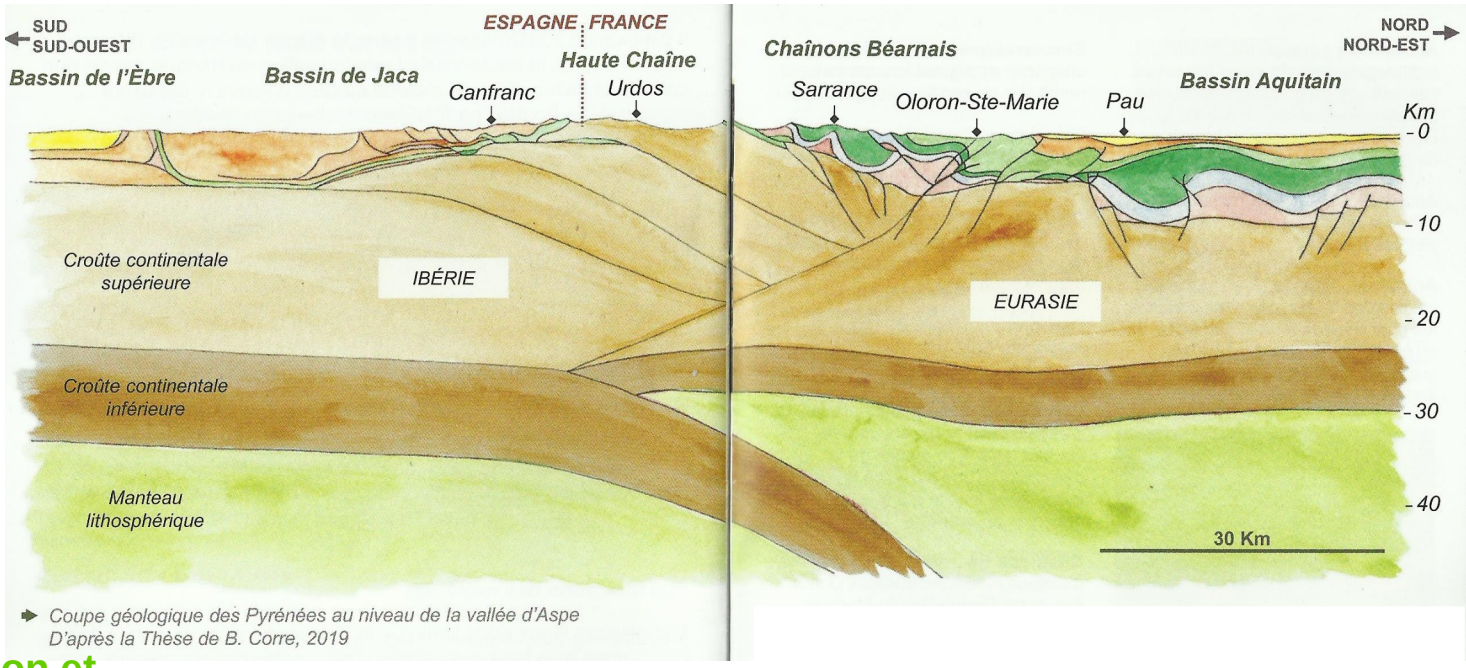
Sortie OT du 22 juillet 2021 : le Karst de la Pierre Saint Martin

Géologie sur le karst de la Pierre St Martin, d'après l'itinéraire du géologuide « Pyrénées-Atlantiques » d'Y. Hervouët, éditions BRGM.

CONTEXTE GENERAL

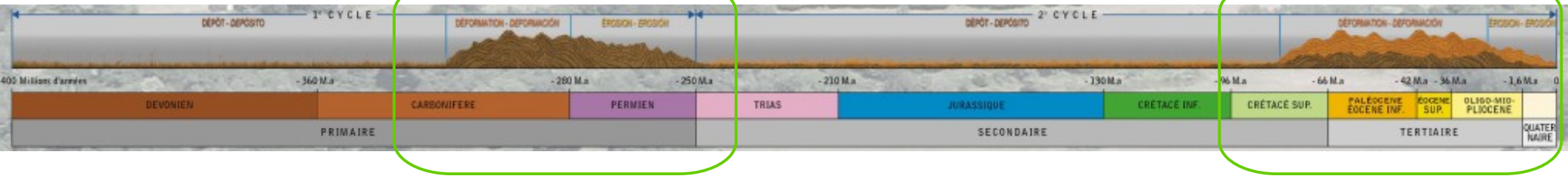
Les Pyrénées sont le résultat de la collision entre la plaque Européenne et la plaque Ibérique qui a débuté il y a environ 70 à 65 Ma. Cependant, l'histoire des Pyrénées commence bien avant cette date, puisque l'on observe aussi des traces de la gigantesque chaîne de montagnes qui existait il y a 350 Ma environ, que l'on appelle la chaîne Hercynienne.



