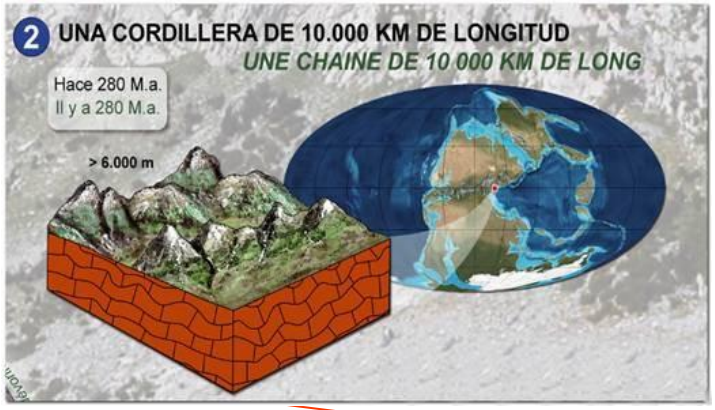
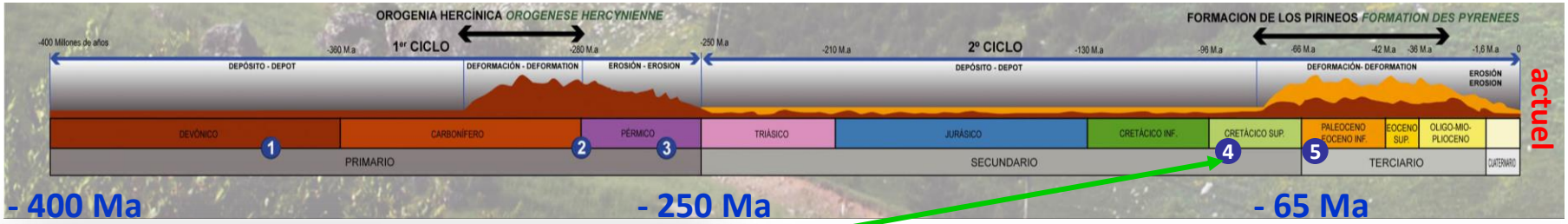
LA SALLE DE LA VERNA, RESEAU DE LA PIERRE SAINT MARTIN

LES PYRENEES : UNE CHAINE A DOUBLE HISTOIRE



- l'ancienne **cordillère hercynienne** : 10 000 km de long, plus de 6 000 m d'altitude
- formée des terrains du Paléozoïque (**Primaire**) fortement plissés.
- érodée au **Permien** (fin du Primaire) : la chaîne devient une pénéplaine

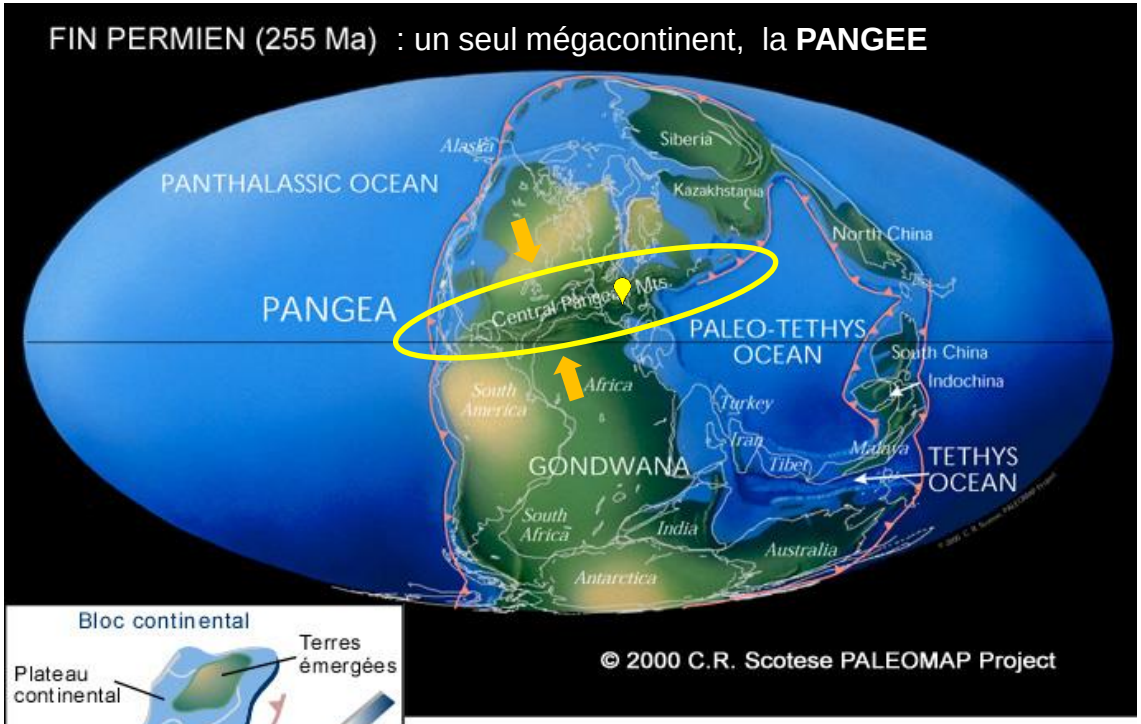


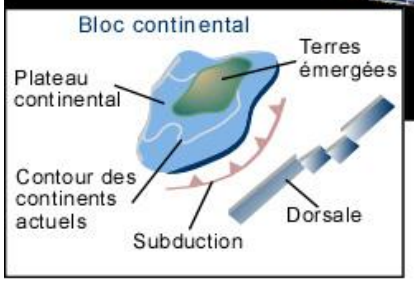
- Mésozoïque (**Secondaire**) : le niveau de la mer remonte
- des calcaires se déposent au **Crétacé supérieur**, dans une mer peu profonde au début
- Ils reposent en **discordance** sur l'ancienne pénéplaine

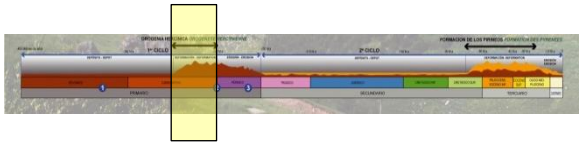
- à partir de la fin du Crétacé et durant le Cénozoïque (**Tertiaire**) : collision entre les plaques Ibérique et Européenne
- Formation des **Pyrénées** actuelles
- les anciens reliefs érodés, et les nouveaux sédiments déposés ensuite, sont de nouveau plissés et portés en altitude.

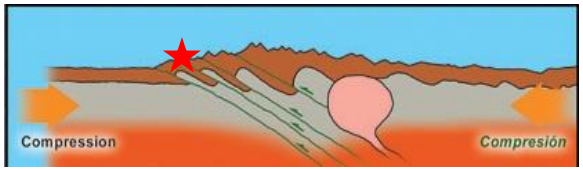
L'OROGENESE HERCYNIENNE (Carbonifère)

- l'ancienne **cordillère hercynienne** : 10 000 km de long, plus de 6 000 m d'altitude, formée des terrains du Paléozoïque (**Primaire**) fortement plissés.
- Résultat de la collision de deux « super-continents », il y a plus de 300 Ma (millions d'années).





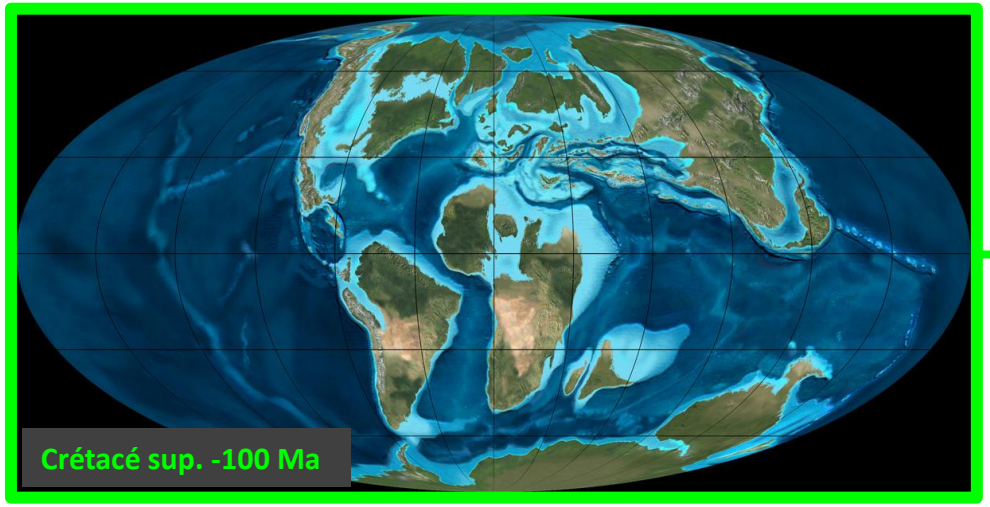


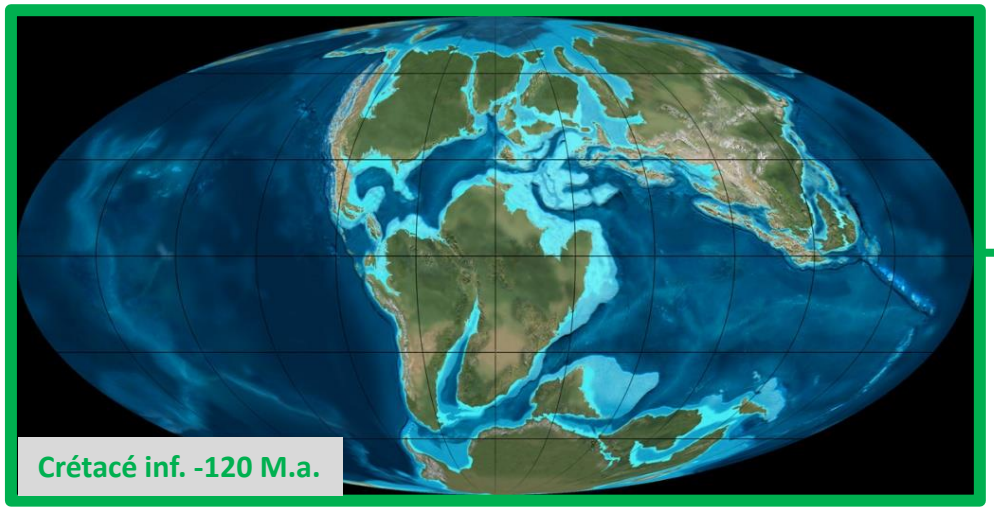


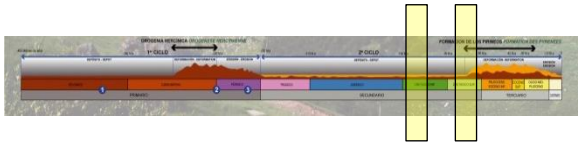
- **Érosion** de la chaîne au Permien (fin du Primaire) :
  - en +/- 50 Ma, l'ancienne chaîne deviendra une **pénéplaine**.
  - Fin du Permien = limite Primaire / Secondaire : - 250 Ma.
- Et plus tard … une nouvelle valse des continents dispersera les restes de la chaîne : Appalaches, Bretagne, … et futures Pyrénées

LA TRANSGRESSION CENOMANIENNE : sur la planète

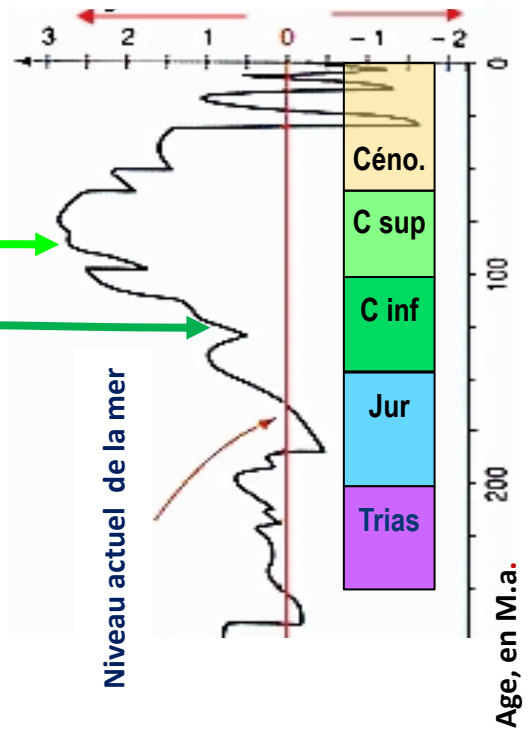
- - 100 Ma, début du **Crétacé supérieur** : débordement généralisé des océans sur les continents
- le niveau est remonté de +/- 300 m depuis le Jurassique







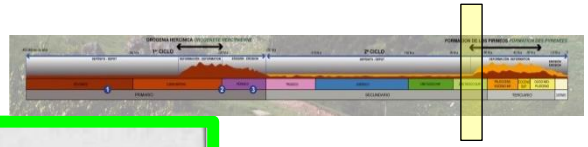
Variation du niveau des mers (en centaines de mètres)

