



UNIVERSITE ALASSANE OUATATRA

UFR CMS
DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE

Année académique 2015-2016

Licence 2 géographie

UE : Géomorphologie
Géomorphologie structurale

Dr Koffi Kan Emile

Introduction

La géomorphologie est une discipline de la géographie physique et des géosciences. Elle pour objet la **description**, **l'analyse** et **l'explication** du **relief** terrestre actuel. Comme toute science, elle a son objet (le relief), ses méthodes d'étude (la comparaison relief-géologie, mesure du relief, la cartographie) et une finalité (l'intégration de l'information apportée par le relief dans la reconstitution de l'histoire des paysages). On distingue trois grands types de géomorphologie : la géomorphologie structurale, la géomorphologie climatique et la géomorphologie dynamique.

La géomorphologie structurale : c'est l'étude du relief dans ses rapports avec la structure géologique c'est-à-dire l'étude des effets de la structure géologique sur la morphologie de la surface terrestre. Ainsi, on donne le nom de relief structural à des formes de reliefs qui dépendent directement de la structure géologique.

On voit donc que dans l'étude du relief, la géomorphologie structurale donne la priorité à l'influence de la structure. Elle est en cela différente de la géomorphologie climatique qui étudie le relief en mettant l'accent sur les systèmes d'érosion bioclimatiques, c'est-à-dire sur l'examen des diverses manifestations de l'action du climat sur le relief. Elle est aussi différente de la géomorphologie dynamique qui, elle, concerne l'évolution des formes du relief sous l'action des différents processus d'érosion.

La géomorphologie est un domaine important pour l'écologie du paysage. Les formes et structures du paysage étant déterminantes pour la flore, la faune et leurs fonctions au sein des écosystèmes, en particulier concernant les corridors biologiques et certains domaines tels que les îles, isthmes, les fleuves, cols, détroits qui contrôlent naturellement la circulation des flux de gènes, des espèces et de populations.

L'accessibilité de la géomorphologie permet de comprendre et sans doute de mieux gérer des aspects très importants de l'environnement des sociétés humaines, puisqu'elle participe à la compréhension de certains risques naturels et à la lisibilité des paysages.

Objectifs du cours

Objectif général

Ce cours vise à permettre aux étudiants de connaître une des facettes importantes de la géomorphologie qui est la géomorphologie structurale

Objectifs spécifiques

A la fin de ce module, l'étudiant doit être capable de :

- Définir les notions clefs de la géomorphologie structurale en vue de comprendre le contenu de cette discipline
- Faire le lien entre les roches, dépôts sédimentaires et stratigraphie en vue de faire une analyse structurale
- Déterminer les formes structurales élémentaires existantes

Ce cours qui est une présentation initiatique à la géomorphologie se déroulera en quatre séquences :

Section 1 : Notions et concepts en géomorphologie structurale

Section 2 : Principes généraux d'explication du relief

Section 3 : Formations géologiques dans l'histoire de la terre

Section 4: Formes structurales élémentaires et réalités en Afrique de l'ouest

Bibliographie

CM

AVENARD J.-M : Aspects de la géomorphologie de Côte d'Ivoire *in* Les milieux Naturels de Côte d'Ivoire, ORSTOM, 1971

BIROT P.: Morphologie structurale (2 tomes) Coll. PUF.

BIROT P.: Précis de géographie physique générale, A. Colin

CAILLEUX A. : Les roches - QSJ 519

CHARDONNET : Traité de morphologie. Relief et structure (IGN)

COQUE R.: Géomorphologie. A.C Coll. U

DERRUAU M. : Les formes du relief terrestre

DERRUAU M. : Précis de géomorphologie

PIERRE GEORGE: Dictionnaire de la géographie, PUF

MORET : Précis de géologie

PEULVAST J-P et VANNEY J-R : Géomorphologie structurale, Gordon et Breach.

POMEREL – FOUET : QSJ n° 647, 595, 542

TRICART J. et CAILLAUX A. : Cours de de géomorphologie : Première partie – géomorphologie structurale (fasc 1.2. 2bis.3.)

TRICART J.: Précis de géomorphologie générale. Tome 1 : Géomorphologie structurale

VIERS G. : Eléments de géomorphologie

TD

ARCHAMBAULT : Documents et méthodes pour le commentaire de cartes, Tomes 1 et 2

BONTE : Introduction à la lecture des cartes géologiques, DUNOD

I.G.N. : Atlas des formes du relief

Section 1 : Clarification des notions et concepts en géomorphologie structurale

Ce chapitre vise à définir les notions de base de la géomorphologie structurale

1.1 La structure géologique

Le dictionnaire de la langue française définit la structure comme étant la disposition, l'agencement des éléments d'un ensemble défini.

Pour P. Georges, la structure, c'est l'organisation des roches dans l'écorce terrestre.

Pour J. Tricart, la structure, c'est la nature et la disposition des roches.

Dans tous les cas, la structure géologique désigne la nature et la disposition des roches dans l'écorce terrestre et leur nature.

Du point de vue géomorphologique, on peut distinguer deux types de structure :

- ✓ Les structures sédimentaires qui caractérisent l'ensemble des roches sédimentaires ;
- ✓ Les structures massives qui caractérisent les roches cristallines, métamorphiques et éruptives.

L'élément fondamental et spécifique de ces structures est la disposition des roches. Cette disposition relève de la stratigraphie.

1.2 Les roches

Les divers types de roches générés par les phénomènes géodynamiques peuvent être regroupés en trois grandes familles :

- ✓ les roches **magmatiques**,
- ✓ les roches **métamorphiques** et
- ✓ les roches **sédimentaires**

Les roches sont des matériaux naturels **constitutifs** de l'enveloppe supérieure du globe terrestre ou écorce terrestre. Leur constitution est faite d'un assemblage de **minéraux**. Les phénomènes qui sont à l'origine de la formation et la mise en place des roches relèvent de la **géodynamique interne terrestre**.

La formation des roches magmatiques

Les matériaux situés en profondeur subissent deux processus physico-chimiques très lents :

- ✓ **la fusion des matériaux** : conduit à la formation des roches magmatiques par solidification du magma,
- ✓ **le métamorphisme** : entraîne la formation des roches métamorphiques

Les roches magmatiques sont également appelées **roches cristallines**, car formées de cristaux.

Les géologues en distinguent **trois grands groupes de roches** magmatiques (figure) :

- ✓ Les roches volcaniques
- ✓ Les roches hypo-volcaniques et péri-plutoniques
- ✓ Les roches plutoniques

Une fois constituées, les roches magmatiques profondes parviennent à la surface de l'écorce terrestre par le jeu combiné des phénomènes de l'**isostasie** (équilibre des masses rocheuses) et de l'**érosion**.

