

Les roches, mémoire du temps



Introduction

La **géologie** est la science qui étudie la Terre dans ses différentes parties directement accessibles à l'observation, s'efforçant de reconstituer leur **histoire** par l'étude de leur agencement.

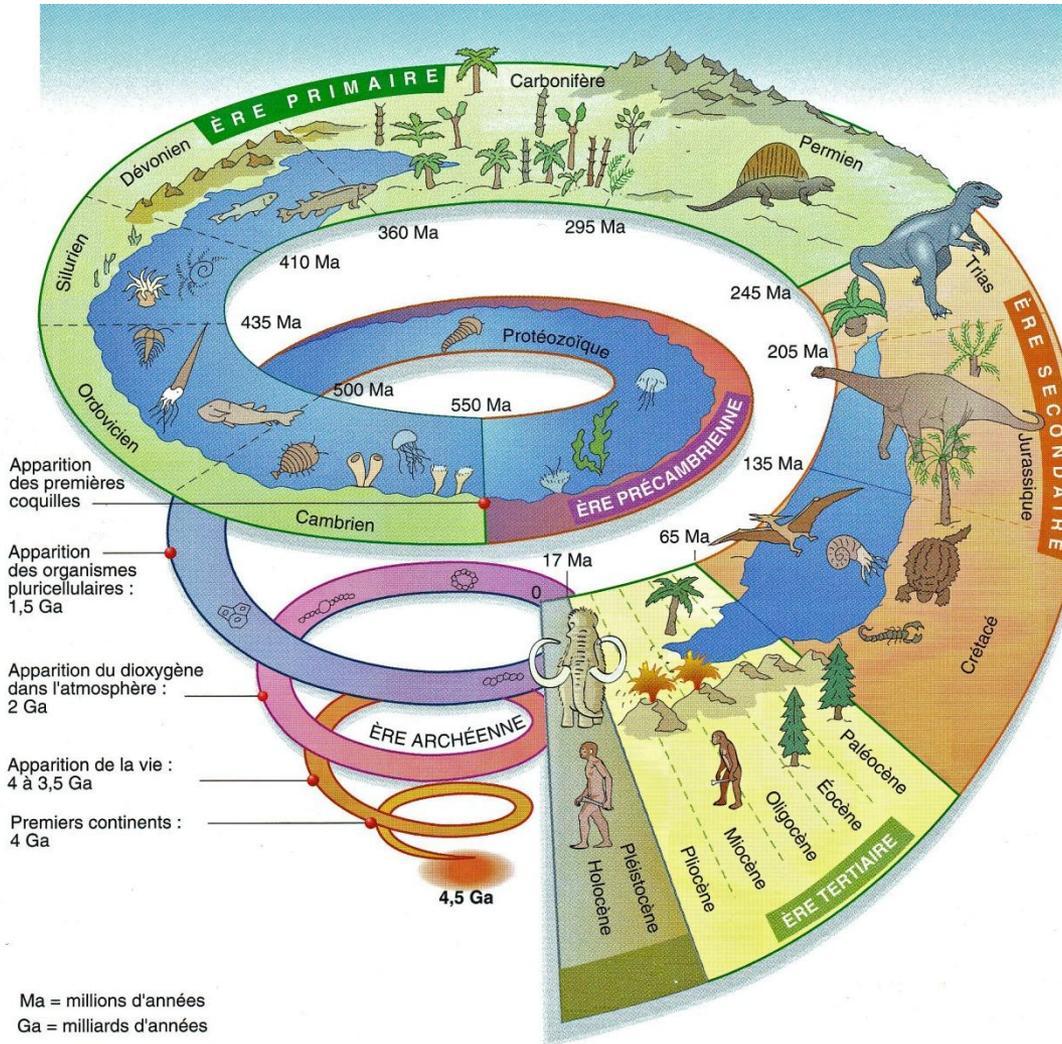
L'une des préoccupations majeures des géologues est donc de **dater les objets** qu'ils étudient afin de **les replacer dans un cadre historique** ou de **mesurer la durée de divers événements**.

Cependant, les échelles de temps envisagées en géologie dépassent largement l'échelle humaine et ont nécessité de développer des méthodes de datation spécifiques permettant d'appréhender des durées allant de quelques dizaines de milliers d'années à plusieurs milliards d'années (l'âge de la Terre est de l'ordre de 4,55 milliards d'années).

Deux méthodes sont utilisées pour dater des terrains :

- la **radiochronologie**, qui est une **méthode de datation dite « absolue »**, s'appuyant sur la présence d'éléments radioactifs dans certaines roches ou fossiles ;
- et les méthodes de la **chronologie relative** qui, quoique plus anciennes, n'en sont pas pour autant démodées car elles permettent un découpage très précis du temps qui vient souvent compléter les « jalons » posés par radio-chronologie.

Reconstituer l'histoire de la Terre et de la vie



1. Identifier les événements géologiques et biologiques.

Étude des roches, des fossiles et des structures géologiques.

2. Classifier chronologiquement les événements géologiques.

➤ Classifier chronologiquement les événements géologiques les uns par rapport aux autres

= **géochronologie relative**

➤ Calibrer la datation relative en mesurant l'âge et la durée des objets et des événements géologiques

= **géochronologie absolue**

I.

La chronologie relative

❑ But de la chronologie relative

- Dater des formations géologiques, des événements géologiques... les uns par rapport aux autres afin de reconstituer une histoire.

❑ Méthodes de la chronologie relative

- 5 grands principes sont utilisés :
 - Principe de superposition
 - Principe de recoupement
 - Principe d'inclusion
 - Principe de continuité latérale
 - Principe d'identité paléontologique.

A-

Le principe de superposition

Rappels :

La plupart des roches sédimentaires (grès, calcaires, marnes, dolomies...) se forment à partir de **sédiments meubles** (sables, boues plus ou moins argileuses ou calcaires...) qui se déposent au fond de l'eau (mer, lac...) en couches horizontales ou **strates**.

Avec le temps, sous l'effet de leur propre poids et surtout de la pression exercée par les strates de dessus, par perte d'eau et légère élévation de la température, ces sédiments se compactent et se transforment en roches : c'est la **diagénèse**.

Ce mode de formation des roches sédimentaires, essentiellement en milieu aqueux, impose que lorsqu'une strate repose sur une autre, elle lui est bien évidemment postérieure. Cette observation est à la base du principe de superposition.

Le principe de superposition , principe fondamental de la stratigraphie, stipule qu'une strate est plus récente que celle qu'elle recouvre et plus ancienne que celle qui la recouvre.

A est la strate la plus ancienne, I la plus récente.

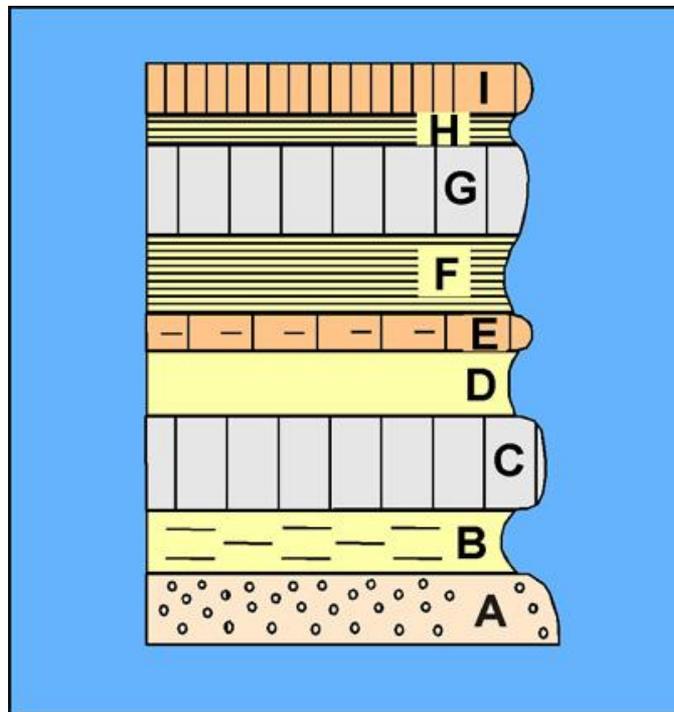


Illustration du Principe de superposition
à toutes les échelles

□ à l'échelle du paysage



Les rochers des Fiz avec le calcaire urgonien au sommet (Haute-Savoie)



Les « ruffes » du Salagou (Hérault)

□ à l'échelle de l'affleurement



Carrière de Vrines (79)



Carrière de Bazoges-en-Pareds (85)



Les « ruffes » du Salagou (Hérault) - Détail



Carrière de Barrachin (Hautes-Alpes)

□ à l'échelle de la lame mince



Lame mince dans une lumachelle de Bivalves

Généralisation du Principe de superposition

Le Principe de superposition, principe fondamental de la stratigraphie (science qui étudie la succession des différentes couches géologiques ou strates), peut également s'appliquer à des formations autres que sédimentaires, en particulier aux produits des éruptions volcaniques qui se déposent aussi en couches (coulées de lave, cendres...).