Coupe géologique des Pyrénées au niveau de la vallée d'Aspe
D'après la Thèse de B. Corre, 2019

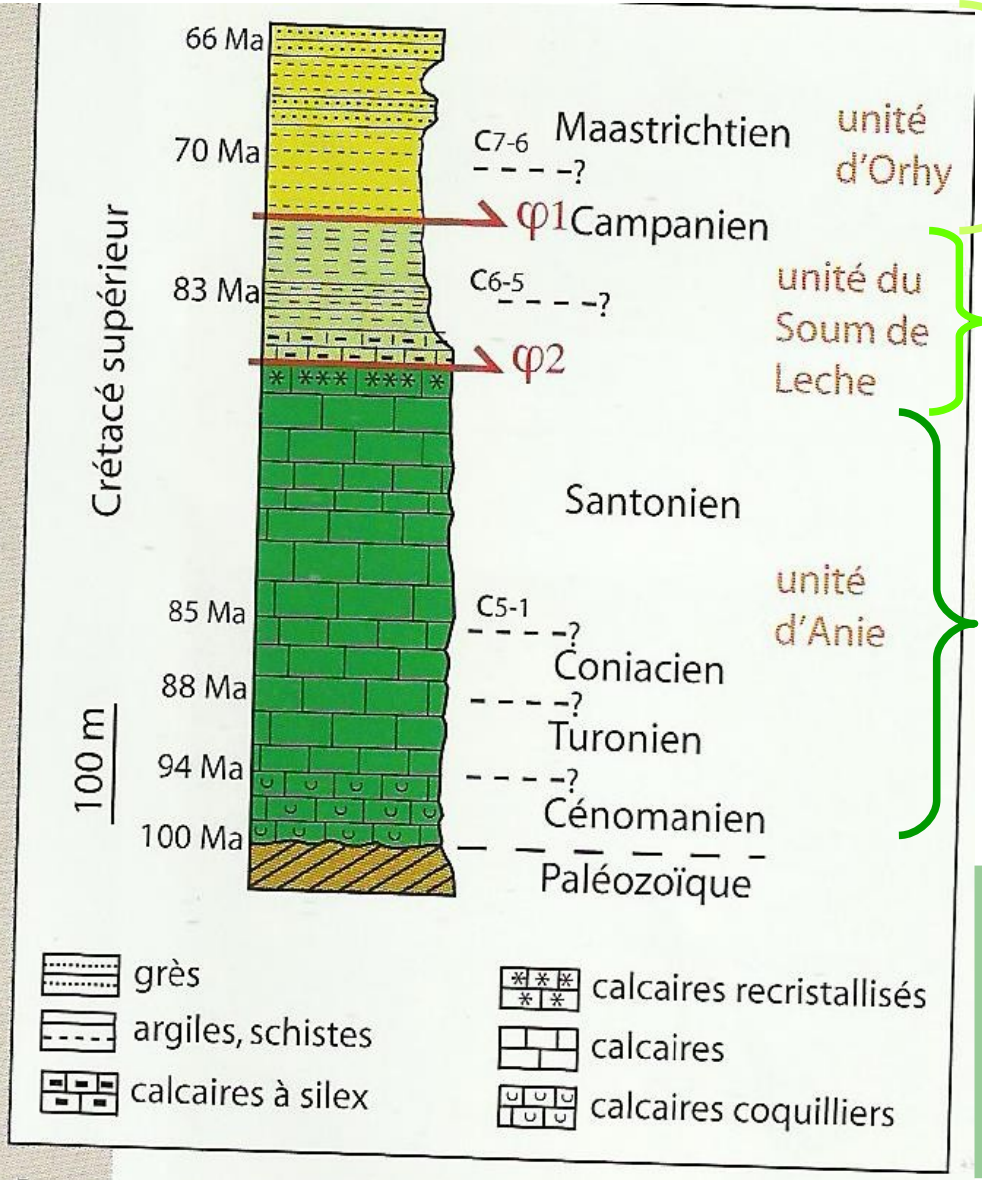
-360 à -250 Ma, formation et démantèlement de la chaîne Hercynienne

-70 à 0 Ma, formation des Pyrénées actuelles



ITINERAIRE DE LA SORTIE

LES FACIES OBSERVES



Colonne stratigraphique du massif de la Pierre Saint-Martin et les unités structurales de ce massif.

©Y. Hervouet

Turbidites de la fin du Crétacé et du début du Tertiaire

Le calcaire à rognon, gris foncé, avec des rognons de silex, surmonté d'un calcschiste (marne cuite)

Les calcaires des Canyons, gris clairs, très massifs

Ces différents faciès se superposent un peu dans le temps. Ce qui les différencient surtout est l'environnement de dépôt : les calcaires des canyons se sont formés sur une plateforme assez proche du littoral, et les turbidites, au niveau du talus continental, plus loin de la côte. Les différents faciès permettent donc de reconstituer l'évolution de l'environnement de dépôt au cours du temps.