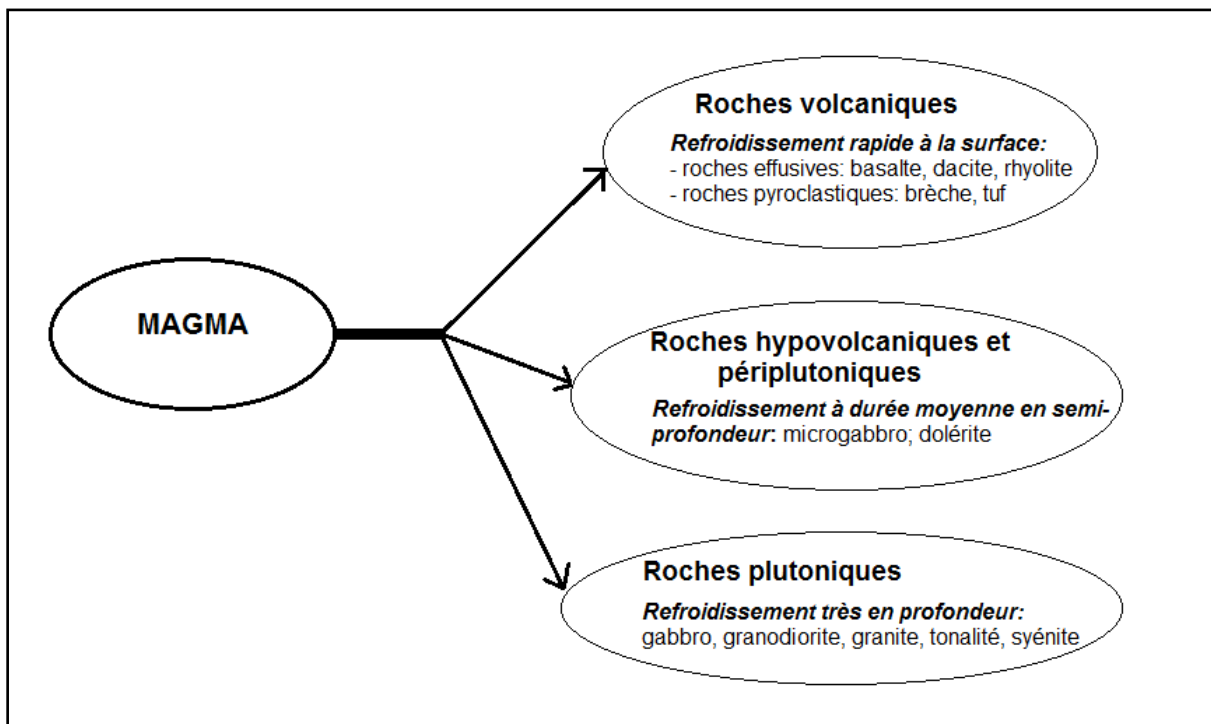


Figure 1.1 : Schéma de genèse des roches magmatiques

La formation des roches métamorphiques

Les roches métamorphiques sont issues de **la transformation à l'état solide des roches** préexistantes, magmatiques, sédimentaire ou même métamorphiques, **sous de nouvelles conditions de température et de pression.**

Deux types de métamorphisme :

- ✓ le **métamorphisme général**, qui affecte **un vaste territoire**
- ✓ le **métamorphisme de contact**, d'impact **très localisé.**

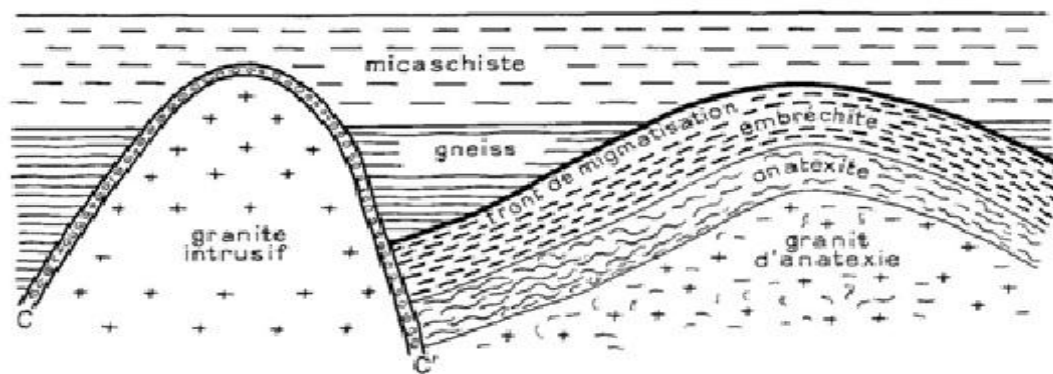


Figure 1.2: Schéma montrant les zones métamorphiques

La classification des roches métamorphiques tient compte à la fois :

- ✓ de la *nature des roches d'origine*
- ✓ du *degré* de métamorphisme subi.

Les roches exogènes ou sédimentaires

Les roches sédimentaires proviennent de la désagrégation d'autres roches (figure 1.3). Elles sont d'origine externe (roches **exogènes**). La plus grande partie des roches sédimentaires est d'origine sous-marine (mer **épicontinentale** ou profonde) ou sous-lacustre.



Figure 1.3: Exemples de roches sédimentaires et métamorphiques. Le phénomène de lapidification (ou diagenèse) se produit soit à cause du tassement, Soit par cimentation (Extrait de géographie.net.free).

Ce qui caractérise les roches sédimentaires, c'est leur **disposition en couches ou en strates**. Selon l'origine de la sédimentation, on distingue plusieurs **faciès** de roches sédimentaires : continental, d'eau douce ou lacustre, lagunaire, marin. Selon le mode de formation, on distingue les faciès suivants :

- ✓ **détritique** (en provenance de la destruction d'autres roches) ;
- ✓ **chimique** (précipitation de substance dissoutes, réaction chimique)
- ✓ **organique**, soit végétale (houille), soit animale (ou zoogène)

On distingue 5 familles de roches sédimentaires en fonction de la teneur en argile, calcaire et silice qui sont les principaux constituants :

- ✓ **les roches siliceuses** meubles (les sables et les galets) ou agglomérées (conglomérats comprenant les poudingues et les brèches),
- ✓ **les roches argileuses** : l'argile, la marne, le schiste,
- ✓ **les roches calcaires** : La craie, le calcaire d'origine chimique (tuf) et calcaire d'origine organique (calcaire grossier),
- ✓ **les roches salines** : sels gemmes, sels de gypse,
- ✓ **les roches combustibles** : les différents charbons, la tourbe, le pétrole.

1.3 La stratigraphie

La stratigraphie est une discipline des sciences de la Terre qui décrit les différentes couches géologiques ou strates et établit leur ordre de succession à l'échelle du globe. Elle a des principes qui sont d'une part des postulats, qu'il faut vérifier par l'observation, et d'autre part des relations géométriques entre les formations géologiques étudiées. La stratigraphie permet donc d'établir une chronologie relative des terrains par l'application des principes suivant :

Les principes de la stratigraphie

- **Le principe de continuité** : une même couche a le même âge sur toute son étendue.
- **Le principe de superposition** : dans les terrains non-déformés, les formations les plus basses sont les plus anciennes et les formations les plus hautes sont les plus jeunes. C'est la façon d'exprimer l'âge relatif.
- **Le principe d'horizontalité** : les couches sédimentaires sont déposées à l'origine horizontalement. Une séquence sédimentaire qui n'est pas en position horizontale aurait subi des déformations ultérieurement à son dépôt.
- **Le principe de recoupement** : les couches sont plus anciennes que les failles ou les roches qui les recoupent.
- **Le principe d'inclusion** : les morceaux de roche inclus dans une autre couche sont plus anciens que leur contenant.

Les relations géométriques entre les couches se présentent de plusieurs manières.

La disposition des couches de terrain

✓ La structure concordante

C'est une structure où les couches restent parallèles entre elles quelque soit les déformations subies.

Une série est un ensemble de couches concordantes dont le dépôt s'est effectué à la même période.

Caractères particuliers :

- **Structure concordante complète, lorsqu'aucun terrain ne manque dans la série.**
- **Structure concordante incomplète ou lacunaire lorsque des terrains manquent sans troubler le parallélisme des couches.**

Lacune = absence d'un étage dans la succession des couches. Il y a deux types de lacunes :

- Lacune d'érosion : l'érosion a enlevé des couches, puis la sédimentation a repris en laissant la lacune.
- Lacune de sédimentation : pendant la période correspondant à la durée de la lacune, la sédimentation s'est interrompue. Cela peut être dû à une régression marine.

✓ **La structure discordante**

Lorsqu'il y a interruption de la sédimentation, suivie d'une déformation (failles, basculement ou plissement) et d'une érosion, il y a discordance entre les couches (ou strates) les plus anciennes déformées et celles plus récentes, horizontales. Il existe aussi des discordances sédimentaires. Elles sont le résultat d'un changement du milieu de dépôt. Ce changement est provoqué par une variation du niveau marin.

Une discordance angulaire existe entre deux couches superposées dont les pendages sont différents de part et d'autre de la surface de discordance. La série inférieure de strates a alors subi des déformations (basculement dans le cas d'une série monoclinale, plissement dans le cas d'un synclinal ou d'un anticlinal: dans ce cas c'est une discordance angulaire sur structure plissée). Certaines strates concordantes en un point, peuvent progressivement devenir discordantes : c'est une discordance progressive.

1.4 La tectonique

La disposition originelle des roches peut être dérangée, modifiée par des mouvements de l'écorce terrestre. Ces mouvements qui peuvent être lents ou rapide (en rapport avec l'échelle géologique) sont appelés mouvements tectoniques. Leur étude relève de la tectonique.

On peut à la suite de P. George distinguer deux types de déformations :

- ✓ Les déformations souples qui affectent les roches plastiques, roches sédimentaires généralement ;
- ✓ Les déformations cassantes qui peuvent affecter tous les types de roches.

L'ensemble de ces déformations engendrent, soit individuellement soit en association, des structures tectoniques.

Par exemple, des déformations souples engendrent une structure plissée et les déformations cassantes créent une structure faillée. Avec les deux, on obtient une structure pli-faille.

Par ailleurs, les caractères de ces déformations dépendent de la force, du rythme de déformations et de l'étendue de l'espace qu'elles affectent.