Photographie : Pierre Thomas

Volcanisme du Velay oriental – Superposition de deux coulées prismées

Le niveau rouge brique correspond à un paléosol argileux mis en place par l'altération de la coulée inférieure et peut-être aussi par celle d'un saupoudrage de cendres fines venues d'un volcan lointain. Ce sol (et ces cendres altérées) a été recouvert par la coulée supérieure, dont la température élevée a métamorphisé les minéraux argileux du paléosol. L'argile est devenue « brique ». Ce sol, qui contenait vraisemblablement de la matière organique et du fer ferreux Fe^{2+} a été oxydé ; sa couleur est devenue rouge, couleur caractéristique du fer ferrique Fe^{3+} : on parle de **rubéfaction**.



Trapps du Deccan (Inde)

Limites au Principe de superposition

Le principe de superposition n'est toutefois pas vérifié :

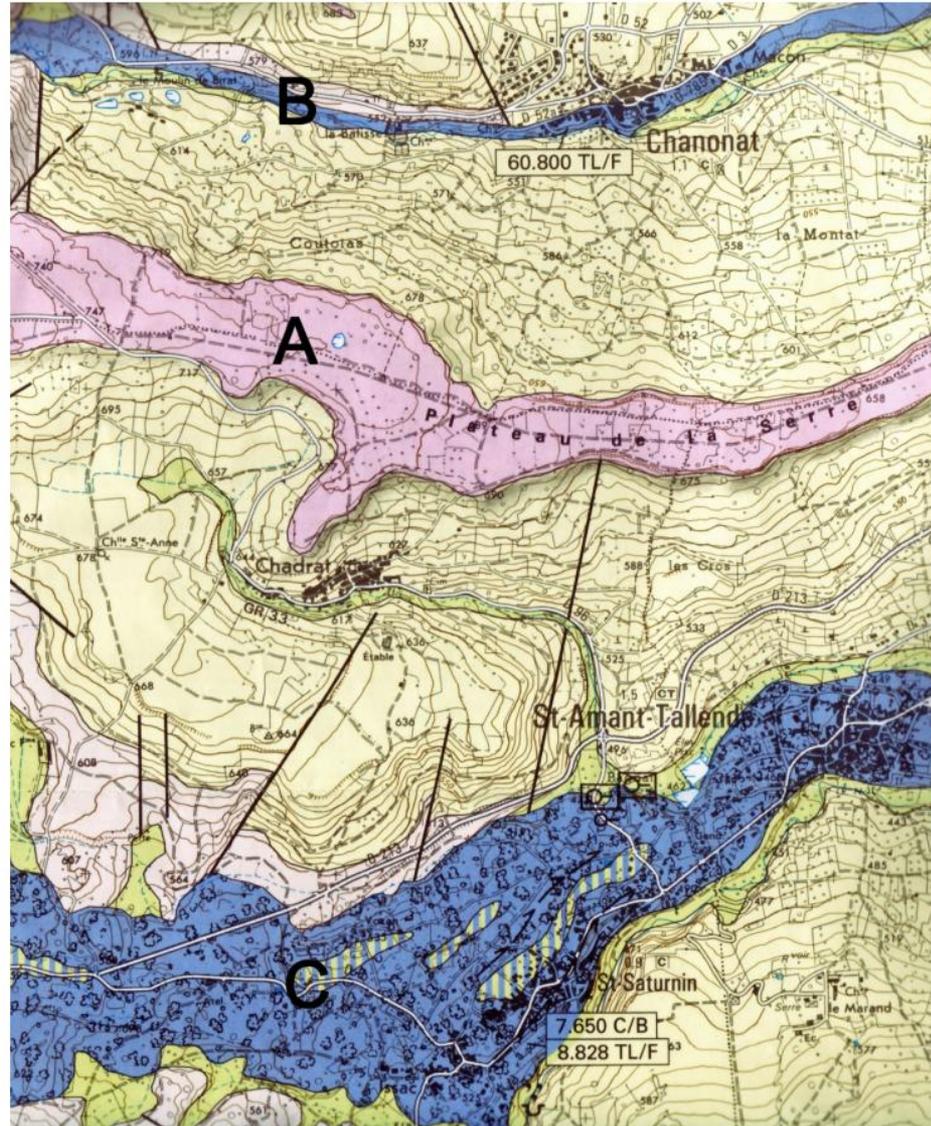
- dans le cas des **coulées volcaniques étagées** qui conduisent à des **inversions de relief**,
- et pour certains contextes tectoniques
 - dans lesquels les séries sédimentaires sont **retournées par plissement**
 - ou **mises en contact anormal** avec d'autres séries sédimentaires à la suite de **chevauchements**.

a) Les coulées volcaniques étagées (inversions de relief)

Extrait de la carte géologique des Volcans d'Auvergne ►

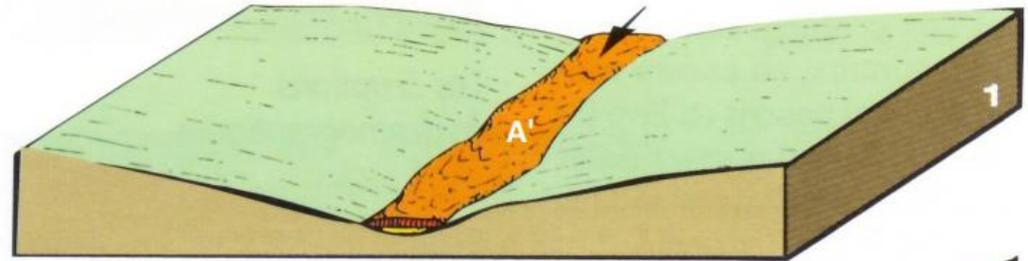
Les 3 coulées de lave avec inversions de relief :

- B : coulée de la Vallée de l'Auzon
- A : le Plateau de la Serre
- C : coulée des Puy de la Vache et de Lassolas

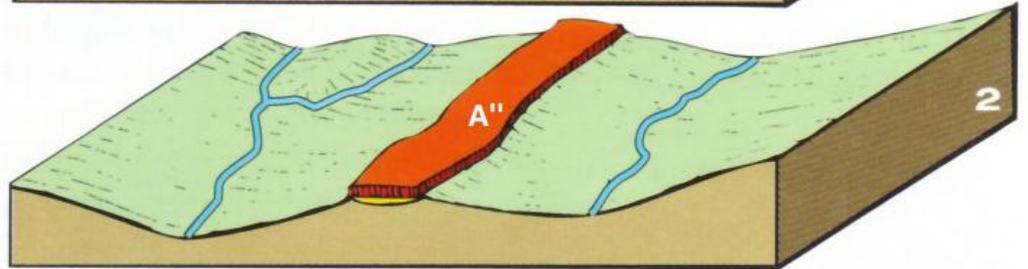


Un exemple d'inversion de relief sur la bordure de la Limagne : la Montagne de la Serre

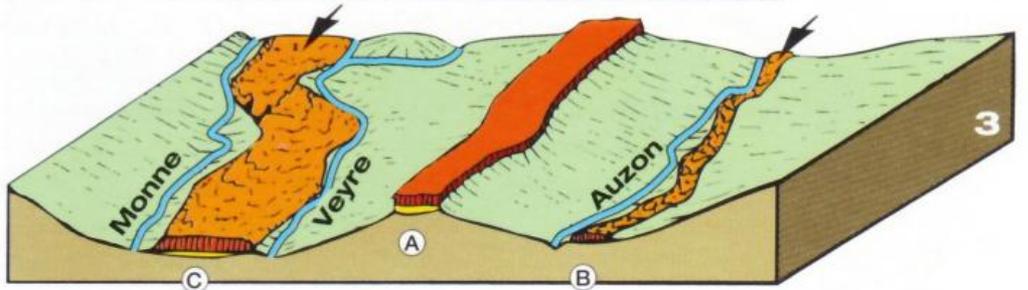
1. Coulée basaltique correspondant au futur Plateau de la Serre (A) au fond d'une paléo-vallée (âge : 3,4 Ma).



2. Creusement de deux vallées parallèles par deux cours d'eau. La coulée basaltique forme un plateau élevé au-dessus des deux vallées. Le relief de la coulée volcanique est inversé.



3. Deux nouvelles coulées basaltiques se mettent en place au fond des deux vallées : coulée basaltique de la vallée de l'Auzon (B) (âge : 60 000 ans) et coulée basaltique des Puits de la Vache et de Lassolas (C) de la vallée de la Monne (âge : 8 000 ans).



