

Semestre : 5/ Unité d'enseignement Fondamentale 1 (UEF 3.1.1) : Mésologie (Caractérisation du milieu)

Matière 3 : Géomorphologie (1heure 30mn de cours) ; Crédits : 2 ; Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement : Après un rappel des notions de tectonique et de lithologie, sont étudiés les systèmes morphologiques de l'Algérie ainsi que les processus qui en sont à l'origine.

Connaissances préalables recommandées : *Il faut en général avoir suivi les modules d'écologie générale ainsi que celui de MTT, de 2^{ème} année. Une culture générale sur l'environnement est également la bienvenue*

Contenu de la matière :

1. Généralités

- Introduction
- Relations géomorphologie écologie
- Talwegs et interfluves
- Erosion, Lithologie, structure

2. La structure

- Influence de la lithologie
- Structure générale du globe
- Classification des roches

3. Déformations tectoniques

- L'équilibre isostatique
- Dérivé des continents et tectonique des plaques
- Formation des reliefs
- Les accidents tectoniques
- Données tectoniques: synclinal, anticlinal
- Reliefs des structures simples: cuestas
- Evolution des formes jurassiennes
- Reliefs des structures complexes

4. Facteurs externes de la morphologie

- Modalités de l'érosion
- Processus de l'érosion
- Erosion aréolaire
- Profils des versants
- Erosion linéaire: les terrasses
- Erosion périglaciaire
- Modèle Karstique
- Erosion éolienne: formations éoliennes
- Cuvettes hydroéoliennes: Daia
- Action anthropique et morphogenèse

5. Géomorphologie climatique azonale

- variations climatiques: le Quaternaire
- Système morphologique de l'Algérie
- * Domaine humide
- * Domaine aride
- * Domaine désertique ou Saharien
- * Formes communes aux zones arides
- Evolution des formes dans les trois domaines

6. Prépondérances écologiques du facteur géomorphologie

Mode d'évaluation : Contrôle continu et Examen semestriel

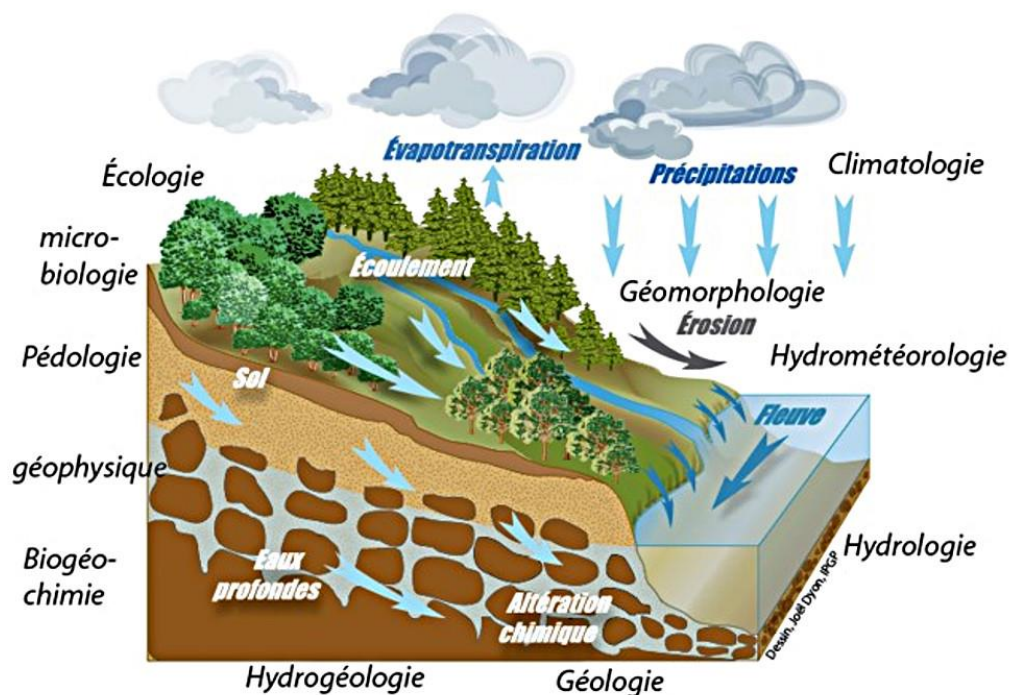
Géomorphologie

1. Généralités

1.1. Introduction

La mésologie, ou science de l'étude des milieux, s'intéresse aux relations dynamiques entre les éléments naturels et les activités humaines. Elle vise à caractériser le milieu dans lequel s'inscrivent les phénomènes physiques, biologiques et socio-économiques, en mettant en évidence les interactions qui façonnent l'espace géographique.

Dans ce cadre, la géomorphologie occupe une place essentielle puisqu'elle permet de comprendre la *genèse, l'évolution et l'organisation* des formes de relief qui constituent le support des écosystèmes et des sociétés. En effet, la géomorphologie analyse les structures et les processus qui modèlent la surface terrestre : action de l'érosion, du climat, de la tectonique, de l'hydrographie, ainsi que des dynamiques littorales ou éoliennes. Elle fournit ainsi des éléments fondamentaux pour la caractérisation du milieu, en mettant en lumière non seulement les potentialités (sols fertiles, nappes aquifères, ressources minérales) mais aussi les contraintes (risques naturels, instabilité des versants, inondations, érosion côtière).



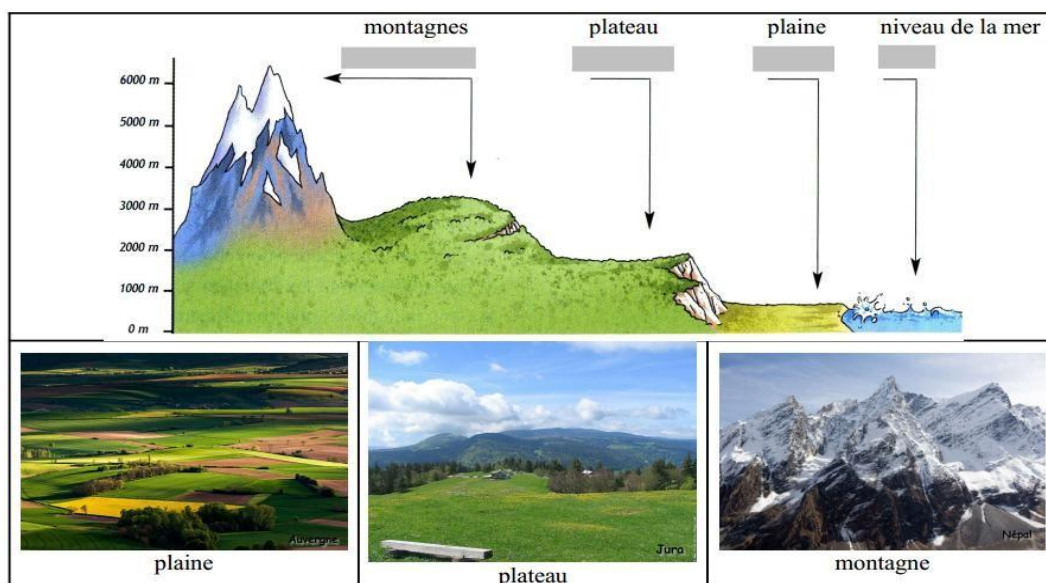
L'approche mésologique en géomorphologie ne se limite pas à une description des formes, mais s'attache à expliquer leurs interrelations avec les conditions écologiques et humaines. Le relief devient alors un facteur déterminant de l'occupation de l'espace, des modes de mise en valeur agricole, de la distribution des ressources en eau, ainsi que des dynamiques urbaines et infrastructurelles.

Définition de la géomorphologie : étude des formes du relief terrestre, leur origine, leur évolution et leur organisation dans l'espace. La géomorphologie parmi les sciences de la Terre et lien avec la géologie, la climatologie, la pédologie et l'écologie. Elle est basée sur l'observation de terrain, l'analyse cartographique, l'imagerie satellitaire, et la modélisation numérique.

1.2. Relations géomorphologie écologie

Les relations entre géomorphologie et écologie sont particulièrement étroites. Le relief et les formes du terrain influencent directement les conditions écologiques (**répartition des espèces, diversité des habitats, disponibilité en ressources**), tandis que les dynamiques écologiques modifient en retour le modelé du relief à travers des processus tels que la stabilisation des sols, l'altération des roches ou encore la pédogenèse. Cette interaction peut être illustrée à travers plusieurs dimensions :

- **Relief et topographie** : Le relief et la topographie jouent un rôle déterminant dans la répartition de la végétation et le fonctionnement des écosystèmes. La configuration des versants, l'altitude, l'exposition et la pente influencent directement la disponibilité en eau, l'ensoleillement et la nature des sols. Les plaines, par leur topographie douce et leurs conditions hydriques plus favorables, favorisent le développement d'écosystèmes riches et diversifiés. À l'inverse, les versants abrupts et les zones de haute altitude présentent des contraintes physiques et climatiques qui limitent la couverture végétale, ne permettant la survie que d'espèces adaptées à ces conditions extrêmes.



- **Les montagnes** : Les montagnes sont des reliefs élevés qui se distinguent par de fortes pentes, une grande amplitude altitudinale et des conditions climatiques contrastées. Elles influencent la répartition de la végétation en raison de la variation de température, d'humidité et d'exposition selon l'altitude et l'orientation des versants.

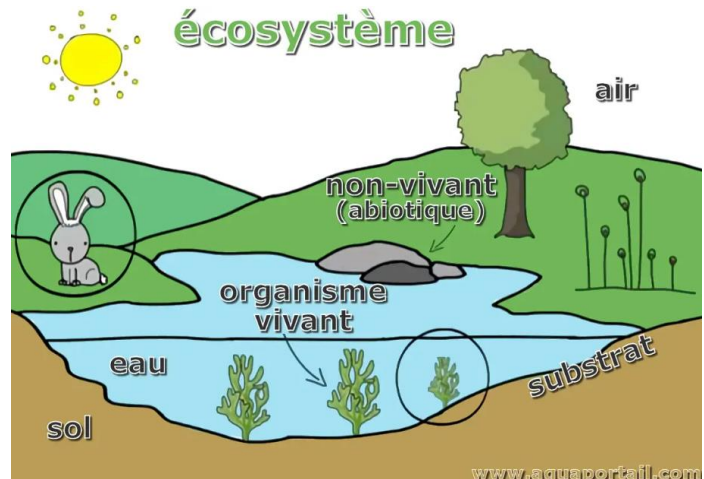
- **Les plateaux** : Les plateaux sont des surfaces planes ou faiblement ondulées situées à une altitude moyenne ou élevée, souvent délimitées par des pentes abruptes. Ils présentent des conditions

intermédiaires entre les plaines et les montagnes et peuvent abriter des formations végétales spécifiques, adaptées à la sécheresse ou aux sols peu profonds.

- **Les plaines** : Les plaines sont de vastes étendues de terrain relativement plates ou légèrement ondulées, situées à basse altitude. Elles se caractérisent par une faible variation de relief et une bonne accessibilité. Ces zones favorisent souvent les activités agricoles et le développement d'écosystèmes riches grâce à des sols profonds et fertiles.

- **Sols et substrats** : La nature lithologique et pédologique influence directement la composition et la productivité des écosystèmes. Les substrats calcaires, siliceux ou argileux offrent des conditions physico-chimiques contrastées qui déterminent la diversité floristique et faunistique.

Par ailleurs, l'épaisseur et la fertilité des sols conditionnent l'implantation des communautés végétales, lesquelles contribuent en retour à la stabilisation et à la régénération des sols.



- **Hydrographie et hydrogéomorphologie** : Les réseaux hydrographiques et les dynamiques fluviales façonnent des milieux écologiques spécifiques (plaines alluviales, deltas, zones humides). Les crues, l'apport sédimentaire et la dynamique des nappes phréatiques assurent le renouvellement des sols et la diversité des habitats aquatiques et riverains. En retour, la végétation rivulaire stabilise les berges, filtre les apports et régule les flux hydro-sédimentaires.

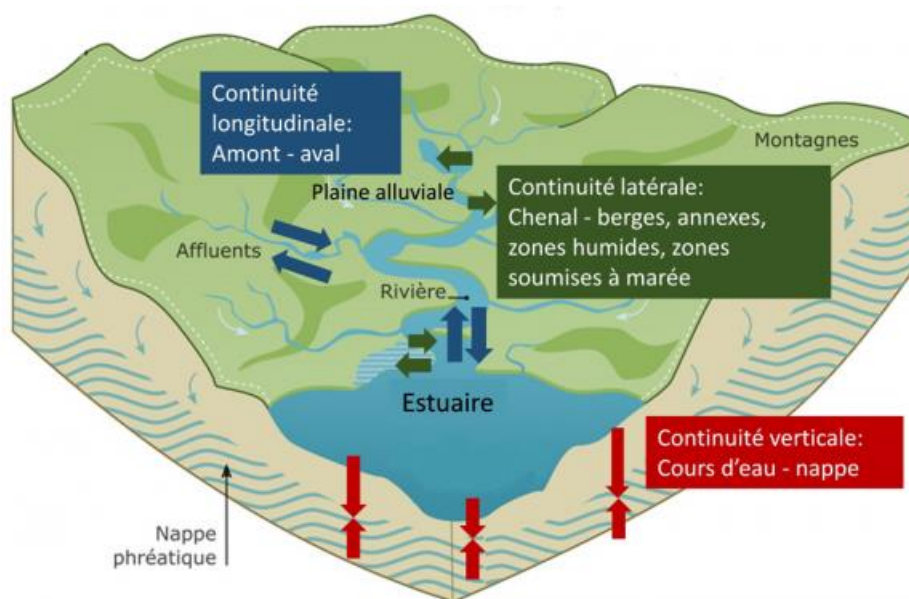
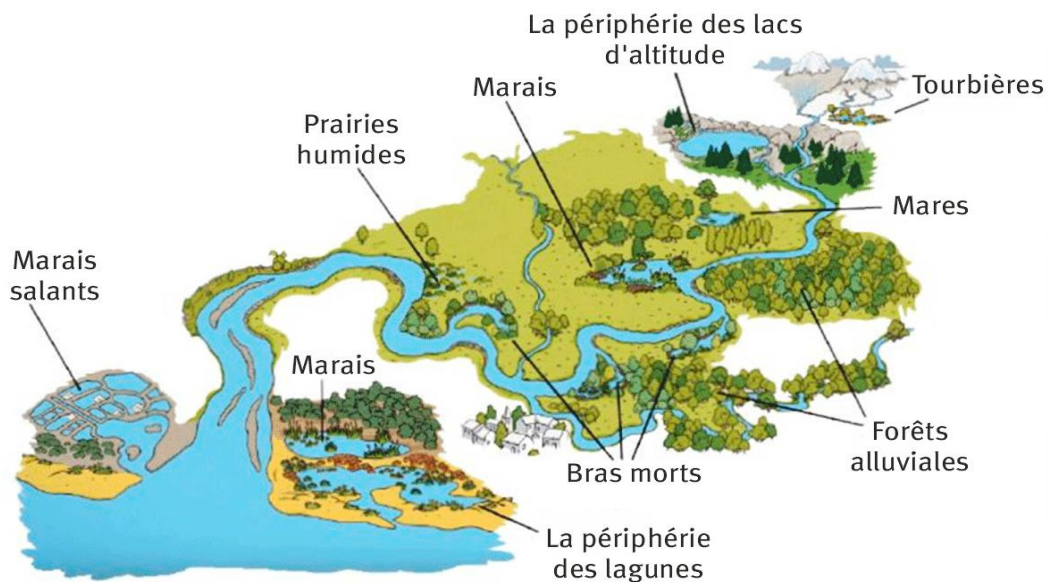


Fig. Les dimensions spatiales de la continuité au sein d'un hydro système (Amoros et Petts, 1993)



Les milieux humides et leurs principales formes : Les zones humides regroupent l'ensemble des écosystèmes où l'eau, douce, saumâtre ou salée, influence de manière déterminante les sols, la végétation et la faune. Elles comprennent notamment les **marais**, les **tourbières**, les **lacs**, les **lagunes** et les **deltas**. Ces milieux assurent des fonctions écologiques majeures telles que la régulation hydrologique, la séquestration du carbone et la protection de la biodiversité. En Algérie comme ailleurs, leur répartition et leur fonctionnement dépendent étroitement des conditions géomorphologiques, climatiques et hydrologiques locales.

