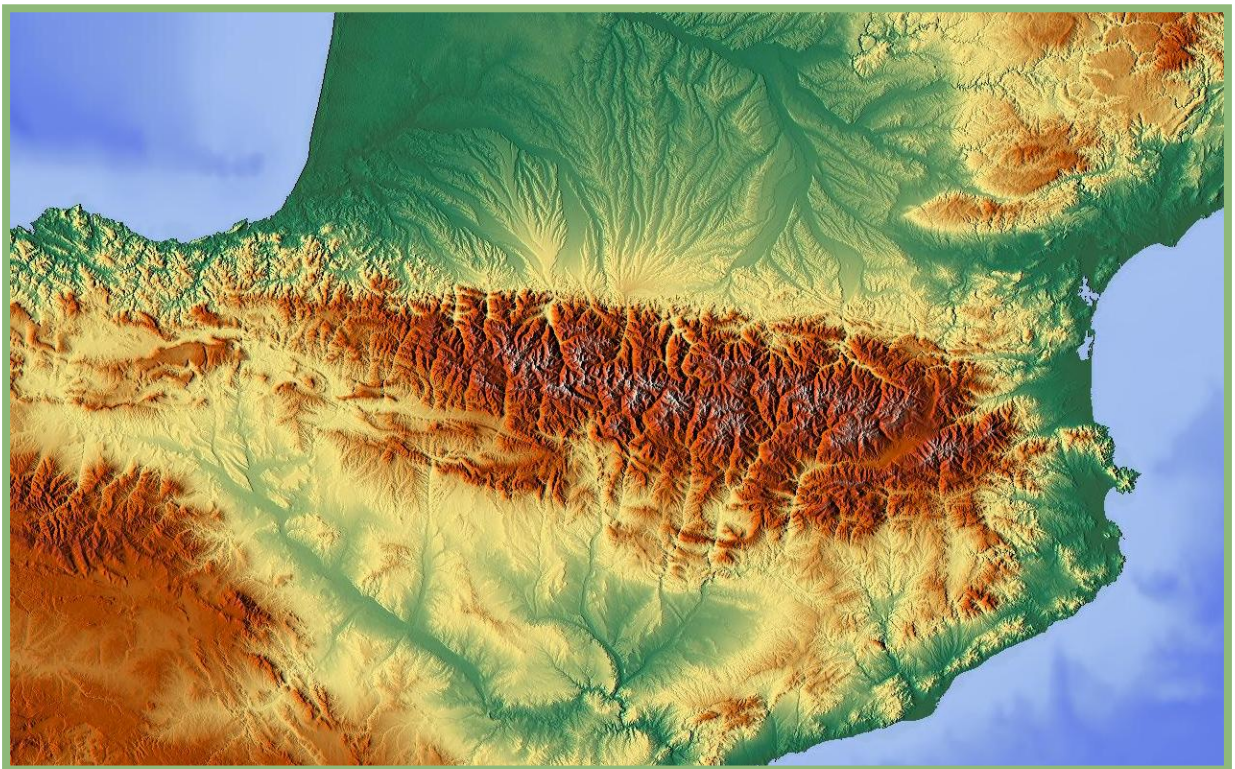


Une géologie succincte Des Pyrénées Occidentales



Dominique DEKEYSER, Avril 1999

SOMMAIRE

1.	TECTONIQUE PYRENEENNE	3
1.1	Cambrien	3
1.2	Ordovicien	3
1.3	Silurien	3
1.4	Dévonien	4
1.5	Carbonifère	4
1.6	Permien	4
1.7	Trias	5
1.8	Jurassique	5
1.9	Crétacé	5
1.10	Paléogène	6
1.11	Miocène	7
1.12	Pliocène-Pléistocène	7
2.	TECTONIQUE GLOBALE	9
2.1	Cambrien	9
2.2	Ordovicien	9
2.3	Silurien	9
2.4	Dévonien	9
2.5	Carbonifère	10
2.6	Permien	10
2.7	Trias	10
2.8	Jurassique	10
2.9	Crétacé	11
2.10	Paléogène	11
2.11	Miocène	11
2.12	Pliocène-Pléistocène	11
3.	TECTONIQUE PYRENEENNE	12
3.1	Cambrien	12
3.2	Ordovicien	12
3.3	Silurien	12
3.4	Dévonien	12
3.5	Carbonifère	12
3.6	Permien	13
3.7	Trias	13
3.8	Jurassique	13
3.9	Crétacé	13
3.10	Paléogène	14
3.11	Miocène	14
3.12	Pliocène-Pléistocène	14

1. TECTONIQUE PYRENEENNE

1.1 Cambrien

Le Cambrien et l'Ordovicien inférieur se confondent dans une série infra-paléozoïque de 6000m à 7000m d'épaisseur, transgressive sur un socle précambrien constitué de gneiss, migmatites et pegmatites qui affleure dans le Massif du Canigou. Le métamorphisme général hercynien suivi par une migmatisation a effacé les discordances stratigraphiques.

Toutefois, à l'est de l'Ariège, une série sédimentaire (Série de Canaveilles) attribuée au Cambrien Moyen par analogie avec la Montagne Noire, correspond à une séquence de plate-forme continentale. Sa partie inférieure est schisto-gréseuse avec intercalation de bancs épais de dolomie et de carbonates récifaux. Sa partie supérieure est formée de schistes argileux et de quartzites noirs. La lacune du Cambrien supérieur correspond probablement à l'écho lointain des mouvements précoces de l'orogénèse calédonienne. Il faudra attendre l'Ordovicien supérieur pour trouver les premières strates fossilifères.