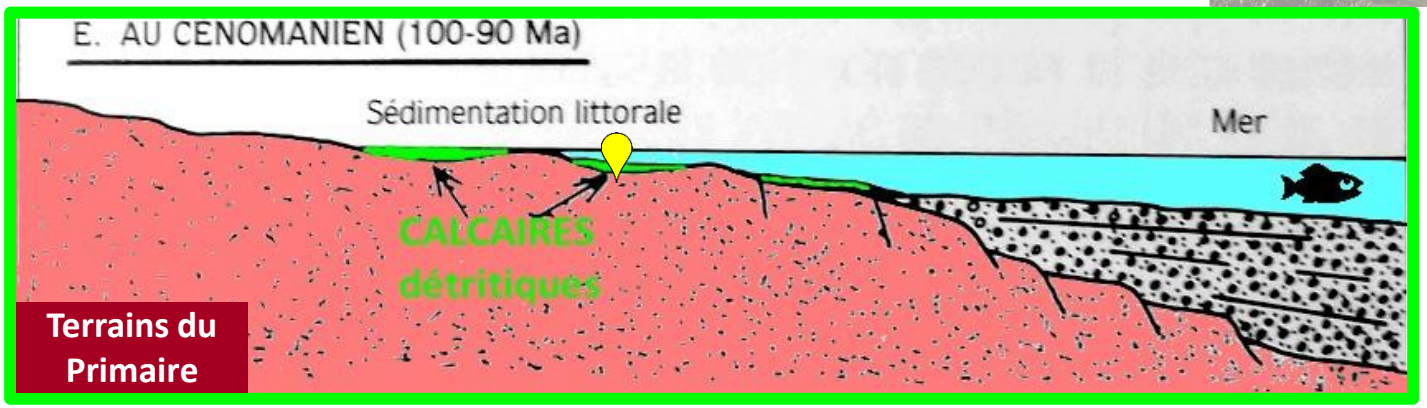


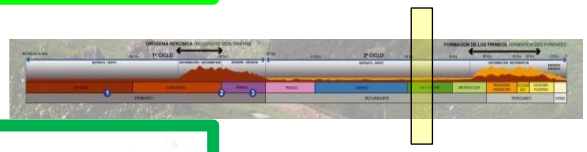
GéolVal

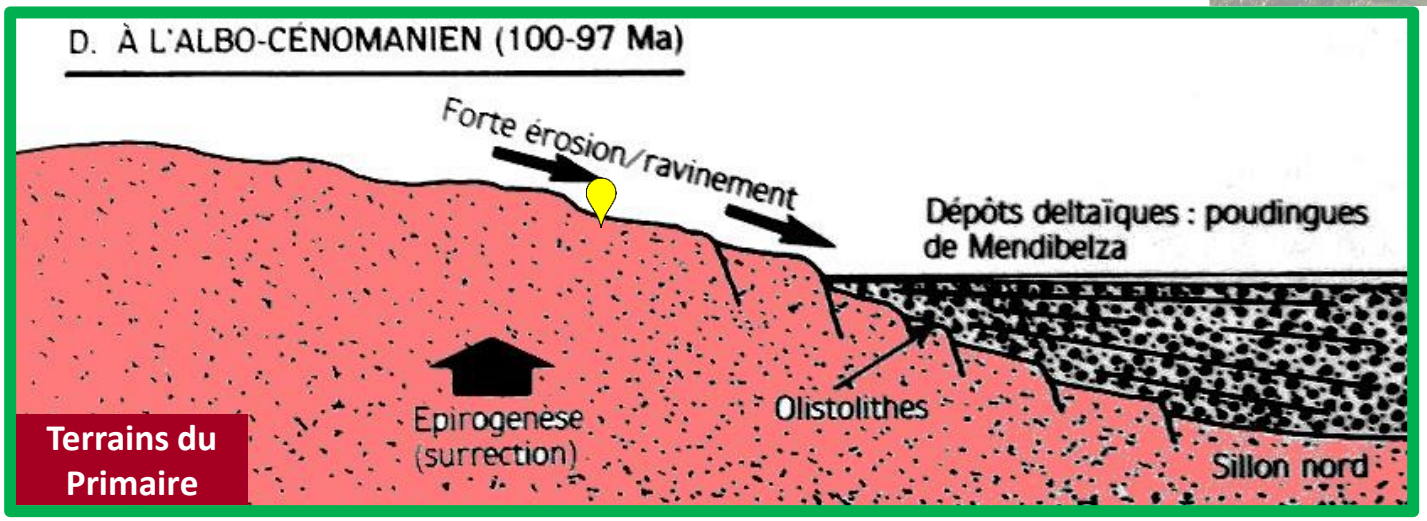
LA TRANSGRESSION CENOMANIENNE : dans les Pyrénées Centrales

- - 100 Ma : la **mer monte** et recouvre le « vieux socle » érodé
- les **premiers calcaires** commencent à se déposer







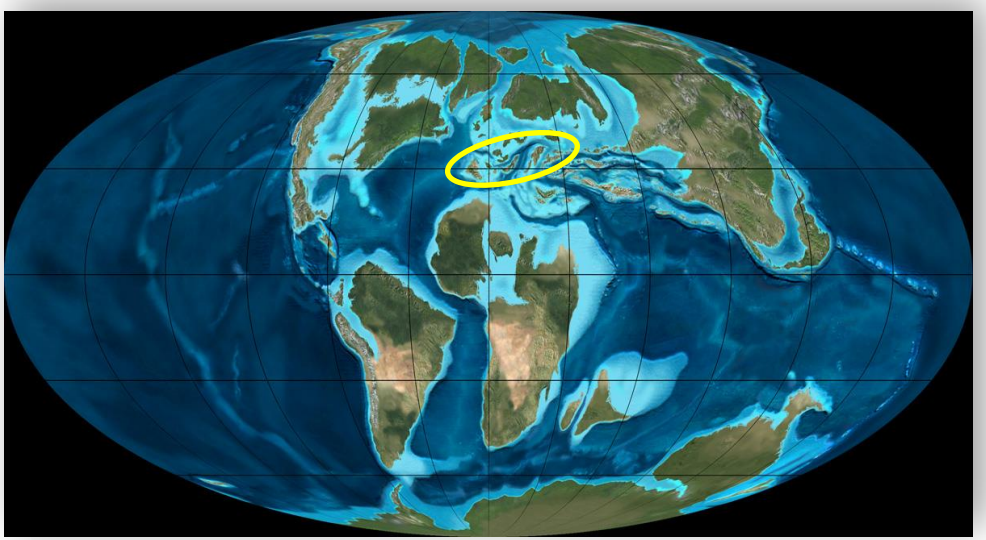


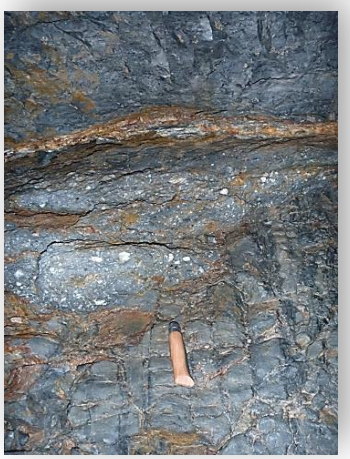
modifié d'après : ARSIP – N° 16

GéolVal

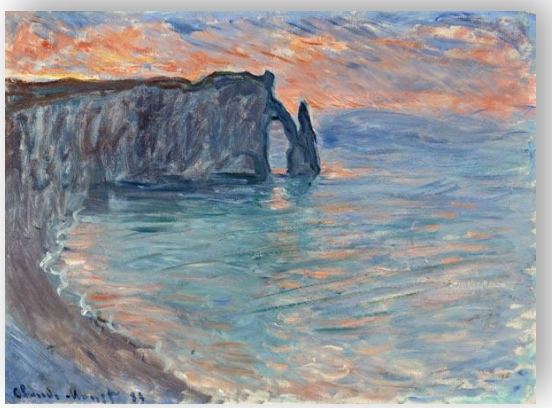
CRETACE SUPERIEUR : dépôts massifs de CALCAIRES

- la mer peu profonde envahit la pénéplaine : plateformes et lagons
- des calcaires se déposent (entre autres dans le secteur de la PSM) : calcaires « des canyons » - 300 à 400 m d'épaisseur cumulée
- *âge : Turonien à Campanien (- 100 à – 80 Ma)*





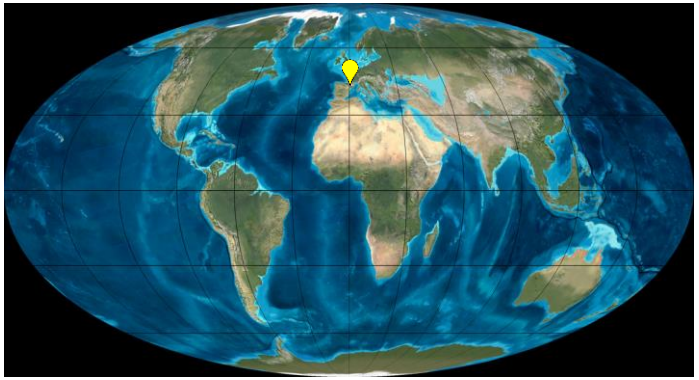
- Amont de **La Verna** : la « plage abandonnée » *(calcaires détritiques à la base)*

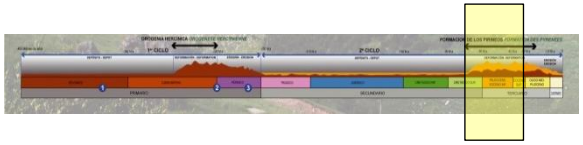


- Les falaises d'Etretat *(et de Douvres)*

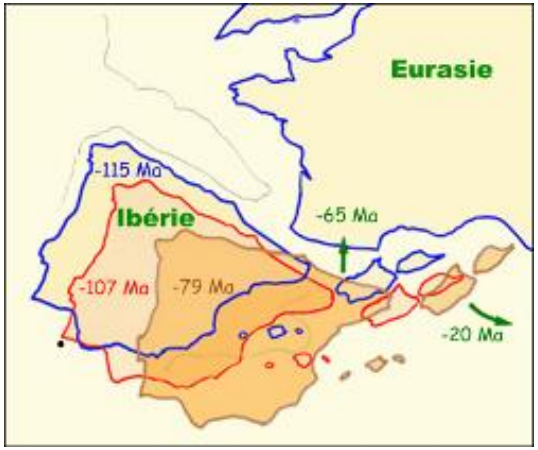
GéolVal

TERTIAIRE : L'OROGENESE PYRENEENNE





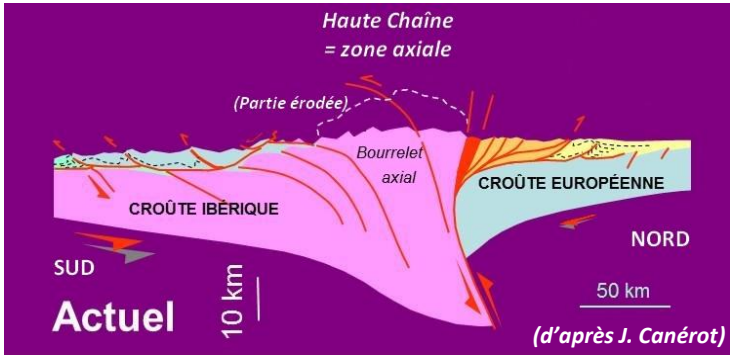
- à partir de la fin du Crétacé et durant le Tertiaire : collision entre les plaques **Ibérique** et **Européenne**



Source : RSSP – Réseau de Surveillance Sismique des Pyrénées

- Dérive de l'Ibérie, puis collision avec l'Eurasie

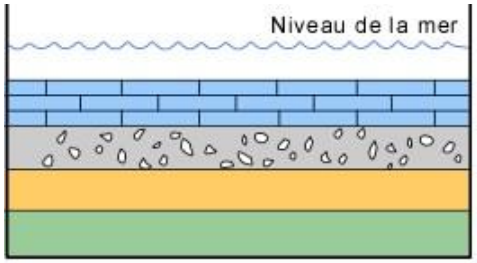
- cette collision forme les **Pyrénées** actuelles
- les anciens reliefs (Primaire) érodés, et les nouveaux sédiments déposés ensuite (Secondaire : Crétacé), sont plissés et portés en altitude.



- Résultat de la collision (vu en coupe)

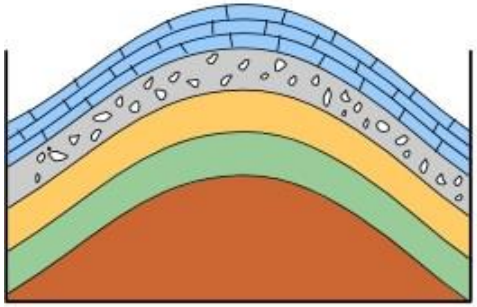
GéolVal

en résumé : formation d'une DISCORDANCE angulaire



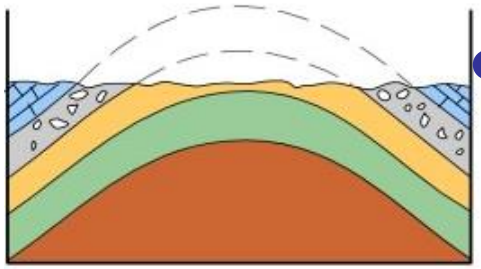
1 Dépôt des couches sédimentaires à l'horizontale

*(ici : durant l'ère **Primaire**)*



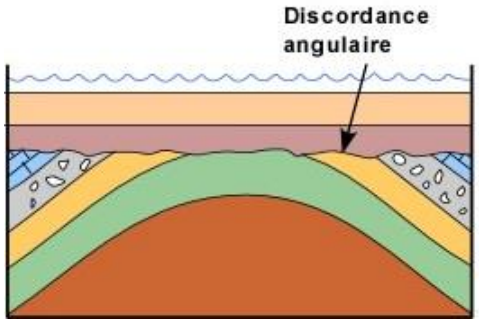
2 plissement des couches

(ici: durant la fin du Carbonifère, ère Primaire → chaîne hercynienne)



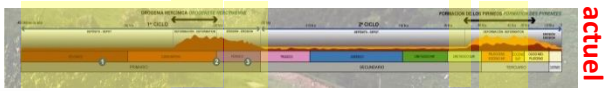
3 érosion → les anciens reliefs sont aplanis

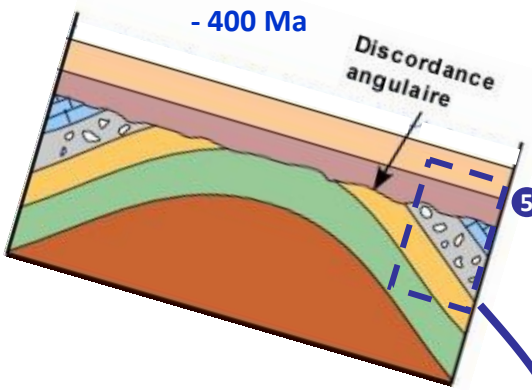
(ici: durant le Permien, fin de l'ère Primaire)



