

# ST-A-LA CARTE GÉOLOGIQUE ET SON UTILISATION

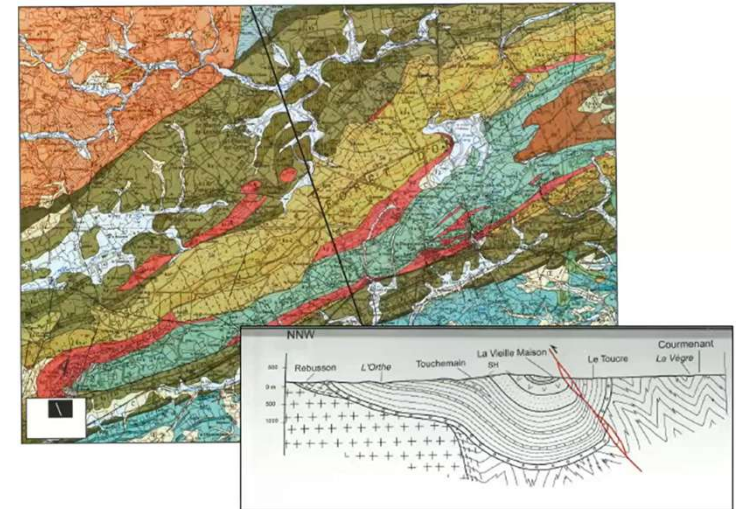


## EXTRAIT DU B.O.

La carte géologique permet une reconstitution **tri-dimensionnelle** des terrains, essentielle pour la construction d'une **histoire géologique**. Elle fournit de façon synthétique de nombreuses informations (ressources, risques, etc.). La carte géologique est à comprendre comme un **modèle** reflétant notre connaissance de la géologie, de son histoire et donc des processus géodynamiques sous-jacents. Elle constitue un outil fondamental de la géologie, une base pour la prise de décision au niveau des politiques publiques mais aussi un résultat scientifique à part entière résultant d'une démarche scientifique. Cette partie est l'occasion d'aborder différentes utilisations des cartes géologiques ainsi que la méthode de réalisation de coupes géologiques et de schémas structuraux. Il s'agit également de présenter les principaux types de roches dans leur cadre géologique.

BCPST1 - ENCPB - STÉPHANIE DALAINE

3D: comment exploiter la carte? Convertir la 2D en 3D permet de reconstruire une histoire géologique



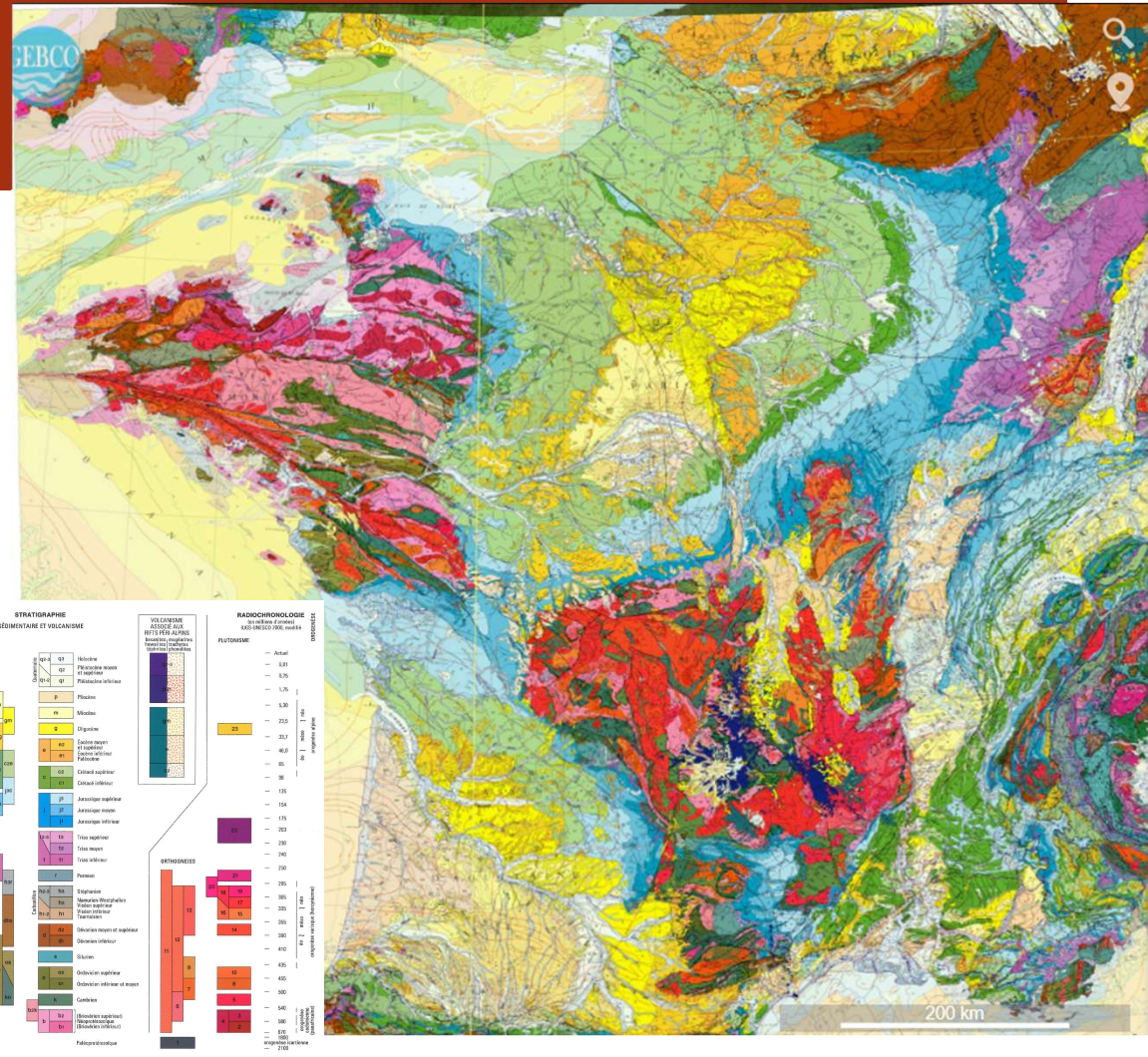
Importance de l'extrapolation, car affleurements peu denses en termes de données => importance des principes géologiques pour la construction d'un modèle

# TP ST A : LA CARTE DE FRANCE AU MILLIONIÈME

- Cartes publiées par le BRGM (Bureau des recherches géologiques et minières)
- Début de son construction **18<sup>ème</sup> siècle** → nos jours.
  - **observations de terrain**
  - **photographies aériennes**
  - **forages**
  - **géodésie + SIG (systèmes d'information géographique)**
  - **extrapolation (donc importance des principes géologiques)** Modèles numériques de terrain (MNT)

⇒ **la carte est un modèle**

- **construction interprétée de la réalité** issue d'une analyse scientifique.
  - répartition des roches (**type de roche, âge des roches...**) en surface (= à l'affleurement)
  - Relations (nappes, cycle orogénique)
  - **objets tectoniques** (plis, failles...)
  - **histoire géologique**



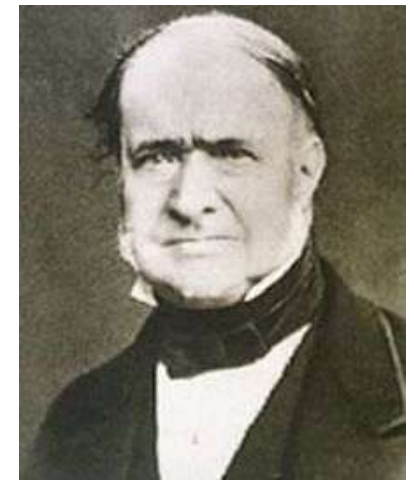
**Difficulté: représentation bidimensionnelle d'une réalité 3D**

## UN PEU D'HISTOIRE

- En France, la carte géologique est née à la moitié du 18<sup>ème</sup> siècle.
- la première carte géologique de France réalisée à l'échelle 1/500 000e en six feuillets par deux ingénieurs des mines : Armand Dufrénoy et Jean-Baptiste Élie de Beaumont.



*Pierre-Armand Dufrénoy (1792-1857)*



*Jean-Baptiste Élie de Beaumont (1798-1874)*

# LE BRGM (BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES CRÉÉ EN 1959

- Aujourd'hui, la quasi-totalité de la France a été cartographiée au 1/50 000, et le BRGM se lance dans la couverture du territoire à une échelle intermédiaire plus régionale (1/250 000).
- Parallèlement, le BRGM informatise ces cartes sous la forme de SIG (Systèmes d'Information Géographiques) et les met gratuitement à disposition sur internet par le biais du portail InfoTerre.
- La BRGM, basé à Orléans, possède une des plus grandes carthèques géologiques du monde.

## ressources



Géoportail

Marquer comme terminé

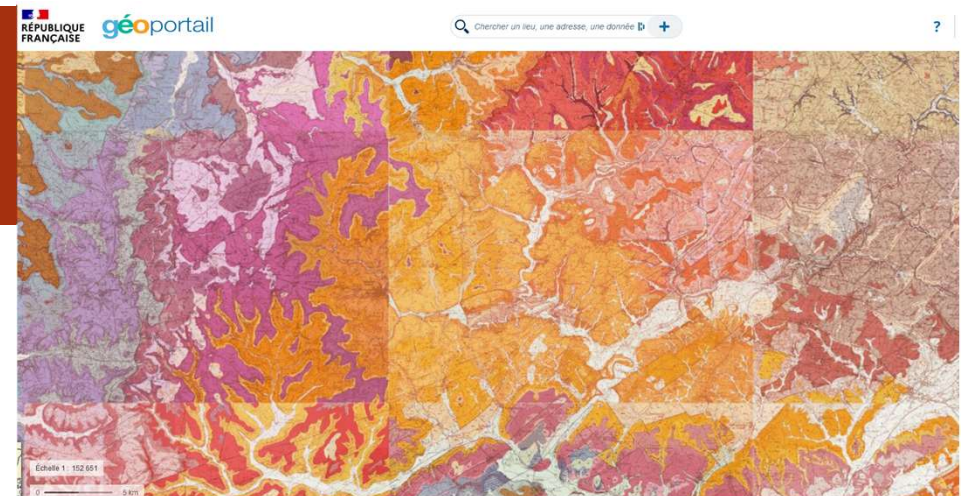


InfoTerre

Marquer comme terminé

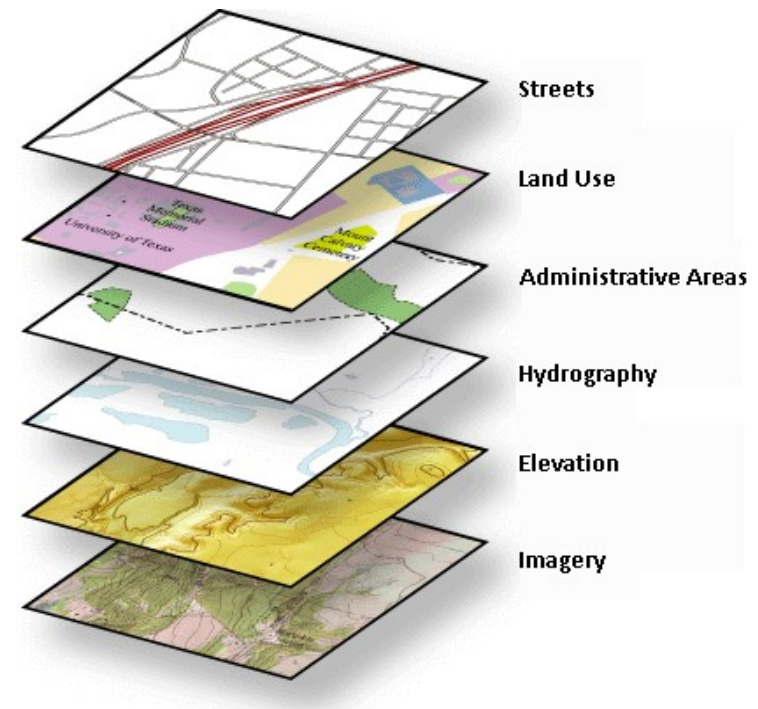
cartes du BRGM au 50 000e

BCPST1 - ENCPB - STÉPHANIE DALAINE



# SIG: SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

- les systèmes d'information géographique (SIG) corrént les données géoréférencées et produisent des cartes topographiques et des cartes thématiques.
- Un système d'information géographique (SIG) est un système d'information permettant de créer, d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, autrement dit géoréférencées, ainsi que de produire des plans et des cartes.
- La représentation est généralement en deux dimensions, mais un rendu 3D ou une animation présentant des variations temporelles sur un territoire sont possibles.



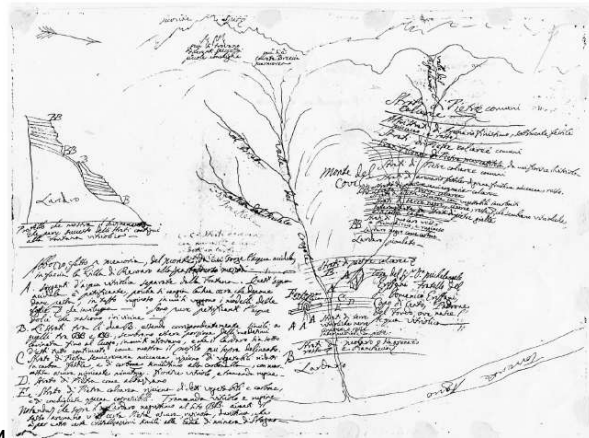
<http://fr.wikipedia.org>

# DONNÉES UTILISÉES POUR LA CONSTRUCTION DE LA CARTE

- Collectes des données factuelles consultables dans des archives, publications rapports



D'après Yann Mear, Geoceano, intechmer/CNAM



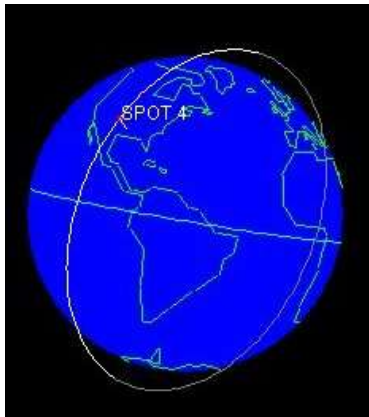
- Levés de terrain par des équipes de géologues : nature (minéraux), structure (plis, failles), âge (fossiles)



# DONNÉES UTILISÉES POUR LA CONSTRUCTION DE LA CARTE



- Les satellites défilants :
- Ces satellites évoluent sur des orbites qualifiées de "basses", de l'ordre de 800 km en moyenne.
- Les instruments embarqués à bord de ces satellites opèrent dans différents domaines de longueur d'onde et du fait de l'altitude relativement peu élevée, présentent une bonne aptitude à distinguer des détails de la surface terrestre.



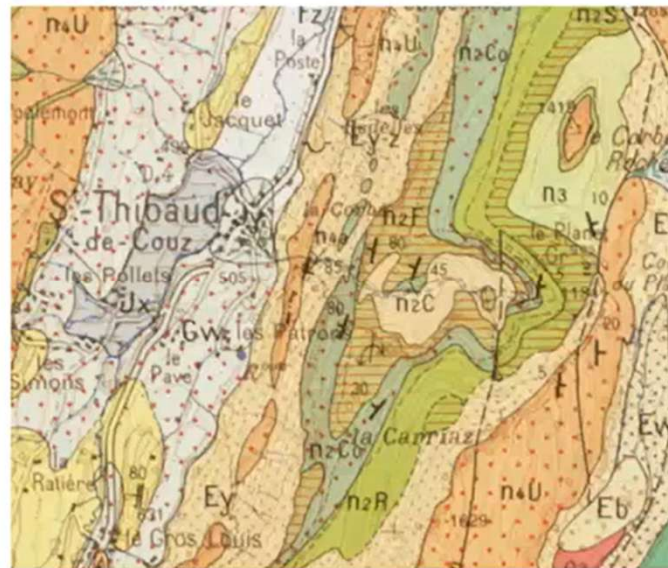
- Un satellite évoluant à une altitude de 800 km effectue un tour de la Terre en une centaine de minutes et comme la Terre a effectué une rotation d'environ  $25^\circ$  pendant cette durée, le satellite, à l'issue de ce tour, ne repasse pas au-dessus du même lieu, d'où son caractère "défilant" .
- Ceci a pour conséquence de ne pas offrir une grande répétitivité à l'acquisition des images.
- les satellites défilants SPOT, ENVISAT, JASON, NOAA



# DONNÉES UTILISÉES POUR LA CONSTRUCTION DE LA CARTE

- Ce qui affleure (ce qui est accessible) est peu par rapport à la représentation proposée
- => la carte est un modèle
- Les données sont peu denses, très parcellaires

GEOPORTAIL Calques topo



Carte géologique

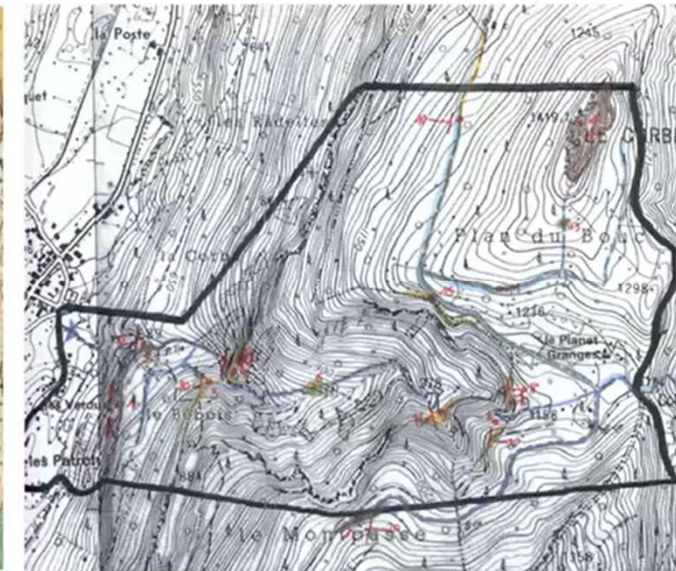


fig 2 : Minute de terrain de la parcelle du Corbeley

*Minute d'auteur =manuscrit de la carte*

*D'après la conférence de Damien Jaujard*

# DONNÉES UTILISÉES POUR LA CONSTRUCTION DE LA CARTE

- Analyse en laboratoire d'échantillons de roches pour préciser l'âge des terrains, leur composition chimique et minéralogique



<http://svt.ac-dijon.fr>



<http://artic.ac-besancon.fr/>



# DONNÉES UTILISÉES POUR LA CONSTRUCTION DE LA CARTE

- Le 1/50 000 référence pour les travaux d'aménagement et de prospection
- France métropolitaine comprend 1060 feuilles, chaque feuille couvre une zone de 30 km sur 20 km

D'après Yann Mear, Geoceano, intechmer/CNAM



## La carte géologique reflète des différences observables en vue satellitaire !



## La carte géologique reflète des différences observables en vue satellitaire !

### UN PEU DE GÉOGRAPHIE

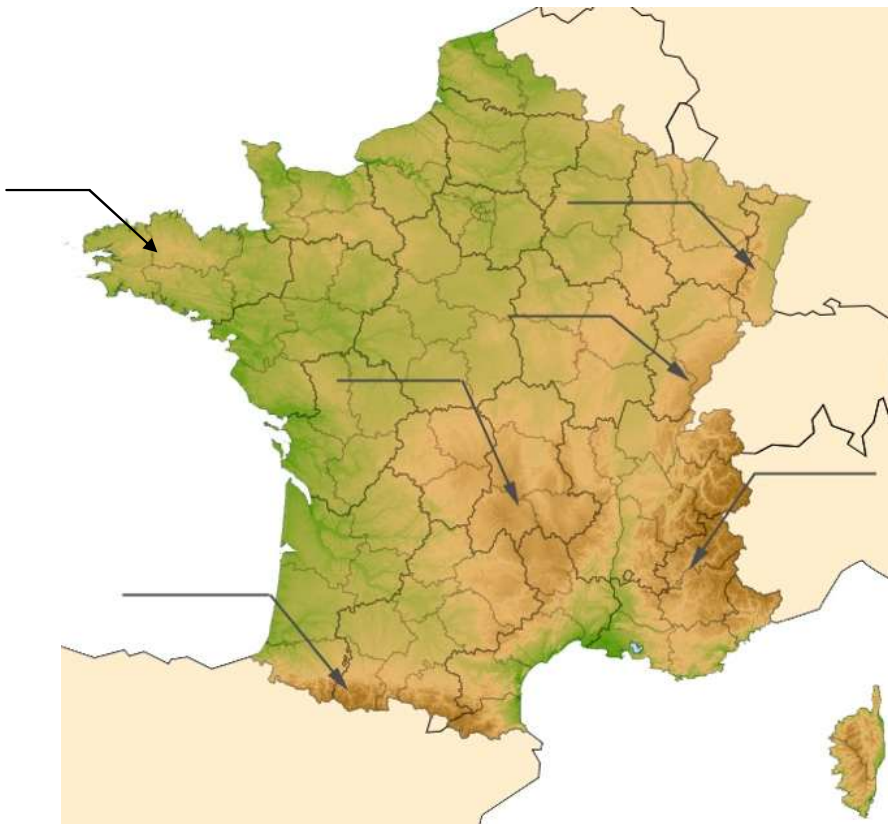
- Échelle au millionième:  
1cm  $\Leftrightarrow$  10<sup>6</sup> cm soit 10 km  
Soit 1 mm  $\Leftrightarrow$  1 km
- Longitude : 5°W-9°E
- Latitude: 42 à 51 ° N
- Carte géographique:

Margeride, Morvan  
Landes, Couloir rhodanien,  
Cévennes, Massif central,  
Vercors, Vosges , Jura, Bresse,  
Limousin, Aubrac, Fossé  
rhénan, Champagne, Picardie,  
Bresse , Limagne  
Quelle est la distance Angers-  
Rennes?

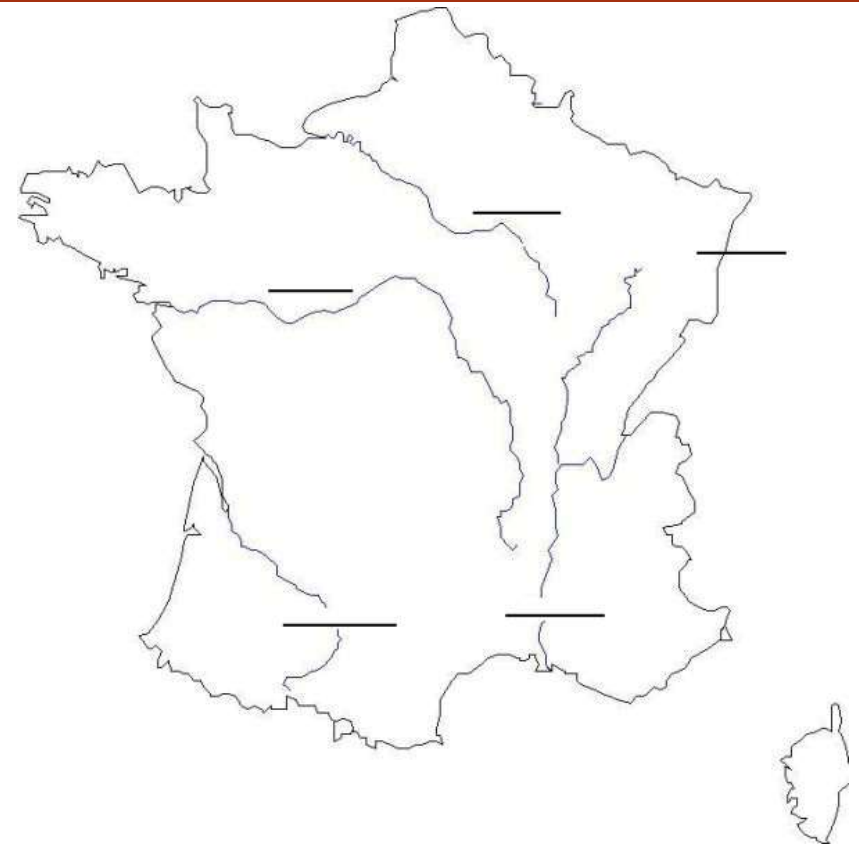


Liste des objets

# UN PEU DE GÉOGRAPHIE

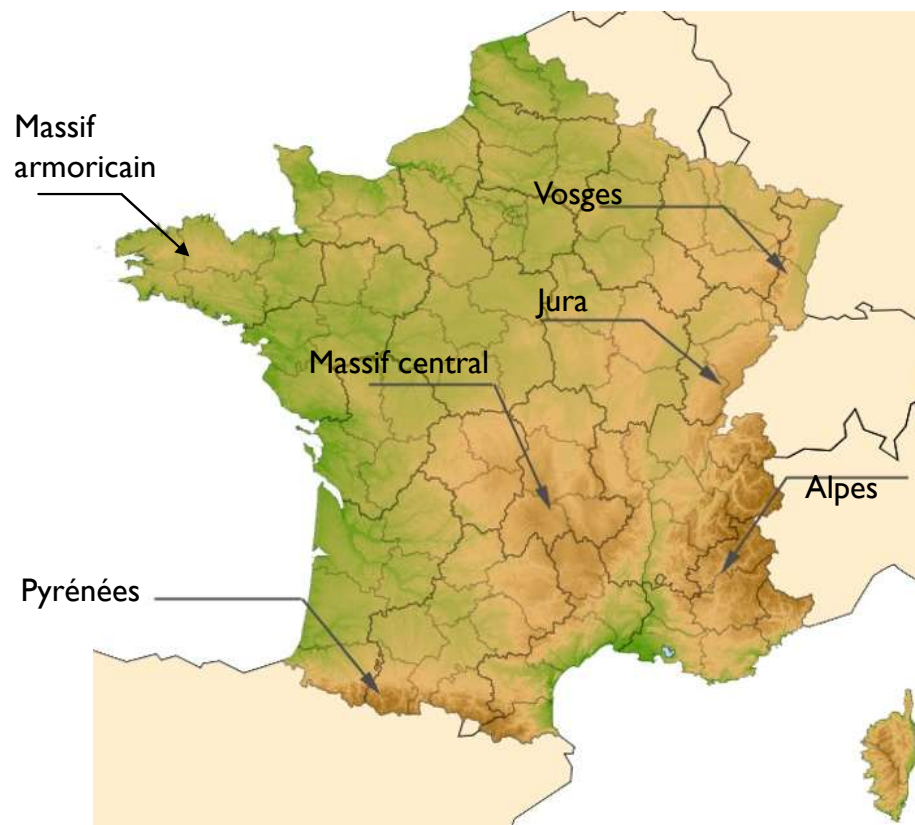


Principaux massifs de montagnes

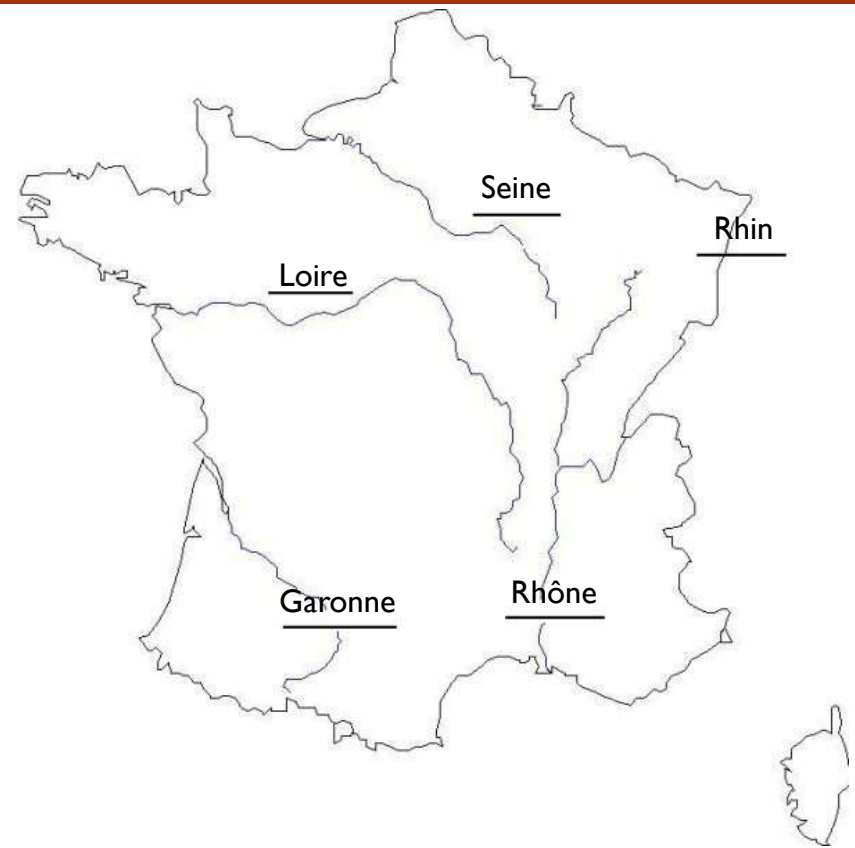


Principaux fleuves

# UN PEU DE GÉOGRAPHIE



Principaux massifs de montagnes



Principaux fleuves

Âges relatifs

STRATIGRAPHIE  
SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME

RADIOCHRONOLOGIE  
(en millions d'années)  
IUGS-UNESCO 2000, modifié

Âges absolus

■ Légende de la carte :

- Age des terrains :
- sédimentaires et magmatiques

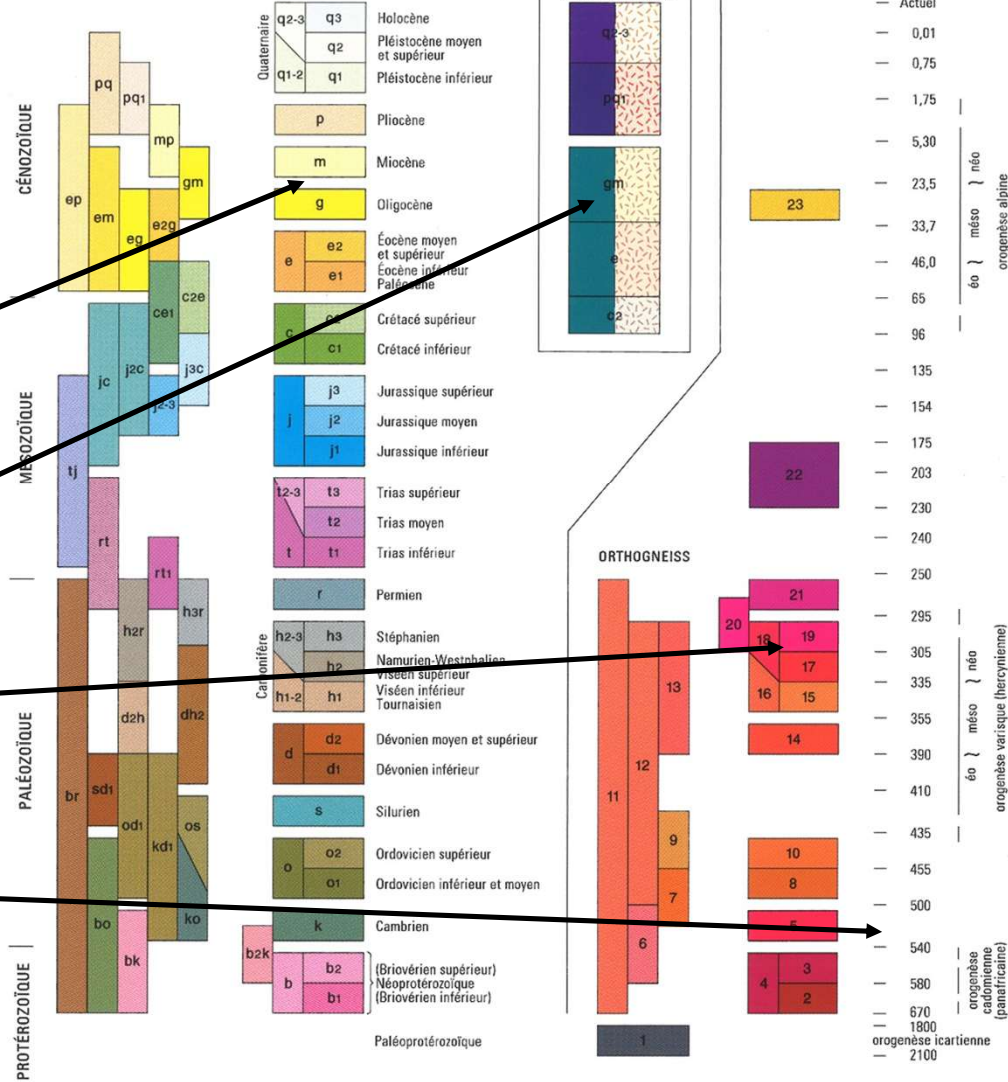


Terrains sédimentaires  
(en lettre: datation relative)

Volcanisme récent

Terrains magmatiques  
en chiffres (datation absolue)

Age (en millions d'années)





# INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



| Eonothem Era | System Period | Series Epoch | Stage Age   | Age Ma        | GSSP       |  |
|--------------|---------------|--------------|-------------|---------------|------------|--|
| Phanerozoic  | Cenozoic      | Quaternary   | Holocene    |               |            |  |
|              |               |              | Upper       | 0.0117        | ↗          |  |
|              |               |              |             | "Ionian"      | 0.126      |  |
|              |               |              | Pleistocene | Calabrian     | 0.781      |  |
|              |               |              |             | Gelasian      | 1.806      |  |
|              |               | Pliocene     |             | 2.588         |            |  |
|              |               | Neogene      | Miocene     | Piacenzian    | 3.600      |  |
|              |               |              |             | Zanclean      | 5.332      |  |
|              |               |              |             | Messinian     | 7.246      |  |
|              |               |              | Langhian    | Tortonian     | 11.608     |  |
|              | Serravallian  |              |             | 13.82         |            |  |
|              | Burdigalian   |              |             | 15.97         |            |  |
|              | Aquitanian    |              |             | 20.43         |            |  |
|              | Chattian      |              |             | 23.03         |            |  |
|              | Rupelian      |              |             | 28.4 ± 0.1    |            |  |
|              | Paleogene     |              | Eocene      | Priabonian    | 33.9 ± 0.1 |  |
|              |               |              |             | Bartonian     | 37.2 ± 0.1 |  |
|              |               |              |             | Lutetian      | 40.4 ± 0.2 |  |
|              |               |              | Oligocene   | Ypresian      | 48.6 ± 0.2 |  |
|              |               |              |             | Thanetian     | 55.8 ± 0.2 |  |
|              |               |              |             | Selandian     | 58.7 ± 0.2 |  |
|              |               |              | Paleocene   | Danian        | ~ 61.1     |  |
|              |               |              |             | Maastrichtian | 65.5 ± 0.3 |  |
|              |               |              |             | Campanian     | 70.6 ± 0.6 |  |
|              |               | Santonian    |             | 83.5 ± 0.7    |            |  |
|              |               | Coniacian    |             | 85.8 ± 0.7    |            |  |
|              |               | Turonian     |             | ~ 88.6        |            |  |
|              | Mesozoic      | Cretaceous   | Upper       | Cenomanian    | 93.6 ± 0.8 |  |
| Albian       |               |              |             | 99.6 ± 0.9    |            |  |
| Aptian       |               |              |             | 112.0 ± 1.0   |            |  |
| Barremian    |               |              |             | 125.0 ± 1.0   |            |  |
| Hauterivian  |               |              |             | 130.0 ± 1.5   |            |  |
| Cisuralian   |               | Valanginian  | ~ 133.9     |               |            |  |
|              |               | Berriasian   | 140.2 ± 3.0 |               |            |  |
|              |               | Gzhelian     | 145.5 ± 4.0 |               |            |  |

| Eonothem Era  | System Period | Series Epoch | Stage Age    | Age Ma        | GSSP        |  |
|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|-------------|--|
| Phanerozoic   | Mesozoic      | Jurassic     | Upper        | Tithonian     | 145.5 ± 4.0 |  |
|               |               |              |              | Kimmeridgian  | 150.8 ± 4.0 |  |
|               |               |              |              | Oxfordian     | ~ 155.6     |  |
|               |               |              | Middle       | Callovian     | 161.2 ± 4.0 |  |
|               |               |              |              | Bathonian     | 164.7 ± 4.0 |  |
|               |               | Lower        | Bajocian     | 167.7 ± 3.5   |             |  |
|               |               |              | Aalenian     | 171.6 ± 3.0   |             |  |
|               |               |              | Toarcian     | 175.6 ± 2.0   |             |  |
|               |               | Triassic     | Upper        | Pliensbachian | 183.0 ± 1.5 |  |
|               |               |              |              | Sinemurian    | 189.6 ± 1.5 |  |
|               | Hettangian    |              |              | 196.5 ± 1.0   |             |  |
|               | Middle        |              | Rhaetian     | 199.6 ± 0.6   |             |  |
|               |               |              | Norian       | 203.6 ± 1.5   |             |  |
|               |               |              | Carnian      | 216.5 ± 2.0   |             |  |
|               | Lower         |              | Ladinian     | ~ 228.7       |             |  |
|               |               |              | Anisian      | 237.0 ± 2.0   |             |  |
|               |               |              | Olenekian    | ~ 245.9       |             |  |
|               | Permian       |              | Lopingian    | Induan        | ~ 249.5     |  |
|               |               |              |              | Changhsingian | 251.0 ± 0.4 |  |
|               |               |              |              | Wuchiapingian | 253.8 ± 0.7 |  |
|               |               |              | Guadalupian  | Capitanian    | 260.4 ± 0.7 |  |
|               |               |              |              | Wordian       | 265.8 ± 0.7 |  |
|               |               |              |              | Roadian       | 268.0 ± 0.7 |  |
|               |               |              | Cisuralian   | Kungurian     | 270.6 ± 0.7 |  |
|               |               |              |              | Artinskian    | 275.6 ± 0.7 |  |
|               |               |              |              | Sakmarian     | 284.4 ± 0.7 |  |
|               |               | Asselian     |              | 294.6 ± 0.8   |             |  |
|               |               | Gzhelian     |              | 299.0 ± 0.8   |             |  |
| Kasimovian    |               | 303.4 ± 0.9  |              |               |             |  |
| Carboniferous | Pennsylvanian | Upper        | Kasimovian   | 307.2 ± 1.0   |             |  |
|               |               | Middle       | Moscovian    | 311.7 ± 1.1   |             |  |
|               |               | Lower        | Bashkirian   | 318.1 ± 1.3   |             |  |
|               | Mississippian | Upper        | Serpukhovian | 318.1 ± 1.3   |             |  |
|               |               | Middle       | Visean       | 328.3 ± 1.6   |             |  |
|               |               | Lower        | Tournaisian  | 345.3 ± 2.1   |             |  |
|               |               | Stage 10     | ~ 492 *      |               |             |  |
|               |               | Stage 9      | ~ 496 *      |               |             |  |
|               |               | Stage 8      | ~ 499        |               |             |  |
|               |               | Stage 7      | ~ 503        |               |             |  |
| Cambrian      | Furongian     | Stage 5      | ~ 506.5      |               |             |  |
|               |               | Stage 4      | ~ 510 *      |               |             |  |
|               |               | Stage 3      | ~ 515 *      |               |             |  |
|               | Series 3      | Stage 2      | ~ 521 *      |               |             |  |
|               |               | Stage 1      | ~ 528 *      |               |             |  |
|               |               | Fortunian    | 542.0 ± 1.0  |               |             |  |

| Eonothem Era | System Period | Series Epoch | Stage Age   | Age Ma      | GSSP        |  |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--|
| Phanerozoic  | Paleozoic     | Devonian     | Upper       | Famennian   | 359.2 ± 2.5 |  |
|              |               |              |             | Frasnian    | 374.5 ± 2.6 |  |
|              |               |              | Middle      | Givetian    | 385.3 ± 2.6 |  |
|              |               |              |             | Eifelian    | 391.8 ± 2.7 |  |
|              |               |              |             | Emsian      | 397.5 ± 2.7 |  |
|              |               | Lower        | Pragian     | 407.0 ± 2.8 |             |  |
|              |               |              | Lochkovian  | 411.2 ± 2.8 |             |  |
|              |               | Silurian     | Pridoli     | Ludfordian  | 416.0 ± 2.8 |  |
|              |               |              |             | Ludlow      | 418.7 ± 2.7 |  |
|              |               |              | Wenlock     | Gorstian    | 421.3 ± 2.6 |  |
|              | Homerian      |              |             | 422.9 ± 2.5 |             |  |
|              | Sheinwoodian  |              |             | 426.2 ± 2.4 |             |  |
|              | Llandovery    |              | Telychian   | 428.2 ± 2.3 |             |  |
|              |               |              | Aeronian    | 436.0 ± 1.9 |             |  |
|              |               |              | Rhuddanian  | 439.0 ± 1.8 |             |  |
|              |               |              | Hirnantian  | 443.7 ± 1.5 |             |  |
|              |               |              | Katian      | 445.6 ± 1.5 |             |  |
|              | Ordovician    | Upper        | Sandbian    | 455.8 ± 1.6 |             |  |
|              |               |              | Darriwilian | 460.9 ± 1.6 |             |  |
|              |               | Middle       | Dapingian   | 468.1 ± 1.6 |             |  |
|              |               |              | Floian      | 471.8 ± 1.6 |             |  |
|              |               |              | Tremadocian | 478.6 ± 1.7 |             |  |
|              |               | Cambrian     | Furongian   | Stage 10    | 488.3 ± 1.7 |  |
|              |               |              |             | Stage 9     | ~ 492 *     |  |
|              |               |              |             | Stage 8     | ~ 496 *     |  |
|              |               |              | Series 3    | Paibian     | ~ 499       |  |
|              |               |              |             | Guzhangian  | ~ 503       |  |
|              | Terreneuvian  |              | Drumian     | ~ 506.5     |             |  |
| Stage 5      |               |              | ~ 510 *     |             |             |  |
| Stage 4      |               |              | ~ 515 *     |             |             |  |

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with \* are informal, and awaiting ratified definitions. Copyright © 2009 International Commission on Stratigraphy

| Eonothem Era | System Period     | Age Ma           | GSSP/GSSA         |        |   |
|--------------|-------------------|------------------|-------------------|--------|---|
| Precambrian  | Proterozoic       | Ediacaran        | 542               |        |   |
|              |                   | Neo-proterozoic  | Cryogenian        | ~ 635  | ↗ |
|              |                   |                  | Tonian            | 850    | ↓ |
|              |                   | Meso-proterozoic | Stenian           | 1000   | ↓ |
|              |                   |                  | Ectasian          | 1200   | ↓ |
|              |                   |                  | Calymnian         | 1400   | ↓ |
|              | Paleo-proterozoic | Statherian       | 1600              | ↓      |   |
|              |                   |                  | Orosirian         | 1800   | ↓ |
|              |                   |                  | Rhyacian          | 2050   | ↓ |
|              |                   | Siderian         | 2300              | ↓      |   |
|              |                   |                  | 2500              | ↓      |   |
|              |                   |                  | 2800              | ↓      |   |
|              | Archean           | Neoproterozoic   | 2800              | ↓      |   |
|              |                   |                  | Mesoarchean       | 3200   | ↓ |
|              |                   |                  | Paleoarchean      | 3600   | ↓ |
|              |                   | Eoarchean        | 4000              | ↓      |   |
|              |                   |                  | ~ 4600            | ↓      |   |
|              |                   |                  | Hadean (informal) | ~ 4600 |   |

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a basal Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website ([www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World ([www.cgmw.org](http://www.cgmw.org)).

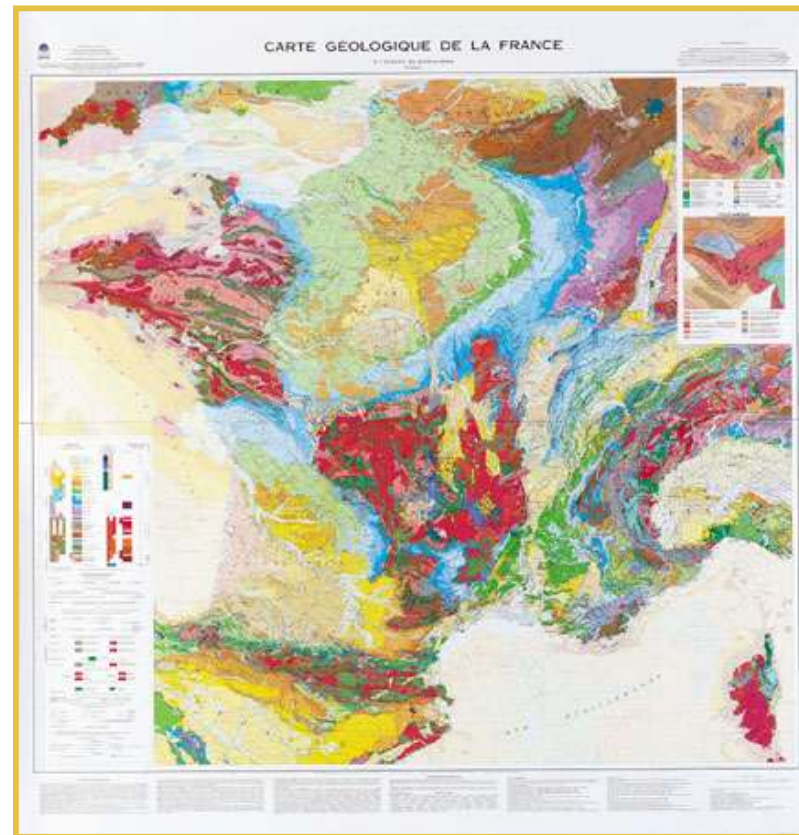
The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press) and 'The Concise Geologic Time Scale' by J.G. Ogg, G. Ogg and F.M. Gradstein (2008).