OBJECTIFS DE LA SORTIE

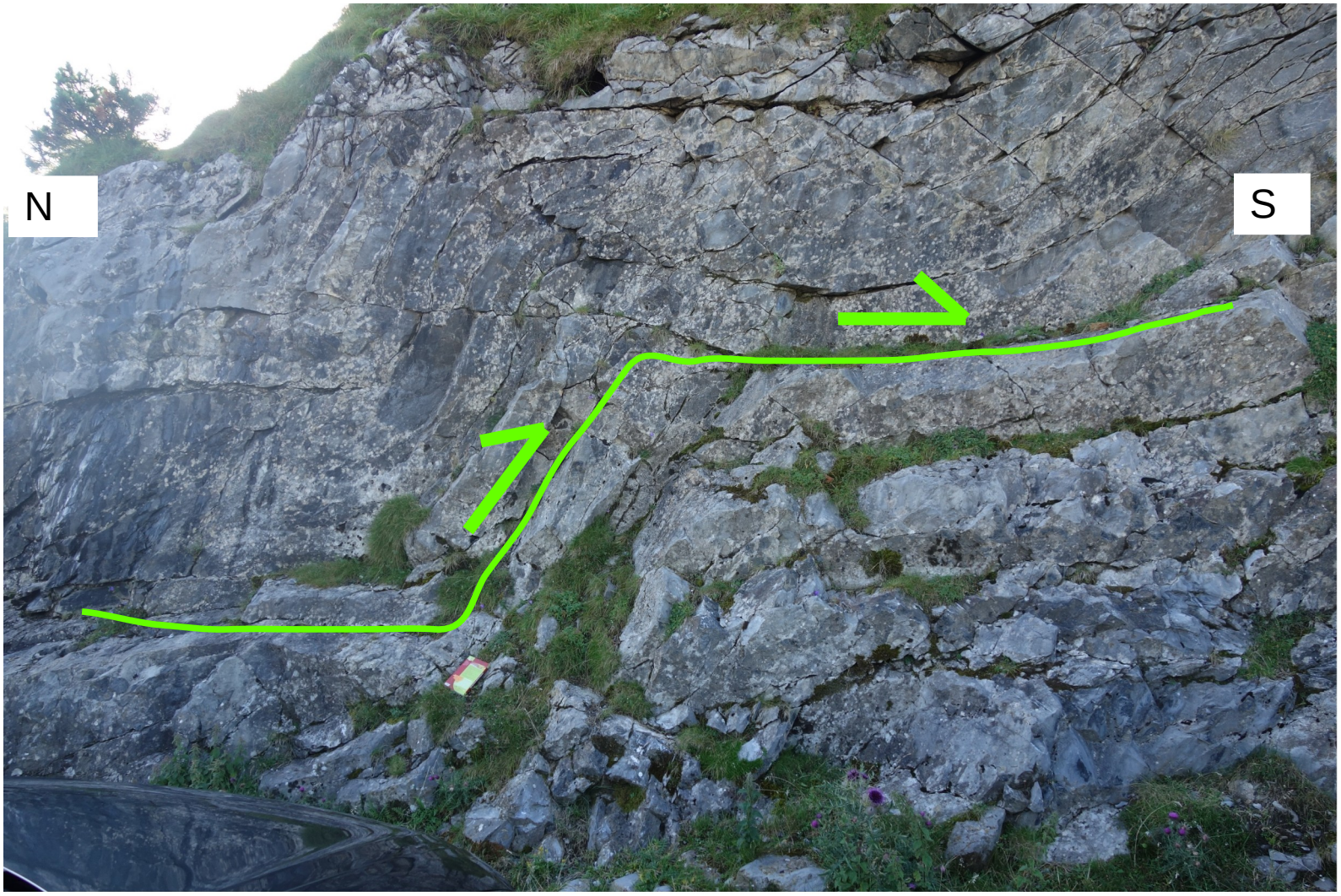
1) Observer diverses structures relatives à des déformations dues à des contraintes en compression, ou en extension. Essayer de comprendre pourquoi ces différents types de contraintes sont présentes ici.

2) Observer diverses figures d'érosion liées à différents agents érosifs : glacier, pluie.

3) Déterminer la chronologie relative de ces événements

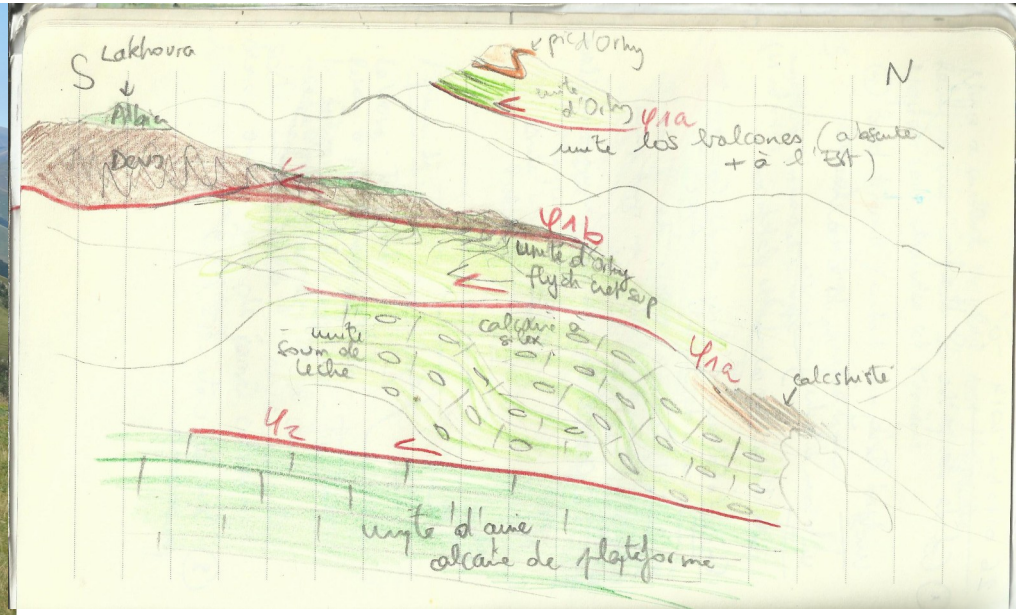
4) Essayer d'expliquer l'ensemble de ces observations de façon cohérente

ARRET 1 : RAMPE DANS LE CALCAIRE A SILEX



Au niveau du parking du col de la Pierre st Martin, on observe clairement les strates du calcaire à rognons déformées. La compression que ces roches ont subie a provoqué des décollements et des plissements des couches de calcaires qui forment ce que l'on appelle une « rampe ». Le sens du mouvement peut être déterminé par le sens des rampes.

