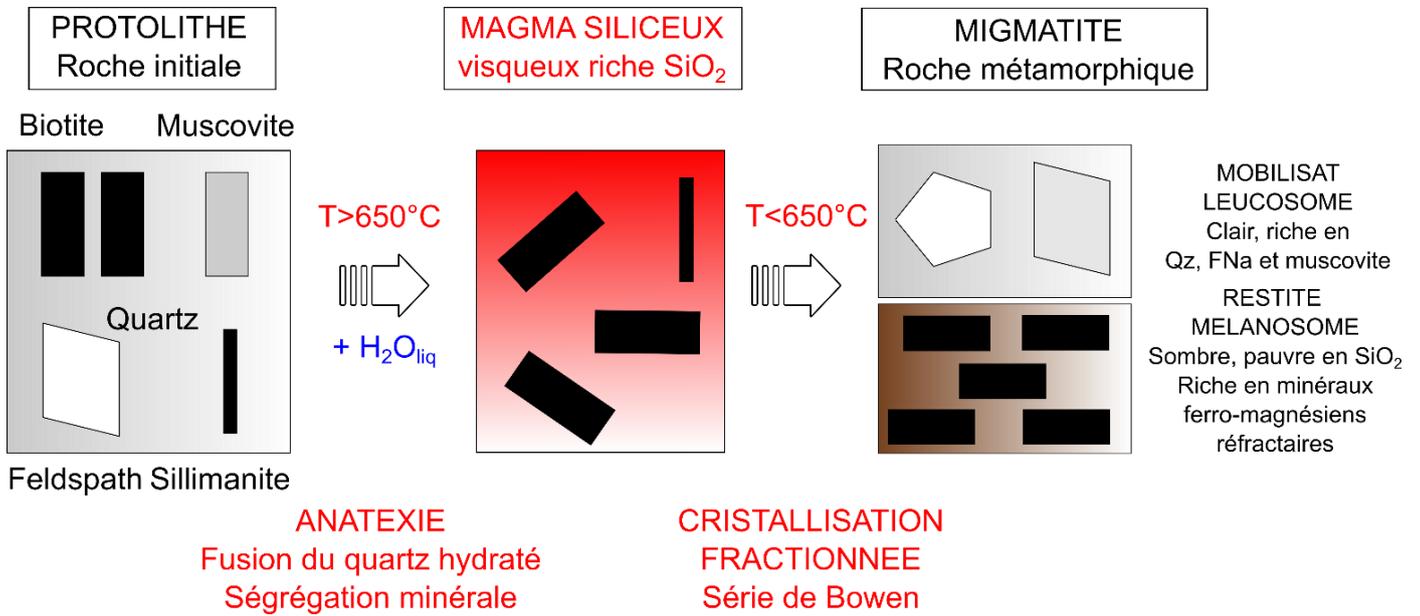
8 - Tourmaline minéral accessoire



Document 9

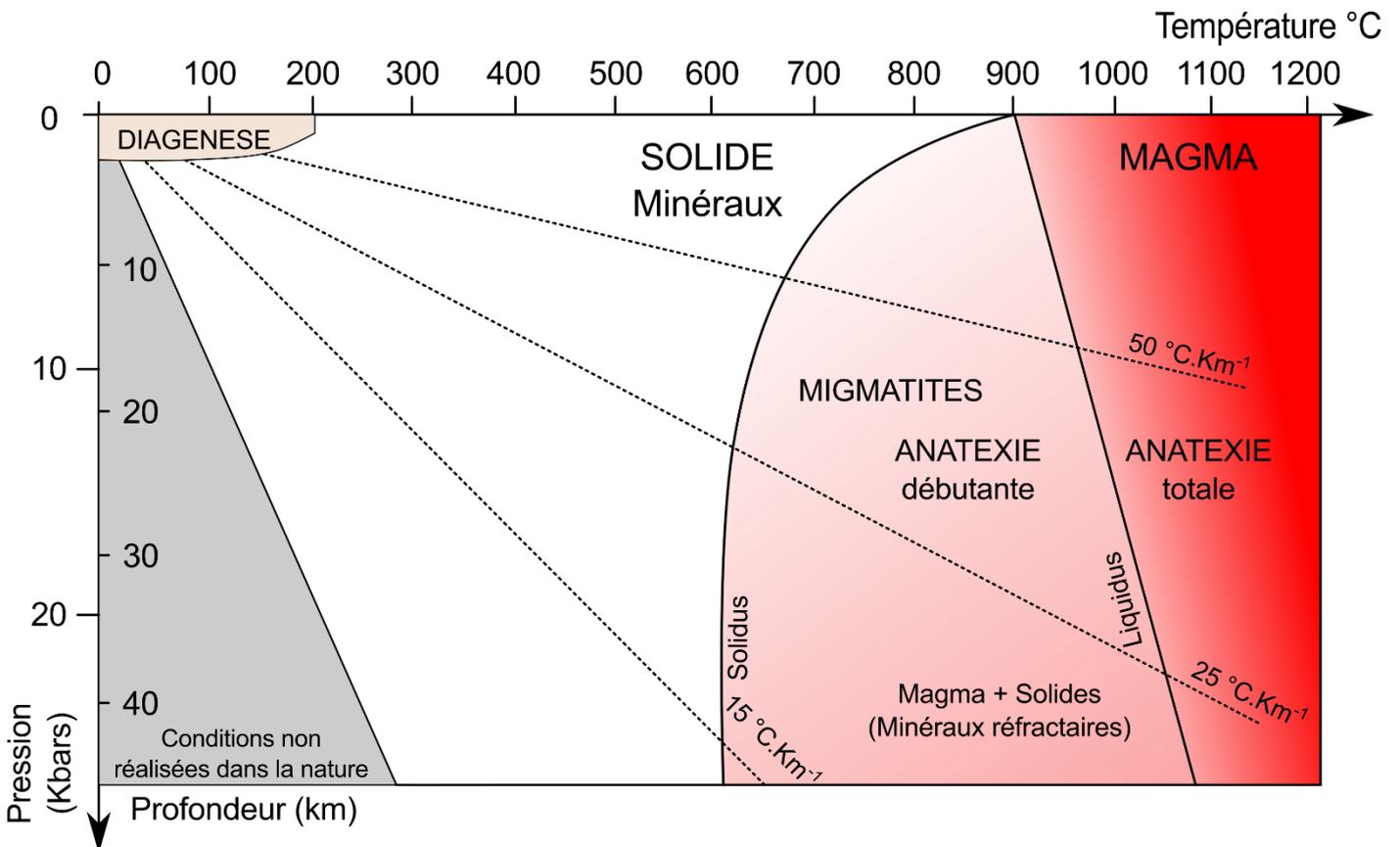
Du protolithe à la migmatite puis au granite d'anatexie

Fusion partielle du quartz et des feldspaths hydratés puis cristallisation fractionnée avec ségrégation minérale en leucosome clairs riches en Qz+F+ muscovite et en mélanosome sombre riche en biotites réfractaires à la fusion > Migmatite "migma" = mélange