4 de **nouvelles couches** se déposent au-dessus des anciennes

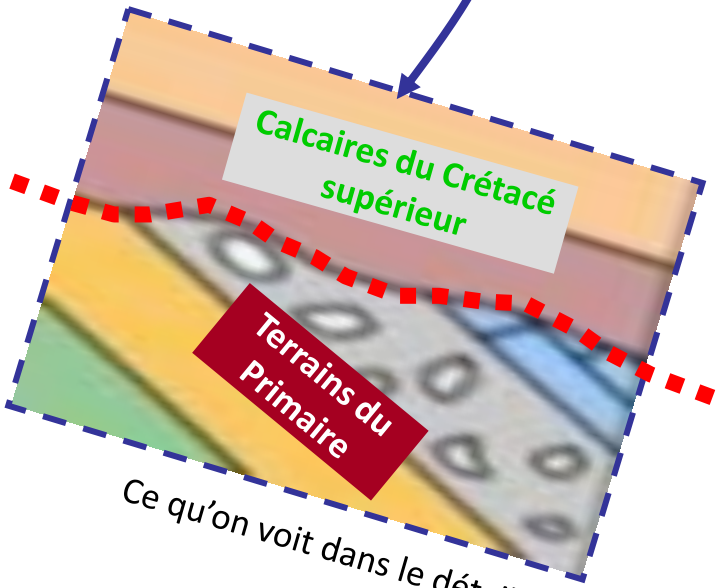
*(ici: durant le **Crétacé**, ère Secondaire)* → la surface qui sépare les 2 ensembles est une **discordance angulaire**





5 un 2ème plissement bascule l'ensemble

*(ici: durant le **Tertiaire** → formation des Pyrénées)*



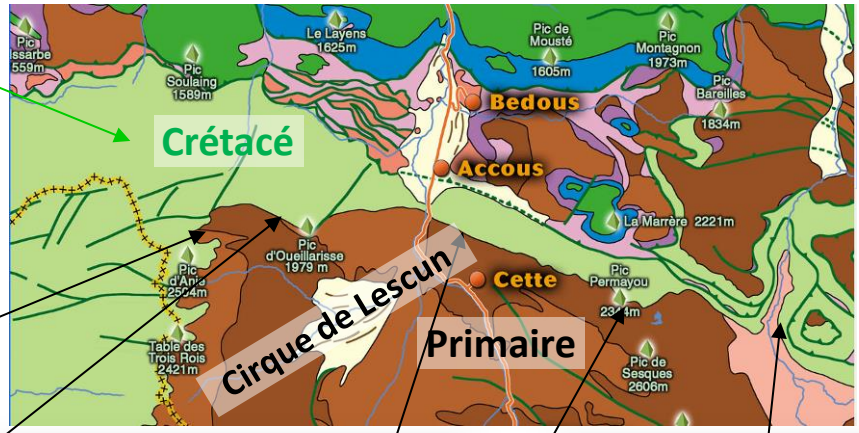
Ce qu'on voit dans le détail

Source des dessins: université de Laval, Québec

GéolVal

résultat : la DISCORDANCE HERCYNIENNE (DH) dans le paysage

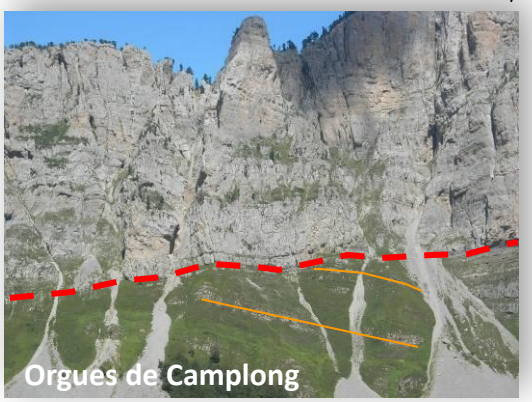
- Les calcaires du **Crétacé supérieur** (dont les « calcaires des canyons ») reposent en **discordance** sur le **Primaire** (Paléozoïque).
- On peut voir cette discordance à différents endroits : en montagne … et sous terre



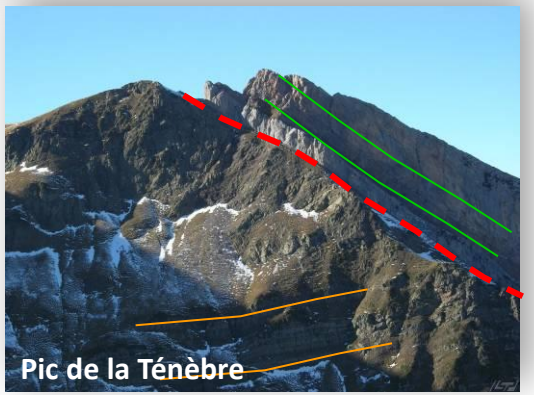
montée au Pic d'Anie

au-dessus de Cette

sur le granite des Eaux-Chaudes

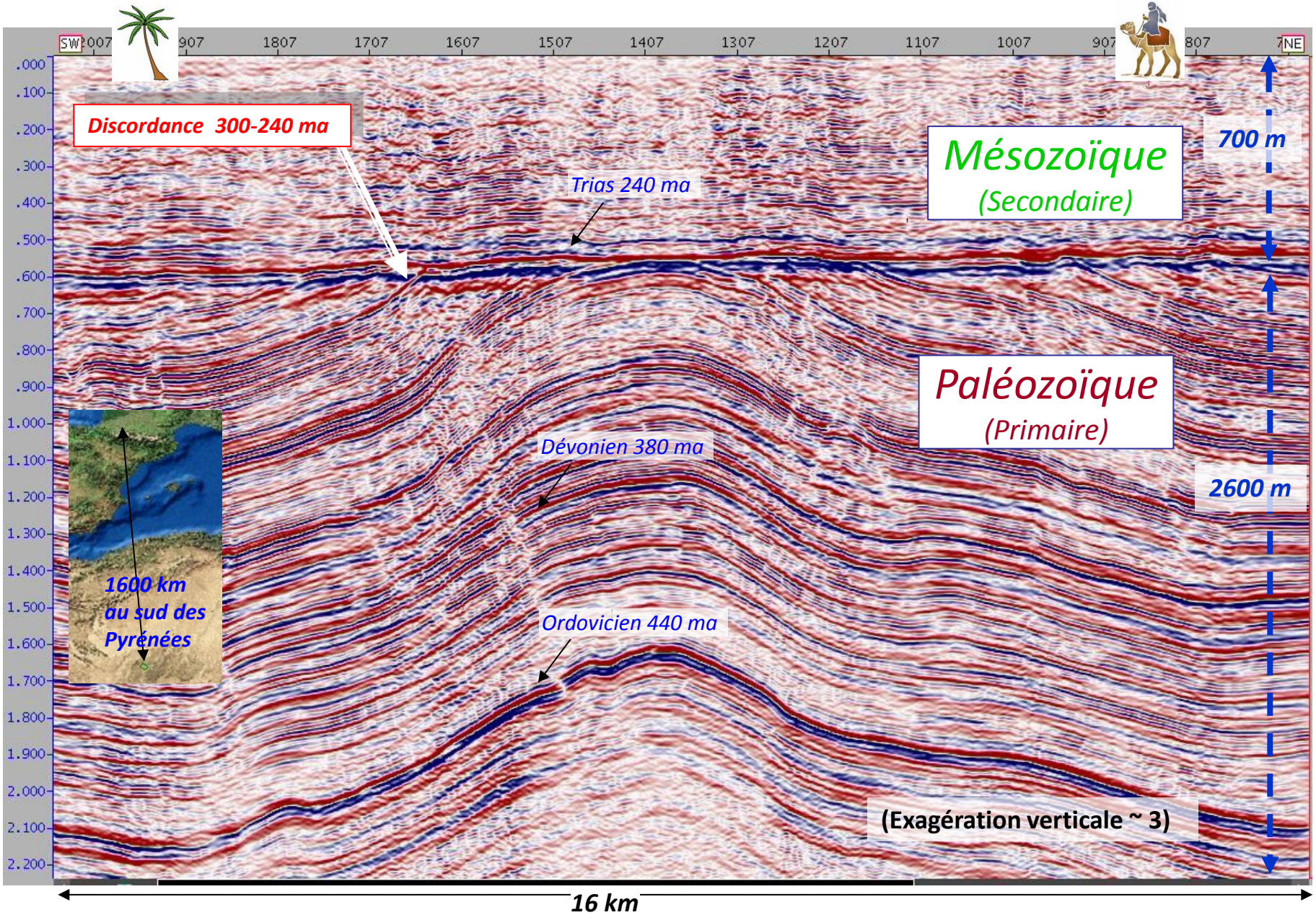

Orgues de Camplong

amont de la Verna (détail)


Pic de la Ténèbre

GéolVal

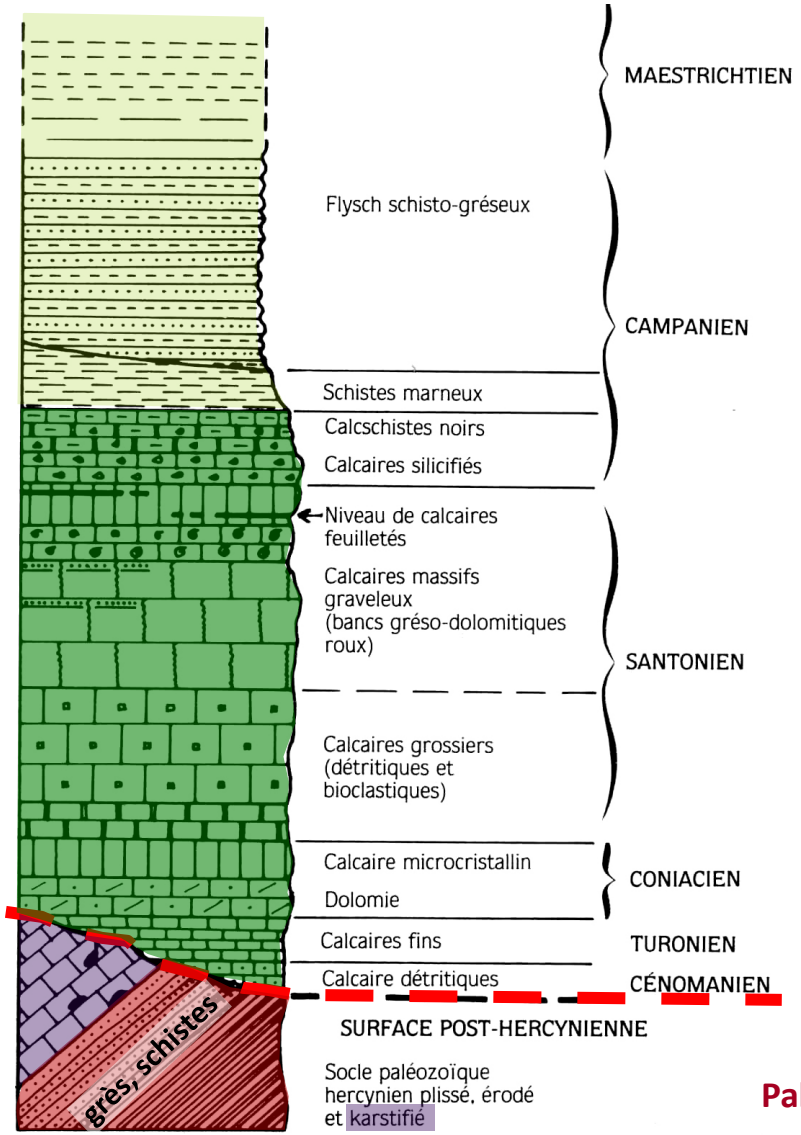
La (même) DH … dans le sud de l'Algérie



(avec la collaboration de Pierre Vinçotte)

GéolVal

COLONNE STRATIGRAPHIQUE, secteur de la Pierre Saint Martin (PSM)



Flysch
fin Crétacé
-80 à – 65 Ma

Calcaires des canyons
(Crétacé sup.)
-100 à -80 Ma
Épaisseur : 300 à 400 m

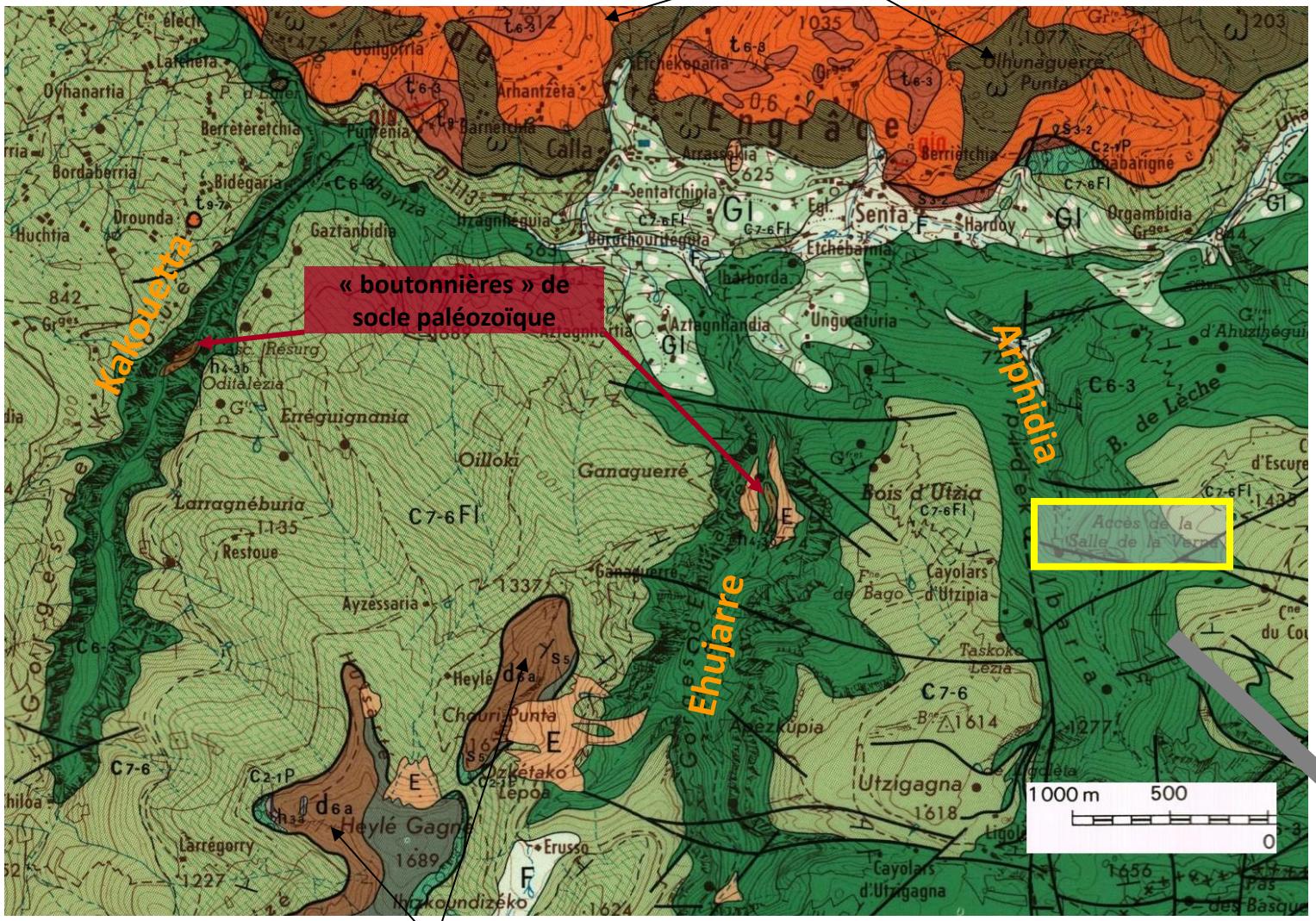
(discordance)

Paléozoïque (Primaire) -370 à -300 Ma

Calcaires du Dévonien (Primaire)

CARTE GEOLOGIQUE (Sainte Engrâce)

(Unité chevauchante: Trias, ophites)



Source : carte géologique de la France 1/50 000, feuille LARRAU

(Klippes de Paléozoïque)

C7-6Fl

Flysch fin Crétacé
(Campanien – Maest.)