✓ **Les lacs :** Les lacs sont des étendues d'eau continentales, naturelles ou artificielles, occupant des dépressions topographiques. Ils peuvent être d'origine tectonique, glaciaire, volcanique ou fluviale. Ces milieux assurent des fonctions écologiques essentielles, notamment la régulation du régime hydrologique, le stockage d'eau douce et le maintien d'une riche biodiversité aquatique.

✓ **Les marais :** Les marais correspondent à des zones basses, temporairement ou en permanence inondées, dominées par une végétation hydrophile herbacée. Ils jouent un rôle fondamental dans la régulation hydrique, la filtration naturelle des eaux et la conservation de la faune et de la flore associées aux milieux humides.

✓ **Les tourbières :** Les tourbières sont des milieux humides caractérisés par une saturation prolongée en eau, entraînant une accumulation de matière organique partiellement décomposée appelée *tourbe*. Elles jouent un rôle écologique important dans le stockage du carbone, la régulation hydrologique et la préservation d'espèces végétales spécialisées.

✓ **Les lagunes :** Les lagunes sont des plans d'eau peu profonds, situés en bordure côtière et séparés de la mer par un cordon littoral tout en maintenant une communication partielle avec celle-ci. Elles constituent des écosystèmes de transition à forte productivité biologique, essentiels pour la reproduction et l'alimentation de nombreuses espèces aquatiques et aviaires.

✓ **Les deltas** : Les deltas se forment à l'embouchure des fleuves, là où la vitesse d'écoulement diminue, provoquant le dépôt de sédiments. Ils constituent des systèmes complexes, composés de bras fluviaux, de chenaux et de zones humides, caractérisés par une grande productivité biologique et une importante diversité d'habitats.

- **Risques naturels** : Les processus géomorphologiques extrêmes (érosion, glissements de terrain, inondations, érosion côtière) exercent une influence ambivalente sur les écosystèmes. Ils provoquent la dégradation et la perte d'habitats, mais contribuent aussi au renouvellement écologique, à la diversification des niches et à la résilience des milieux. Ces risques traduisent donc l'interaction dialectique entre la dynamique du relief et le fonctionnement écologique.



Influence de l'écologie sur la géomorphologie

Si la géomorphologie conditionne fortement la répartition et le fonctionnement des écosystèmes, l'écologie exerce en retour une influence déterminante sur l'évolution et la dynamique du relief. Cette interaction s'exprime à travers différents mécanismes :

- **Rôle de la végétation** : La couverture végétale joue un rôle majeur dans la stabilisation des sols et des versants. Les systèmes racinaires fixent les particules et limitent les processus érosifs, qu'ils soient hydriques ou éoliens. Par ailleurs, la canopée réduit l'impact direct des précipitations sur le sol, tandis que les litières végétales régulent l'infiltration et diminuent le ruissellement. Un exemple caractéristique est fourni par les forêts de montagne, qui atténuent considérablement l'érosion torrentielle et favorisent la régulation des régimes hydrologiques.

- **Activité biologique** : Les organismes vivants participent activement à la modification du modelé du terrain. La microfaune du sol (vers de terre, insectes fouisseurs, micro-organismes) contribue à la pédogenèse en aérant, fragmentant et enrichissant les horizons pédologiques. De même, les racines accélèrent l'altération des roches en produisant des acides organiques. Dans les zones humides, l'accumulation de matière organique conduit à la formation de tourbières, véritables formes géomorphologiques écologiques.

- **Pression anthropique (écologie humaine) :** Les activités humaines constituent une dimension particulière de l'écologie qui influence profondément les dynamiques géomorphologiques. La déforestation, l'agriculture intensive, le surpâturage ou encore l'urbanisation perturbent les équilibres naturels, accentuent l'érosion hydrique et éolienne, et modifient la morphologie des versants et des plaines. Ces pressions anthropiques, en accélérant les processus de dégradation, créent souvent des formes de relief héritées directement de l'action humaine (terrasses agricoles, ravinement intensifié, carrières, sols compactés).

Interaction et co-évolution ;

La géomorphologie et l'écologie évoluent conjointement dans le temps.

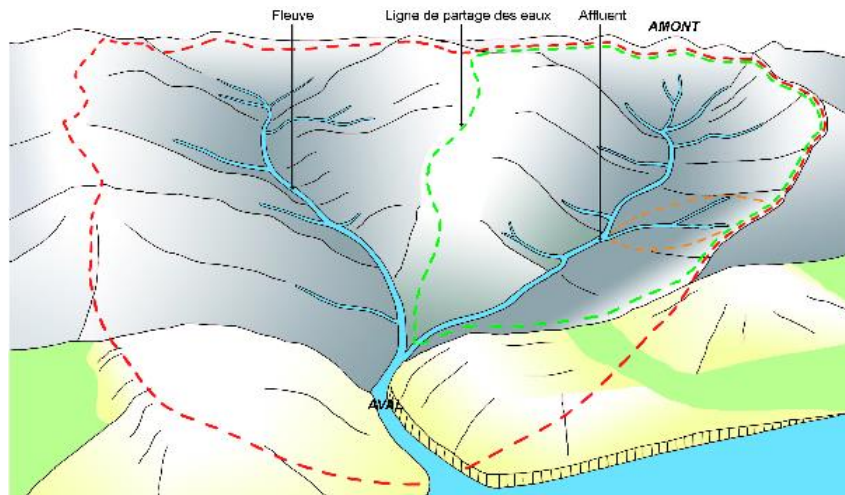
- Un **relief jeune** et instable génère des écosystèmes pionniers adaptés à des conditions changeantes.
- Un **relief stabilisé** favorise des écosystèmes plus diversifiés et durables.
- Les changements climatiques actuels accentuent ces relations en modifiant à la fois les processus géomorphologiques (fonte des glaciers, érosion littorale) et les équilibres écologiques.

Tableau – Relations entre géomorphologie et écologie

Aspect	Influence de la géomorphologie sur l'écologie	Influence de l'écologie sur la géomorphologie
Relief et topographie	<i>L'altitude, l'exposition et la pente conditionnent le climat local (température, humidité, ensoleillement) et la répartition de la végétation.</i>	<i>La couverture végétale protège les versants, limite l'érosion et stabilise les pentes.</i>
Sols	<i>La nature des substrats et la dynamique d'érosion influencent la fertilité, l'épaisseur et la distribution des sols, déterminant les communautés végétales.</i>	<i>Les racines, organismes du sol et matière organique contribuent à la pédogenèse et à l'évolution des profils de sols.</i>
Hydrologie	<i>Les formes fluviales, plaines alluviales et nappes conditionnent la disponibilité en eau et la biodiversité des zones humides.</i>	<i>La végétation régule le ruissellement, favorise l'infiltration et participe à la recharge des nappes.</i>
Risques naturels	<i>Les mouvements de terrain, crues, érosion littorale et désertification imposent des contraintes aux écosystèmes.</i>	<i>La déforestation, l'agriculture et l'urbanisation accentuent l'érosion, l'instabilité et les aléas géomorphologiques.</i>
Dynamique évolutive	<i>Le relief crée un cadre physique qui oriente l'évolution des écosystèmes (ex. versants jeunes → écosystèmes pionniers).</i>	<i>Les écosystèmes, en se développant, modifient progressivement le modelé (tourbières, dunes fixées, sols forestiers).</i>

1.3. Talwegs et interfluves

Le talweg désigne la ligne la plus basse d'une vallée, généralement occupée par un cours d'eau ou par un écoulement temporaire. C'est une zone de concentration du ruissellement et des sédiments, ce qui en fait un élément central de la dynamique hydro-géomorphologique.



Le **talweg** est donc un espace d'érosion active mais aussi de dépôt, selon l'énergie du flux. En opposition, l'**interfluve** correspond à la partie haute du relief située entre deux talwegs voisins. Il représente une ligne de partage des eaux et constitue un espace souvent plus stable. Toutefois, en l'absence de couverture végétale, les interfluviaux peuvent être exposés à l'érosion superficielle (ravinement, ruissellement diffus).

1.4. Erosion, Lithologie, structure

- **Erosion** : L'érosion est l'ensemble des processus d'altération, de transport et de dépôt qui modèlent les talwegs et les interfluviaux. Elle dépend de plusieurs facteurs : l'intensité du ruissellement, la pente, la couverture végétale, mais aussi la nature et la disposition des roches. L'érosion fluviale, par exemple, creuse progressivement les vallées et accentue la profondeur des talwegs, tandis que l'érosion pluviale et éolienne peut remodeler les interfluviaux.

- **Lithologie** : c'est la nature des roches, joue un rôle essentiel dans la résistance des reliefs. Les roches tendres se dégradent facilement sous l'action de l'eau, ce qui entraîne des formes adoucies et arrondies. En revanche, les roches dures (calcaires, grès, basaltes) s'opposent à l'érosion et donnent naissance à des reliefs abrupts, falaises ou crêtes marquant souvent les interfluviaux.

- **La structure géologique**, c'est l'agencement des couches (plis, failles, chevauchements), conditionne directement la morphologie. Les talwegs se développent fréquemment le long des zones de faiblesse, telles que les fractures ou les failles, tandis que les interfluviaux se maintiennent sur les parties les plus résistantes. Il en résulte des reliefs structuraux caractéristiques : cuestas, anticlinaux, synclinaux, etc. La distinction entre talwegs et interfluviaux, ainsi que leur modelé par l'érosion, dépend étroitement de la lithologie et de la structure géologique.

Sur le plan géomorphologique, cette interaction explique la diversité et la complexité des formes de relief, mais elle exerce aussi une influence écologique majeure. Les contrastes topographiques déterminent en effet la distribution des sols, la disponibilité en eau, l'ensoleillement et les microclimats, autant de facteurs qui conditionnent la répartition des communautés végétales et

animales. Ainsi, la structure géologique et les dynamiques géomorphologiques constituent un cadre fondamental pour l'organisation et le fonctionnement des écosystèmes terrestres.

2. La structure

L'étude de la structure géologique constitue une étape fondamentale en géomorphologie, car elle conditionne la genèse, l'organisation et l'évolution des reliefs terrestres. En effet, la morphologie de la surface de la Terre ne peut être comprise sans prendre en compte la nature des matériaux qui la composent, leur disposition, ainsi que les forces internes qui les animent.

Trois aspects principaux méritent d'être distingués. Tout d'abord, l'influence de la lithologie, qui détermine la résistance différentielle des roches face aux agents d'érosion et explique la diversité des formes observées. Ensuite, la structure générale du globe, dont l'organisation en enveloppes concentriques (croûte, manteau, noyau) et la dynamique interne (tectonique, volcanisme) jouent un rôle majeur dans la morphogenèse à grande échelle.

Enfin, la classification des roches permet d'identifier les grands ensembles pétrographiques (magmatiques, sédimentaires, métamorphiques), chacun possédant des propriétés spécifiques qui influencent le modelé du relief. Ainsi, l'analyse structurale constitue une clé de lecture indispensable pour comprendre l'articulation entre les facteurs internes et externes de la dynamique terrestre, et par conséquent, l'évolution des paysages.

2.2. Influence de la lithologie

La nature minéralogique et pétrographique des roches, joue un rôle déterminant dans le modelé du relief.

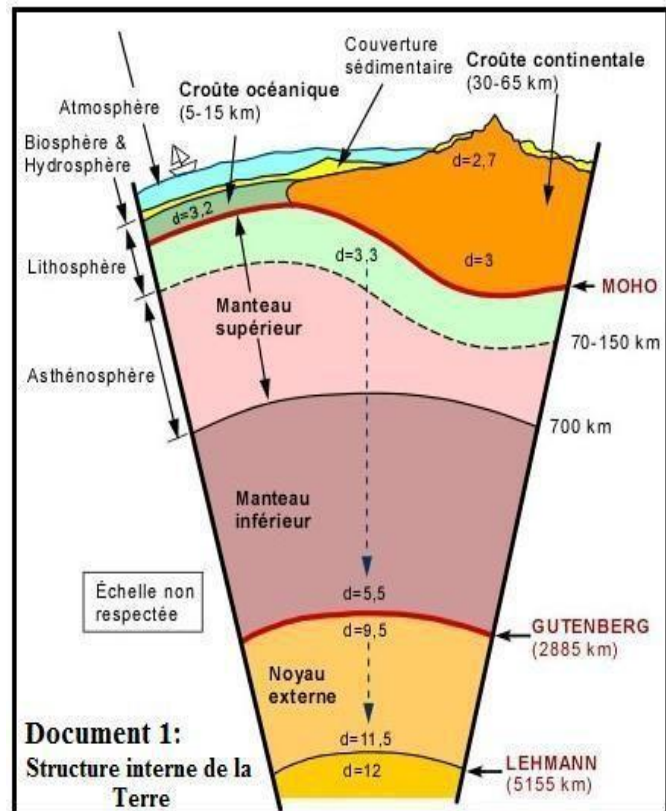
- Les **roches tendres** (argiles, marnes, schistes) sont plus sensibles à l'érosion et donnent naissance à des reliefs adoucis, à des vallées larges ou à des zones de plaines.
- Les **roches dures** (calcaires, granites, basaltes) résistent davantage aux agents externes et se traduisent par des reliefs escarpés, des plateaux ou des crêtes.
- L'alternance de couches tendres et dures est à l'origine de reliefs structuraux typiques comme les *cuestas* ou les plateaux tabulaires.