ARRET 2 : LE DUPLEX D'UTZIGAGNA

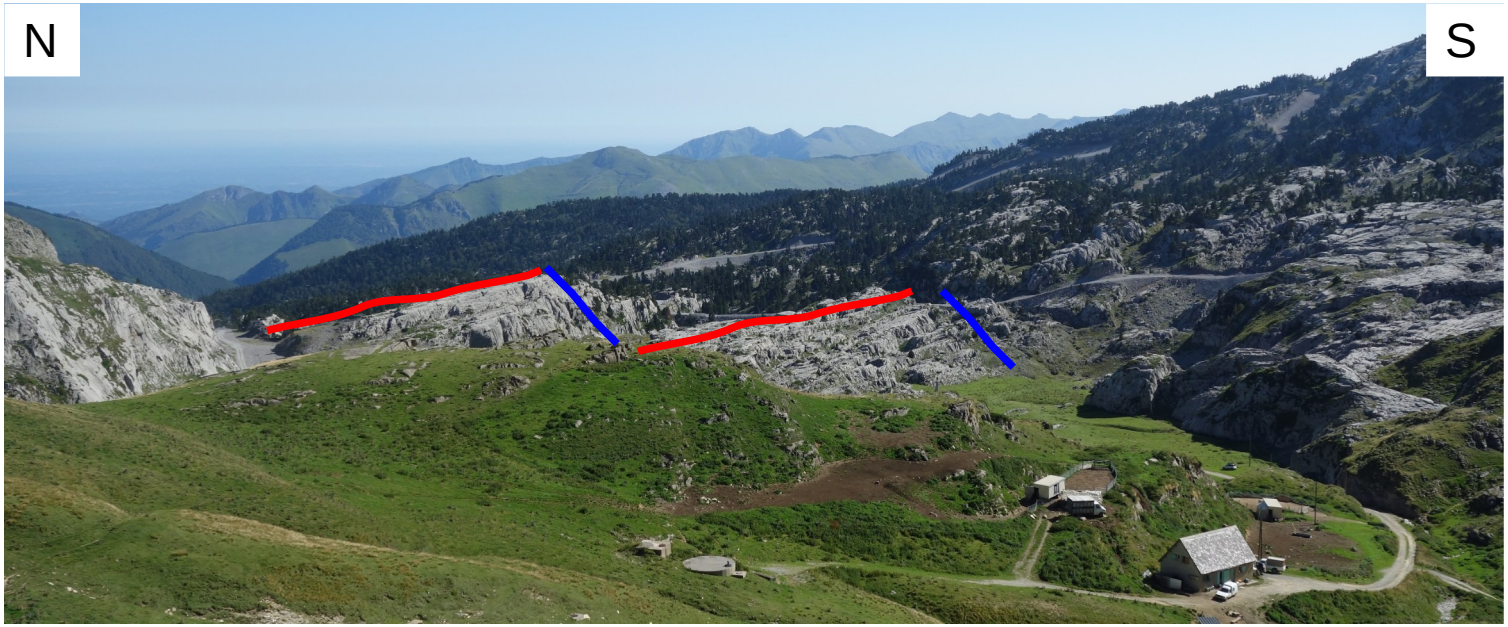


On se situe proche du toit des calcaires des canyons, juste au dessus du canyon Arpidéko Ibarra. Face à nous, le duplex d'Utzigagna. Entre les calcaires des canyons et les turbidites de l'unité d'Orhy, les calcaires à rognons sont déformés par un « pli faillé » causé par la compression Pyrénéenne. Ce « pli faillé » est pris en sandwich entre 2 chevauchements, eux aussi dus à la compression pyrénéenne. Le chevauchement ϕ1b ramène des roches du Paléozoïques en contact anormal sur des roches du Crétacé supérieur.

ARRET 3 : PANORAMA SUR LE CIRQUE DE PESCAMOU

Au col de Pescamou, on observe les calcschistes qui surmontent les calcaires à rognons. Il s'agit d'un mélange de calcaire et d'argile (marne) qui a été cuit et compressé. On peut y observer de minuscules points noirs. Ce sont des fossiles de foraminifères de l'époque (globotruncana du Crétacé supérieur).