Lorsqu'elles sont intenses, relativement rapides et très localisées, les déformations créent des accidents nets à petits rayons de courbure donnant des plis, failles, flexures de l'ordre du km.

Lorsqu'elles sont modérées, lentes et concernant des régions entières ou des masses continentales, les déformations sont génératrices d'ondulations à grands rayon de courbure, d'amples déformations de l'ordre de la centaine de km.

A ce qui vient d'être dit, il faut ajouter que ce sont les forces internes ou forces tectoniques qui créent le relief terrestre et proposent les modalités de son évolution.

Mais, dans la nature, les formes du relief que l'on peut voir sont aussi le résultat d'une certaine évolution sous l'action des forces externes. Ces formes expriment le comportement des roches vis-à-vis de l'érosion.

1.5 Lithologie et évolution des formes structurales

Le comportement des roches face à l'érosion dépend de la nature des roches, de leur degré de résistance à l'usure. C'est l'objet de la lithologie.

L'érosion désigne l'ensemble des processus qui dégradent le relief. Elle peut user ou estomper mais aussi elle peut accentuer. Par exemple, en creusant, elle peut accentuer les dénivellations. Dans tous les cas, au terme de son action, l'érosion tend à aplanir, à niveler.

En fonction de leur comportement vis-à-vis de l'érosion, on peut distinguer deux type de roches :

- ✓ Les roches dures ou résistantes, difficilement érodées, constituent l'armature des formes structurales,
- ✓ Les roches tendres ou vulnérables, faciles à éroder sont mises en creux, déblayées.
- ✓ Ainsi, le travail de l'érosion aura un caractère sélectif ou différentiel ; on parle d'érosion différentielle, elle met en évidence les différences de dureté des roches.

Section 2 : Principes généraux d'explication

Cette partie vise à décrire les facteurs explicatifs des formes et des stades d'évolution du relief structural.

2.1 Les facteurs explicatifs

Les formes de relief ne sont pas seulement en rapport avec la structure géologique. Elles évoluent en fonction du temps et donc d'une manière variable suivant le climat. On peut envisager que sous l'action de l'érosion, toute forme de relief tend à être réduite à une pénéplaine, à une surface subhorizontale qui représente le stade final d'un cycle d'érosion ; ce cycle démarre dès la surrection des reliefs. Il faut bien sûr éviter de considérer ce schéma comme strictement linéaire. Car les conditions qui président à l'élaboration d'un cycle d'érosion peuvent changer à la faveur de mouvements tectoniques, de changements climatiques ou de variation du niveau de la mer...

A la suite de ces changements, il y a une reprise d'érosion qui inaugure un nouveau cycle d'érosion plus récent. Dès lors, les facteurs explicatifs du relief peuvent être regroupés en trois catégories :

- ✓ les facteurs tectoniques,
- ✓ les facteurs d'érosion,
- ✓ les facteurs lithologiques.

Selon le facteur qui domine, on dit qu'une forme de relief est d'origine tectonique si elle due à une faille, un pli ; on dit aussi qu'une forme est d'origine lithologique si elle correspond au rebord ou au plan stratigraphique supérieur d'une roche dure ; enfin, on dit qu'une forme est due à l'érosion lorsqu'elle dérive d'un aplanissement, d'un nivellement antérieur et mise en relief par le jeu de l'érosion.

Dans la réalité, les choses sont plus complexes. Cette complexité de l'explication est liée à l'association fréquente des différents facteurs. Mouvements tectoniques et érosion agissent souvent de façon synchronique ou du moins immédiatement l'un après l'autre.

On peut grossièrement retracer de la manière suivante l'explication du relief :

- 1) les mouvements tectoniques créent le relief et ravivent l'érosion ;
- 2) attaque du relief par l'érosion différentielle et nivellement ;

- 3) ce schéma peut être perturbé par des nouveaux mouvements tectoniques, des reprises d'érosion. Mais il reste cependant le principe de base de l'explication géomorphologique.

2.2 Type de formes d'évolution du relief

La prépondérance de chaque facteur explicatif du relief peut donner lieu à une typologie de celui-ci

- ✓ Lorsque le relief est tel que les déformations tectoniques l'ont créé, on a des formes **primitives**.
- ✓ Lorsque l'érosion entame son action mais n'a pas eu encore le temps de changer la disposition topographique primitive, on parle de formes **pénéprimitives**.
- ✓ Lorsque l'érosion a complètement changé l'aspect antérieur du relief, on a des formes **dérivées**.

2.3 Structure géologique et tracés du réseau hydrographique

En fonction de la disposition des roches dures et des roches tendres et des déformations ayant affecté ces couches, les éléments hydrographiques se caractérisent par **l'adaptation** ou **l'inadaptation** de leur tracé aux données structurales, lithologiques et tectoniques.

Un cours d'eau est adapté à la structure lorsqu'il se localise dans les couches géologiques les moins résistantes à l'érosion ou lorsqu'il s'oriente conformément aux déformations (pendage, faille ...).

1^{er} cas : adaptation à la lithologie

2^{ème} cas : adaptation à la tectonique.

Inversement, l'inadaptation se marque par l'indifférence des tracés à l'égard de la nature des roches ou de leurs dispositions.

En relief de cuesta, les axes de drainage localisés dans la dépression subséquente (orthoclinale) et les axes conséquents (cataclinaux correspondant au sens du pendage général) sont adaptés pour les uns à la lithologie et pour les autres à la tectonique.

Par contre, les rivières subséquentes (anaclinales = contre pendage) sont inadaptées à la tectonique.

En Côte d'Ivoire, par exemple, on note l'existence de cas d'adaptation et d'inadaptation :

- ✓ Le cours supérieur du fleuve Sassandra de la latitude de Man jusqu'à Odienné est adapté à la tectonique coule dans une vallée de ligne de faille connue sous le nom de discontinuité du Sassandra. (voir semi plate-forme/géosynclinal). Alors que son cours supérieur qui recoupe indifféremment tous les éléments rocheux schisteux, granitiques est inadapté à la tectonique.
- ✓ La Comoé sur son parcours entre les parallèles 9° et 8° est adaptée à la lithologie car elle utilise une gouttière formée par des formations schisteuses correspondant à des couches tendres par rapport aux granites.

De façon générale, on conçoit sans difficulté que le drainage d'une région peut répondre aux sollicitations de la structure géologique. Mais par contre, les cas d'inadaptation sont plus complexes à expliquer.

Les modalités d'inadaptation

On distingue deux cas d'inadaptation : l'antécédence et la surimposition (figure 2.4).

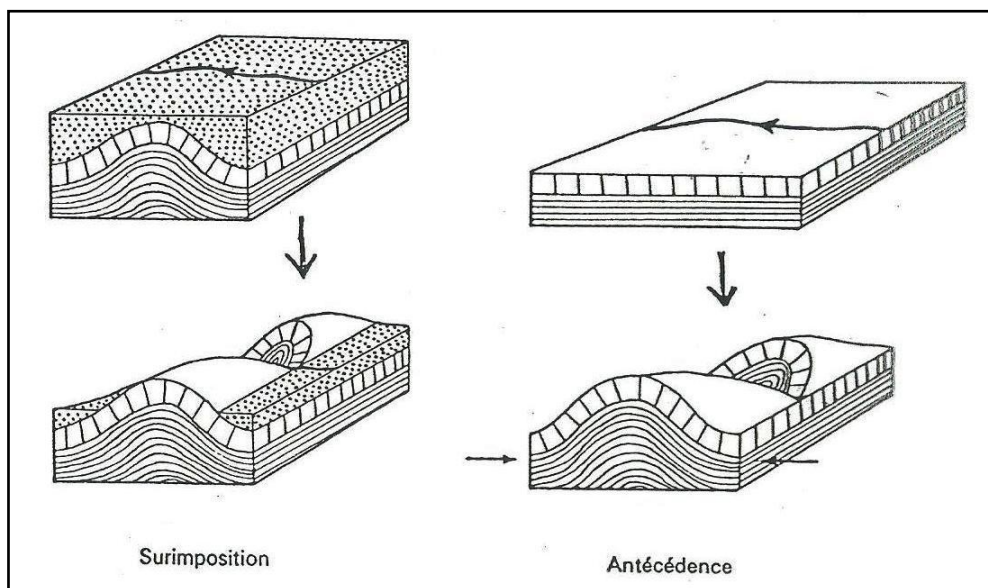


Figure 2.4 : antécédence et surimposition

L'antécédence rend compte de l'antériorité des tracés par rapport à une déformation tectonique et implique que la rivière conserve son tracé initial pendant la mise en place de la déformation.