C6-3

Calcaire des canyons
Crétacé sup.
(Turonien – Campanien)

D.H.

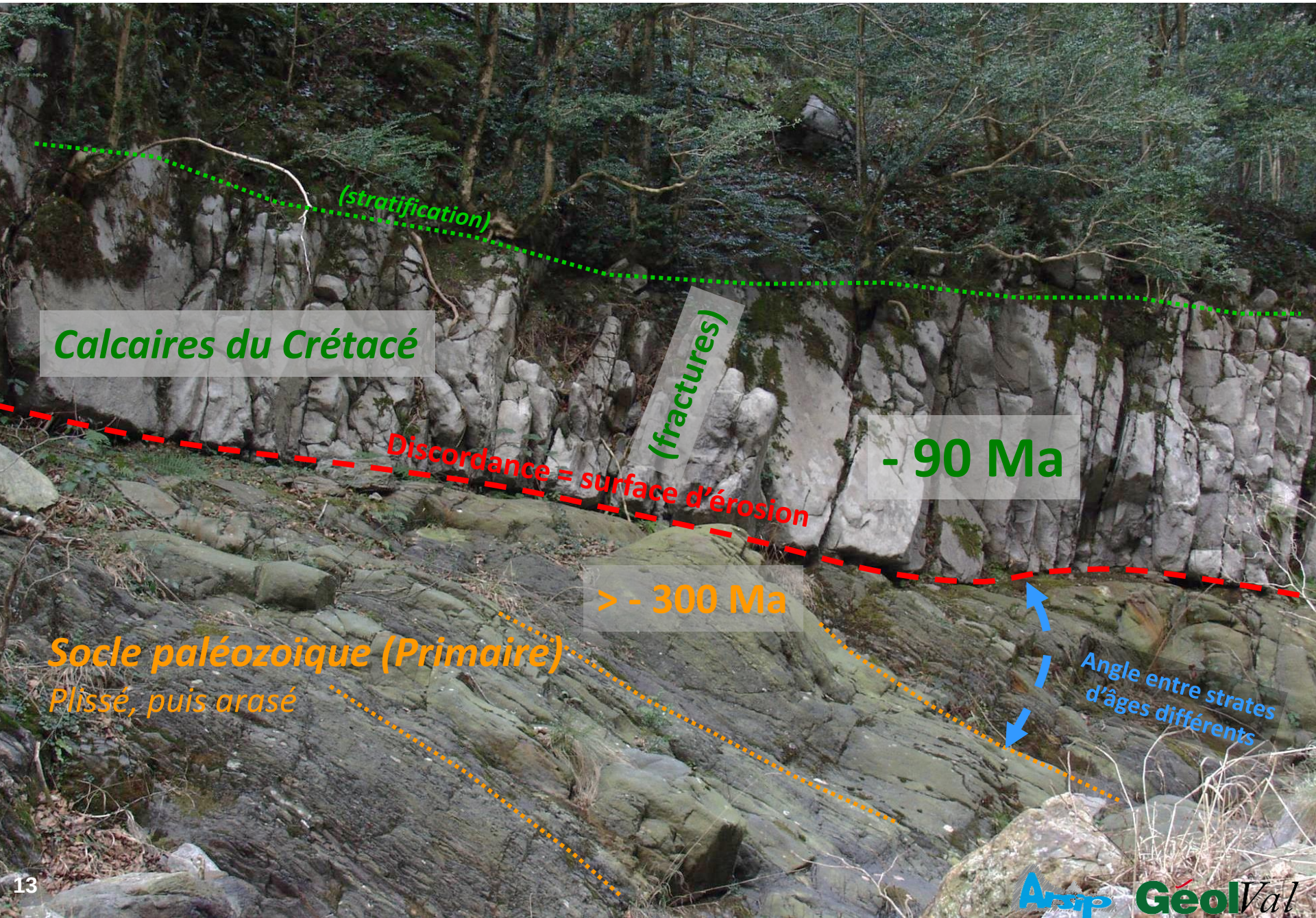
d6a

« socle » paléozoïque
Schistes et grès
(Dévonien – Carbonifère)

(amont du réseau souterrain)

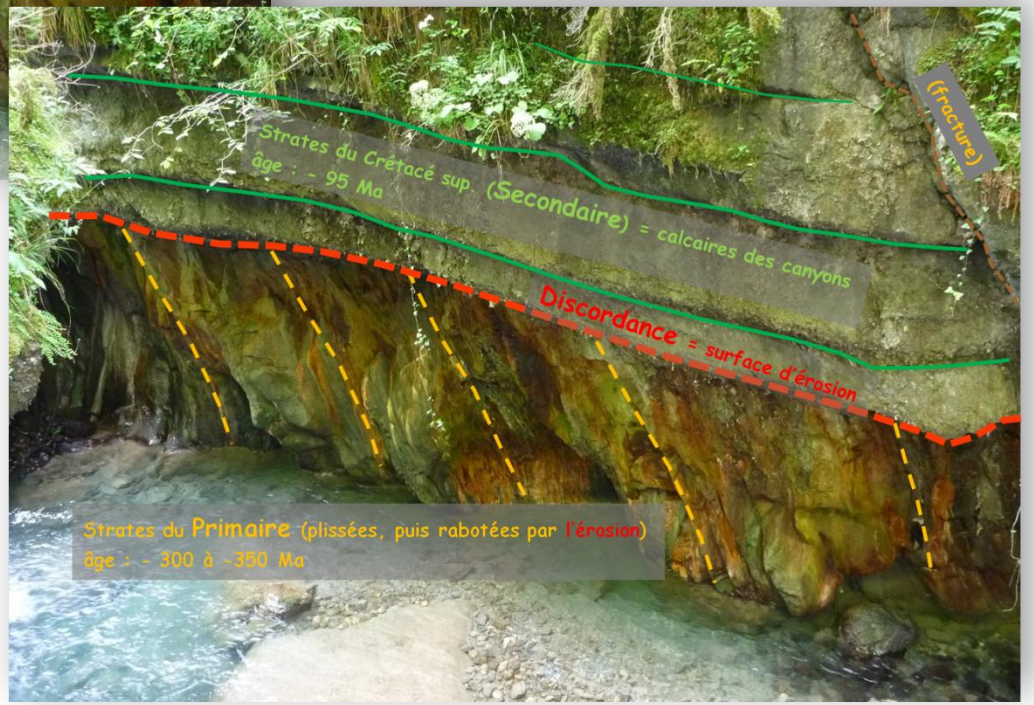
GéolVal

DISCORDANCE SUR LE TERRAIN (Gorges d'Ehujarre)



DISCORDANCE SUR LE TERRAIN (Gorges de Kakouetta, 1)

- Vue depuis la passerelle



- Vue par le géologue

GéolVal

DISCORDANCE SUR LE TERRAIN (Gorges de Kakouetta, 2)

- la discordance retrouvée en amont de la Grotte aux Lacs *(partie non aménagée des gorges)*

GéolVal

LA DISSOLUTION DES CALCAIRES

$$CO_2 \text{ (dioxyde de carbone)} + H_2O + CaCO_3 \text{ (carbonate de calcium)} \rightarrow Ca^{2+} + 2\ HCO_3^-$$

$Ca^{2+} + 2(HCO_3)^-$
Bicarbonate de Calcium

→ transporté en **solution** dans l'eau

- **Dissolution du Calcaire**
  Eau pure : 15 mg / litre
  Eau météorique : 60 à 80 mg / litre
  Eau en contact avec le sol : 200 mg / litre

- **Quelques facteurs**
  T° de l'eau
  Abondance de l'eau
  Nature de la roche
  Teneur en CO_2
  Fractures, fissures, diaclases, cavités …
  Durée de contact entre l'eau et la roche

- Formation du **KARST** :
  = paysage résultant de la dissolution (ou corrosion) de roches solubles (calcaires en général)

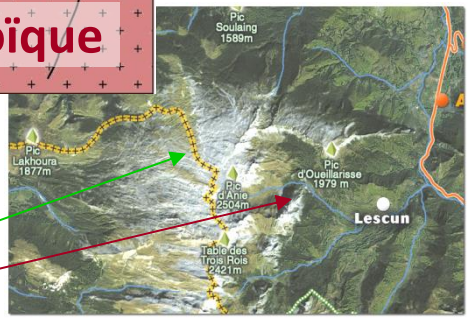
MASSIF DE LA PSM : unités géologiques / réseaux souterrains

(unité chevauchante:
Trias, ophites, poudingue Crétacé, …)

Massif d'Igounce
Gave du Lourdios
Sainte Engrâce
résurgences
(445 m)
l'Uhaïtza
Dorsale Benou - Billare
Gave d'Aspe
Athas
Kakouetta
l'Aidy
Bassin versant oriental
Lées
La Verna
St Vincent
Orgues de Camplong
Pic d'Anie (2 504 m)
St Georges
Bassin versant occidental
Lescun
Le Billare
Crétacé supérieur (calcaires)
Rio Esca
Nord
0 2 4 km
« socle » paléozoïque

socle paléozoïque
massif d'Igounce
dorsale Benou - Billare
escarpement d'érosion des calcaires crétacés
trace du chevauchement
circulations de surface
émergence
circulation souterraine supposée
circulation souterraine prouvée
réseaux souterrains

Emergences :
1 - Laminako Ziloa
2 - Grotte de Bentia
3 - Cascade de Kakouetta
4 - Les Oueils d'Issaux
5 - Emergence de la Pisciculture



Vue satellite:
"carapace" de ***Crétacé***
sur le " socle " ***Primaire***

(une partie du) RESEAU SOUTERRAIN DE LA PSM

Développement total : 80 km
Dénivelé maxi : 1 410 m

Puits de découverte « gouffre de la Pierre Saint-Martin »

Entrées supérieures

Alt. 1 050 m à la plate-forme

LA VERNA

Bentia (barrage)

Ravin d'Arphidia

Puits Lépineux

Arlas

Gouffre de la Tête Sauvage

SC3

M3

M31

Soum Couy

Anie

Alt.