August 2009

# LES ENVELOPPES ABORDÉES DIRECTEMENT PAR ÉCHANTILLONNAGE



- La croûte continentale
- La croûte océanique
- La partie supérieure du manteau



## LES 3 PRINCIPAUX TYPES DE ROCHES DE LA CROÛTE CONTINENTALE

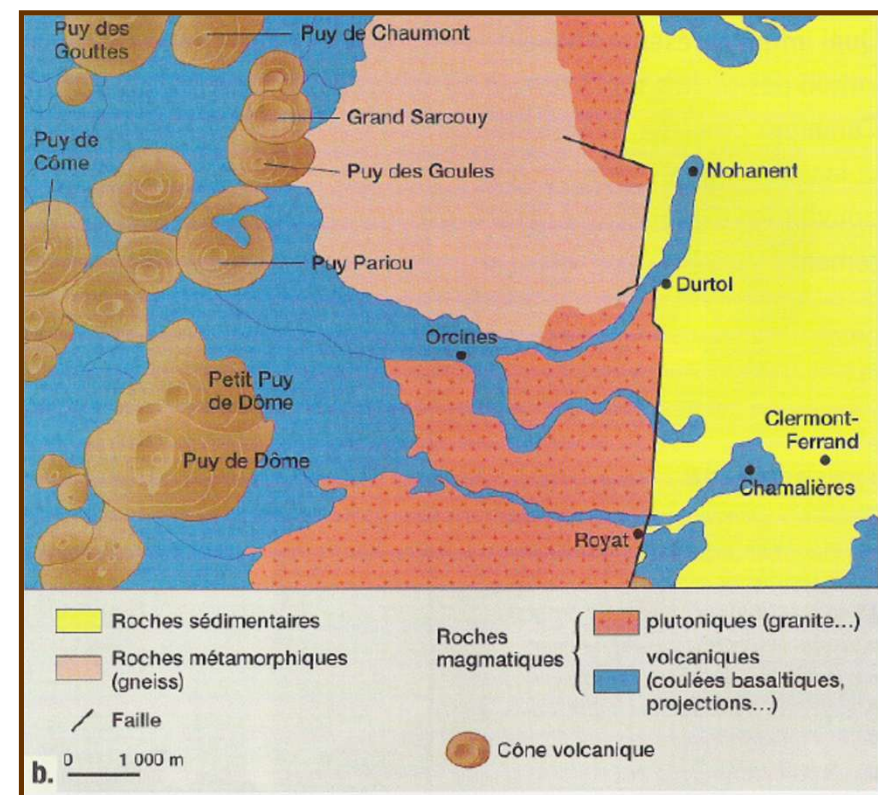
- Les roches magmatiques (plutoniques et volcaniques)
- Les roches métamorphiques
- les roches sédimentaires

# PROPORTIONS DES 3 FAMILLES DE ROCHES SUR L'ENSEMBLE DES CONTINENTS:



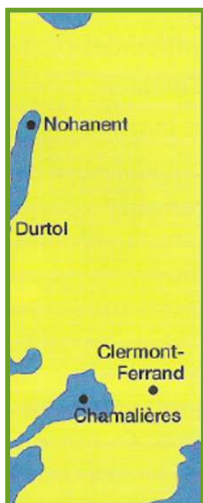
En considérant leur volume, la croûte continentale est formée de:

- 55% de roches métamorphiques
- 40% de roches magmatiques
- 5% de roches sédimentaires



Carte géologique de la région de Clermont Ferrand (1S SVT Belin ed 2005)

# I.1. LES ROCHES SÉDIMENTAIRES



- Définition: roche formée à la surface du globe, issue de divers phénomènes: érosion - sédimentation activité d'organismes vivants, précipitation chimique...
- ⇒ **Strates superposées** souvent de nature différente
- ⇒ cristaux visibles ou non à l'œil nu
- ⇒ **fossiles fréquents**



**Arches (Utah)**

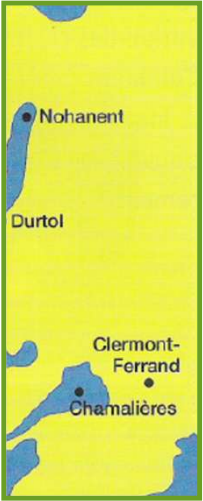


**Bryce canyon (Utah)**

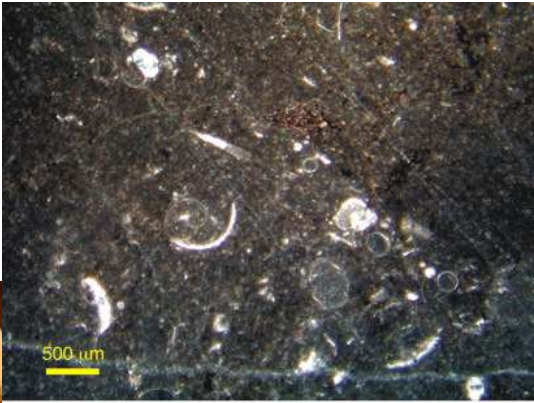


**Affleurement de grès Puylobier (Aix en Provence)**

# LES ROCHES SÉDIMENTAIRES



Des exemples de roches sédimentaires:



Wackestone à gastéropodes et tentaculites



**Calcaire à Gastéropodes**



**Argile**

# I.1. LES ROCHES SÉDIMENTAIRES



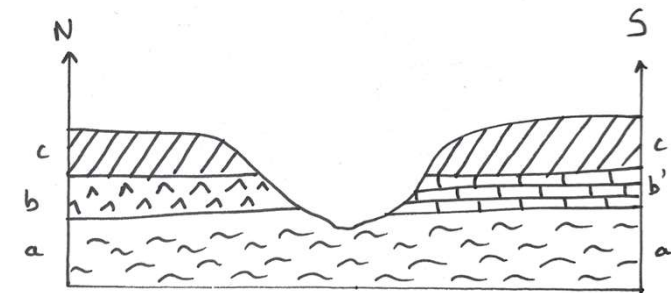
- **accumulation de particules solides** ou de **précipitation d'ions en solutions** (→ **évaporite** ex: gypse, sel gemme = halite)
  - ⇒ dépôts organisés en **couches horizontales** (appelées **strates**)
  - ⇒ couches transformées en roche compacte au cours de processus physiques et chimiques → **diagenèse**
- Particules solides (appelés **sédiments**)
  - Origine minérale (fragments d'une roche préexistante alors appelée roche mère) → **roche détritique**
  - Origine biologique des fragments minéraux d'organismes vivants (coquilles, coraux) → **roche biologique**
  - Origine organique → **roches carbonées** (ex: charbon ou le pétrole)
- Sur la carte de France au millionième, le type de **roche sédimentaire** n'est pas mentionné : les roches se distinguent **uniquement** par leur **âge**, donné par une **couleur** (sauf certains cas particuliers, voir section I.A.4.).

Cf ST-E

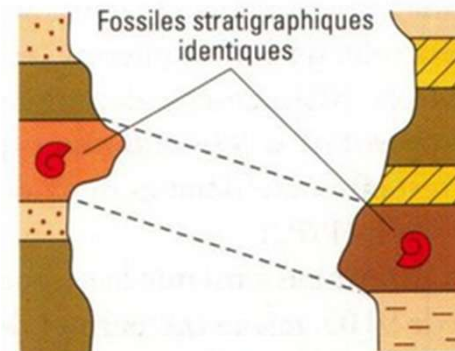
# I.1. LES ROCHES SÉDIMENTAIRES RACONTENT UNE HISTOIRE



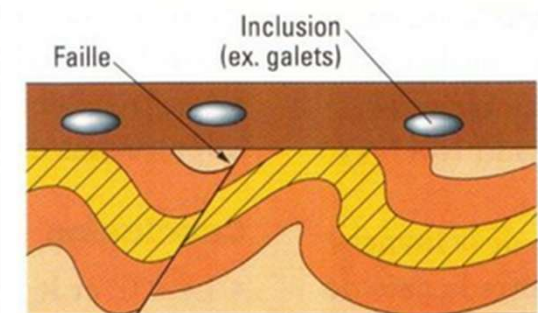
- Sédiments = > dépôt en environnement aqueux (océanique, marin, lacustre)  
=> dépôts stratifiés
- Principes de chronologie relative cf Tale
- **Principe d'actualisme** : Théorie postulant que les lois régissant les phénomènes géologiques actuels s'appliquaient également pour les phénomènes passés.
- **Principe de superposition** : Postulat de la stratigraphie selon lequel l'ordre de superposition des couches est, sauf bouleversement tectonique, le même que celui de leur dépôt.
- **Principe de continuité** : Postulat de la stratigraphie selon lequel une couche a le même âge sur toute son étendue.
- **Principe de recoupement** : Une structure géologique qui en recoupe une autre est plus récente que celle qu'elle recoupe. **Si A recoupe B, alors A est plus récent que B.**
- **Principe d'identité paléontologique** : Deux couches qui contiennent le même contenu paléontologique sont du même âge.



Principe de superposition et de continuité latérale



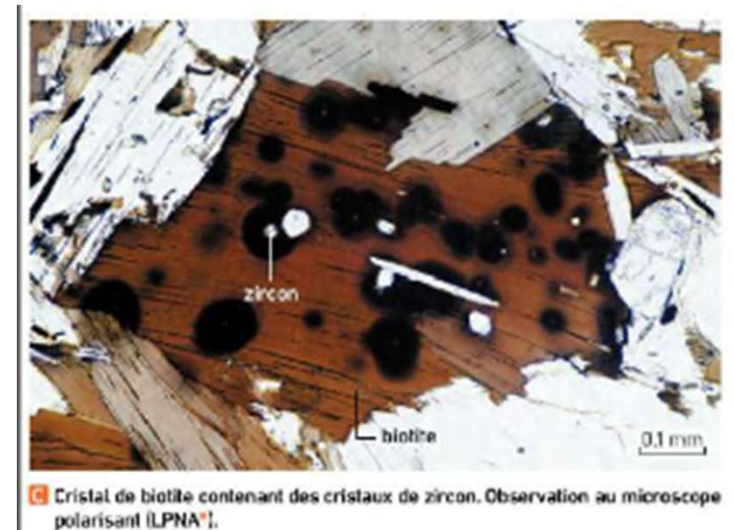
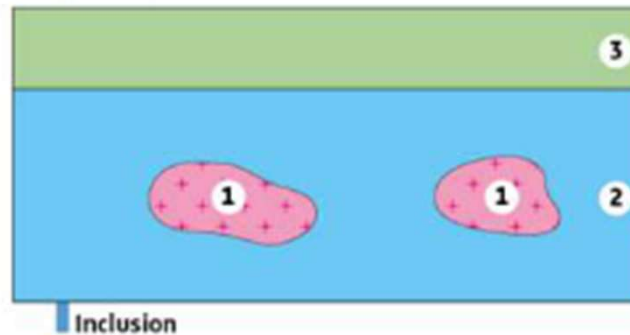
Principe d'identité paléontologique



Principe de recoupement et d'inclusion

# PRINCIPE D'INCLUSION: DAVANTAGE POUR LES ROCHES MAGMATIQUES

- **Inclusion** de nodule de **péridotite** dans un **baalte**
- **Inclusion de minéraux** (zircon) dans une biotite – mica noir). Le zircon est pratiquement inaltérable => certains zircons aussi vieux que la Terre (qui a 4,567 Ga). Le Zr peut contenir de traces d'Uranium, élément radioactif, qui en se désintégrant altère la biotite encaissante (cf auréole brune ou noire). Le Zr est antérieur à la formation de la biotite par ppe d'inclusion



*Cristal de biotite contenant des cristaux de zircon (MO en LPNA)*

*Inclusion d'enclaves de péridotites dans du basalte*

# PRINCIPE DE RECOUPEMENT

- Principe de recoupements pour les déformations : failles, intrusions



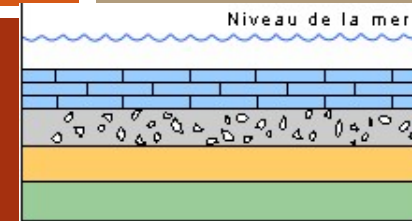
*Faille normale recoupant des strates sédimentaires*

Cf ST-H

# I. I. LES ROCHES SÉDIMENTAIRES RACONTENT UNE HISTOIRE

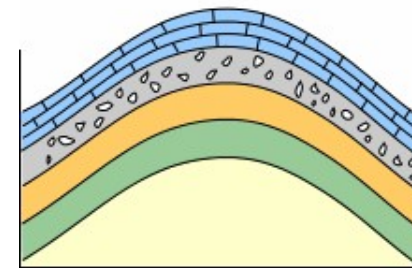


- **Discordance** : repos stratigraphique d'une formation sédimentaire sur un substratum plissé ou basculé antérieurement par des efforts tectoniques, et en partie érodé.



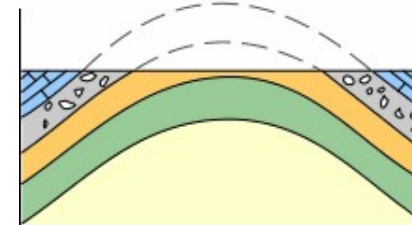
## Dépôt

Les couches sédimentaires se déposent à l'horizontale



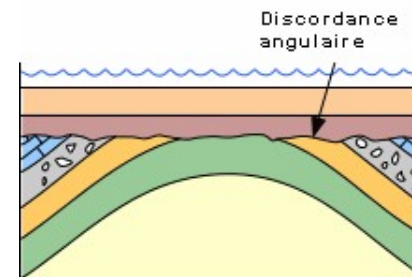
## Plissement et soulèvement

Il est fréquent que les forces tectoniques de compression plissent ces couches originellement horizontales



## Érosion

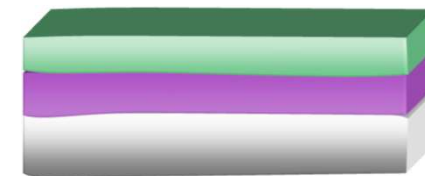
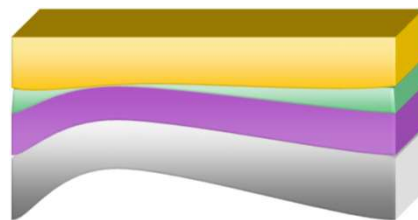
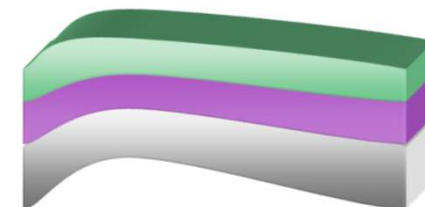
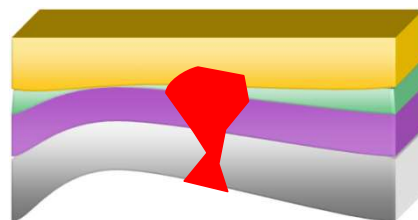
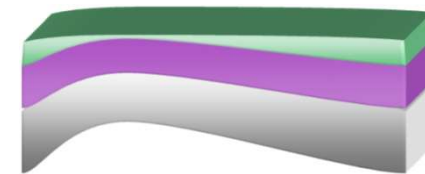
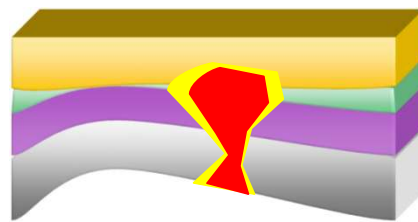
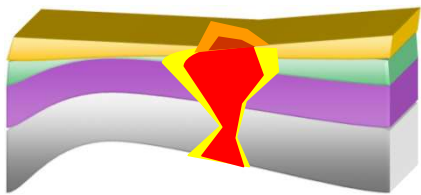
Les couches plissées sont subséquemment érodées et les reliefs aplanis



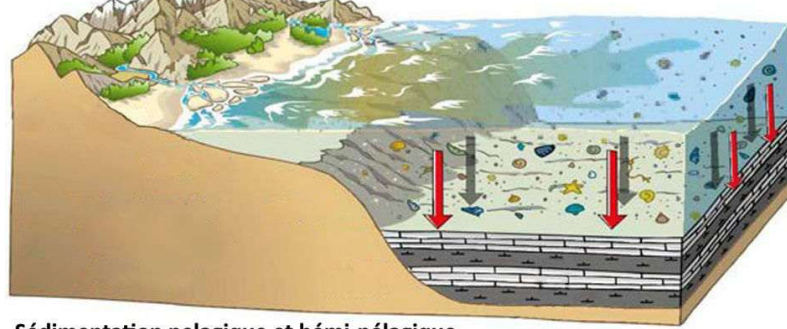
## Nouveau dépôt

Si d'autres couches se déposent au-dessus, par exemple à la faveur d'un envahissement par la mer, il en résulte une relation d'angularité entre les deux ensembles. La surface qui sépare les deux ensembles est une discordance angulaire.

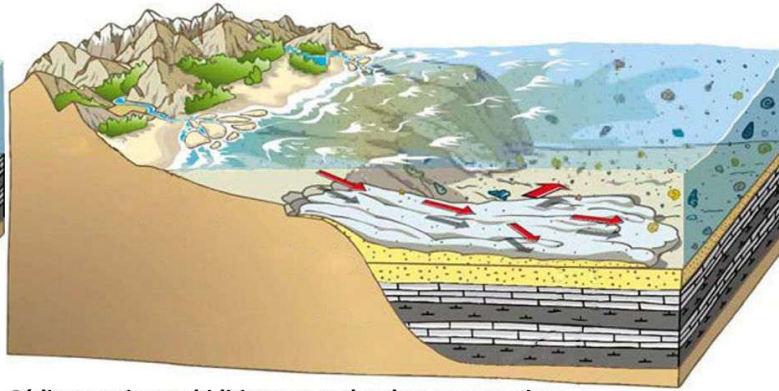
# I.1. LES ROCHES SÉDIMENTAIRES RACONTENT UNE HISTOIRE: ENTRAÎNEMENT À LA CHRONOLOGIE RELATIVE



# Dépôts sédimentaires dans un milieu marin



Sédimentation pelagique et héli-pélagique



Sédimentation turbiditique et avalanches sous-marines

D'après Asier Hilario, modifié

- Déstabilisation des marges passives lors de la fermeture d'un océan
- ⇒ Mobilisation de grandes masses de sédiments qui s'accumulent en bas des pentes par avalanches.
- ⇒ Formation de Flyschs

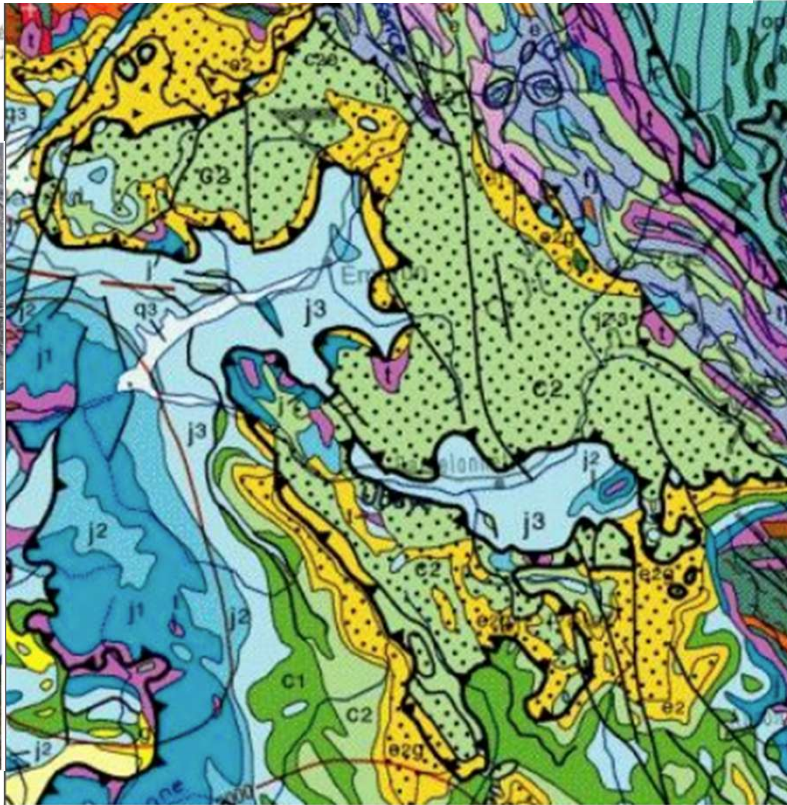
## Autres Faciès à spécificité région

- Dépôts marins : Sables de Fontainebleau (g) et Pliocène (p) du pourtour méditerranéen
- Flyschs varisques et alpins (1 flyschs à blocs, mégaturbidites, complexes chaotiques)

Flysch à Helminthoïdes, Alpes



Turbidite



Flyschs de la nappe d'Embrun Alpes

D'après Céline Mémeteau

**Flysch** : dépôt sédimentaire détritique constitué principalement par une alternance de grès et de marnes qui se sont accumulés dans un bassin océanique en cours de fermeture lors d'une orogénèse.

## I.2. LES ROCHES MAGMATIQUES

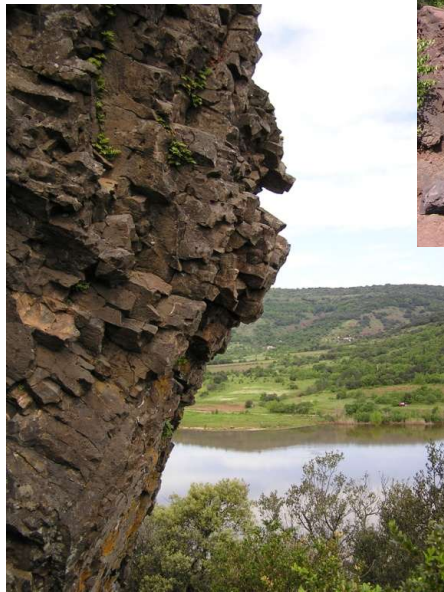
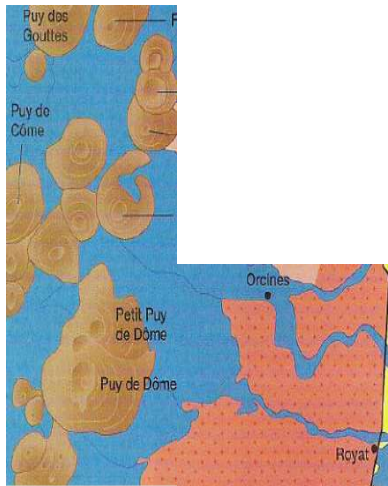


Une roche magmatique est issue du **refroidissement** et de la **solidification** d'un **magma**, c'est à dire d'un liquide de nature **silicatée** provenant de la **fusion partielle** d'une autre roche appelée roche mère (cette roche mère étant le plus souvent la péridotite mantellique mais pouvant aussi être de la croûte).

On distingue tout d'abord deux types de roches magmatiques :

- Les **roches volcaniques** : issues de l'arrivée en surface d'un magma, suivie d'une solidification. Exemples : basalte, rhyolite.
- Les roches **plutoniques** : issues du refroidissement et de la solidification d'un magma en profondeur, au sein d'autres roches (les roches au sein desquelles un magma plutonique refroidit sont appelées l'encaissant de la roche plutonique). Exemple : granite, gabbro.
- La **péridotite mantellique** n'est pas une roche magmatique mais elle est regroupée avec ces dernières sur la légende de la carte.

# LES ROCHES MAGMATIQUES VOLCANIQUES



**Prisme magmatique**



**Affleurement au puy de Lassolas**



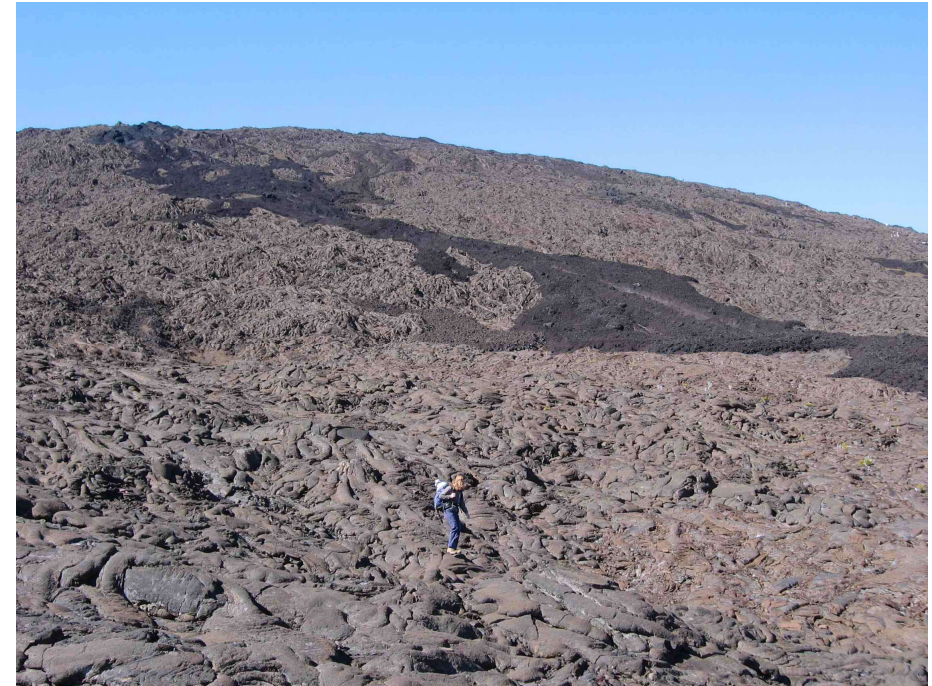
**Chaîne des Puys**

# LES ROCHES MAGMATIQUES VOLCANIQUES

Cf BCPST2



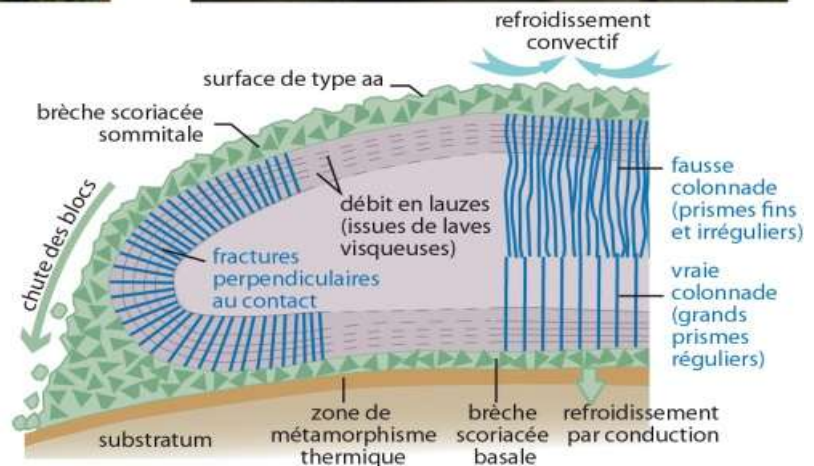
*Piton de la Fournaise (île de la Réunion) laves en cordée*



*Différentes coulées*



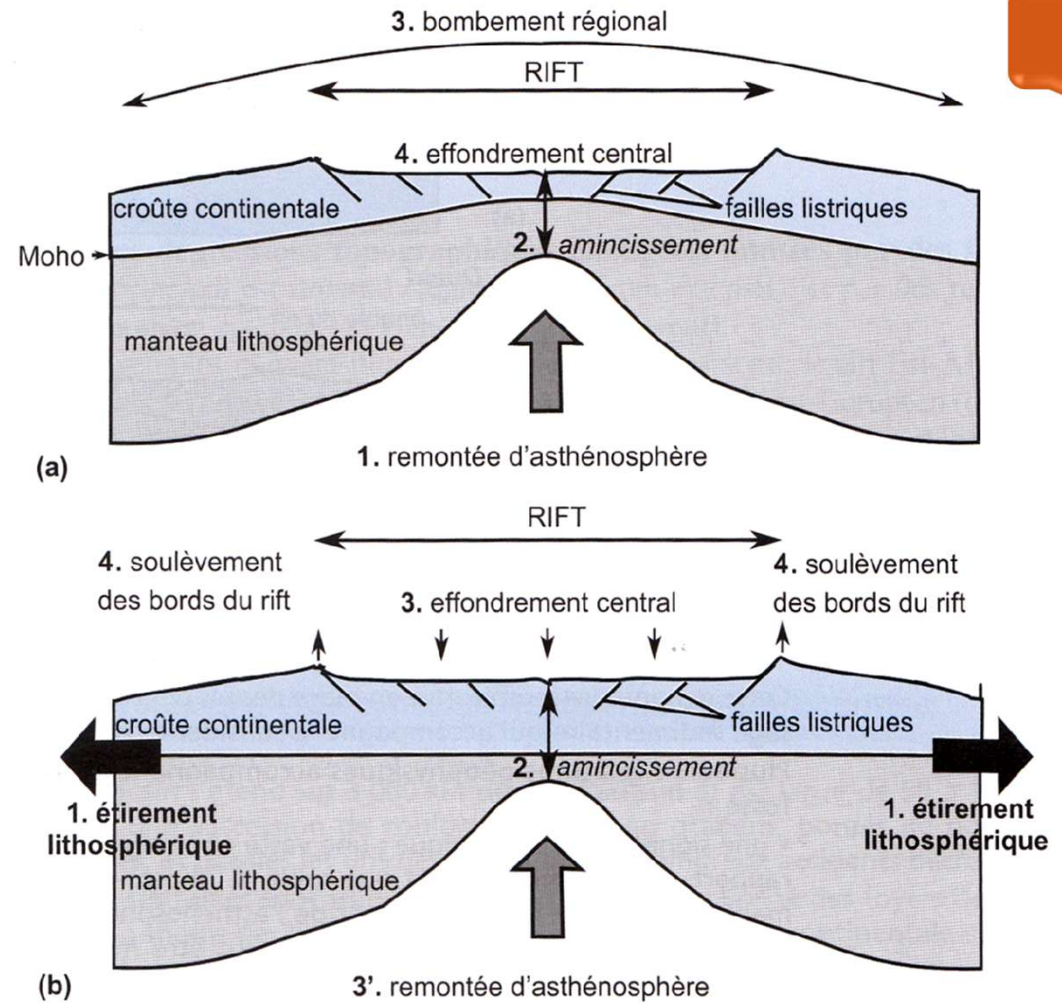
Cf BCPST2



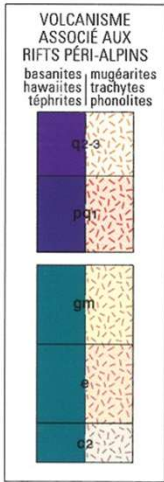
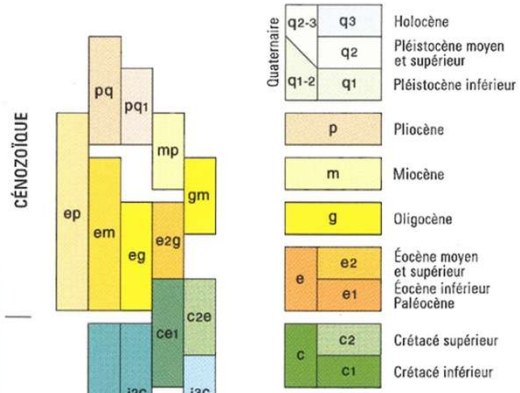
# MAGMATISME ASSOCIÉ AUX RIFTS CONTINENTAUX.

Deux mécanismes d'initiation du rifting. (a) rifting actif et (b) rifting passif.

Cf lycée

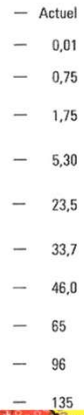


**STRATIGRAPHIE**  
SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME



**RADIOCHRONOLOGIE**  
(en millions d'années)  
IUGS-UNESCO 2000, modifié

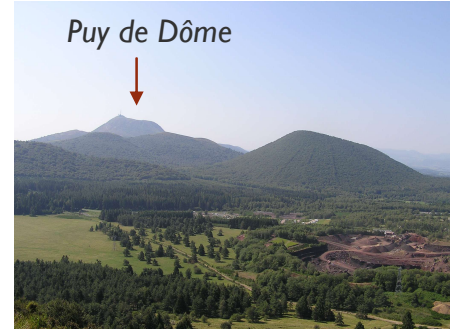
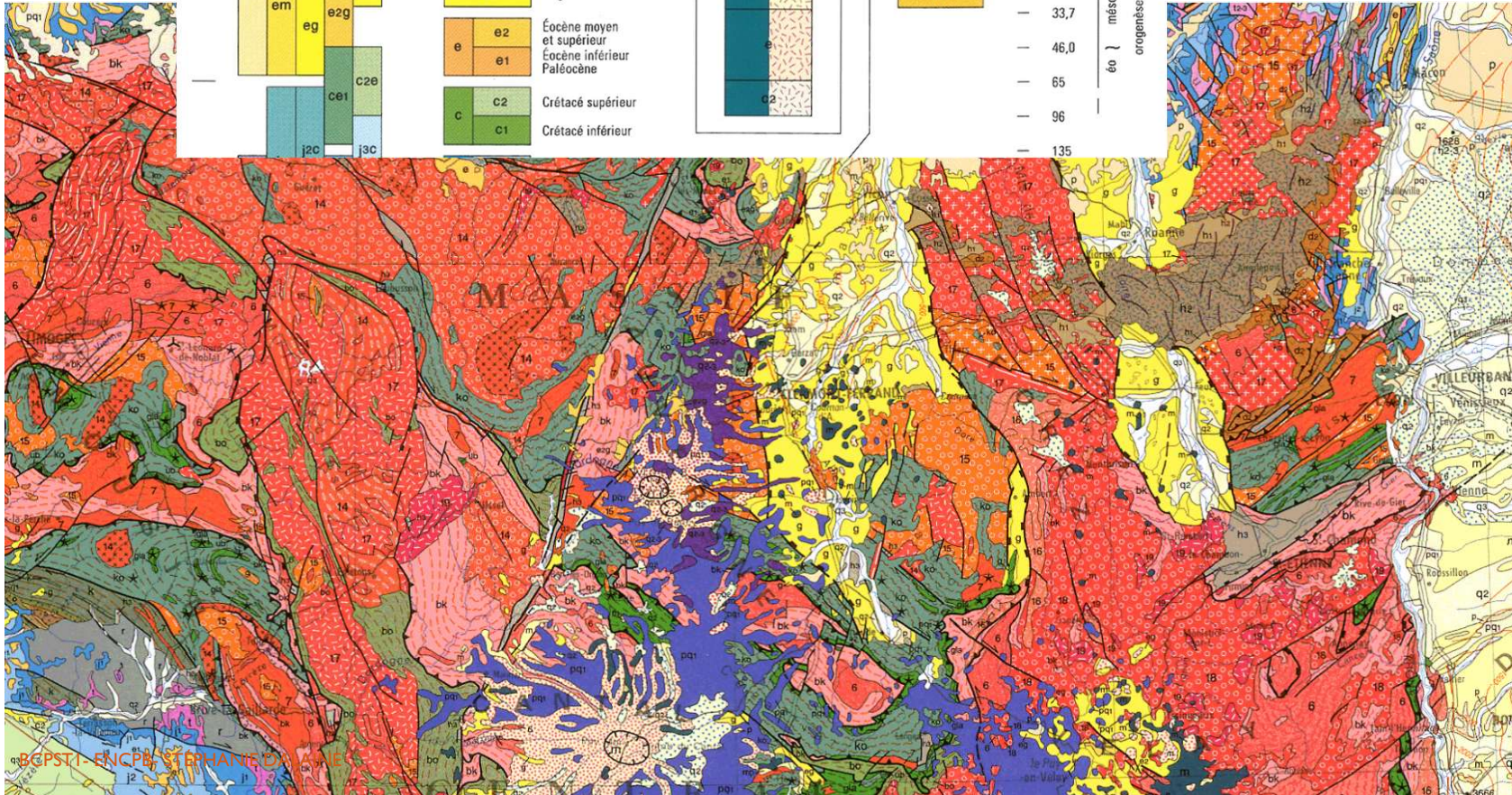
PLUTONISME



OROGENÈSE

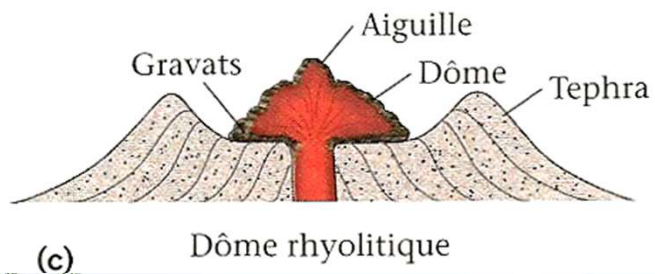
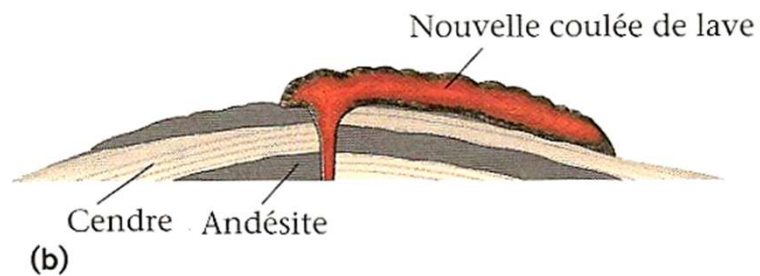
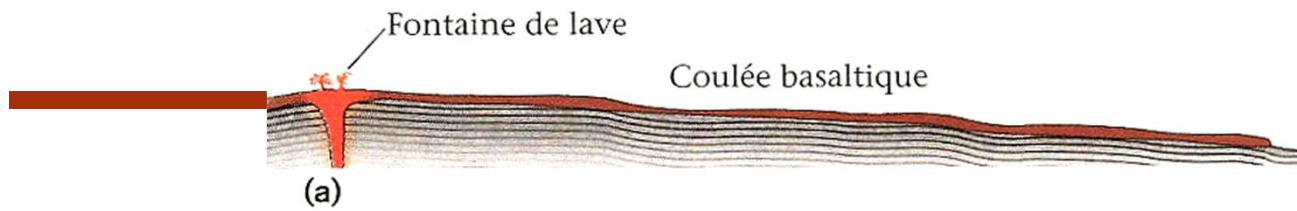
éo } néo  
méso } orogénèse alpine

Faïlle normale, détachement



Puy de Dôme

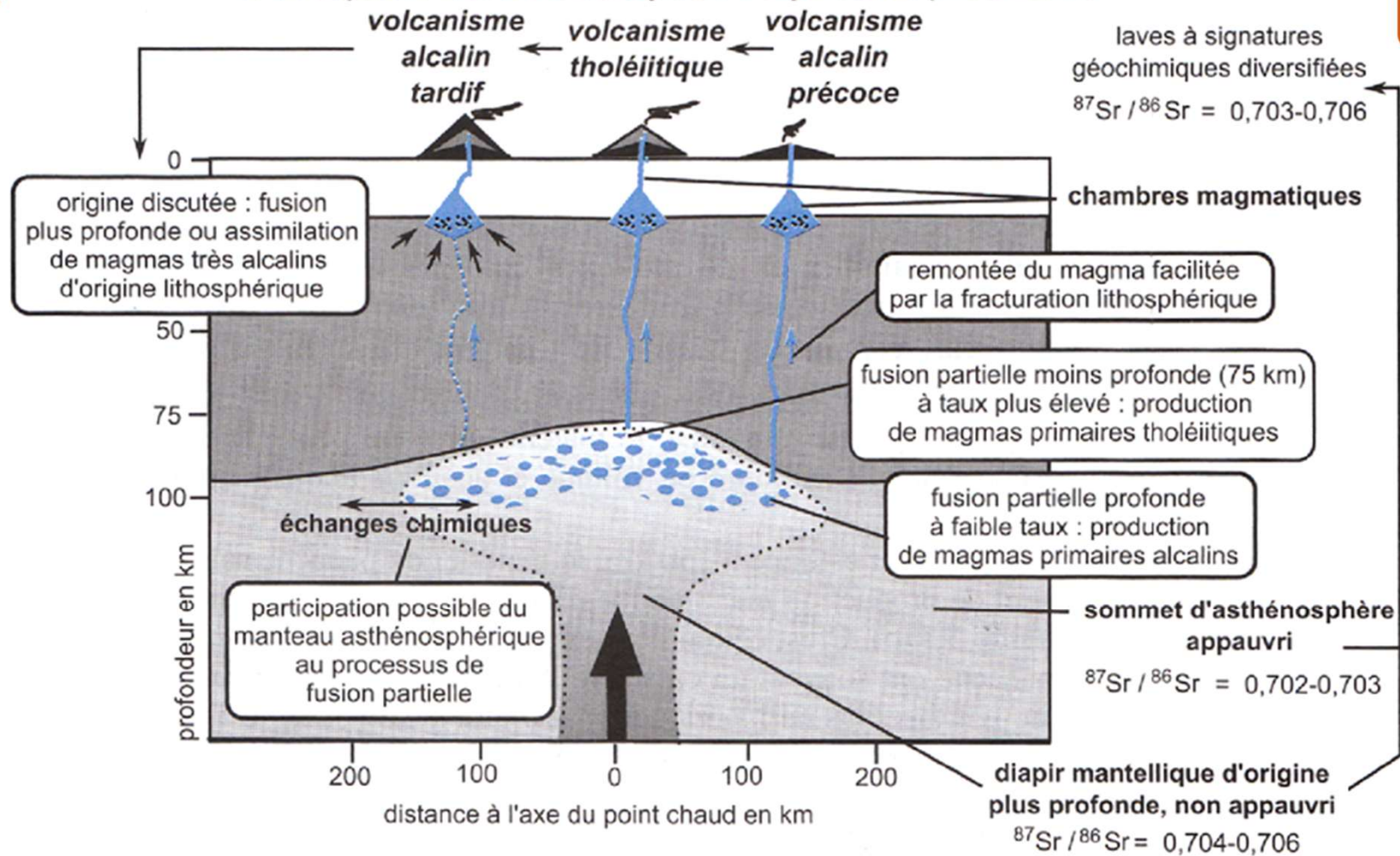
Chaîne des Puy



Cf BCPST2

Le Grand Sarcoui (1147 m)

**Évolution du magmatisme au cours du temps  
et du déplacement de la lithosphère à l'aplomb du point chaud**



Fusions partielles au sommet d'un panache mantellique et injection de magmas primaires distincts suivant la position relative de la lithosphère par rapport au point chaud.