La surimposition fait intervenir une couverture sédimentaire fossilisante. Elle implique que le cours d'eau, en s'encaissant, exhume une structure profonde et conserve son tracé initial.

Section 3 : Formations géologiques dans l'histoire de la terre

Cette section vise à montrer les grandes périodes de constitution des roches et des couches de terrain et leur ordre de dépôt durant l'échelle de temps géologique.

3.1 Signification de l'échelle des temps géologique

L'échelle des temps géologiques est un système de classement chronologique utilisé, notamment en géologie, pour dater les événements survenus durant l'histoire de la Terre. En effet, depuis le début de sa formation, il y a 4, 5 milliards d'années, notre planète s'est transformée par étapes, à la fois par l'action de phénomènes physiques ou géologiques (modifications de l'atmosphère, glaciations, formation ou érosion de chaînes de montagnes, fractionnement et dérive des continents...) et par l'effet de l'évolution de la vie (développement des algues marines avec formation d'oxygène, apparition successive des grands groupes d'animaux avec formation de calcaire et de phosphates, développement des grandes forêts, à l'origine du charbon...). Chacun de ces grands événements a marqué l'histoire de la terre : pour s'y reconnaître, on a donné un nom à chaque moment avec des subdivisions.

En géomorphologie, l'échelle des temps géologiques sert à reconstituer l'histoire de la terre depuis la mise en place des premiers plateaux continentaux jusqu'à la constitution des reliefs actuels. Plusieurs cycles ont caractérisé l'histoire de la terre avec des phases orogéniques (forces de construction) et des phases érosives (forces de destruction et accumulation) dans une échelle de temps assez long, l'échelle des temps géologiques. Les principales divisions des temps géologiques sont les ères, les périodes ou les séries et les étages.

Les ères sont les plus grandes divisions des temps géologiques correspondant à des conditions paléo-environnementales, paléontologiques ou encore de sédimentation similaires et homogènes. Ce sont surtout les crises majeures qu'a connu la terre qui ont déterminé le découpage du temps en ères.

Les périodes ou séries regroupent des étages sur des références lithologiques (Carbonifère, Crétacé), paléontologiques (Nummulitique = Paléogène).

Les étages (âges) sont les âges de dépôts des couches géologiques : De bas, les terrains les plus anciens ; en haut, les terrains les plus récents. Dans une analyse stratigraphique, on fera

ressortir la succession des terrains géologiques en fonction de leur histoire dans l'échelle stratigraphique.

3.2 Les grandes périodes de constitution des roches et des dépôts sédimentaires

La mise en place des séries sédimentaires

Les séries sédimentaires se sont constituées dans des bassins de réception des sédiments. Depuis le début de l'ère secondaire, certaines parties des socles se sont affaissées. La mer les a envahies et dans les régions immergées, les sédiments se sont accumulés ; leur variété tient à la profondeur et aux conditions de température, de pression ou de salinité. Progressivement, surtout après la surrection des grandes chaînes de montagnes, ces zones ont émergé, découvrant des ensembles sédimentaires régulièrement disposés. Les roches sédimentaires se sont déposées sur une longue période géologique. Toutefois, les dépôts les plus importants datent de l'ère secondaire (tableau 3.1).

Tableau 3.1 : Formations types dans l'échelle de temps géologique

Eres	Période	Formations Types
Quaternaire	Quaternaire supérieur	alluvions, sables côtiers
	Quaternaire inférieur	Sables
Tertiaire	Néogène	Sables
	Paléogène	sables, calcaires
Secondaire	Crétacé	Craie, sables
	Jurassique	Calcaires, marnes
	Trias	Grès
Primaire	Permien	Calcaires, conglomérats et grès
	Carbonifère	Houilles, calcaires
	Dévonien	Grès, schistes
	Silurien	Schistes noduleux
	Ordovicien	Grès
	Cambrien	Argiles
Précambrien	Protérozoïque	Granites, schistes métamorphiques
	Archéen	Granites

D'après ce tableau, les roches sédimentaires les plus anciennes datent du primaire. Ainsi, des argiles se sont constituées au cambrien ; des grès à l'ordovicien et au dévonien ; des houilles et

du calcaire au carbonifère, etc. Le secondaire marque l'ère de constitution des grands bassins sédimentaires et la constitution d'importantes couches sédimentaires jusqu'au tertiaire. De profondes couches de calcaire, de marne, de sable et de grès se sont déposées à cette période surtout en Europe. Les sables côtiers et les alluvions marquent le quaternaire.

Les socles

Les socles sont de grandes tables arasées formées de roches très anciennes et très dures. Ils constituent la majeure partie des continents, notamment dans la zone chaude et dans les régions polaires. Certains blocs rigides, affaissés, ont été envahis par la mer comme au nord de l'Asie ou dans l'océan Indien. Aux latitudes moyennes, le socle a été brisé par l'orogénie alpine et morcelé en plus petites unités structurales qui ont été basculées, soulevées ou dénivelées : ce sont des massifs anciens, comme le Massif Central (France), le pays de Galles (Royaume-Uni) ou la Forêt Noire (Allemagne).

Les socles sont essentiellement constitués de roches plutoniques (granites) et de roches métamorphiques (schistes) qui se formées au précambrien et au primaire.

Les roches des régions volcaniques

Ces roches proviennent de l'activité volcanique. C'est du magma propulsé à l'extérieur sous l'effet des forces géodynamiques et qui se sont refroidis rapidement à l'extérieur. C'est le cas du basalte. Les roches volcaniques existent depuis la constitution des premiers rifs et continuent de se déposer aujourd'hui encore, produits des activités volcaniques.

Section 4: Formes structurales élémentaires et réalités en Afrique de l'ouest

Objectif

- ✓ montrer comment la structure, facteur fondamental de la morphologie impose sa marque aux reliefs qui en dépendent,
- ✓ décrire les reliefs qui émanent génétiquement de la structure.

Un relief structural est une forme de la surface topographique influencée par la structure géologique. L'influence de la structure se manifeste par l'intermédiaire :

- ✓ de la disposition des roches plus ou moins déformées par les efforts tectoniques,
- ✓ de la nature des roches, c'est-à-dire des contrastes de résistance mises en valeur par l'érosion différentielle ou sélective,

Les formes structurales élémentaires sont des unités plus ou moins étendues de surfaces planes ou courbes, des abrupts d'érosion à corniche, des escarpements de faille, etc. Elles peuvent être classées selon un critère lithologique (structures sédimentaires et cristallines) ou un critère tectonique (structures tabulaires, plissées et faillées).

4.1 Reliefs dans les bassins sédimentaires

1- Un bassin sédimentaire est une dépression de la croûte terrestre située sur un continent, un plateau continental, ou dans un océan, formée par subsidence ou tectonique et qui recueille d'importantes quantités de matériaux sédimentaires.

2- C'est une portion de la croûte terrestre déprimée tectoniquement, une dépression en forme de cuvette évasée due à un affaissement lent et progressif (subsidence), où se sont empilés pendant une longue période (10 à 100 Ma) et sur une grande épaisseur des sédiments variés, marins ou continentaux, subhorizontaux ou faiblement déformés. Les sédiments dans les bassins sont disposés en couches. Les couches géologiques dans les bassins sédimentaires ont deux caractéristiques :

- ✓ les reliefs des régions sédimentaires en général présentent une superposition de couches de dureté variable et un pendage régulier (monoclinal).
- ✓ ces couches peuvent être concordantes. Il y a concordance lorsqu'une formation sédimentaire repose sur des couches plus anciennes non plissées, non basculées même si une lacune existe.

On peut distinguer deux variétés de structures : les structures tabulaires ou horizontales et les structures monoclinales.