1.2 Ordovicien

L'Ordovicien inférieur azoïque visible dans les Massifs Nord-Pyrénéens dépose en discordance sur le socle une série constituée de quartzophyllades avec des conglomérats parfois épais qui indiquent le voisinage de terres émergées. Puis se développe une formation épaisse de flysch schisto-gréseux et de faciès plutôt distal car silteux (Série de Jujols dans le Massif du Mouthoumet) parfois carbonatées vers le sommet (Canigou).

L'Ordovicien moyen n'a pas été reconnu mais l'Ordovicien supérieur, peu épais est bien daté au Caradoc sup par des sédiments détritiques fossilifères de grauwackes et de niveaux calcaires. Vers le sommet des passées de silts et de quartzites de plus en plus noirs s'associent à une activité volcanique de type calcoalcalin (tufs andésitiques, basalte + pillow-lavas), ou série de schistes ardoisiers. Minéralisations de sulfures (Zn-Pb) dans les formations volcano-sédimentaires carbonatées et l'hydrothermalisme associé.

L'épaisseur de l'Ordovicien varie entre 1600 et 4000m. A l'Ordovicien succéderont des séries qui resteront conformes jusqu' au Carbonifère sup.

1.3 Silurien

Le terme inférieur se confond avec les siltites, microquartzites et schistes argileux noirs de l'ordovicien terminal.

Dans le terme médian, les séries datées Gothlandien constituées de schistes carburés à graptolites et de calcaires noirs à Cardiola, Orthocères et Crinoïdes, évoquant des fonds vaseux de mer calme, peu oxygénés et peu profonds. Quelques niveaux de calcarénites récifaux s'y développent.

Le terme supérieur marque une période calme de dépôts néritiques en milieu marin épicontinental, loin des côtes, avec alternance de bancs de calcarénites et de schistes argileux euxiniques devenant plus silteux vers le haut.

1.4 Dévonien

Au Dévonien inférieur : les séries sont concordantes sur le Silurien. Les apports terrigènes déposent des grès et des séries pélitiques à Spirifers (matériel fin déposé par des courants de marée en milieu peu profond) mais des calcaires de plateforme épicontinentale stable dominant dans la zone axiale des Pyrénées Centrales. Un hydrothermalisme résiduel sera à l'origine de minéralisations stratiformes (gîtes à zinc et plomb associés à de la barytine et de la fluorine à Arrens, Nerbiou, Pirrefitte).

Au Dévonien moyen : sédimentation à dominante carbonatées avec calcaires à polypiers passant latéralement à des schistes épais dans des replis synclinaux.

Au Dévonien supérieur : Sédimentation de type plateforme continentale en eau peu profonde du faciès calcaires à Clyménés. Des émergences locales dans la zone centrale des Pyrénées s'accompagnent de dépôts turbiditiques caractéristiques, avec des alternances de fines couches argileuses et de minces lits de calcaires amygdalaires connues sous le nom de faciès « calcaire griottes » de couleur rose, verte. Contenant des Brachiopodes et des Goniatites elles se sont déposées au Dévonien terminal, en milieu peu profond, dans des conditions régressives. Développement de karsts sur les bordures des zones émergées avec minéralisations de Manganèse. Latéralement, dans la partie occidentale des Pyrénées, se développe une sédimentation détritique (schistes et grès à Spirifers) dans des fosses géosynclinales à subsidence rapide et à remplissage de type flysch pouvant atteindre 1500m dans les massifs Basques.

Le passage du Dévonien au Carbonifère se manifeste par une tendance régressive.

1.5 Carbonifère

Le Carbonifère inférieur est concordant sur le Dévonien et débute par un niveau basal de schistes noirs à nodules phosphatés correspond à un bref épisode retrait marin (zone axiale partiellement émergée avec lacune de dépôts). Y sont associées des jaspes charbonneux à Radiolaires (lydiennes) donnant des radiolarites lorsque le contenu en Radiolaires devient prédominant. La transgression généralisée qui suit (Viséen) dépose des calcaires marmoréens vert-rouges à Goniatites et une épaisse série de flysch où alternent grès, calcschistes et pélites à débris de plantes (faciès Culm). Ce fort épandage détritique (2000m) est attribué à l'épirogénèse de la phase Sudète. Seule une petite bande médiane près de Causeret où se déposent des molasses vertes continentales (Série du Sia) a été épargnée par cette transgression majeure.

Le Carbonifère supérieur voit le paroxysme de la surrection et des plissements de la chaîne hercynienne qui s'accompagne d'un intense magmatisme et de l'intrusion de plutons de type granite et granodiorite à biotite et amphibole avec leurs cortèges filoniens minéralisés (skarns). Des bassins post-orogéniques continentaux se mettent en place au Carbonifère terminal (surtout présents dans le sud de la chaîne) avec des remplissages épais et chaotiques de sédiments détritiques rouges intercalés de lits de charbon.

Ce vaste domaine continental marquera le paysage jusqu'au Trias et verra se développer les grands vertébrés terrestres, jusque là confinée au milieu marin.

1.6 Permien

Le domaine continental post hercynien directement hérité du Carbonifère est marqué par le démantèlement de la chaîne et par l'accumulation importante de molasses continentales rouges dans des lagunes et dépressions continentales, avec petits niveaux de charbon (1000m) surtout visibles sur le flanc sud de la chaîne. Les grandes transcurrentes tardi-hercyniennes, témoignage de la distension post-orogénique s'accompagnent d'un volcanisme continental acide dacitique et rhyolitique (pic du Midi d'Ossau) mais aussi de coulées basaltiques (La Rhune). Cet environnement postorogénique dominera tout le Trias.