# ROCHES MAGMATIQUES VOLCANIQUES



*Bombes et scories du Puy de la Vache*



# ROCHES MAGMATIQUES VOLCANIQUES CONTINENTALES

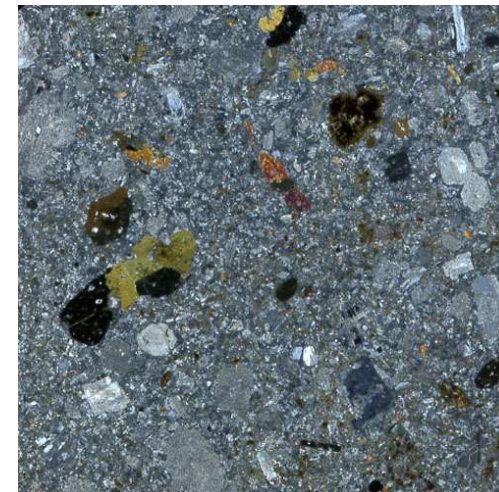


Définition: Roche issue de la solidification d'un magma en surface

Cristaux parfois visibles à l'œil nu, noyés dans une pâte apparemment non cristallisée

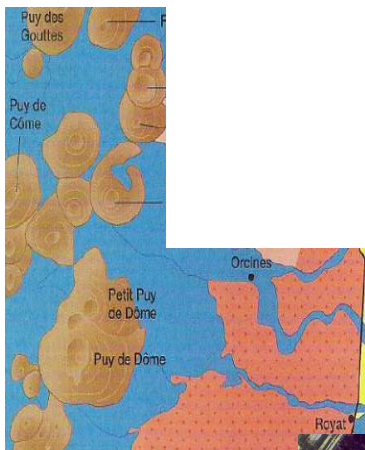
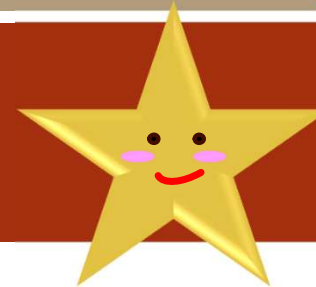
Exemple type de roche magmatique volcanique de la croûte continentale:

## L'ANDESITE



Lame mince d'andésite au MO en LPA

# LES ROCHES MAGMATIQUES PLUTONIQUES CONTINENTALES



- Définition: roche provenant du refroidissement d'un magma en profondeur.
- Roche entièrement cristallisée
- Les cristaux sont visibles à l'œil nu

Roche type des roches magmatiques plutoniques continentales:

## LE GRANITE



Lame mince au MO LPA

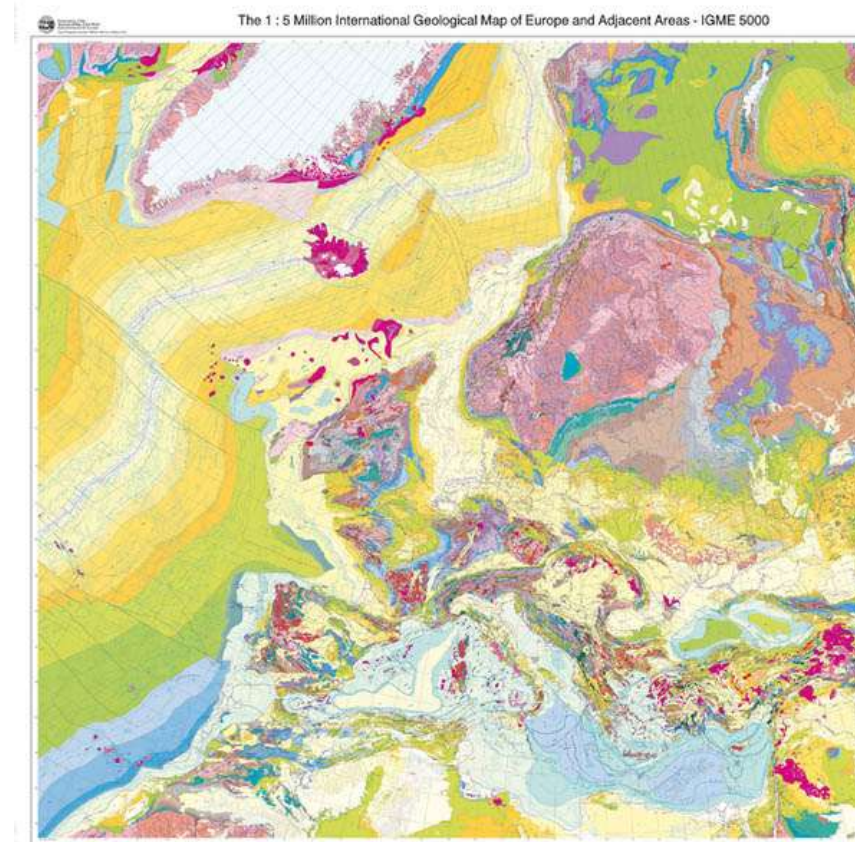
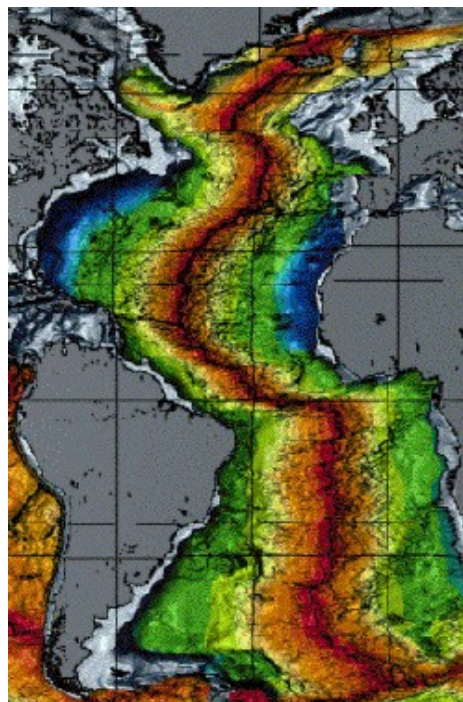


Affleurement granitique de la Limagne

# LES ROCHES DE LA CROÛTE OCÉANIQUE



- Trois types de roches:
  - Les roches magmatiques
  - les roches métamorphiques
  - Les roches sédimentaires



# MODE DE PROSPECTION DES FONDS OCÉANIQUES



*Le sous-marin Nautil effectue des prélèvements sous les eaux du Pacifique, à l'endroit où deux plaques océaniques s'écartent.*

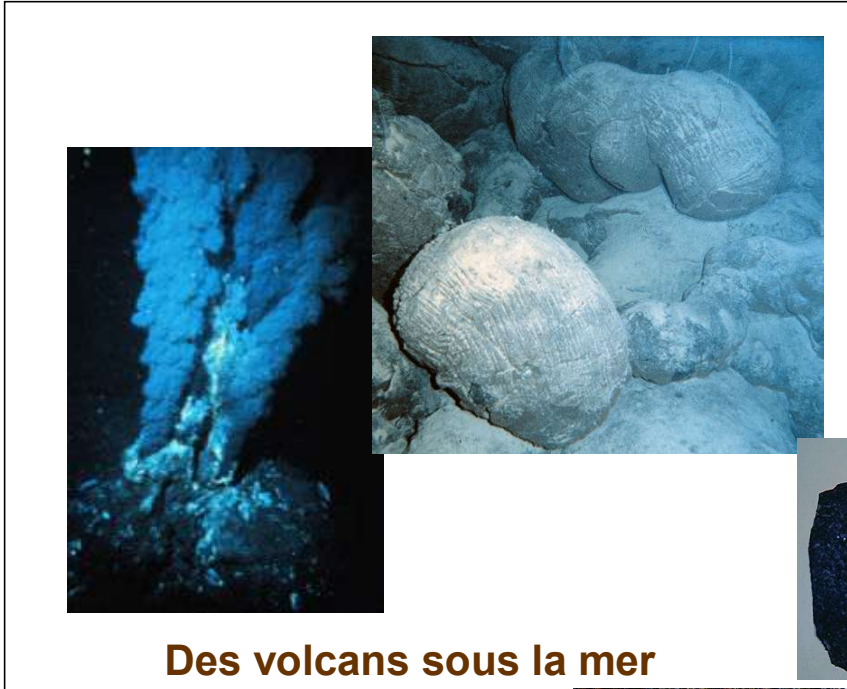


*Échantillonnage par dragage*



*Échantillonnage par forage (ici projet ODP)*

# DES ROCHES MAGMATIQUES VOLCANIQUES OCÉANIQUES: EX, LE BASALTE



**Des volcans sous la mer**



**Des morceaux de croûte  
océanique charriée sur la terre  
... à voir au Chenaillet...**

# DES ROCHES MAGMATIQUES PLUTONIQUES OCÉANIQUES : EX, LE GABBRO



*À l'affleurement*



*Échantillon macroscopique*



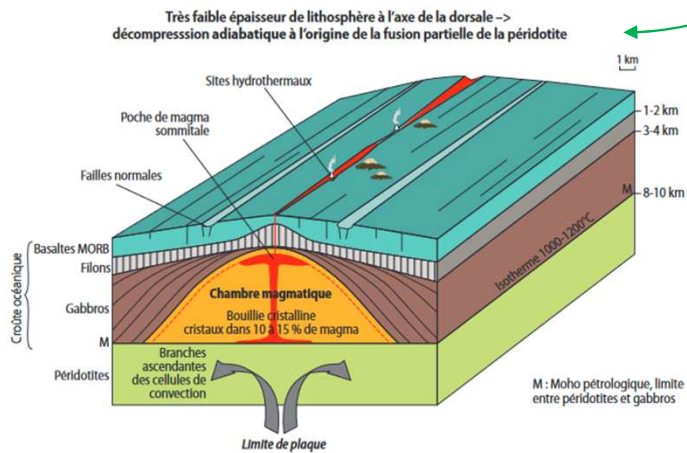
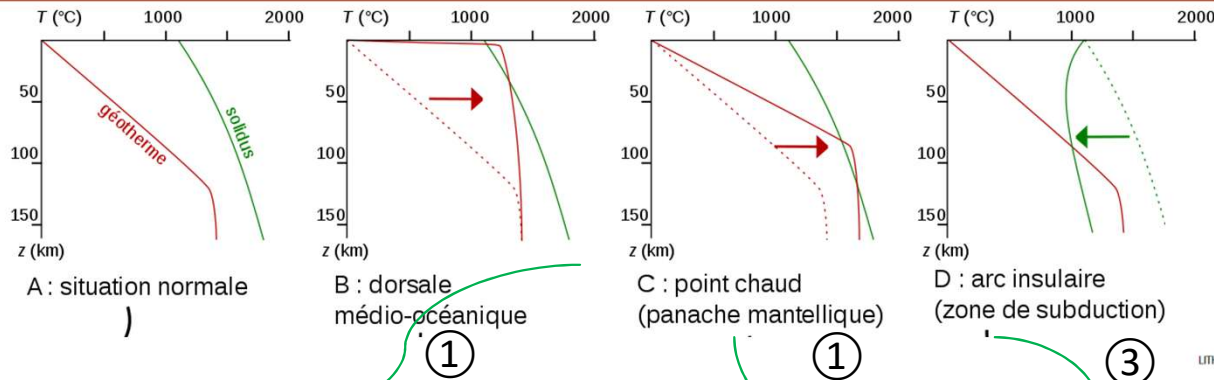
*Échantillon macroscopique*



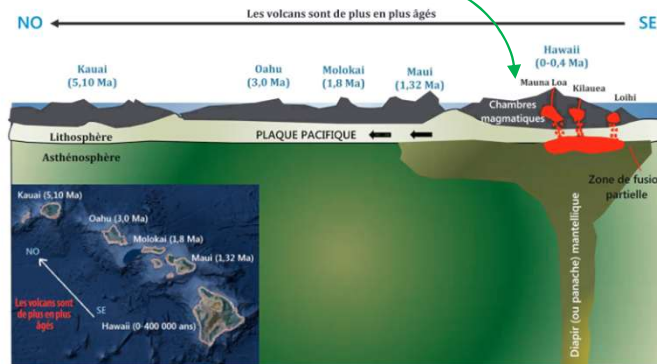
# CONTEXTE GÉODYNAMIQUE DU MAGMATISME

3 modalités de fusion partielle de la péridotite:

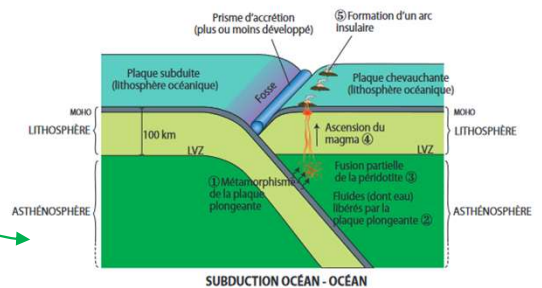
- ▮  $\searrow$  Pression (décompression adiabatique) (cf océanisation ①)
- ▮  $\nearrow$  Température (collision ②)
- ▮ Hydratation (déformation du solidus) (subduction ③)



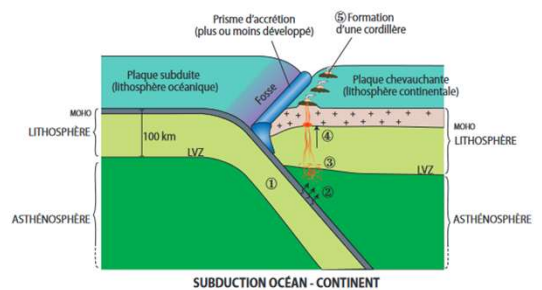
► Figure 15.20. Le magma issu de la fusion partielle de la péridotite par décompression adiabatique au niveau d'une dorsale rapide.

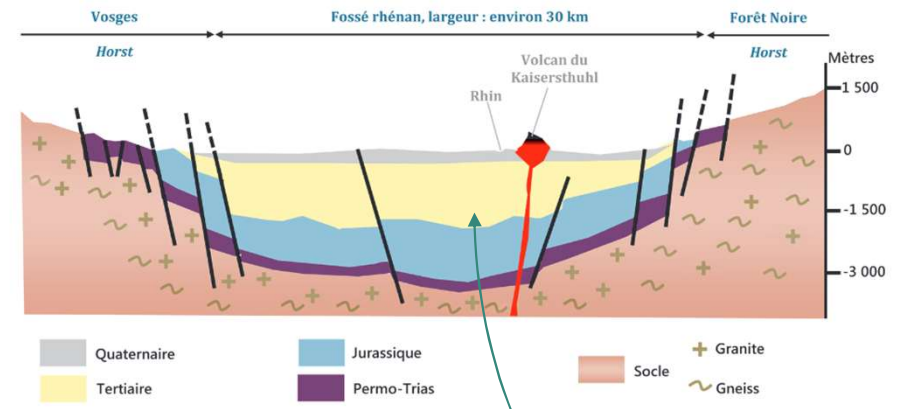
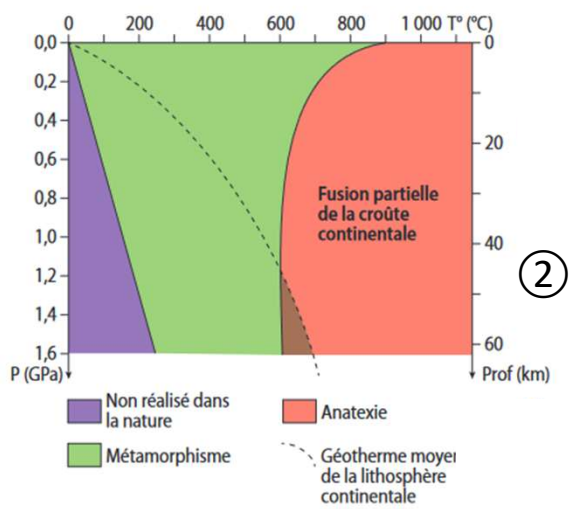
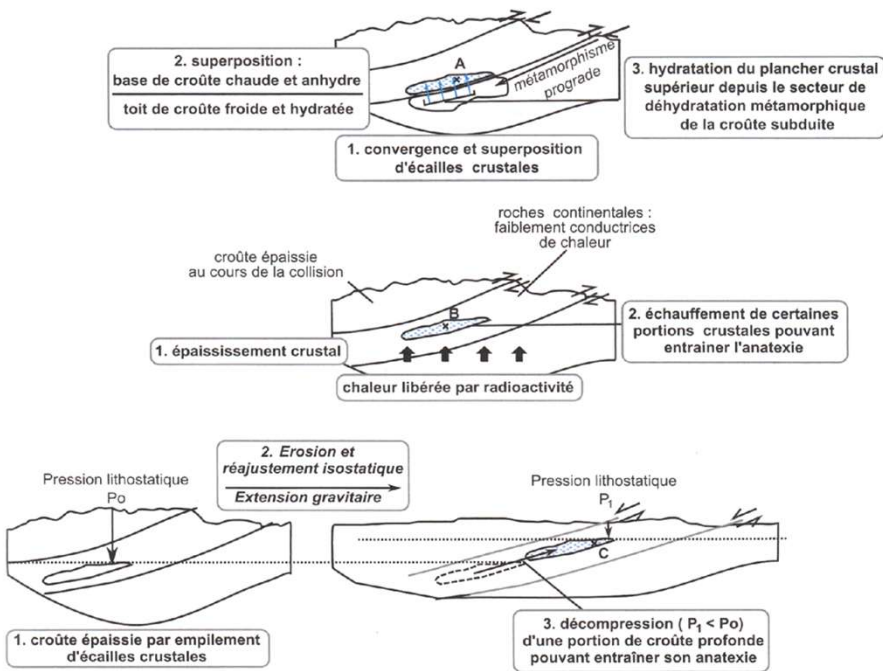


► Figure 15.14. Le point chaud d'Hawaii.



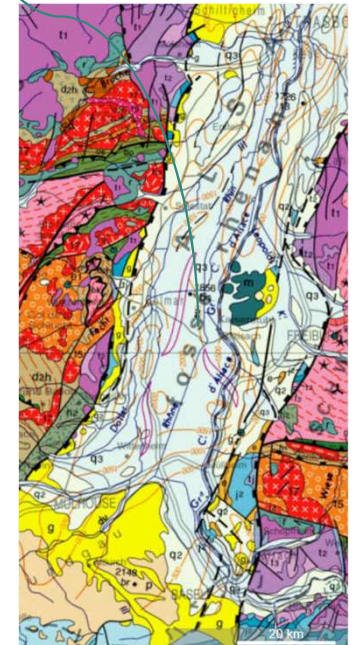
► Figure 15.11. La subduction océan-océan et la subduction océan-continent.





► Figure 15.15. Une coupe transversale d'un rift type fossé rhénan.

Extension du socle  
 => déformations cassantes de types failles normales  
 => Étirement de la croûte et amincissement  
 => remontée de l'asthénosphère  
 => réchauffement et fusion partielle





Le phénomène de fusion de la croûte est nommé **anatexie**.

Les produits sont des granites d'anatexie.

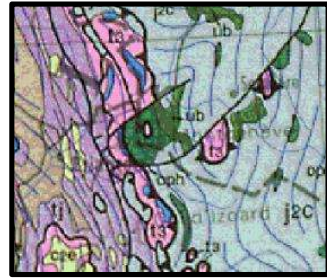
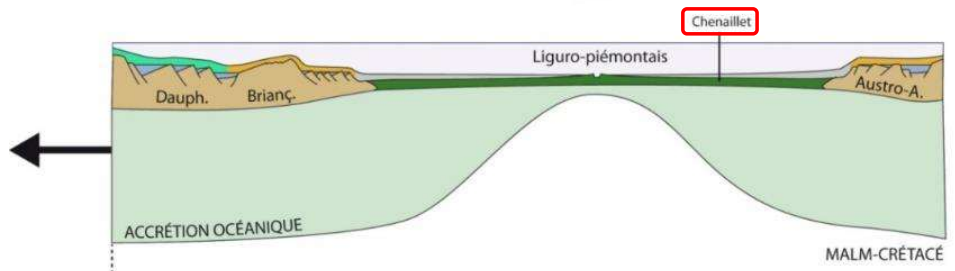
Ci-dessus une migmatite



# Le cycle orogénique alpin

Cf Tale les Alpes

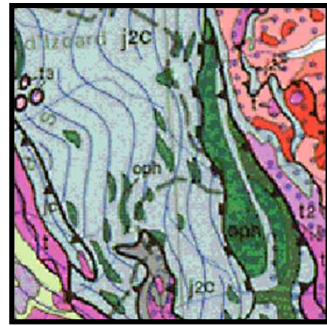
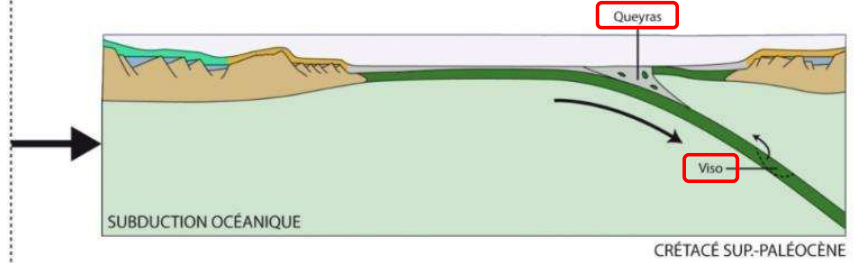
océanisation



Chenaillet

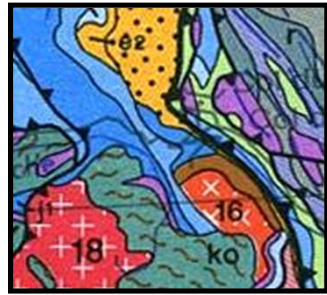
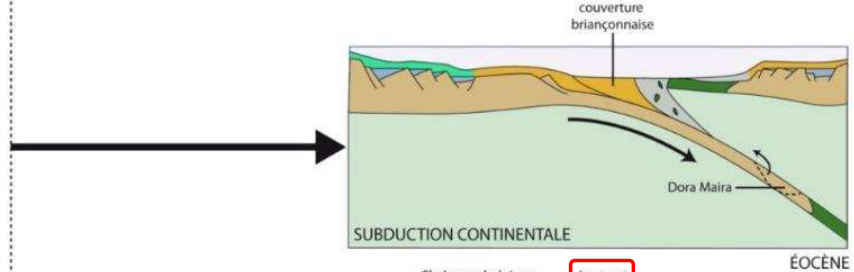
subduction

éo



Queyras/Viso

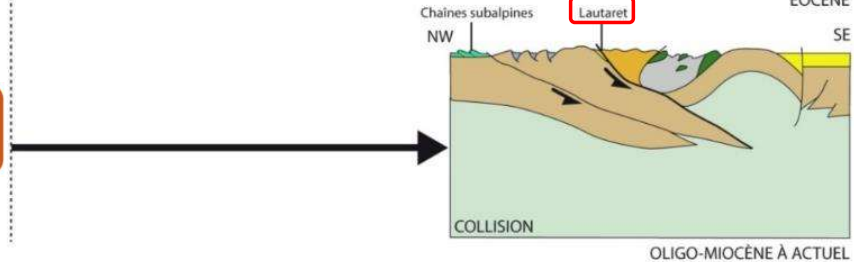
subduction



Lautaret

collision

més

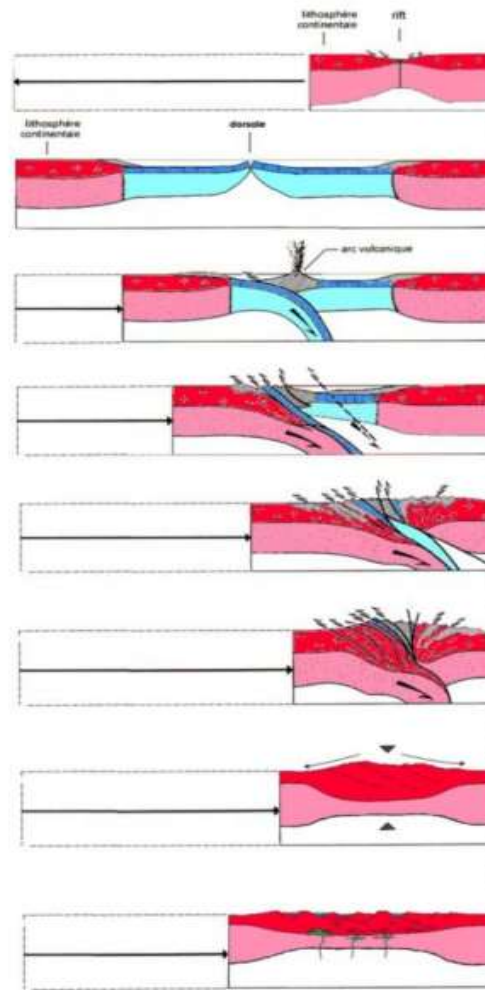


Apports complémentaires sur la connaissance des mécanismes orogéniques

Cycle orogénique

effondrement

néo



Source: Damien Jaujard

# ■ Légende de la carte :

## ● Magmatisme : type de magmatisme et contexte associé

**MAGMATISME**

Les caractères magmatiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique la nature chimique :

Volcanisme acide : bleu ; basique : vert

Plutonisme acide : blanc ; basique : noir

|   |                           |            |   |                               |  |
|---|---------------------------|------------|---|-------------------------------|--|
| Le magmatisme carbonifère (h2, 17) est pris comme exemple | de marge active           | Volcanisme | tholéiitique à calco-alcalin (basaltes, andésites, rhyolites) | Plutonisme                    | tholéiitique à calco-alcalin (gabbros, tonalites, granites)          |
|   | d'extension continentale  | Volcanisme | tholéiitique à peralcalin (basaltes, dacites, rhyolites)      | Plutonisme                    | tholéiitique à peralcalin (gabbros, monzonites, granites)            |
|   | d'accrétion océanique     | Ophiolites | 1 oph 2 Gabbros, basaltes<br>ub Périodotites                  | 1 : alpines 2 : varisques     |  |
|   | de collision continentale | Volcanisme | calco-alcalin à alcalin (basaltes à rhyolites)                | Plutonisme (sauf granitoïdes) | 1 : microgranites indifférenciés<br>2 : gabbros, diorites, tonalites |

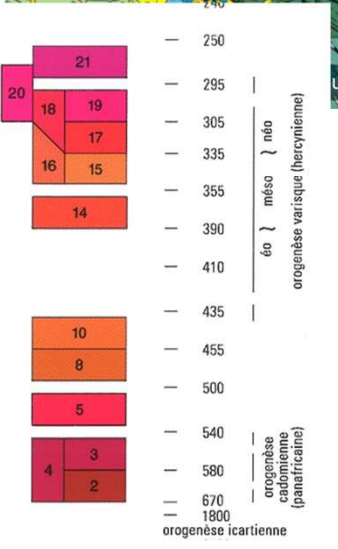
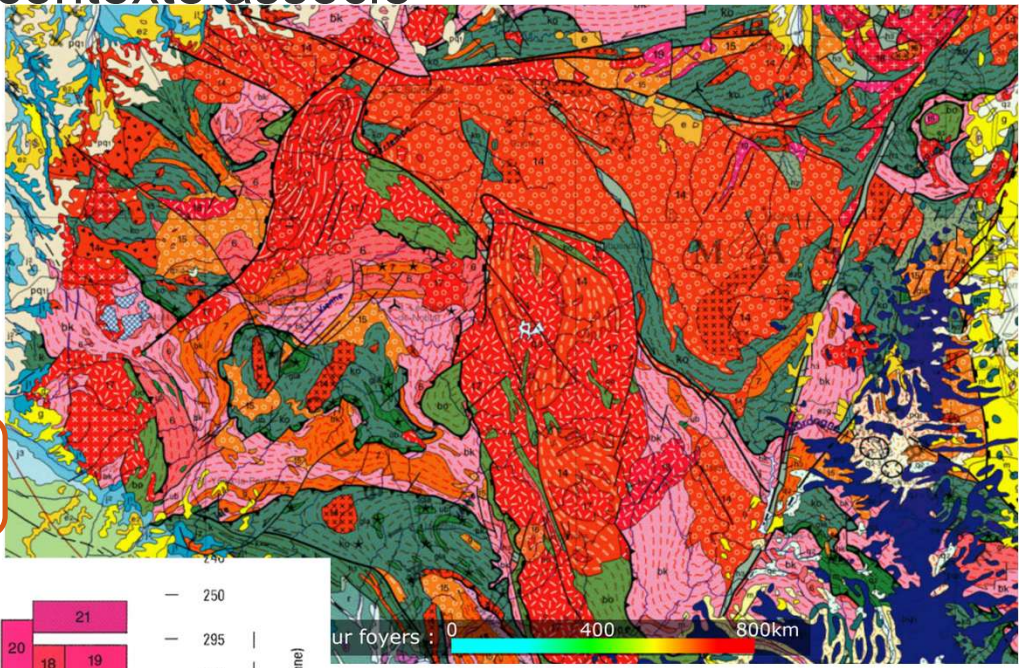
**Granitoïdes des orogènes de collision**

|                |                          |                           |                            |                              |
|----------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Collision méso | Granitoïdes peralumineux | Leucogranites             | Granitoïdes calco-alcalins | subcalcalins potassiques     |
|                |                          | Granites et granodiorites |                            | calco-alcalins stricto sensu |

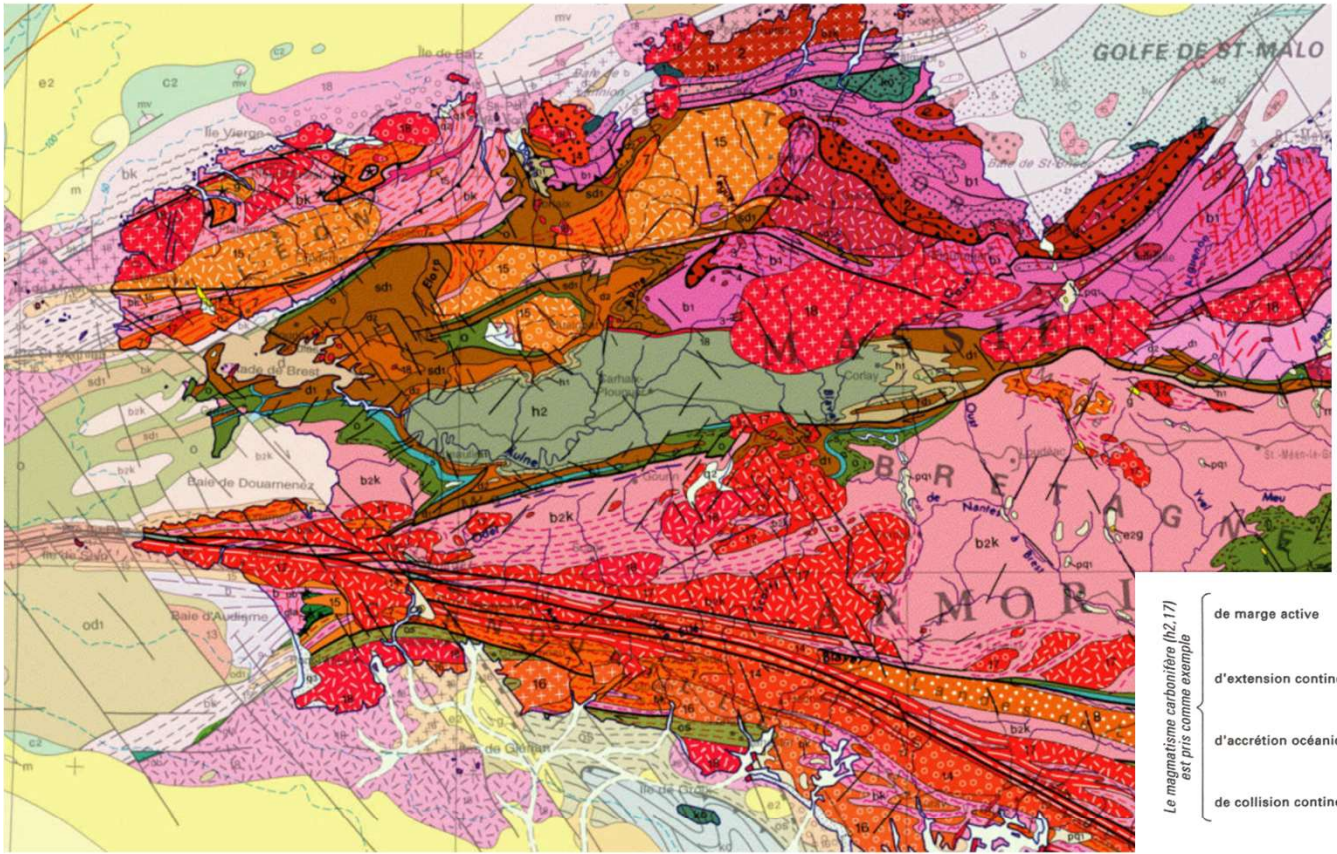
1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

**Formations particulières**

|        |  |    |                           |
|--------|--|----|---------------------------|
| gla    | Complexe varisque leptyno-amphibolique   | ub | Périodotites mantelliques |
| 1/2/3/ | Principaux champs filoniens ( 1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques ) |    |                           |



Cf BCPST2



Le magmatisme carbonifère (h2, 17) est pris comme exemple

- de marge active
- d'extension continentale
- d'accrétion océanique
- de collision continentale

|                   |   |                    |  |
|-------------------|---|--------------------|--|
| <b>Volcanisme</b> | tholéiitique à calco-alcalin (basaltes, andésites, rhyolites) | <b>Plutonisme</b>  | tholéiitique à calco-alcalin (gabbros, tonalites, granites)                                |
| <b>Volcanisme</b> | tholéiitique à peralcalin (basaltes, dacites, rhyolites)      | <b>Plutonisme</b>  | tholéiitique à peralcalin (gabbros, monzonites, granites)                                  |
| <b>Ophiolites</b> | oph 2   | <b>Péridotites</b> | 1 : alpines 2 : varisques  |
| <b>Volcanisme</b> | calco-alcalin à alcalin (basaltes à rhyolites)                | <b>Plutonisme</b>  | (sauf granitoïdes)<br>1 : microgranites indifférenciés<br>2 : gabbros, diorites, tonalites |

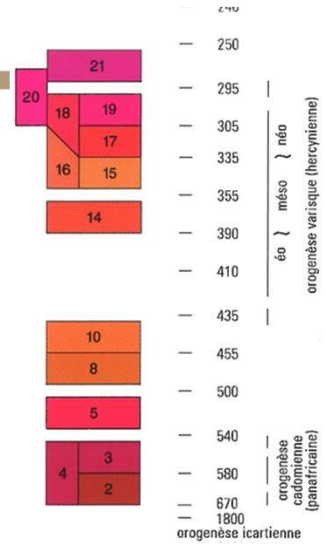
**Granitoïdes des orogènes de collision**

|                                 |                           |                                   |                              |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| <b>Granitoïdes peralumineux</b> | Leucogranites             | <b>Granitoïdes calco-alcalins</b> | subcalcins potassiques       |
|                                 | Granites et granodiorites |                                   | calco-alcalins stricto sensu |

1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

**Formations particulières**

|        |  |    |                          |
|--------|--|----|--------------------------|
| gla    | Complexe varisque leptyno-amphibolique   | ub | Péridotites mantelliques |
| 1/2/3/ | Principaux champs filoniens ( 1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques ) |    |                          |





# LES ROCHES DE LA PARTIE SUPÉRIEURE DU MANTEAU

Lors de leur remontée vers la surface, des magmas basaltiques peuvent inclure des **enclaves de péridotites**, c'est ainsi que l'on peut observer des roches du manteau.



Enclave de péridotite (en vert) dans un basalte (en noir)

Échantillons macroscopiques

[https://planet-terre.ens-lyon.fr/objets/Images/convection-mantellique-tectonique-plaques/enclave-peridotite.jpg/image\\_view\\_fullscreen](https://planet-terre.ens-lyon.fr/objets/Images/convection-mantellique-tectonique-plaques/enclave-peridotite.jpg/image_view_fullscreen)  
BCPST1 - ENCPB - STEPHANIE DALAINE

# LES ROCHES DE LA PARTIE SUPÉRIEURE DU MANTEAU



***Péridotite altérée (massif du Chenaillet)***



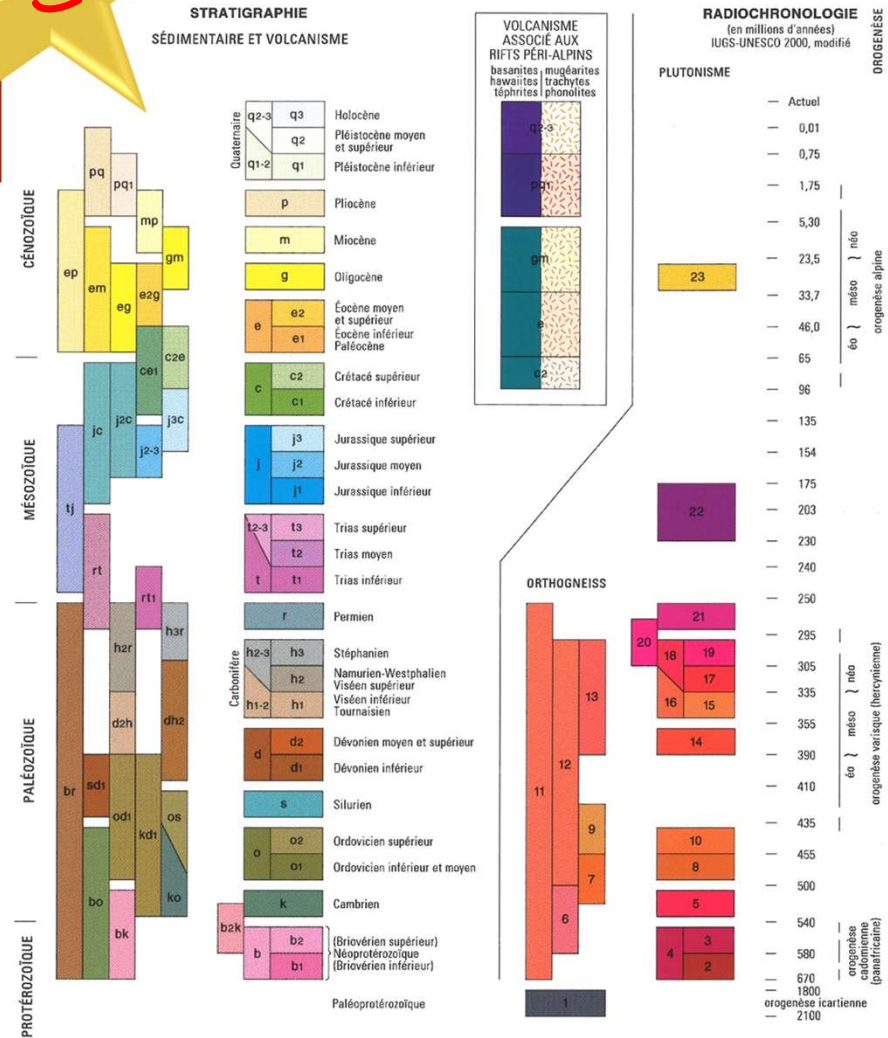
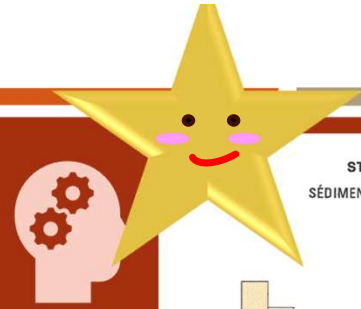
***Roche caractéristique du manteau supérieur: la péridotite***



## 2. LA COULEUR DE LA ROCHE REPRÉSENTE L'ÂGE DU TERRAIN

- L'âge des différentes formations géologiques = couleur = **époque géologique** (ex : Jurassique supérieur), délimitée par des dates issues d'études radiochronologiques et données en millions d'année (Ma)
- roches plutoniques = **tons de rouge**
- Roches **magmatiques volcaniques** = **bleu et vert**
- **Roches sédimentaires** = couleurs variables décomposées selon l'échelle des temps géologiques en **périodes successives** :
  - Les sédiments paléozoïques et antérieurs sont dans des tons neutres et sombres.
  - Les **sédiments mésozoïques** sont dans des tons vifs : **violet pour le Trias, bleu pour le Jurassique, vert pour le Crétacé.**
  - Les **sédiments cénozoïques** sont dans des tons pastel proches du jaune.

BCPST1 - ENCPB - STÉPHANIE DALAINE



## ■ Légende de la carte :

- Age des terrains :
- sédimentaires et magmatiques

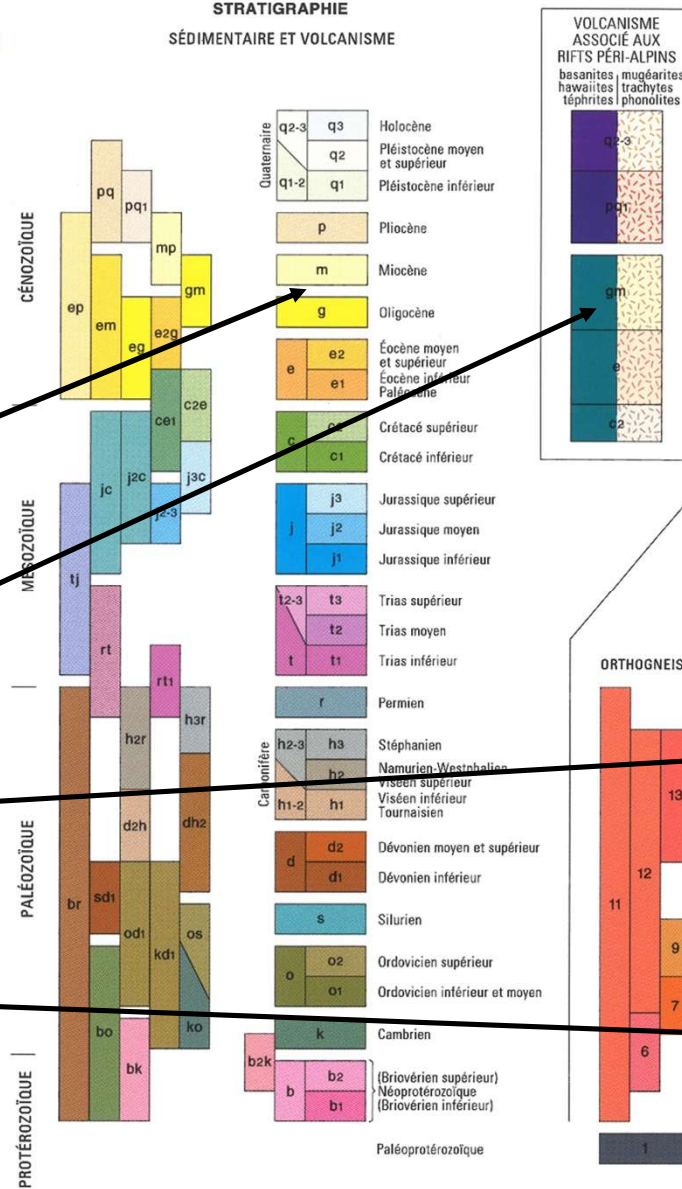
Terrains  
sédimentaires

Volcanisme récent

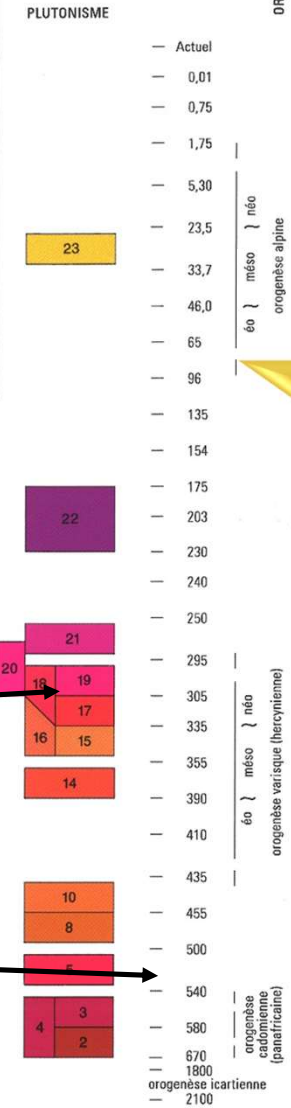
Terrains  
magmatiques

Age (en millions  
d'années)