La Monne et la Veyre creusent deux vallées aboutissant à une nouvelle inversion de relief de la coulée des Puits de la Vache et de Lassolas.

b) Exemple dans des formations très plissées



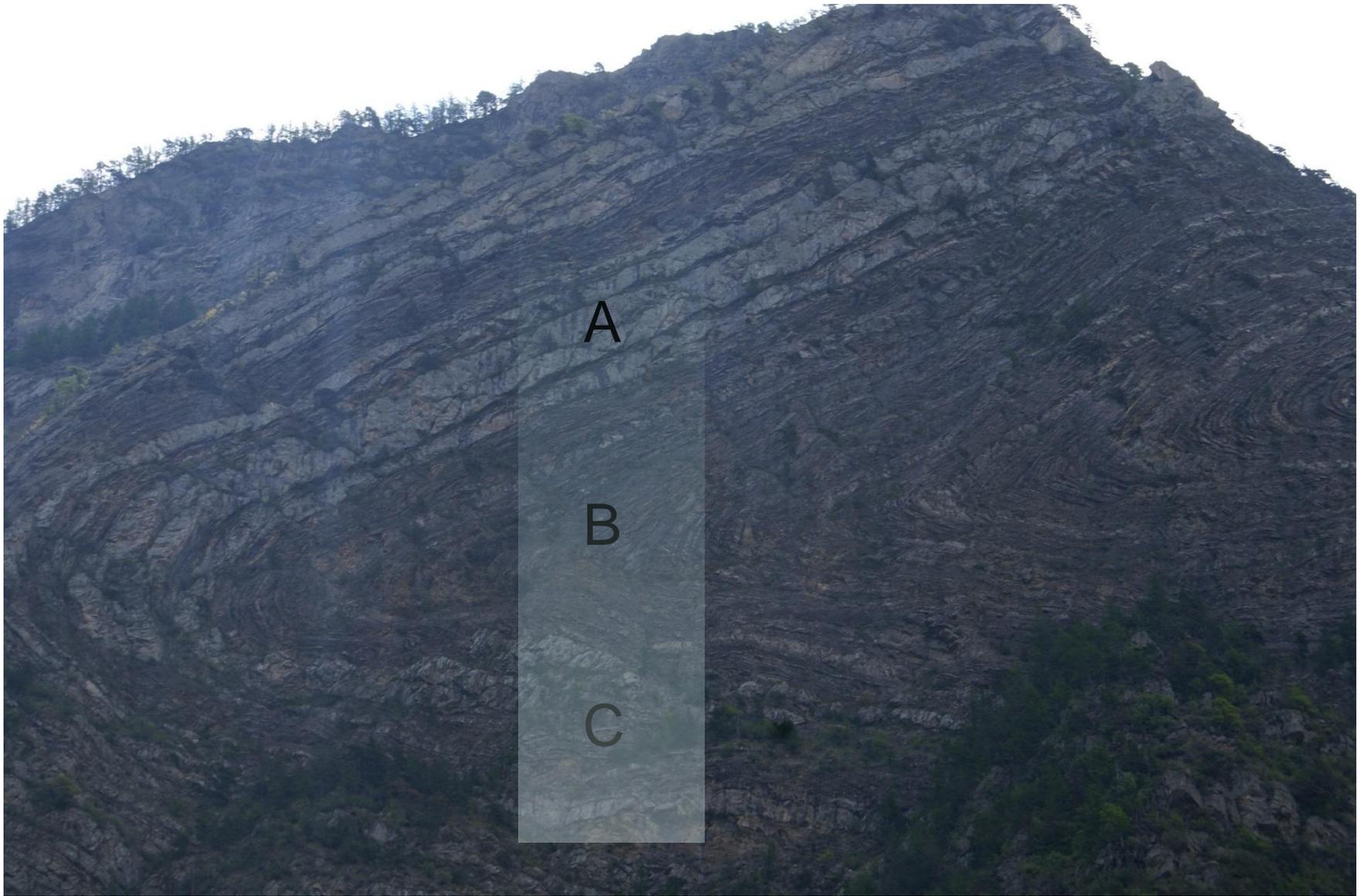
Pli couché de Saint-Clément (Hautes-Alpes)



Pli couché de Saint-Clément - Détail



Pli couché de Saint-Clément - Détail



Pli couché de Saint-Clément - Détail

Dans le cas de structures fortement plissées, il va par conséquent être important de **polariser les couches** c'est-à-dire de mettre en évidence, de découvrir sur le terrain des critères de polarité pour savoir où se trouve la base (= mur) de la couche ou son sommet (= toit).

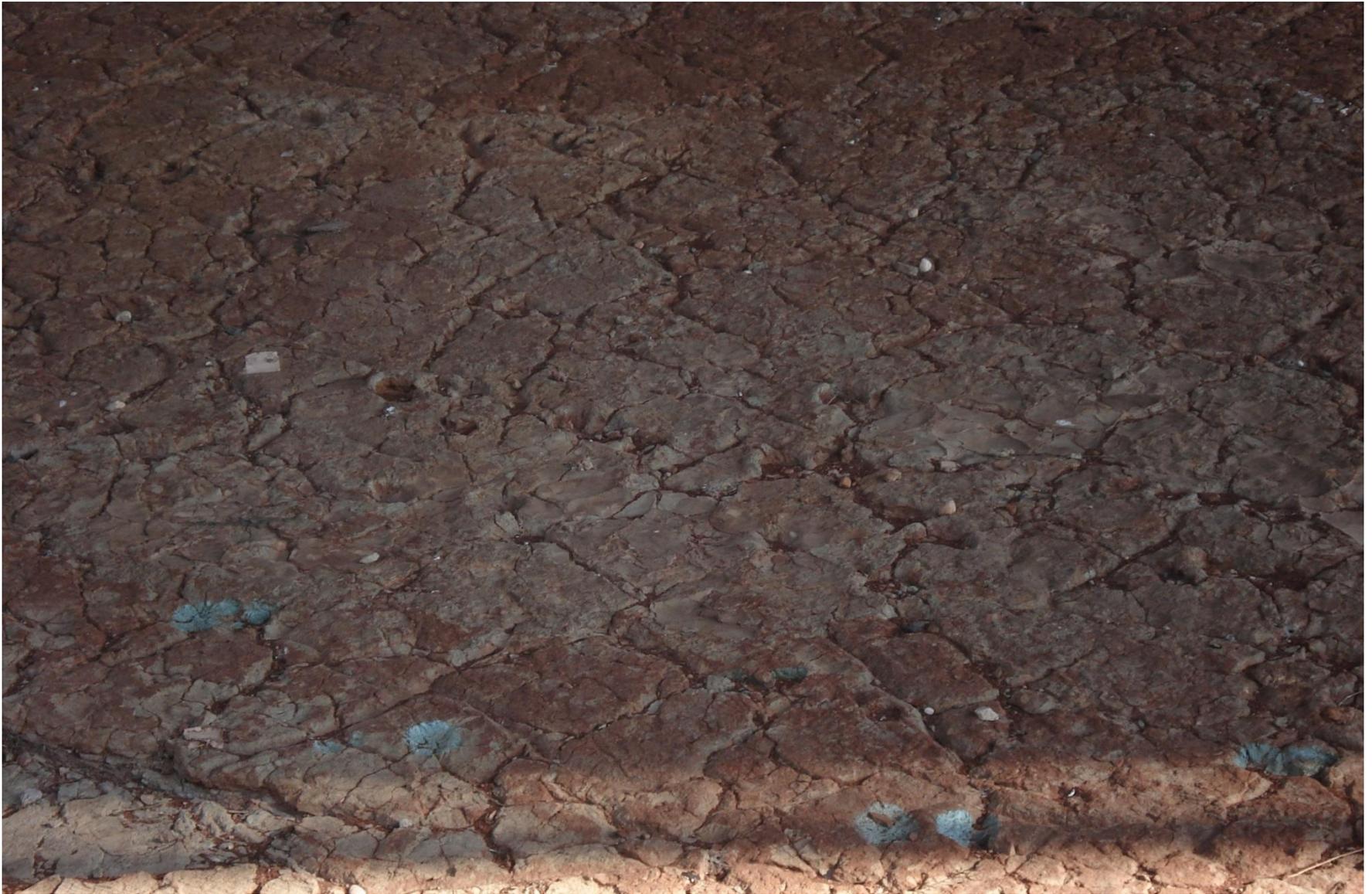
Quelques exemples de critères de polarité



« Mud cracks » ou fentes de dessiccation actuels (en haut) et fossiles (en bas) dans les quartzites du Trias (Hautes-Alpes)



« Ripple marks » ou rides de courant dans les quartzites du Trias (Hautes-Alpes)

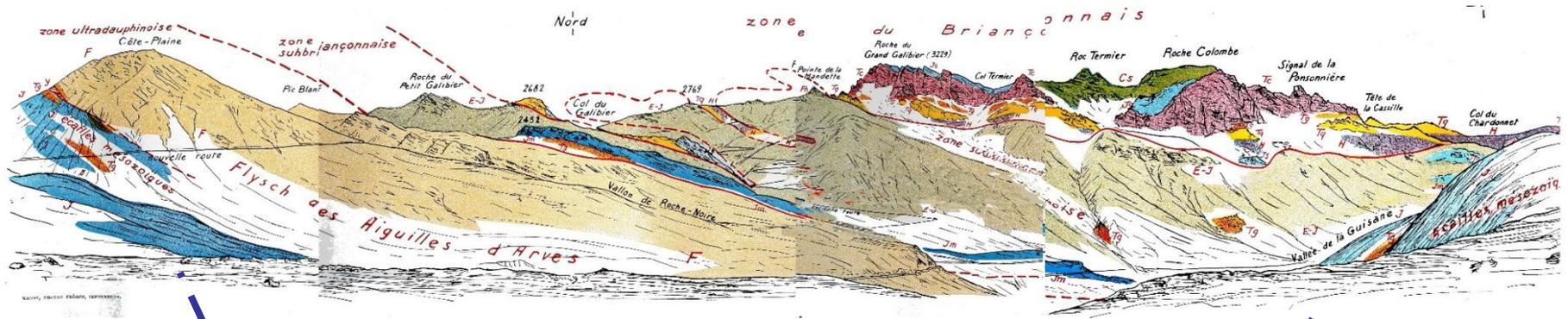


Empreintes de pas de Dinosaures dans le Permien de Lodève (Hérault)



Empreinte de pas d'un Dinosaur (Grallator ?) – Le Veillon (85)

c) Exemple dans des formations chevauchantes



Panorama du Col du Lautaret

Souligné en rouge, le chevauchement de la zone briançonnaise (d'âge Carbonifère à Crétacé supérieur) à droite sur la zone sub-briançonnaise (Jurassique) qui elle-même chevauche la zone ultra-dauphinoise constituée par le Flysch des Aiguilles d'Arves (d'âge Priabonien c'est-à-dire Eocène supérieur).