*La lithologie du substrat rocheux influence la végétation de deux principales manières : soit par un contact direct avec les plantes, comme c'est le cas dans les éboulis, soit indirectement à travers ses effets sur les propriétés du sol. Certaines roches, telles que le basalte ou le gneiss, n'exercent qu'une influence limitée sur la végétation, dont la distribution reste alors **zonale**, c'est-à-dire principalement déterminée par le climat. À l'inverse, d'autres roches, comme le calcaire ou la serpentinite, ont un impact beaucoup plus marqué en raison de leurs caractéristiques physiques et/ou chimiques. Elles induisent ainsi une distribution **azonale** de la végétation, régie davantage par les conditions géologiques et géomorphologiques que par le climat.*

2.2. Structure générale du globe

La structure de la terre est organisée en plusieurs enveloppes concentriques, qui exercent un contrôle indirect mais fondamental sur la dynamique géomorphologique :

- **Croûte terrestre** : fine couche externe, continentale (épaisseur 30–70 km, granitique) et océanique (épaisseur 5–10 km, basaltique).
- **Manteau** : couche intermédiaire (jusqu'à 2 900 km de profondeur), constituée de péridotites, siège de mouvements de convection qui entraînent la tectonique des plaques.
- **Noyau externe** : liquide, riche en fer et nickel, responsable du champ magnétique terrestre.
- **Noyau interne** : solide, composé essentiellement de fer.

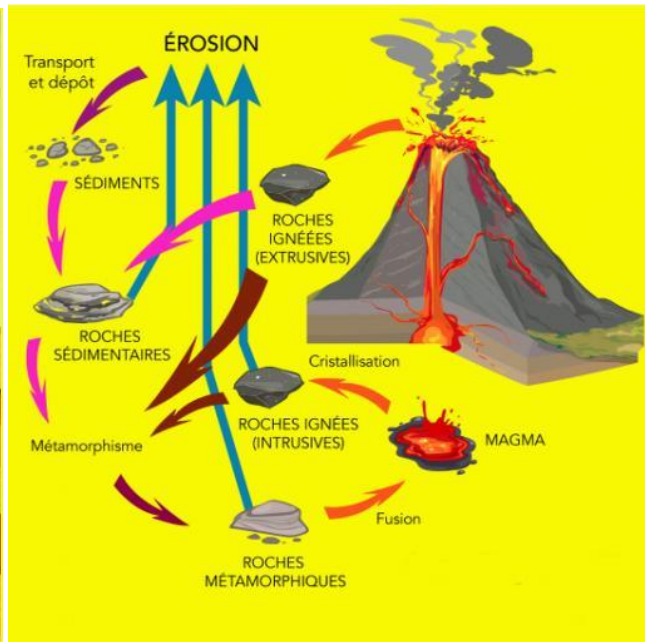
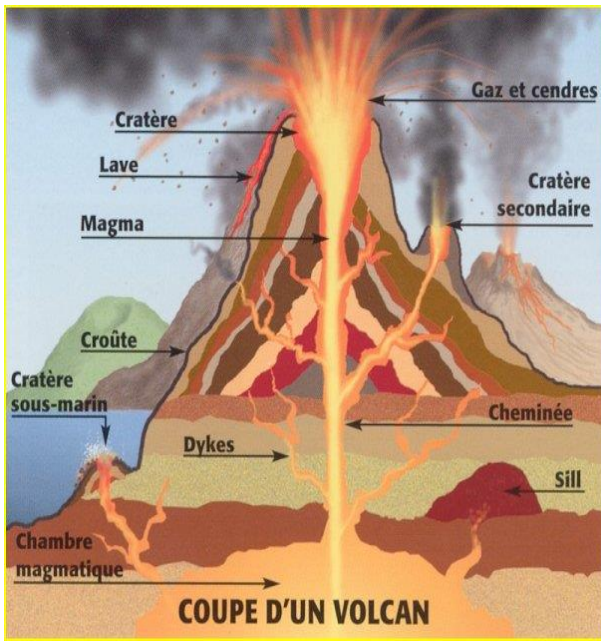


Cette organisation interne se manifeste en surface par la dynamique des plaques lithosphériques, orogénèse (formation des montagnes), volcanisme, séismes et ouverture des océans, qui conditionne fortement la morphogénèse à l'échelle planétaire. Ces processus structuraux, en modifiant le relief, les sols et les conditions climatiques locales, influencent directement la répartition des écosystèmes et la dynamique des communautés végétales et animales. Ainsi, les facteurs géologiques et géomorphologiques constituent des déterminants majeurs de l'écologie, en agissant sur la disponibilité des habitats, la diversité des niches écologiques et, par conséquent, sur la biodiversité.

2.3. Classification des roches

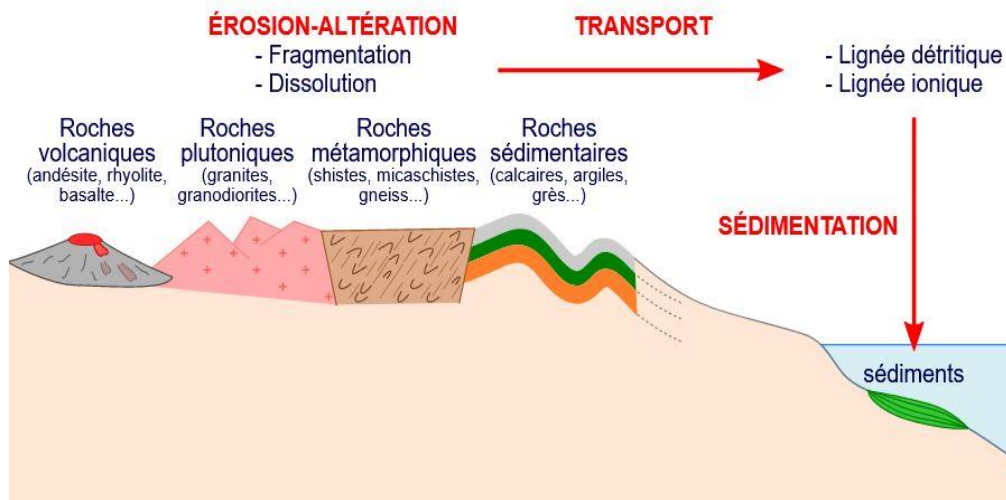
Les roches qui constituent la croûte terrestre sont classées en 3 grandes familles, selon leur origine :

- a- Roches magmatiques (ou ignées)** : issues de la solidification du magma. Elles peuvent se former aussi bien en surface qu'en profondeur, à la suite d'un refroidissement rapide ou lent.
 - Roches **intrusives** (granite, gabbro) : cristallisation lente en profondeur concerne notamment les roches plutoniques granitiques (grenues) qui se forment lentement en profondeur à partir du magma.
 - Roches **extrusives** (basalte, andésite) : Il concerne surtout les roches volcaniques basaltiques (vitreuses et microlitiques) qui proviennent des laves fluides pauvres en silice qui se sont refroidies rapidement à la surface de la terre.



b- Roches sédimentaires : formées par accumulation de sédiments et diagenèse. Elles sont le résultat de la transformation des dépôts de sédiments au fond des mers, dans les zones en creux des continents. Les roches sédimentaires peuvent avoir 3 origines :

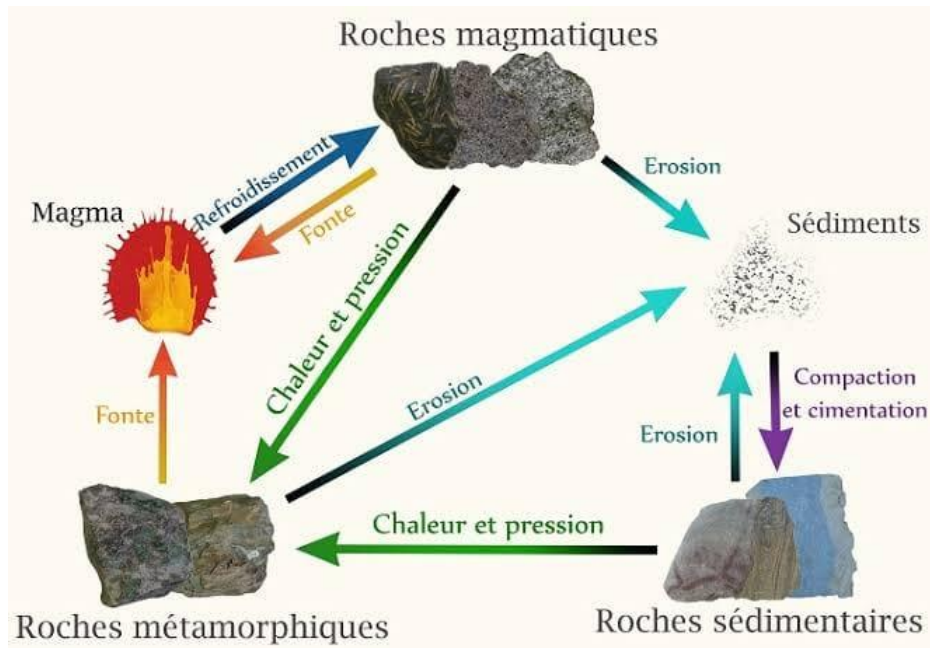
- **Origine détritique** : elles dérivent de la destruction des constituants originels de l'écorce terrestre : cela donne des sables (roches meubles), des grès (roche cohésive) et conglomérats.



- **Origine organique** : elles naissent de l'accumulation d'organismes morts (houille) ou de l'édification de structures par des organismes vivants (coraux, calcaires d'algues).

- **Origine chimique** : elles proviennent alors de la précipitation de substances en solution (calcaires, évaporites).

c- Roches métamorphiques : issues de la transformation à l'état solide de roches préexistantes (roches endogènes et sédimentaires) sous l'action de processus déclenchés par la chaleur interne du globe, les pressions internes, les venues magmatiques. Exemples : gneiss, schistes, marbres.



Cette classification permet de comprendre le comportement différentiel des reliefs : les roches magmatiques et métamorphiques étant généralement plus résistantes, elles forment souvent des massifs, tandis que les roches sédimentaires tendres se traduisent par des formes adoucies.

Tableau.

Type de roche	Origine	Exemples	Caractéristiques géomorphologiques
Magmatiques (ignées)	Solidification du magma	Granite (intrusif), Basalte (extrusif)	Résistantes, reliefs massifs et abrupts (massifs cristallins, coulées volcaniques).
Sédimentaires	Accumulation de sédiments (détritiques, chimiques, organiques)	Grès, Calcaires, Argiles, Charbon	Roches souvent tendres, reliefs adoucis, plaines, cuestras, plateaux tabulaires.
Métamorphiques	Transformation de roches préexistantes par pression et température	Schistes, Gneiss, Marbre	Très résistantes, reliefs structurés, massifs anciens plissés ou métamorphisés.

3. Déformations tectoniques

Après avoir étudié la structure de la Terre et la nature lithologique des roches, il convient désormais d'aborder les forces dynamiques qui affectent ces matériaux. Si la lithologie conditionne la résistance des reliefs, ce sont les déformations tectoniques qui assurent leur mise en place et expliquent l'architecture des paysages.

Les déformations tectoniques résultent de l'action des forces internes sur la croûte terrestre. Elles se manifestent par des mouvements de grande ampleur, tels que la dérive des continents, ou par des accidents plus localisés, comme les plis et les failles. Ces processus jouent un rôle fondamental dans la genèse des reliefs, qu'il s'agisse de structures simples comme les cuestras ou de formes complexes issues des chaînes plissées. L'analyse des déformations tectoniques constitue donc une étape indispensable pour comprendre la morphogenèse et l'évolution des paysages terrestres.

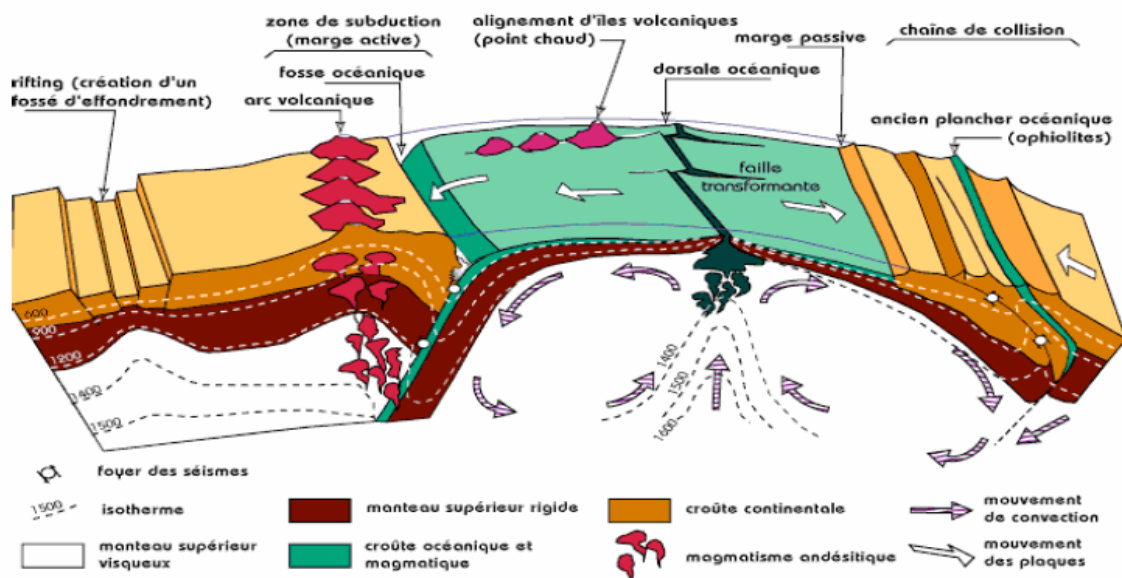
3.1. L'équilibre isostatique

L'**isostasie** correspond à l'équilibre gravitationnel entre la lithosphère et l'asthénosphère. Les reliefs élevés, constitués de matériaux moins denses, « flottent » sur le manteau sous-jacent plus dense. Lorsqu'un massif montagneux s'érode, son poids diminue, et la croûte tend à remonter (réajustement isostatique). À l'inverse, une surcharge (glaciers, dépôts sédimentaires) provoque un enfoncement de la lithosphère. Ce réajustement permanent explique la stabilité relative des altitudes continentales et océaniques, ainsi que la réactivation de certains reliefs anciens.