### STRATIGRAPHIE SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME



### RADIOCHRONOLOGIE (en millions d'années) IUGS-UNESCO 2000, modifié





# INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



- 3 périodes:
- Paléozoïque (-540 à -250 Ma)
  - Mésozoïque (-250 à -65 Ma)
  - Cénozoïque

| eonothem    | eon        | erathem      | era    | system | period | series        | epoch       | stage       | age        | Ma    | GSSP |
|-------------|------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|-------------|-------------|------------|-------|------|
| Phanerozoic | Cenozoic   | Quaternary   |        |        |        | Holocene      |             | Upper       | 0.0117     | ↗     |      |
|             |            |              |        |        |        |               |             | Pleistocene | "Ionian"   | 0.126 | ↗    |
|             |            |              |        |        |        |               |             |             | Calabrian  | 0.781 | ↗    |
|             |            |              |        |        |        |               |             | Pliocene    | Gelasian   | 1.806 | ↗    |
|             |            |              |        |        |        |               |             |             | Piacenzian | 2.588 | ↗    |
|             |            |              |        |        |        |               |             | Neogene     | Miocene    |       |      |
|             |            | Messinian    | 5.332  | ↗      |        |               |             |             |            |       |      |
|             |            | Tortonian    | 7.246  | ↗      |        |               |             |             |            |       |      |
|             |            | Serravallian | 11.608 | ↗      |        |               |             |             |            |       |      |
|             |            | Langhian     | 13.82  | ↗      |        |               |             |             |            |       |      |
|             |            | Burdigalian  | 15.97  | ↗      |        |               |             |             |            |       |      |
|             |            | Oligocene    |        |        |        |               | Aquitanian  |             | 20.43      | ↗     |      |
|             | Chattian   |              |        |        |        |               | 23.03       |             | ↗          |       |      |
|             | Rupelian   |              |        |        |        |               | 28.4 ± 0.1  |             | ↗          |       |      |
|             | Priabonian |              |        |        |        |               | 33.9 ± 0.1  |             | ↗          |       |      |
|             | Bartonian  |              |        |        |        |               | 37.2 ± 0.1  |             | ↗          |       |      |
|             | Eocene     |              |        |        |        |               | 40.4 ± 0.2  |             | ↗          |       |      |
|             | Paleocene  |              |        |        |        | Ypresian      | 48.6 ± 0.2  | ↗           |            |       |      |
|             |            |              |        |        |        | Lutetian      | 40.4 ± 0.2  | ↗           |            |       |      |
|             |            |              |        |        |        | Thanetian     | 55.8 ± 0.2  | ↗           |            |       |      |
|             |            |              |        |        |        | Selandian     | 58.7 ± 0.2  | ↗           |            |       |      |
|             |            |              |        |        |        | Danian        | ~ 61.1      | ↗           |            |       |      |
|             |            |              |        |        |        | Maastrichtian | 65.5 ± 0.3  | ↗           |            |       |      |
|             | Mesozoic   | Cretaceous   | Upper  |        |        |               | Campanian   | 70.6 ± 0.6  | ↗          |       |      |
|             |            |              |        |        |        |               | Santonian   | 83.5 ± 0.7  | ↗          |       |      |
|             |            |              |        |        |        |               | Coniacian   | 85.8 ± 0.7  | ↗          |       |      |
|             |            |              |        |        |        |               | Turonian    | ~ 88.6      | ↗          |       |      |
|             |            |              |        |        |        |               | Cenomanian  | 93.6 ± 0.8  | ↗          |       |      |
| Albian      |            |              |        |        |        |               | 99.6 ± 0.9  | ↗           |            |       |      |
| Aptian      |            |              |        |        |        |               | 112.0 ± 1.0 | ↗           |            |       |      |
| Barremian   |            |              |        |        |        |               | 125.0 ± 1.0 | ↗           |            |       |      |
| Permian     |            | Lower        |        |        |        |               | Hauterivian | ~ 133.9     | ↗          |       |      |
|             |            |              |        |        |        |               | Valanginian | ~ 133.9     | ↗          |       |      |
|             |            |              |        |        |        |               | Berriasian  | 140.2 ± 3.0 | ↗          |       |      |
|             |            |              |        |        |        |               | Tournaisian | 145.5 ± 4.0 | ↗          |       |      |

| eonothem     | eon           | erathem       | era         | system | period | series      | epoch         | stage       | age          | Ma          | GSSP |
|--------------|---------------|---------------|-------------|--------|--------|-------------|---------------|-------------|--------------|-------------|------|
| Phanerozoic  | Mesozoic      | Jurassic      |             |        |        | Upper       |               | Tithonian   | 145.5 ± 4.0  | ↗           |      |
|              |               |               |             |        |        |             |               | Middle      | Kimmeridgian | 150.8 ± 4.0 | ↗    |
|              |               |               |             |        |        |             |               |             | Oxfordian    | ~ 155.6     | ↗    |
|              |               |               |             |        |        |             |               | Lower       | Callovian    | 161.2 ± 4.0 | ↗    |
|              |               |               |             |        |        |             |               |             | Bathonian    | 164.7 ± 4.0 | ↗    |
|              |               |               |             |        |        |             |               | Triassic    |              |             |      |
|              |               | Aalenian      | 171.6 ± 3.0 | ↗      |        |             |               |             |              |             |      |
|              |               | Toarcian      | 175.6 ± 2.0 | ↗      |        |             |               |             |              |             |      |
|              |               | Pliensbachian | 183.0 ± 1.5 | ↗      |        |             |               |             |              |             |      |
|              |               | Sinemurian    | 189.6 ± 1.5 | ↗      |        |             |               |             |              |             |      |
|              |               | Hettangian    | 196.5 ± 1.0 | ↗      |        |             |               |             |              |             |      |
|              |               | Permian       | Upper       |        |        |             |               | Rhaetian    | 199.6 ± 0.6  | ↗           |      |
|              | Norian        |               |             |        |        |             |               | 203.6 ± 1.5 | ↗            |             |      |
|              | Carnian       |               |             |        |        |             |               | 216.5 ± 2.0 | ↗            |             |      |
|              | Ladinian      |               |             |        |        |             |               | ~ 228.7     | ↗            |             |      |
|              | Anisian       |               |             |        |        |             |               | ~ 245.9     | ↗            |             |      |
|              | Olenekian     |               |             |        |        |             |               | ~ 249.5     | ↗            |             |      |
|              | Induan        |               |             |        |        |             |               | ~ 249.5     | ↗            |             |      |
|              | Changhsingian |               |             |        |        |             |               | 251.0 ± 0.4 | ↗            |             |      |
|              | Carboniferous | Lower         |             |        |        |             | Wuchiapingian | 253.8 ± 0.7 | ↗            |             |      |
|              |               |               |             |        |        |             | Lopingian     | 253.8 ± 0.7 | ↗            |             |      |
|              |               |               |             |        |        |             | Wuchiapingian | 260.4 ± 0.7 | ↗            |             |      |
|              |               |               |             |        |        |             | Capitanian    | 265.8 ± 0.7 | ↗            |             |      |
|              |               |               |             |        |        |             | Wordian       | 268.0 ± 0.7 | ↗            |             |      |
|              |               |               |             |        |        |             | Roadian       | 270.6 ± 0.7 | ↗            |             |      |
|              |               |               |             |        |        |             | Kungurian     | 275.6 ± 0.7 | ↗            |             |      |
|              |               |               |             |        |        |             | Artinskian    | 284.4 ± 0.7 | ↗            |             |      |
|              | Paleozoic     | Cisuralian    |             |        |        |             | Sakmarian     | 284.4 ± 0.7 | ↗            |             |      |
| Sakmarian    |               |               |             |        |        |             | 294.6 ± 0.8   | ↗           |              |             |      |
| Asselian     |               |               |             |        |        |             | 299.0 ± 0.8   | ↗           |              |             |      |
| Gzhelian     |               |               |             |        |        |             | 299.0 ± 0.8   | ↗           |              |             |      |
| Kasimovian   |               |               |             |        |        |             | 303.4 ± 0.9   | ↗           |              |             |      |
| Moscovian    |               |               |             |        |        |             | 307.2 ± 1.0   | ↗           |              |             |      |
| Bashkirian   |               |               |             |        |        |             | 311.7 ± 1.1   | ↗           |              |             |      |
| Serpukhovian |               |               |             |        |        |             | 318.1 ± 1.3   | ↗           |              |             |      |
| Paleozoic    | Lower         |               |             |        |        | Visean      | 328.3 ± 1.6   | ↗           |              |             |      |
|              |               |               |             |        |        | Visean      | 328.3 ± 1.6   | ↗           |              |             |      |
|              |               |               |             |        |        | Visean      | 345.3 ± 2.1   | ↗           |              |             |      |
|              |               |               |             |        |        | Tournaisian | 359.2 ± 2.5   | ↗           |              |             |      |

| eonothem    | eon         | erathem    | era         | system | period | series | epoch       | stage        | age         | Ma          | GSSP |
|-------------|-------------|------------|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------------|-------------|-------------|------|
| Phanerozoic | Paleozoic   | Devonian   |             |        |        | Upper  |             | Famennian    | 359.2 ± 2.5 | ↗           |      |
|             |             |            |             |        |        |        |             | Middle       | Frasnian    | 374.5 ± 2.6 | ↗    |
|             |             |            |             |        |        |        |             |              | Givetian    | 385.3 ± 2.6 | ↗    |
|             |             |            |             |        |        |        |             | Lower        | Eifelian    | 391.8 ± 2.7 | ↗    |
|             |             |            |             |        |        |        |             |              | Emsian      | 397.5 ± 2.7 | ↗    |
|             |             |            |             |        |        |        |             | Silurian     |             |             |      |
|             |             | Lochkovian | 411.2 ± 2.8 | ↗      |        |        |             |              |             |             |      |
|             |             | Pridoli    | 416.0 ± 2.8 | ↗      |        |        |             |              |             |             |      |
|             |             | Ludfordian | 418.7 ± 2.7 | ↗      |        |        |             |              |             |             |      |
|             |             | Gorstian   | 421.3 ± 2.6 | ↗      |        |        |             |              |             |             |      |
|             |             | Homerian   | 422.9 ± 2.5 | ↗      |        |        |             |              |             |             |      |
|             |             | Ordovician | Upper       |        |        |        |             | Sheinwoodian | 426.2 ± 2.4 | ↗           |      |
|             | Telychian   |            |             |        |        |        |             | 428.2 ± 2.3  | ↗           |             |      |
|             | Aeronian    |            |             |        |        |        |             | 436.0 ± 1.9  | ↗           |             |      |
|             | Rhuddanian  |            |             |        |        |        |             | 439.0 ± 1.8  | ↗           |             |      |
|             | Hirnantian  |            |             |        |        |        |             | 443.7 ± 1.5  | ↗           |             |      |
|             | Katian      |            |             |        |        |        |             | 445.6 ± 1.5  | ↗           |             |      |
|             | Sandbian    |            |             |        |        |        |             | 445.8 ± 1.6  | ↗           |             |      |
|             | Darriwilian |            |             |        |        |        |             | 460.9 ± 1.6  | ↗           |             |      |
|             | Cambrian    | Middle     |             |        |        |        | Dapingian   | 468.1 ± 1.6  | ↗           |             |      |
|             |             |            |             |        |        |        | Floian      | 471.8 ± 1.6  | ↗           |             |      |
|             |             |            |             |        |        |        | Tremadocian | 478.6 ± 1.7  | ↗           |             |      |
|             |             |            |             |        |        |        | Stage 10    | ~ 492 *      | ↗           |             |      |
|             |             |            |             |        |        |        | Stage 9     | ~ 496 *      | ↗           |             |      |
|             |             |            |             |        |        |        | Paibian     | ~ 499        | ↗           |             |      |
|             |             |            |             |        |        |        | Guzhangian  | ~ 503        | ↗           |             |      |
|             |             |            |             |        |        |        | Drumian     | ~ 506.5      | ↗           |             |      |
|             | Paleozoic   | Lower      |             |        |        |        | Stage 4     | ~ 510 *      | ↗           |             |      |
| Stage 3     |             |            |             |        |        |        | ~ 515 *     | ↗            |             |             |      |
| Stage 2     |             |            |             |        |        |        | ~ 521 *     | ↗            |             |             |      |
| Fortunian   |             |            |             |        |        |        | ~ 528 *     | ↗            |             |             |      |
| Fortunian   |             |            |             |        |        |        | 542.0 ± 1.0 | ↗            |             |             |      |

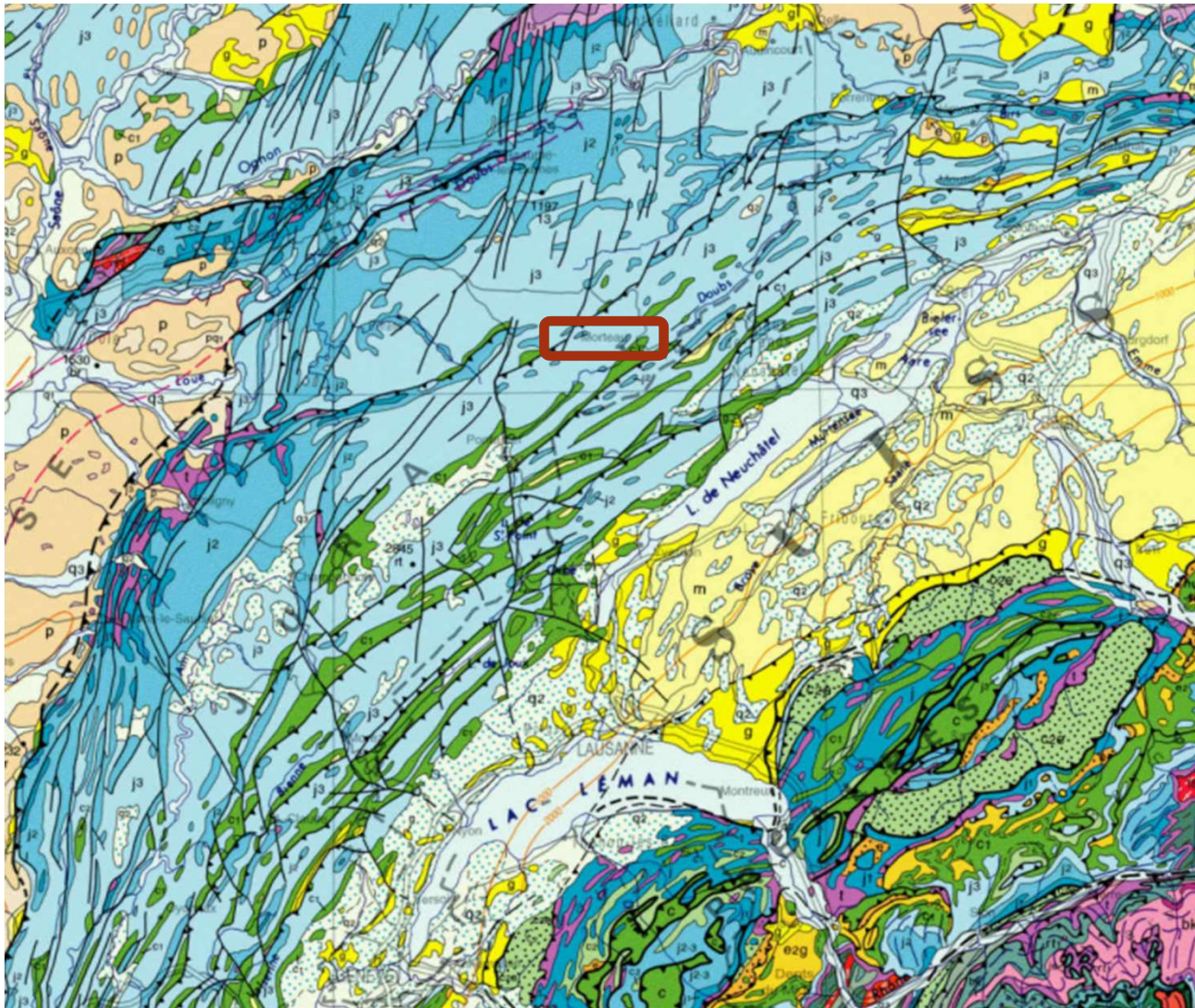
This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with \* are informal, and awaiting ratified definitions. Copyright © 2009 International Commission on Stratigraphy

| eonothem    | eon    | erathem | era | system | period | series | epoch | stage | age | Ma | GSSP |                   |                 |            |       |   |
|-------------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|-------|-------|-----|----|------|-------------------|-----------------|------------|-------|---|
| Precambrian |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 |            |       |   |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      | Proterozoic       | Neo-proterozoic | Ediacaran  | 542   | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 | Cryogenian | ~ 635 | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      | Meso-proterozoic  |                 | Tonian     | 850   | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 | Stenian    | 1000  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      | Paleo-proterozoic |                 | Ectasian   | 1200  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 | Calymmian  | 1400  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      | Archean           |                 | Statherian | 1600  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 | Orosirian  | 1800  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      | Hadean (informal) |                 | Rhyacian   | 2050  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 | Siderian   | 2300  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 |            | 2500  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 |            | 2800  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 |            | 3200  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 |            | 3600  | ↗ |
|             |        |         |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 |            | 4000  | ↗ |
|             | ~ 4600 | ↗       |     |        |        |        |       |       |     |    |      |                   |                 |            |       |   |

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a basal Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website ([www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World ([www.cgmw.org](http://www.cgmw.org)). The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press) and 'The Concise Geologic Time Scale' by J.G. Ogg, G. Ogg and F.M. Gradstein (2008).



1. Quel est l'âge des roches à l'affleurement à Morteau (département du Doubs, massif du Jura) ?

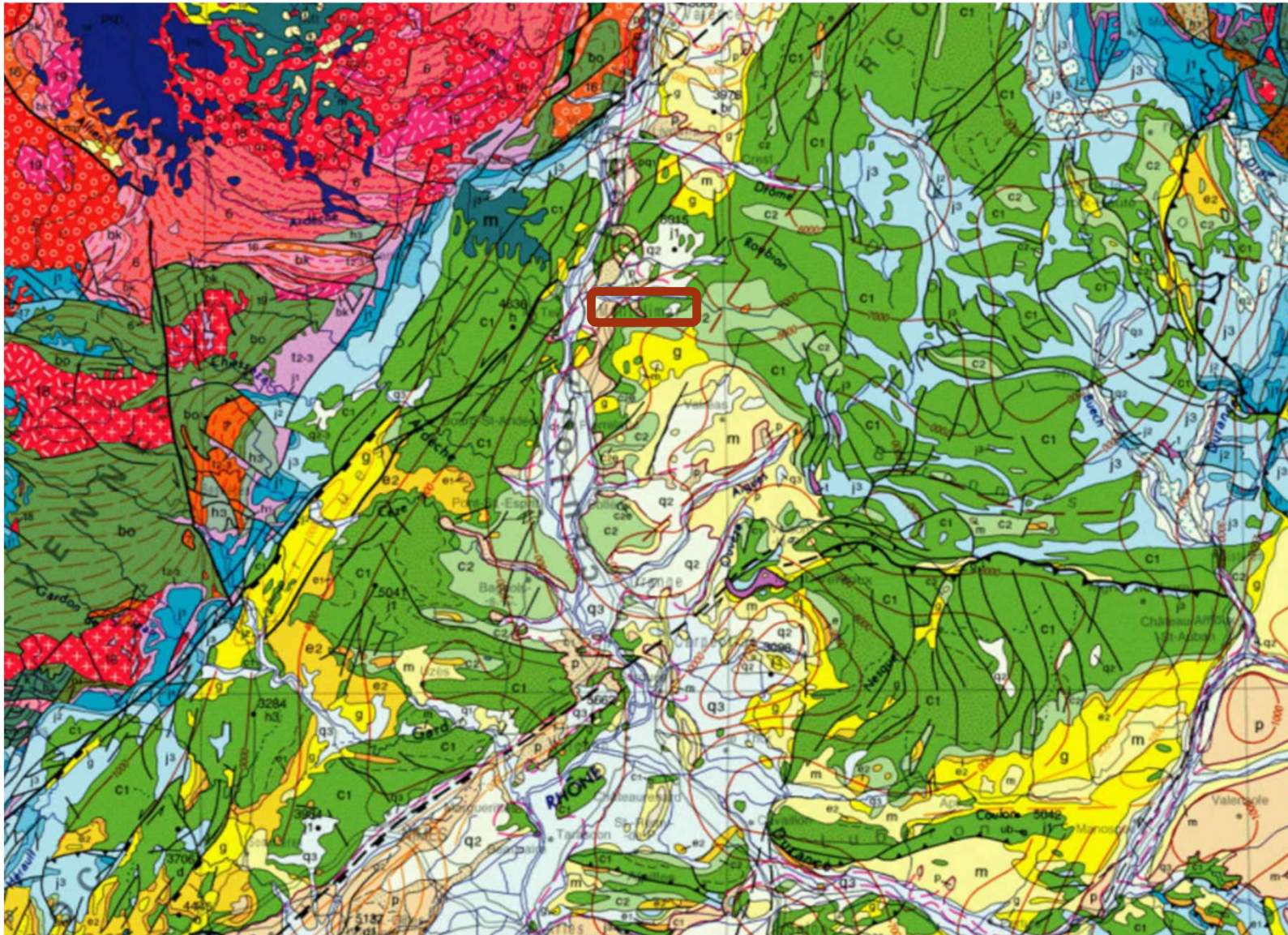
*J3 jurassique supérieur*

2. Quel est l'âge et le type de roches retrouvé à Corte (Haute-Corse) ?

3. Quel est l'âge du volcanisme retrouvé au nord-ouest de Montélimar (Drôme) ?







1. Quel est l'âge des roches à l'affleurement à Morteau (département du Doubs, massif du Jura) ?

2. Quel est l'âge et le type de roches retrouvé à Corte (Haute-Corse) ?

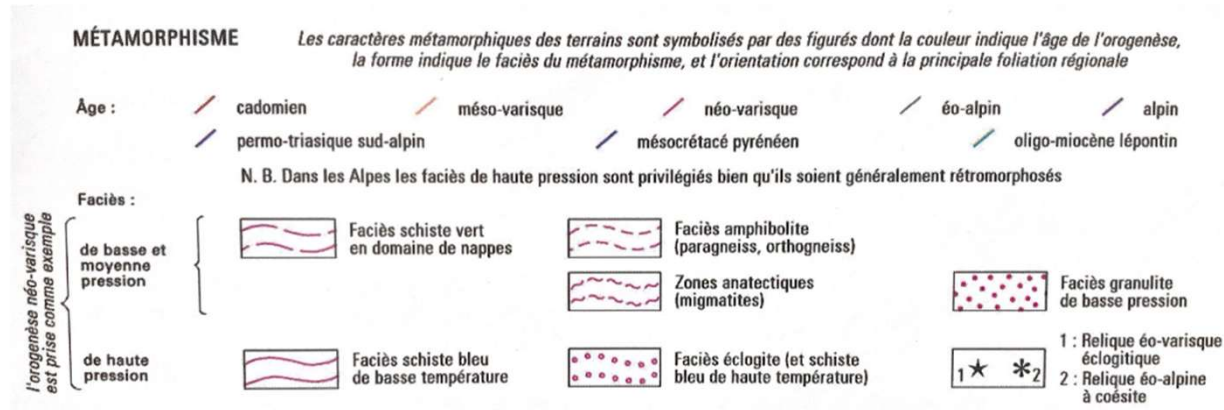
3. Quel est l'âge du volcanisme retrouvé au nord-ouest de Montélimar (Drôme) ?

*m oligocène –miocène néo-alpine*



<https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/tectoglob3d/>

### 3. TYPE ET ÂGE DU MÉTAMORPHISME



Une roche métamorphique est issue de la transformation à l'état solide d'une roche préexistante (appelée protolithe) consécutive à des variations de pression et/ou de température (par exemple lors de l'enfouissement en profondeur du protolithe).

Sur la carte :

- L'âge du protolithe (c'est-à-dire de la roche avant qu'elle subisse le métamorphisme) est donné par la **couleur de fond**.
- Le **faciès métamorphique** (schiste vert, schiste bleu, éclogite : différents faciès correspondant à des conditions de pressions et températures de métamorphisme différentes) est représenté par un **motif surimprimé** sur la couleur du protolithe.
- L'âge du métamorphisme (c'est-à-dire la période à laquelle le protolithe a subi l'épisode métamorphique) est donné par la **couleur du motif surimprimé** : on distingue 8 épisodes métamorphiques associés à 8 étapes importantes dans l'histoire géologique de la France.

# LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES CONTINENTALES



- Définition: roche provenant de la transformation à l'état solide d'une roche initiale (magmatique, sédimentaire) sous l'effet de variations de pression et/ou température et/ou hydratation.
- ⇒ Donc transformation de roches sédimentaires ou magmatiques
- ⇒ Les minéraux sont souvent orientés et lités



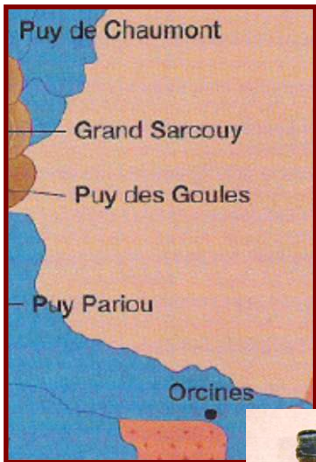
**Roche métamorphique de la montagne noire (près de Bédarieux)**



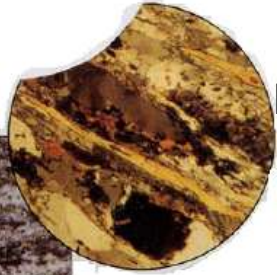
**Déformations à l'état solide d'une roche initialement sédimentaire**

# LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES CONTINENTALES

Exemples types de roches métamorphiques continentales:



Le gneiss



Lame mince au MO LPA



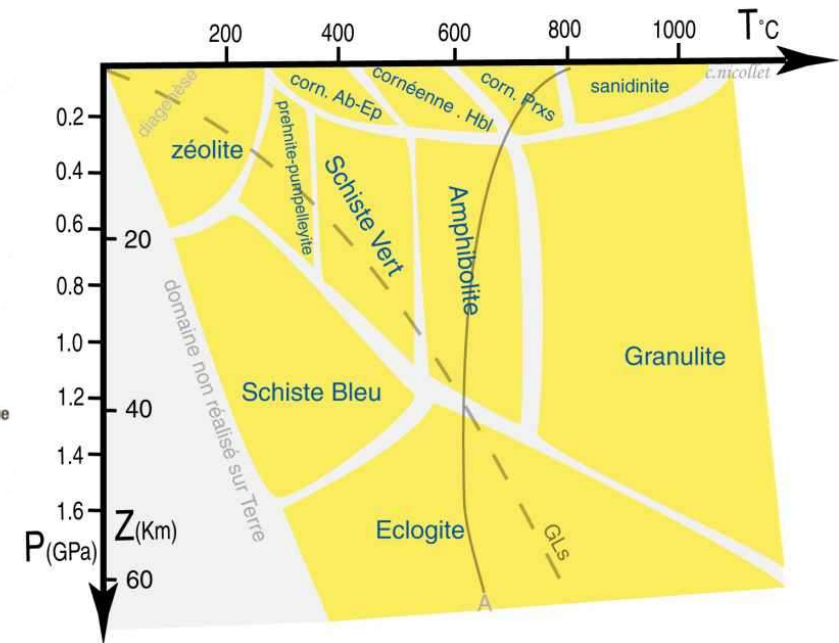
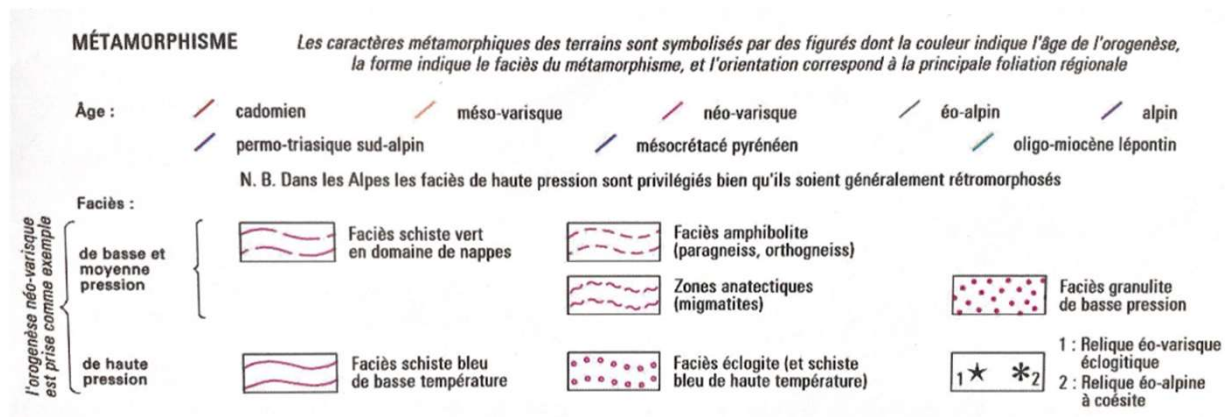
Le schiste

## ■ Légende de la carte :



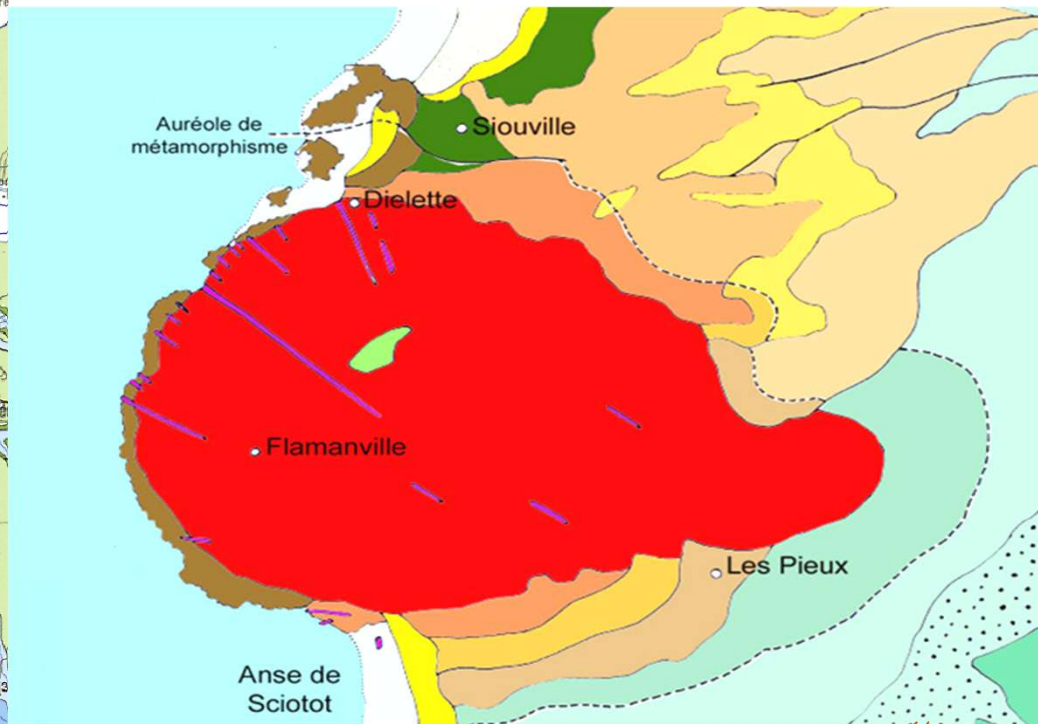
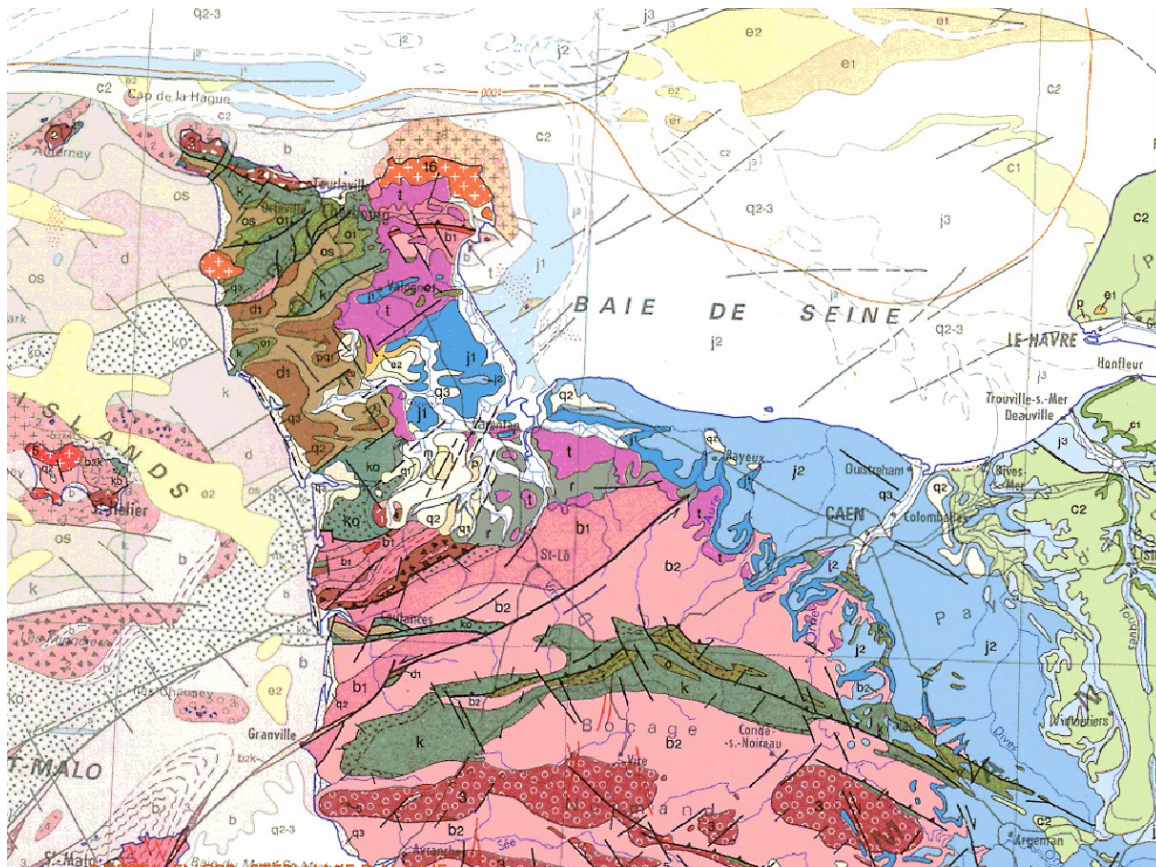
Définition: roche provenant de la transformation à l'état solide d'une roche initiale (=protolithe) (magmatique, sédimentaire) sous l'effet de variations de pression et/ou température et/ou hydratation.

## ● Métamorphisme : type et âge du métamorphisme



<http://christian.nicollet.free.fr/page/Figures/facies.html>

# LES AURÉOLES DE MÉTAMORPHISME (EN LIEN AVEC UNE INTRUSION DE PLUTON GRANITIQUE).



# LE GRANITE DE FLAMANVILLE DANS LA RÉGION DE CHERBOURG





Principe de recouplement : des filonnets de granite s'injectent dans les cornéennes



Principe d'inclusion : des enclaves de cornéenne dans le granite

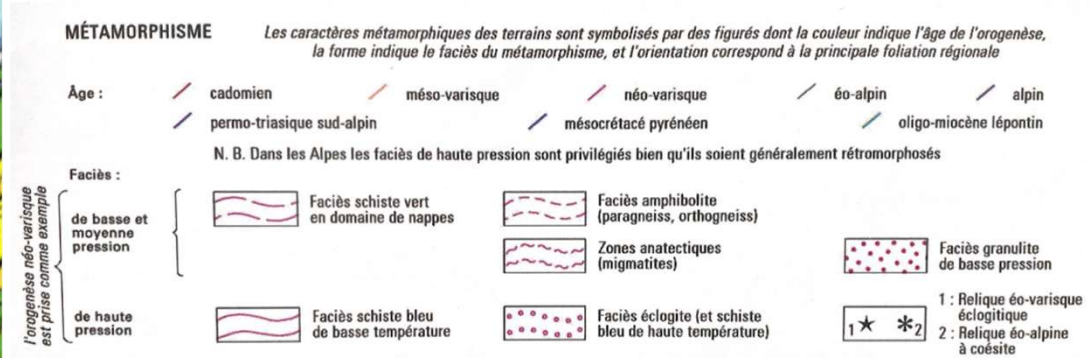
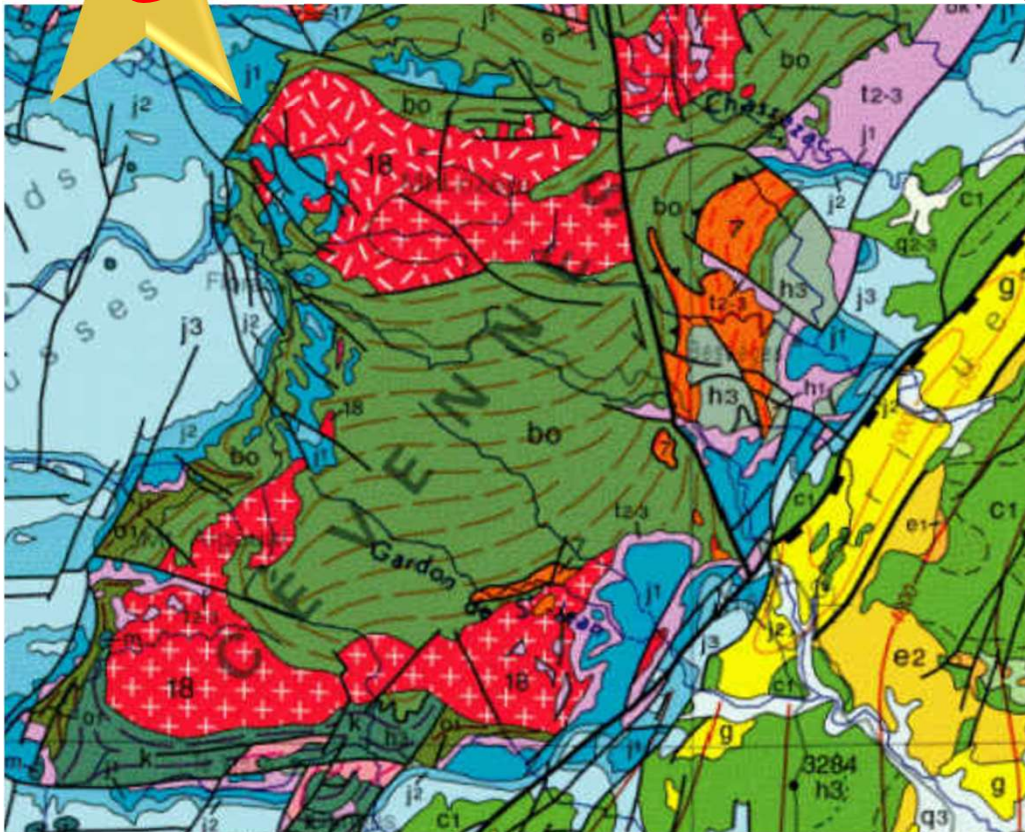


Principe d'inclusion : des panneaux de l'encaissant (cornéenne) détachés dans le magma granitique





**4. Quel est l'âge et le type de métamorphisme dans le massif des Cévennes ?**



**Cévennes:**

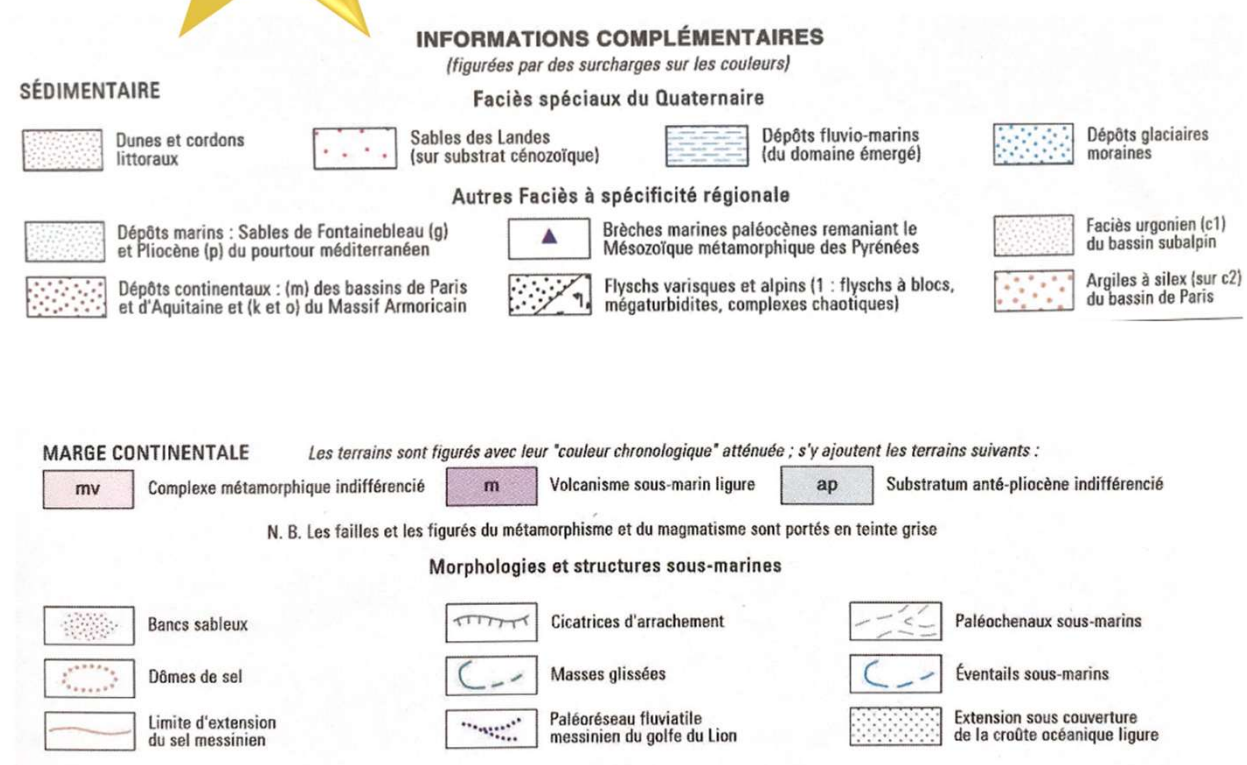
- L'âge du protolithe : **bo pour briovérien orogénèse cadomienne de -670 à -540 Ma**
- Le faciès métamorphique : schiste vert en domaine de nappes
- L'âge du métamorphisme : **méso-varisque (orogénèse hercynienne -390 -335 Ma)**

## 4. DES FACIÈS SPÉCIFIQUES



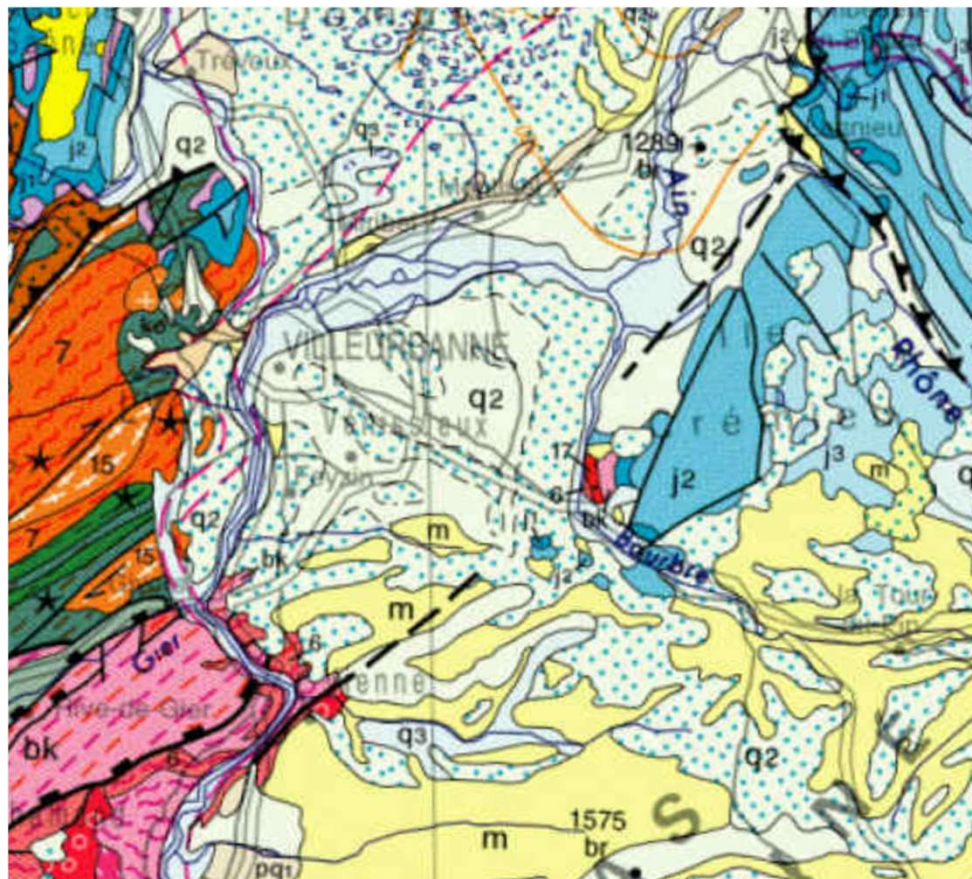
Certains faciès (c'est-à-dire des aspects physiques de la roche souvent associés à une localité et permettant de reconstituer un mécanisme de formation) sont indiqués pour quelques formations :

- Les formations quaternaires (débute il y a 2,8 Ma) particulières : **dépôts glaciaires, fluviatiles, littoraux.**
- Les formations marines : **dômes de sel, banc de sable ...**



## 5. Trouver un faciès glaciaire dans la région lyonnaise.

Cf ST-E



### INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

(figurées par des surcharges sur les couleurs)

#### SÉDIMENTAIRE

Dunes et cordons littoraux

Sables des Landes (sur substrat cénozoïque)

Dépôts fluvio-marins (du domaine émergé)

Dépôts glaciaires moraines

Dépôts marins : Sables de Fontainebleau (g) et Pliocène (p) du pourtour méditerranéen

Brèches marines paléocènes remaniant le Mésozoïque métamorphique des Pyrénées

Faciès urgonien (c1) du bassin subalpin

Dépôts continentaux : (m) des bassins de Paris et d'Aquitaine et (k et o) du Massif Armoricain

Flyschs varisques et alpins (1 : flyschs à blocs, mégaturbidites, complexes chaotiques)

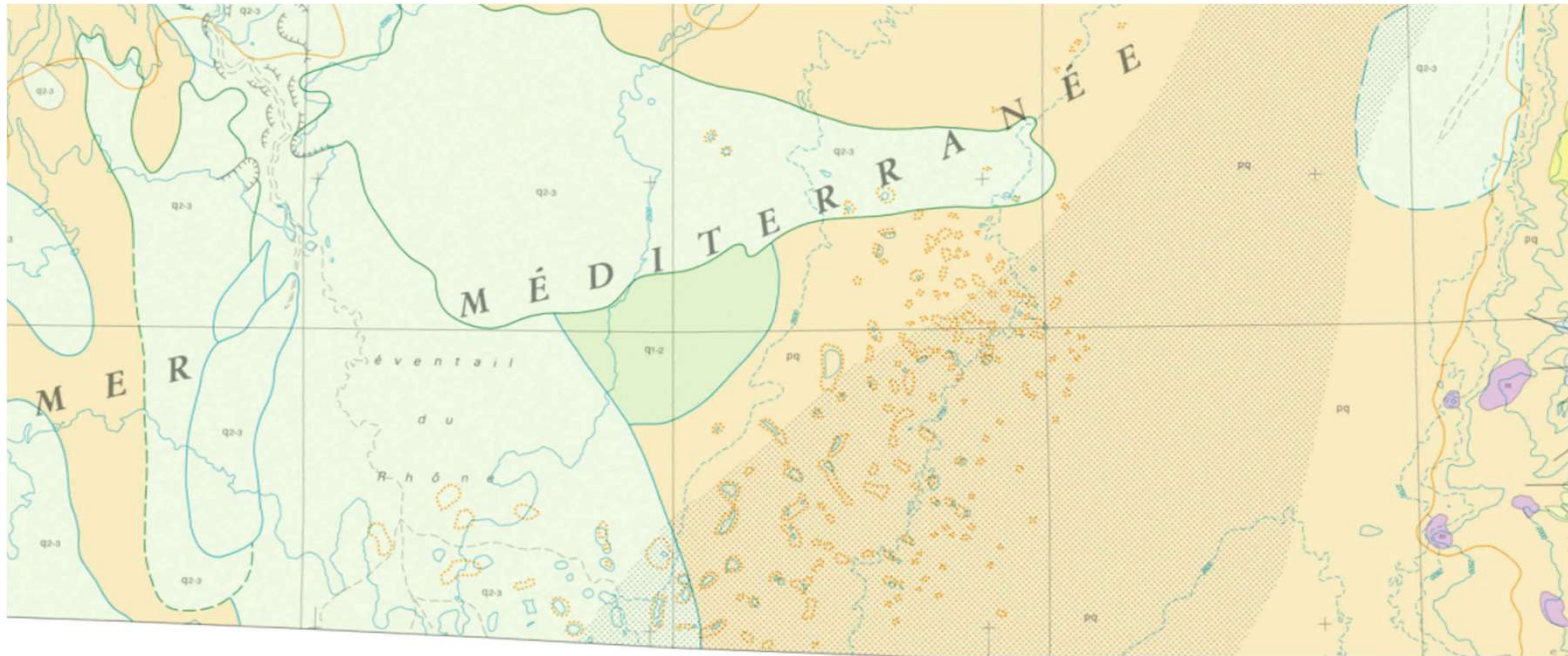
Argiles à silex (sur c2) du bassin de Paris

Autour de Villeurbanne:

- L'âge du protolithe : **q2 pléistocène moyen -750 000 ans**
- Dans la vallée



6. Trouver des dômes de sel en mer Méditerranée.



**MARGE CONTINENTALE**

Les terrains sont figurés avec leur "couleur chronologique" atténuée ; s'y ajoutent les terrains suivants :

- |    |                                      |   |                              |    |  |
|----|--------------------------------------|---|------------------------------|----|--|
| mv | Complexe métamorphique indifférencié | m | Volcanisme sous-marin ligure | ap | Substratum anté-pliocène indifférencié |
|----|--------------------------------------|---|------------------------------|----|--|