wikipedia



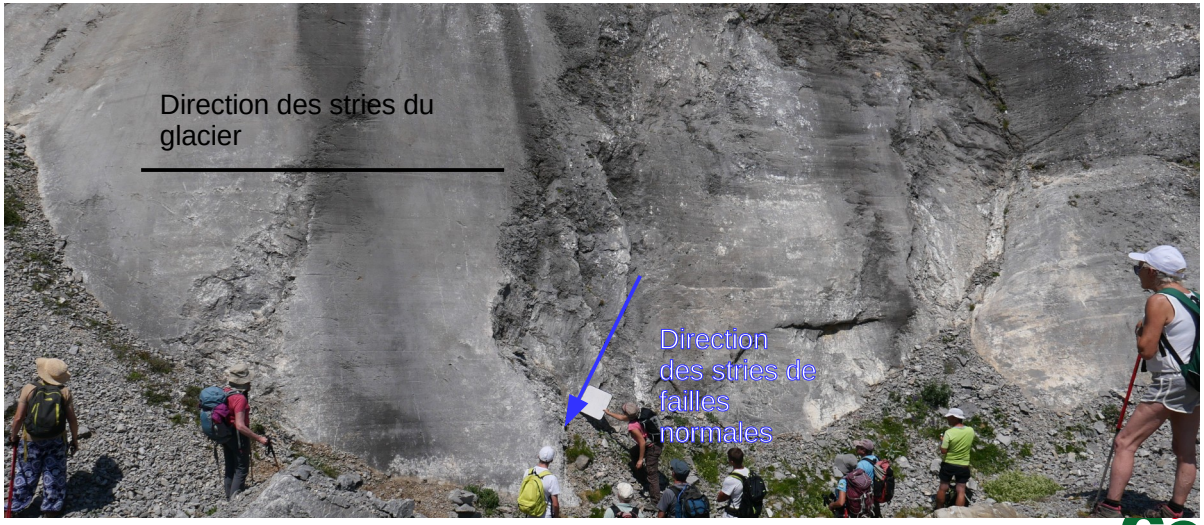
Du col, on observe le cirque de Pescamou, dans lequel on voit deux « marches » inclinée. Le plan le moins penté (en rouge) correspond au plan de chevauchement Φ2 coïncidant avec le toit des calcaires des canyons. Les plans les moins pentés (en bleu) correspondent à des failles normales qui recoupent les plans de chevauchements. Ces failles normales sont donc postérieures au chevauchements. L'ensemble forme des blocs basculés, figures typiques de contraintes extensives.

ARRET 4 : LES FAILLES NORMALES : REJET ET CHRONOLOGIE RELATIVE

En utilisant les observations et les données d'altitude de la carte topo, on peut **estimer** le rejet vertical des failles normales : le contact entre le calcaire des canyons et le calcaire à rognons se situe à environ 1850 m d'altitude à l'ouest (~10 m sous le sommet) et à 1760 m à l'est, où nous nous trouvons. Le rejet de la faille est donc d'environ 90 m.

D'après Y Hervouet

Ici, le plan de faille montre localement des stries plutôt verticales liées au mouvement de la faille normale et recoupées par des stries dues au frottement par les fragments de roches enchâssés dans la glace durant l'écoulement du glacier lors du dernier maximum glaciaire. On peut donc en déduire que le début de la mise en place des failles normales est antérieure au glacier.



ARRET 4 : LA KARSTIFICATION

Rigole de dissolution

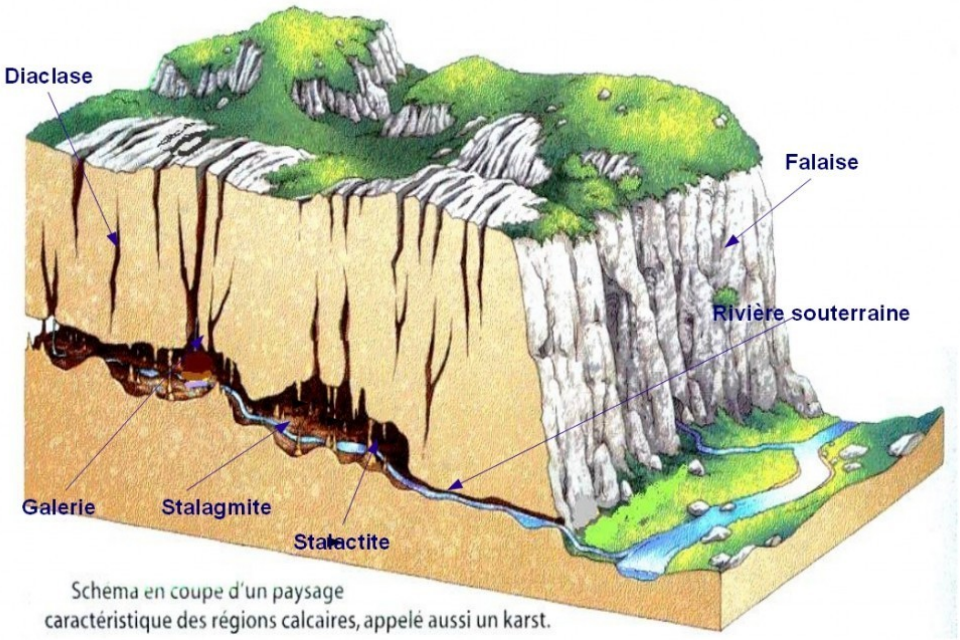
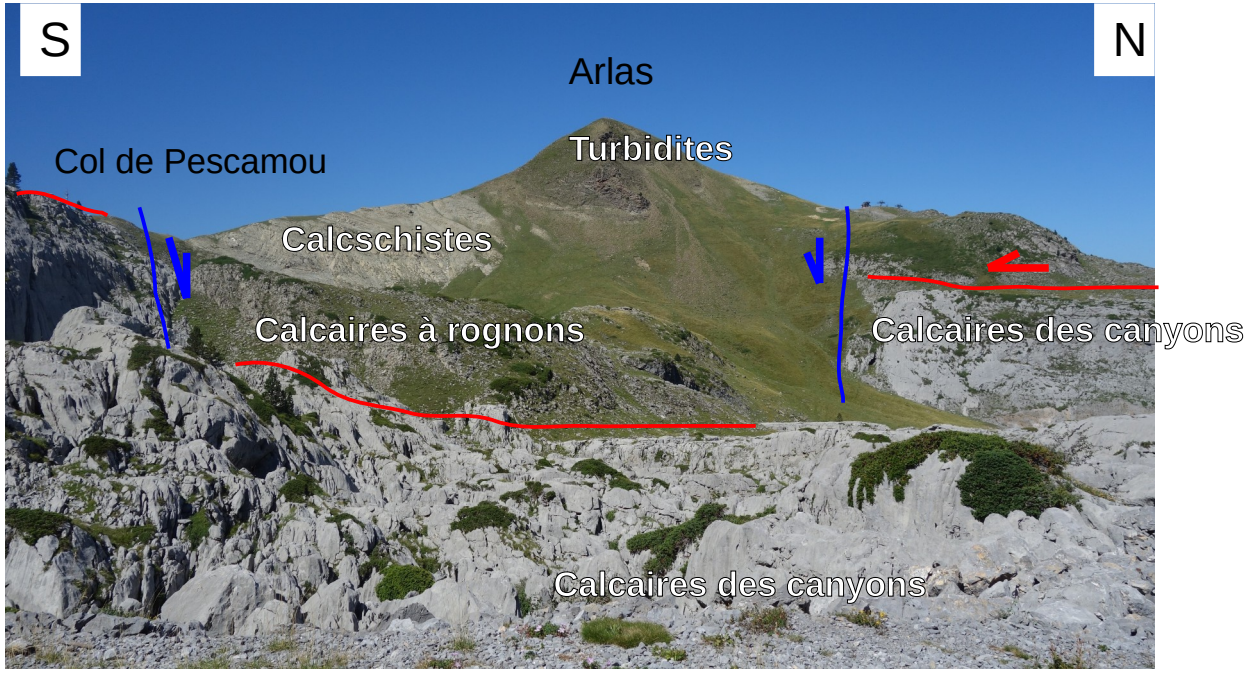