Le principe de superposition n'implique pas non plus nécessairement que l'âge d'une strate soit directement plus récent que celui de la strate qu'elle recouvre.

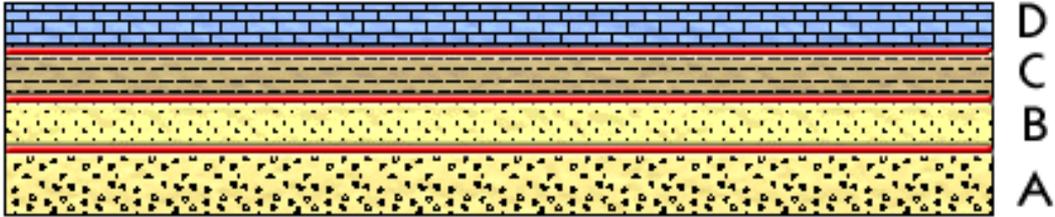
Selon les cas, il peut y avoir eu une interruption locale et temporaire de la sédimentation ou une érosion complète des strates d'âge intermédiaire.

L'absence avérée d'une ou de plusieurs strates d'âge intermédiaire est une lacune sédimentaire.

Illustration :

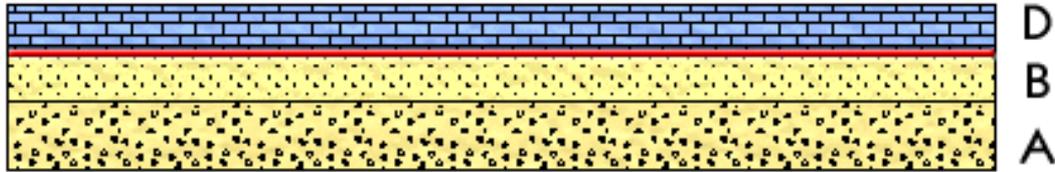
Dans l'affleurement 2, il y a **lacune totale** de la strate C et dans l'affleurement 3, **lacune locale**.

Parmi les hypothèses possibles, on peut avancer ou bien qu'elle ne s'est jamais déposée par absence de mer ou alors, qu'elle s'est bien déposée en milieu marin mais qu'elle a été ensuite complètement érodée du fait d'une émergence de la région soumise alors à l'action des agents atmosphériques.



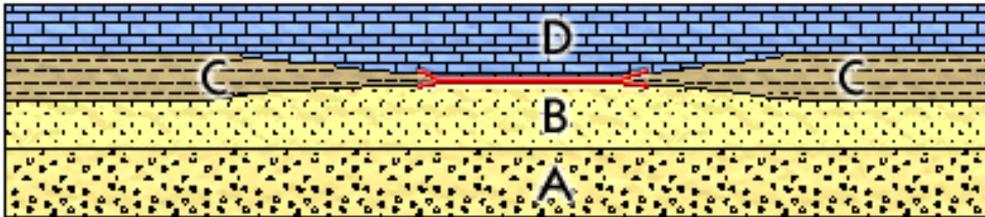
D
C
B
A

Affleurement 1



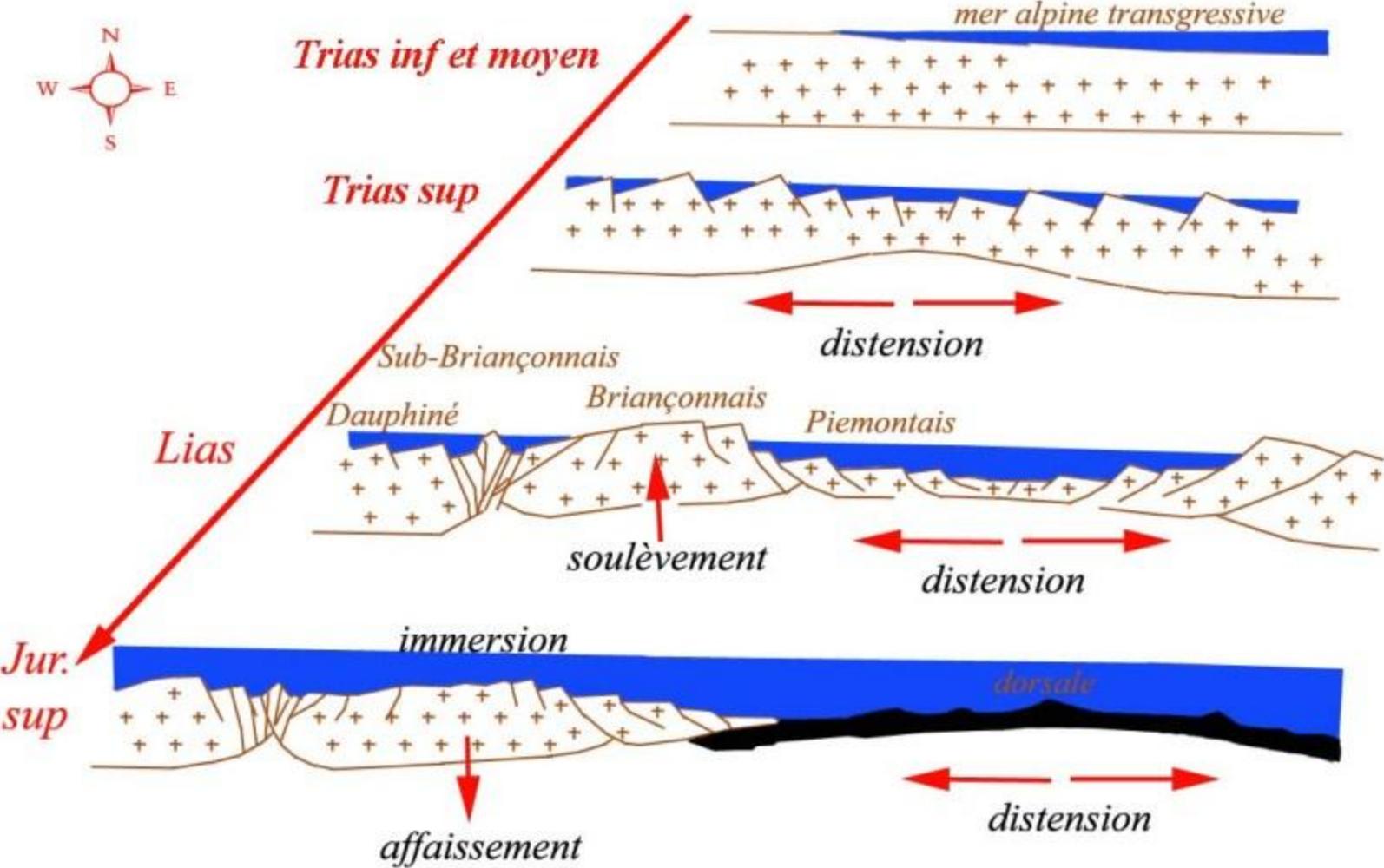
D
B
A

Affleurement 2



Affleurement 3

Un exemple célèbre de lacune sédimentaire : « l'Île Briançonnaise »