4.1.1 Les reliefs tabulaires (horizontaux)

Les reliefs tabulaires sont un ensemble topographique édifié sur des couches sédimentaires superposées, horizontales ou très faiblement inclinée. Les couches sédimentaires, dans ce type de structure, ne sont affectées d'aucun pendage (c'est-à-dire d'aucune inclinaison) dans quelque direction que ce soit. La notion d'horizontalité s'applique à de très faibles valeurs de pentages ($< 1^\circ$), trop minimes pour provoquer la formation du relief et du réseau hydrographique caractéristiques de la structure monoclinale.

a) Evolution du relief en structure tabulaire (figure 4.5)

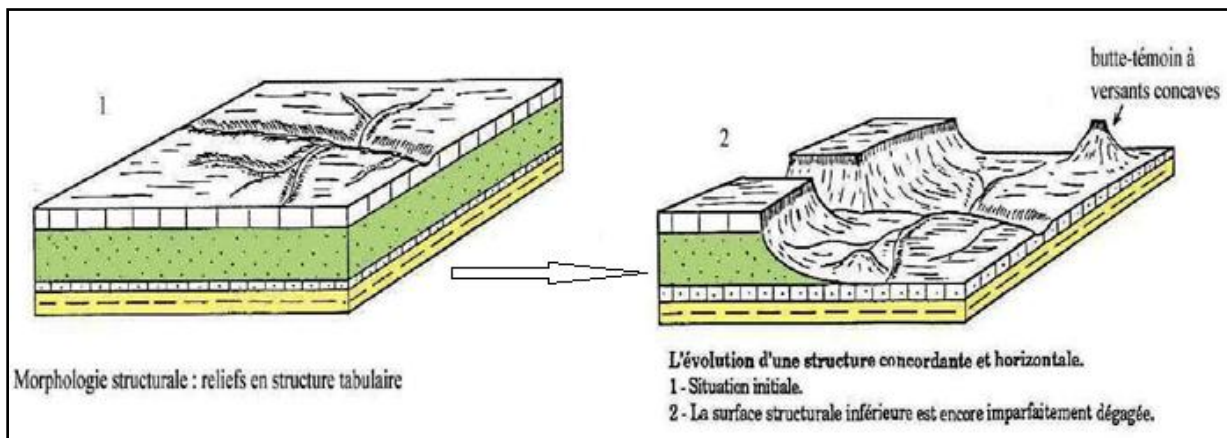


Figure 4.5 : Evolution du relief dans les structures tabulaires

- Les couches sédimentaires sont horizontales et concordantes ;
- L'évolution du modelé montre un élargissement de la vallée jusqu'au niveau de base de la couche la plus résistante ;
- Il reste parfois des reliefs témoins des anciennes surfaces originelles.

Ces reliefs sont sculptés en gradins par l'érosion, montrant **des replats étagés** (surface plate, horizontale, de roche en place affleurant au sommet d'un ressaut ou d'une corniche). On observe aussi des **buttes témoins** qui sont des reliefs résiduels dans des roches sédimentaires à pendage faible (0° à 10°). Ils apparaissent comme des collines isolées ou des portions de plateau épargnées par l'érosion. Ces replats sont limités par des escarpements ou **des talus** (Pente modérée à raide (20° à 35°) de roche tendre au pied d'un escarpement ou d'une corniche de roche résistante)

Le rebord du plateau structural est **un coteau**, c'est à dire un versant de faible amplitude formé **d'une corniche** surmontant un talus.

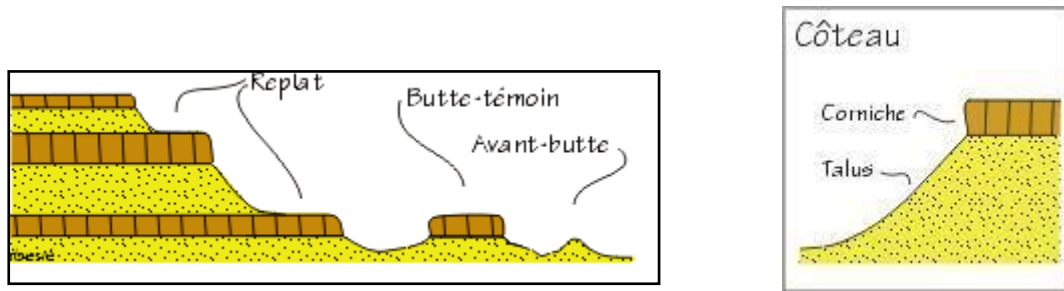


Figure 4.6: Replats en bordure du plateau et coteau

b) Comportement du réseau hydrographique

Les cours d'eau peuvent creuser des amphithéâtres appelés **reculées**. (Vallée ou canyon de courte dimension, fermé en amont par un abrupt rocheux à la tête du cours d'eau).

4.1.2 Les reliefs en structure monoclinale

Dans un bassin, les couches sont généralement caractérisées par une inclinaison régulière (2° à 15°). Elles peuvent se soulever ou s'affaisser dans un mouvement d'ensemble (mouvement épirogénique).

a) Caractéristiques de la structure monoclinale (figure 4.7)

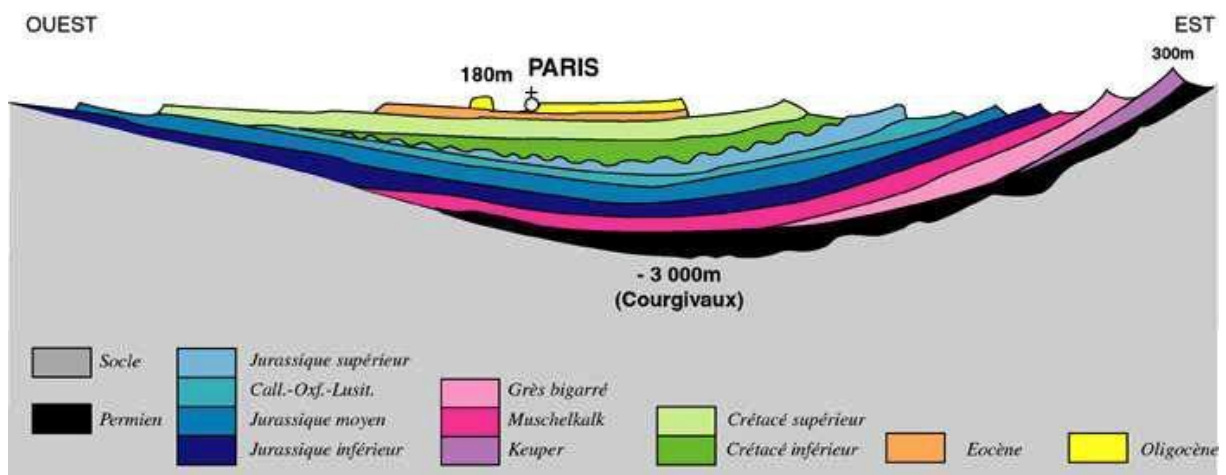


Figure 4.7 : Aspect d'une structure monoclinale dans le bassin parisien

Les types de reliefs qui se développent dans ces structures monoclinales, le plus souvent sur les bordures des grands bassins sédimentaires, sont des **cuestas**. C'est une forme de relief dissymétrique en structure sédimentaire, avec des couches alternées de roches dures et de

roches tendres. On les retrouve la plupart du temps en Europe. La Lorraine belge offre un bel exemple de relief en *cuestas*, avec des formations résistantes (grès, calcaire), alternant avec des formations plus tendres (argile, marne), affectées d'un très faible pendage vers le sud.

4.2 Reliefs en structure faillée

Les failles jouent un rôle très important dans les régions de plate-forme. On appelle relief de faille tout relief dans lequel faille est l'élément tectonique dominant.

La faille peut être définie comme une cassure de l'écorce terrestre qui s'accompagne d'un mouvement vertical des blocs (figure 4.8). On distingue alors un bloc soulevé par rapport abaissé. Les deux blocs sont séparés par un plan de faille.

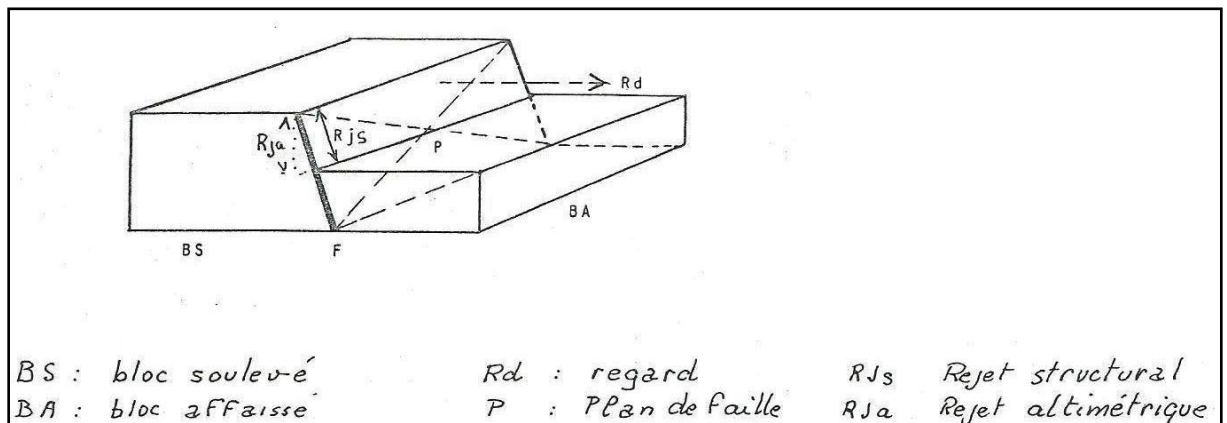


Figure 4.8 : la définition d'une faille

Le **rejet tectonique**, c'est la dénivellation tectonique entre deux mêmes couches dans les deux blocs. Le **regard de la faille** correspond à la direction où se trouve le bloc abaissé.