2 000

1 500

1 000

GOUFFRE DE LA PIERRE SAINT MARTIN

GROTTE D'ARPHIDIA

TROU DU RENARD

1 km

1 km

1 km

Nord

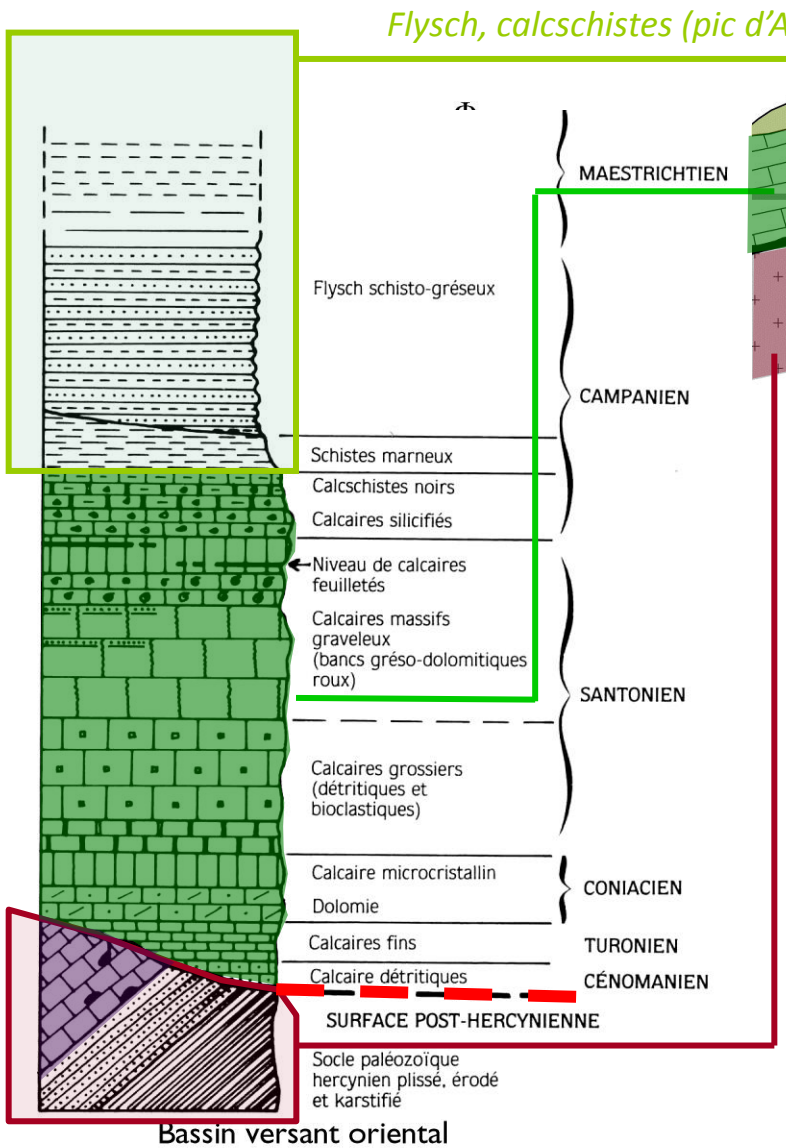
W-NW

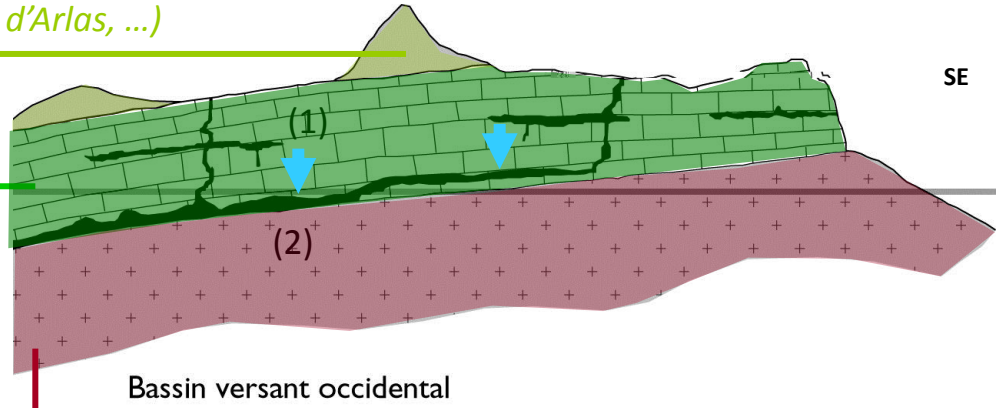
E-SE

Niveau de base actuel du réseau souterrain : 435 à 445 m d'altitude (résurgences d'Illamina et de Bentia)

- descente du puits Lépineux

Formation du KARST de la PSM



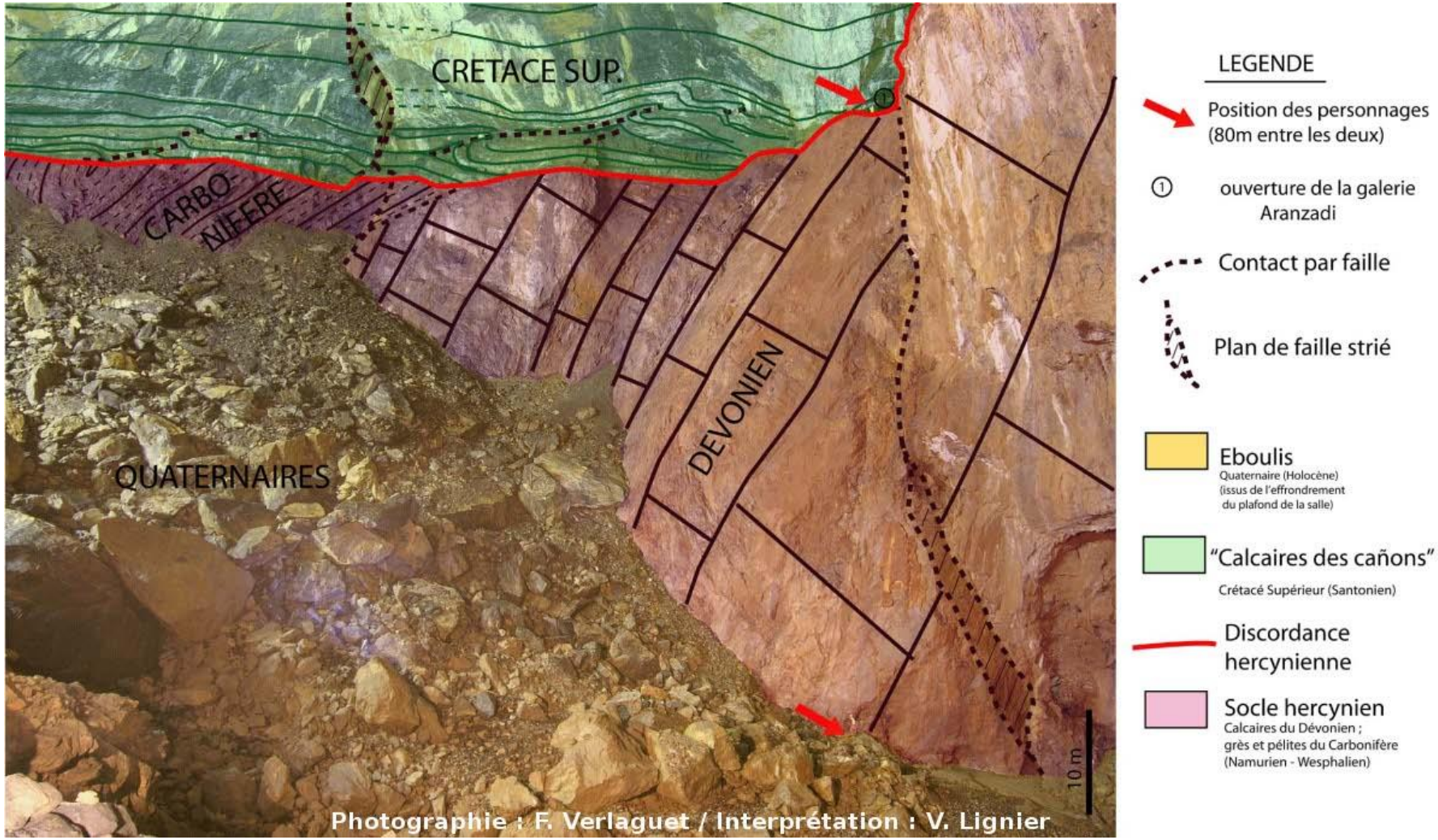


- développement du karst dans les **calcaires des canyons.**
  - les niveaux étagés témoignent de plusieurs phases de karstification (dissolution), et d'un **abaissement progressif** du niveau de base.
    - les galeries principales / actuelles se développent au contact avec le « socle » **Primaire** (hercynien) **non soluble** …
- … sauf au niveau de la Verna, où les **calcaires du Dévonien** sont aussi dissous.

LA SALLE DE LA VERNA

Aranzadi

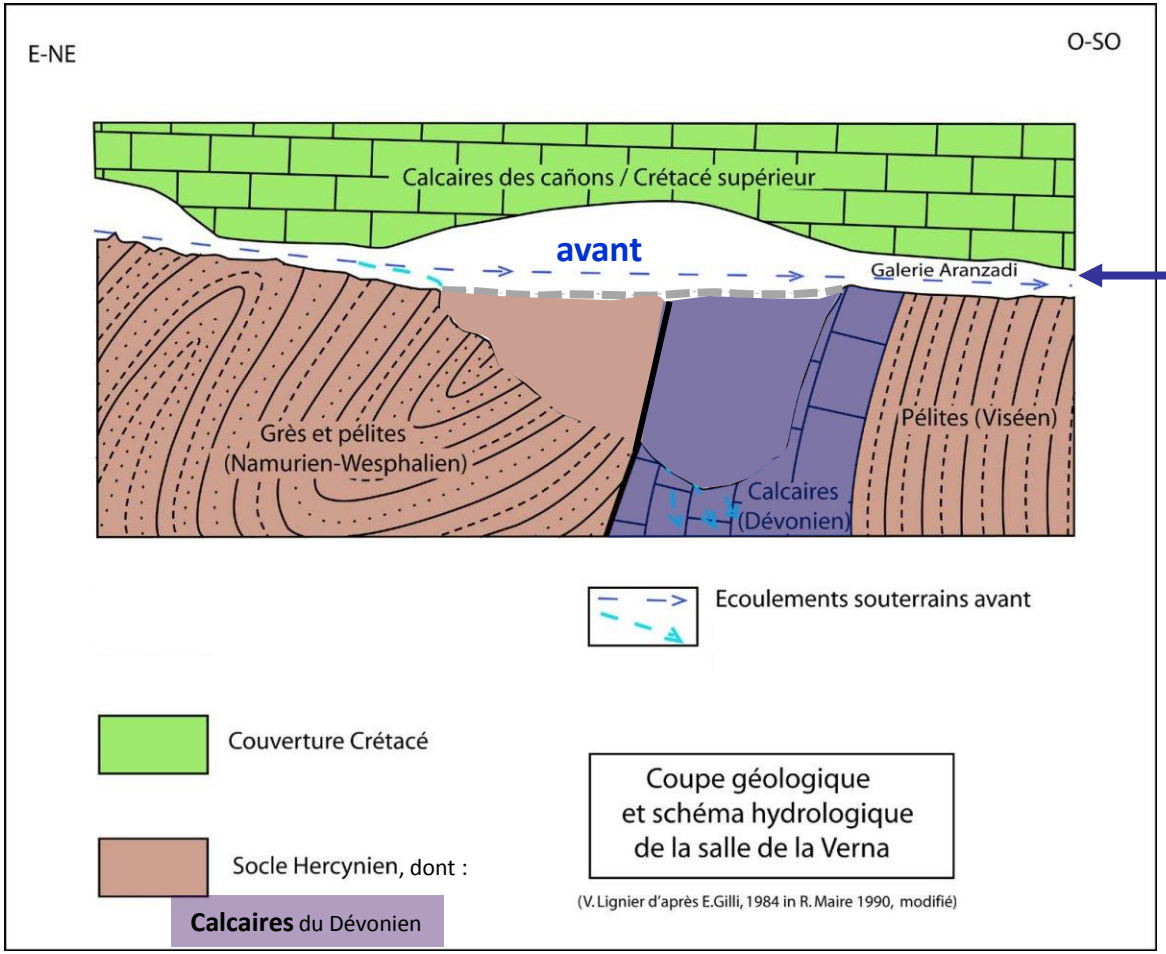
LA SALLE DE LA VERNA : interprétation géologique



http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/objets/img_sem/XML/db/planetterre/metadata/LOM-Img251-2008-11

GéolVal

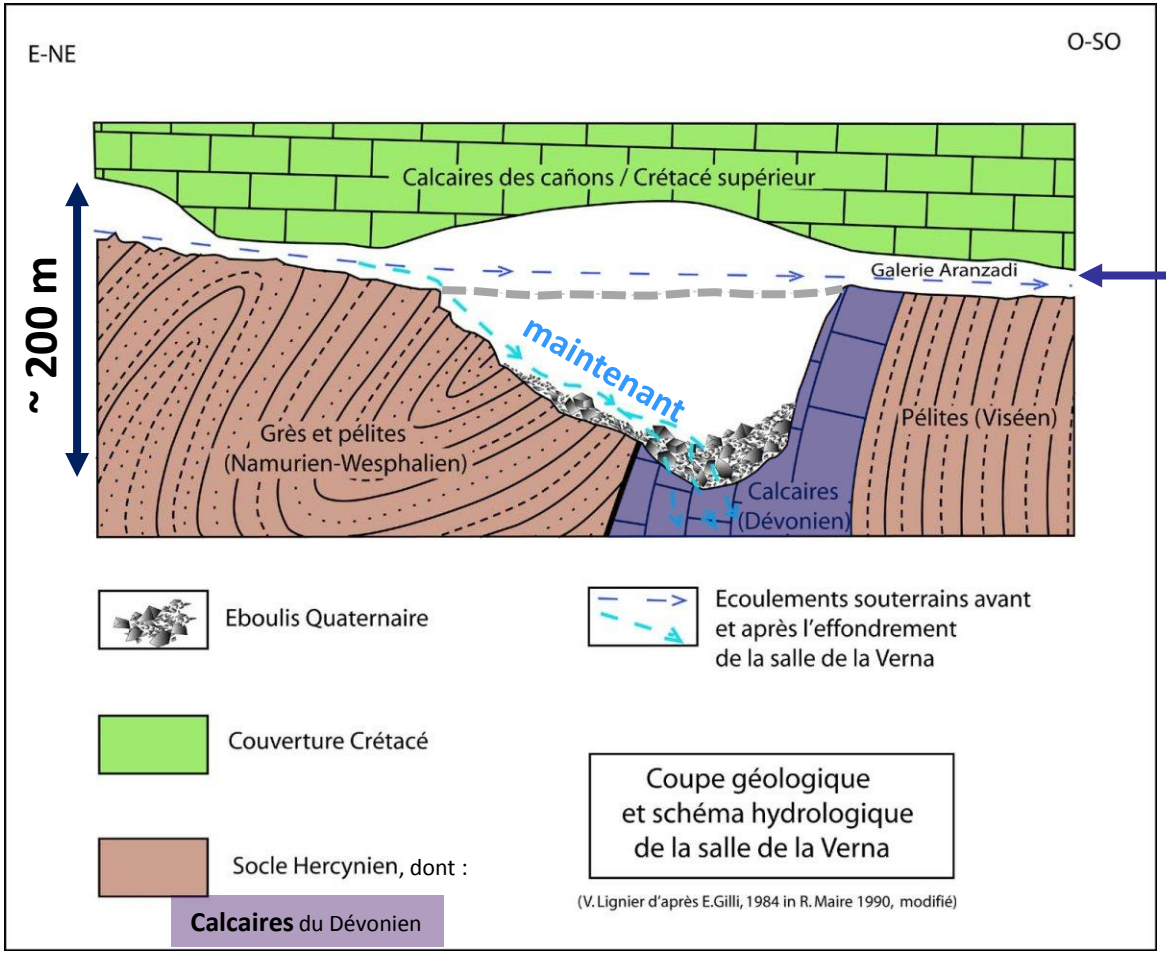
LA VERNA : histoire géologique récente (1/2)



modifié d'après : planet-terre.ens-lyon.fr

La galerie **Aranzadi** correspond à **l'ancien** cours de la rivière Saint Vincent, **avant** sa disparition dans les calcaires du Dévonien (Primaire).