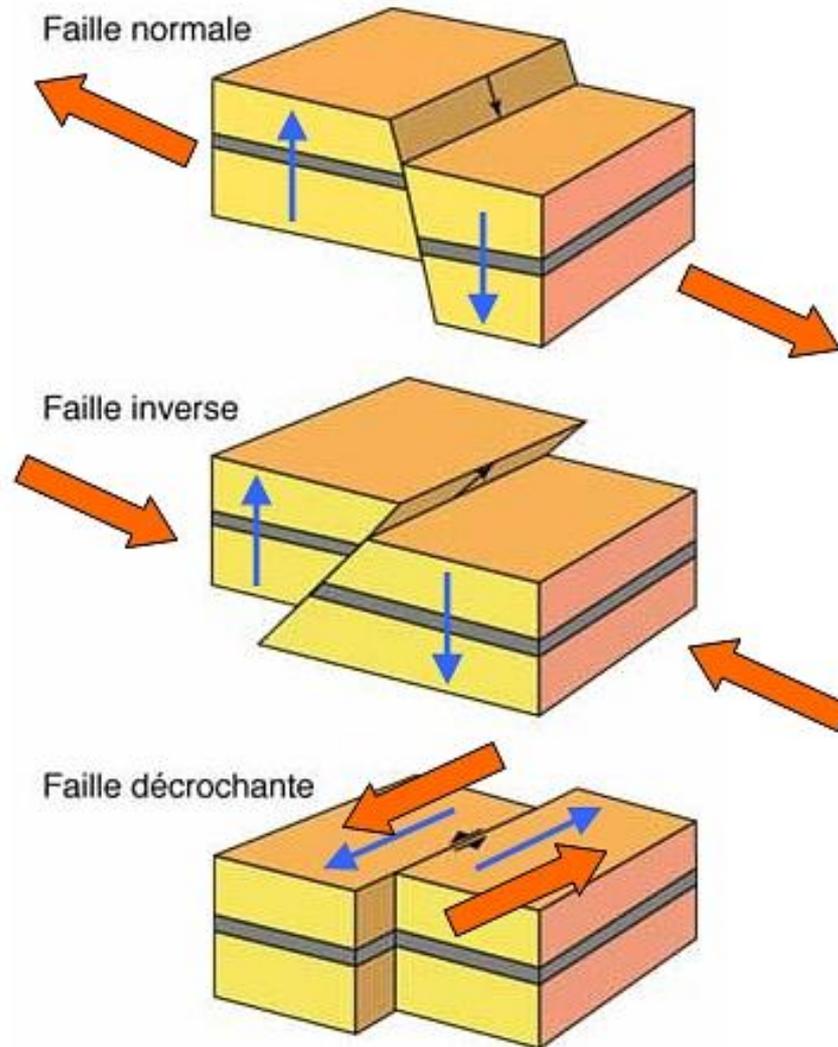
B-

Le principe de
recoupement

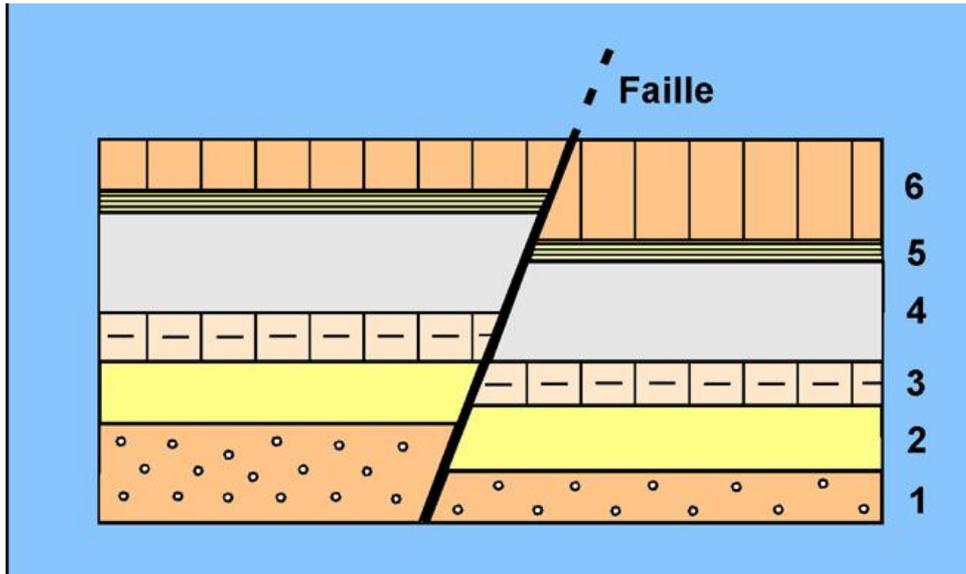
Le principe de recoupement postule qu'une structure recoupée par une autre structure est plus ancienne que celle qui la recoupe.

On ne raisonne plus exclusivement sur les limites entre couches de terrain, mais sur tout type de surface limite.

Les failles



Les différents types de failles



Faille inverse

Le compartiment de gauche vient chevaucher, recouvrir celui de droite

La faille inverse coupe les strates 1 à 6. Elle est donc postérieure à ces 6 strates et plus précisément à 6 puisque 6 est la strate la plus récente de toutes par application du Principe de superposition.

Ordre chronologique : Sédimentation des strates de 1 à 6 puis faille F

Exemples de failles à différentes échelles

□ à l'échelle du paysage





□ à l'échelle de l'affleurement

Microfailles dans du flaser-gabbro
(Champrousse)

Microfaille dans une strate de
dolomie blanche (Barrachin)

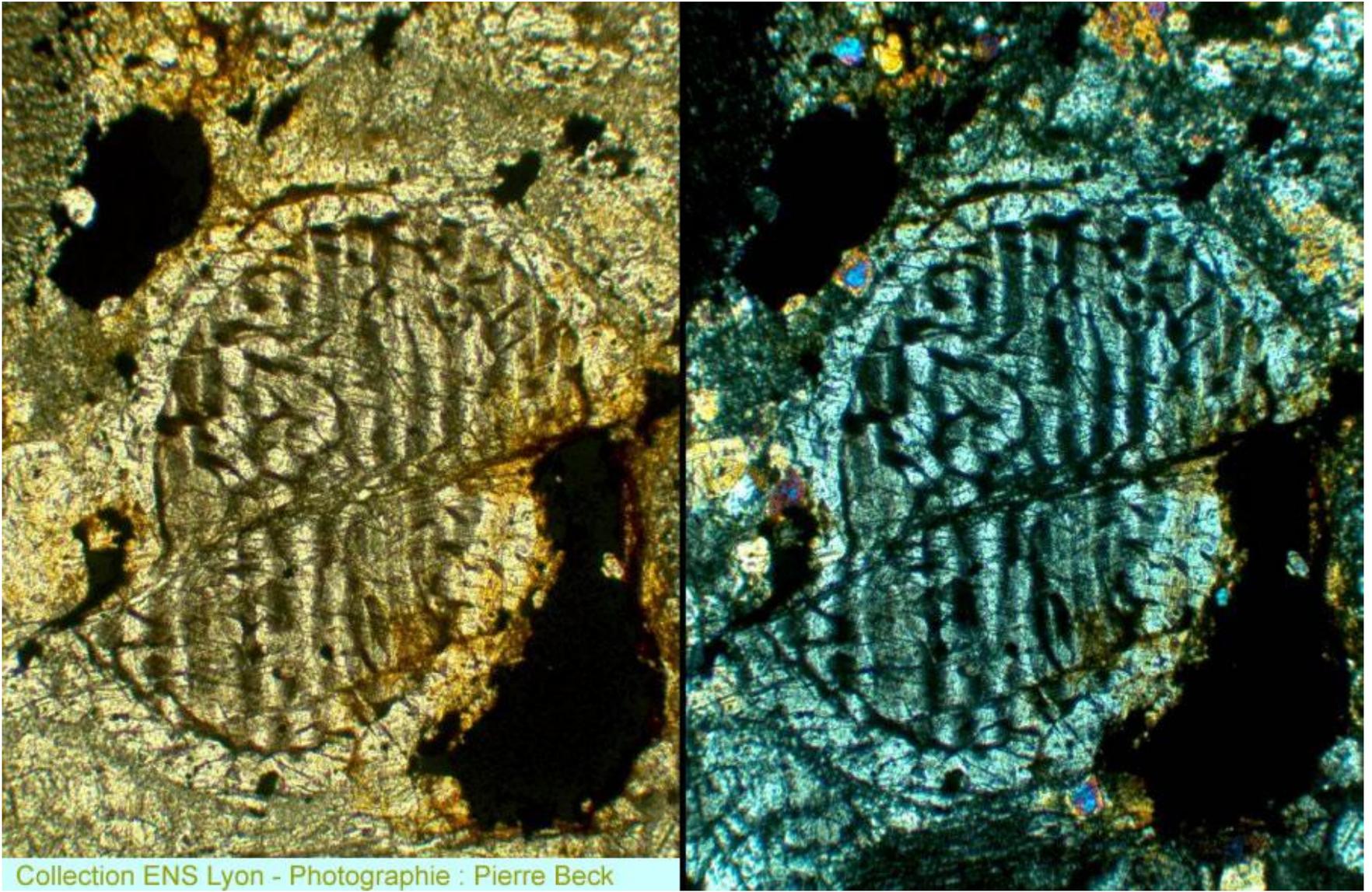




Microfaille dans une strate de dolomie blanche (Barrachin)



Faille dans un banc de tuffites – Sauveterre (85)