Du point de vue géomorphologique, ces processus contrôlent l'évolution à long terme des paysages en régulant les vitesses d'érosion, de sédimentation et de soulèvement. Sur le plan écologique, les ajustements isostatiques modifient les conditions de relief, d'hydrologie et de climat local, influençant ainsi la dynamique des sols, la distribution des habitats et la répartition des écosystèmes. L'isostasie, en liant les forces internes de la Terre aux processus de surface, constitue donc un facteur structurant à la fois pour la morphogenèse et pour l'organisation écologique des milieux.

3.2. Dérivé des continents et tectonique des plaques

La théorie de la dérive des continents, proposée par Wegener en 1912, suggère que les continents actuels proviennent de la fragmentation de la Pangée. Cette hypothèse a été confirmée par la théorie moderne de la tectonique des plaques, qui considère la lithosphère comme un ensemble de plaques rigides en mouvement sur l'asthénosphère. Ces mouvements expliquent la formation des dorsales océaniques, des fosses, des arcs volcaniques et des chaînes de montagnes.



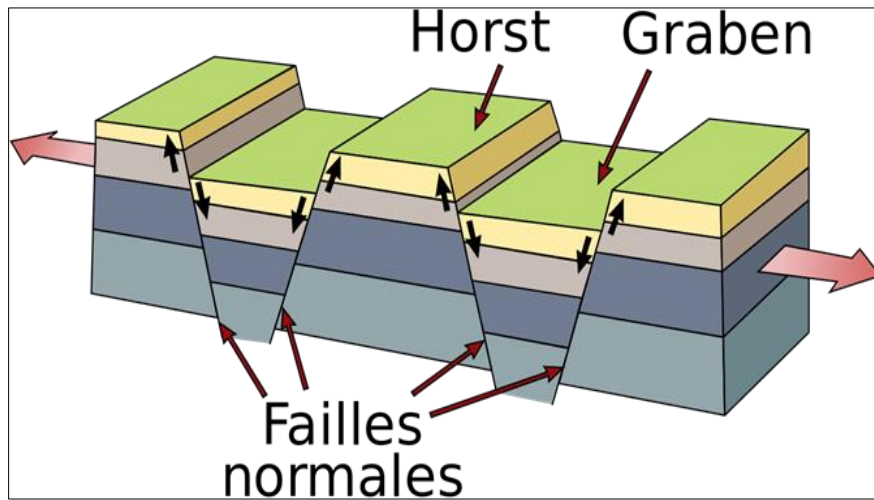
Trois types de mouvements sont distingués :

- **Convergence** : La convergence des plaques tectoniques se caractérise par le rapprochement et la collision de deux plaques lithosphériques, un phénomène géologique qui entraîne la formation de reliefs imposants comme les chaînes de montagnes et l'approfondissement de zones de subduction créant les fosses océaniques. Ce processus est le moteur de la transformation du paysage terrestre sur de longues périodes géologiques.
- **Divergence** : un mouvement tectonique où deux plaques de la croûte terrestre s'éloignent l'une de l'autre, entraînant l'écartement de la croûte et la remontée de magma du manteau terrestre. Ce processus donne naissance à des dorsales océaniques, de longues chaînes de montagnes sous-marines où une nouvelle croûte océanique se forme, et à des rifts continentaux, qui sont des zones d'extension de la croûte terrestre et qui peuvent mener à la formation de nouveaux océans.
- **Décrochement** : désigne le mouvement latéral des blocs rocheux le long d'une faille, principalement à l'horizontale, comme c'est le cas pour les failles transformantes. Contrairement aux failles normales ou inverses qui impliquent des mouvements verticaux, les failles décrochantes sont caractérisées par un glissement horizontal des blocs de part et d'autre de la fracture.

3.3. Formation des reliefs

Les reliefs terrestres résultent principalement des déformations de la lithosphère, sous l'effet des contraintes tectoniques. Selon le régime tectonique dominant, plusieurs grands types de structures morphologiques se mettent en place :

- **Compression** : Sous l'action de forces compressives, les roches se plissent et se chevauchent, donnant naissance à des chaînes de montagnes. Les orogénèses alpines et himalayennes en sont des exemples emblématiques, où la convergence des plaques a engendré de vastes systèmes montagneux à forte altimétrie.
- **Extension** : Les contraintes extensives provoquent l'ouverture de failles normales et la subsidence de blocs, formant des fossés d'effondrement (grabens) ou des zones d'amincissement lithosphérique appelées rifts. Le rift est-africain illustre ce type de relief, caractérisé par de larges vallées allongées encadrées de hauts plateaux.
- **Décrochement** : Les contraintes en cisaillement latéral engendrent des failles transformantes et des escarpements linéaires. Ces structures sont marquées par des déplacements horizontaux parfois considérables, qui façonne un paysage linéaire et segmenté. Ainsi, la genèse des reliefs est intimement liée à la dynamique interne de la Terre et à l'interaction des plaques lithosphériques, qui déterminent les grands traits du modelé terrestre.



3.4. Les accidents tectoniques

Les déformations de la croûte se traduisent par des accidents tectoniques qui modifient l'agencement des roches :

- Les **plis** correspondent à des déformations ductiles ; c'est-à-dire souples, qui résultent de la flexion ou de la torsion des roches et traduisent bien des contraintes compressives appliquées sur une longue période, contrairement aux roches fragiles qui se cassent (failles).

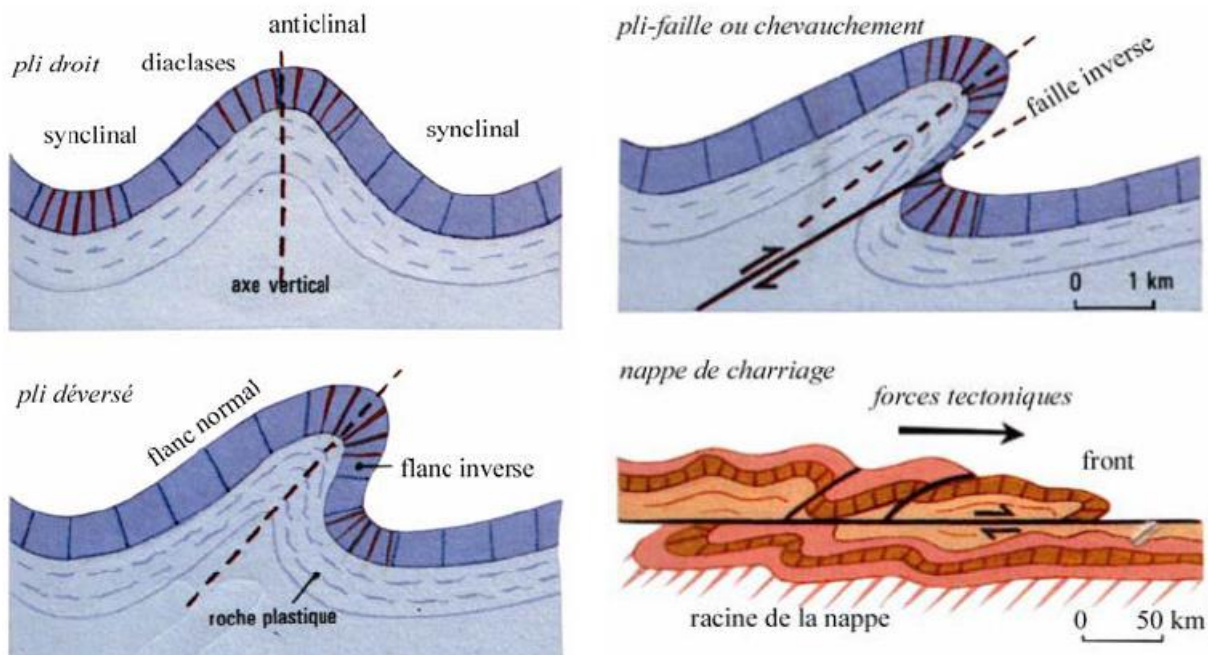
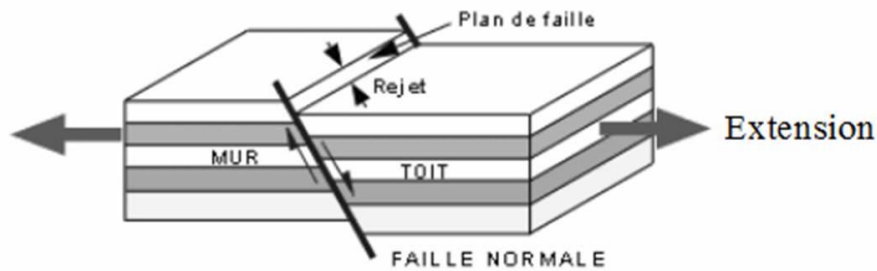
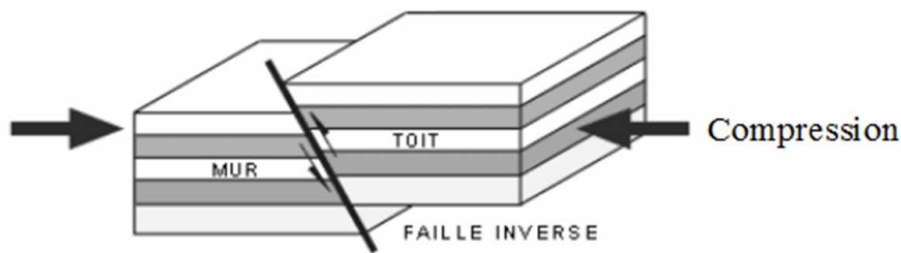


Fig. Différents types de plis en fonction des contraintes exercées sur les couches rocheuses

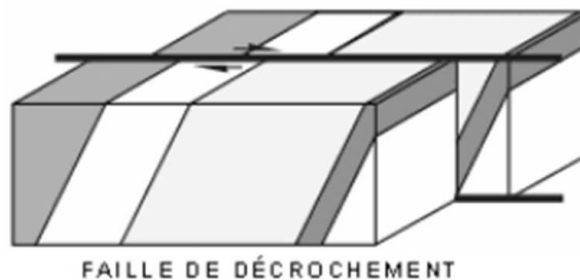
- Les **failles** résultent d'une rupture cassante, accompagnée d'un déplacement relatif (normales, inverses ou décrochantes).
 - **Faille normale** : faille le long de laquelle les roches au-dessus du plan de faille se déplacent vers le bas par rapport aux roches sous le plan de faille. Les failles normales se forment lorsque deux blocs de roche s'éloignent l'un de l'autre en raison d'une distension (il y a extension).



- **Faille inverse** : faille le long de laquelle les roches au-dessus du plan de faille se déplacent vers le haut par rapport aux roches sous le plan de faille. Les failles inverses se forment lorsque deux blocs de roche sont poussés l'un vers l'autre en raison d'une compression.



- **Décrochement** : faille le long de laquelle le déplacement relatif s'effectue horizontalement le long du plan de faille séparant des blocs de roches adjacents : et on note décrochement dextre (sens d'aiguille d'une montre) décrochement senestre.

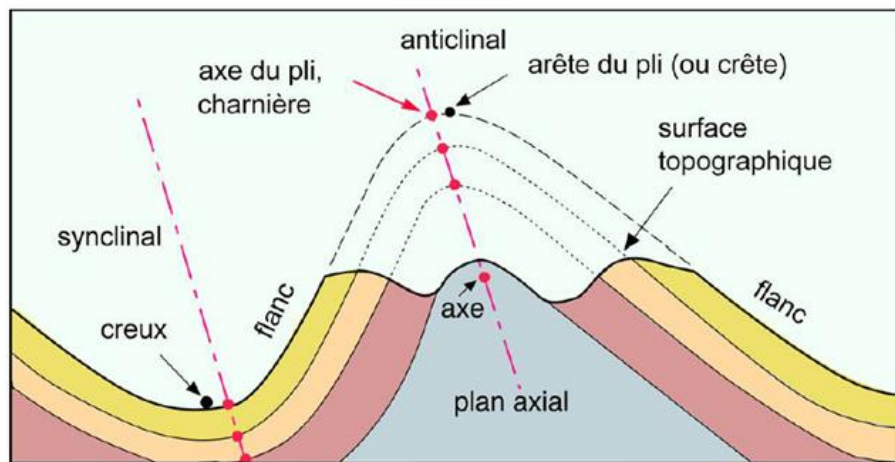


Ces accidents constituent les éléments de base de l'architecture géologique et influencent directement la morphologie des paysages.

3.5. Données tectoniques : synclinal, anticlinal

Parmi les structures plissées, deux figures principales se distinguent :

- L'**anticlinal** : Il s'agit d'un pli convexe vers le haut, dont le cœur est généralement formé par les couches les plus anciennes. Les flancs s'inclinent de part et d'autre, s'éloignant de l'axe du pli. Ces structures sont fréquentes dans les chaînes plissées et peuvent donner lieu à des reliefs positifs lorsqu'elles résistent à l'érosion.
- Le **synclinal** : c'est un pli concave vers le haut, renfermant au cœur les couches les plus récentes. Les flancs convergent vers l'axe du pli. Bien qu'il corresponde théoriquement à une structure en creux, le synclinal peut, par inversion de relief, former une crête lorsque les roches qui le composent sont plus résistantes que celles de l'anticlinal voisin.



La région du pli où la courbure est maximale est la charnière ou axe du pli.
Le plan axial contient les axes des plis affectant les couches successives.

Les grands ensembles morphologiques sont le produit de ces processus, donnant naissance aux montagnes, aux plateaux, aux **plaines** et aux vallées, dont chacun constitue un cadre spécifique influençant la dynamique écologique et la répartition des écosystèmes.