LA VERNA : histoire géologique récente (2/2)



modifié d'après : planet-terre.ens-lyon.fr

érosion (grès et pélites)

dissolution (calcaires)

La galerie **Aranzadi** correspond à **l'ancien** cours de la rivière Saint Vincent, **avant** sa disparition dans les calcaires du Dévonien (Primaire).

et une hypothèse d'exploration, avant la découverte d'Aranzadi :

« … la rivière, qui se perdait à présent dans les galets et les éboulis …, continuait autrefois sa route. /… / En cherchant … on devait donc retrouver cet ancien lit, à l'état fossile. »
(C. Queffélec)

- la dissolution (chimique) des **calcaires du Dévonien** provoque un soutirage ; le vide créé provoque une érosion (mécanique) des **grès et pélites du Carbonifère**.

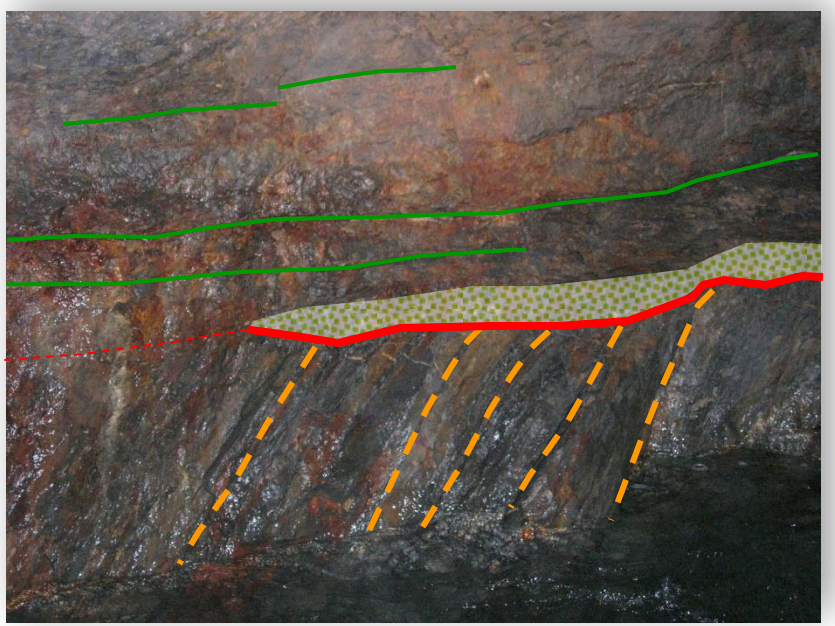
LA DISCORDANCE ENTAMEE PAR LA RIVIERE (amont de La Verna)

Calcaire Crétacé sup
(100 -> 80 Ma)

Conglomérat de base
(~ 100 Ma)

Discordance = surface d'érosion

Grès Carbonifère (~ 320 Ma)



GéolVal

Gros plan sur … LA DISCORDANCE (amont de la cascade)

Calcaire Crétacé sup (100 -> 80 Ma)

Niveau rubéfié ?

Conglomérat (ou « lag ») de base (~ 100 Ma)

Discordance

Grès-pélites du **Carbonifère** sup (~ 320 Ma)

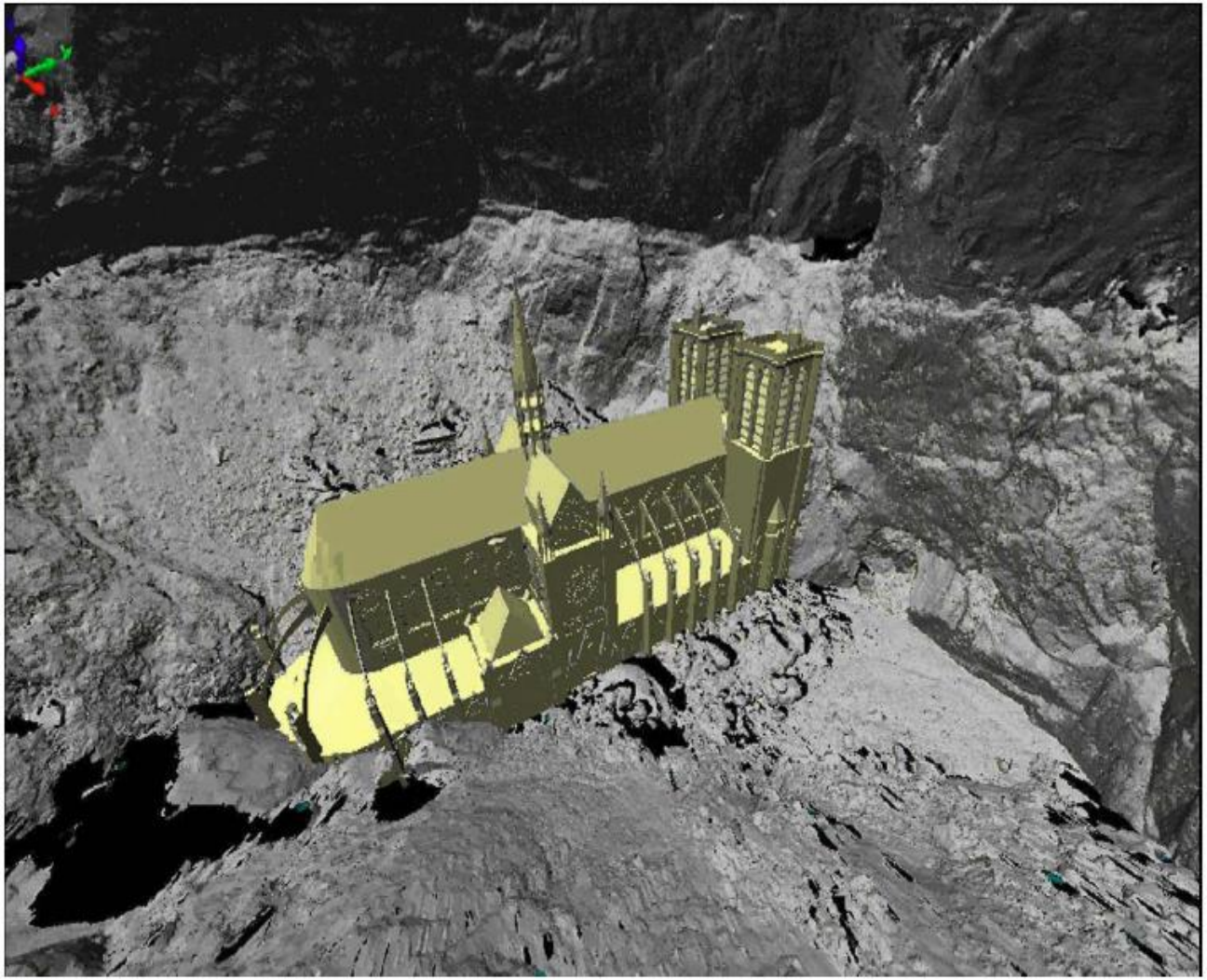
- *La **« plage abandonnée »** : le conglomérat de base est le témoin du début de la remontée de la mer sur la surface érodée.*
- *Il est formé de débris brassés par les vagues, puis cimentés par le calcaire.*

Amont de La Verna *(sous terre)*

Gorges d'Ehujarre *(à l'air libre)*

GéolVal

MISE A L'ECHELLE : modèle infographique



insertion d'un modèle infographique de Notre-Dame de Paris, à l'échelle dans le modèle topographique de la Salle de la Verna.

http://www.atm3d.com/v5/pdf/verna.pdf

- 240 m de diamètre
- 194 m de haut
- ~ 3,6 millions de m3

GéolVal

Photo : Fred Verlaguet

galerie ARANZADI : les remplissages – varves et alluvions grossières

Yellowstone Lake *(USA)* – *foncé = hiver*

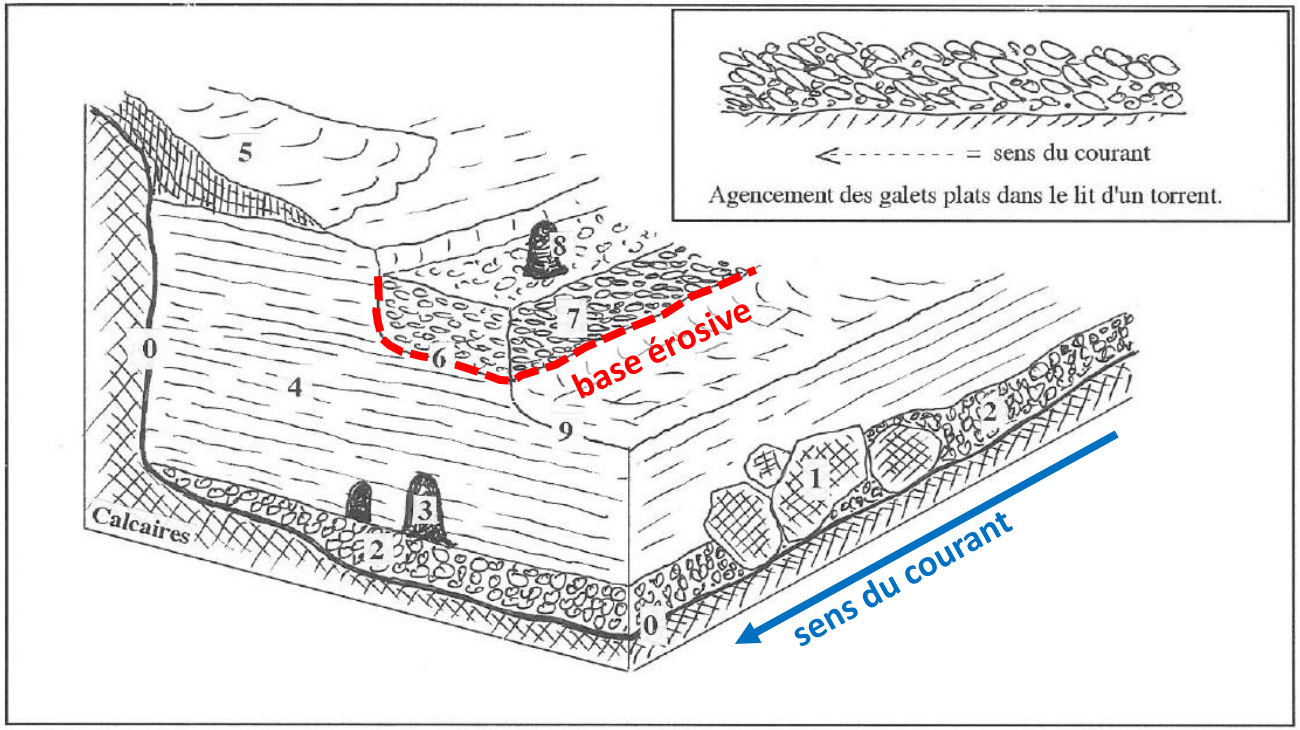
galerie Aranzadi *(La Verna)*

varve n. f. [mot suédois] - Feuillet sédimentaire qui s'associe à d'autres pour constituer un dépôt lacustre finement lité, où alternent matériaux argileux et sableux, sombres ou claires. Leur origine s'explique par un contrôle saisonnier du débit des cours d'eau lié à la fonte des glaciers, et surtout à celle des inlandsis. On a utilisé cette périodicité comme moyen de datation. Ce terme s'emploie surtout au pluriel : des varves. adj. **varvé, e**

Dictionnaire de géologie, A. Foucault et J.F. Raoult

érosion des varves par un chenal, rempli ensuite d'éléments grossiers

remplissages et recreusements d'une galerie imaginaire …



… qui ressemble beaucoup à **Aranzadi**

datations absolues par les concrétions de calcite

0 : creusement initial de la galerie ; 1 : de gros éboulements se produisent. Les blocs gigantesques sont enrobés dans les alluvions de la phase 2 ; 2 : fonctionnement de la galerie en rivière souterraine avec alluvions torrentielles faites de gros galets ; 3 : dépôt de concrétions à la surface des alluvions : leur âge est de 220 000 ans. Les alluvions "2" sont donc antérieures à 220 000 ans ; 4 : un épais ensemble de dépôts de décantation "varvés" envahit la galerie suite à l'obstruction de son exutoire ; 5 : au terme de cet épisode, une coulée stalagmitique (chapitre 12) recouvre partiellement le dépôt "4". Son âge est de 95 000 ans. Le sédiment "4" s'est donc accumulé entre - 220 000 ans et - 95 000 ans.

6 : un recreusement torrentiel des alluvions "4" se produit, immédiatement suivi par le dépôt d'un lit de galets (7). L'âge de cet évènement est antérieur à celui de la stalagmite qui le surmonte (8), datée de 32 000 ans. Enfin, un nouveau recreusement survient (9).

La disposition statistique des galets du remplisage "7" indique que le sens du courant était vers la gauche : dans le lit d'un torrent, les galets plus ou moins plats sont imbriqués de telle sorte que leur partie relevée indique l'aval de l'écoulement, comme l'illustre le médaillon en haut de la figure

les sédiments de la galerie ARANZADI

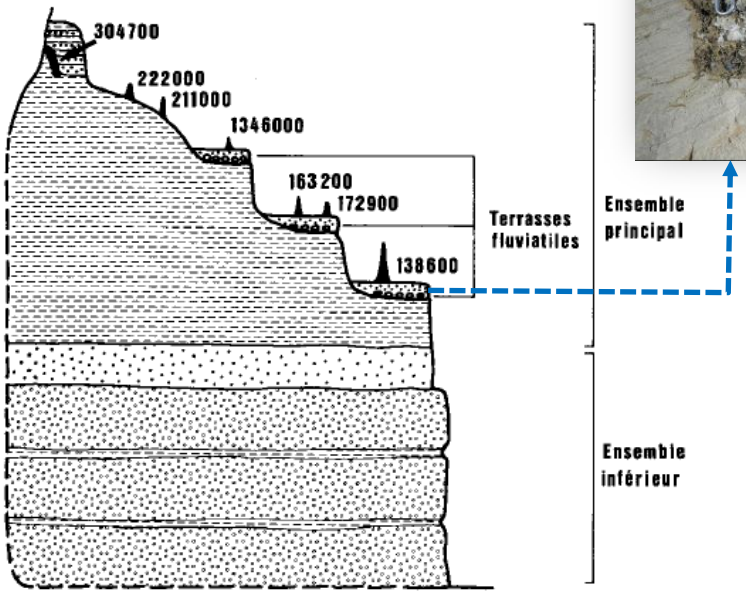


Fig. 4.- Coupe de principe des remplissages de la Galerie Aranzadi, montrant les trois ensembles sédimentaires détritiques et quelques stalagmites datées.