Schéma en coupe d'un paysage caractéristique des régions calcaires, appelé aussi un karst.

Les calcaires à rognons et des canyons affleurant sont soumis à l'action de l'eau, qui creuse des rigoles de dissolution, des lapiaz, des grottes dans la roche. Sous la Pierre Saint Martin se trouve un des plus grand réseau de galeries d'Europe. L'orientation des galeries correspond à celle des failles normales observées en surface.

En 2020, le développement de l'ensemble des galeries du karst, recensées par l'ARSIP (Association pour la Recherche Spéléologique Internationale à La Pierre Saint-Martin) correspond à 465,750 kilomètres de long. Plus de 2 000 gouffres relient ces galeries à la surface, parmi lesquels 50 gouffres dépassent les 300 mètres de profondeur. La superficie des salles explorées est de 248812 mètres carrés (France) et approximativement de dix millions de mètres cubes dont 3 600 000 mètres cubes pour la salle de la Verna et 2 000 000 mètres cubes pour la salle de l'Eclipse. (D'après Wikipédia)

ARRET 5 : PANORAMA SUR LE PIC D'ARLAS



Le sommet de l'Arlas est constitué des turbidites de la base de l'unité d'Orhy, qui surmontent les calcschistes et le calcaire à rognons de l'unité du Soum de Leche, eux-mêmes reposant sur les calcaires des canyons par un contact anormal de type chevauchement (vers le sud), déjà observé précédemment (en rouge). Ce contact, facilement repérable dans le paysage est décalé au nord et au sud de l'Arlas par des failles normales (en bleu). La structure observée s'appelle un graben, et est une déformation typique des contraintes en extension.

Récapitulatif des observations :

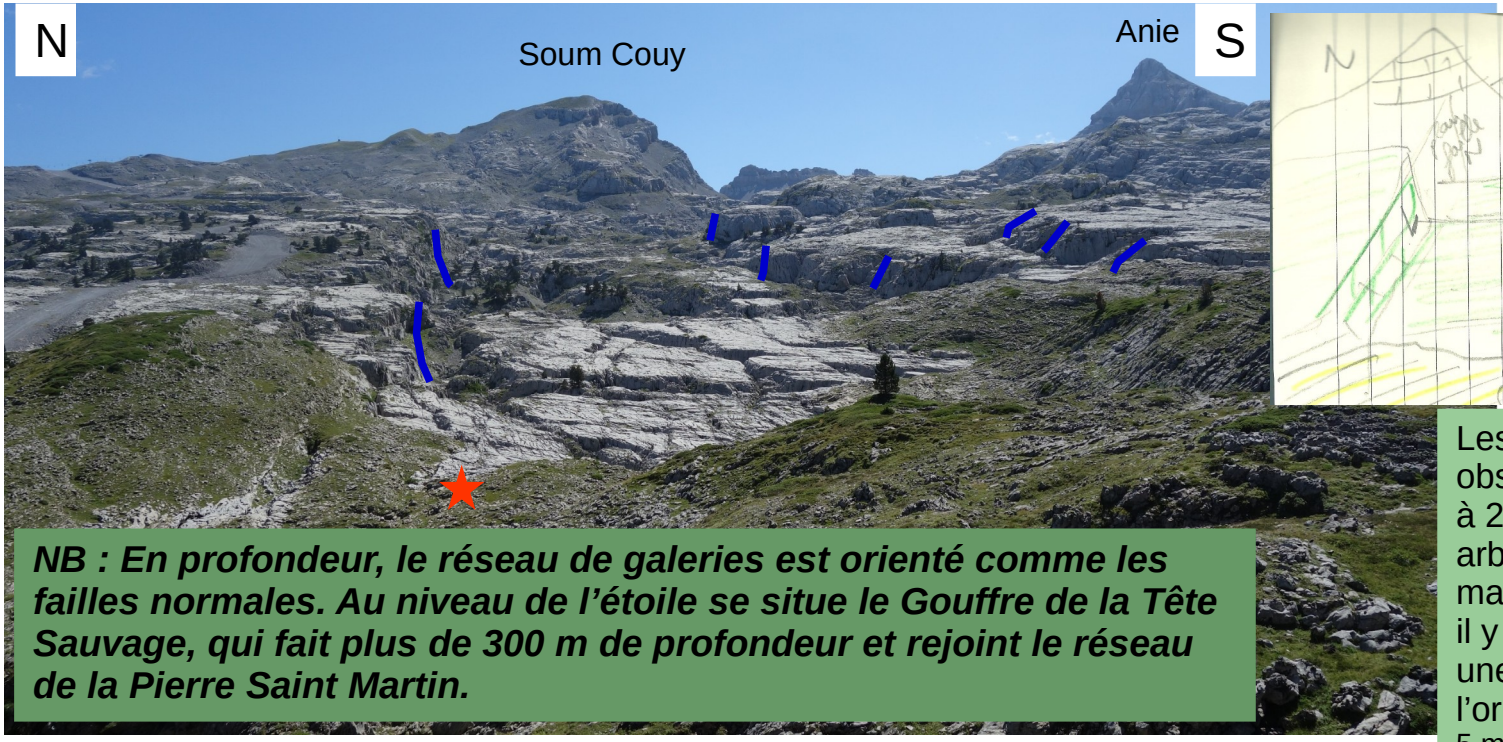
1) Des structures liées à une **phase de compression** : rampe, duplex, plan de chevauchement recoupés par (donc antérieure à)