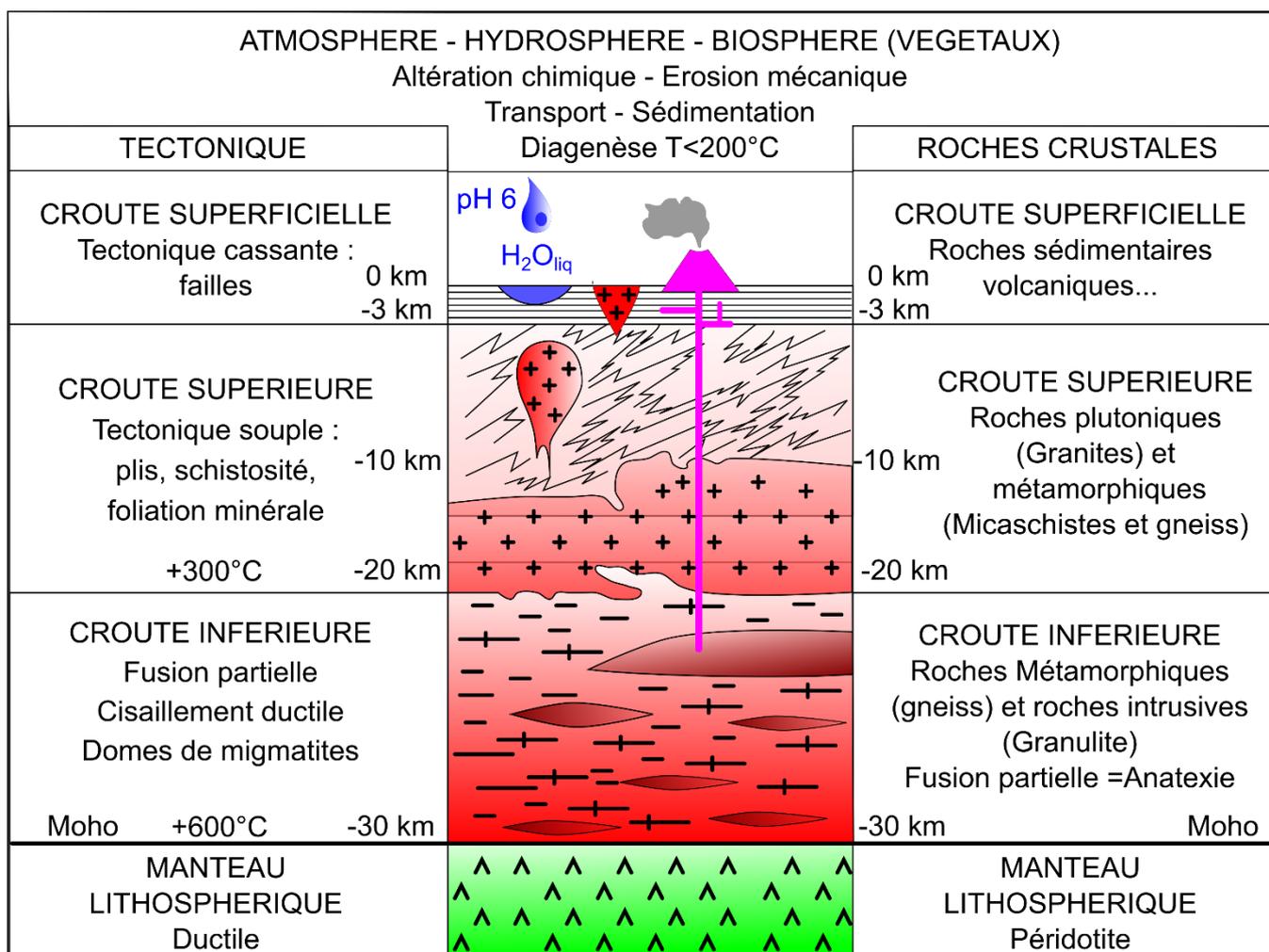
Document 10

Indices métamorphiques de Porz-Tévigné - Digramme et trajet PT des migmatites



Document 11

Coupe synthétique du Léon avec les différentes roches rencontrées



6 – L'HISTOIRE GEOLOGIQUE DU LEON

« Actuellement le Domaine géologique du Léon est interprété comme un empilement de nappes déplacées du Sud vers le Nord dans les conditions ductiles de l'orogénèse hercyniennes. Quand l'océan du Conquet s'est formé à l'Ordovicien, il était bordé par deux marges, une marge méridionale appartenant au Domaine Centre-Armoricain et une marge septentrionale appartenant au bloc du Léon. Cet océan a ensuite disparu par subduction océanique de la croûte océanique vers le Sud sous le Domaine Centre Armoricaïn. La marge du Léon a été entraînée dans cette subduction. Lors de la collision continentale, la croûte océanique subductée et métamorphisée en éclogites puis exhumée s'est retrouvée pincée entre les deux marges, la marge méridionale chevauchante formant la nappe supérieure et la marge du Léon subduite chevauchée formant la nappe inférieure et la croûte océanique exhumée formant la nappe intermédiaire. Il y a eu un empilement de nappes qui a généré le relief positif de l'orogénèse hercynienne et sa tectonique compressive (Failles inverses, plis)

Dans cette hypothèse « nappiste », la nappe supérieure serait donc constituée par le Domaine Centre-Armoricain à socle Protérozoïque formé par les gneiss de Brest, la nappe intermédiaire par le complexe gabbroïque de Porz-Liogan (Amphibolite à hornblende) à valeur de complexe ophiolitique et la nappe inférieure par les Formations des micaschistes et gneiss à grenats du Conquet et des gneiss à sillimanite de Kerhornou. »

D'après <http://avg85.fr/wp-content/uploads/2015/03/AVG.Bulletin-2014.Partie-6.pdf>