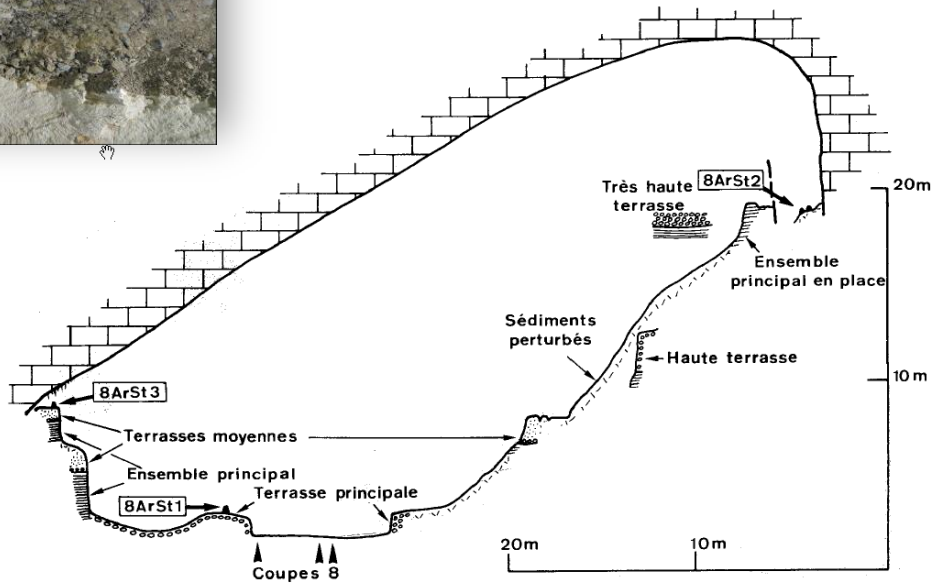


Fig. 9.- Section de la Galerie Aranzadi, à quelques dizaines de mètres du porche s'ouvrant sur la Salle de la Verna.

▲

les ensembles sédimentaires :

coupe schématique

(datation des stalagmites, en années)

▲

Section de la galerie

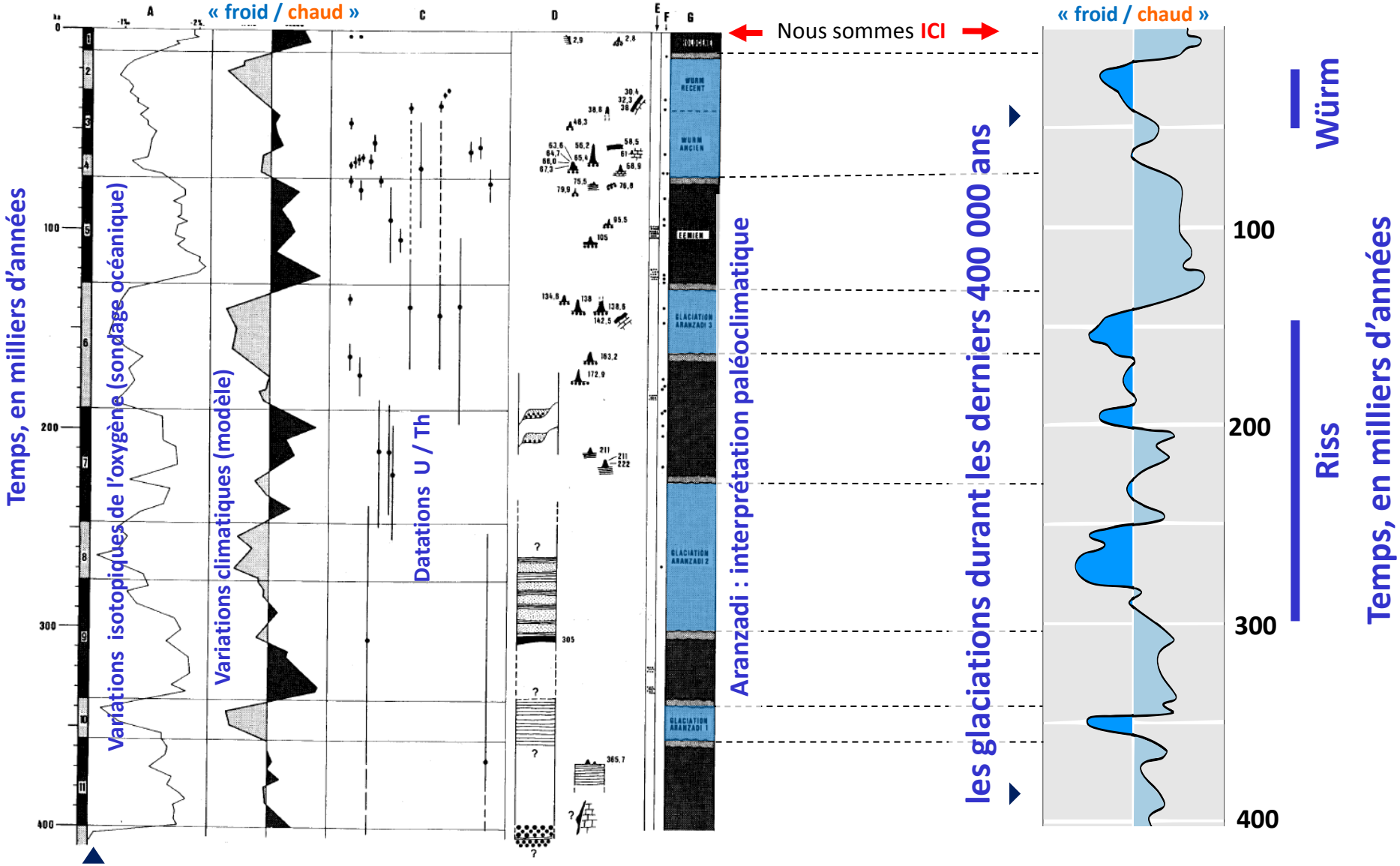
(près du porche d'entrée)

- les terrasses les plus anciennes sont en haut -

(d'après R. Maire et Y. Quinif)

GéolVal

les sédiments de la galerie ARANZADI et les dernières glaciations



Essais de datations et de corrélation avec les épisodes glaciaires

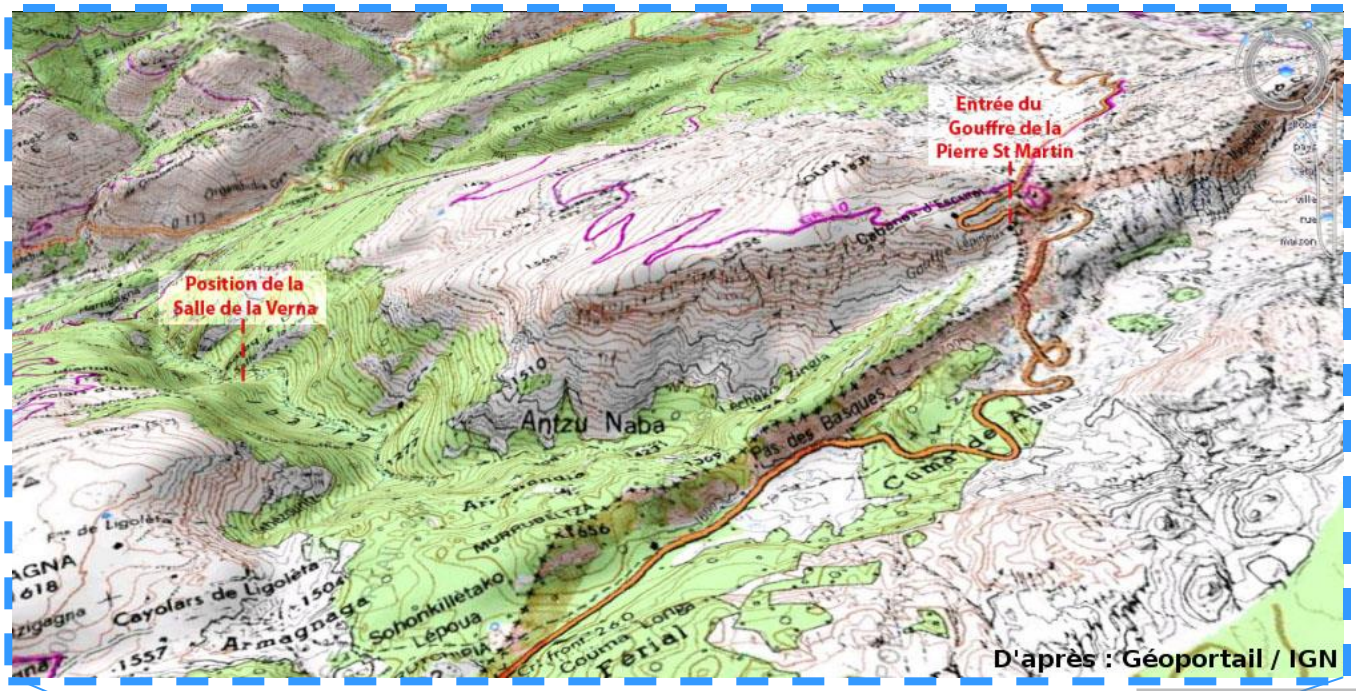
(d'après R. Maire et Y. Quinif)

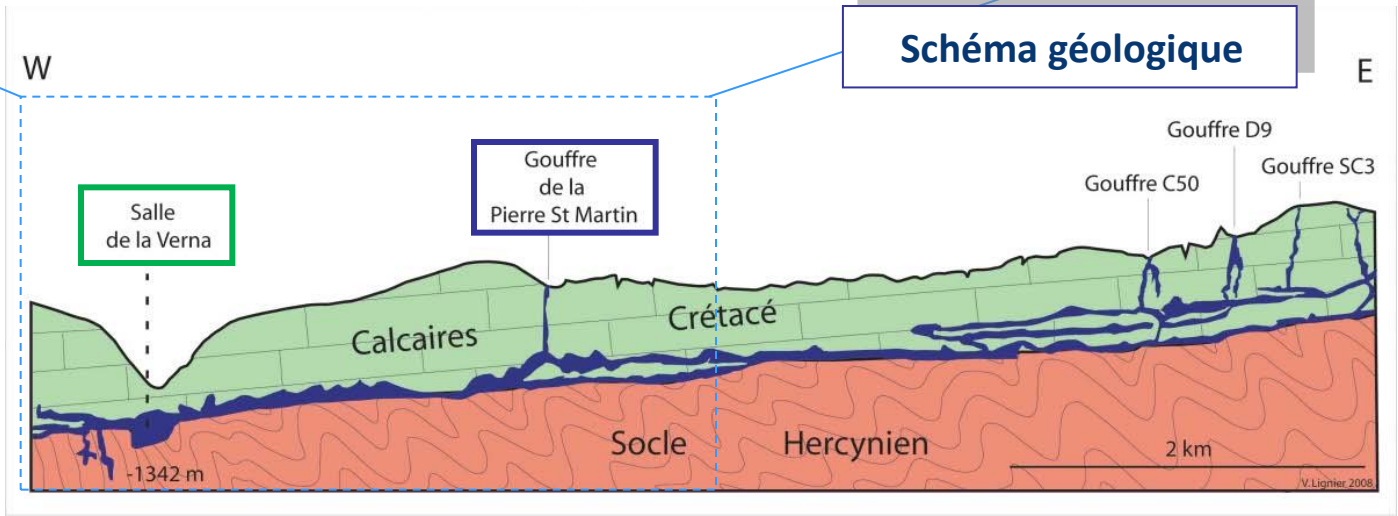
GéolVal

et retrouvez-nous sur :