- **Les Montagnes** sont de vastes élévations naturelles du relief, souvent organisées en chaînes, caractérisées par de fortes pentes, une grande amplitude altitudinale et des conditions climatiques particulières. *Elles créent des gradients écologiques marqués (altitude, température, précipitations) qui favorisent une forte diversité biologique et l'apparition d'étages de végétation. Elles abritent souvent des espèces endémiques adaptées aux conditions extrêmes.*

- **Les Plateaux** : sont des étendues de terrain surélevées, relativement planes, bordées par des pentes plus abruptes. *Ils offrent des habitats ouverts, propices à certaines formations végétales (steppes, savanes, forêts claires), et peuvent servir de zones de pâturage. Leur altitude et leur isolement influencent la composition floristique et faunistique.*

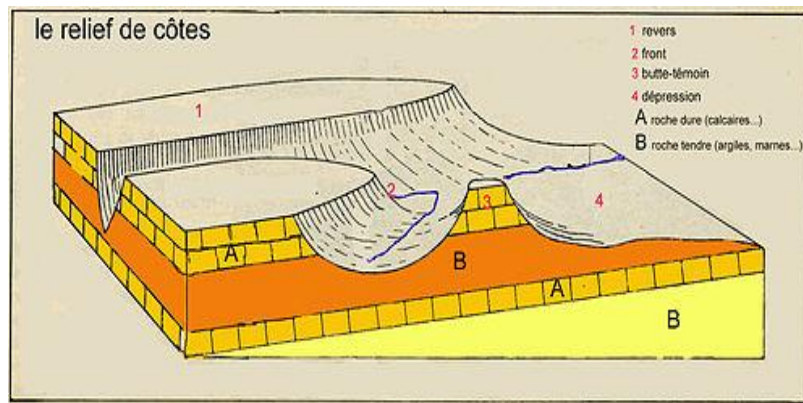
- **Les Plaines** : sont de vastes surfaces planes ou faiblement ondulées, généralement de basse altitude, souvent formées par l'accumulation de sédiments. *Elles sont riches en sols fertiles, favorables à l'agriculture et aux grands écosystèmes de prairie. Leur homogénéité topographique favorise la continuité des habitats mais les rend aussi plus vulnérables aux activités humaines.*

- **Les Vallées** : sont des dépressions allongées, creusées par un cours d'eau ou un glacier, délimitées par des versants. *Elles constituent des couloirs écologiques essentiels, concentrant l'eau, les sols fertiles et des microclimats particuliers. Elles favorisent la biodiversité et jouent un rôle de corridors biologiques pour les espèces.*

3.6. Reliefs des structures simples : cuestas

La cuesta est une forme de relief dissymétrique constituée d'un côté par un front de cuesta en pente raide (constitué d'un escarpement correspondant à une couche dure qui donne une corniche et d'un talus à profil concave correspondant couches tendres) et, de l'autre, par un plateau doucement incliné

en sens inverse (le revers). Le *revers de cuesta* est un plateau à pente modérée qui correspond approximativement au toit de la couche dure inclinée et dont le versant est opposé au front.

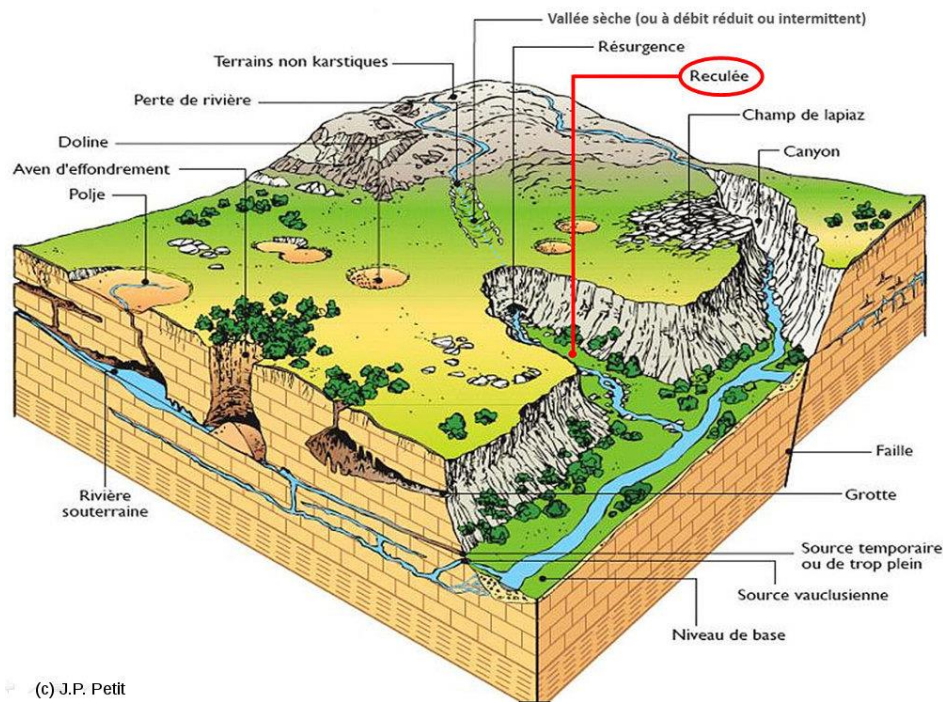


Les cuestas se trouvent aux bordures des bassins sédimentaires peu déformés. Elles se caractérisent par : Un **versant abrupt** taillé dans la roche dure et un **versant en pente douce** développé sur la roche tendre. Les cuestas sont fréquentes dans les régions jurassiennes et constituent un relief typique des paysages structuraux simples.

3.7. Evolution des formes jurassiennes

Les **formes jurassiennes** illustrent l'érosion différentielle dans les séries sédimentaires. L'alternance de calcaires résistants et de marnes tendres engendre différents reliefs caractéristiques :

- Des **synclinaux perchés** par inversion du relief. Un **synclinal perché** est donc un synclinal qui, à la suite de l'érosion différentielle, apparaît en relief au-dessus du paysage environnant, alors qu'à l'origine il devait occuper une dépression.
- Des **buttes témoins** isolées par la régression des couches. Une **butte témoin** est un relief résiduel isolé, généralement tabulaire, formé par l'érosion différentielle qui a enlevé les couches environnantes, mais laissé en place un petit fragment des strates originelles.
- Des **plaines structurales** issues de l'aplanissement progressif. Une **plaine structurale** est une surface relativement plane qui résulte de l'érosion prolongée d'un relief (chaînes de montagnes, plateaux, plis, etc.), jusqu'à ce qu'il soit aplanit.

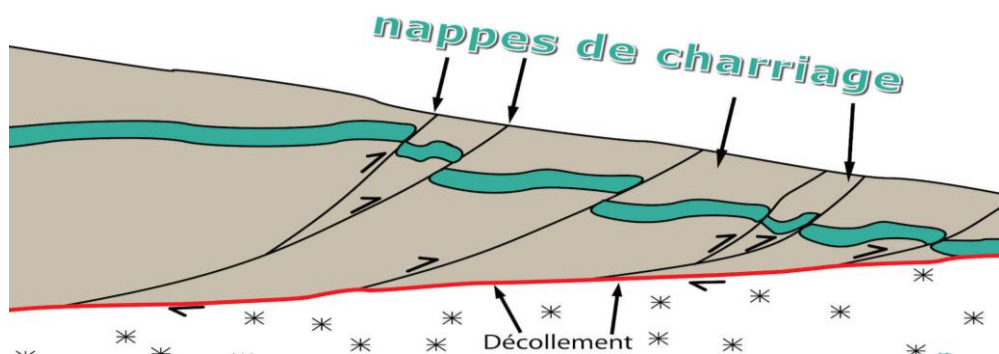


Sur le plan **géomorphologique**, ces formes traduisent l'interaction entre tectonique et érosion, révélant la dynamique d'évolution des paysages. Sur le plan **écologique**, elles conditionnent la répartition des sols, l'exposition, le drainage et les microclimats, créant ainsi une diversité de niches écologiques. Les synclinaux perchés offrent par exemple des milieux plus humides et protégés, les buttes témoins peuvent héberger une flore spécifique adaptée aux substrats rocheux, tandis que les plaines structurales favorisent le développement d'écosystèmes ouverts ou agricoles. L'évolution des formes jurassiennes illustre donc comment la géomorphologie structure les paysages et influence directement l'organisation écologique des milieux.

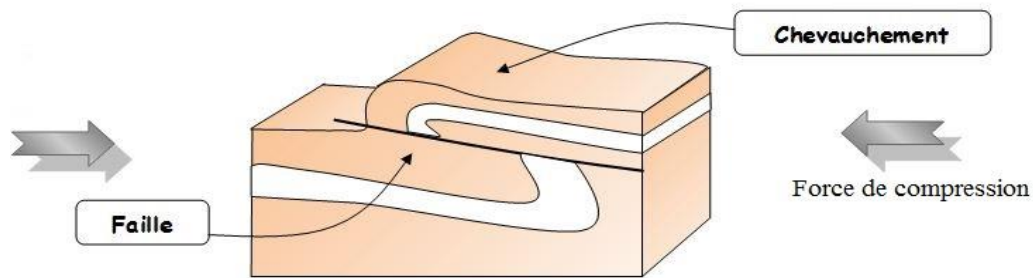
3.8. Reliefs des structures complexes

Résultent de l'interaction entre la déformation des roches (tectonique) et les processus d'érosion (agents externes). Ces structures complexes apparaissent dans les chaînes plissées et orogéniques fortement déformées. Elles incluent :

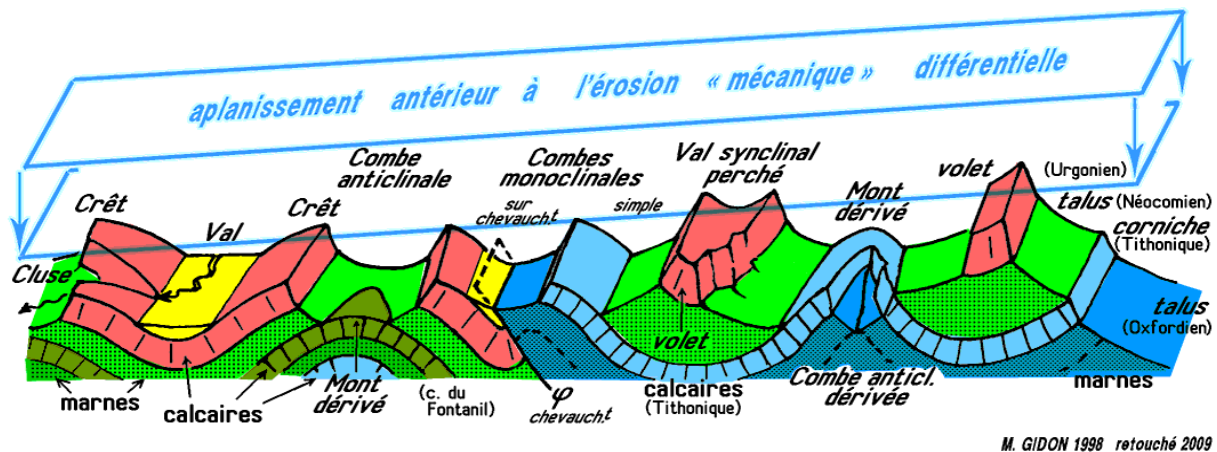
- Les **nappes de charriage**, grands ensembles de terrains qui ont été déplacés sur de longues distances, souvent de plusieurs kilomètres, sous l'effet de forces tectoniques compressives.



- Les **chevauchements**, structures tectoniques dans lesquelles des couches géologiques plus anciennes se déplacent et recouvrent des terrains plus récents, sous l'effet de contraintes compressives.



- Les **zones de mélanges tectoniques**, ensembles géologiques marqués par un enchevêtrement chaotique de matériaux d'origines et d'âges variés, résultant de l'intense fragmentation et du brassage liés aux mouvements tectoniques. Ces reliefs, typiques des Alpes, de l'Himalaya ou des Andes, sont parmi les plus spectaculaires de la planète.



Les déformations tectoniques constituent l'un des moteurs fondamentaux de la morphogenèse. Elles expliquent à la fois la répartition des continents, la formation des chaînes de montagnes et l'organisation des paysages structuraux. Des cuestas simples aux chaînes plissées complexes, les reliefs sont l'expression directe des contraintes internes de la Terre. La compréhension de ces processus permet d'établir un lien entre la dynamique profonde du globe et l'évolution morphologique observable en surface.

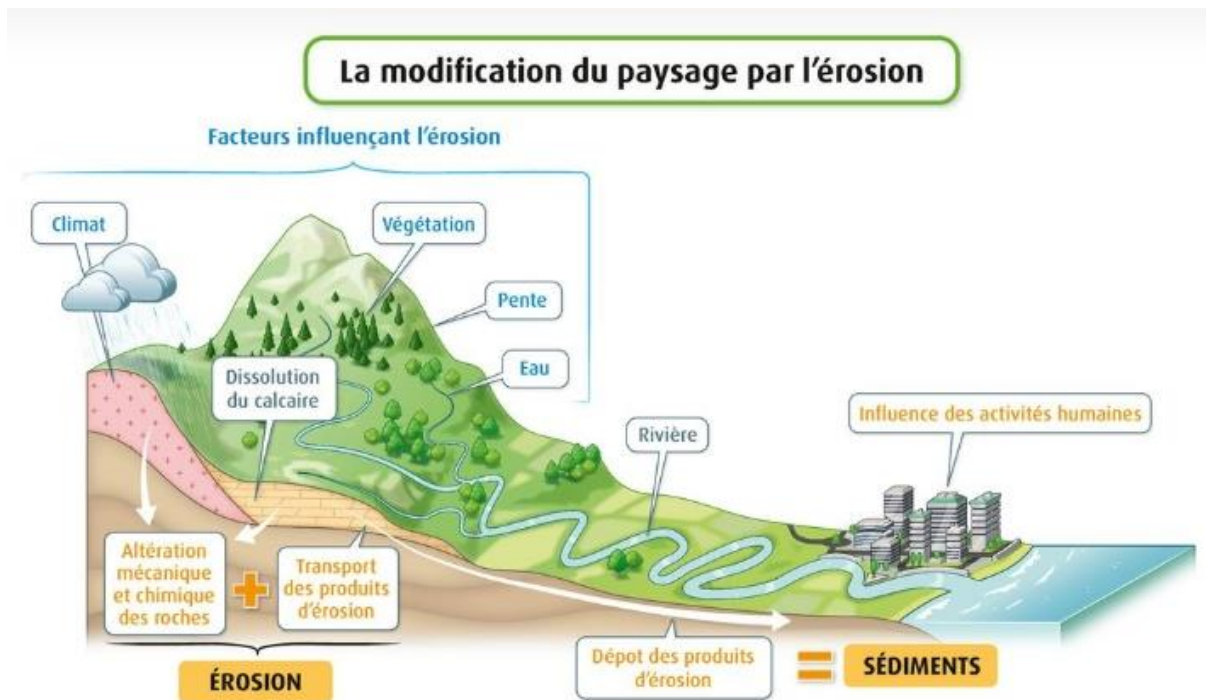
4. Facteurs externes de la morphologie

Après avoir étudié la structure interne de la Terre et les déformations tectoniques qui façonnent les grands ensembles orogéniques, il convient désormais de s'intéresser aux facteurs externes qui modèlent en permanence les paysages. Ces derniers regroupent l'ensemble des processus d'érosion, de transport et de dépôt, liés à l'action de l'eau, de la glace, du vent, mais aussi de l'homme.