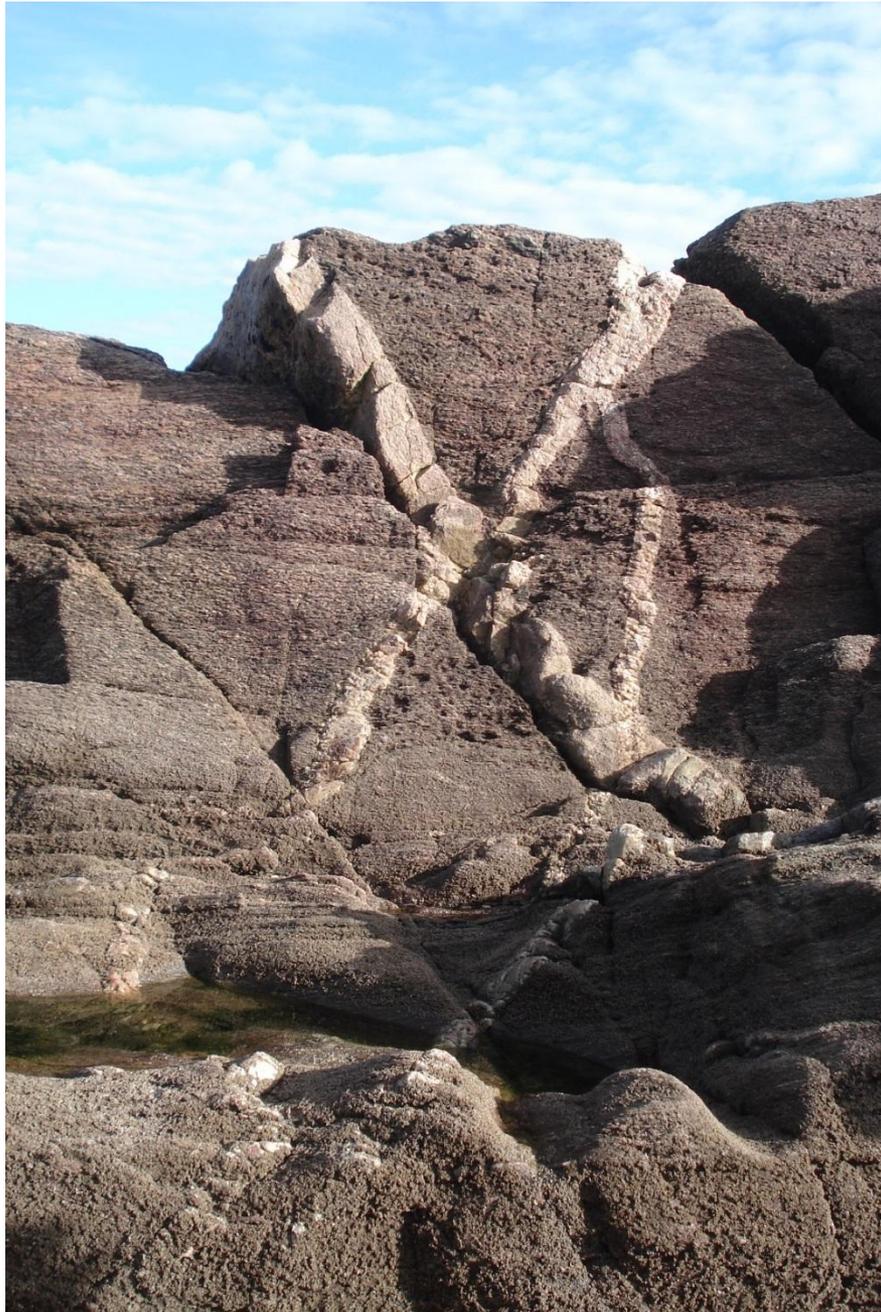
Gros plans en LPNA et LPA sur un chondre de 1 mm de diamètre
Il est décalé de 0,25 mm par une micro-faille.

Filons



Filons de pegmatite et d'aplite dans l'orthogneiss des Sables d'Olonne
(Anse de Chaillé)



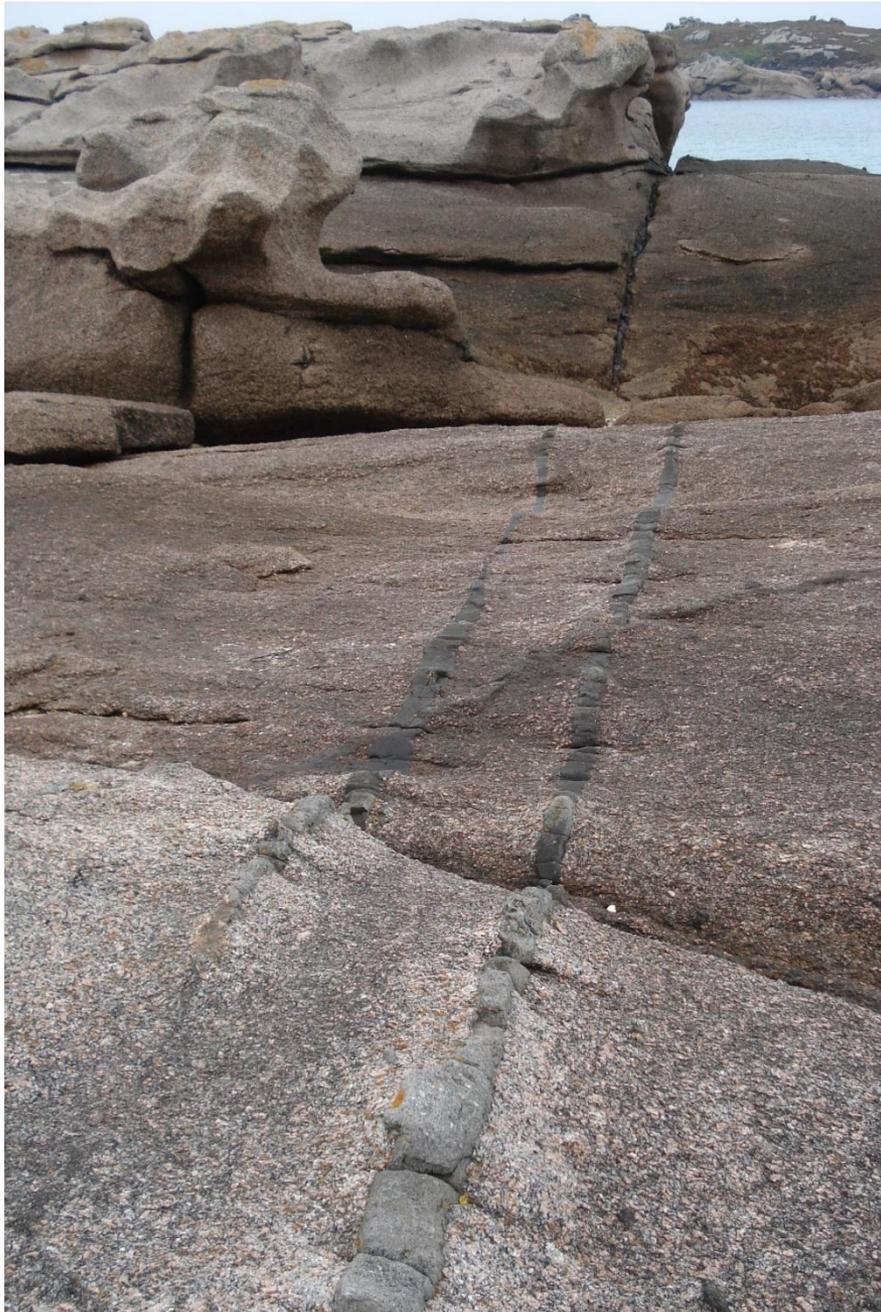


Filons de pegmatite et d'aplite
dans l'orthogneiss des Sables
d'Olonne – Pointe de Péruse
(85)



Le filon de pegmatite (vertical)
recoupe le filon d'aplite
(oblique) ; il lui est donc
postérieur.

Pointe de Péruse (85)