N. B. Les failles et les figurés du métamorphisme et du magmatisme sont portés en teinte grise

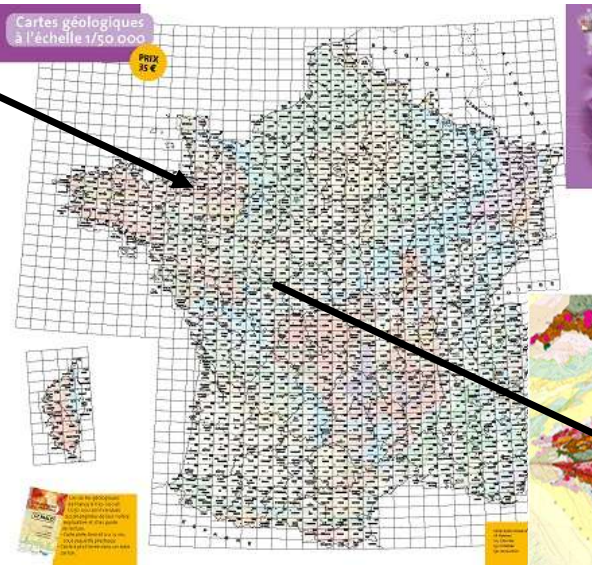
**Morphologies et structures sous-marines**

- |   |                                     |   |   |   |   |
|---|-------------------------------------|---|---|---|---|
|  | Bancs sableux                       |  | Cicatrices d'arrachement                          |  | Paléochenaux sous-marins                                |
|  | Dômes de sel                        |  | Masses glissées                                   |  | Éventails sous-marins                                   |
|  | Limite d'extension du sel messinien |  | Paléoréseau fluvialite messinien du golfe du Lion |  | Extension sous couverture de la croûte océanique ligure |

# Construction de la carte de France au millionième : Association de cartes à plus petite échelle + extrapolations

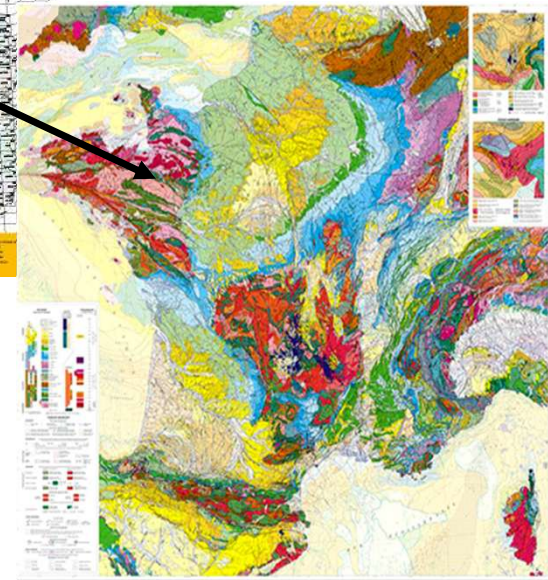


Construction de cartes  
au 1/50 000ème



Recouvrements et  
simplifications

Association des cartes



## ■ Légende de la carte :

### ● Éléments structuraux

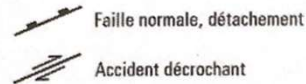


#### Failles

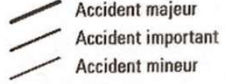
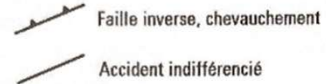
#### Isobathes

#### Faciès spécifiques

#### ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

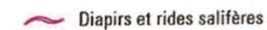
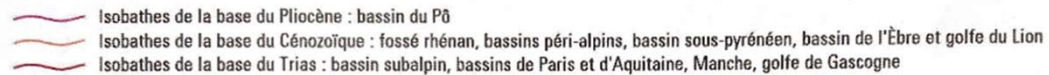


#### Accidents et failles



en tiretés : accidents ou flexures masqués ou supposés

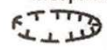
#### Isobathes et structures profondes



#### Morphologies et autres structures



Stratocône du Cantal



Caldeira volcanique probable



Impactite de Rochechouart



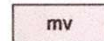
Incision messinienne



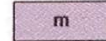
Paléodéfilé messinien

#### MARGE CONTINENTALE

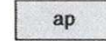
Les terrains sont figurés avec leur "couleur chronologique" atténuée ; s'y ajoutent les terrains suivants :



Complexe métamorphique indifférencié



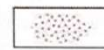
Volcanisme sous-marin ligure



Substratum anté-pliocène indifférencié

N. B. Les failles et les figurés du métamorphisme et du magmatisme sont portés en teinte grise

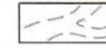
#### Morphologies et structures sous-marines



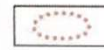
Bancs sableux



Cicatrices d'arrachement



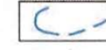
Paléochenaux sous-marins



Dômes de sel



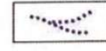
Masses glissées



Éventails sous-marins



Limite d'extension du sel messinien



Paléoréseau fluviatile messinien du golfe du Lion



Extension sous couverture de la croûte océanique ligure

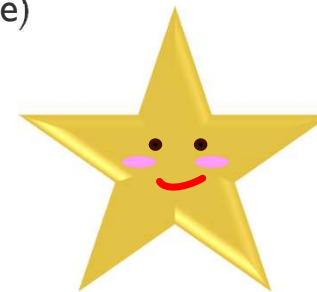
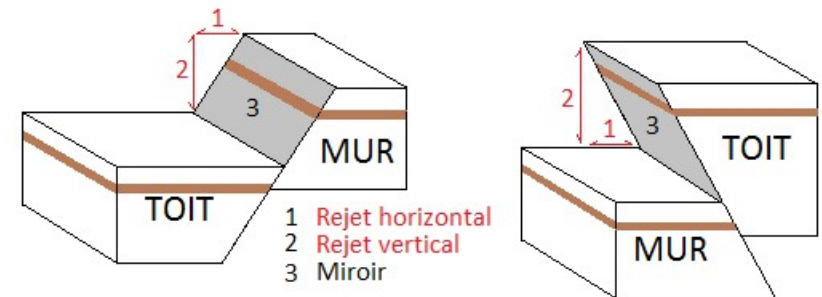
## B. LES ELEMENTS STRUCTURAUX CARACTERISANT DES RELATIONS GEOMETRIQUES ET TECTONIQUES ENTRE FORMATIONS ROCHEUSES

### I. LES FAILLES

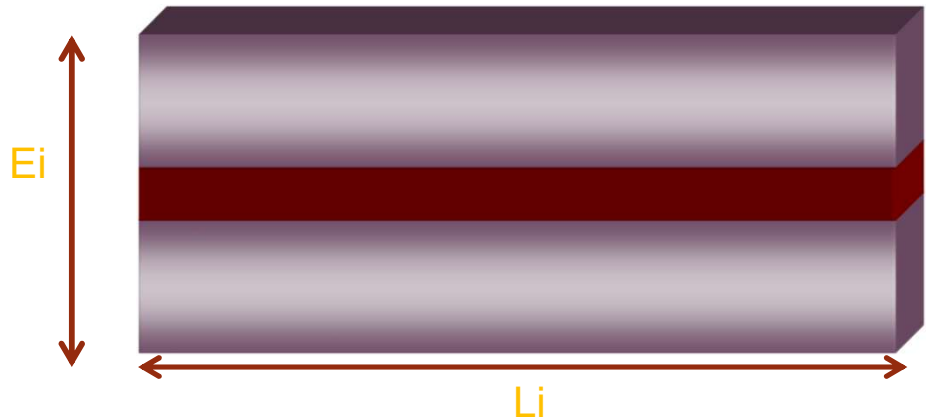
Une faille est un plan séparant deux volumes de roche et le long duquel les deux volumes de roches se déplacent l'un par rapport à l'autre.

Une faille est systématiquement caractérisée par :

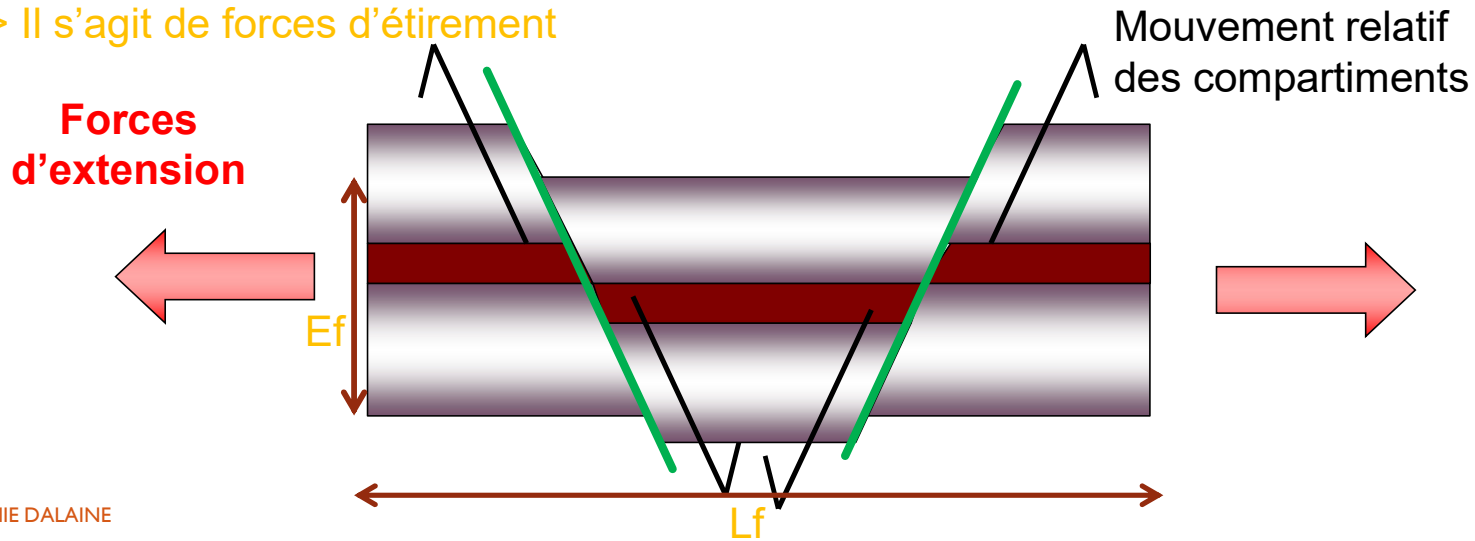
- Un **toit** : c'est le compartiment de roche situé au-dessus de la faille.
- Un **mur** : c'est le compartiment de roche situé au-dessous de la faille.
- Un **miroir** (ou plan) : c'est le plan de faille lui-même.
- Un **rejet** : c'est la distance de déplacement (verticale et horizontale) qui s'est produit lors du fonctionnement de la faille.



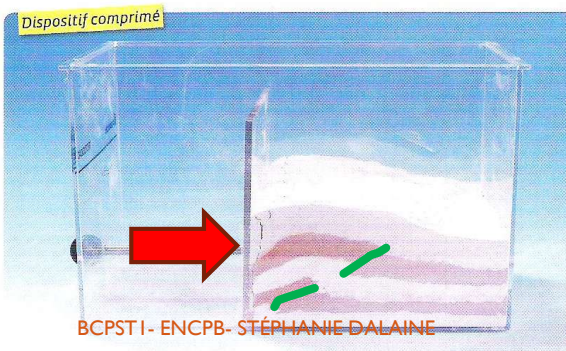
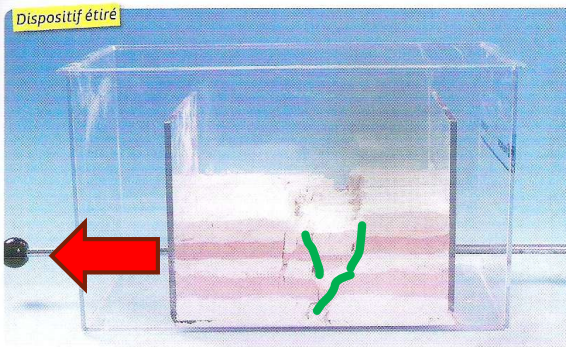
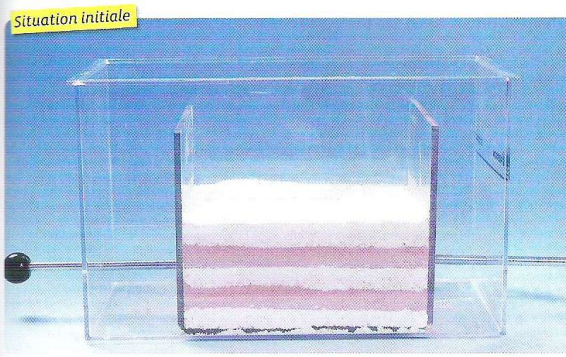
# FAILLES NORMALES ASSOCIÉES À DES FORCES D'EXTENSION



$L_i < L_f$   
 $E_i > E_f$   
=> Il s'agit de forces d'étirement



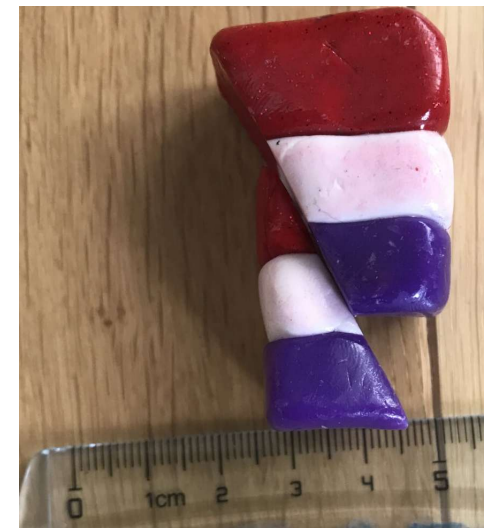
# MODÉLISATION DES DÉFORMATIONS TECTONIQUES



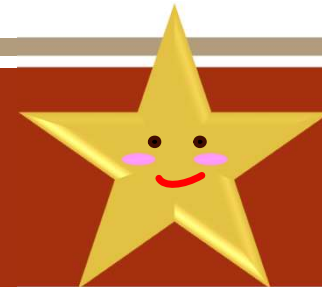
Failles normales



Failles inverses



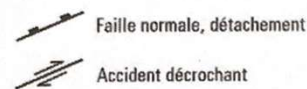
# DÉFORMATIONS TECTONIQUES CASSANTES



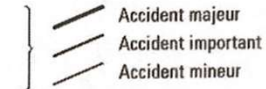
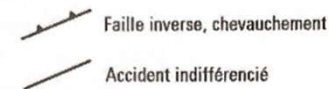
## ■ Les failles normales : contexte d'extension

- Déplacement vers le bas du toit de la faille.
- miroir souvent proche de la verticale, et souvent courbé (on parle alors de faille listrique)
- traits épais avec des rectangles situés du côté du bloc effondré.

### ÉLÉMENTS STRUCTURAUX



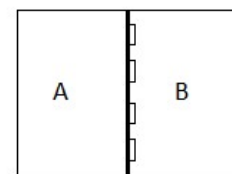
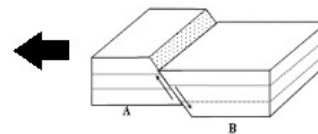
### Accidents et failles



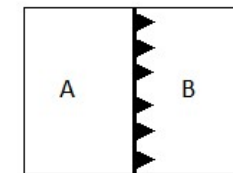
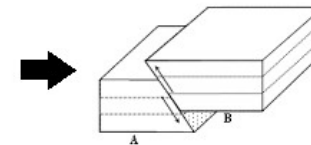
en tirets : accidents ou flexures masqués ou supposés

## ■ Les failles inverses : contexte de convergence

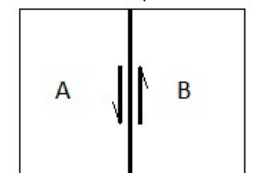
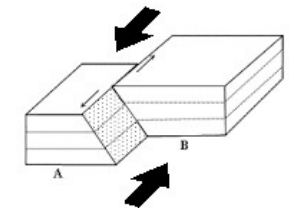
- déplacement du toit de la faille vers le haut
- miroir plus proche de l'horizontale que pour une faille normale
- traits épais avec des triangles, toujours situés du côté du bloc chevauchant.



1. Faille normale



2. Faille inverse

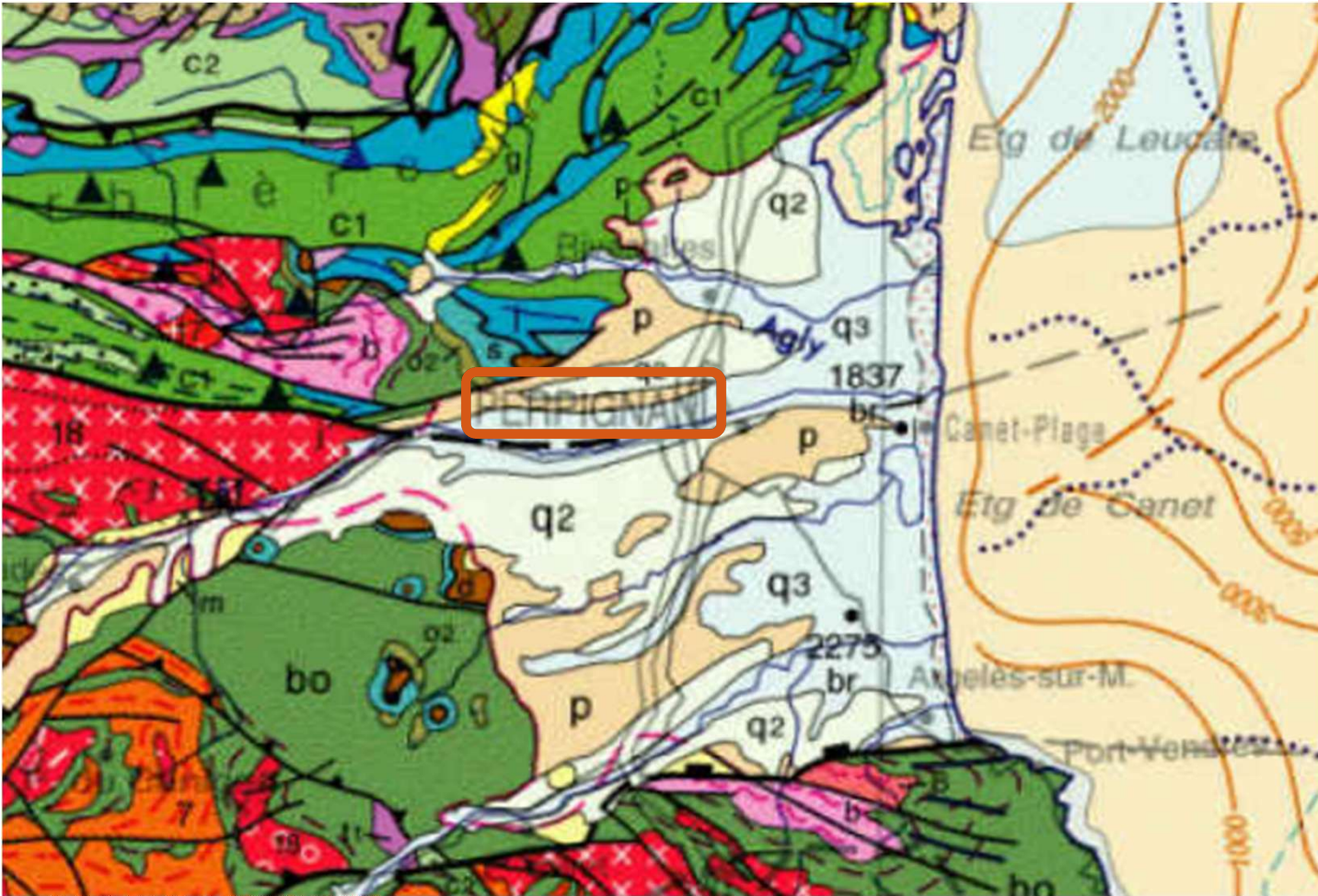


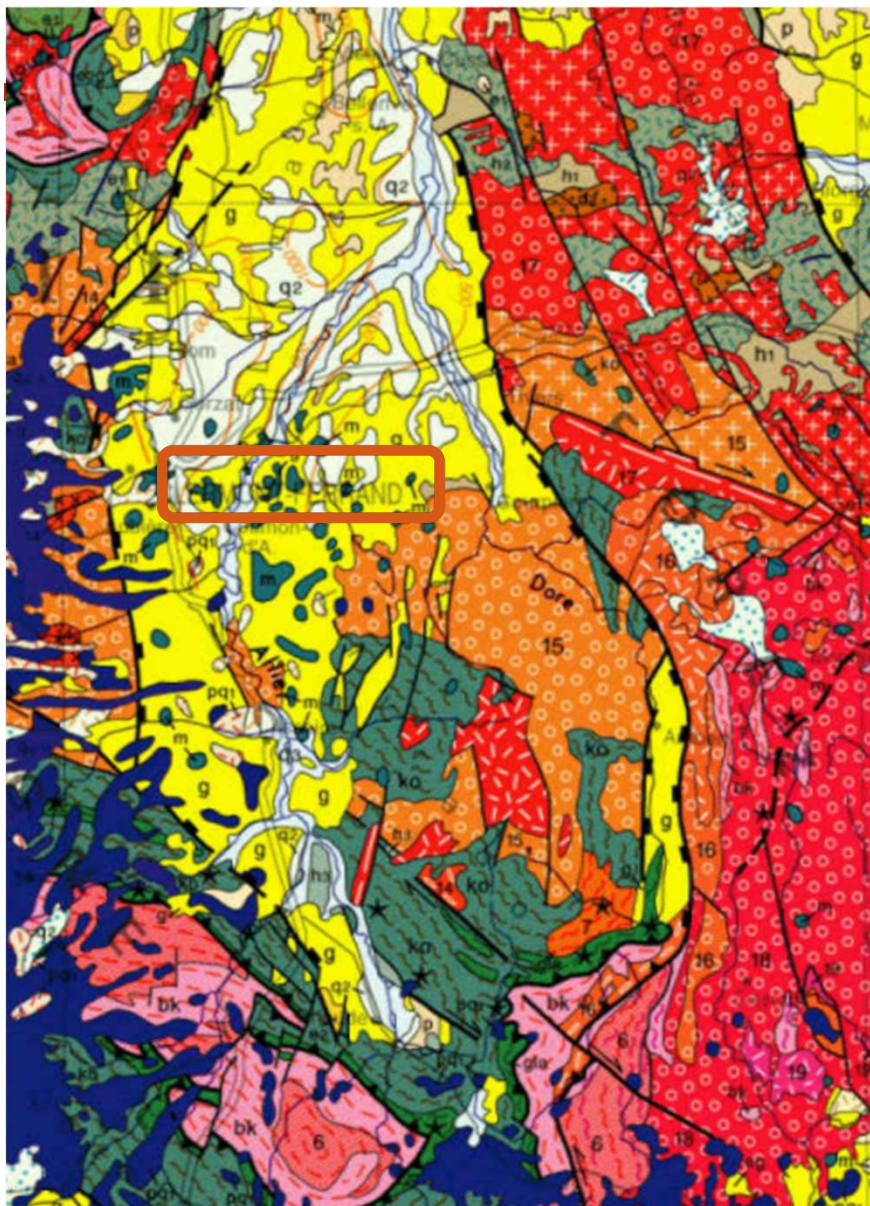
3. Faille décrochante sénestre

## ■ Les failles décrochantes : contexte de "coulissage"

- mouvement horizontal des compartiments rocheux
- trait avec de part et d'autre des flèches → le sens de déplacement
- dextre (le bloc situé de l'autre côté de la faille part vers la droite)
- sénestre (le bloc en face part vers la gauche).

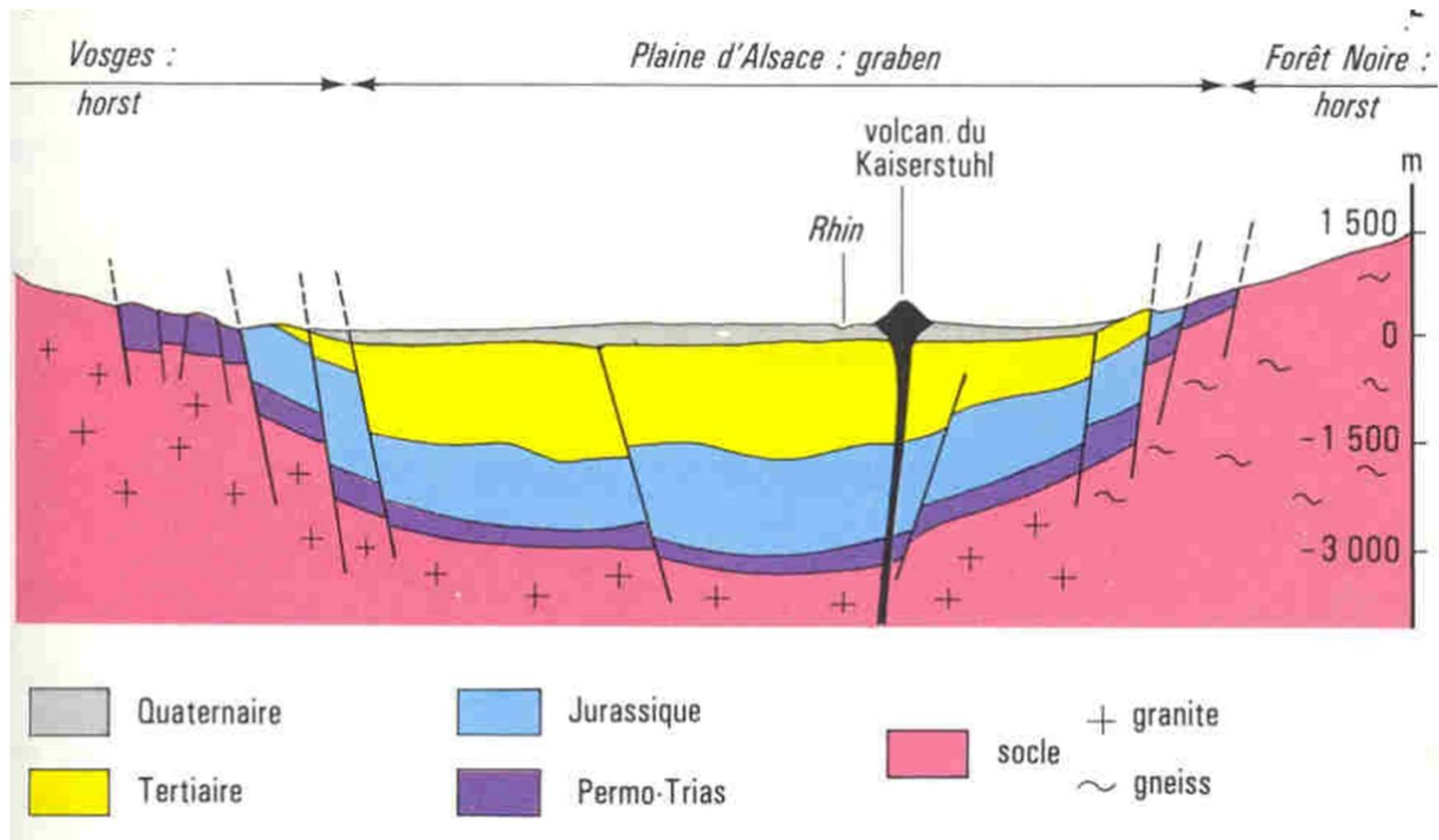
7. Trouver une faille inverse au nord de Perpignan.





8. Trouver une faille normale à proximité de Clermont-Ferrand.

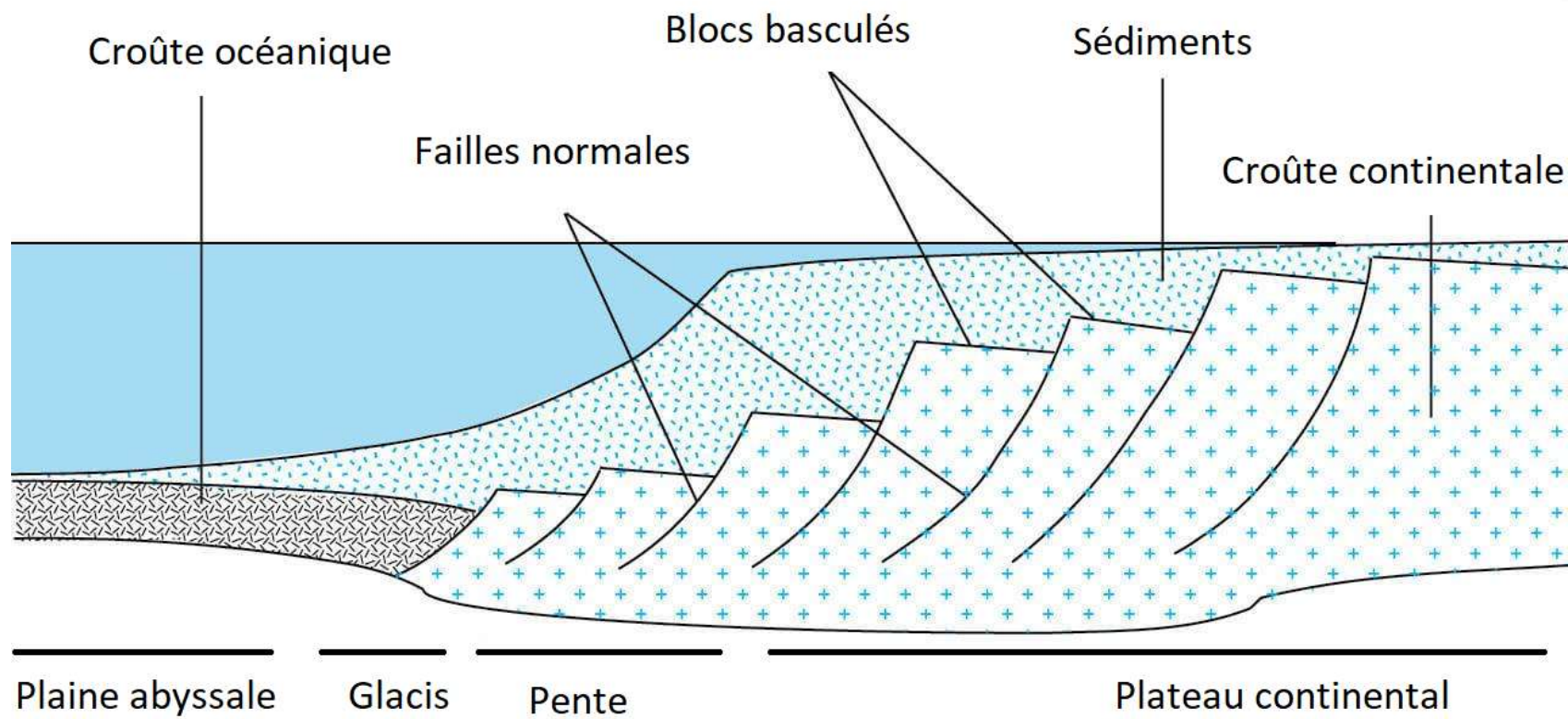






Courbes de niveau rapprochées :  
pente importante  
Profondeur : 200 à 4000m

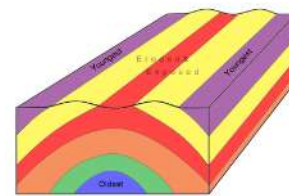
Courbes de niveau  
éloignées : pente faible  
Profondeur : 100 à 200m



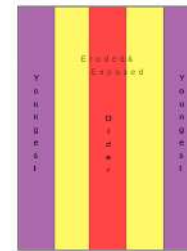
## 2. LES PLIS



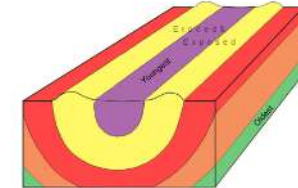
- Un pli est issu de la **déformation continue** (c'est-à-dire **sans rupture**, contrairement aux failles) d'un volume de roche, en réponse à **des contraintes compressives**. Il n'y a **pas de figuré spécifique** pour les plis sur la carte, mais ils sont aisément repérables par des organisations de terrains particulières en vue de dessus (sera vu plus précisément lors d'étude de cartes à d'autres échelles).



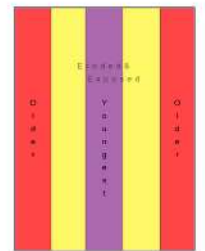
En coupe



En carte



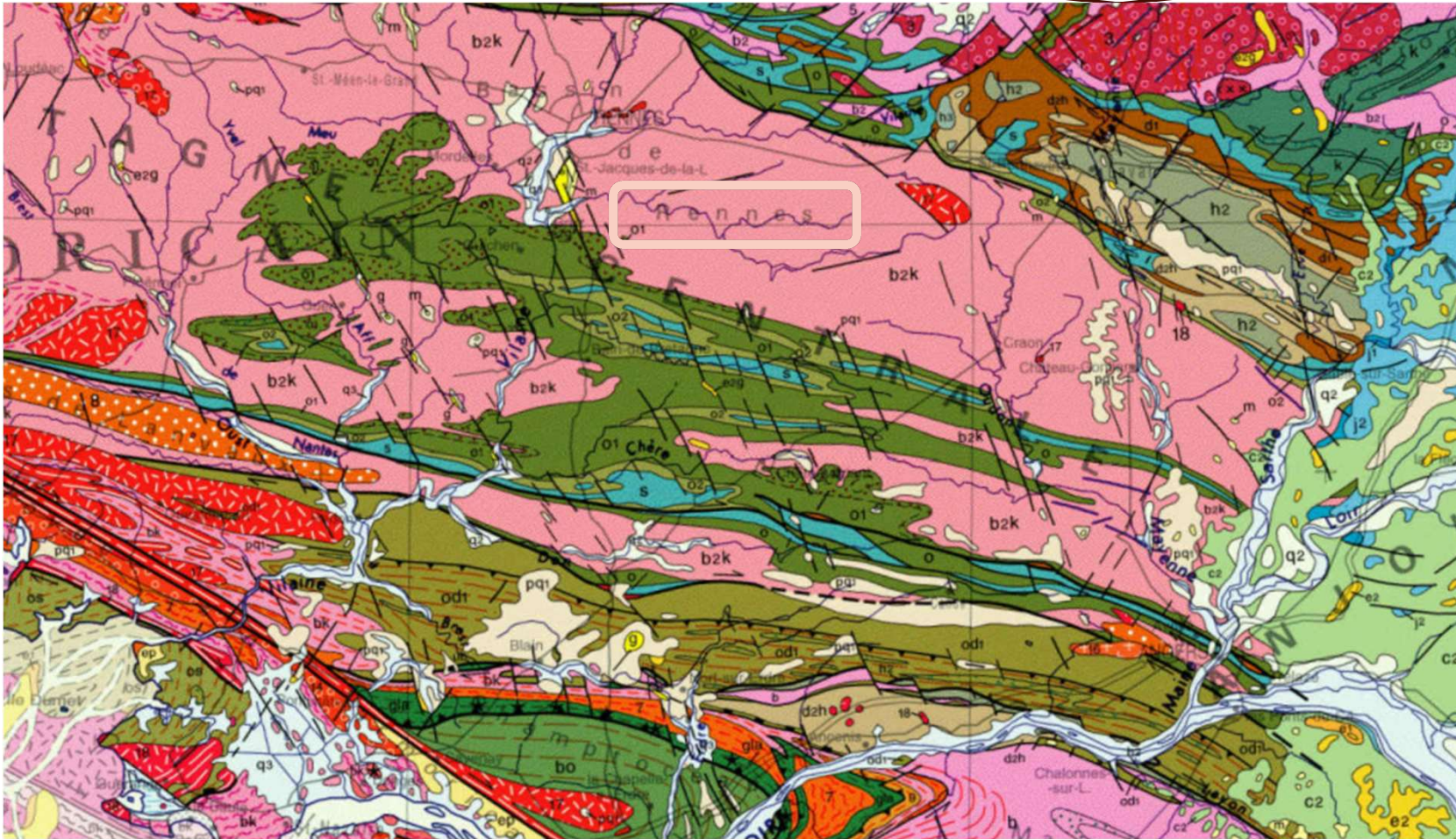
En coupe



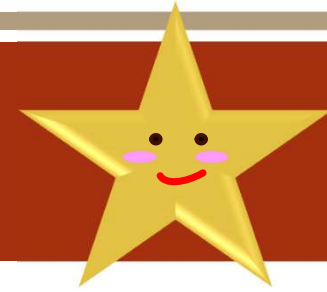
En carte




*Ci-dessus : deux familles de plis et l'aspect de ces derniers en vue cartographique.*

9. Trouver des plis au sud de Rennes.



### 3. LES ISOBATHES



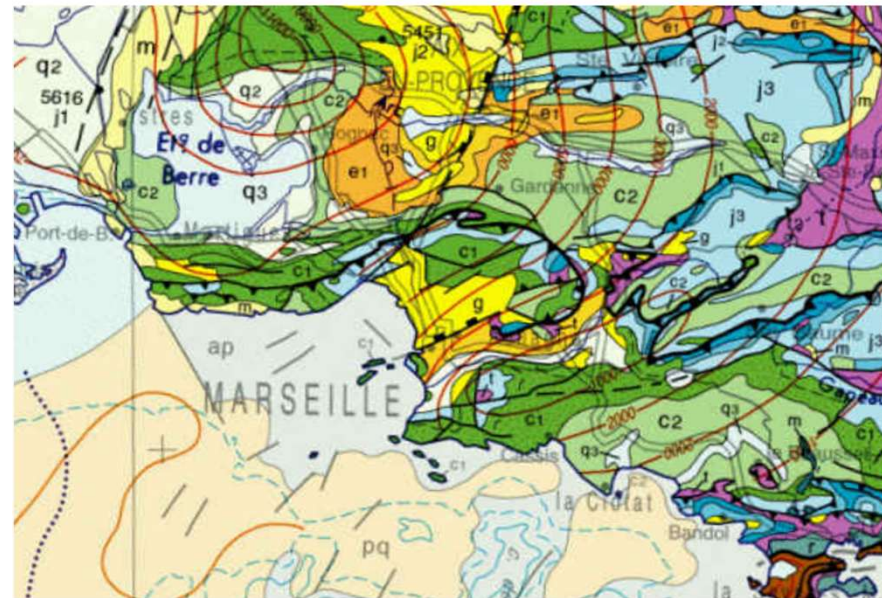
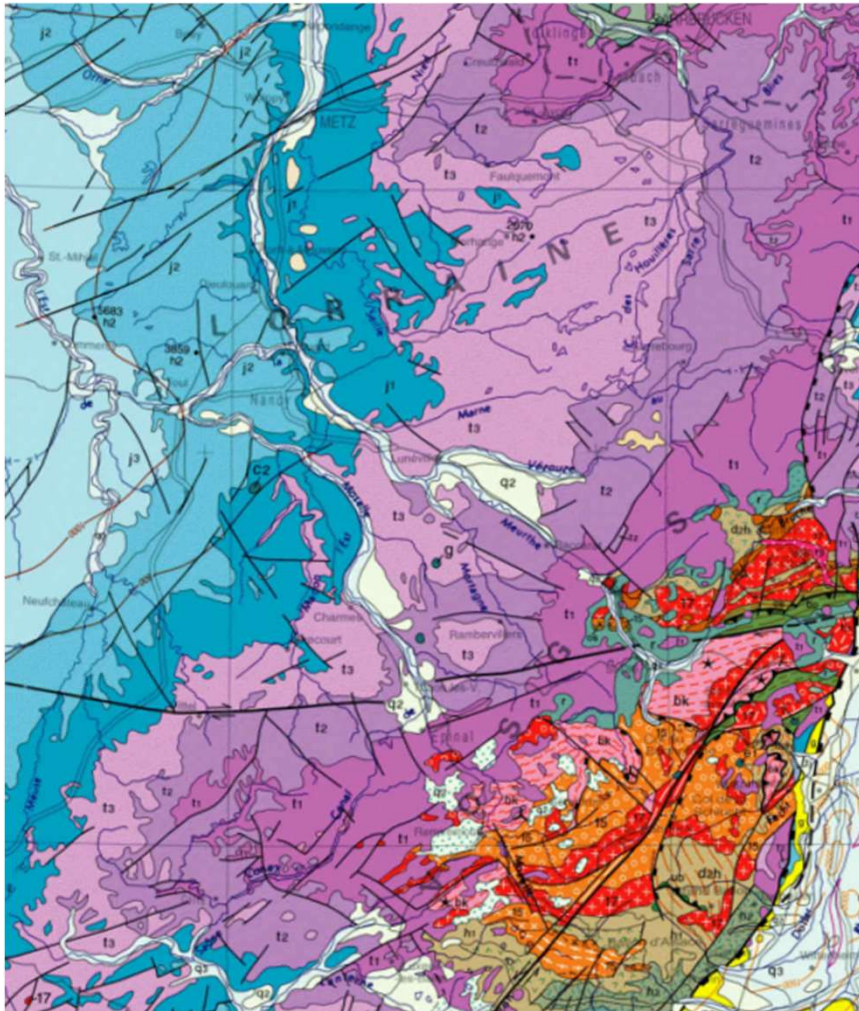
-  Isobathes de la base du Pliocène : bassin du Pô
-  Isobathes de la base du Cénozoïque : fossé rhénan, bassins péri-alpins, bassin sous-pyrénéen, bassin de l'Èbre et golfe du Lion
-  Isobathes de la base du Trias : bassin subalpin, bassins de Paris et d'Aquitaine, Manche, golfe de Gascogne

Les isobathes correspondent aux **lignes de même profondeur** d'une transition entre deux ensembles (correspond à une courbe de niveau). La carte présente 3 groupes d'isobathes importants localisés à différents endroits sur la carte :

- isobathe du pliocène : ligne d'égale profondeur de la limite des sédiments miocène/pliocène.
- isobathe du cénozoïque : ligne d'égale profondeur de la limite des sédiments créacé/cénozoïque.
- isobathes du Trias : ligne d'égale profondeur de la limite des sédiments Permien/Trias.

Les isobathes nous permettent d'avoir **une idée de la profondeur d'un bassin.**

10. Quelle est la profondeur maximale des sédiments Trias dans le bassin de Paris ? Quelle est la profondeur des sédiments Trias à Marseille ?



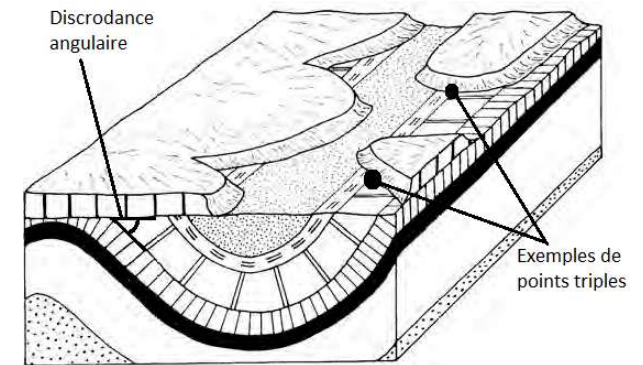
## 4. LES DISCORDANCES : DES CONTACTS ANORMAUX ENTRE FORMATIONS ROCHEUSES



- Dans bassin sédimentaire non perturbé: **strates en couches parallèles** → disposition est **concordante**
- Si la géométrie des strates perturbée → disposition **discordante**
- Origines des discordances :
  - **Une lacune de sédimentation** (ex: émergence de la zone)
  - **Une lacune d'érosion**
  - **Une discordance angulaire** : épisode de déformation entre deux dépôts.

Plusieurs indices sur la carte :

- La présence de **points triples**, c'est-à-dire de **points où trois couches géologiques sont en contact** ;
- Une **lacune de sédimentation** souvent **importante** entre les **unités discordantes** ;
- Un **masquage fréquent**, par les **unités en discordance**, de **déformations (failles, plis)**.



*Exemple de discordance : ici on a d'abord dépôt de plusieurs couches en concordance, qui sont ensuite plissées, puis érodées, et enfin dépôt d'une nouvelle couche sédimentaire à l'horizontale. On peut observer des points triples, témoins de cette discordance. On peut également voir que la couche déposée en dernier masque les plis qui ont affecté les couches plus profondes.*

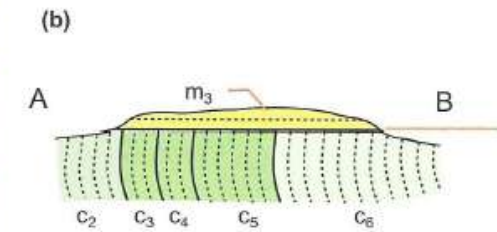
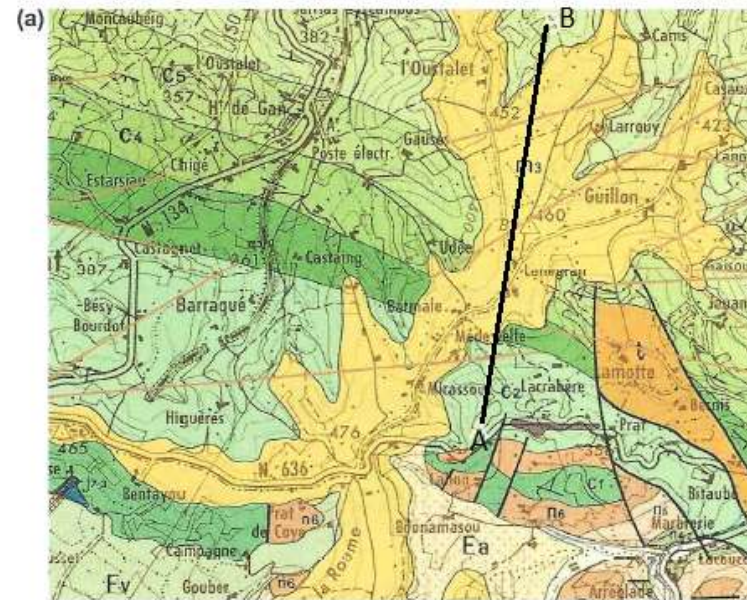
## 4. LES DISCORDANCES : DES CONTACTS ANORMAUX ENTRE FORMATIONS ROCHEUSES



- Une discordance angulaire : épisode de déformation entre deux dépôts.