Remarque : regard de faille différent de regard de talus.

- ✓ Une cassure est une faille sans déplacement des blocs
- ✓ Une faille de décrochement est une faille qui entraîne un déplacement latéral, horizontal des couches.

4.2.1 Aspects tectoniques des failles

La faille résulte d'un effort tectonique dans un matériel lithologique rigide, inapte à une déformation souple ou au plissement. La faille est donc synonyme de rupture des roches.

a) Mise en place des failles

La rupture ne peut se produire que dans une couche cohérente. Il y a rupture lorsque la roche est soumise à des efforts (contraintes) tectoniques supérieurs à sa résistance.

En fait, la faille provoque deux conditions :

- ✓ La résistance des roches,
- ✓ L'intensité de l'effort tectonique.

Par exemple les roches cristallines, les grès fortement cimentés, les calcaires compacts se brisent au moindre effort tectonique. Par contre, les marnes et les argiles sont très peu propices à la rupture.

Au niveau de l'intensité, il faut que l'effort tectonique soit très intense. Les failles sont souvent associées aux séismes. Et très souvent, les régions faillées correspondent aux zones d'instabilité tectonique. Ex : région d'Agadir vers le Gasa, une grande faille du sud marocain.

b) Les formes tectoniques ou originelles

Elles sont issues directement et intégralement des failles. Il y a un rôle secondaire de l'érosion. Le talus crée un escarpement de faille. Deux caractéristiques :

- ✓ *Commandement de talus correspondant à peu près au rejet.*
- ✓ *Regard de talus correspondant au regard de faille.*

L'escarpement de faille peut être :

- ✓ *Hérité, lorsque le talus se situe plus ou moins en retrait du plan de faille.*
- ✓ *Atténué par érosion, lorsque sa hauteur est réduite par érosion du bloc soulevé ; dans ce cas le commandement du talus est inférieur au rejet.*
- ✓ *Atténué par remblaiement lorsque sa hauteur est réduite par comblement partiel du bloc abaissé.*
- ✓ *A la fois hérité et atténué : talus en retrait, haut talus inférieur au rejet.*

c) Les formes dérivées

Sont dues essentiellement à l'érosion c'est-à-dire qu'elles ont subies une longue période d'érosion. Le talus créé traduit un escarpement de ligne de faille. L'escarpement de ligne faille (ELF) correspond à la mise en relief d'un des blocs faillés qui présentent les roches les plus résistantes par rapport à l'autre bloc comportant des roches tendres.

La mise en relief passe par deux stades, le stade du nivellement et celui du rajeunissement.

- ✓ Le nivellement : se fait soit par érosion, soit par accumulation dans le bloc abaissé, soit par les deux processus en même temps. Le réseau hydrographique est le principal agent de nivellement par érosion ; il provoque une dissection de l'escarpement d'abord en facettes trapézoïdales, puis en facettes triangulaires ensuite.
- ✓ Le rajeunissement suppose une reprise d'érosion et la possibilité d'une érosion différentielle, c'est-à-dire l'existence de part et d'autre de la faille nivelée, de roches de dureté différentes donc au départ une surface d'aplanissement.

4.2.2 Rôle morphométrique des failles

Les failles peuvent se traduire dans le relief par des abrupts ou escarpements ou talus. Dans ce cas, les failles influencent le relief de trois manières :

- 1^{er}/ elles créent directement un relief tectonique (formes tectoniques ou originelles).
- 2/ elles modifient les roches au voisinage du plan de faille occasionnant soit une zone de broyage soit des brèches tectoniques (mylonites)
- 3/ la faille peut juxtaposer des roches de dureté différentes et permettre ainsi le travail de l'érosion différentielle (rôle indirect).

4.3 Les reliefs en structures plissées

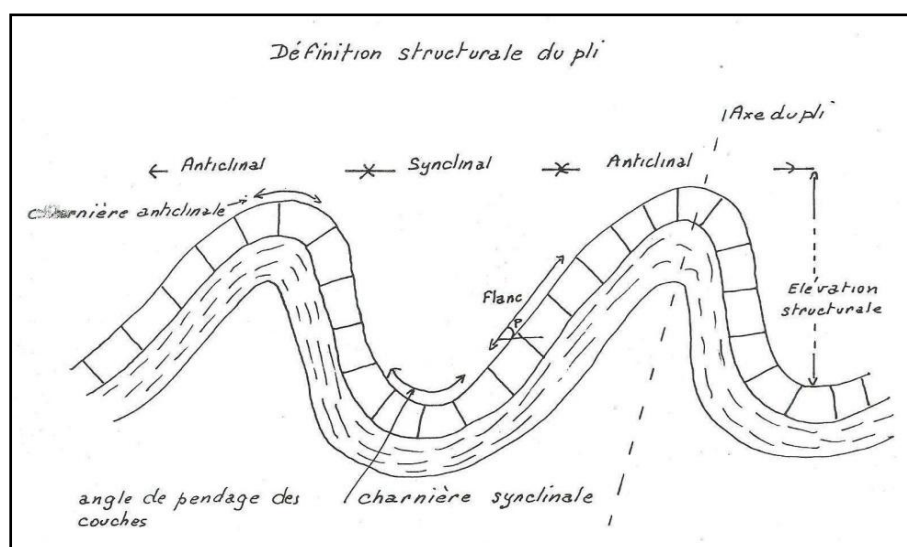


Figure 4.9 : la description d'un pli

4.3.1 Description

La structure plissée est caractérisée par des déformations, parfois fort complexes du matériel rocheux, dont l'élément fondamental est le pli (figure 4.9). Elle résulte de l'action de forces puissantes s'exerçant :

- ✓ *par des poussées latérales provoquant un raccourcissement de l'écorce terrestre et donc un mouvement d'ondulation de surface ;*
- ✓ *ou par le glissement, sur un plan incliné, d'une épaisse colonne de terrains venant buter contre un obstacle.*

Ce type de structure est caractéristique de certaines chaînes de montagne qui ont été, et sont encore parfois, le siège de fortes compressions (la chaîne alpine) y compris les socles qui ont subi, lors d'orogénèses anciennes, une compression souvent très forte.

4.3.2 Conditions de plissement

Les facteurs influant sur la nature du plissement sont de plusieurs ordres :

La plasticité des roches : les roches sont plus ou moins plastiques : par ordre de plasticité décroissante, on trouve les formations gypsifères et salifères, les argiles, les marnes, les calcaires, les sables et les conglomérats, et les grès. Les roches cristallines sont dans l'ensemble beaucoup plus rigides que les roches sédimentaires. Cependant, le comportement du matériel ne doit pas être envisagé roche par roche mais dans son ensemble.

Le rôle de l'échelle de grandeur de l'accident : deux systèmes formés de mêmes roches et placés dans des conditions semblables, mais de tailles différentes, ne se déforment pas de la même façon : plus les dimensions sont grandes, plus les accidents sont écrasés, affaissés, ce qui entraîne des déformations plus complexes.

Le rôle des poussées ou de la compression : quel que soit le moteur du plissement, celui-ci se traduit par un raccourcissement qui résulte de l'action d'une force s'exerçant à la manière d'une poussée. Une force modérée provoque un plissement régulier perpendiculaire à la direction de la poussée. Si celle-ci est forte, les plis sont plus serrés et tendent à se déverser les uns sur les autres (nappes de charriages). Si la poussée s'accroît encore, les déformations se compliquent d'étirements de couches et de ruptures avec toutes les transitions entre le simple pli-faille et le charriage sur de grandes distances.

Le rôle du substratum : dans le cas de couvertures sédimentaires peu épaisses reposant sur un socle rigide, le plissement est très fortement influencé par le voisinage du socle soit en imposant ses propres déformations, soit en créant une pente favorable à un décollement de la couverture, soit en faisant obstacle à la progression d'une couverture décollée ou au cheminement d'une nappe de charriage.