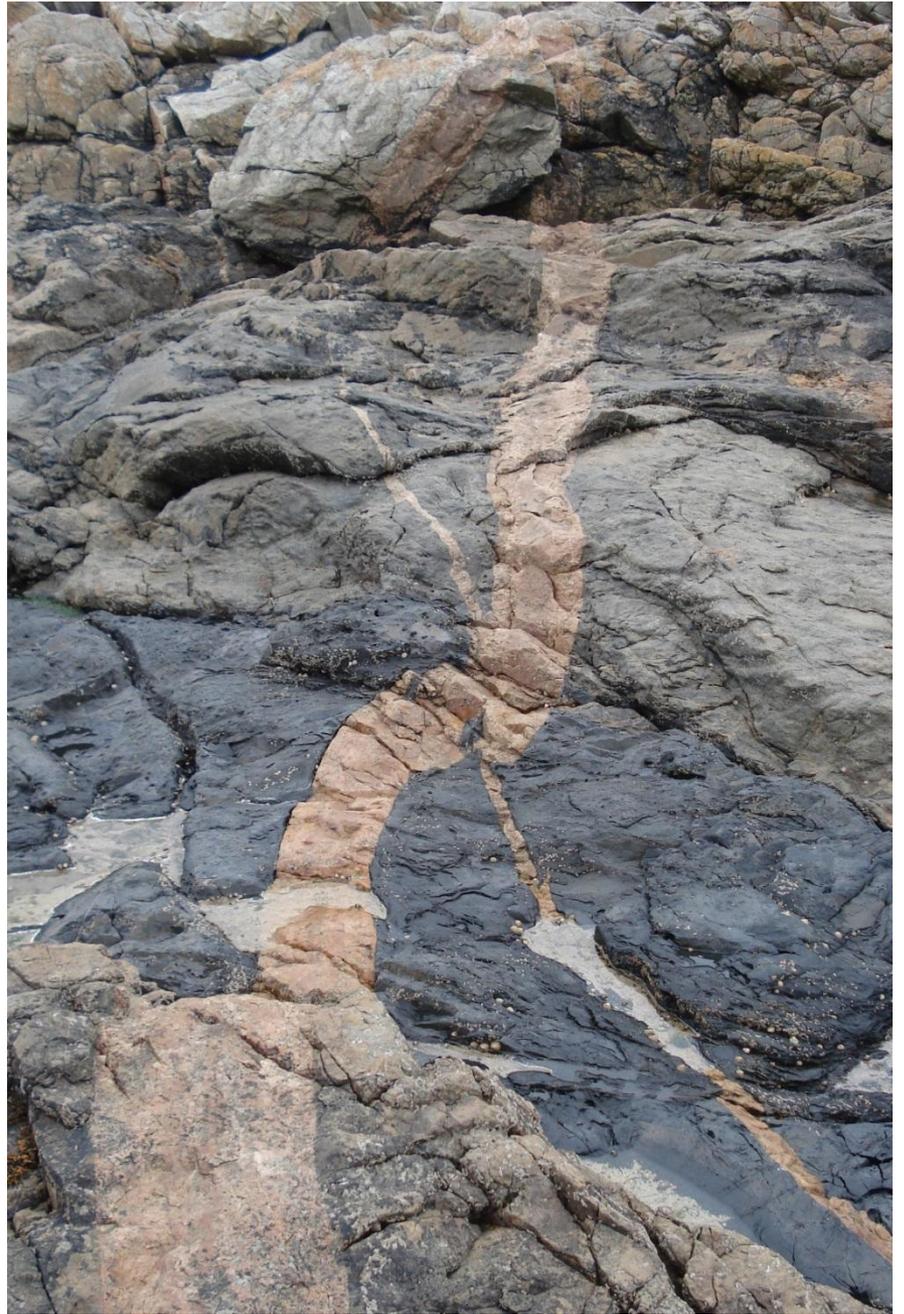


Filons de gabbros sombres
dans du granite rose à gros
grain

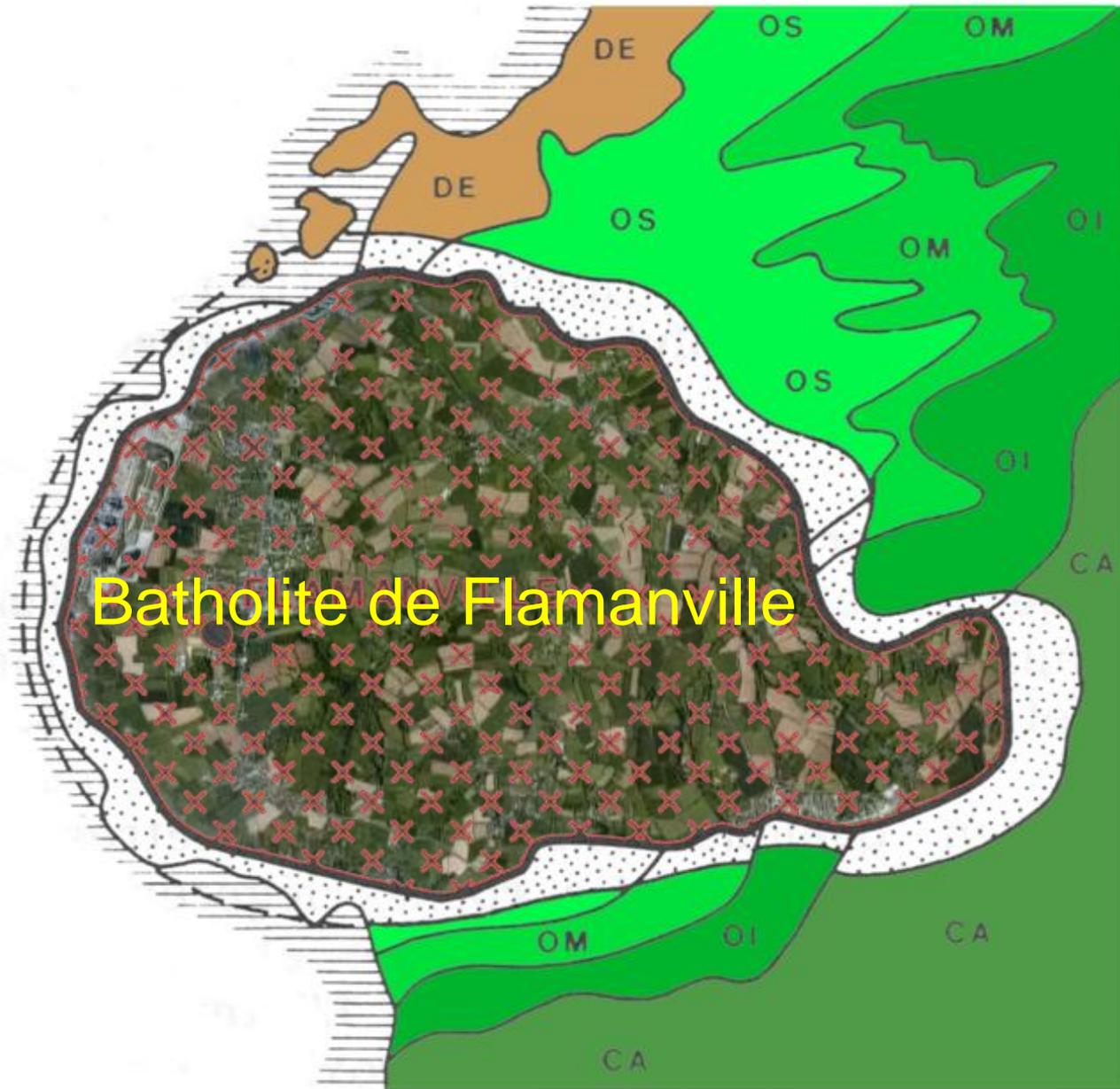
La Grève blanche – Trégastel
(22)



Filons de granite rose et de dolérite dans les gneiss Icartiens
Port Rolland-Le Ranollien – Perros-Guirec (22)



Massifs plutoniques intrusifs (batholites)



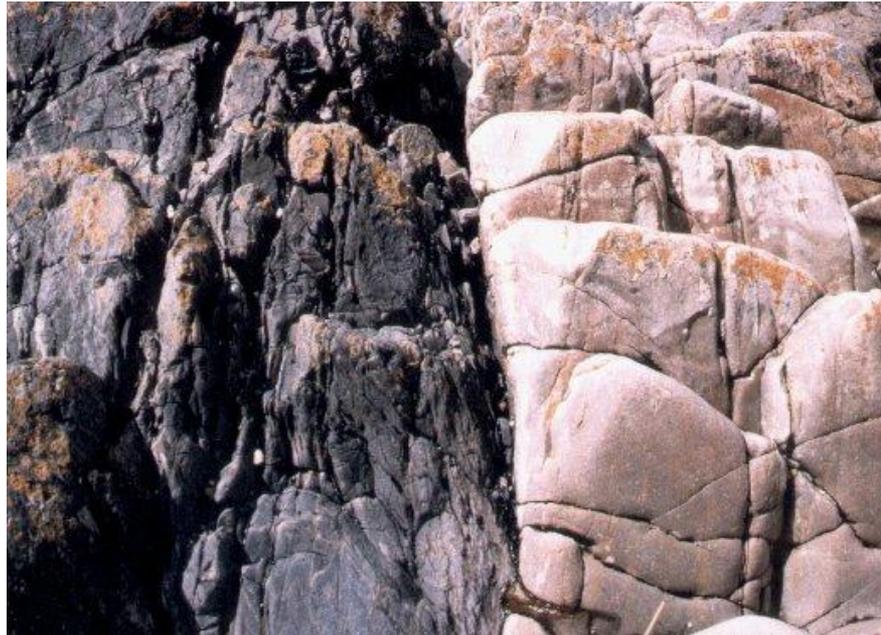
Le pluton recoupe « à l'emperte-pièce » les séries de grès et de schistes du Cambrien (CA) et de l'Ordovicien (OI,OM,OS) et les schistes et calcaires du Dévonien (DE). **Il est donc post-Dévonien.**

Au contact du granite et sur une distance d'environ 200 m tout autour de sa limite (zone blanche en pointillés), les roches sédimentaires du Primaire sont affectées de transformations texturales et minéralogiques ± importantes. La zone des roches modifiées a la forme d'une **auréole** qui épouse le contour du granite intrusif et recoupe les limites lithologiques stratigraphiques.

Une auréole est d'autant plus large que le contraste thermique a été important et durable, donc que le batholite est plus volumineux.

Le granite de Flammanville (Manche)

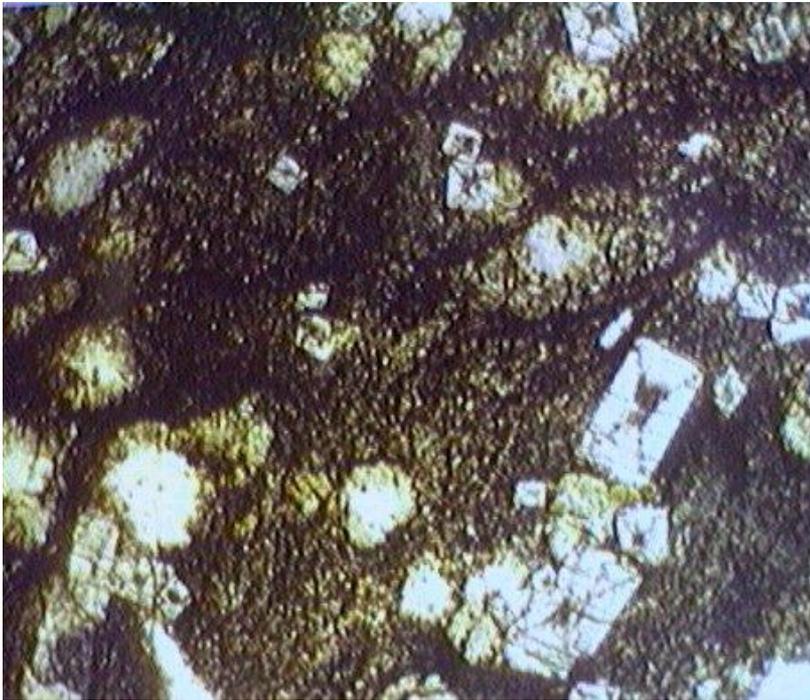
Contact franc entre le granite clair à droite et les cornéennes noires à gauche



Les **cornéennes** observées dans cet horizon pélitique sont des roches massives sombres, très dures et à grain fin, voire très fin.