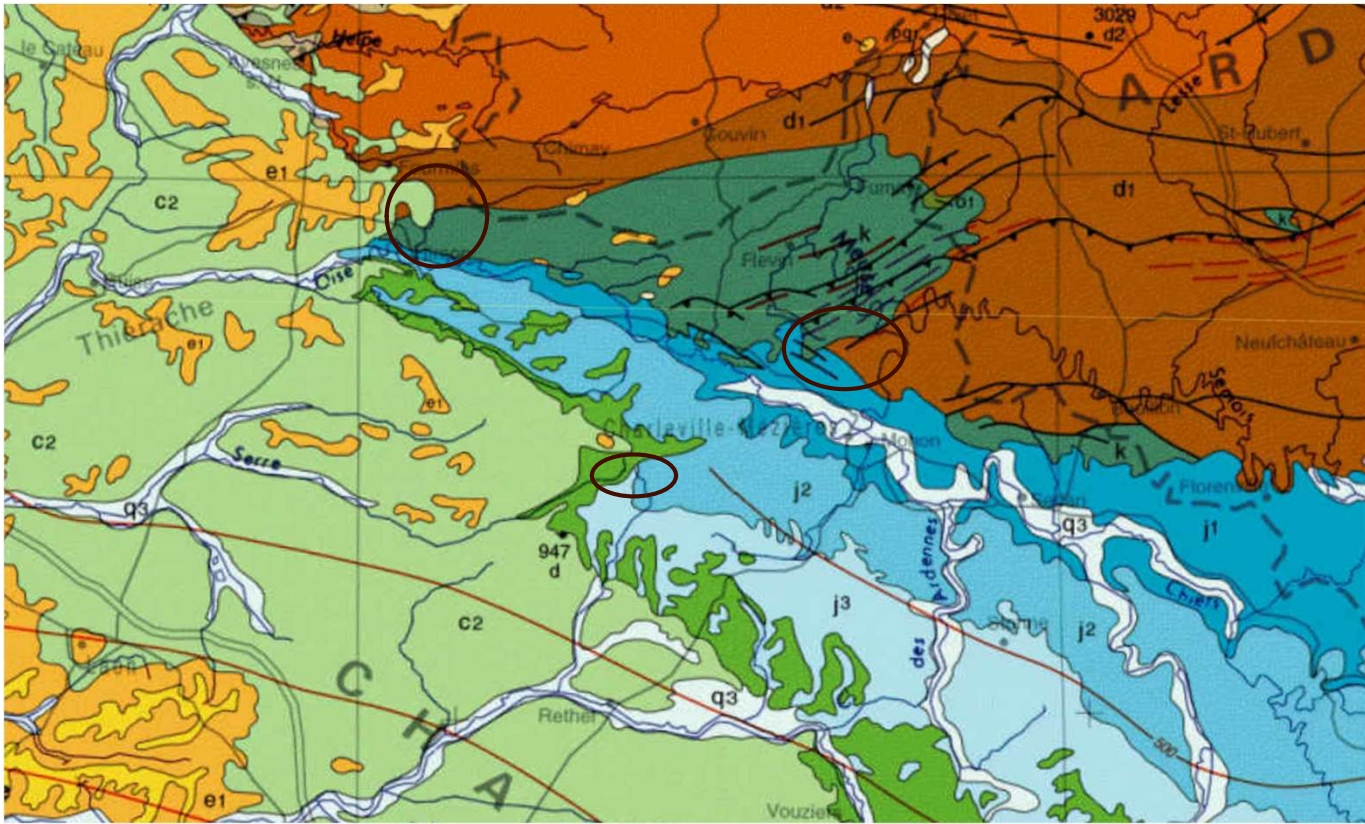
Plusieurs indices sur la carte :

- La présence de **points triples**, c'est-à-dire de **points où trois couches géologiques sont en contact** ;
- Une **lacune de sédimentation** souvent **importante** entre les **unités discordantes** ;
- Un **masquage fréquent**, par les **unités en discordance**, de **déformations (failles, plis)**.



*Un autre exemple en vue cartographique : les couches C2 à C5 sont à la verticale, et recoupées par une couche m3 superposée à l'ensemble des couches crétacé. Ci-dessus interprétation en coupe selon le profil AB. On peut apercevoir les nombreux points triples entre m3 et les autres couches.*

**II. Trouver un point triple révélant une discordance vers Charleville-Mézières (région Champagne-Ardenne).**



# II. RECONNAISSANCE DE QUELQUES PHENOMENES GEOLOGIQUES

## A. L'HISTOIRE D'UNE CHAINE DE MONTAGNE



- Une **chaîne de collision** se forme au cours d'un **cycle orogénique** ou **orogénèse** → 3 étapes :

### ① Une **subduction** : **éo**

- Indices tectoniques : **convergence lithosphérique** → failles inverses et **plis**.
- Pétrologiques : **suture ophiolitique**, **magmatisme de subduction**, **métamorphisme de subduction** (succession de faciès schiste vert, schiste bleu et éclogite).

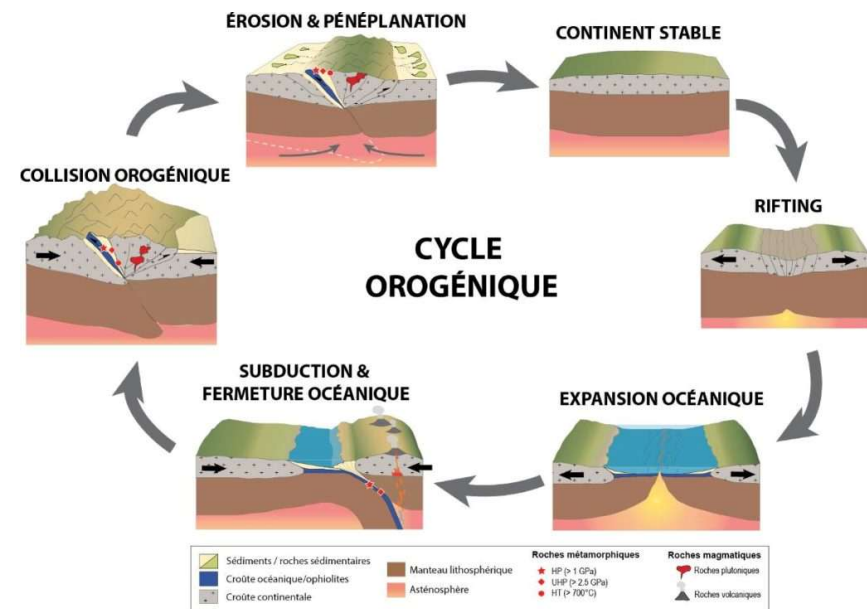
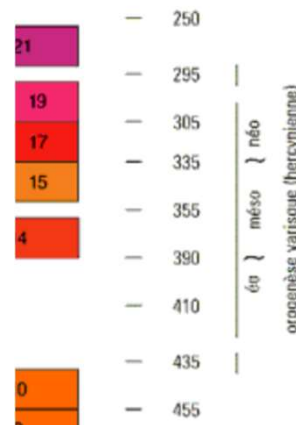
### ② Une **collision** : **méso**

- Indices tectoniques : **convergence lithosphérique** → failles inverses et **plis**.
- Indices pétrologiques : **magmatisme de collision**, **bassins sédimentaires** = **bassins flexuraux**

### ③ Un **effondrement post-orogénique** : **néo**

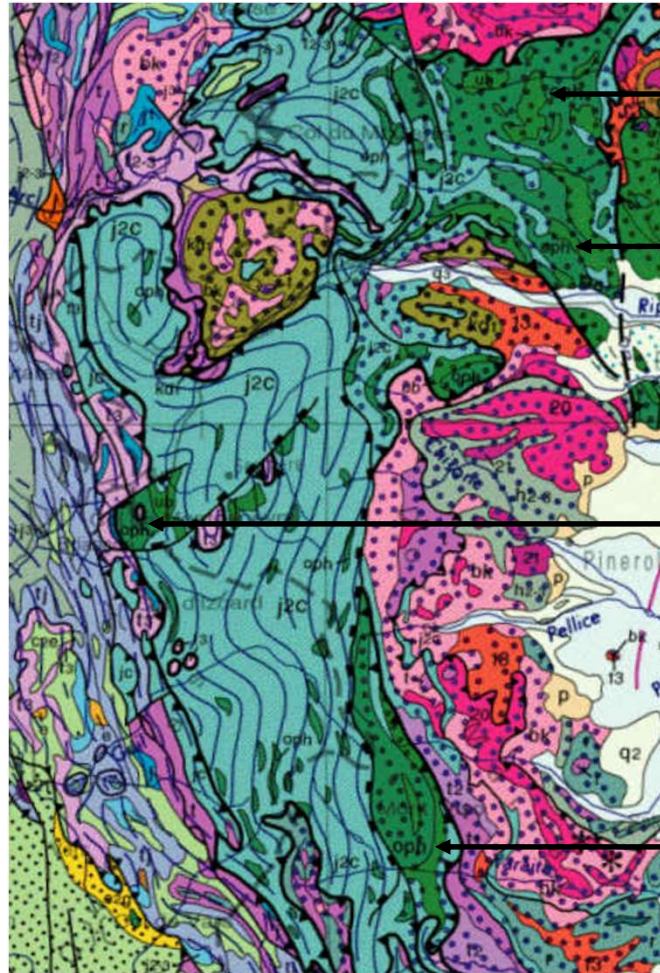
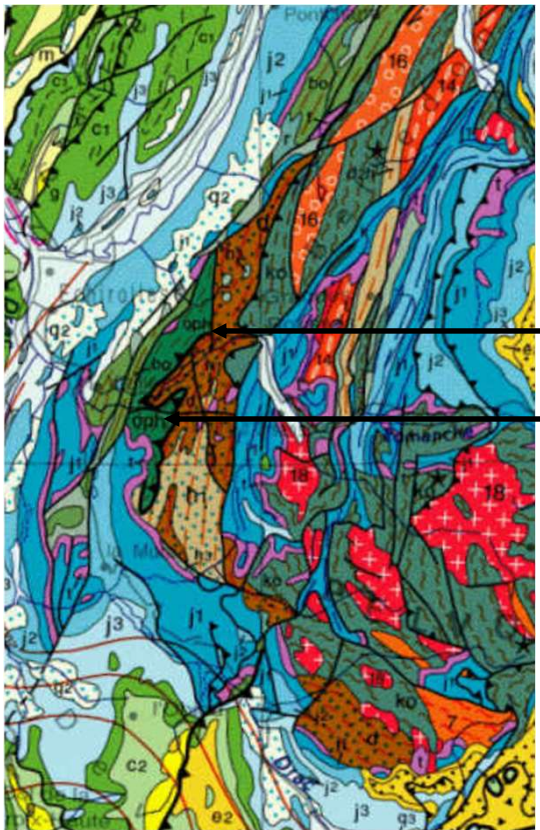
- Indices tectoniques : **failles décrochantes** et quelque fois **normales**.
- Indices pétrologiques : **magmatisme post-orogénique**

BCPST I - ENCPB - STÉPHANIE DALAINE



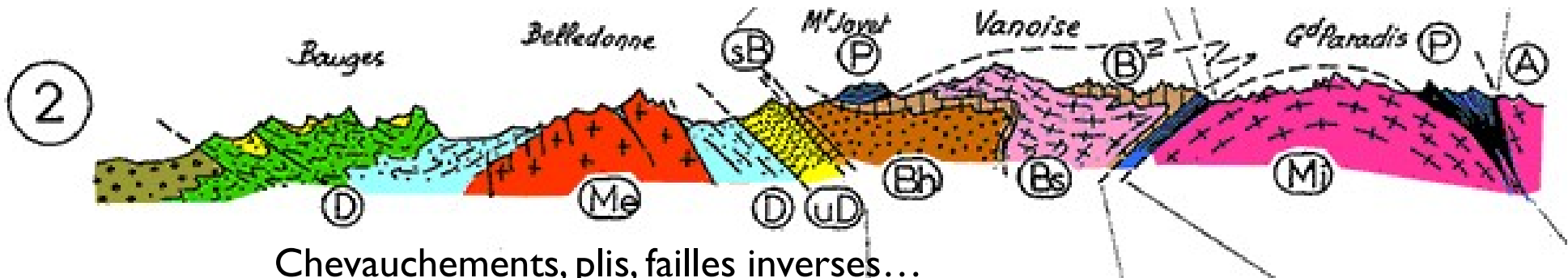
<https://ccgm.org/picg-667/>

12. Trouver une ophiolite dans la chaîne alpine.



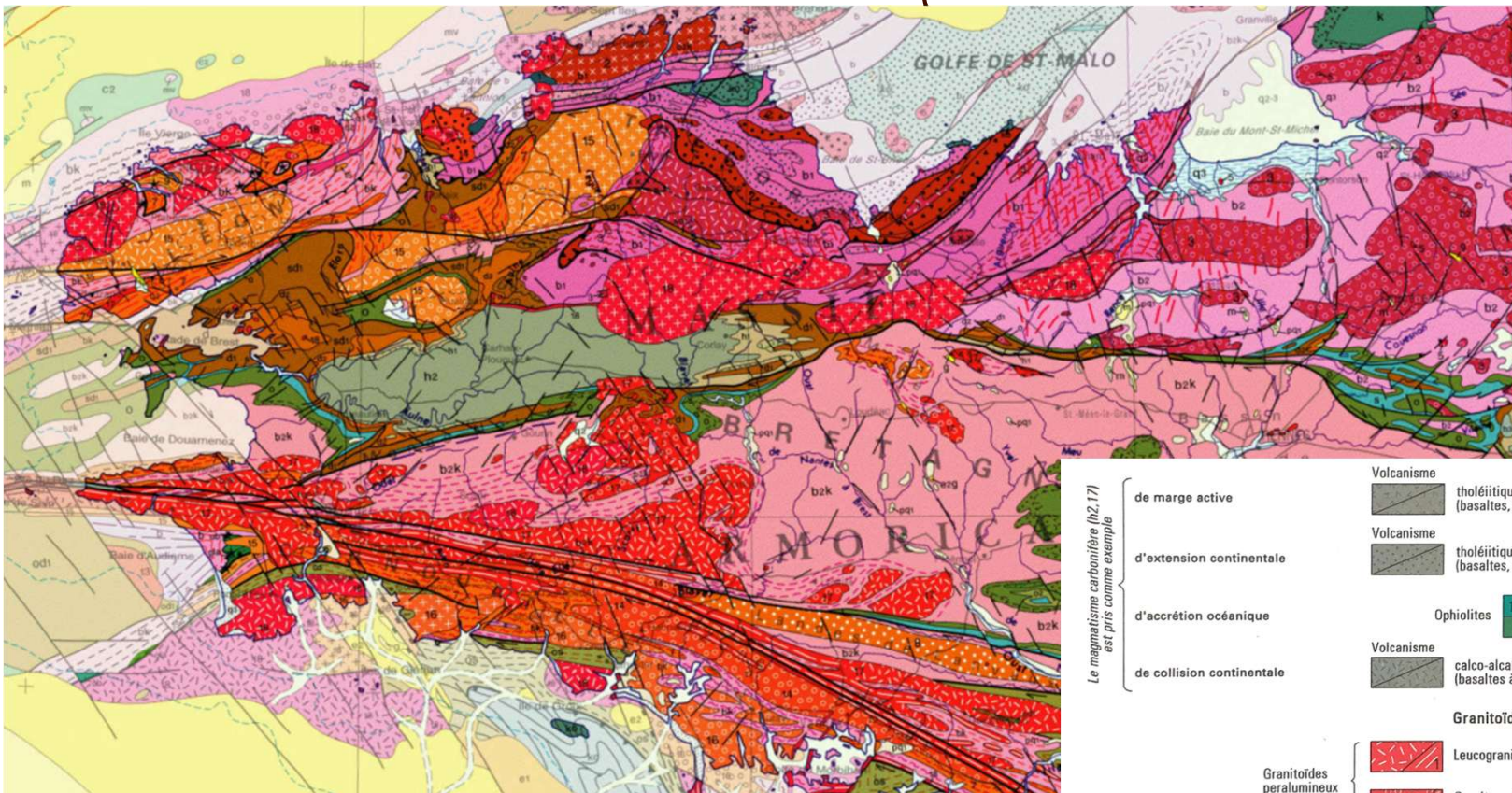
13. Trouver du métamorphisme alpin de faciès éclogitique dans la chaîne alpine.





Chevauchements, plis, failles inverses...

## 14. Trouver du magmatisme de collision dans le Massif armoricain.

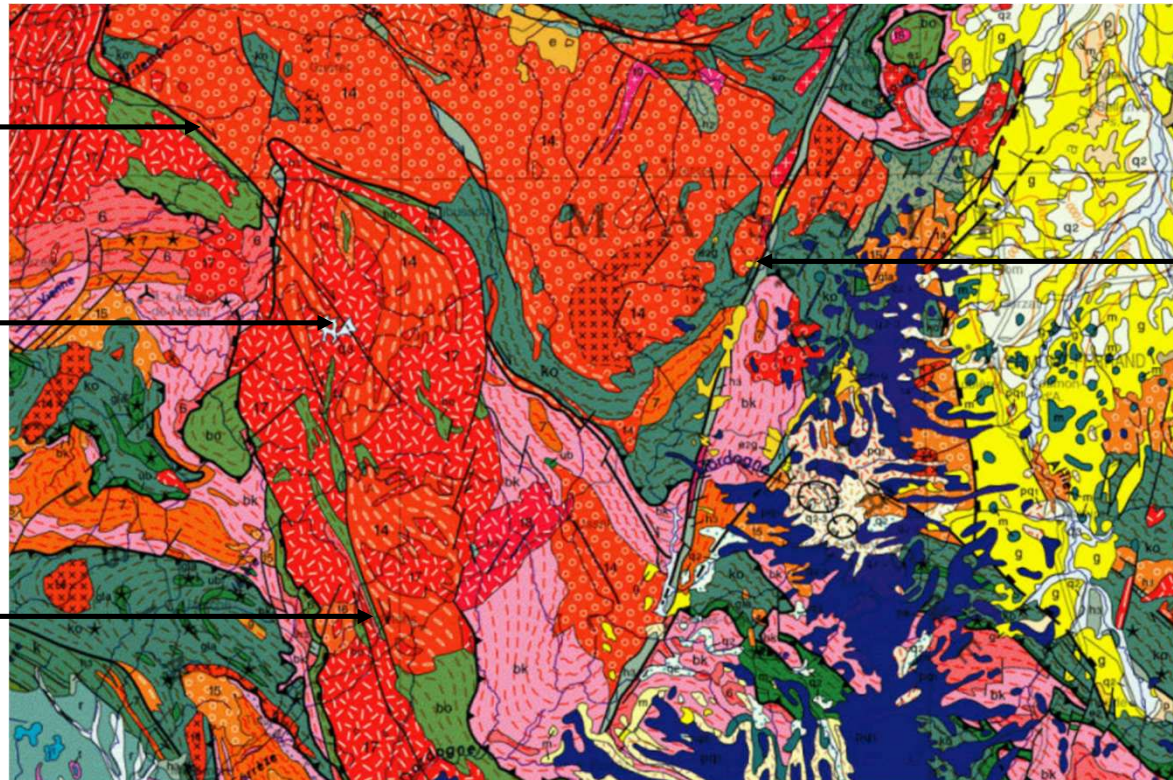


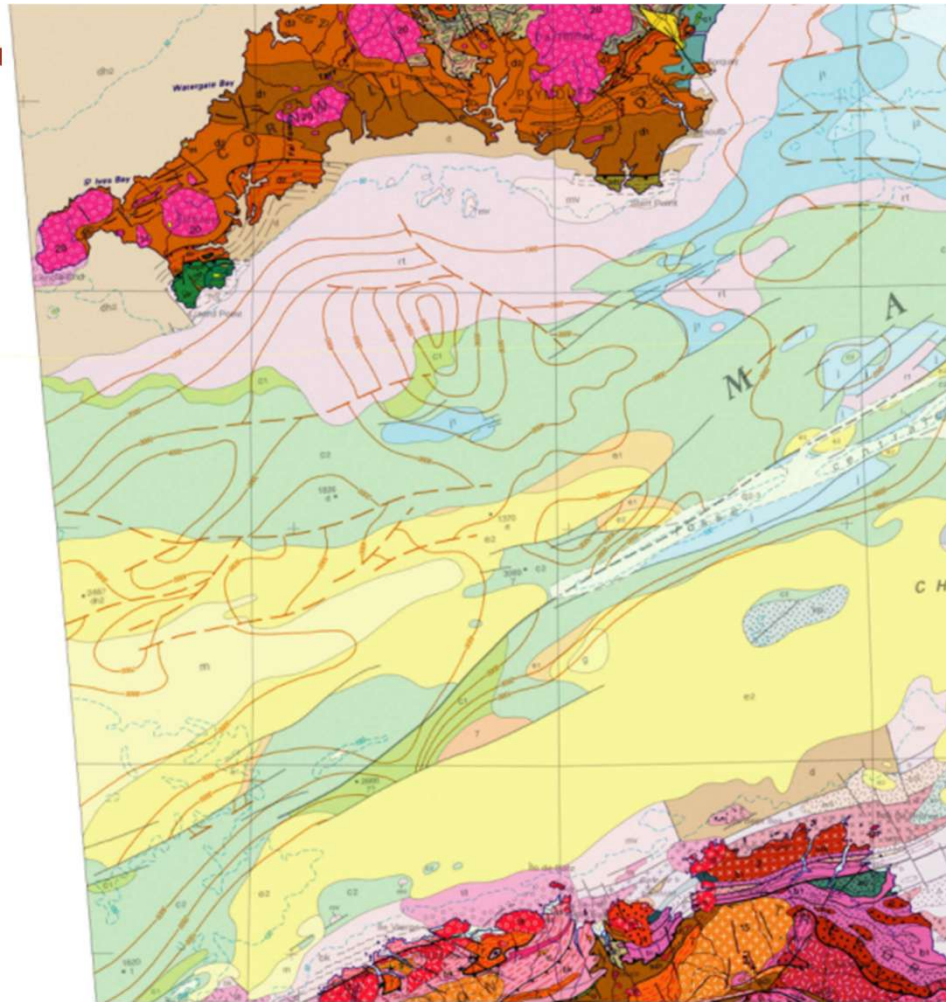
Le magmatisme carbonifère (h2,17) est pris comme exemple

|                           |   |   |                            |  |
|---------------------------|---|---|----------------------------|--|
| de marge active           | Volcanisme  | tholéiitique à calco-alcalin (basaltes, andésites, rhyolites) | Plutonisme                 | tholéiitique à calco-alcalin (gabbros, tonalites, granites)                          |
| d'extension continentale  | Volcanisme  | tholéiitique à peralcalin (basaltes, dacites, rhyolites)      | Plutonisme                 | tholéiitique à peralcalin (gabbros, monzonites, granites)                            |
| d'accrétion océanique     | Ophiolites  | gabbros, basaltes   | Péridotites                | 1 : alpines 2 : varisques  |
| de collision continentale | Volcanisme  | calco-alcalin à alcalin (basaltes à rhyolites)                | Plutonisme                 | (sauf granitoïdes) 1 : microgranites indifférenciés 2 : gabbros, diorites, tonalites |
|                           | <b>Granitoïdes des orogènes de collision</b>  |   |                            |  |
| Granitoïdes peralumineux  | Leucogranites   | Granites et grandiorites                                      | Granitoïdes calco-alcalins | subcalcins potassiques calco-alcalins stricto sensu                                  |
|                           | 1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place                                  |   |                            |  |
| Formations particulières  | gla   | Complexe varisque leptyno-amphibolique                        | ub                         | Péridotites mantelliques   |
|                           | 1/2/3/ Principaux champs filoniens ( 1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques ) |   |                            |  |

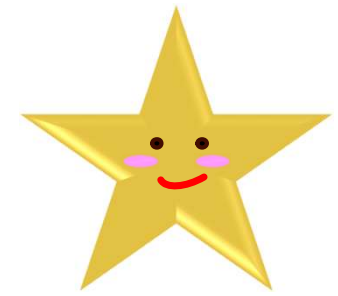


15. Trouver une faille décrochante dans le Massif central.

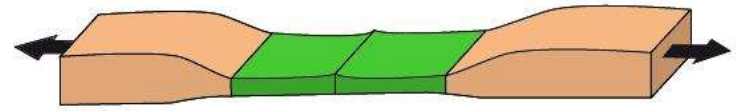
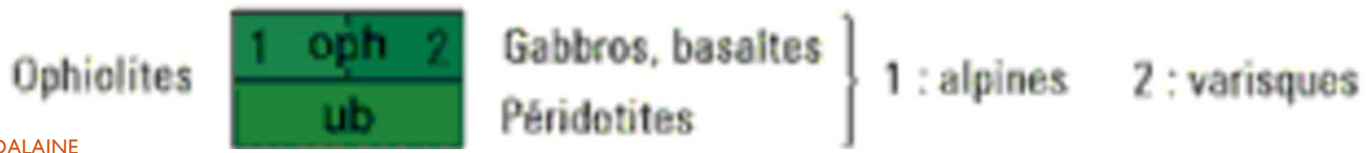


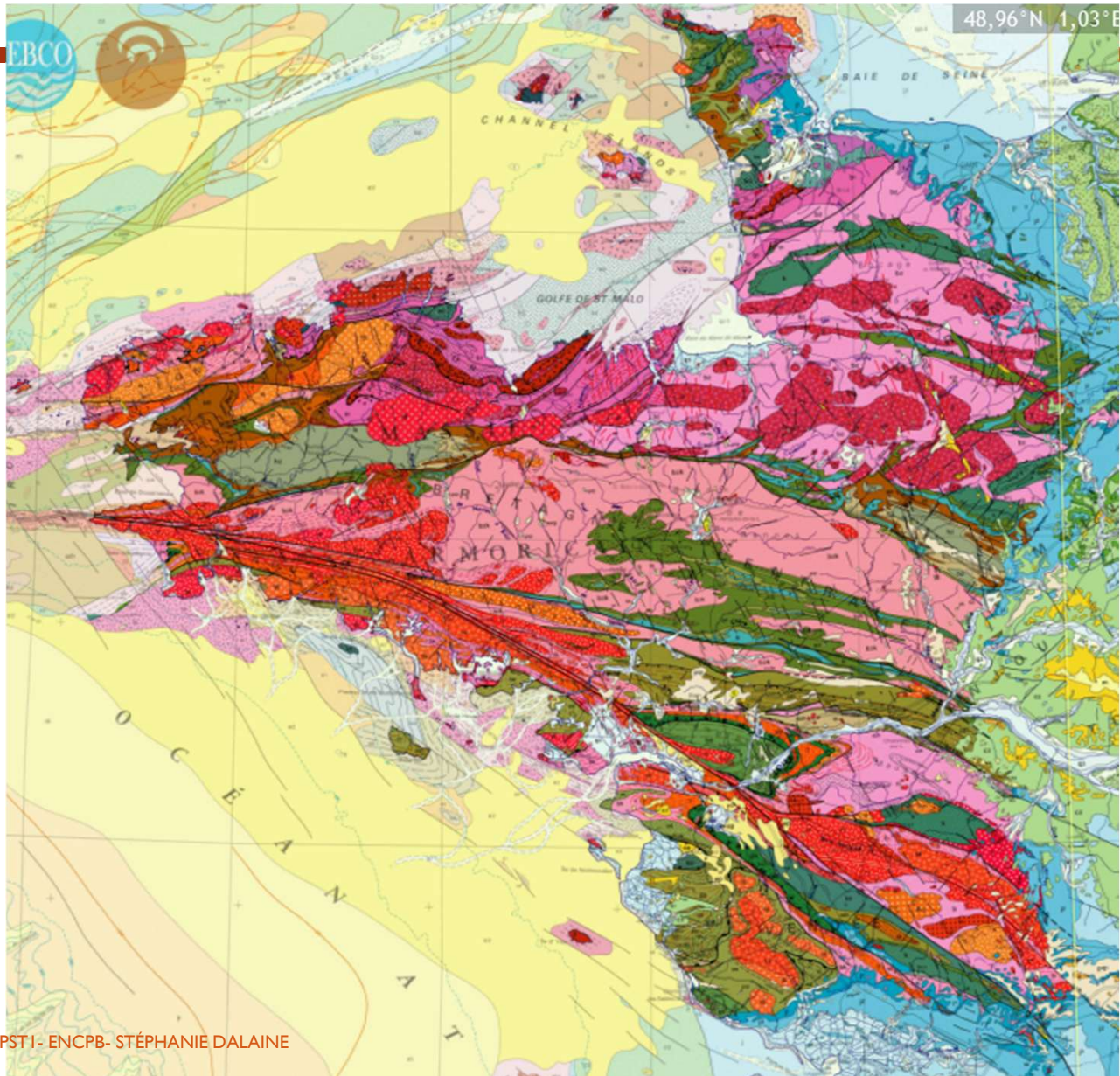


**Bonus. Trouver des ophiolites varisques dans le Massif armoricain.**

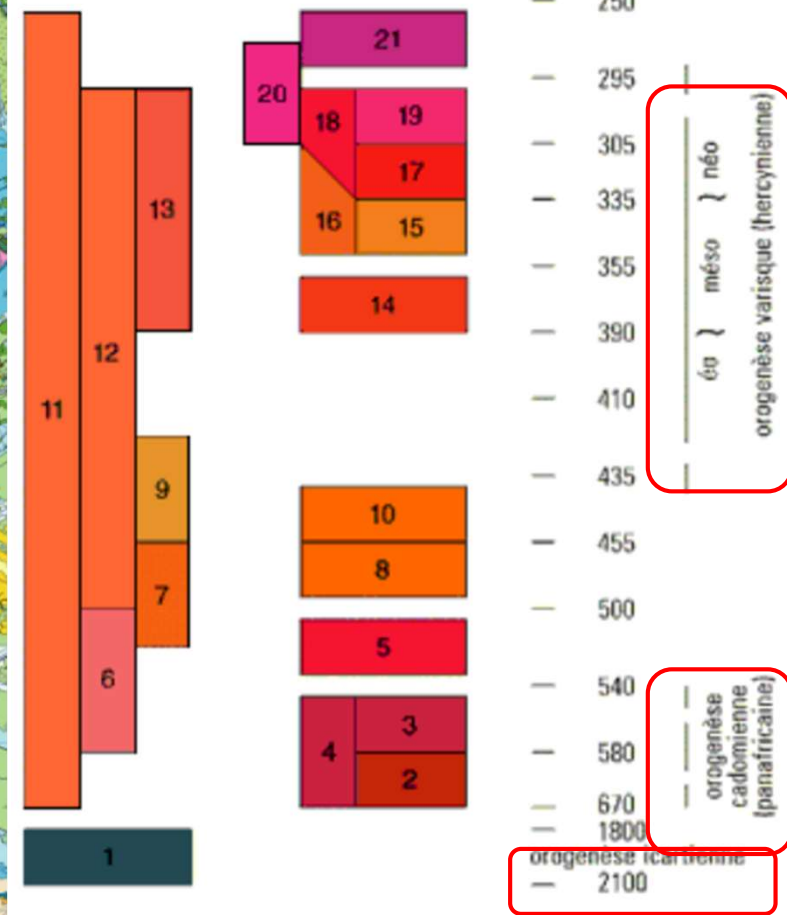


Ophiolites du Cap Lizarc

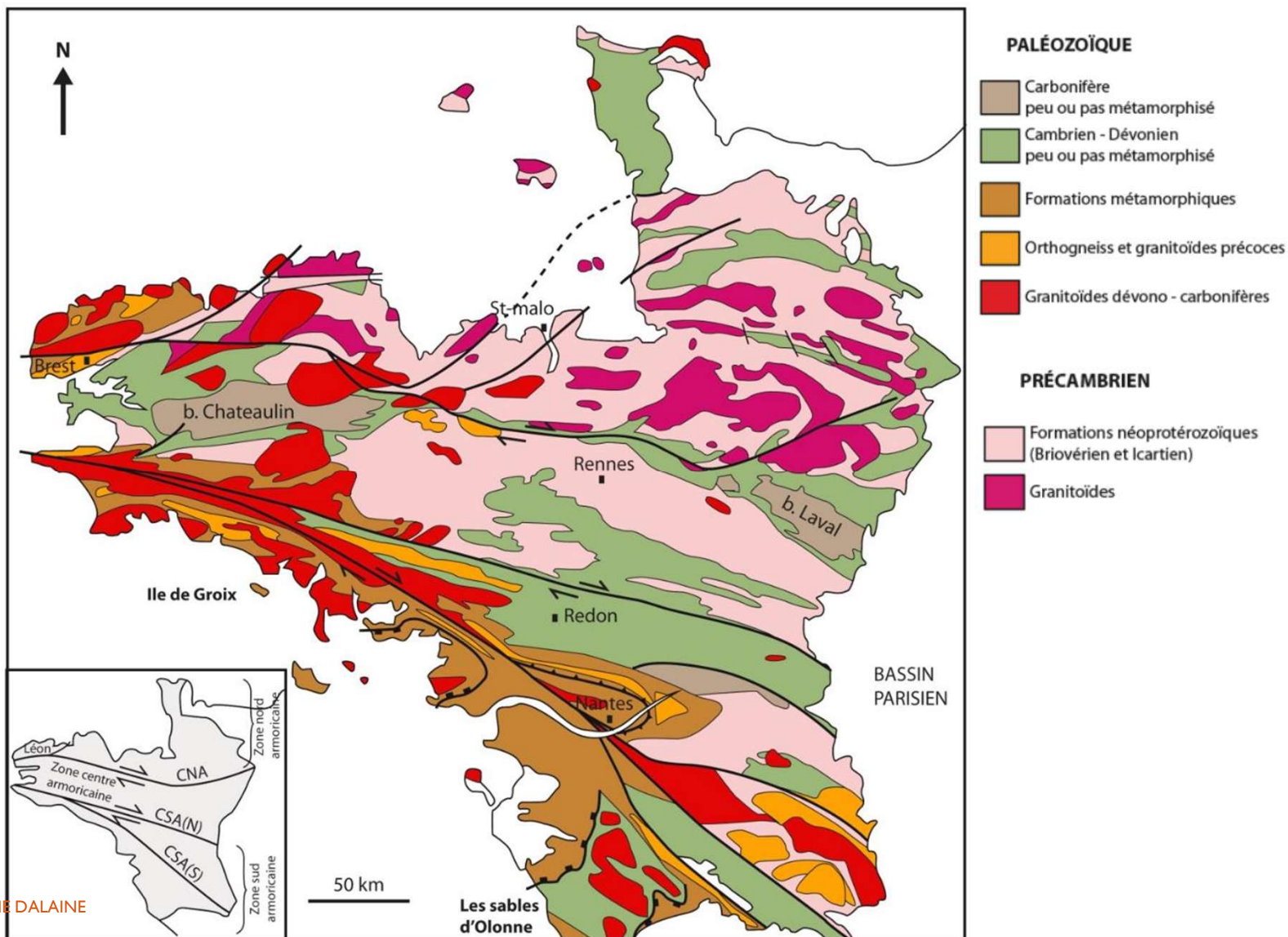




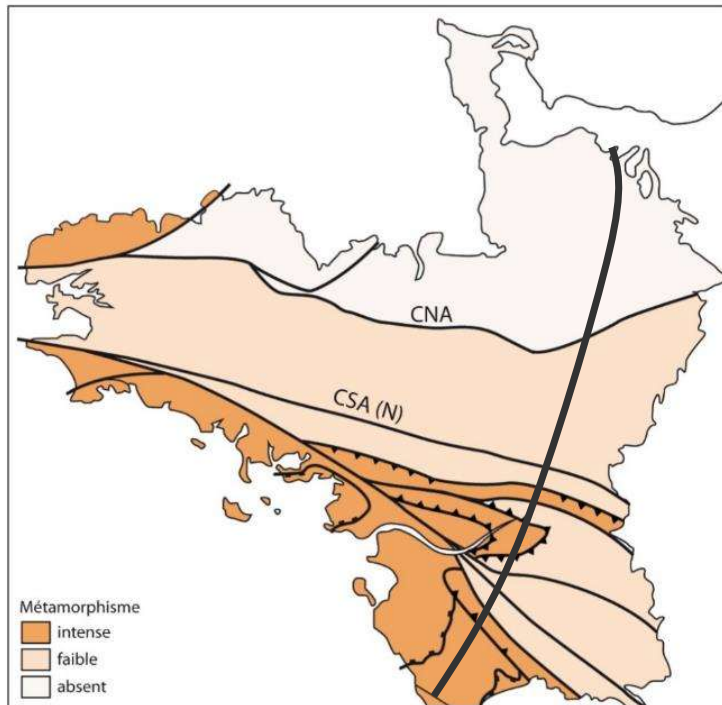
**ORTHOgneiss**



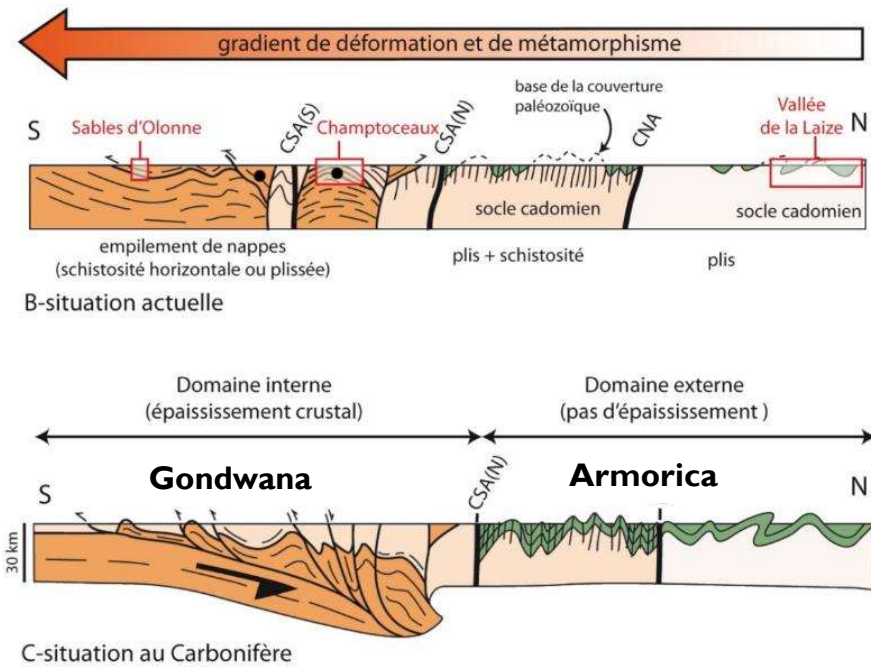
B.O « Les continents associent des domaines d'âges différents. Ils portent des reliquats d'anciennes chaînes de montagnes (ou ceintures orogéniques) issues de cycles orogéniques successifs. »



## Un gradient N-S de déformation varisque

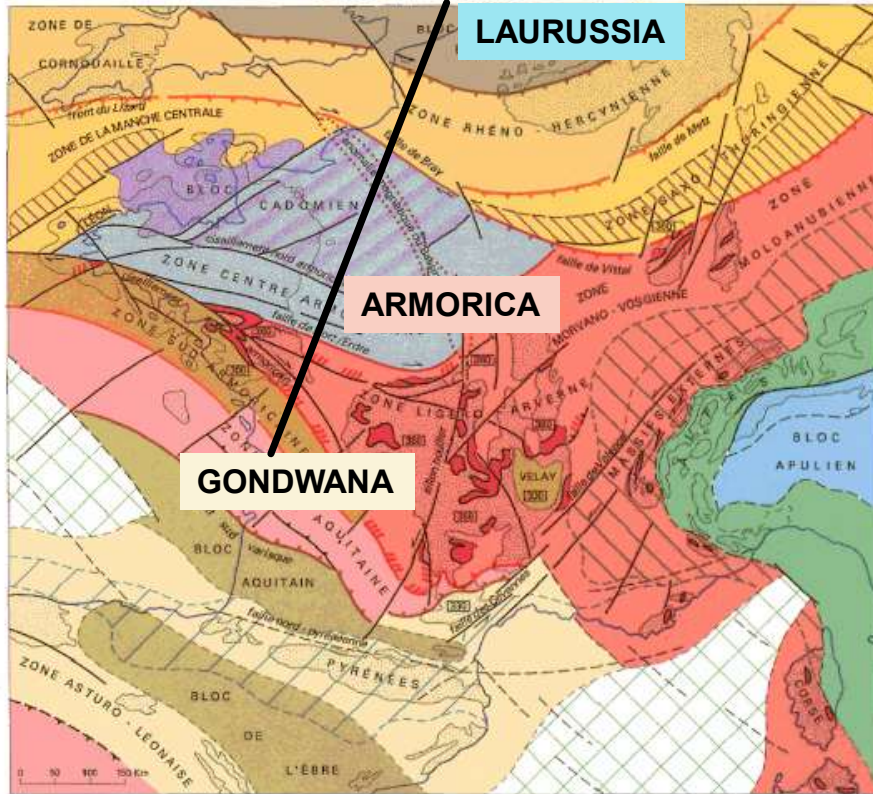







Répartition du métamorphisme varisque dans le Massif Armoricain

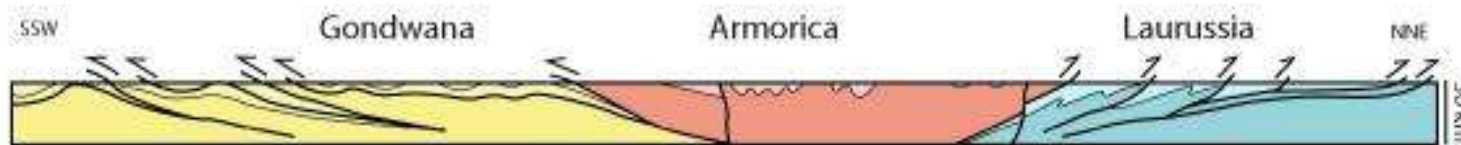


Affrontement de deux blocs continentaux

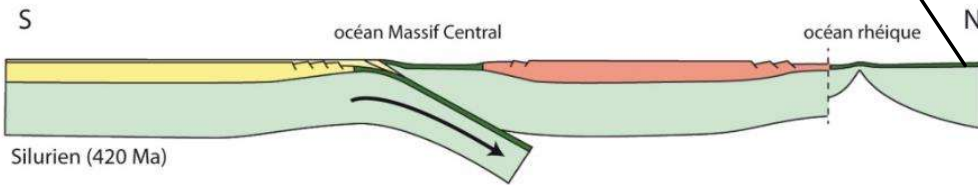
## CYCLE VARISQUE



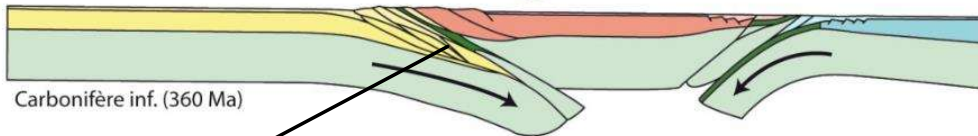
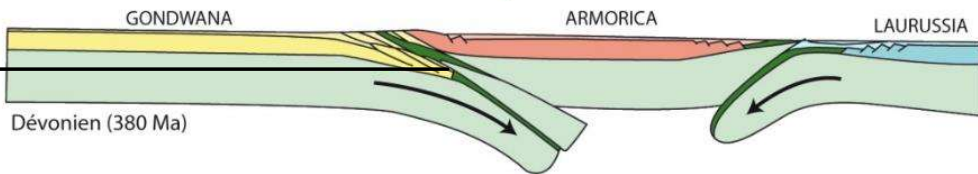
-  Nappes externes nord, à vergence nord d'âge carbonifère supérieur
-  Nappes cristallines nord, à vergence nord d'âge dévono - dinantien
-  Domaine interne polyphasé
  - 1 : reliques de croûte subductée
  - 2 : prolongements géophysiques
 } subduction siluro - dévoniennes  
collision dévono - carbonifère  
exhumation dévoniennes à carbonifère, d'âge [330] en Ma
-  Nappes cristallines sud, à vergence sud d'âge dévono - carbonifère
-  Nappes externes sud, à vergence sud d'âge carbonifère supérieur



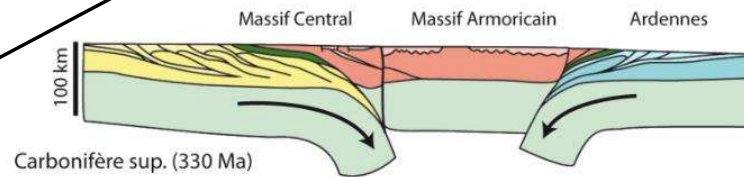
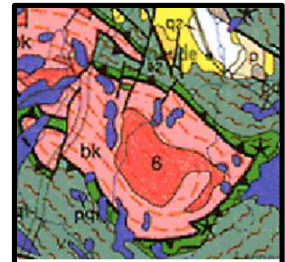
Océanisation