2) des structures liées à des **contraintes en extension** : blocs basculés, graben, plan de faille normale avec rejet important antérieure à

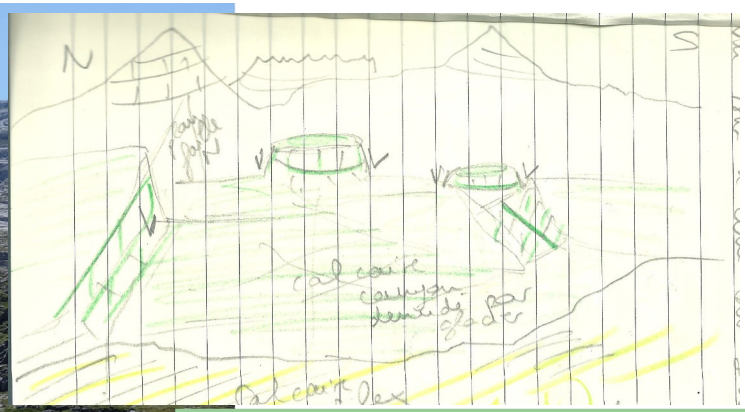
3) l'**érosion glaciaire**, dont on a observé des témoins de type stries sur les plans de failles normales

4) La karstification qui affecte l'ensemble des calcaires à l'affleurement, mais qui a pu commencer dès l'époque glaciaire du fait de l'action de dissolution des torrents sous-glaciaires.

ARRET 6 : PANORAMA SUR LE SOUM COUY



NB : En profondeur, le réseau de galeries est orienté comme les failles normales. Au niveau de l'étoile se situe le Gouffre de la Tête Sauvage, qui fait plus de 300 m de profondeur et rejoint le réseau de la Pierre Saint Martin.



Les petites marches que l'on observe dans le paysage vont de 5 à 20 m de hauteur (d'après les arbres). Si on considère que ces marches ont commencé à se former il y a 20 000 ans, on peut en déduire une vitesse de soulèvement de l'ordre du dixième de mm (5 m / 20 000 ans = 0,00025 m soit 0,25 mm ; 20 m / 20 000 ans = 0,0001 m soit 0,1 mm). D'après les recherches récentes sur les Pyrénées, utilisant des techniques de datation radioactive, la chaîne se soulève de 0.2 mm par an depuis 10 Ma. Nos observations sont complètement en accord avec ces données.

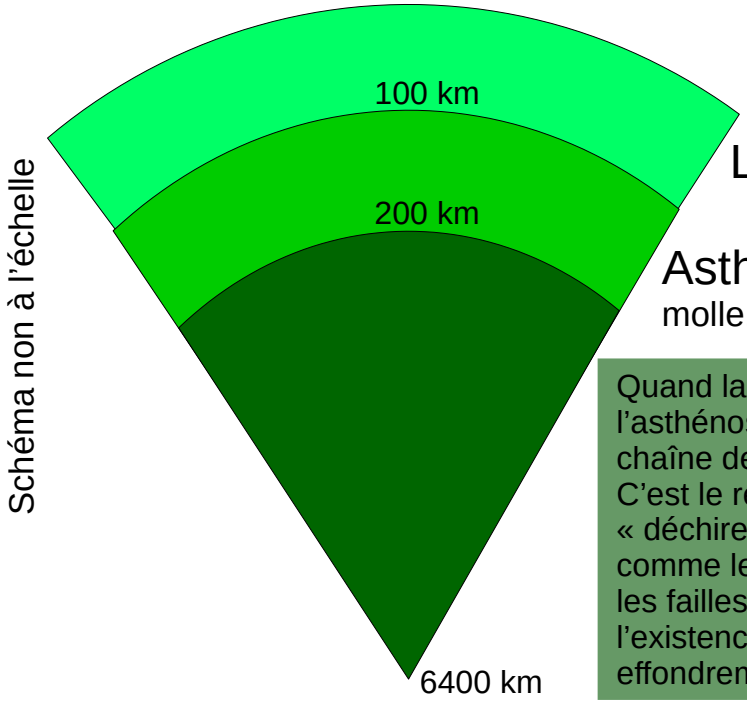
C'est ici que les mouvements liés à la tectonique deviennent sensibles. On observe une surface de calcaires des canyons relativement plate, et caractérisée localement par des reliefs doux et moutonneux typiques du modelé glaciaire. On peut en déduire qu'ici, la surface que l'on observe ne correspond pas au chevauchement, mais au poli glaciaire. Ce poli s'est formé **au plus tard** il y a 20 000 ans. Or on voit aussi un ensemble de petites marches (en bleu) qui forment un petit graben, qui recoupe ce poli glaciaire (si il s'était formé avant le passage du glacier, il aurait été raboté et ne serait plus visible aujourd'hui). Les contraintes extensives qui expliquent la formation du graben se sont donc exercées après le passage du glacier, soit il y a moins de 20 000 ans. Autant dire hier !