1.7 Trias

L'environnement continental domine toujours après le Permien mais on observe la mise en place d'un bassin de subsidence en eau peu profonde. Au Trias inférieur, la sédimentation est terrigène avec quelques intercalations carbonatées qui apparaissent au Trias moyen avant de devenir principalement lagunaire avec des formations argilo-évaporitiques au Trias supérieur (exploitations de sel gemme, de potasse et de gypse). La sédimentation marine est donc confinée avec émission d'ophites dans la partie centrale de la chaîne. Attribuée à un volcanisme synsédimentaire sous-marin interstratifié, de faible profondeur et sous-saturé, ces ophites témoignent de la mise en place d'un rift précoce dans l'histoire des Pyrénées. Un magmatisme basaltique est aussi observé dans la partie orientale de la chaîne. A la fin du Trias, retour à des conditions de mer épicontinentale à polarité téthysienne qui annonce la transgression Jurassique par l'est.

1.8 Jurassique

A la fin du Trias et durant le Jurassique inférieur, le bassin subsident voit se développer une sédimentation transgressive de type plateforme carbonatée de milieu marin restreint, riche en Gastéropodes, Lamellibranches, Echinidés et Ostracodes. Les séries inférieures sont souvent condensées et suivies par des conditions régressives avec des séries argilo évaporitiques, qui s'étendent sur l'Aquitaine, les Pyrénées et l'Ibérie. D'abord de polarité téthysienne, le bassin s'ouvrira progressivement sur l'Atlantique. Sur les marges de ce bassin se développent des dolomies rubanées (stromatholites) avec intercalation d'anhydrite tandis que, les marnes noires riches en faune pélagique correspondent à l'extension maximale de la mer .

Au Jurassique moyen, les dépôts sont de type plateforme marine carbonatée constituée de calcaires, carbonates ou dolomites selon une répartition Est-Ouest. Des flats intertidaux donneront des accumulations d'Annelides ou d'huîtres dans d'immenses vasières mais l'épaississement rapide des séries témoignera du développement de phénomènes distensifs. Quelques activités synsédimentaires apparaissent au droit des zones d'accidents tectoniques au pied des Pyrénées.

Au Jurassique supérieur, on observera une différenciation de la plateforme carbonatée dolomitisée (série de Meillon) avec, vers l'Est, un environnement confiné déposant des évaporites et des dolomies (série de Mirande) tandis que, vers l'Ouest, le dépôt de marnes et de calcaires à ammonites (série de Lacq) traduit l'ennoyage progressif d'une plateforme ouverte vers l'Atlantique. Ces dolomies constituent les réservoirs principaux des gisements à gaz du bassin sud aquitain. Des épisodes de condensation locale correspondent aux premiers épisodes halocinétiques le long d'anciens accidents de socle. La régression qui marquera la fin du Jurassique portera la sone sud et la plateforme orientale à l'émersion (présence de brèches de dissolution) avant une nouvelle transgression au Crétacé.

1.9 Crétacé

Faisant suite au Jurassique, à la base du Crétacé inférieur, la sédimentation carbonatée, encore localisée dans quelques basins résiduels, montre un arrêt du à une émergence suivi par une première incursion marine très restreinte, tandis que des dépôts localisés de bauxite se développent sur les zones hautes. A une subsidence plus marquée à l'Est, succède une sédimentation côtière, carbonatée parfois lagunaire se déposant dans des bassins losangiques peu profonds qui s'individualisent entre les axes hauts de rides diapyriques. Le remplissage de ces petits bassins confinés donnera des dépôts à caractère régressif de marnes riches en matière organique puis une sédimentation de type plateforme stable carbonatée de mer chaude, s'étend sur l'Aquitaine, les Pyrénées et l'Ibérie. Se déposeront ainsi des brèches bauxitiques, des calcaires lacustres puis de calcaires subrécifaux épais à Rudistes (faciès Urgonien). L'ennoyage de la plate-forme urgonienne se continue et l'apparition d'un sillon turbiditique le long du versant nord où se déposeront des marnes noires à spicules traduit en réalité l'individualisation d'un rift continental. Le contrôle de la sédimentation est réalisé par trois facteurs que sont les apports continentaux, la subsidence et l'activité organique des organismes constructeurs. Ces carbonates constituent également les réservoirs des gisements à gaz et huile du bassin de Lacq, parfois pollué en H₂S par les anhydrites.

Vers la fin du Crétacé inférieur (Albien) des récifs s'installent sur les axes hauts de la plate-forme qui se démentèle tandis que dans le sillon la subsidence, contrôlée par le bâti structural est maximale. Toutefois, les grès et conglomérats (cônes détritiques) associés à une sédimentation marneuse circalittorale indiquent une morphologie sous-marine relativement peu profonde. Dans l'axe du rift où l'amincissement crustal est maximum, un volcanisme (basalte) et un plutonisme (syénites) synsédimentaire basique sous-saturé, directement alimenté par faille en matériel magmatique alcalin, est attribué à un paroxysme de la distension (dans le synclinal d'Ogeu, présence de brèches pyroclastiques sous-marines, de pillow-lavas, voire d'orgues de basalte alcalin ou spilite et présence d'épisyénites à amphiboles en aiguilles ou teschérites, intercalées sous forme de sills dans les marnes albiennes terminales). Au Crétacé inférieur terminal des rejeux de failles conduiront à des uplifts limités aux bordures du rift avec des érosions locales et la formation de conglomérats mais l'extension limitée du rift ne permettra pas le développement de croûte océanique. La tendance générale est régressive sauf dans le sud-ouest où se met en place une sédimentation pro-deltaïque sur la côte .