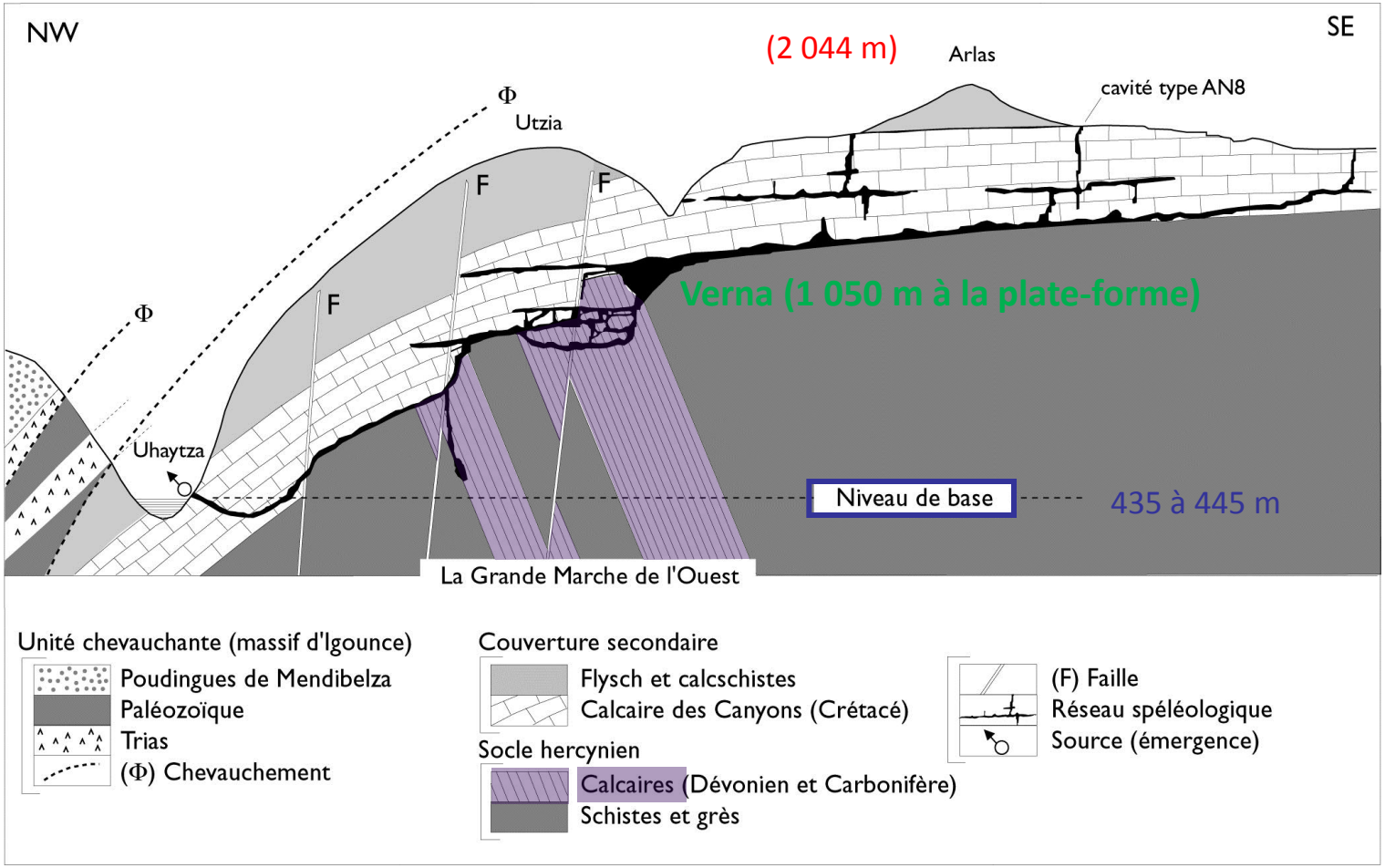
www.facebook.com/Geolval
www.geolval.fr

(une partie du) RESEAU SOUTERRAIN DE LA PSM





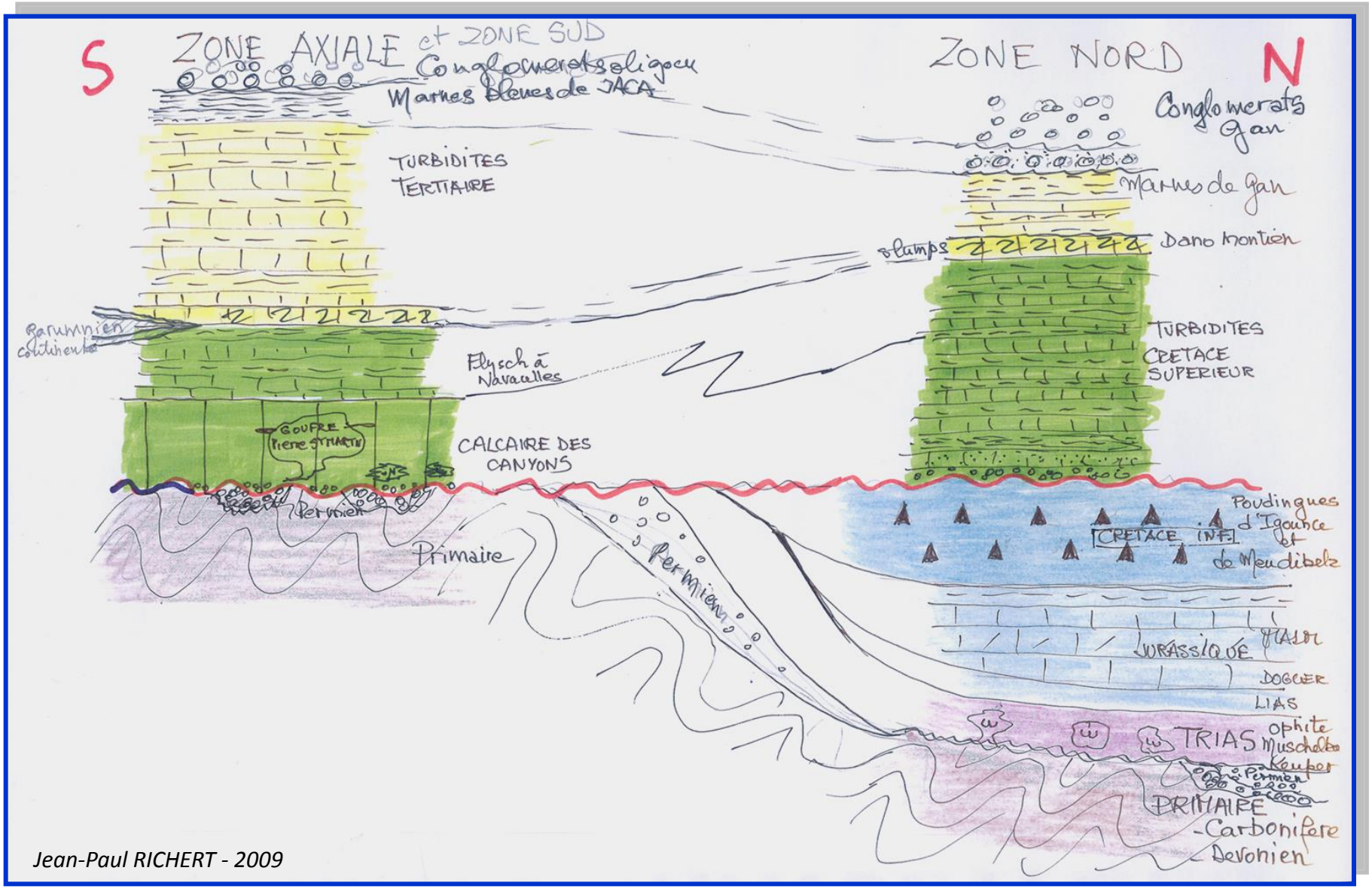
l'hypothèse de la « grande marche de l'ouest »



L'hypothèse: à l'ouest du massif, une série de failles décalent l'ensemble « socle » Primaire et couverture Crétacée, ce qui permet au réseau de continuer à se creuser plus bas.

(d'après Jacques Bauer)

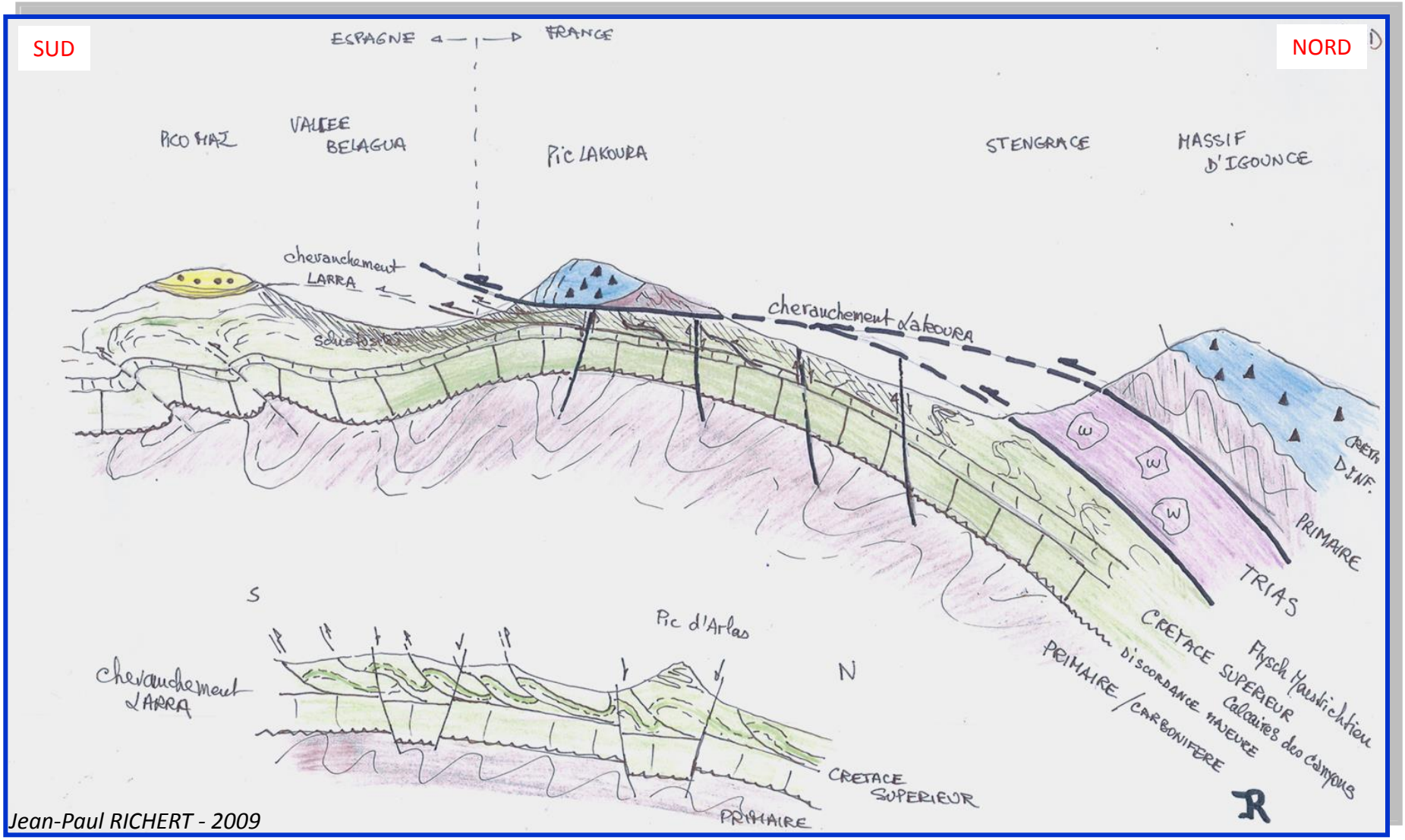
Géologie régionale - esquisse (1)



Jean-Paul RICHERT - 2009

GéolVal

Géologie régionale - esquisse (2)



Jean-Paul RICHERT - 2009

GéolVal

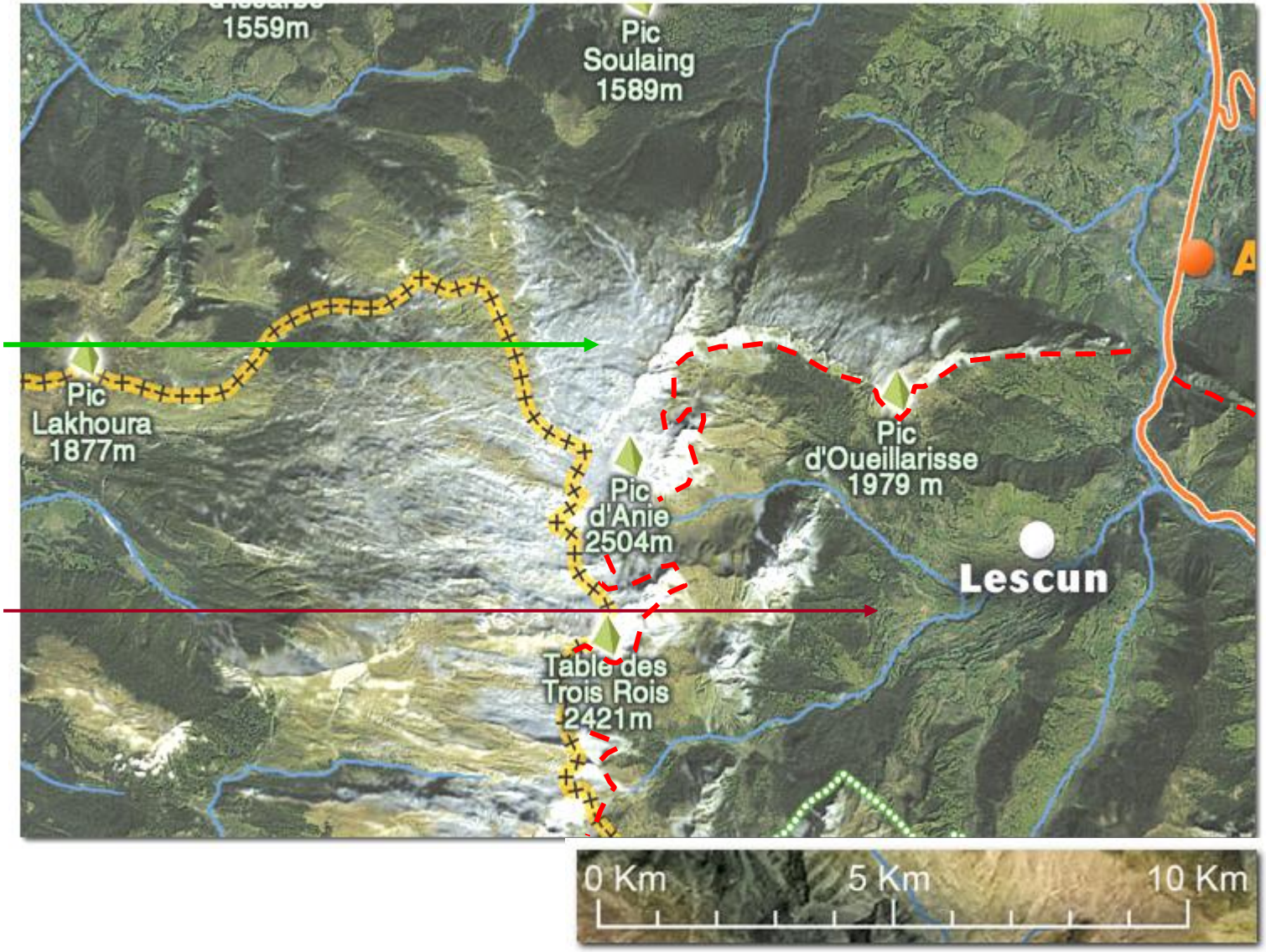
Vue satellite

à G les arres d'Anie (Crétacé), à D le cirque de Lescun (Primaire)

… entre les deux : la discordance

"carapace" de ***Crétacé***

sur le " socle " ***Primaire***



GéolVal