4.4 Les reliefs en structures cristallines

Les structures cristallines affleurent sur une grande partie des continents (3/4 des terres émergées) et forment la quasi-totalité des soubassements des plaines abyssales. 90 % des roches de la lithosphère sont des roches cristallines.

Leur rôle morphologique est donc considérable : elles constituent la plus grande partie des massifs anciens (ou « socles ») et sont également représentées dans les chaînes de montagne sous la forme de fragments de socle incorporés à l'édifice plissé, ou de séries métamorphiques résultant de la transformation des sédiments accumulés dans les fosses géosynclinales.

Selon leur origine et leur mode de mise en place, on classe les structures cristallines en trois catégories :

- ✓ Les structures intrusives d'origine interne, mises en place par une montée sous forme de batholites ; elles sont donc formées de masses juxtaposées.
- ✓ Les structures effusives (ou volcaniques), d'origine interne également, mais mises en place superficiellement par épanchements ou projections. Elles constituent donc des édifices surajoutés (« postiches ») à un autre type de structure et leur extension est rarement importante.
- ✓ Les structures métamorphiques (ou cristallophylliennes) primitivement sédimentaires qui ont subi une transformation avec ou sans apport de matière d'origine profonde. Elles sont caractérisées par une « zonation » qui exprime l'intensité du métamorphisme qui les affectées.

4.4.1 Les reliefs dans les structures intrusives et métamorphiques

Les reliefs dans les structures intrusives se présentent sous forme de batholite constitué de partie surélevée ou rajeunie par un rejeu tectonique, de dôme cristallins mise à jour par l'érosion différentielle ou d'un vaste socle encore enfoui, substratum de la plupart des

continents. Les formes élémentaires caractéristiques sont donc les collines rocheuses, les dômes cristallins, les inselbergs et les buttes cuirassées.

Les structures métamorphiques proviennent soit d'un métamorphisme de contact ou régional. Elles s'apparentent aussi bien aux structures intrusives qu'aux structures sédimentaires.

Le relief issu d'un métamorphisme local sont dessinés en auréoles autour des batholites et filons mais également au voisinage des coulées et émissions volcaniques. Le métamorphisme régional : autour de vastes massifs granitiques, les séries cristallophylliennes dessinent non plus de petites auréoles à l'échelle de l'hectomètre ou kilomètre, mais de vastes ceintures ou zones couvrant toute une région.

4.4.2 Les reliefs en structures volcaniques

Le relief en structure volcanique est beaucoup plus varié que dans les autres structures cristallines. On peut classer les formes volcaniques en trois catégories :

Les cônes volcaniques : les éruptions créent à l'emplacement des bouches d'émission des reliefs coniques. On peut distinguer les cônes de débris et de cendres (type vulcanien), les dômes ou cumulo-volcans (type péleén), les strato-volcans (volcans complexes résultant d'une alternance de projections et de coulées de laves).

Les champs de scories : ce sont des espaces couverts par la projection des débris issus du volcan (cendres et matériaux volcanique). D'abondantes cendres peuvent colmater des dépressions et former des reliefs plans.

Les coulées de laves : les coulées de plateau forment des plateaux au réseau hydrographique peu dense car les laves sont perméables. Les coulées de vallées sont des coulées étroites et allongées plus ou moins convexes et rugueuses dans le détail. Elles obstruent d'anciennes vallées et sont responsables d'une égalisation du relief. Le réseau hydrographique ainsi perturbé dans son tracé tend à s'écouler dans les roches les plus tendres.

Ce qu'il faut retenir, c'est que les formes liées à la structure cristalline sont fort peu variées : des escarpements de faille dont l'étude ne diffère pas de celle menée en structure sédimentaire d'une part ; des régions en creux (cuvettes) ou en saillie par suite du jeu de l'érosion sélective

(les dômes cristallins). Dans les structures effusives, les formes sont un peu plus variées : la mise en place de ces structures crée des reliefs postiches.

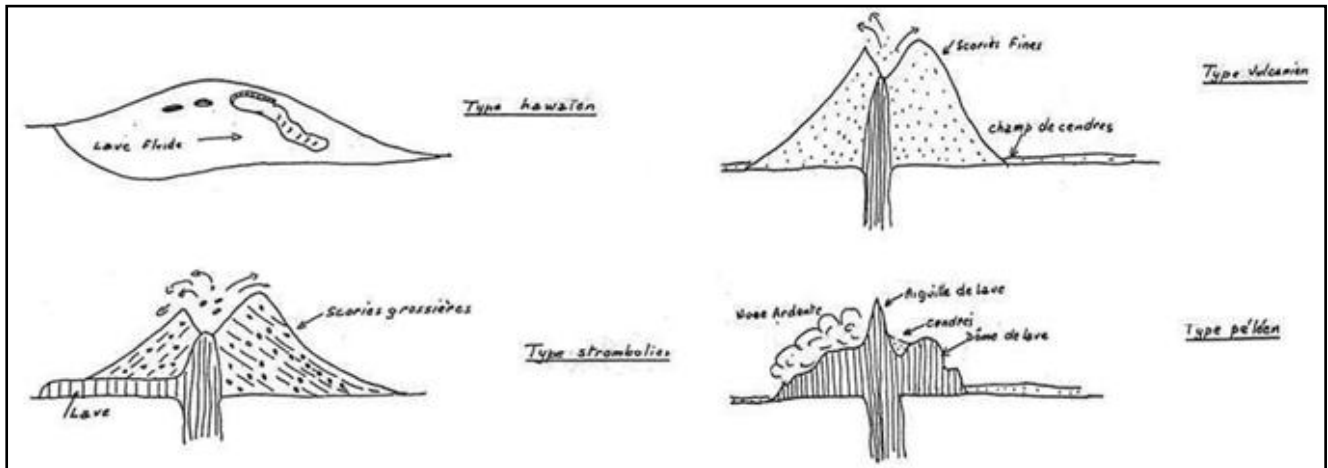


Figure 4.10 : Type d'éruption volcanique d'après Max Derruau

4.5 Les traits structuraux de l'Afrique de l'ouest

L'Afrique occidentale est caractérisée par une disposition assez confuse du socle, des pénéplaines, des reliefs résiduels et des plateaux gréseux, sans articulations majeures. On peut cependant distinguer dans le détail trois ensembles :

4.5.1 Les bombements (antéclises)

Les antéclises où le socle a été dénudé s'observent et adoptent sensiblement une position périphérique autour de la cuvette du Niger.

- ✓ La dorsale guinéenne est la plus importante ; elle s'étend de la Guinée au Niger en passant par le Nord-Ouest et l'Ouest de la Côte d'Ivoire ; c'est une antéclise à grand rayon de courbure qui culmine à 2100 m (Monts Loma).
- ✓ Au Ghana, le socle plonge sous un vaste lambeau sédimentaire gréseux d'âge paléozoïque, celui du synclinal de la Volta (rivière Volta) ; Au Togo et au Bénin plus à l'Est, un autre affleurement de socle est recouvert en discordance au Nord par des formations du Continental Primaire et au Sud par des formations tertiaires ; au Mali occidental, un affleurement de socle sépare le Fouta Djallon, le bassin sédimentaire du

Sénégal et les régions de couverture primaire du plateau mandingue ; en Mauritanie, on retrouve un large affleurement de socle qui se continue jusqu'au Ghana occidental. Cet affleurement est séparé de celui du Mali occidental par une zone de dépôts récents où le socle disparaît sous des épandages caillouteux (regs) tertiaires et des nappes de sables éoliens quaternaires. Enfin, à l'Est du Niger, le socle apparaît dans les massifs de l'Air et de l'Adrar des Iforas.

4.5.2 La couverture sédimentaire primaire

Elle forme des séries disparates sans dessin net de bassin sédimentaire. A l'Ouest et au Nord, de la Guinée à la Mauritanie en passant par le Mali, s'étendent les portions de couverture primaire les plus vastes et les plus continues de l'Afrique occidentale. Cette couverture se termine surtout par des « pseudo-cuestas » qui dominent le socle de plus de 300 m (par exemple dans la région de Banfora au Burkina, la « falaise » de Bandiagara au Mali). Ces « pseudo-cuestas » sont donc constituées de grès primaires fortement consolidés sur le socle granito-gneissique ou schisteux.

4.5.3 Les formations de couverture récente

Elles sont de 2 types, chacun ayant son relief propre :

- ✓ Les couvertures secondaires et tertiaires du Continental Intercalaire et du Continental Terminal, à prédominance de grès, forment de vastes plateaux à surface plus ou moins cuirassée ; on les remarque à l'Ouest dans le bassin sédimentaire du Sénégal, au Nord et à l'Est du fleuve Niger.
- ✓ Les épandages récents quaternaires que l'on rencontre dans le delta intérieur du Niger, sur les côtes sénégalaises, guinéennes, ivoiriennes et togolaises.