Le Crétacé supérieur voit le développement du sillon mais aussi la fin du rifting avec le développement d'une plate-forme carbonatée et dolomitique sur l'ensemble des bassins qui bordent le rift (Orthez, Tarbes). Dans le sillon turbiditique la sédimentation détritique s'intensifie (brèches carbonatées wildflysch) sur le versant nord de l'Atlantique aux Pyrénées orientales. Le faciès « Flysch ardoisier » qui s'y dépose (exploité pour les ardoises en Bigorre), de nature argilo-gréseux et d'origine turbiditique, montre des figures de transport des sédiments de l'est vers l'ouest. Transgression de type mer épicontinentale sur le versant sud.

Puis le soulèvement épirogénique repousse le sillon vers le nord et conduit un débordement marin sur la plate-forme. La sédimentation se poursuit avec des séries marno calcaires sur la plate-forme maist des flyshs à silex au Pays Basque. Les premiers mouvements de l'inversion pyrénéenne accentuent le diapirisme et des phénomènes gravitaires affectent le talus.

L'émersion du domaine oriental marquera la fin du Crétacé supérieur. L'aire de sédimentation de la plate-forme carbonatée puis marneuse s'étend vers le sud et le N-E, repoussant les turbidites de la fosse flysch plus au nord sur les plateformes jurassique, voire triassique, émergées. Cette expansion s'accompagne d'une régression du domaine marin et l'affleurement de vastes zones où se déposent des faciès continentaux.

1.10 Paléogène

La régression amorcée à la fin du Crétacé se généralise au début de l'ère Tertiaire et les faciès marins sont limités à un étroit golfe ouvert sur l'Atlantique. Au pied de l'accident frontal s'accumule une puissante série de détritiques continentaux (poudingues, conglomérats et grès fluviatiles) et des séries argilo-carbonatées comblent une fosse en marge de la plate-forme située plus au nord. A l'ouest, ce domaine continental s'ouvre en direction de l'Atlantique par un vaste golfe sur un domaine marin peu profond à sédimentation calcaire et argilo-gréseuse.

A l'Eocène, un sillon sud pyrénéen s'individualise en bordure de la future zone axiale avec accumulation dans sa partie Est de séries continentales fluviatiles et deltaïques et dans sa partie Ouest de faciès marins de marnes (5000m de flysch) et de turbidites distales, contemporaines du glissement de la nappe Sud-Pyrénéenne vers le sud. Avec l'émergence du versant nord de la chaîne, s'opère une grande régression marine avec dépôts des conglomérats de piémont.

A l'Oligocène, les dépôts continentaux sont associés à l'érosion de la chaîne et d'épaisses séries conglomératiques, gréseuses et pélitiques de couleur rouge s'accumulent au pied des Pyrénées. L'ancienne fosse turbiditique est déplacée vers le nord avec les derniers chevauchements. La mer transgressant par l'Ouest et le Nord formera quelques golfes en marge de la chaîne où se déposeront des calcaires à Astéries et Nummulites.

1.11 Miocène

Au Miocène, l'érosion commencée à l'Oligocène se poursuivra et les épaisses séries molassiques continentales associées au démantèlement de la chaîne continuent de s'accumuler sur le flanc sud. Ils alimentent de vastes cônes de déjection sur le flanc nord, tandis que la dernière transgression marine vient buter contre la limite nord de la chaîne et dépose un falun très fossilifère. Phénomènes transgressifs visibles en Languedoc (depôts de molasses côtières).

D'importantes modifications climatiques remplaceront la relative stabilité du climat chaud de l'ère tertiaire et conduiront aux poussées périodiques glaciaires de l'ère quaternaire.

1.12 Pliocène-Pléistocène

Le Pliocène voit l'abandon définitif de l'Aquitaine par la mer la mise en place du rivage actuel.

Au Pléistocène, l'instabilité climatique conduit les inlandsis polaires et les glaciers de montagne à entrer en crue tandis que le niveau marin suit ces variations. Les glaciations quaternaires successives donnent le relief. Durant les périodes glaciaires se forment moraines frontales, cirques, lacs de surcreusement, vallées en auge, etc...et durant les périodes interglaciaires se met en place le remblayages des fonds de vallées par des terrasses.

Les premiers Hominidés (Australopithèques) apparus en Afrique vers 4 Ma, vont lentement évoluer. Homo erectus lui succèdera vers 1.7 Ma puis migrera en Asie du Sud-ouest et en Europe. Il apparaîtra en Europe vers -950 000 ans. Les premières évidences de l'usage du feu datent de -450 000 ans.