Subduction



Collision



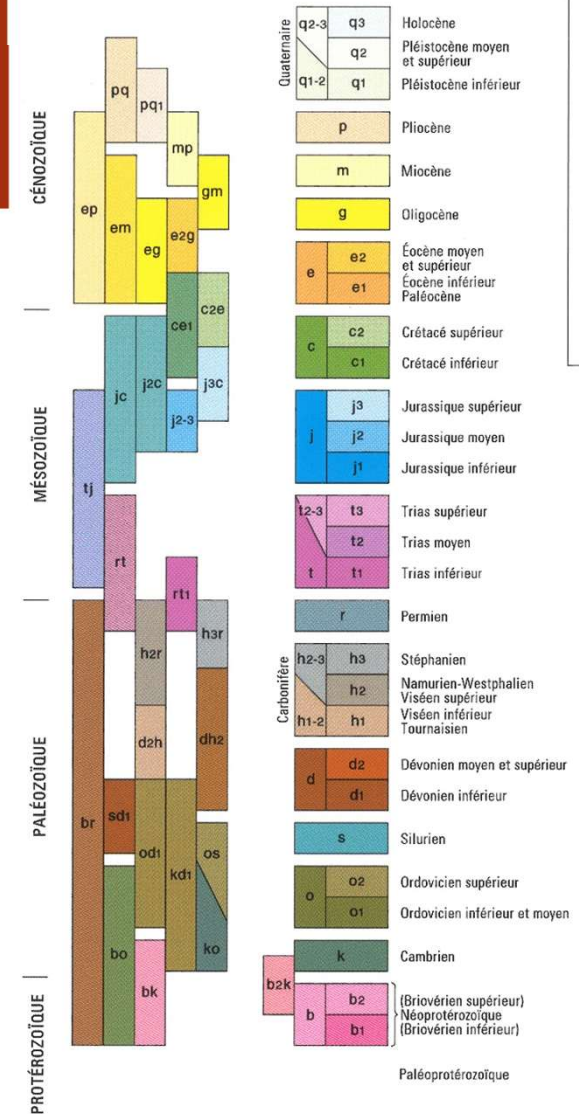
*Les étapes de l'orogénèse varisque*

## B. L'HISTOIRE D'UN BASSIN SEDIMENTAIRE

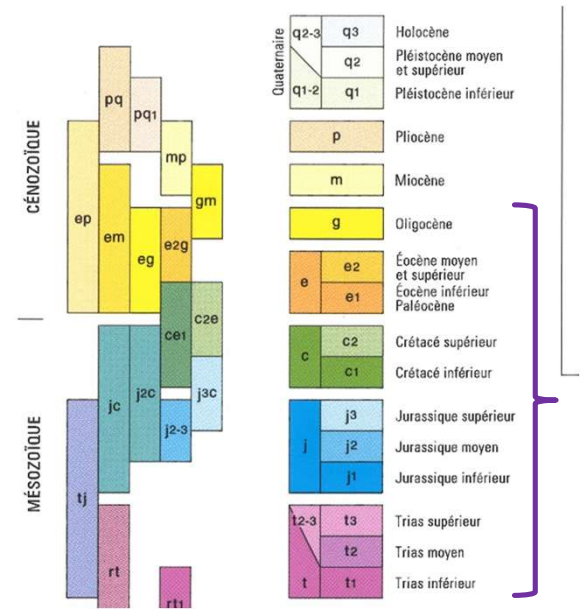


- Un bassin sédimentaire = **dépression topographique** remplie par des sédiments → **roches sédimentaires après diagenèse.**
- Dépôts **marins ou lacustres** : les sédiments se déposent **sous l'eau.**
- Le bassin est caractérisé par :
  - La **période** pendant laquelle il se remplit, donné par l'âge des sédiments qu'on y retrouve.
  - De potentielles **anomalies** dans le remplissage du bassin (par exemple une variation du niveau marin), repérables par des **points triples.**

### STRATIGRAPHIE SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME



16. A quelle période le Bassin parisien est-il en activité ?

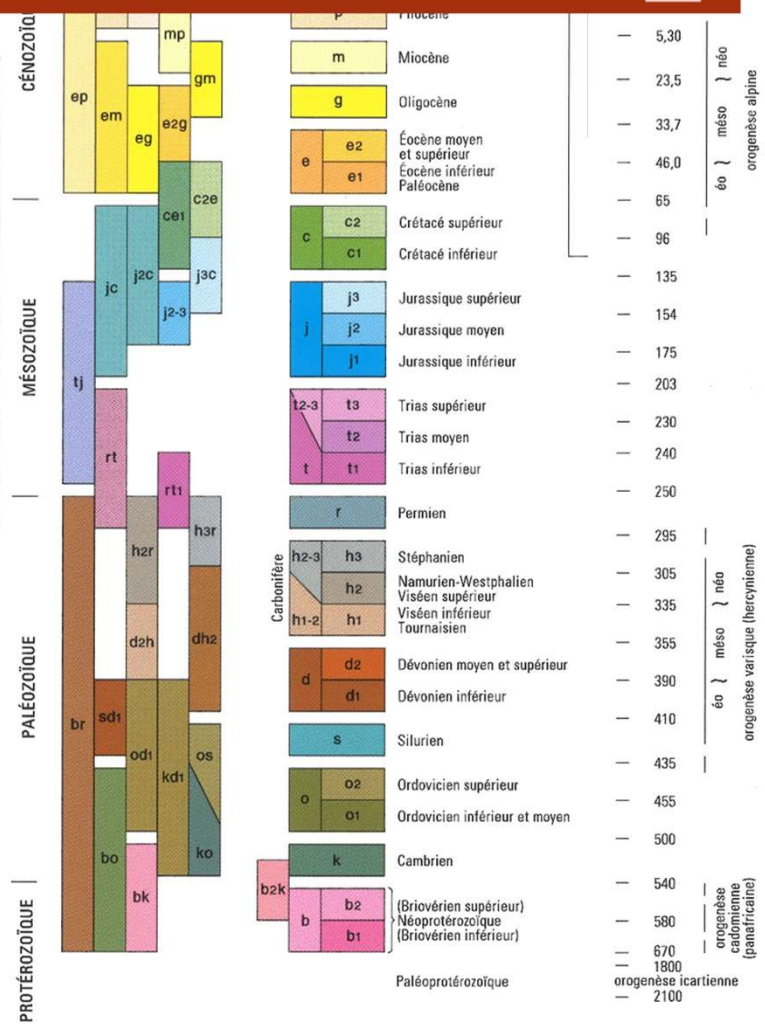
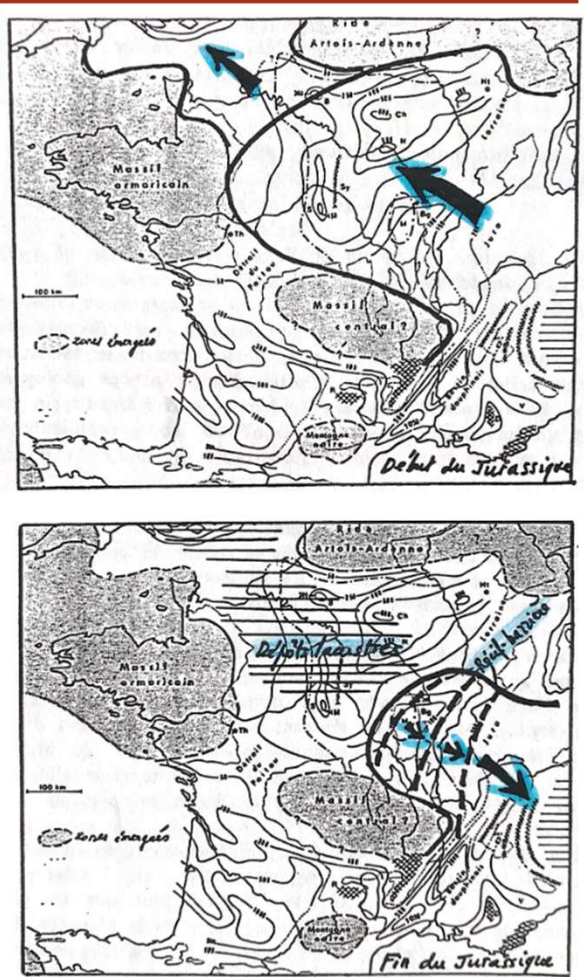




# HISTOIRE DU BASSIN PARISIEN

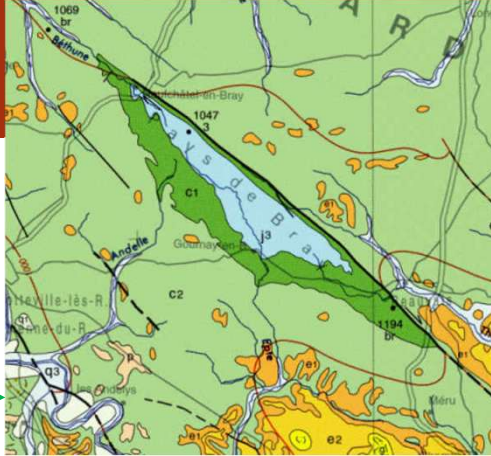
## HISTOIRE STRATIGRAPHIQUE: MÉSOZOÏQUE-CÉNOZOÏQUE

- Jurassique: transgression marine venant de l'ancêtre de la Méditerranée, la Mésogée, contournant le Massif central – golfe peu profond → calcaire et marnes
- Fin du Jurassique: régression vers le S-E
- Début du Crétacé sup: transgression marine d'importance mondiale : ouverture de l'Atlantique → mer vient de l'W → craie blanche à silex
- Fin du Crétacé sup: régression marine // pulsation positive du socle contemporain des lers mouvements alpins
- Cénozoïque, bassin de nouveau en creux → mer du Nord ou Manche → calcaire grossier de Paris et grès de Fontainebleau
- Fin du remplissage due à pulsation positive de l'orogénèse alpine

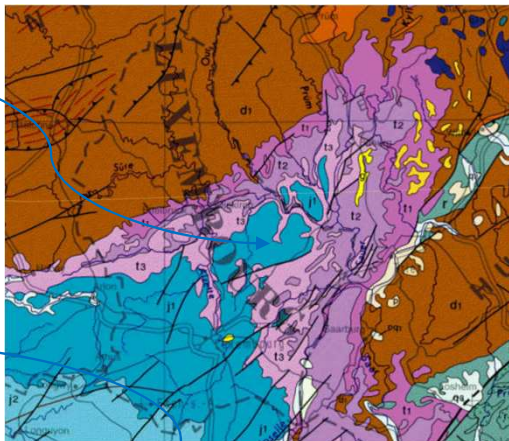


# HISTOIRE DU BASSIN PARISIEN DÉFORMATIONS

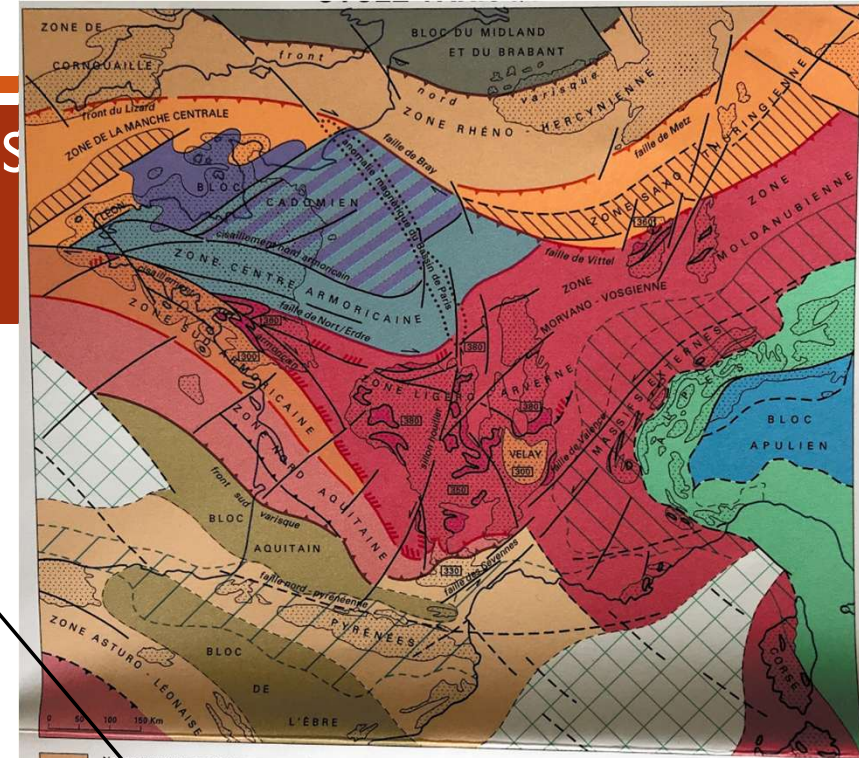
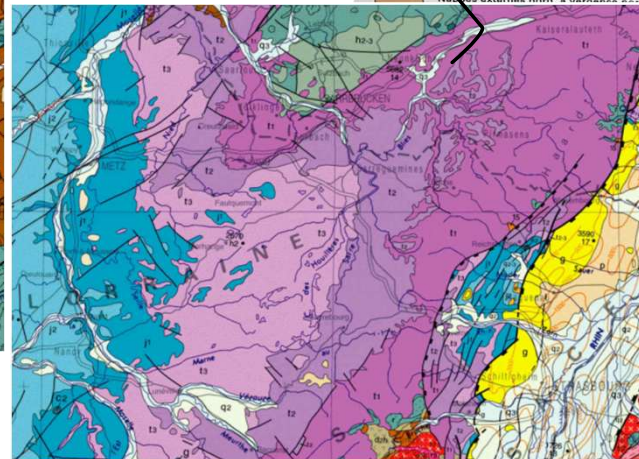
- Boutonnière du Pays de Bray: déformation (pli de type anticlinal) héritée de l'orogénèse hercynienne et réactivée par le plissement alpin



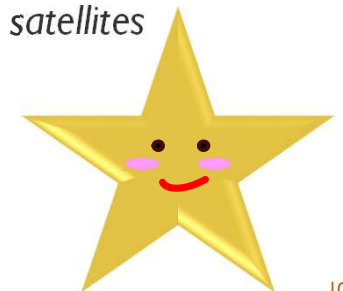
- Synclinal du Luxembourg



- Synclinal Sarreguemines-Savonnières-en-Perthois



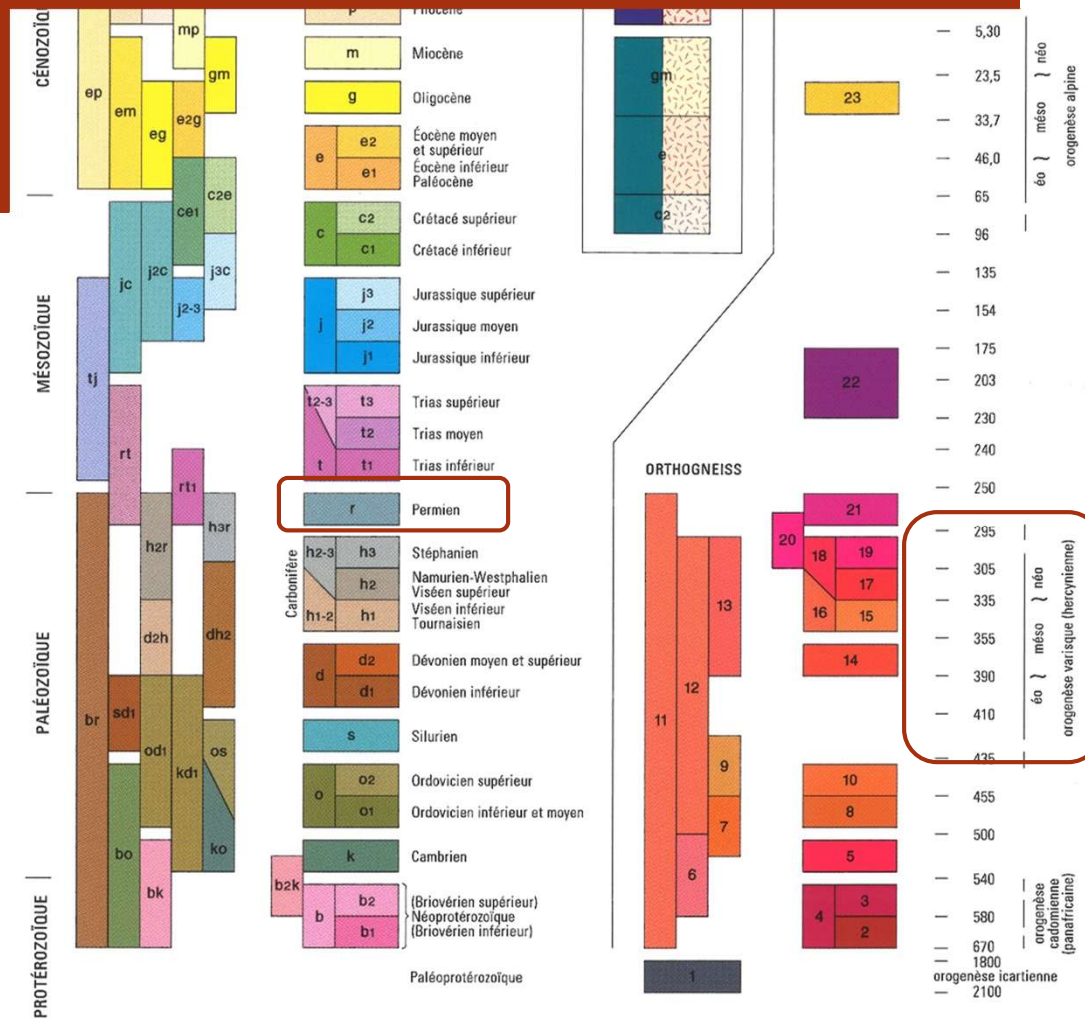
Héritage du socle varisque (hercynien)  
Cf faille majeure de Metz et ses satellites

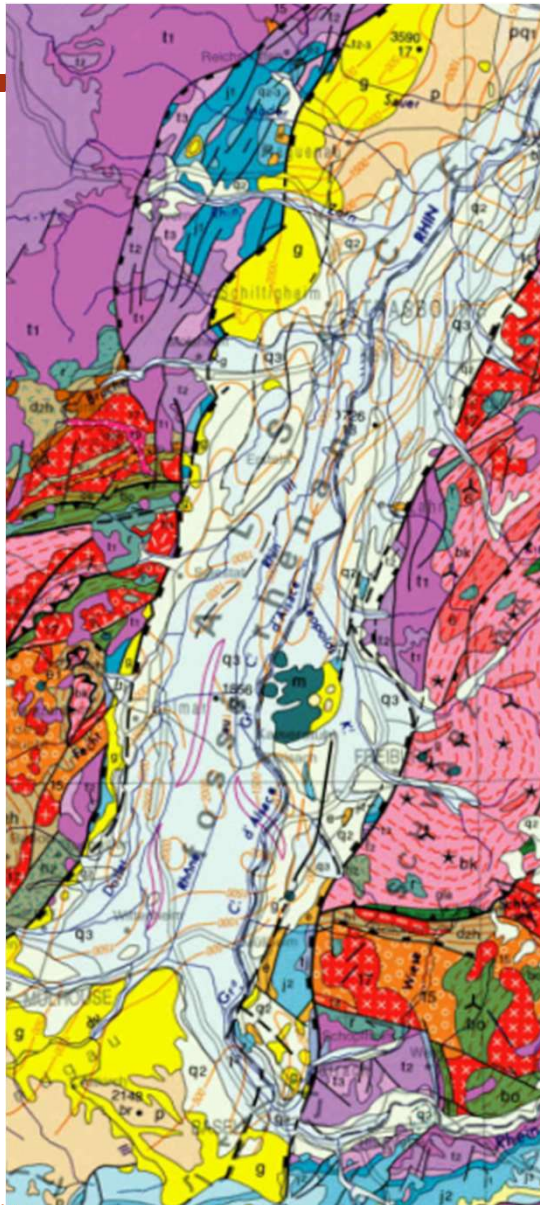


# HISTOIRE DU BASSIN PARISIEN

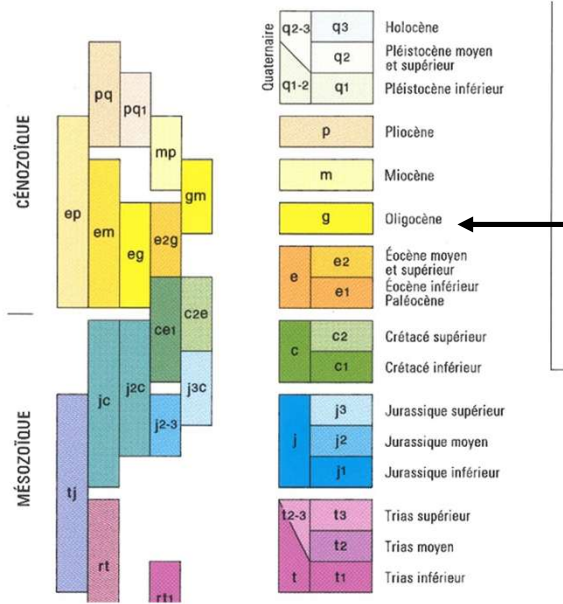
## LES CAUSES DE LA SUBSIDENCE DU BASSIN DATÉE DU PERMIEN

- Poids des sédiments? Non 1000 m de sédiments  
500m d'affaissement isostatique
- Cause tectonique? Distension intense au Permien liée aux réajustements post-hercyniens





**17. A quelle période le fossé rhénan se remplit-il ?**



Oligocène: -33,7 Ma

### III. RECONSTITUTION DE L'HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA FRANCE A L'AIDE DE LA CARTE DE FRANCE AU MILLIONIEME



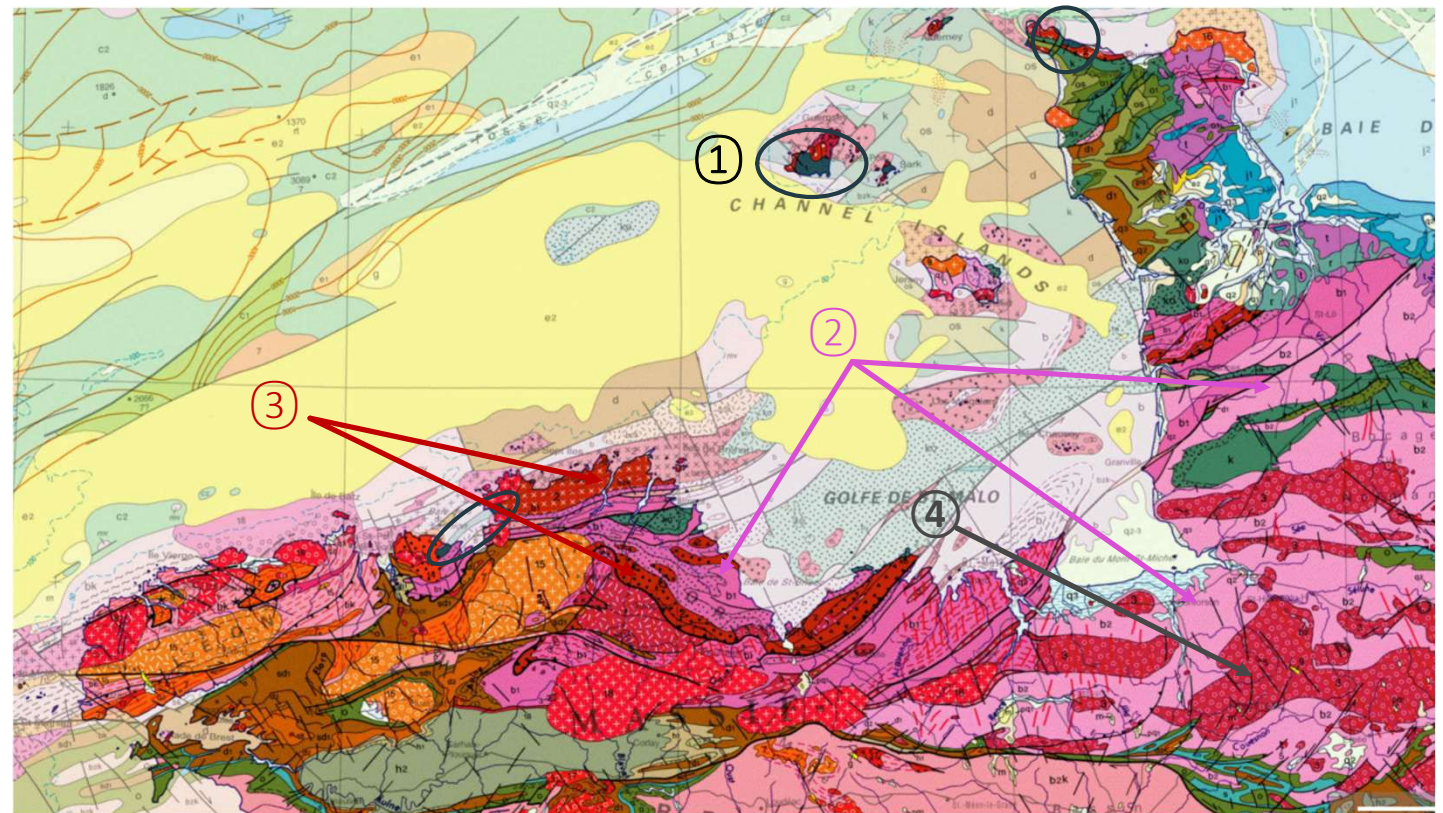
- *Toujours commencer par les évènements les **plus récents** : construire le schéma en remontant dans le temps vous évitera de devoir effacer ce que vous faites.*
- *Regrouper les **unités concordantes** (c'est-à-dire qui racontent la même histoire : sédiments parallèles entre eux, roches magmatiques formées dans un même contexte et à la même époque ...).*
- *Repérer les principaux **accidents tectoniques** : plis, failles, et choisir une représentation consensuelle pour les placer sur le schéma.*
- *Réaliser une **légende précise**, organisée soit par type d'objet, soit par chronologie, en vous appuyant sur un code couleur cohérent.*
- *Ne pas surcharger inutilement le schéma : il doit contenir les informations essentielles à la compréhension de l'histoire géologique*



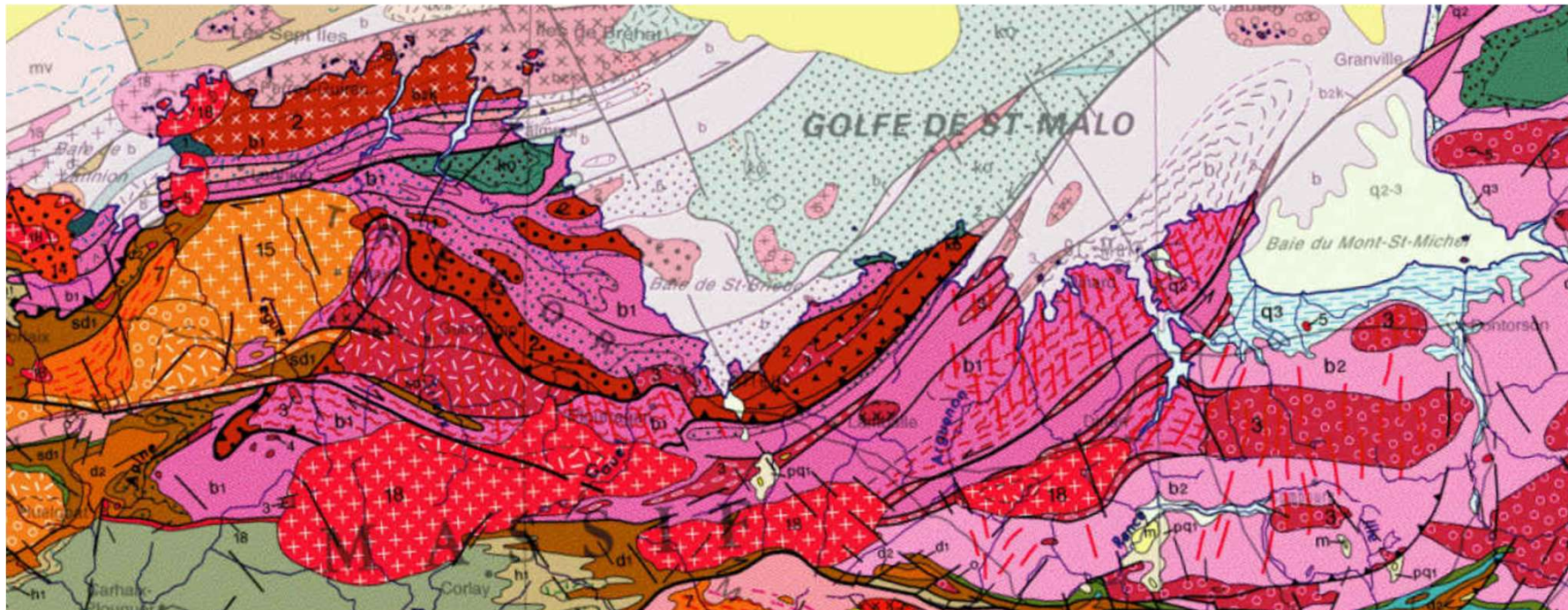
# LA FRANCE PROTÉROZOÏQUE



- 1. Roches datées de -2 Ga environ : relique de l'orogène icartienne
- 2. Terrains briovériens affectés par des chevauchements : orogène cadomienne
- 3. Magmatisme calco-alcalin typique de la subduction : paléosubduction cadomienne
- 4. Magmatisme peralumineux: phase collision



# LA FRANCE PROTÉROZOÏQUE



- subduction**
- Plutonisme tholéiitique à calco-alcalin (gabbros, tonalites, granites)
  - Plutonisme tholéiitique à peralcalin (gabbros, monzonites, granites)
- basaltes**
- 1 : alpines
  - 2 : varisques
- Plutonisme (sauf granitoïdes)**
- 1 : microgranites indifférenciés
  - 2 : gabbros, diorites, tonalites
- collision**
- Granitoïdes calco-alcalins
    - subalcalins potassiques
    - calco-alcalins stricto sensu

1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

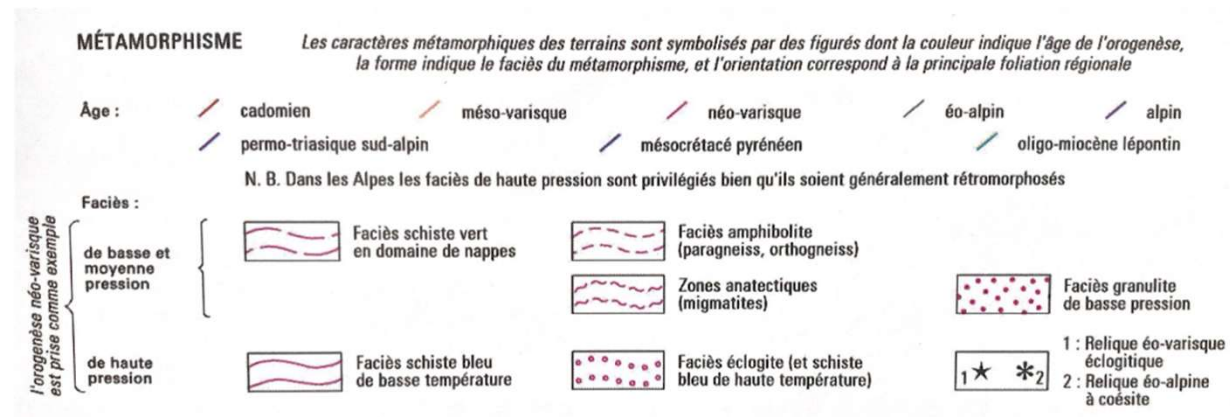
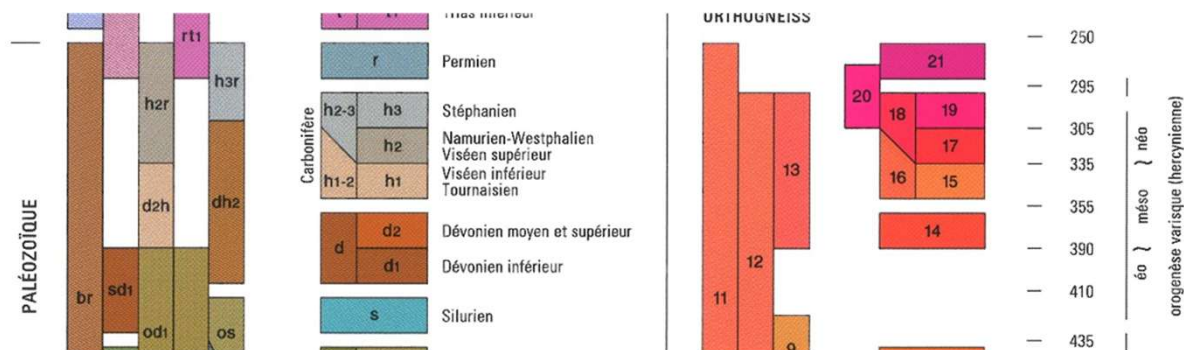
Formations particulières

- gla Complexe varisque leptyno-amphibolique
- ub Péridotites mantelliques
- 1/2/3/ Principaux champs filoniens ( 1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques )

# LA COLLISION HERCYNIENNE = VARISQUE

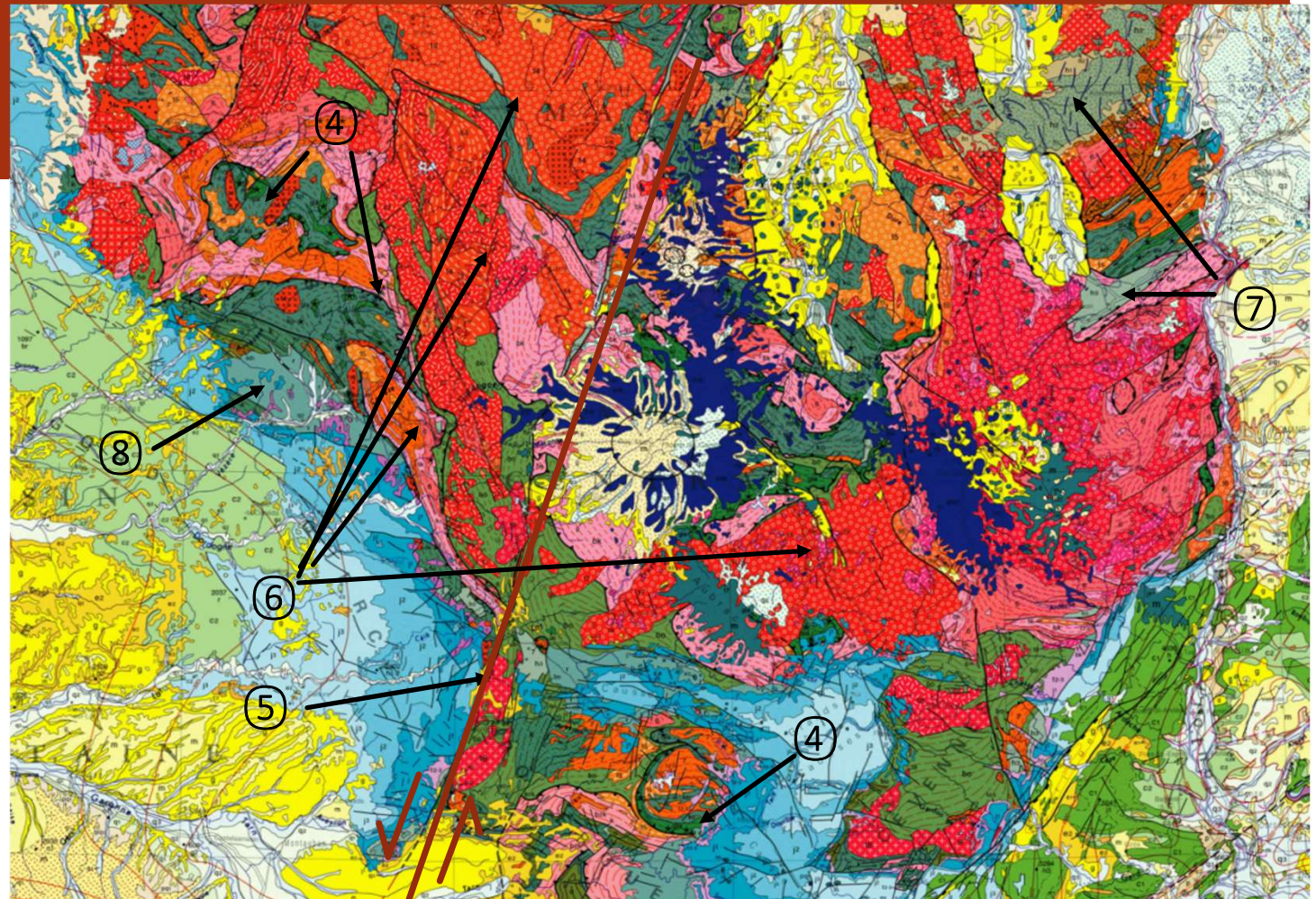


- 4. Eclogites témoins de la subduction hercynienne
- 5. Décrochements tardi-orogéniques
- 6. Gneiss et granites d'anatexie : collision hercynienne
- 7. et 8. Bassins tardi-orogéniques remplis de sédiments carbopériens : effondrement de la chaîne



## LA COLLISION HERCYNIENNE

- 4. Eclogites témoins de la subduction hercynienne ★
- 5. Décrochements tardi-orogéniques
- 6. Gneiss et granites d'anatexie : collision hercynienne
- 7. et 8. Bassins tardi-orogéniques remplis de sédiments carbopériens : effondrement de la chaîne



# LES BASSINS ÉPICONTINENTAUX MÉSOZOÏQUE



- Au Mésozoïque (Trias, Jurassique, Crétacé), le **niveau marin** est plus élevé qu'actuellement (la température globale à l'époque est plus élevée, et la fonte des glaciers polaires entraîne une hausse du niveau marin).

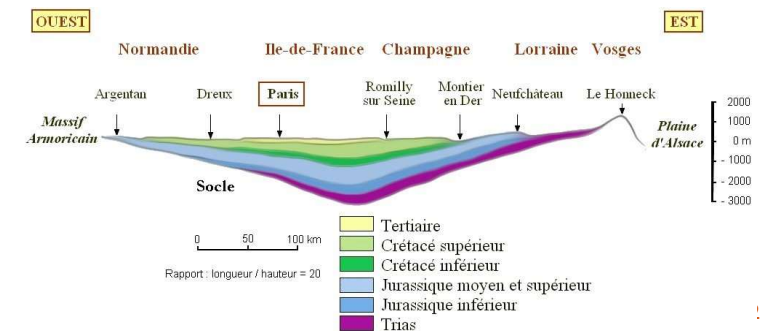
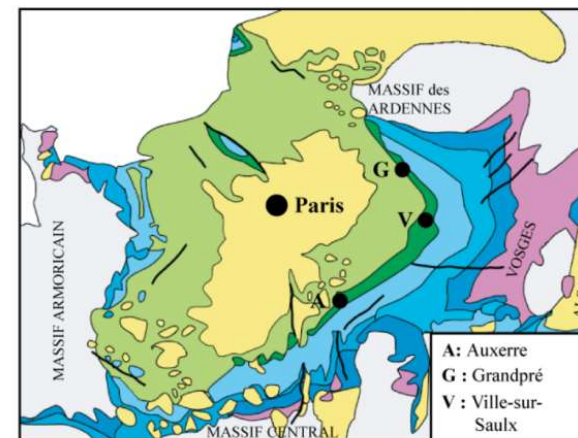
⇒ **grands bassins sédimentaires** dits **épicontinentaux** remplis par des sédiments marins (parfois lacustres) qui se déposent sur le **socle hercynien**

⇒ Bassin parisien

⇒ Bassin aquitain

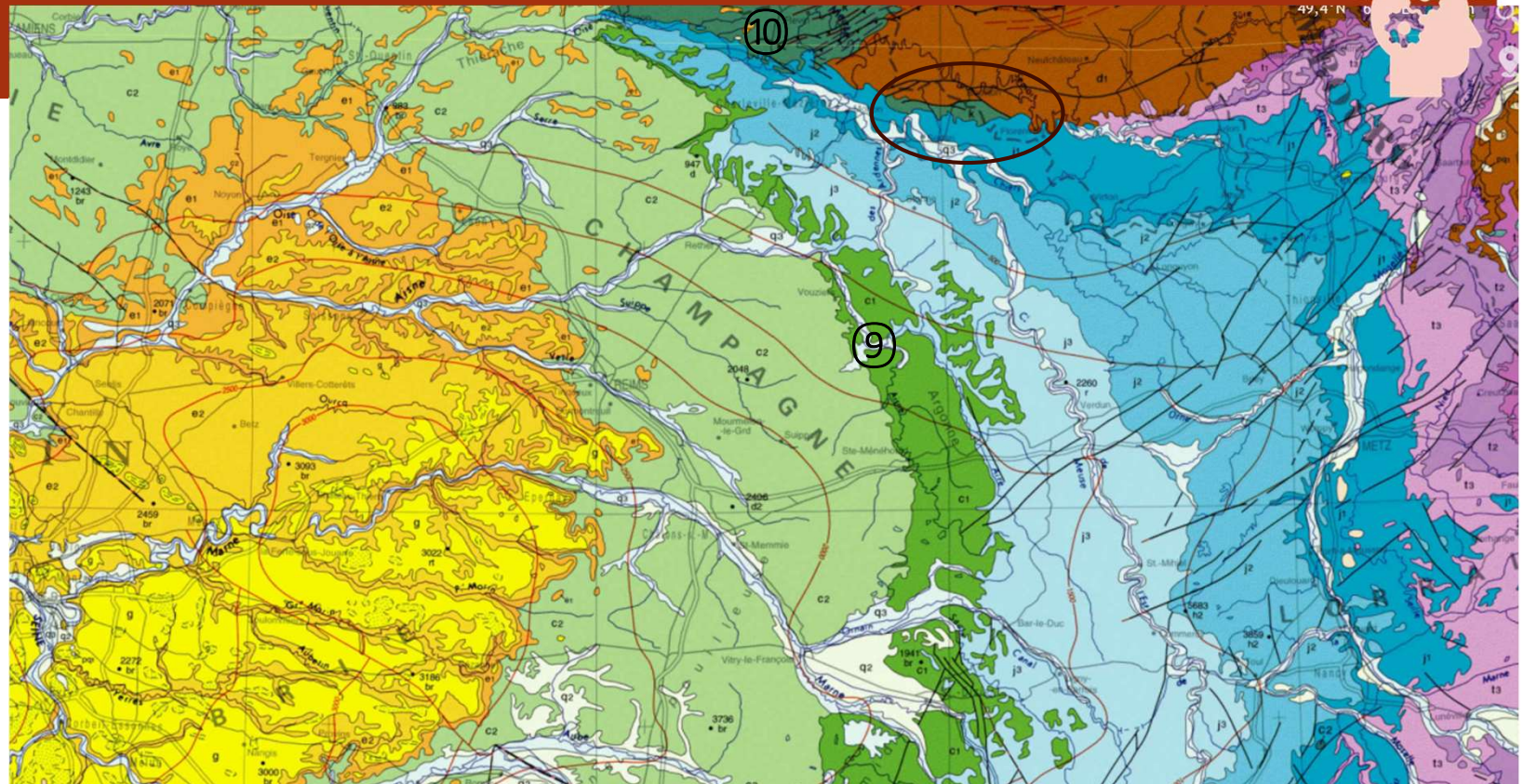
## ■ Indices d'une transgression

=avancée de la mer sur les terres



# LES BASSINS ÉPICONTINENTAUX MÉSOZOÏQUE

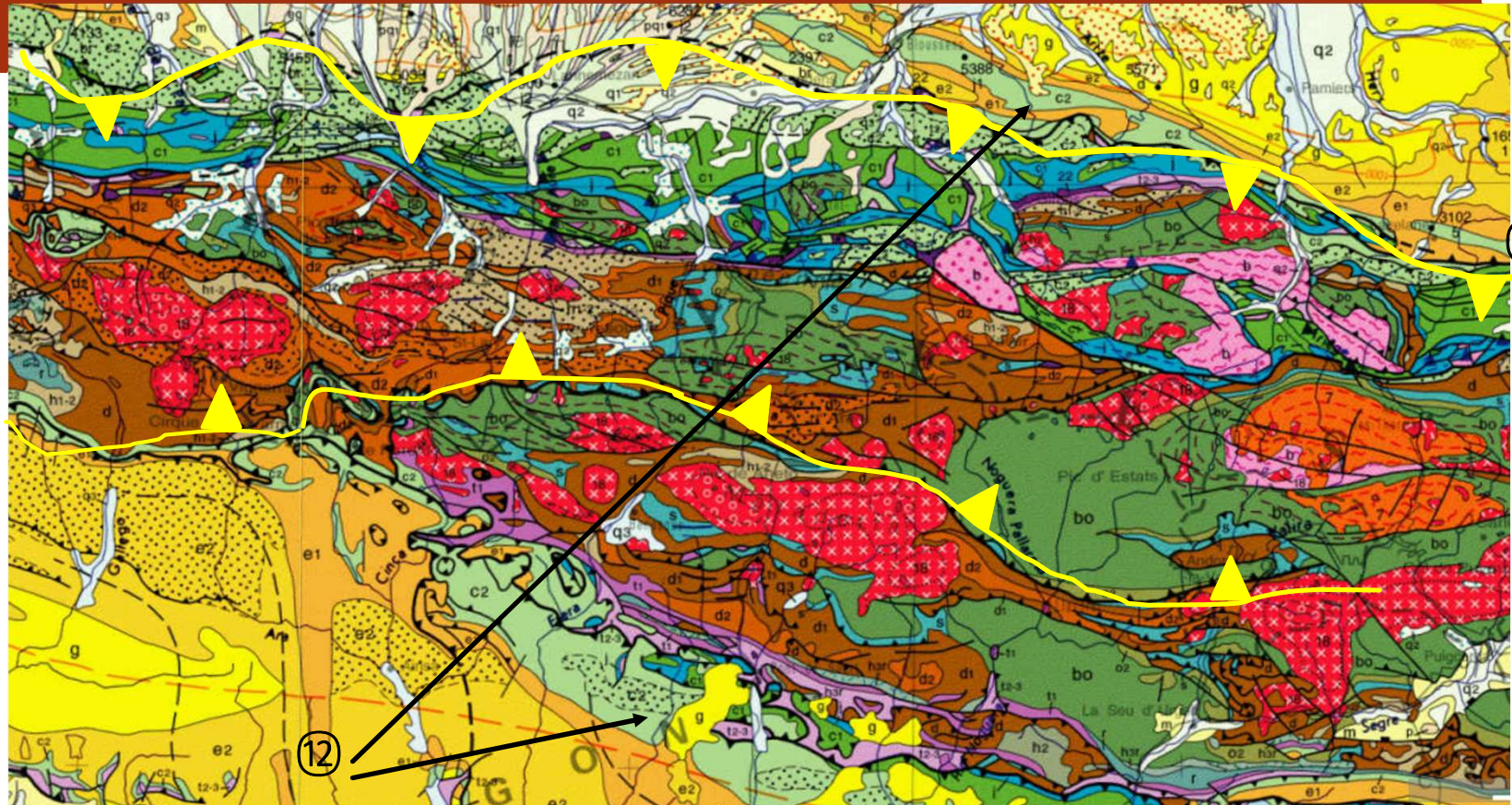
- 9. Isobathes indiquant la profondeur du bassin parisien
- 10. Contact anormal : témoin d'épisodes de transgression/regression



# LES OROGÉNÈSES RÉCENTES: PYRÉNÉES



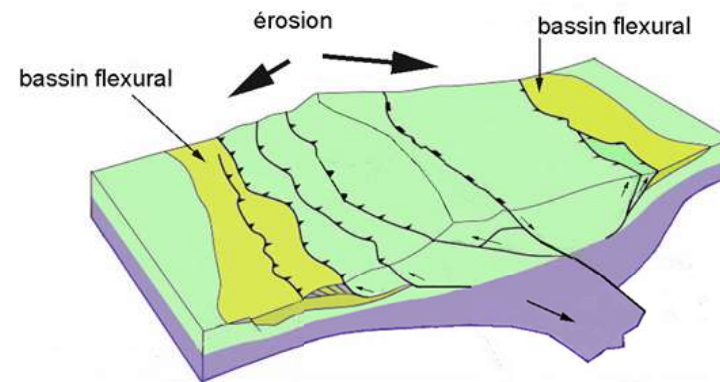
- 11. Chevauchements « en éventail » de part et d'autre de la chaîne pyrénéenne ⑪
- 12. Bassins flexuraux proches de la chaîne, remplis par ses produits d'érosion



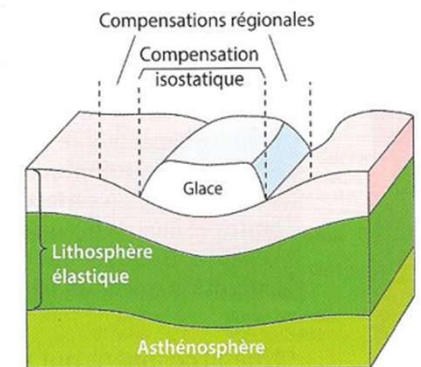
# LES OROGÉNÈSES RÉCENTES: ALPES

Rechercher des témoins de l'orogénèse alpine :

- Des témoins de la **subduction** océanique : **métamorphisme en faciès schiste bleu** et **éclogite**, **ophiolites**.
- Des témoins de la **collision** : métamorphisme d'ultra haute pression, **chevauchements**, bassins flexuraux...