Comment expliquer cela ?

L'explication la plus acceptée aujourd'hui dit que du fait de l'érosion, donc d'une perte de charge à l'endroit des Pyrénées, un rebond isostatique provoque le soulèvement de la chaîne.

LE REBOND ISOSTATIQUE

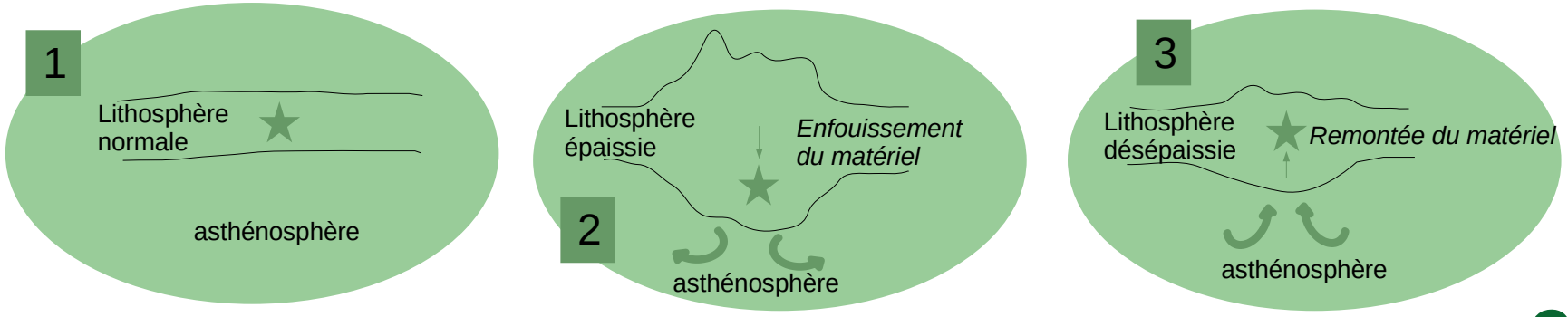
Les mouvements verticaux de la lithosphère sont liés à un mécanisme appelé ISOSTASIE, comparable à l'hydrostatisme, du à l'existence d'une couche « molle » en profondeur.



Lithosphère : les 100 premiers km à partir de la surface. Très rigide.

Asthénosphère : sous la lithosphère, de la roche peu résistante, assez molle, qui se déforme et permet des mouvements verticaux de la lithosphère.

Quand la lithosphère s'épaissit (ex : formation d'une chaîne de montagnes), la charge sur l'asthénosphère augmente et elle flue. Quand la lithosphère se désépaissit (ex : érosion de la chaîne de montagnes), la charge sur l'asthénosphère diminue et elle « reprend sa place ». C'est le rebond isostatique. La poussée isostatique par en dessous est responsable du « déchirement » des couches de roches, particulièrement les roches dures et cassantes comme le calcaire. Le rebond isostatique peut expliquer les forces extensives qui provoquent les failles normales et les effondrements observés. De plus, on peut faire l'hypothèse que l'existence de très grandes cavités karstiques telles que La Verna amplifient ces effondrements (les graben sont au-dessus de centaines de mètres de cavité).



L'HISTOIRE GEOLOGIQUE D'APRES LES OBSERVATIONS

1) Nous avons observé des figures typiques de contraintes en compression (rampes, duplex, chevauchement), toutes montrant un mouvement vers le Sud. Ces déformations sont liées à la phase de construction de la chaîne pyrénéenne, il y a environ 70 Ma.

2) Nous avons observé des figures typiques de contraintes en extension (failles normales, blocs basculés, graben). Ces contraintes en extension ont débuté avant les dernières glaciations puisque des plans de failles normales sont striés par des stries glaciaires et se poursuivent actuellement car des polis glaciaires (20 000 ans au moins) sont découpés par des failles normales. Ces contraintes en extension sont liées au rebond isostatique, qui provoque au toit des calcaires des canyons de l'extension.

3) Les différents calcaires sont érodés par les eaux de pluies et on observe des figures de karstification (lapiaz, rigoles…) en surface et en profondeur (réseau de galeries et de salles dont la Verna), dont les directions sont cohérentes avec celles des failles.

Sur le karst de la Pierre St Martin, on peut donc observer les effets de mouvements tectoniques quasi contemporains (failles) et le lien entre tectonique et érosion (failles dues au rebond isostatique). C'est aussi un lieu intéressant pour un petit exercice de chronologie relative.

GéolVal