- Paléolithique inférieur = -250 000 à -75 000 ans. Expansion de l'Homo sapiens neanderthalis Europe vers -120 000 ans. Silex taillés primitifs, cueillette et chasse. Activités préhistoriques de l'Abbevillien et l'Acheuléen.
- Paléolithique Moyen = -75 000 à -32 000 ans. Début de l'épisode glaciaire du Würm et aménagement d'abris rocheux rudimentaires. Silex taillé et chasse. Activités préhistoriques du Moustérien.
- Paléolithique Supérieur = -32 000 à -10 000 ans. Expansion de l'Homo sapiens sapiens (Cro-Magnon) et extinction de de l'Homo sapiens neanderthalis. Grottes peintes, culte des morts et sculptures sur os ou cornes. Silex taillé élaborés et chasse. Activités préhistoriques du Périgordien, Aurignacien, Solutréen et Magdalénien (grottes de Niaux, de Gargas, d'Isturitz, etc.). L'épisode glaciaire du Würm se termine à la fin du Magdalénien. La faune froide se réfugie vers le nord et dans les montagnes (bouquetins, marmottes, ours, ...) tandis que disparaissent les mammoth, rhinocéros laineux et grand cerf. La flore actuelle avec des prairies et de vastes forêts de feuillus (hêtres) et de conifères (pins à crochets), envahit l'espace laissé libre par la neige et les glaciers.
- Mésolithique = -10 000 à -5 500 ans. Radoucissement climatique, fonte des neiges et transgression flamandienne. Premières maisons communautaires en bois, culture des céréales, rudiments d'écriture (galets peints), poteries peintes et statuettes en terre cuite, silex polis. Pêche et chasse. Activités préhistoriques de l'Aziléen, du Tardenoisien et du Sauveterrien (site du Mas d'Azil).
- Néolithique = -5 500 à -3 000 ans. Villages agricoles, déforestation et développement de l'agriculture, utilisation de la charrue, céramique et tissage, début de la métallurgie, domestication animale, mégalithes gravés et sites funéraires. Occupation des Pyrénées par l'homme et pastoralisme.
- Calcolithique = -3 000 à -2 000 ans. Age du Bronze. Fermes organisées avec enclos de pierres sèches, viticulture, monuments en pierres, bateaux. Premières grandes migrations à travers l'Europe. Construction des pyramides d'Egypte (Ancien Empire).
- Sidérolithique = -2 000 à -1 000 ans. Age du fer. Villages lacustres, domestication du cheval, développement de l'écriture, temples et cultes élaborés, crémation, fresques peintes,

instruments de musique, Construction des palais de la Grèce mycénienne. Implantation de la civilisation celto-ligure vers -1 850 en Europe de l'Ouest.

- *Histoire = -1 000 ans à actuel. Alphabet, commerce et monnaie, architecture religieuse et art celtique. Développement de la civilisation romaine vers -200 et occupation de la Gaule. Développement des religions monothéistes et de la monarchie. Essort démographique, organisation urbaine, développement des arts et des sciences modernes. Révolution industrielle. Activité minière, thermalisme, pastoralisme dans les Pyrénées.*

2. TECTONIQUE GLOBALE

2.1 Cambrien

Dès la fin du Cambrien les premières phases orogéniques du cycle calédonien apparaissent en Europe du Nord (Grampian et Finnmarkian) et donneront naissance à un vaste ensemble continental.

Au sud de la proto-téthys, le domaine pyrénéen n'est pas encore individualisé et se trouve confondu avec l'histoire du Gondwana (cycle pan-africain). Progressivement des microcontinents vont se détacher de la marge nord du Gondwana lors de phases de rifting (cratons Armoricaïn, Bohémien, Londres-Brabant) puis dériver vers le nord.

Ce processus amorce la fermeture de la Téthys qui donnera naissance au cycle hercynien à partir du Dévonien.

2.2 Ordovicien

A la fin de l'Ordovicien, l'Europe Moyenne subit à son tour les phases de l'orogénèse calédonienne qui affecte les domaines appalachien et ardennais suite à la collision entre les microcontinents détachés du Gondwana et le domaine calédonien émergé de l'Europe du nord (Ecosse - Scandinavie). Une émergence partielle des Ardennes se produit durant la phase taconique.

Simultanément, au sud, d'autres microcontinents détachés de la marge nord du Gondwana lors de phases de rifting (cratons Aquitain-Cantabrique et Alpin) dérivent vers le nord suite à la subduction de la Proto-Téthys (ouverture de l'océan théique entre ces microcontinents et le Gondwana).

Ce processus poursuit la fermeture de la Téthys qui donnera naissance au cycle hercynien à partir du Dévonien.

2.3 Silurien

Le Silurien voit le paroxysme de l'orogénèse calédonienne avec la fermeture de l'océan lapétus en Europe du Nord (Groenland + Scandinavie) et la formation du continent de Laurussia.

En Europe Moyenne la convergence Gondwana-Laurussia conduit aussi au resserrement de la proto-téthys et à la fermeture progressive d'un domaine océanique médio-européen complexe probablement par collision arc-continent. Ainsi, en bordure de la marge médio-européenne la surrection totale de l'ensemble Brabant - Ardennes - Massif Rhénaïn se fait durant la phase ardennaise au Gothlandien. Ceci termine le cycle calédonien avec l'émergence d'un immense domaine continental : le continent des Vieux Grès Rouges (Amérique du Nord + Groenland + Europe). Les cratons armoricaïn et bohémien périphériques. Sont recouverts par une mer peu profonde.

Ce processus intensifiera la fermeture de la Téthys qui mettra en place le cycle hercynien dès le Dévonien.

2.4 Dévonien

Au début du Dévonien, l'Europe du nord est totalement émergée. En Europe moyenne les premières phases du cycle hercynien se mettent en place par la poursuite de la convergence Gondwana-Laurussia (mouvement sénestre et rotation) et par la fermeture progressive du domaine océanique médio-européen (par subduction ou obduction).

Dès le Dévonien moyen, la subduction de la proto-téthys conduit ainsi à la collision et l'accrétion d'autres microcontinents détachés du Gondwana (Avalon, Aquitano-Cantabrique) qui généreront une collision du type arc-continent durant les phases Acadienne et Ligérienne.