Document 1

Synthèse des indices du métamorphisme prograde du Léon

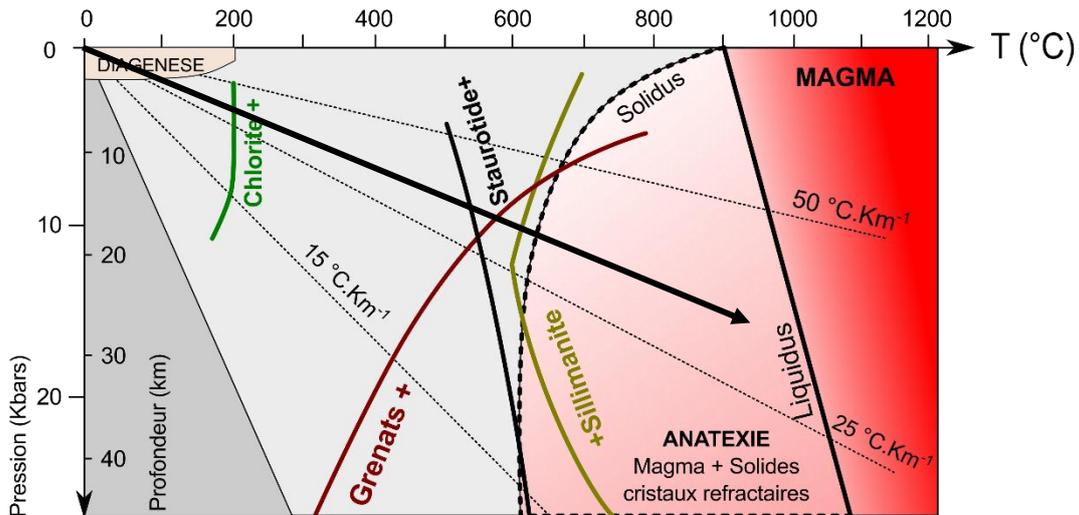


1 - Schistes de Maison Blanche à chlorite et séricite

4 - Micaschistes et gneiss du Conquet à grenats et staurotides

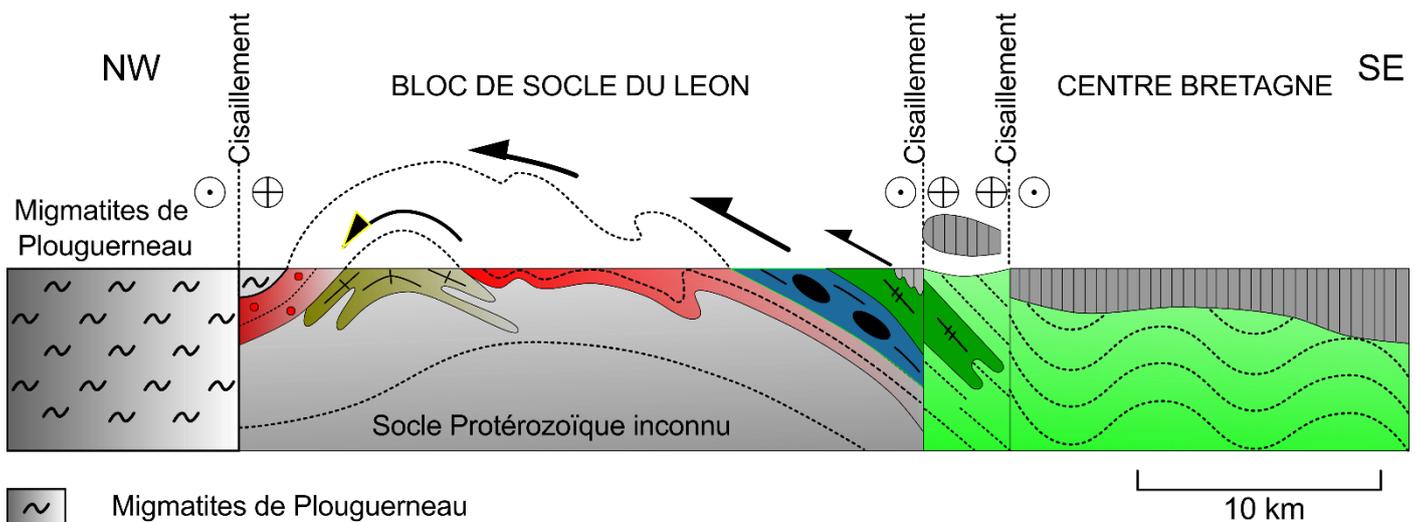
5 - Gneiss migmatitiques de Kerhornou à sillimanite

6 - Migmatites de granite d'anatexie de Porz Tévigé



Document 2

Coupe SE-NW du Finistère Nord et interprétation « nappiste » des formations



~ Migmatites de Plouguerneu

Red box: Nappe inférieure : formation des micaschistes et gneiss à grenats et staurotide du Conquet et formation des gneiss migmatisé à sillimanite de Kerhornou

Blue box: Nappe intermédiaire : complexe gabbroïque de Porz-Liogan (Amphibolite à Hb)

Green box: Nappe supérieure : formation des gneiss de Brest

**SORTIE GEOLOGIQUE TRAVAIL À RENDRE (par binôme)
pour le jeudi 02/05/2019**

1 - Recopier puis remplir le tableau ci-dessous, pour les roches de la liste suivante :

- Schistes de l'Elorn,
- Gneiss du Conquet,
- Gneiss de Kerhornou,
- Migmatites de Toul An Dour/Porz Tévigné,

Nom roche	Nature de la roche et origine de la roche (protolithe)	Minéraux associés	Conditions P/T associées	Contexte tectonique

2 - Un diagramme Pression-Température s'obtient en soumettant en laboratoire des minéraux à des modifications de pression et température. On obtient alors les domaines de stabilité P, T de chaque minéral.

Question : Replacer sur le diagramme Pression/Température ci-dessous les conditions de Pression/Température subie par les roches de la liste suivante :

- Schistes de l'Elorn,
- Gneiss du Conquet,
- Gneiss de Kerhornou,
- Migmatites de Toul An Dour/Porz Tévigné.

3 - Expliquer en quelques lignes et à l'aide de schéma(s) comment l'observation, en surface, de roches formées en profondeur est possible.