*Un bassin flexural est un bassin associé à une chaîne de montagne. La dépression est issue de la flexuration de la lithosphère, et le bassin se remplit des produits d'érosion de la chaîne.*

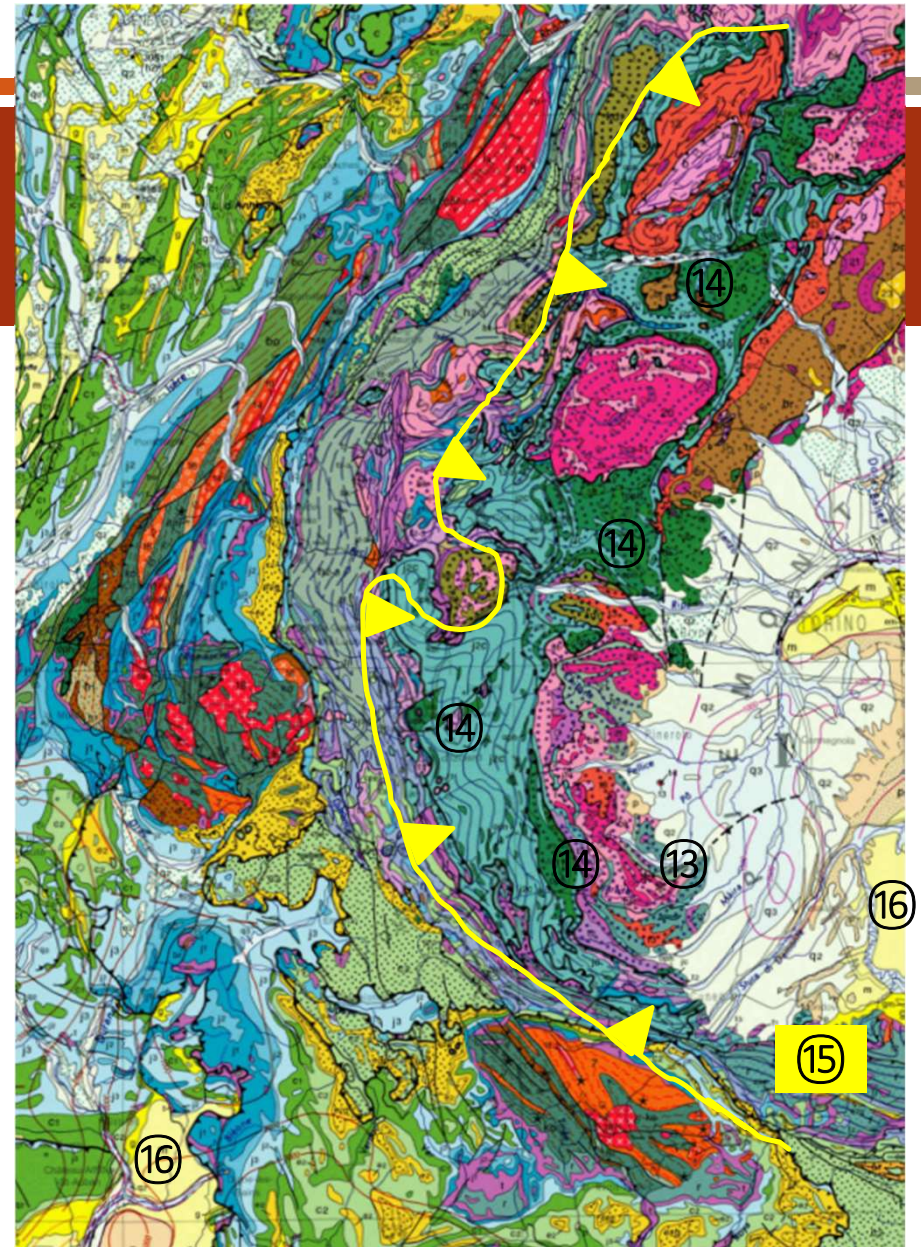


Cf SV-T-C Modèle de Veining-Meinesz

Modèle de Veinig-Meinesz  
(compensation régionale selon élasticité des roches)

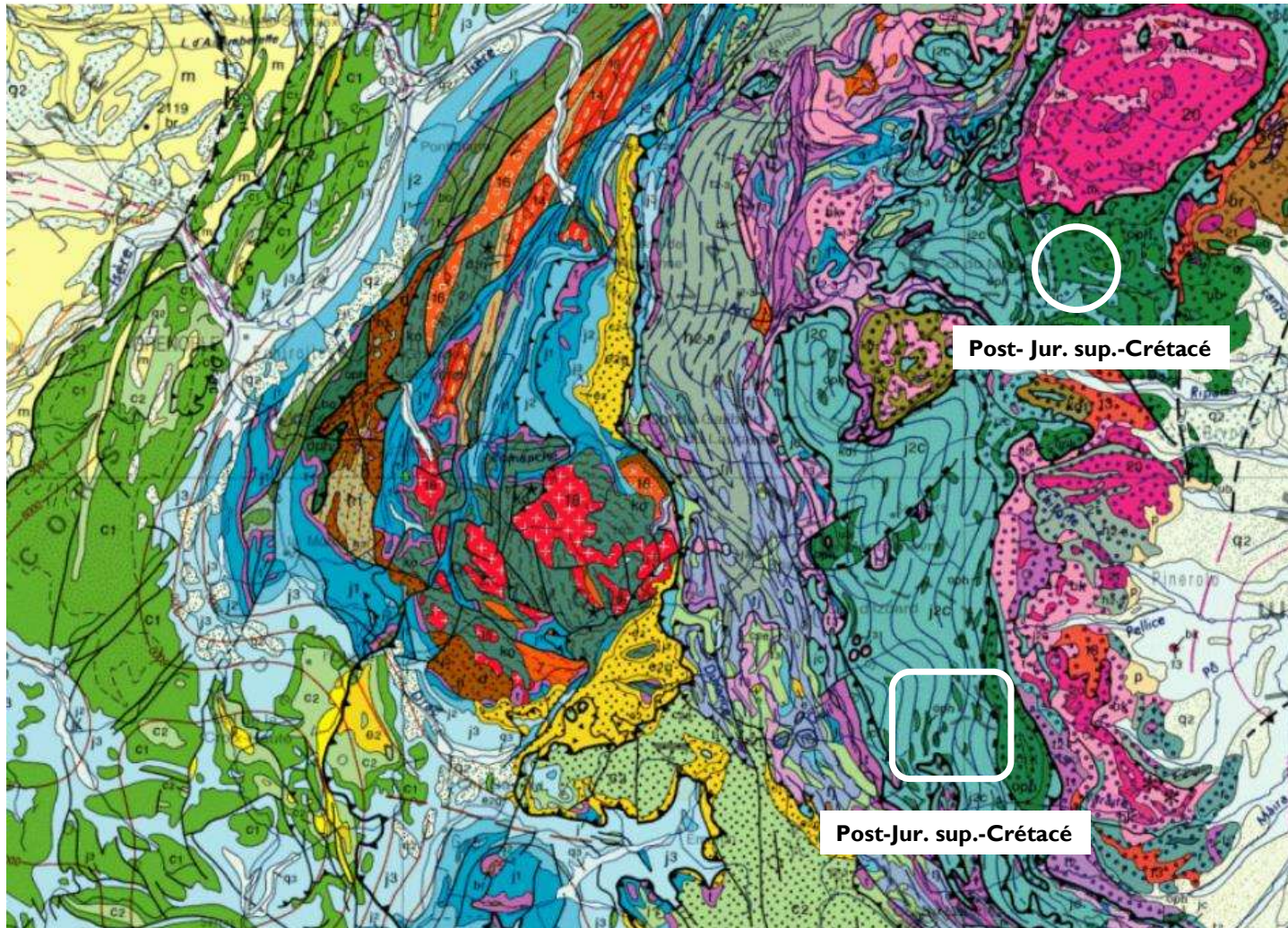
# LES OROGÉNÈSES RÉCENTES: ALPES

- 13. Métamorphisme de ultra haute pression : coésite de Dora-Maira, témoin de la subduction continentale \*
- 14. Ophiolite : océan disparu (suture océanique)
- 15. Chevauchements
- 16. Bassin flexural

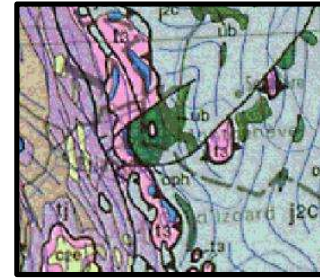
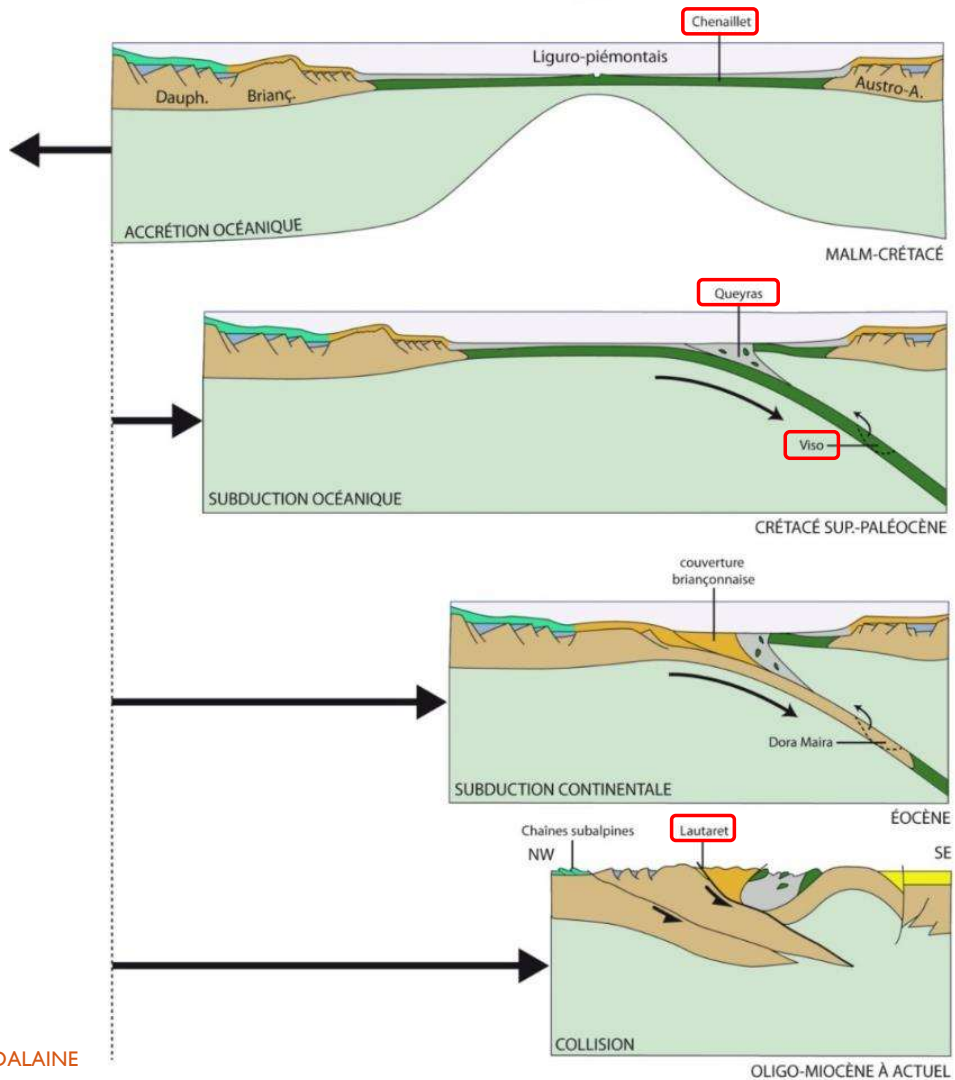


Retour à la carte : généralisation et chronologie

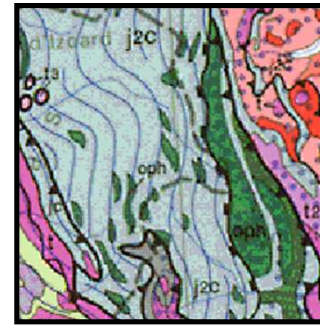
CARTE GENERALE



# Le cycle orogénique alpin



Chenaillet

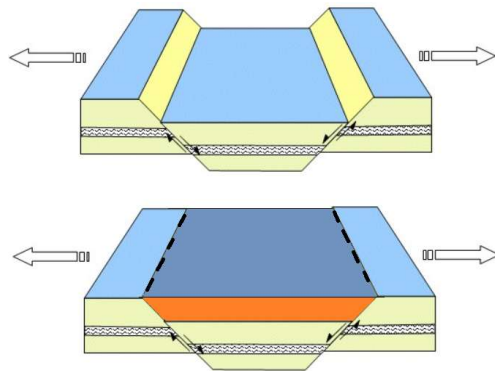


Queyras/Viso



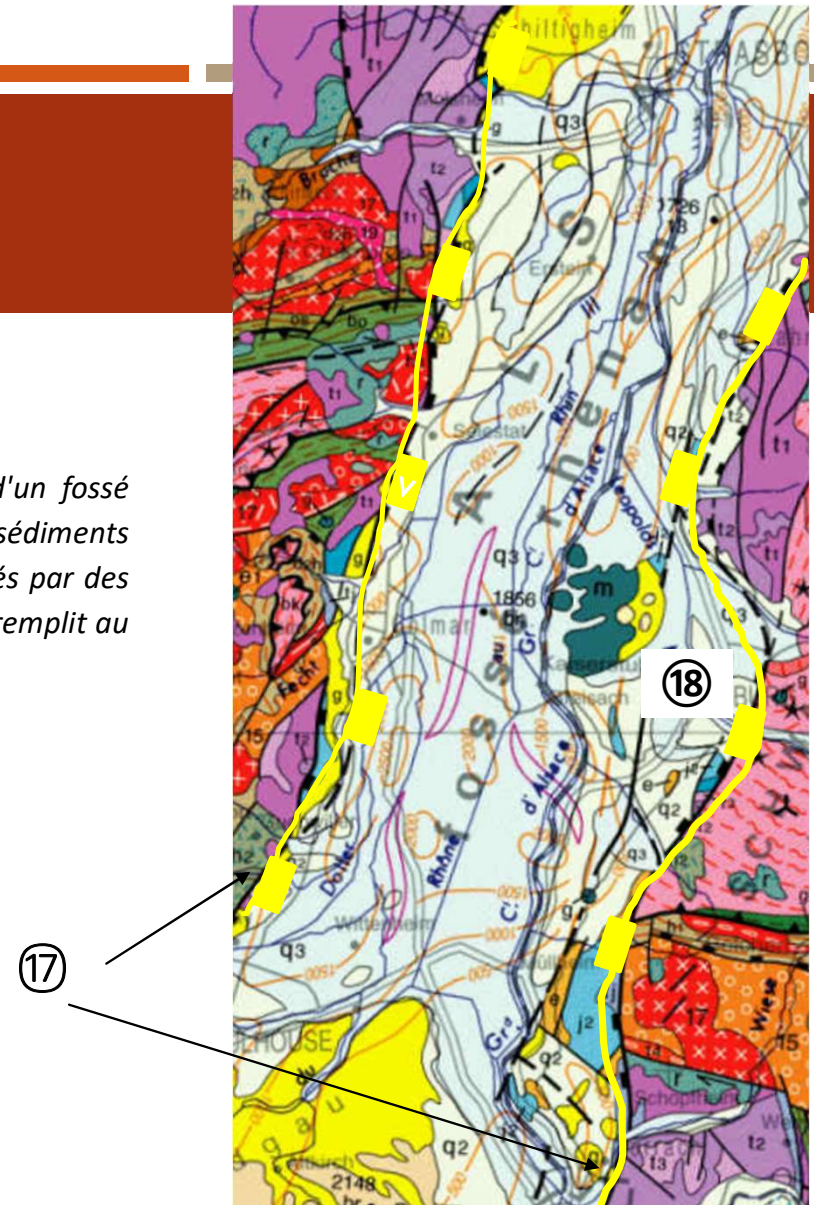
Lautaret

# LA DISTENSION OLIGOCÈNE

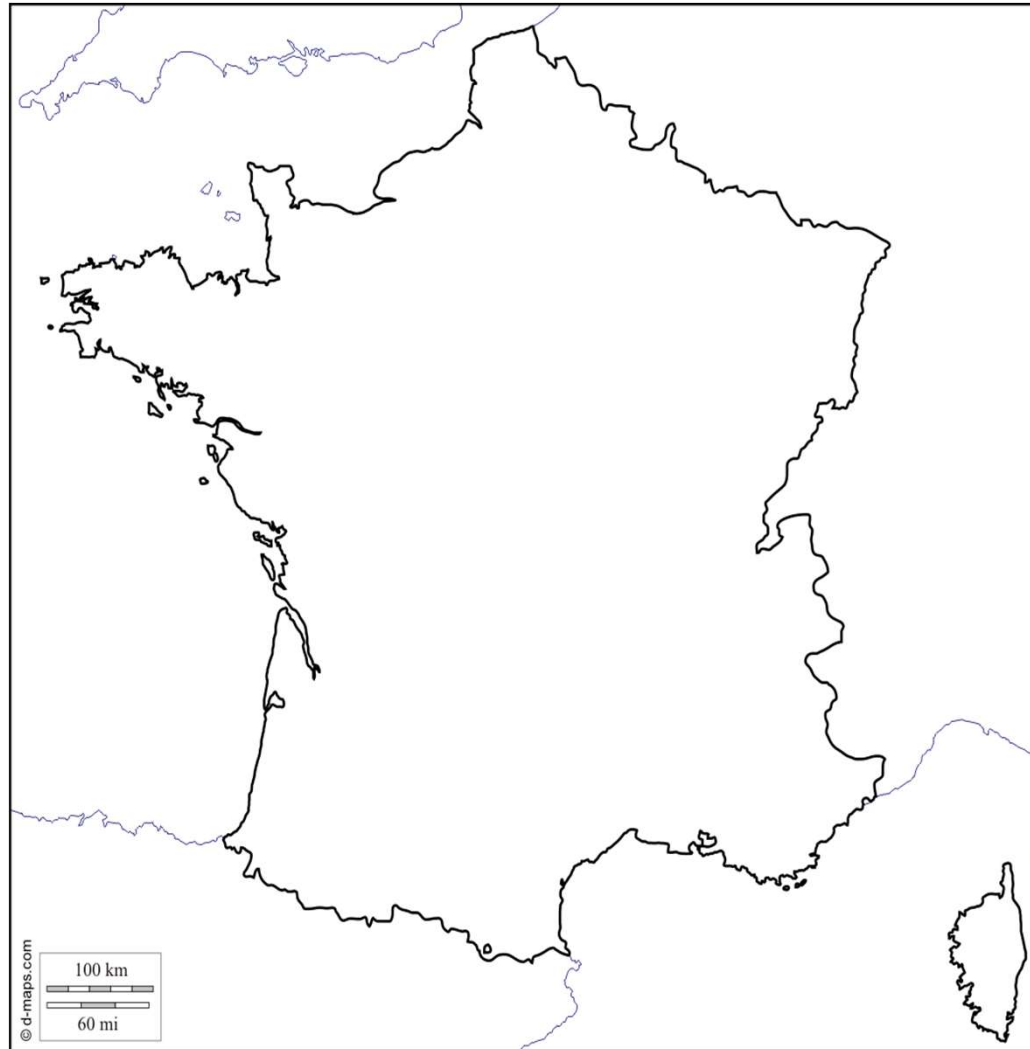


*Ci-contre : formation et remplissage d'un fossé d'effondrement, caractérisé par des sédiments plus jeunes au centre du bassin encadrés par des failles normales (en réalité le bassin se remplit au fur et à mesure de sa formation).*

- 17. Failles normales encadrant le fossé rhénan
- 18. Volcanisme associé à la distension oligocène : Kaiserstuhl en Allemagne



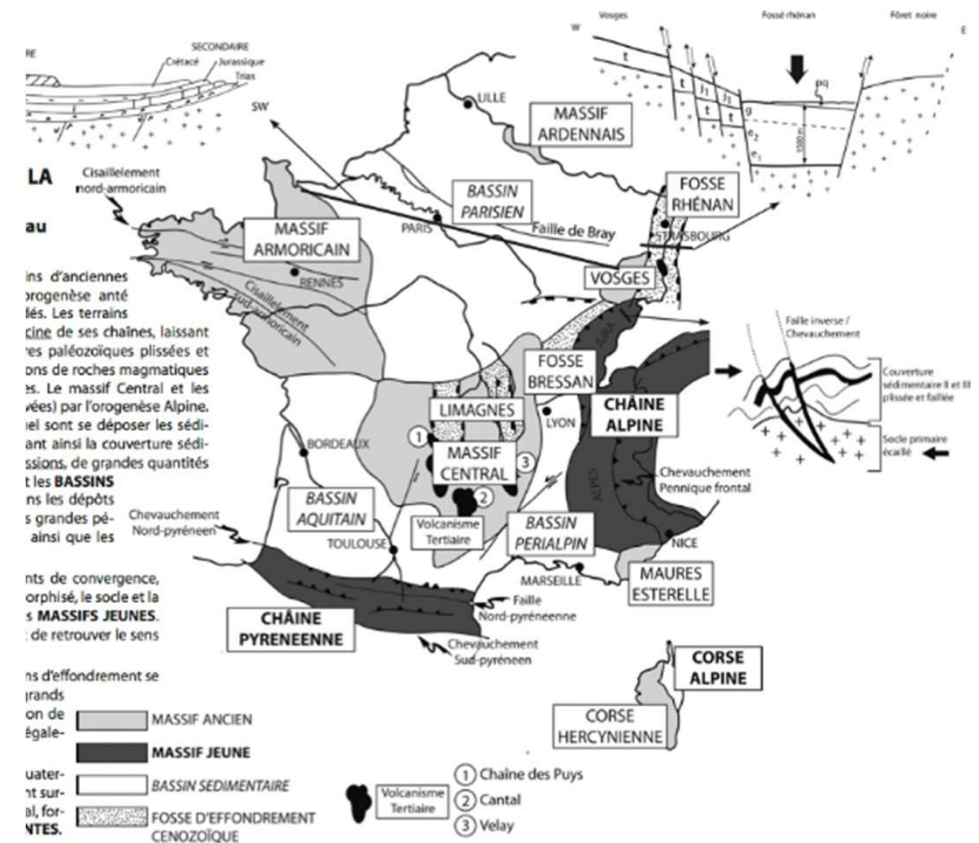
## Principales régions françaises (bases de géographie)

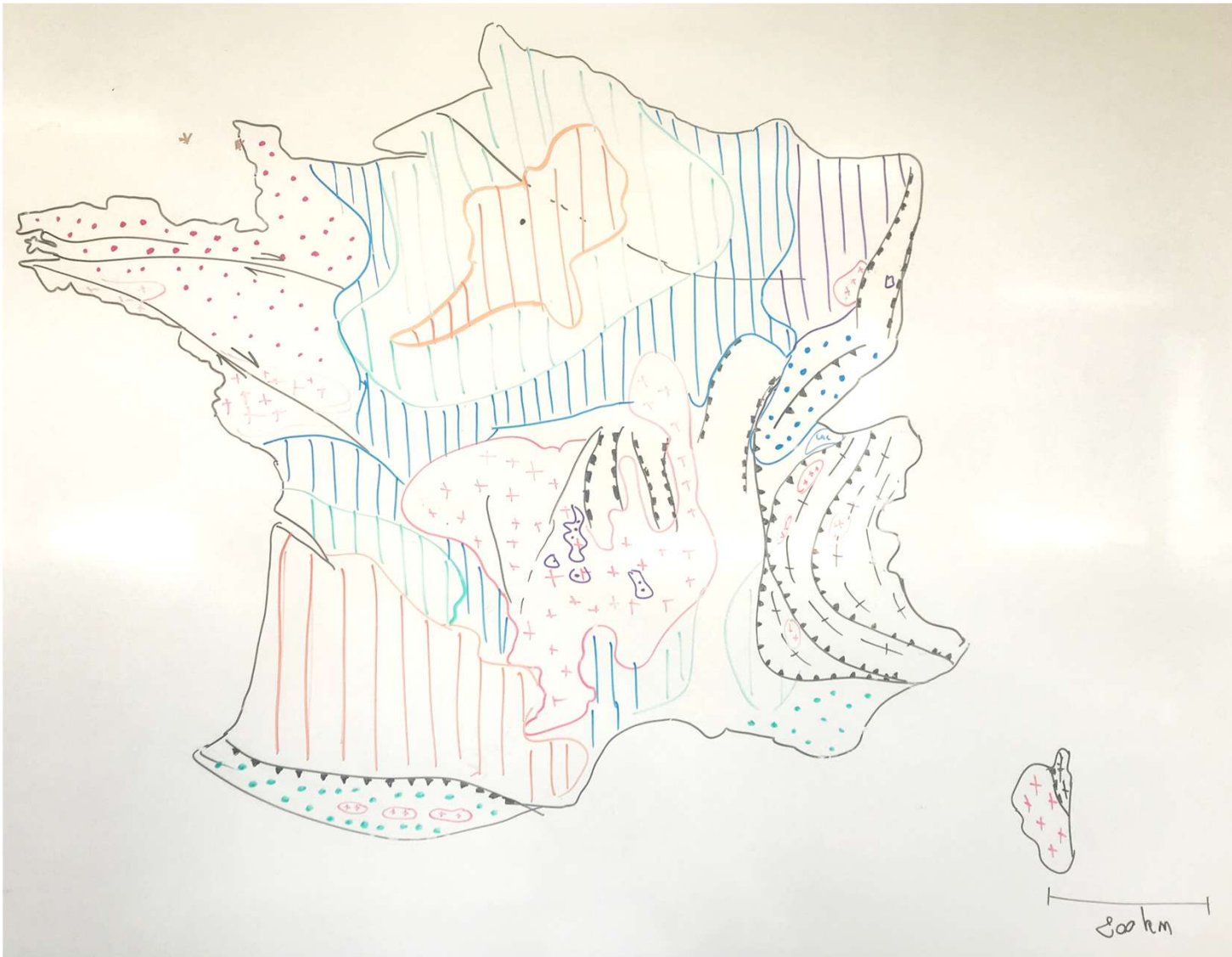


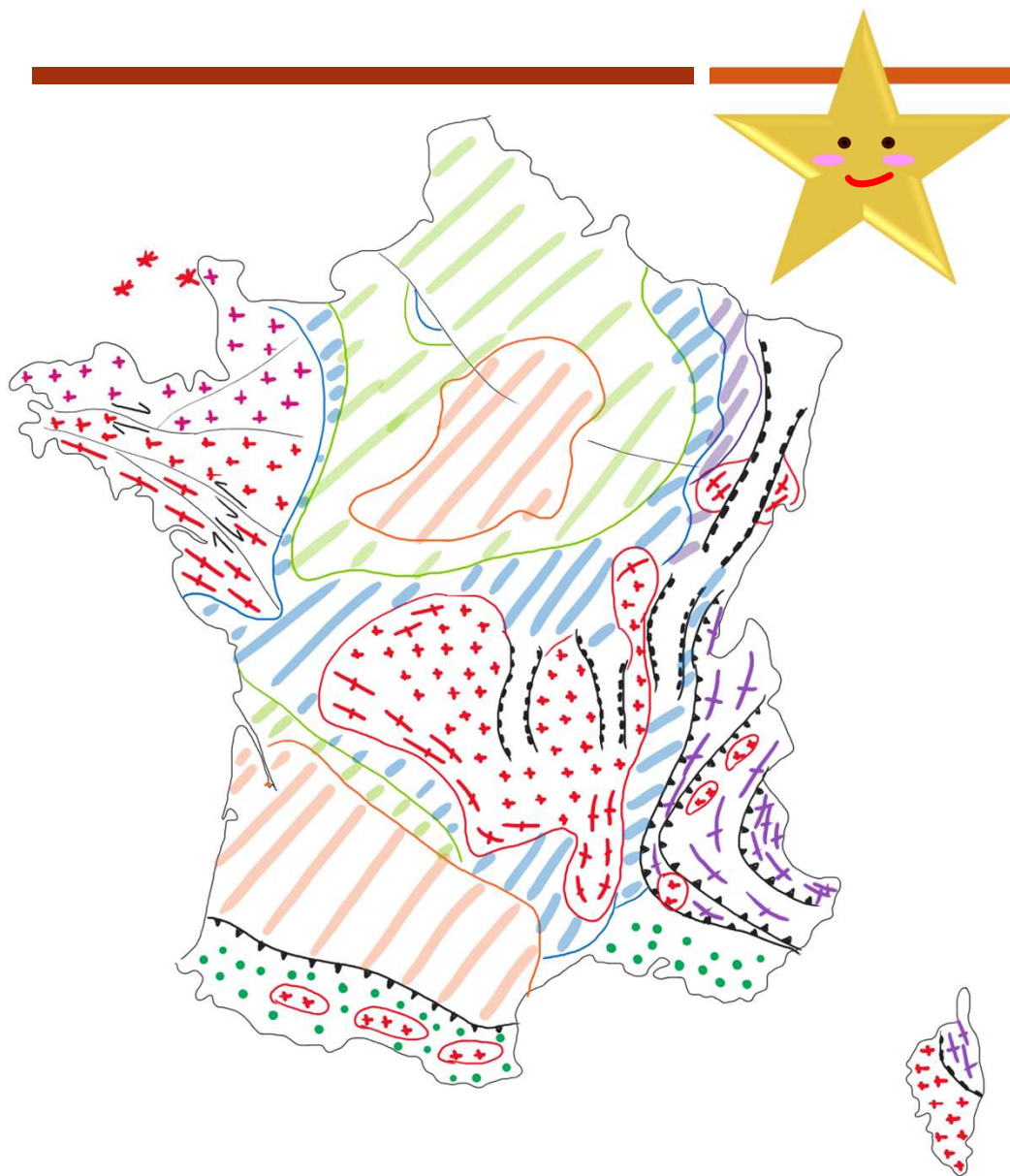
# LES GRANDS ENSEMBLES GÉOLOGIQUES



- massifs de montagnes anciennes qui témoignent d'anciennes orogènes:
  - massif armoricain
  - massif central
  - Vosges
  - Massifs cristallins = massifs granitiques qui affleurent dans les Pyrénées et les Alpes
- massifs de montagnes récentes qui témoignent d'une orogénèse récente = orogénèse alpine
  - massif des Alpes
  - massif du Jura
  - (massif des Pyrénées)
- bassins sédimentaires intracratoniques (= à l'intérieur dans domaine continental)
  - bassin parisien
  - bassin aquitain
- bassins sédimentaires directement associés à une chaîne de montagnes récentes
  - bassin molassique Suisse
  - plaine du Pô (en Italie)
- bassins courts et étroits de type rifts continentaux
  - Rift rhénan = fossé rhénan
  - Fossé de la Limagne
  - Fossé de la Bresse







### France Cénozoïque



Fossé d'effondrement (Rhénan, Bresse, Limagne)



Chaîne alpine zone interne vs externe



Chaîne pyrénéo-provençale



Chevauchement



Chevauchement

France Cénozoïque

France Mésozoïque

France Paléozoïque

France Protérozoïque



Sédiments du Paléogène



Sédiments du Crétacé



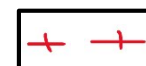
Sédiments du Jurassique



Sédiments du Trias



Zone externe



Zone interne

Chaîne Sud-hercynienne



Noyau armoricain } Chaîne cadomienne



Reliques icartiennes 2 Ga 123

Bassin  
épicontinental

## Bilan : schéma structural

### • FRANCE PROTÉROZOÏQUE :

- \* RELIQUES (ARTIENNES (2 Ga)
- ☐ OROGENÈSE CADOMIENNE

### • FRANCE PALEOZOÏQUE :

- \* ECLOGITES : SUBDUCTION SILURIENNE
- ☐ OROGENÈSE HERCYNIENNE : PLUTONISME DE COLLISION
- ↔ COUVERTURE PLISSÉE
- DSA : DECAOCHETEMENT SUD-ARMORICAIN 2 TETAINS DU DEMANTELEMENT DE LA CHAÎNE
- SH : SILLON HOUILLER
- FNP : FAILLE NORD-PYRÉNÉENNE
- ☉ BASSINS CARBO-PERTHENS

### • FRANCE MÉSOSOÏQUE

- ☉ BASSINS ÉPICONTINENTAUX EN AUREOLES : DÉGÂTS TABULAIRES
- CONTACTS ANORMAUX : RÉGRESSION / TRANSGRESSION

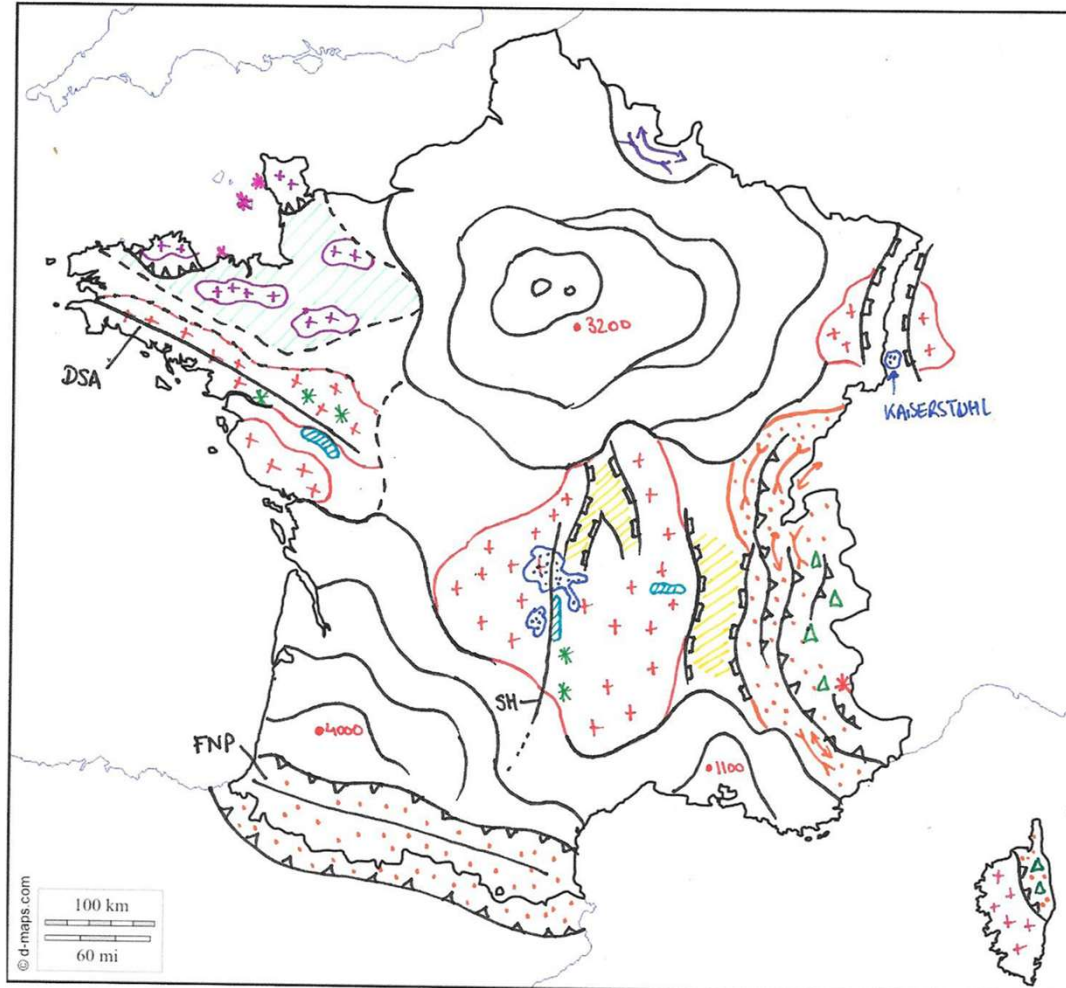
• 4000 m : profondeur du socle

### • OROGENÈSES PYR. ET ALPINES

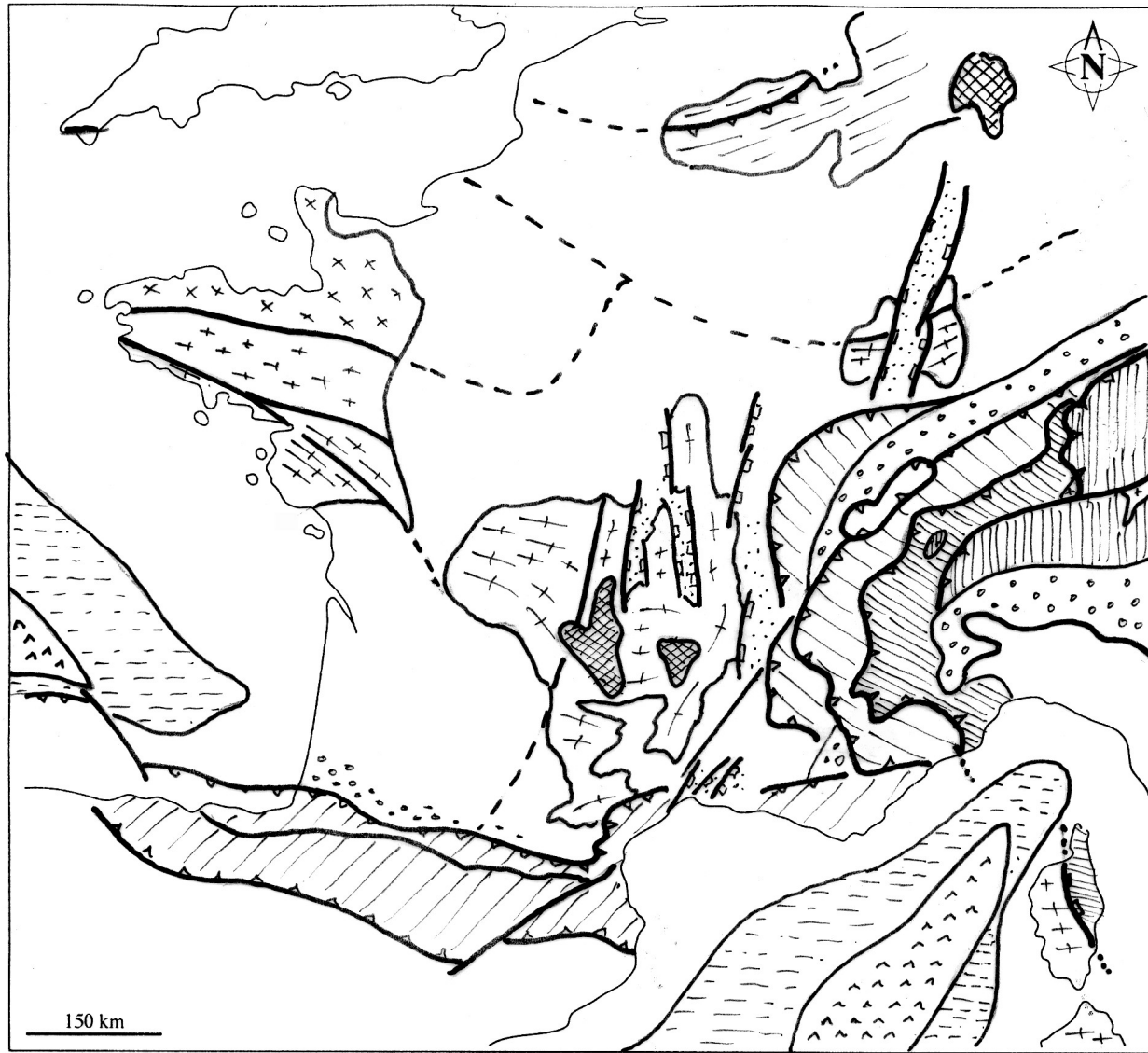
- \* COESITE : UHP CHEVAUchemENTS
- ☐ OROGENÈSE ALPINE / PYR. ↗ PLUS
- △ OPHIOLITES : SUBDUCTION














### • DISTENSION OLIgOCÈNE

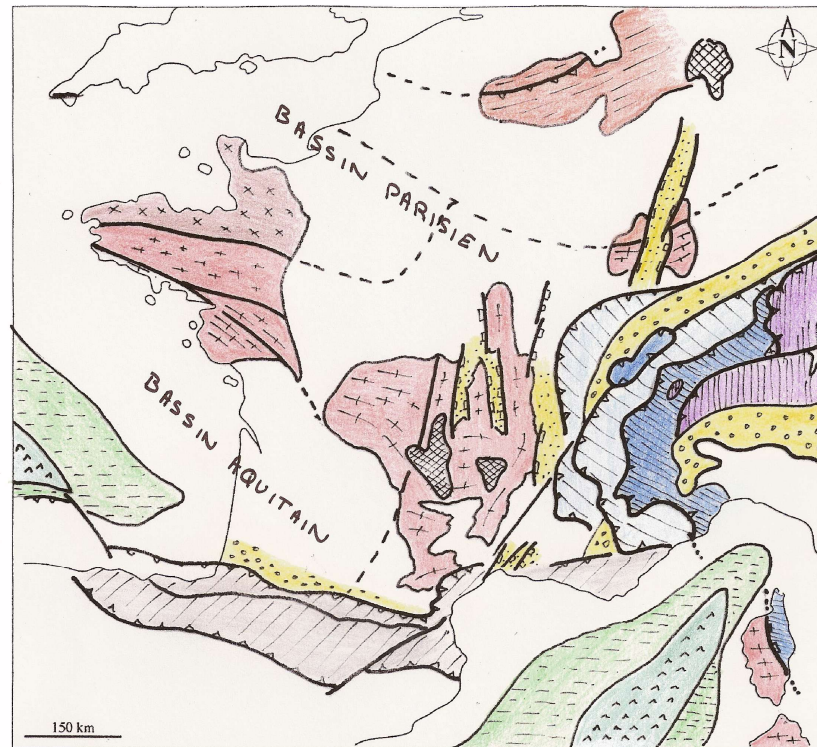
- ☐ FOSSES D'EFFONDREMENT
- ☉ VOLCANISME TERTIAIRE/QUATÉRNAIRE



D'après Mathieu Quertigniez



- |   |                        |   |                            |
|---|------------------------|---|----------------------------|
|    | Volcanisme quaternaire |    | Chaîne pyrénéo-provençale  |
|  | Fossés Oligocène       |  | Zones externes             |
|  | Bassins d'avant-pays   |  | Zones internes             |
|  | Zones externes         | } Chaîne sud hercynienne  |                            |
|  | Zones internes         |   |                            |
|  | Unités alpines         | } Alpes   |                            |
|   |                        |   |                            |
|   |                        |  | Noyau armoricain           |
|   |                        |  | Chaîne Nord Hercynienne    |
|   |                        |  | Croûte océanique           |
|   |                        |  | Transition océan-continent |



Correction du schéma structural de la carte géologique de France



D'après Marie Labrousse