Contrairement aux dynamiques internes, ces processus agissent directement à la surface et expliquent la diversité des formes actuelles du relief.

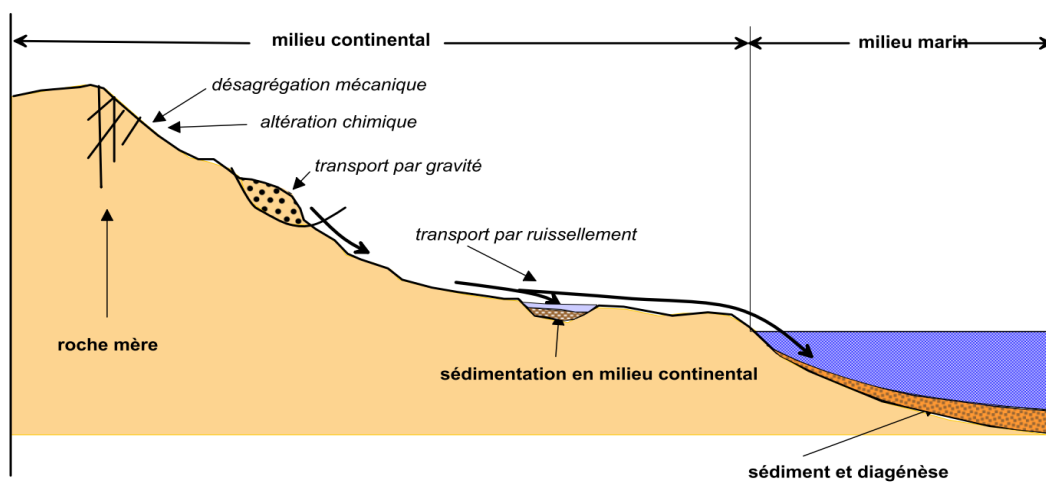
4.1. Modalités de l'érosion

L'**érosion** désigne l'ensemble des mécanismes par lesquels les matériaux de la croûte terrestre sont désagrégés, transportés puis déposés. Les facteurs d'érosion sont : le climat, la pente, les propriétés physico-chimiques des roches, la couverture végétale (son abondance, sa nature) et l'action de l'homme (pratiques agricoles, urbanisation...).



On distingue généralement :

- L'érosion **mécanique**, qui fragmente les roches sans modifier leur composition (gel, gélifraction, abrasion) ;
- L'érosion **chimique**, qui altère la roche par dissolution ou hydrolyse (cas des milieux calcaires et tropicaux) ;
- **L'hydrolyse** est une réaction chimique dans laquelle une molécule d'eau participe à la rupture d'une liaison covalente d'un composé, entraînant la formation de deux nouvelles espèces chimiques.
- **La dissolution** des roches est un processus géochimique au cours duquel les minéraux constituant une roche se dissolvent dans l'eau (pure ou chargée en CO₂/acides), libérant des ions en solution. C'est un mécanisme fondamental de l'altération chimique et du cycle géochimique des éléments.
- L'érosion **biologique**, liée à l'action des organismes vivants (Bactéries, Acides humiques, Animaux fouisseurs et le rôle des végétaux paraît très efficace grâce à des sécrétions acides qui attaquent les roches.



4.2. Processus de l'érosion

Les processus érosifs suivent un cycle :

- **Altération** (physique ou chimique) qui fragilise la roche : Ce processus implique la modification chimique ou physique des roches ou des sols. L'altération chimique peut résulter de réactions avec l'eau, l'oxygène, ou d'autres composés. L'altération physique peut inclure la désagrégation des roches par le gel et le dégel.
- **Détachement** des particules sous l'action des agents : Il s'agit de l'enlèvement de matériau par des agents externes tels que l'eau, le vent, la glace ou les vagues. L'abrasion par des particules transportées contribue à l'usure des surfaces. Le ruissellement et le cycle de gel-dégel fragmentent les roches en surface.
- **Transport** des débris (par ruissellement, glaciers, vent) : Une fois les particules érodées, elles peuvent être transportées par divers agents tels que l'eau (ruissellement, rivières), le vent, la glace ou les vagues marines. Le mode de transport dépend des caractéristiques locales.
- **Dépôt** dans des bassins sédimentaires : Lorsque les particules transportées atteignent un endroit où la vitesse de transport diminue, elles peuvent être déposées, créant des accumulations de sédiments. Cela peut se produire dans des zones telles que les deltas, les plages ou les vallées fluviales.

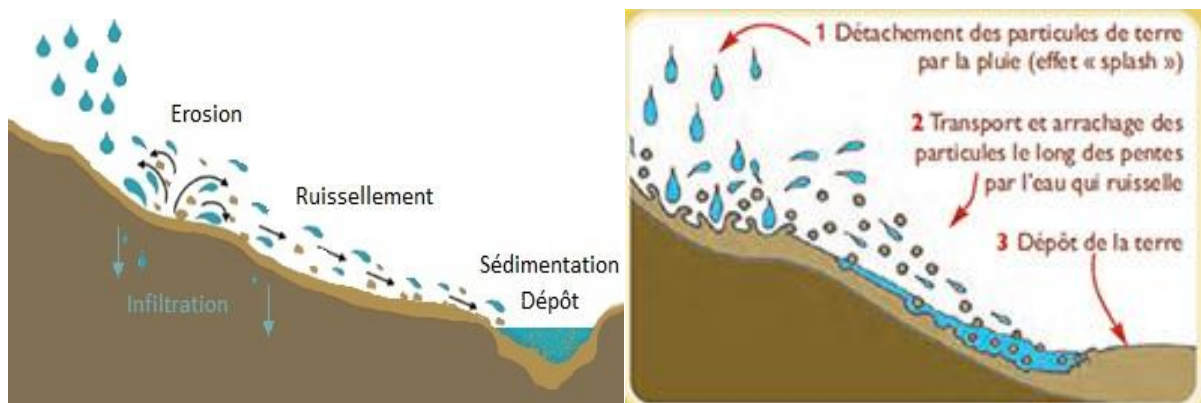


Fig. le passage progressif des reliefs vigoureux vers des formes plus adoucies, jusqu'à l'aplanissement final.

4.3. Erosion aréolaire

L'**érosion aréolaire** désigne une forme d'érosion superficielle diffuse qui agit de manière relativement uniforme sur de vastes surfaces, par opposition à l'érosion linéaire concentrée le long des talwegs. Elle résulte principalement de l'action combinée **des précipitations** (ruissellement diffus), **du vent**, des variations thermiques et parfois de l'activité biologique qui désagrègent et entraînent les particules superficielles du sol.

Sur le plan géomorphologique, elle se traduit par un décapage généralisé des sols, l'adoucissement des reliefs, la formation de glacis et, à long terme, par un aplanissement progressif des surfaces.

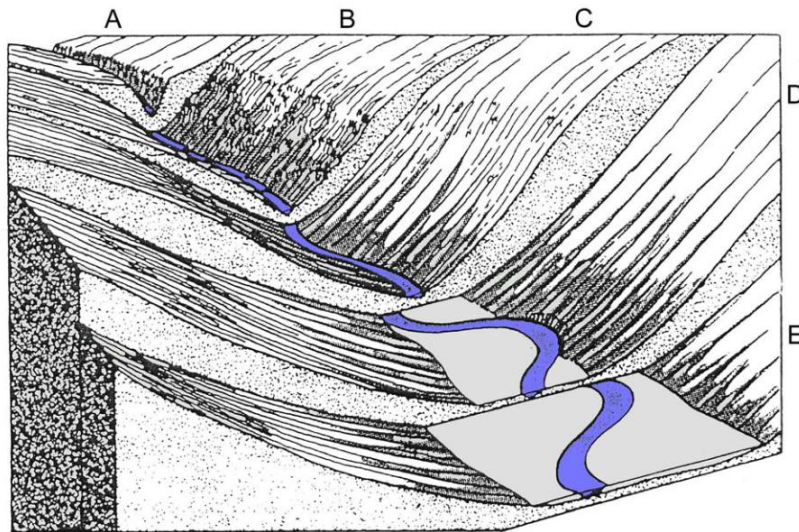
D'un point de vue écologique, l'érosion aréolaire entraîne une diminution de la fertilité des sols, limite le développement de la végétation et fragilise les habitats, pouvant conduire à la dégradation ou à la désertification des milieux dans les zones arides. Toutefois, la présence d'une couverture végétale dense joue un rôle protecteur en réduisant l'impact du ruissellement et en stabilisant les sols, soulignant l'interdépendance entre dynamiques géomorphologiques et équilibres écologiques.

4.4. Profils des versants

Les versants constituent les unités morphologiques de base du relief et leur forme résulte de l'action combinée de la *nature des roches*, de *l'inclinaison des pentes*, du *climat* et des *processus érosifs*. Sur le plan géomorphologique, on distingue généralement trois grands types de versants :

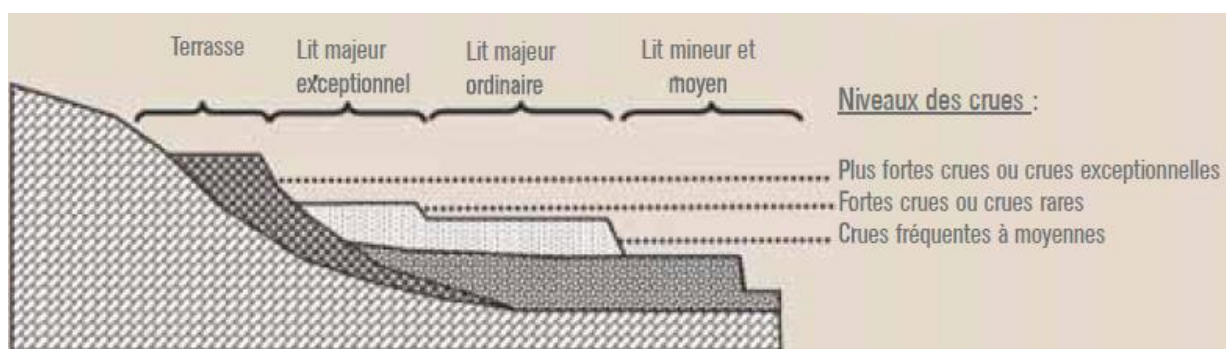
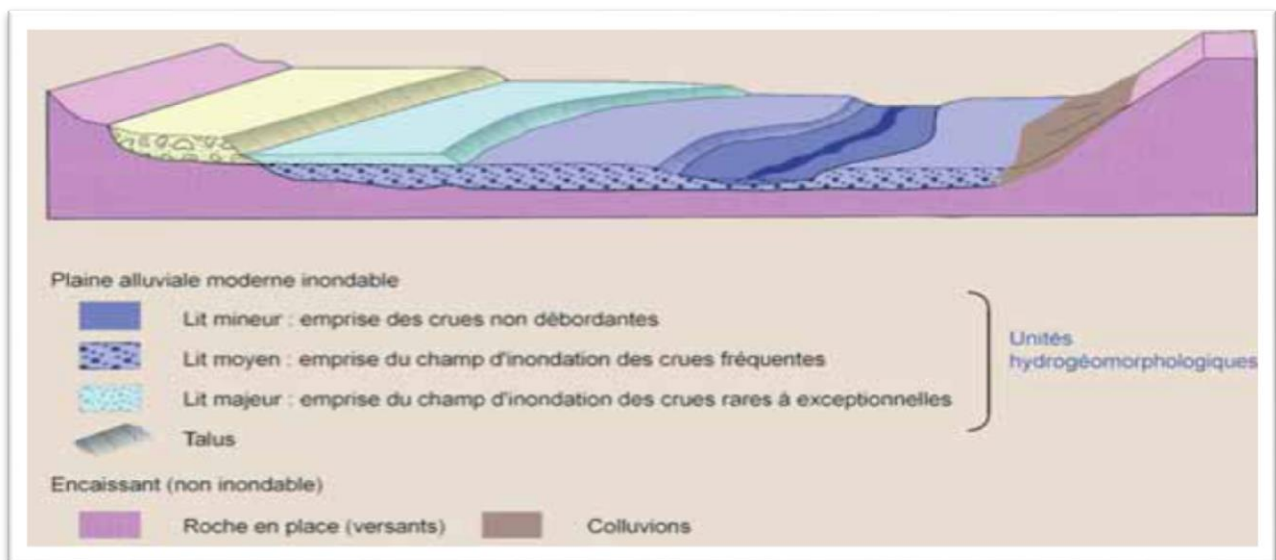
- Les **versants convexes**, où la pente est plus forte en amont et s'adoucit vers le bas, traduisant souvent une dynamique d'érosion active ;
- Les **versants rectilignes**, caractérisés par une pente relativement uniforme, correspondant à un équilibre temporaire entre les processus d'érosion et d'accumulation ;
- Les **versants concaves**, où la pente est faible en amont et s'accentue vers le bas, associés à une dynamique de dépôt ou à une relative stabilité.

Evolution d'un cours d'eau de l'amont vers l'aval ou au cours du temps en un même lieu : La rivière commence son travail d'enfoncement par érosion linéaire **(A)**, puis on assiste à l'ouverture de la vallée en V par érosion linéaire et aréolaire **(B + C)**. La rivière dépose alors du sédiment et comble la vallée (car la vitesse a diminué) **(D)**, on a alors la formation d'une plaine alluviale (mais l'érosion aréolaire continue) **(E)**.