A la fin du Dévonien, un système de back arc en extension se crée à nouveau et sous l'effet des tensions, la subsidence des bassins océaniques mid-européens s'accroît, conduisant à la fermeture totale de l'océan rhéique situé au sud de la cordillère ligérienne (type collision Pacifique) et à la suture éovarisque du système Massif Armoricain - Massif Central - Vosges associé à un volcanisme ultrabasique durant la phase bretonne.

Le domaine pyrénéen, plus au sud, n'est pas encore individualisé. Toutefois, le resserrement progressif de la proto-téthys conduit à une collision entre le craton Aquitain-Cantabrique et le craton sud Portugais, générant la chaîne d'Espagne centrale.

2.5 Carbonifère

Durant le Carbonifère l'accélération de la subsidence des bassins d'Europe Moyenne conduit à la mise en place du géosynclinal duquel l'imposante chaîne hercynienne, de type himalayen, émergera pour créer un gigantesque domaine continental : la Pangée (Laurussia + Gondwana). Ainsi, dès la fin du Carbonifère inférieur, une première étape de fermeture de la proto-téthys marquera la phase Sudète au Viséen en réactivant les chaînes d'Europe Moyenne dont le démantèlement sera à l'origine du faciès Culm.

A la fin du Carbonifère supérieur, la subduction-collision entre la marge ligérienne précédemment formée (craton armoricain) et le micro craton ébro-aquitain du Gondwana marquera le paroxysme de l'orogénèse hercynienne. Les puissants plissements et chevauchements qui en résultent sont attribués à la phase asturienne du Westphalien.

Le domaine pyrénéen est inclu dans l'orogénèse hercynienne qui constitue le noyau ancien de la chaîne actuelle.

2.6 Permien

Le Permien voit la mise en place des éléments de relaxation (distension post-orogénique). La chaîne pyrénéenne est désormais confondue avec l'histoire de la chaîne hercynienne jusqu'à la dislocation de cet ensemble continental au Trias

2.7 Trias

Au Trias, le domaine en extension induit par l'ouverture de la Téthys à l'est et le Golfe du Mexique à l'Ouest conduira à la dislocation de la Pangée par une phase de rifting selon un axe Est-Ouest (ouverture de la Téthys). L'évolution du domaine pyrénéen est désormais directement lié à cet axe de dislocation qui ne sera contrarié que par l'ouverture de l'Atlantique au Jurassique.

2.8 Jurassique

Le Jurassique verra l'avortement du rift triasique à polarité téthysienne et le développement de la séparation entre l'Espagne et le Massif Armoricain au Jurassique terminal par un rift désormais associé à l'ouverture de l'Atlantique nord. L'extension est désormais WNW-ESE et le domaine pyrénéen devient sous l'influence de l'ouverture de l'Atlantique.

La tectonique néocimmérienne s'associe à une régression généralisée qui porte le domaine oriental de la plateforme à l'émergence à la fin du Jurassique.

2.9 Crétacé

Au Crétacé inférieur, avec l'ouverture progressive de la branche nord de l'Atlantique (ouverture amorcée au Jurassique), distension et subsidence reprennent brutalement avec en particulier l'ouverture de la branche du golfe de Gascogne associée à la mise en place d'un nouveau rift pyrénéen et la rotation de l'Ibérie. Le domaine pyrénéen est désormais directement lié à l'ouverture de l'Atlantique. Durant le Crétacé Inférieur, la phase néocimmérienne conduira à une émergence ou un arrêt de la sédimentation avant la reprise d'une subsidence plus marquée.

Au Crétacé supérieur, par suite de l'ouverture de l'Atlantique sud, le Golfe de Gascogne est complètement ouvert et le craton ibérique est repoussé vers le NE, prélude à sa collision avec la plaque européenne au Tertiaire.

2.10 Paléogène

Le Tertiaire voit la mise en place du cycle alpin, dont fait partie l'orogénèse pyrénéenne, et qui résulte de la collision Afrique -Europe. Le mécanisme est compliqué par l'ouverture simultanée de l'océan Atlantique qui repousse l'Ibérie. La formation des Pyrénées est contemporaine de la subduction de la croûte océanique du Golfe de Gascogne sous la marge cantabrique.

Dans le cycle alpin, la convergence continue entre l'Europe et l'Afrique conduit à la collision du continent européen et du microcontinent de l'Apulie. Ceci se manifeste par la fermeture progressive du bassin océanique piémontais au Paléocène puis des bassins du Valais à l'Eocène, et enfin à la surrection des Alpes occidentales (massifs de Belledune, Pelvoux, Mont Blanc), des Carpathes puis du domaine helvétique à la fin de l'Oligocène. Simultanément, ces mouvements compressifs mettent en place les chaînes des Apennins, par la fermeture de l'océan Ligure, et des Dinarides.

Parrallèlement à ces déformations compressives, partir de l'Eocène se met en place un système distensif intracratonique marqué par les rifts Rhin - Bresse - Rhône - Valence avec volcanisme et invasion marine.

2.11 Miocène

Durant le Miocène, les dernières surrections affectent les chaînes Alpines Centrale et Occidentale avec la mise en place des grandes nappes autoalpines. On observe le démantèlement de la partie occidentale de la chaîne et la formation de bassins molassiques périphériques.

Soulèvement des Massif Central et Rhénan et de la chaîne axiale pyrénéenne.