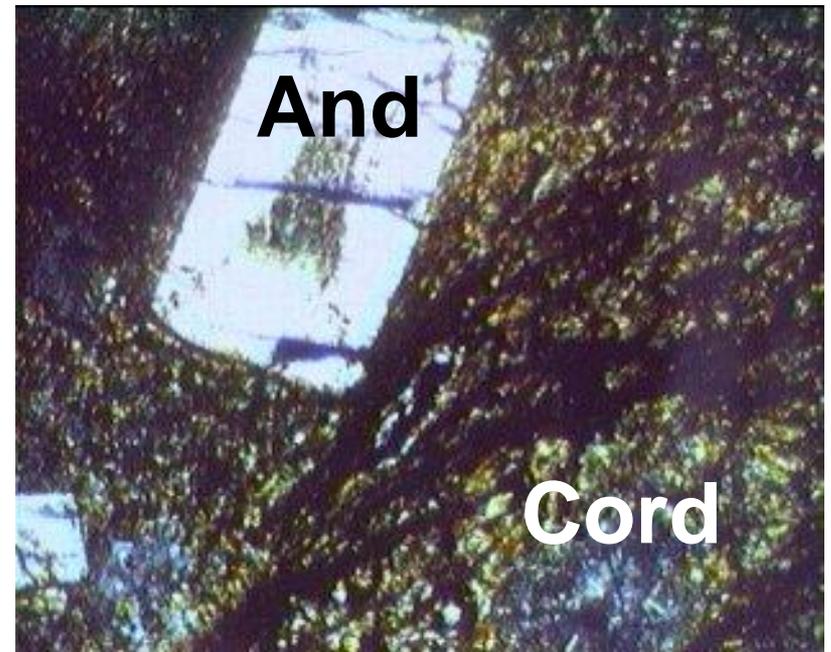
Enclaves de cornéennes éclatées au contact du granite





Les cristaux d'andalousite et de cordiérite y sont dispersés dans la masse, sans aucune orientation préférentielle.

Les cornéennes renferment des nodules d'**andalousite** et de **cordiérite** .



Discordances et surfaces d'érosion



Discordance de la Pointe du Payré (85) - La surface de discordance est plane.



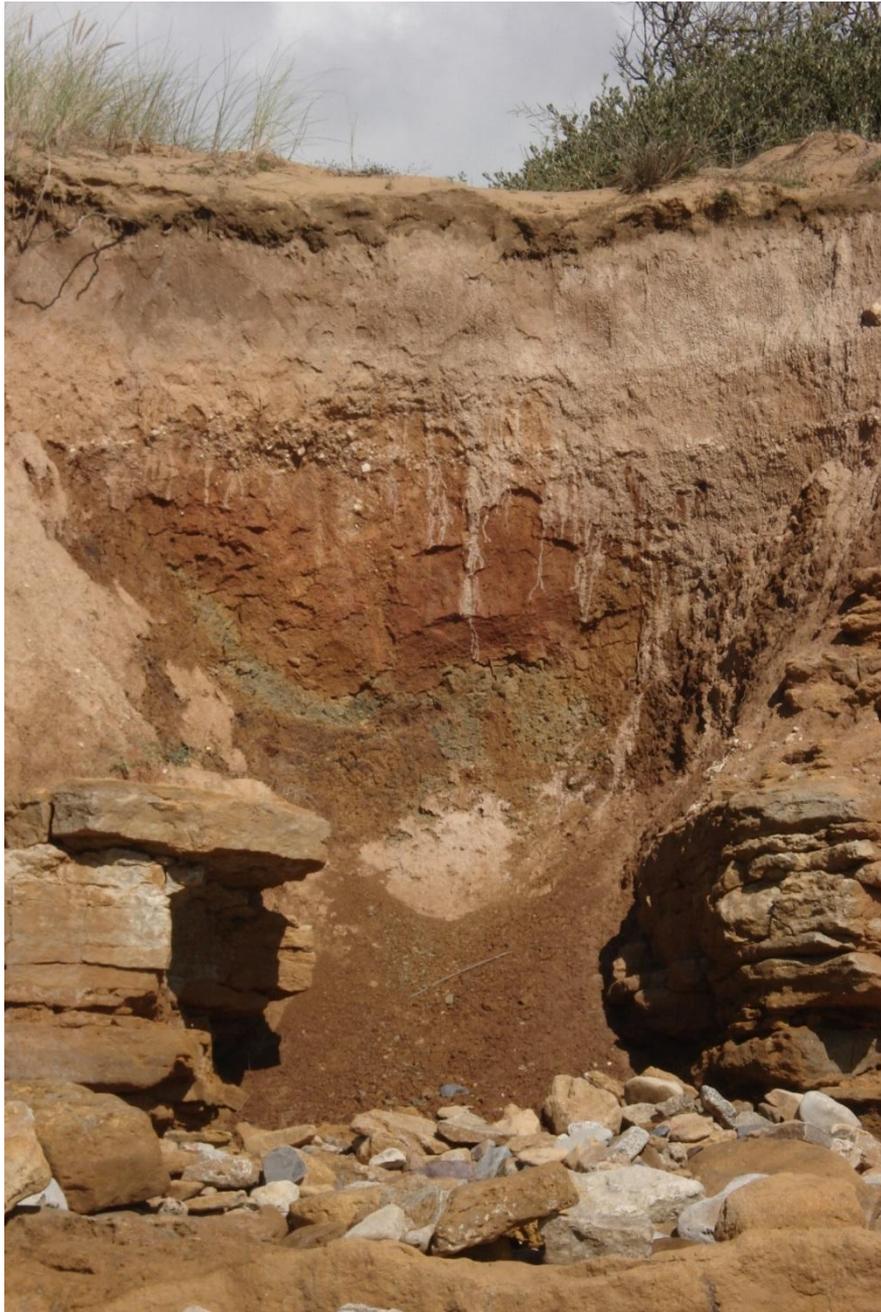
Discordance entre Permien (ruffes) et coulée basaltique prismée quaternaire
Salagou - Hérault



Discordance entre Quaternaire et Jurassique inférieur Anse de la République – Les Bourries (85)

La surface de discordance n'est pas plane. On parle de **discordance de ravinement**.

Selon Bocquier (1935) et Ters (1953), des coulées de solifluxion würmiennes auraient rempli des marmites de géant formées à la surface d'une plate-forme marine constituée ici de Jurassique inférieur (couches de calcaires jaunes dits « Nankin ») lors du dernier interglaciaire.



Détail de la discordance de ravinement

Généralisation du Principe de recoupement

Le principe de recoupement s'applique aussi à des événements géologiques qui n'impliquent pas obligatoirement des coupures (failles, filons, mise en place de batholites ou surfaces de discordance).

Le principe de recoupement généralisé postule que dans une succession d'événements, tout événement qui affecte un objet, une formation géologique ou un autre événement, lui est postérieur.

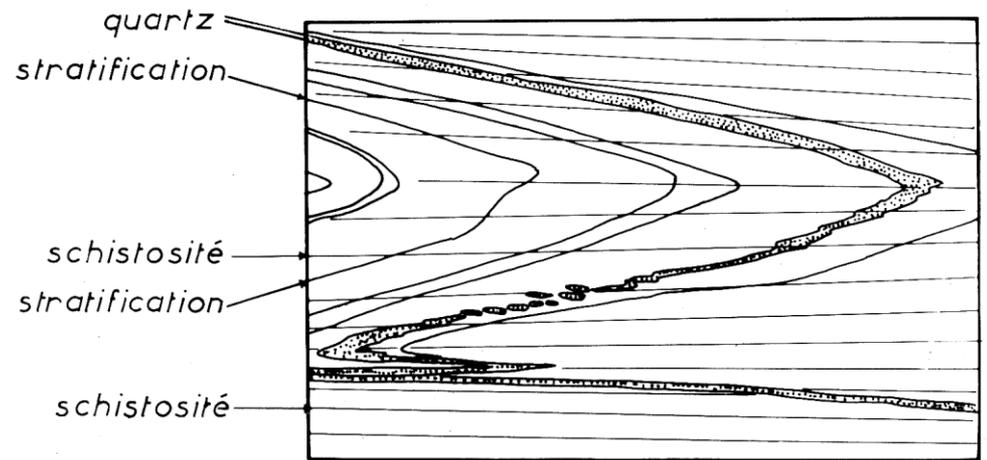
Les plissements



Plis dans une alternance de calcaires (en creux) et de radiolarites (en relief)
du Malm - Champcella (Hautes-Alpes)



Détail de la diapositive précédente – Nappe de Champcella (Hautes-Alpes)



Lame mince de schiste ardoisier