4.5. Erosion linéaire : les terrasses

L'**érosion linéaire** est un processus de creusement du sol par le ruissellement concentré dans les vallées. Elle engendre des **terrasses alluviales**, qui sont des anciennes plaines d'inondation abandonnées à des niveaux plus élevés lors de l'encaissement progressif du lit. Ces terrasses, souvent étagées, constituent des témoins morphologiques précieux pour la reconstitution de l'histoire géomorphologique et paléo climatique d'une région.



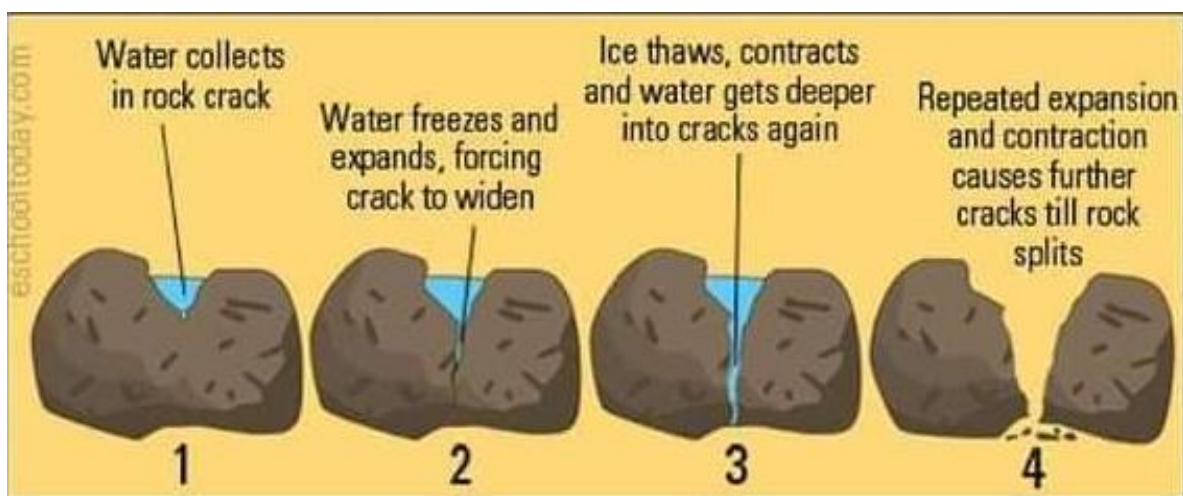
- Le **lit mineur** correspond au chenal principal du cours d'eau. Il est généralement emprunté par la crue annuelle, dite crue de plein-bord, n'inondant que les secteurs les plus bas et les plus proches du lit.
- Le **lit moyen**, limité par des talus, correspond au lit occupé par les crues fréquentes à moyennes (périodes de retour comprises entre 2 et 10 ans) qui peuvent avoir une vitesse et une charge solide importantes.
- Le **lit majeur** (dont lit majeur exceptionnel), limité par les terrasses, correspond au lit occupé par les crues rares à exceptionnelles (périodes de retour variant de 10 à plus de 100 ans) caractérisées par des hauteurs et vitesses d'eau généralement modérées. Localement des phénomènes violents peuvent toutefois être observés (érosion des sols, des talus, endommagement des constructions...). En milieu méditerranéen, les limites de ce lit majeur du cours d'eau sont souvent très éloignées de celles du lit, la distance atteint parfois plusieurs kilomètres.

Les **zones d'inondation potentielle par ruissellement ou débordement** : il s'agit de zones situées en dehors de la plaine des cours d'eau mais néanmoins susceptibles d'être inondées par ruissellement pluvial (urbain ou agricole) ou par débordements dus à des obstacles anthropiques ou naturels (remblais, gorges...).

4.6. Erosion périglaciaire

Elle désigne l'ensemble des processus d'érosion qui agissent dans les régions froides, situées en bordure des glaciers et des calottes glaciaires, où le climat est marqué par le gel et le dégel répétés, mais sans glaciation permanente. Elle engendre :

- La **gélifraction** : est un processus géomorphologique de désagrégation des roches causé par les cycles répétés de gel et de dégel de l'eau dans les fissures et les pores des roches.



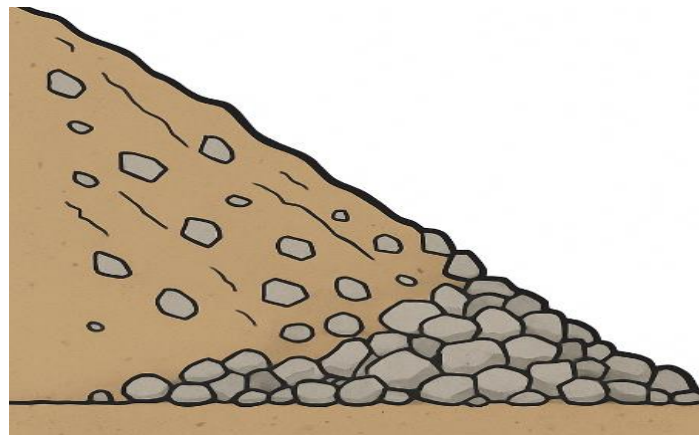
- La formation de **sols polygonaux** ; sont des sols en forme de polygones (souvent hexagones) qui apparaissent à la surface du sol dans les régions froides. Ils se forment quand les sols meubles (tourbe, alluvions glaciaires, dépôts fins) se fissurent et se réorganisent sous l'effet des cycles de gel et de dégel.

Fig. Vue générale des sols polygonaux pluri-décimétriques affectant un remplissage alluvial



- Les **éboulis de versants périglaciaires** sont des accumulations de blocs rocheux anguleux situés au pied des pentes. Ils se forment principalement par gélifraction, lorsque l'eau qui pénètre dans les fissures de la roche gèle, se dilate et provoque son éclatement. Sous l'effet répété des cycles de gel et de dégel, les fragments se détachent et s'accumulent par gravité, créant des cônes ou des manteaux d'éboulis.
- **La solifluxion** ; en milieu périglaciaire, est l'écoulement lent de sols gorgés d'eau sur une pente, provoqué par l'alternance gel/dégel et la présence d'un sous-sol gelé (pergélisol). Elle forme des lobes et ondulations caractéristiques au pied des versants. C'est-à-dire le glissement lent des matériaux gorgés d'eau sur pente.

Fig. Les éboulis de versants périglaciaires

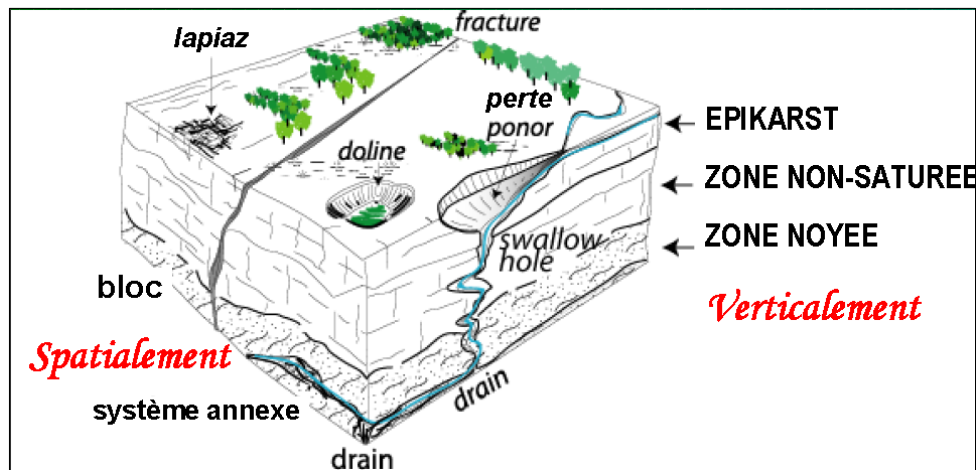


4.7. Modèle Karstique

Le **modèle karstique** résulte de la dissolution des roches calcaires par les eaux chargées en dioxyde de carbone. Il se caractérise par une morphologie originale, incluant :

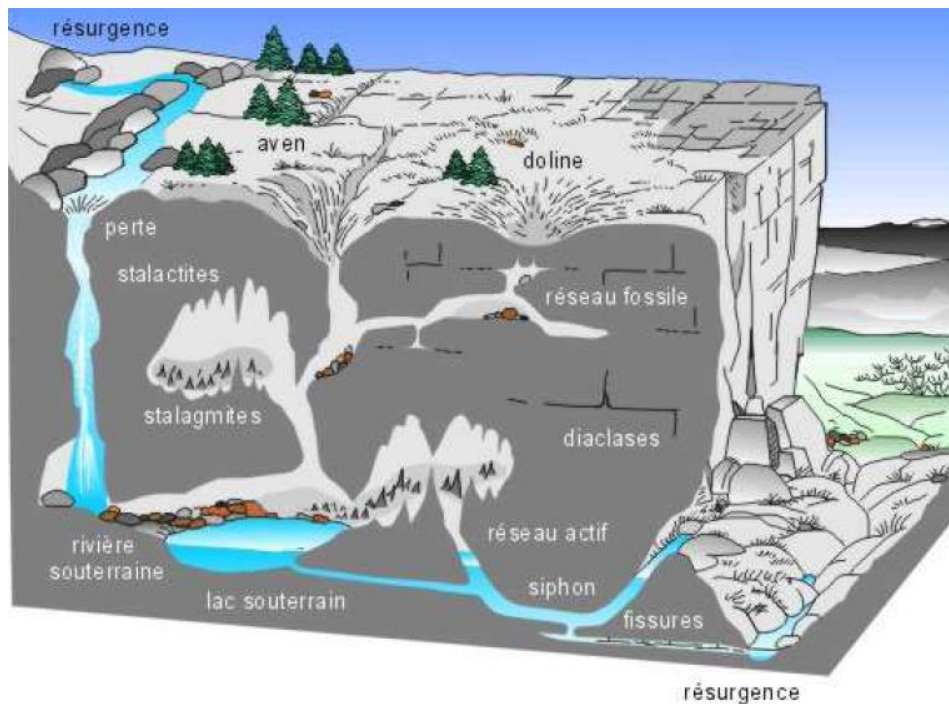
- **Les lapiés** (ou lapiez, ou encore lapiaz) : Les lapiez sont des formes d'érosion résultant de la dissolution à la surface et sur les fronts des couches calcaires, donnant une typologie très variée. La

surface calcaire burinée est un lapiez (qui correspond à une cavité superficielle). Les formes de surface : dolines, ouvalas, poljés ;



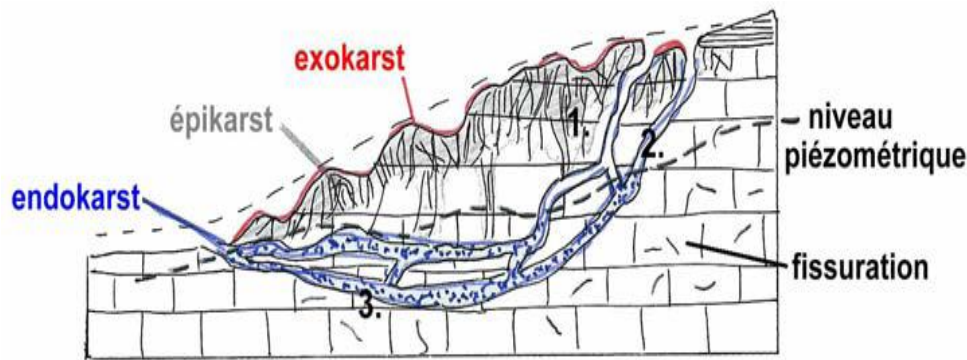
- **Dolines** : Les dolines représentent la forme la plus élémentaire du relief karstique. Ce sont de petites dépressions fermées, en cuvette ou en entonnoir, de dimensions très variables, allant de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres de diamètre, avec une profondeur de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. Leur genèse est liée soit à la dissolution du calcaire en surface (dolines de dissolution), soit à l'effondrement de cavités souterraines (dolines d'effondrement). Le fond des dolines est fréquemment colmaté par des argiles de décalcification (*terra rossa*), qui favorisent la rétention d'eau et permettent souvent le développement de sols fertiles.
- **Ouvalas** : Les ouvalas correspondent à des dépressions fermées plus vastes, formées par la coalescence et l'élargissement progressif de plusieurs dolines voisines. Elles présentent des contours irréguliers et une topographie moins homogène que celle des dolines isolées. Leur surface, plus étendue, peut atteindre plusieurs centaines de mètres à quelques kilomètres. Les ouvalas représentent une étape intermédiaire dans l'évolution du modelé karstique, traduisant le passage d'une multitude de petites dépressions ponctuelles vers des formes plus vastes et intégrées, comme les poljés.
- **Poljés** : Les poljés constituent les formes les plus spectaculaires et les plus développées du karst. : Ce sont de grandes plaines fermées, pouvant mesurer plusieurs kilomètres de long et de large, bordées par des reliefs calcaires abrupts. Leur fond plat est généralement recouvert de sols argileux issus de la décalcification, qui en font des espaces agricoles privilégiés. Le drainage y est particulier : les eaux s'écoulent rarement en surface et disparaissent souvent par des pertes appelées *ponors*. Toutefois, en période de fortes pluies, le fond du poljé peut être temporairement inondé, formant un lac karstique éphémère. Les poljés traduisent donc le stade le plus avancé dans l'évolution des dépressions karstiques, après les dolines et les ouvalas.
- Les **formes souterraines** du karst : résultent de la dissolution des roches carbonatées en profondeur et de l'élargissement progressif des réseaux de fissures par la circulation des eaux. Elles

se traduisent principalement par des grottes, des gouffres et des galeries, qui constituent les éléments fondamentaux de l'endokarst.



- Les **grottes** sont des cavités souterraines naturelles de dimensions très variables, allant de quelques mètres à plusieurs kilomètres de développement. Elles se forment à la faveur de fractures, diaclases ou plans de stratification, progressivement élargis par l'action corrosive et érosive des eaux chargées en dioxyde de carbone. Les grottes peuvent abriter des dépôts secondaires caractéristiques, tels que les concrétions (stalactites, stalagmites, colonnes), issues de la précipitation du carbonate de calcium.
- Les **gouffres**, également appelés *avens* dans la terminologie spéléologique, se présentent comme des puits naturels s'ouvrant en surface et plongeant verticalement dans le sous-sol. Ils résultent souvent de l'effondrement de cavités souterraines ou de l'élargissement vertical de fissures. Leur profondeur peut atteindre plusieurs centaines de mètres, et ils constituent fréquemment des points d'accès privilégiés aux réseaux karstiques souterrains.
- Les **galeries** désignent quant à elles les conduits souterrains horizontaux ou subhorizontaux qui relient entre elles les différentes parties du réseau karstique. Leur genèse est liée au cheminement préférentiel de l'eau dans des niveaux stratigraphiques perméables ou le long de fractures. Elles peuvent se développer sur plusieurs kilomètres et former de véritables réseaux labyrinthiques, qui assurent le drainage interne des massifs calcaires.