2.12 Pliocène-Pléistocène

Le Pliocène voit la mise en place des nappes des Apennins tandis que les ultimes chevauchements des Alpes vers le nord conduisent à la formation des monts du Jura (tectonique de couverture) à la fin du Pliocène. L'activité tellurique et les séismes enregistrés actuellement indiquent un processus toujours continu surtout dans les Carpathes.

Le démantèlement des chaînes alpines et pyrénéennes et les glaciations mettront ainsi en place à la fin de l'ère tertiaire et durant le quaternaire la topographie actuelle des Pyrénées.

3. TECTONIQUE PYRENEENNE

3.1 Cambrien

Le socle précambrien correspond au craton d'âge cadomien du Gondwana. Le métamorphisme général hercynien suivi par une migmatisation a effacé les discordances stratigraphiques

3.2 Ordovicien

A l'Ordovicien le futur domaine des Pyrénées Centrales est un milieu marin peu profond toujours rattaché au domaine du Gondwana. Volcanisme associé à la sédimentation selon des axes E-W.

3.3 Silurien

Au Silurien le domaine des futures Pyrénées Centrales, toujours rattaché au Gondwana, n'est pas directement affecté par les manifestations orogéniques qui occupent l'Europe, au nord de la proto-téthys, mais quelques mouvements distensifs sont les préludes de l'ouverture d'un domaine d'affinité océanique entre la Laurasia et le Gondwana. Ainsi le Silurien est globalement concordant sur l'Ordovicien et non affecté par les plissements calédoniens.

3.4 Dévonien

Au Dévonien, comme au Silurien, à l'emplacement des futures Pyrénées Centrales, les séries sont concordantes sur le Silurien. Pas de déformations importantes sont visibles mais les mouvements distensifs entre la Laurasia et le Gondwana conduisent à l'ouverture d'un domaine océanique sud qui prolonge la Téthys et donne lieu à l'individualisation des futures fosses hercyniennes (sédimentation de type flysch alimentée par le démantèlement de l'orogène ligérien, au nord). Les hauts fonds avec émergences locales d'un bâti axial carbonaté au Dévonien sup et le volcanisme associé seront les préludes du cycle hercynien qui prendra toute son ampleur au Carbonifère

3.5 Carbonifère

La fin du Carbonifère voit la mise en place des Pyrénées hercyniennes qui correspondent à une chaîne intracratonique formant l'arc Asturies - Pyrénées - Montagne Noire, caractérisé par un intense magmatisme syntectonique et l'intrusion de batholites granitiques de grande taille (granodiorite). Important métamorphisme de contact avec formation de cornéennes et minéralisations hydrothermales. Le plissement de la zone axiale se fait selon une direction Est-Ouest en larges voutes avec de vastes affleurements cambro-ordoviciens autour des noyaux de gneiss et migmatite et une vergence vers le sud.

Les schistes carburés du Silurien agissent comme niveau privilégié de décollement, de dysharmonie entre les séries très contrastées du cambro-ordovicien très quartziteuses et métamorphiques et les séries schisteuses dévono-carbonifères. Ces dernières sont déformées en plis aigus, serrés, voire couchés ou charriés en nappes sur de grandes surfaces. D'importants accidents cassants ont découpé le socle par de grandes fractures longitudinales à la zone axiale tel l'accident frontal nord pyrénéen avec un rejet de 3000m !

De petits bassins post-orogéniques de type sillon houiller sont associés à des accidents de coulissage qui se manifesteront dès le Carbonifère terminal et continueront durant tout le Permien.

3.6 Permien

Le Permien est sujet aux distension post-orogéniques et de nombreux accidents décrochants tardi-hercyniens au droit de failles de socle contrôlent une tectonique en petits horst et graben post-orogéniques et en bassins subméridiens de type cuvettes intra-montagneuses. Les directions sont N110-140 (flexure celtaquitaine), N40-60 (Catalogne) et N20 et resteront actives durant tout le Trias.

3.7 Trias

Les accidents tardi-hercyniens mis en place au Permien qui contrôlent la géométrie des bassins intramontagneux s'intégreront progressivement dans un rift « pyrénéen » précoce, orienté est-ouest, à polarité tethysienne. Dans ce rift triassique s'accumuleront des dépôts évaporitiques et se manifesteront des activités volcaniques basiques sous-saturées, témoignant de la présence d'une croûte continentale très amincie qui n'ira pas, cependant, jusqu'à l'ouverture océanique

3.8 Jurassique

Au Jurassique, les nombreux accidents hérités du Permo-trias (flexure Arcachon-Toulouse, faille nord pyrénéenne, etc...) contrôlent un domaine continental subsident découpé en une mosaïque de bassins N160, N40-60, N20, obliques à la chaîne, qui se développent sous l'effet d'une distension globalement NW-SE, induisant une fracturation crustale et l'individualisation de blocs basculés vers le NW ou le SE, prélude à l'ouverture du futur rift créacé dans les Pyrénées Centrales.