Au total, une très grande partie des traits de structure de l'Afrique occidentale résulte de deux facteurs paléo-géographiques qui sont :

- ✓ La faible ampleur des déformations tectoniques qui se traduit par une mauvaise différenciation des antéclises et des synéclises ;
- ✓ La très grande durée de l'évolution qui a permis une énorme ablation des couches sédimentaires primaires.

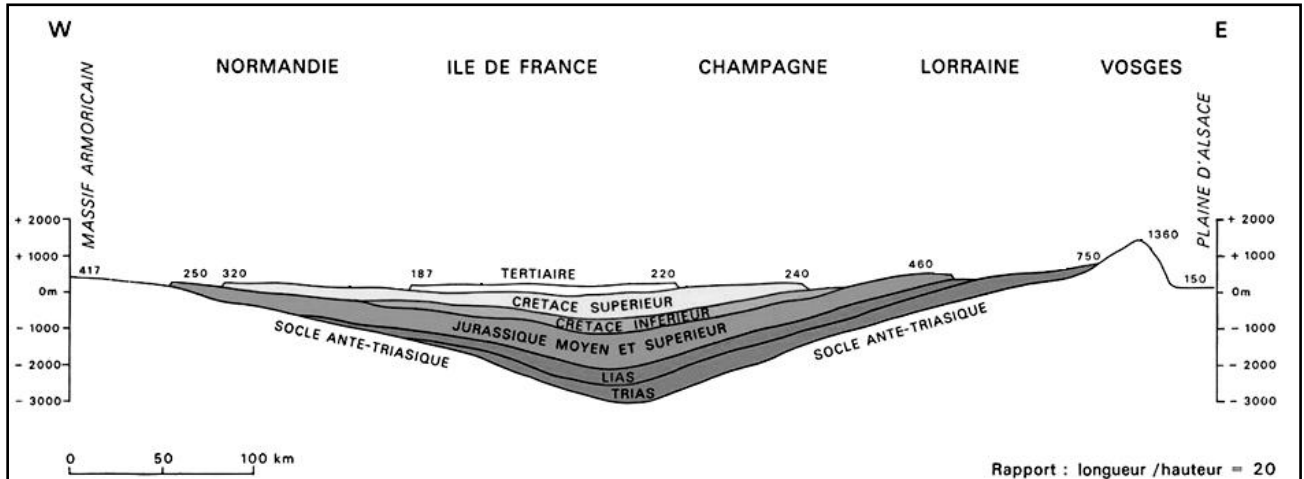
En outre, dans certaines régions de l'Afrique de l'Ouest, ces traits structuraux se distinguent mal dans le paysage si bien que des modelés de dissection s'articulent autour des rares reliefs franchement structuraux. L'exemple de la Côte d'Ivoire.

Exercices

Exercice 1

Questions

- 1) Quel type de relief structural présente le graphique ci-dessous? Décrivez sa structure.
Comment ce relief s'est-il constitué ?



- 2) A partir de la carte géologique de LIART, répondez aux questions suivantes :

a) Quelles sont les différentes couches géologiques de la région de LIART ? **b)** quel est l'ordre de succession des couches et leur âge ? **c)** y-a-t-il combien de séries ? Comment ces séries sont elles disposées ? **d)** Quel est le degré de dureté des couches les unes par rapport aux autres ? **e)** Y-a-t-il une déformation des couches ? Quelle est son ampleur **f)** Déduisez-en une analyse structurale succincte.

Exercice 2

Questions

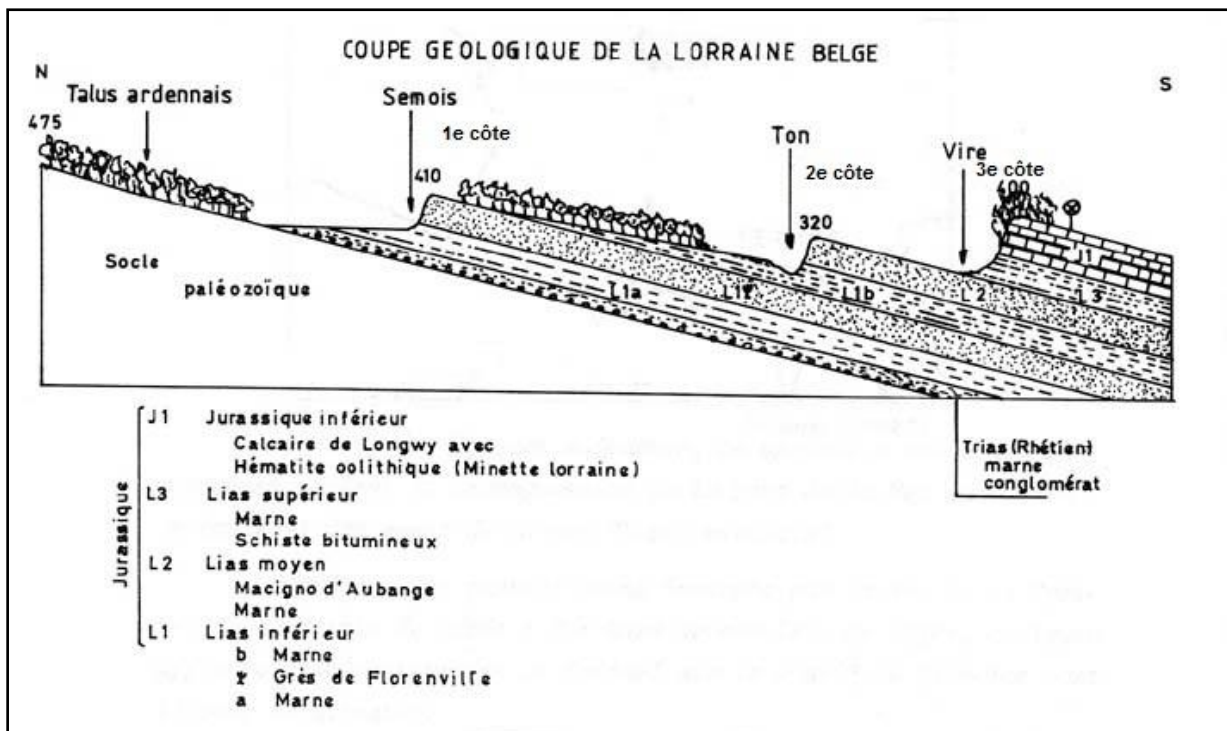
- 1) Dans la relation entre structure géologique et tracés du réseau hydrographique, que signifient adaptation lithologique et adaptation tectonique ?
- 2) Quelle est le rôle de l'échelle des temps géologiques en géomorphologie ?
- 3) Qu'est ce qu'une série sédimentaire ?
- 4) Citez trois origines possibles des séries sédimentaires.
- 5) En stratigraphie, quelle différence faites-vous entre lacune d'érosion et lacune de sédimentation ?
- 6) Donnez les caractéristiques principales des structures tabulaires dans les bassins sédimentaires.
- 7) Comment construit-on l'échelle stratigraphique et l'échelle de résistance à partir d'une carte géologique?
- 8) Citez les trois périodes de l'ère secondaire.
- 9) Classez ces couches de la plus ancienne à la plus récente dans l'ordre stratigraphique : c^1 , c^3 , c^2 , j^{2a} , j^{2c} , j^{2b} , l^3 , l^5 , l^4 , a, b.
- 10) En lithologie, que désigne le faciès d'une roche ?

Exercice 3

Répondre aux questions

- 1) La géomorphologie structurale utilise essentiellement les données de la structure géologique pour expliquer les formes du relief terrestre. Qu'est ce que la structure géologique ?
- 2) Quelles sont les données de la structure géologique et leur signification ?
- 3) Qu'est ce qu'un relief structural ?
- 4) A partir d'une carte géologique, citez les éléments recherchés pour faire une analyse structurale. Situez leur importance dans cette analyse.

Exercice 4



Questions :

- 1) Y a-t-il combien de couches et de séries sédimentaires sur cette coupe géologique?
- 2) Quelle est la géométrie de la structure et la disposition des couches ?
- 3) Quel est le pendage des couches ?
- 4) Faites une échelle stratigraphique et une échelle de résistance ?
- 5) En déduire une analyse structurale succincte. (10 lignes maximum).