3.9 Crétacé

Au Crétacé inférieur, la future zone nord-pyrénéenne apparaît comme le siège d'une rapide subsidence, engendrée par le jeu de failles normales, et le remplissage par des marnes d'hémi-grabens en relais sur des failles discontinues mais dont la mise en place traduit en réalité l'individualisation d'un rift continental étroit (< 10 km) en relation avec une distension N-S entre l'Ibérie et l'Europe. Ce sillon apparaît directement limité par la faille nord-pyrénéenne mais le découpage transverse à l'axe de la chaîne persiste (sillon basco-béarnais, sillon catalan). La distension et le basculement des blocs provoquent généralement une remobilisation des évaporites triassiques au droit des failles crustales et le développement de rides diapyriques. L'ouverture de l'Atlantique nord et en particulier l'ouverture du golfe de Gascogne conduisent à une distension N-S qui crée le sillon nord-pyrénéen. La forte subsidence de la fosse à flysch, le volcanisme synsédimentaire et le métamorphisme thermique bien marqué près de la faille, caractérisent la mise en place d'un véritable rift. Le pied du talus nord qui limite le sillon deviendra l'accident frontal nord-pyrénéen qui guidera le coulissage du craton ibérique. Le décrochement sénestre E-W se fait suivant des accidents transformants jalonnés de petits bassins en « pull-apart » bordés de brèches tectoniques et considérés comme pouvant être à l'origine de la remontée de lambeaux de lherzolites du manteau supérieur (Lherz, col d'Urdach, vallée de Lourdios, etc...) Par ailleurs, le diapyrisme accompagne le développement d'un magmatisme alcalin et d'un métamorphisme thermique mésozoïque BP, traduisant un amincissement crustal interplaque et la présence d'un dôme thermique. Quelques mouvements post-rifts génèrent uplifts et inversions locales correspondant au soulèvement épirogénique de la masse continentale pyrénéo-aragonaise. Il s'en suit une discordance avec le Crétacé sup en dehors des zones subsidentes ou des poudingues et conglomérats sont attribués à des faciès de front de delta.

Le Crétacé supérieur marque la fin du rifting actif dont la limite avec la plateforme suit la direction N120 lorsque le craton ibérique vient resserer cette ouverture et commence sa remontée vers le NE. Le mouvement de transtension laisse progressivement la place à une transpression avec convergence oblique vers le NW et le processus de fermeture débute dans les Pyrénées orientales. L'inversion des Pyrénées s'accroît avec le resserrement des diapirs et l'inversion des failles normales. Cette compression conduit au soulèvement des Zone Axiale et Nord-Pyrénéenne avec le développement d'un léger métamorphisme dynamique (et non plus thermique) associé à une schistosité de flux. La subsidence est désormais rejetée dans la partie ouest où se crée un nouveau sillon, dit sous-

pyrénéen. A la fin du Crétacé la phase de rifting est définitivement avortée et la collision avec l'Ibérie amorce l'émersion de la chaîne qui prendra toute son ampleur au Tertiaire.

3.10 Paléogène

Au début de l'ère tertiaire, le mouvement de l'Ibérie s'oriente franchement vers le nord. Lors d'une première phase, la surrection est maximale sur la marge ibérique du rift pyrénéen qui verra la surrection de l'axe de la chaîne et l'inversion du bassin triassico-éocène du piémont nord pyrénéen. C'est ce qui donnera naissance à la zonation N-S : avant-pays nord pyrénéen - zone des plis et chevauchements nord pyrénéens - haute chaîne, telle que nous la connaissons actuellement. Le phénomène compressif gagne toute la chaîne des Pyrénées pour atteindre son paroxysme à l'Eocène et conduire à l'émersion dans sa totalité du domaine pyrénéen. L'orogénèse est de type intracontinentale avec enfoncement de la plaque ibérique sous la plaque européenne et épaissement crustal sous la Haute Chaîne. L'épaississement de la croûte conduit à la diminution du flux thermique.

L'élaboration de structures souples, en un faisceau de plis pour ce qui est la couverture, et cassantes, en un faisceau d'écaillés pour ce qui est du socle, se mettent d'abord en place dans la zone Nord-Pyrénéenne à l'emplacement de l'ancien rift crétacé (racourcissement de l'ordre de 15 km), puis conjointement dans la Haute Chaîne et la Zone Sud-Pyrénéenne. Le front des chevauchement reste actif jusqu'à la fin de l'Eocène. Sur le versant nord toutes ces structures sont à vergence nord plus ou moins chevauchées par la zone axiale et sur le versant sud les écaillés sont à vergence sud en plus ou moins longues unités selon un modèle en éventail à double déversement. Les failles normales N50 et N80 nées des distensions mésozoïques sont réactivées en failles inverses et en chevauchements et les anticlinaux superposés aux anciennes rides diapyriques.

A l'Oligocène De part et d'autre de la chaîne se mettent dès lors en place des bassins flexuraux d'avant-pays, septentrionaux à sédimentation marine et méridionaux à sédimentation épicontinentale. La molasse scelle les derniers chevauchements et plissements. Désormais la chaîne restera émergée jusqu'à l'actuel.

Dans la partie Languedoc-Provence, la surrection de la chaîne se manifeste à l'Eocène avec une sédimentation continentale et des bassins lacustres tandis qu'à l'Oligocène d'importants phénomènes distensifs s'accompagnent de l'effondrement du Golfe du Lion et la création de fossés SW-NE remplis de dépôts de brèche près des reliefs.

3.11 Miocène

Durant le Miocène, les dernières surrections affectent les chaînes Alpines Centrale et Occidentale avec la mise en place des grandes nappes autoalpines. On observe le démentellement de la partie occidentale de la chaîne et la formation de bassins molassiques périphériques.

Soulèvement des Massif Central et Rhénan et de la chaîne axiale pyrénéenne

3.12 Pliocène-Pléistocène

Depuis la fin du Tertiaire, les mouvements verticaux se poursuivent (séismes) et donnent la topographie actuelle des Pyrénées. L'effondrement du Golfe du Lion se continue actuellement (1000m).