Ces formes souterraines, complémentaires des formes de surface, traduisent le double fonctionnement du karst, à la fois externe (exokarst) et interne (endokarst), et témoignent de l'importance des processus de dissolution et de circulation des eaux dans l'évolution des reliefs carbonatés.



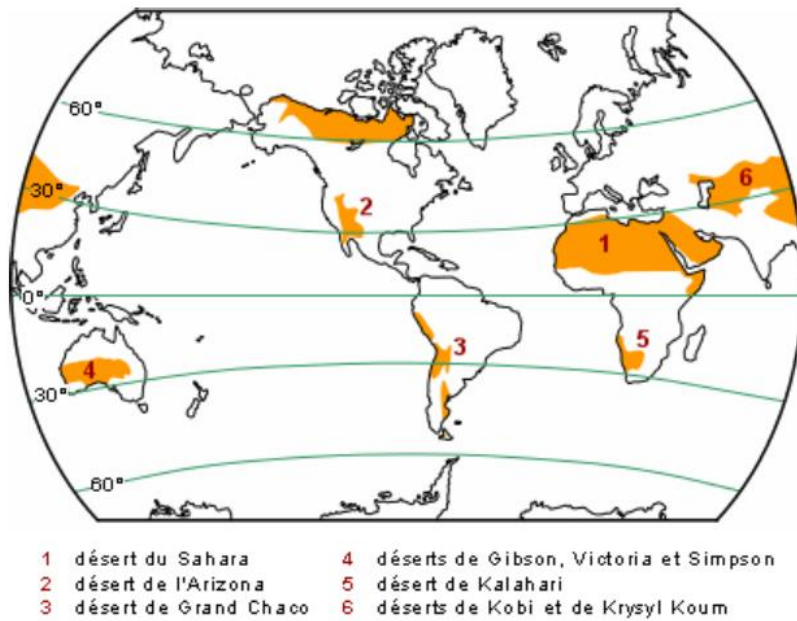
- **Les écoulements souterrains** ; Les écoulements souterrains dans les systèmes karstiques se distinguent par leur grande hétérogénéité, combinant un écoulement lent et diffus à travers la matrice calcaire et les fissures, et un écoulement rapide et concentré au sein de conduits et de galeries souterraines. Ce double fonctionnement, qualifié de drainage hiérarchisé, conduit à une dynamique complexe où les pertes de surface (dolines, ponors, gouffres) alimentent un réseau souterrain qui draine les eaux vers des sources karstiques souvent abondantes. Les vitesses de circulation peuvent être très élevées, ce qui rend les aquifères karstiques particulièrement réactifs aux épisodes pluvieux mais aussi très vulnérables aux pollutions, en raison du transfert rapide et peu atténué des contaminants depuis la surface jusqu'aux exutoires.

Ces paysages traduisent l'importance de l'érosion chimique et illustrent l'interaction entre hydrologie et géomorphologie.

4.8. Erosion éolienne : formations éoliennes

L'érosion éolienne correspond à l'action mécanique du vent qui arrache, transporte et dépose des particules meubles (sables, limons, poussières). Le vent constitue un facteur important d'érosion et de transport des sédiments à la surface de la planète. Il est particulièrement actif dans les régions sèches où la végétation est quasi absente, comme les déserts.

Les régions désertiques, qu'on définit comme les régions qui reçoivent moins de 20 cm de précipitations/an, couvrent près du tiers de la surface terrestre. Les grands déserts du monde (Sahara, Kalahari, Gobi, les déserts d'Australie) se trouvent entre les latitudes 10° et 30° de part et d'autre de l'équateur.



Le vent qui balaie la surface du sol entraîne donc facilement ces particules. Les particules sont transportées selon trois modes. Il agit par : Les plus grosses se déplacent par roulement ou glissement (**traction**) à la surface du sol, sous l'effet de la poussée du vent ou des impacts des autres particules. Les particules de taille moyenne (**sables**) se déplacent par bonds successifs (**saltation**). Les particules très fines (**poussières**) sont transportées en suspension dans l'air (**loess**), souvent sur de très grandes distances.

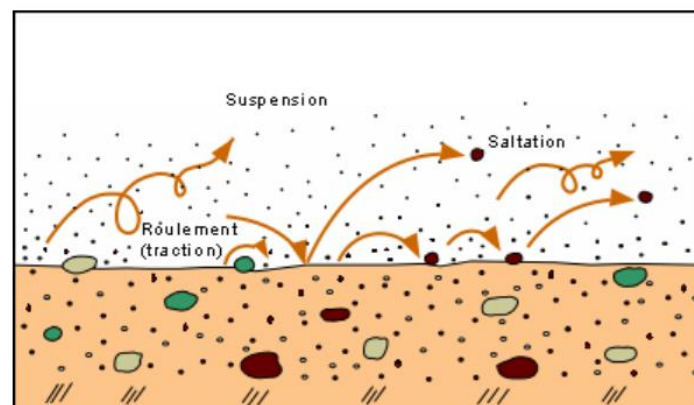
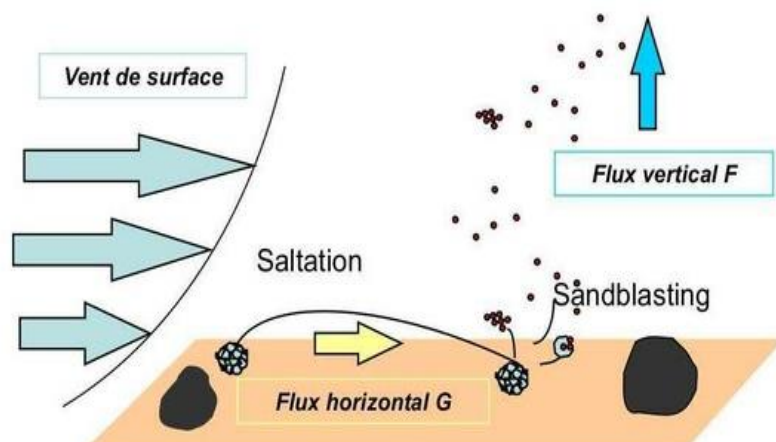
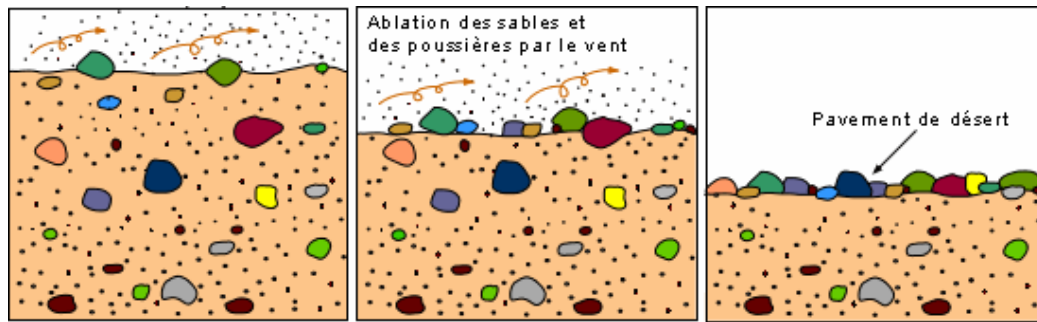


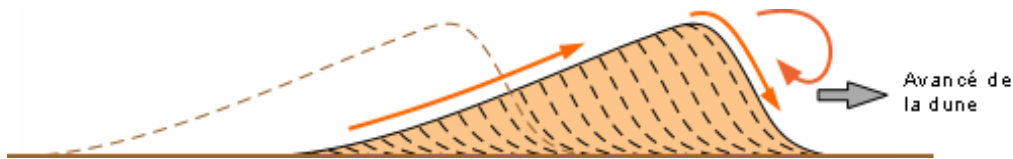
Fig. Les processus
d'érosion
éolienne



Il en résulte deux structures importantes des déserts : Les **dunes** (barchanes, barkhanes, dunes en étoile) et Les **yardangs** (crêtes rocheuses sculptées par le vent).



Les sables transportés par le vent s'accumulent sous forme de dunes.



4.9. Cuvettes hydroéoliennes : Daia

Les cuvettes hydroéoliennes, appelées *daïas*, sont de petites dépressions fermées formées par l'action combinée du vent, qui déblaye les particules fines, et de l'eau de ruissellement, qui accentue le creusement et la dissolution du substrat. De dimensions variables, elles sont généralement tapissées d'argiles imperméables permettant la rétention temporaire des eaux de pluie. Ces cuvettes, fréquentes dans les zones steppiques et arides, jouent un rôle important en tant que points d'accumulation d'eau éphémères, favorisant la biodiversité locale et constituant des ressources ponctuelles pour les activités pastorales et agricoles.

4.10. Action anthropique et morphogénèse

L'action anthropique est devenue un facteur majeur de la morphogénèse, car les activités humaines (déforestation, agriculture, urbanisation, exploitation des ressources, aménagements hydrauliques) modifient et accélèrent les processus naturels de formation des reliefs. Elles favorisent l'érosion, la salinisation et l'instabilité des sols, tout en générant des formes nouvelles comme remblais, digues ou carrières. Ainsi, l'homme contribue à la fois à l'accélération des dynamiques morphogénétiques naturelles et à la création de paysages artificiels, accentuant la vulnérabilité des milieux aux risques géomorphologiques.

Les facteurs externes constituent les agents les plus immédiats de la morphogénèse. Par leurs modalités variées — érosion aréolaire, linéaire, périglaciaire, karstique, éolienne ou anthropique —, ils façonnent continuellement la surface terrestre. Ces processus traduisent l'interaction entre climat, substrat lithologique et dynamiques hydrologiques ou atmosphériques. L'étude de ces facteurs permet non seulement de comprendre l'évolution des paysages actuels, mais aussi d'anticiper les impacts futurs liés aux changements climatiques et aux activités humaines.

5. Géomorphologie climatique azonale

La géomorphologie climatique s'intéresse aux formes du relief façonné par les conditions climatiques. Les reliefs ne sont pas seulement contrôlés par la lithologie ou la tectonique ; ils reflètent également l'action continue du climat sur l'érosion, le transport et la sédimentation. Le terme azonal signifie que certaines formes peuvent apparaître dans plusieurs zones climatiques, indépendamment de la lithologie ou de la tectonique, mais restent liées aux conditions climatiques et hydrologiques.

5.1. Variations climatiques : le Quaternaire

Le Quaternaire, période s'étendant de 2,6 millions d'années à aujourd'hui, se caractérise par d'importantes oscillations climatiques alternant périodes glaciaires froides et sèches et périodes interglaciaires chaudes et humides. Ces variations ont fortement conditionné l'érosion et la sédimentation à la surface de la Terre. Ces variations ont influencé :

- L'intensité de l'érosion et la mobilité des sédiments.
- La formation des terrasses fluviales, des cuvettes éoliennes et des dépôts périglaciaires.
- L'évolution des réseaux hydrographiques et des paysages désertiques.
- Les réseaux hydrographiques et les formes désertiques se sont ainsi remodelés au fil de ces fluctuations climatiques, laissant des traces dans le paysage actuel.

5.2. Système morphologique de l'Algérie

L'Algérie se distingue par une grande diversité morphoclimatique, que l'on peut diviser en trois domaines climatiques principaux :

* **Domaine humide** : situé au nord, correspond à la zone littorale et tellienne ; il se compose de plaines côtières, de bassins intérieurs et de reliefs montagneux plissés, soumis à un climat méditerranéen relativement humide qui favorise une morphogenèse active dominée par l'érosion hydrique et les glissements de terrain. Le relief est dominé par des vallées encaissées, des versants abrupts et des glacis sur les plateaux calcaires. L'érosion fluviale est intense, donnant naissance à des terrasses et à des modelés karstiques.

* **Domaine aride** : occupant la zone intermédiaire des Hauts-Plateaux et de l'Atlas saharien, se caractérise par une topographie moins contrastée (reliefs tabulaires), avec des plateaux et collines douces, des cuvettes endoréiques (Chotts) et des sebkhas. Il représente une transition où l'aridité croissante accentue l'érosion mécanique, la sédimentation épisodique et l'instabilité des sols.

* **Domaine désertique ou Saharien** : couvre l'essentiel du territoire national, est dominé par de vastes étendues désertiques organisées en ergs, regs, hamadas et massifs isolés (Hoggar, Tassili n'Ajjer). La morphogenèse est largement conditionnée par l'aridité extrême où les formes éoliennes, comme les dunes en croissant et les yardangs, prédominent, tandis que les cuvettes éoliennes (daïas) ponctuent les plaines désertiques.

* **Formes communes aux zones arides** : Certaines formes, telles que les dunes et les cuvettes hydroéoliennes, sont communes aux zones arides et sahariennes, illustrant la notion de morphologie azonale.

- Dunes et formes éoliennes (barchanes, ergs, yardangs).
- Cuvettes hydroéoliennes (daïas), sebkhas et chotts.
- Érosion aréolaire et ravinement diffus sur glacis et plateaux.

5.3. Evolution des formes dans les trois domaines

L'évolution morphologique des reliefs algériens dépend étroitement de l'interaction entre climat et lithologie.

Dans le domaine humide, l'érosion fluviale façonne des vallées encaissées et des terrasses, et l'eau joue un rôle prépondérant dans le transport des sédiments.

Dans le domaine aride, l'érosion diffuse et éolienne domine, les cours d'eau étant intermittents, et les formes évoluent lentement.

Dans le domaine saharien, l'érosion éolienne devient le principal agent morphogénique, sculptant les reliefs rocheux en yardangs et en mesas et accumulant les sables sous forme de dunes linéaires ou en croissant.

Ces variations climatiques et spatiales montrent comment le climat agit comme un facteur externe majeur dans la morphogenèse, influençant directement l'hydrographie, les sols et l'occupation humaine.

La géomorphologie climatique azonale met en évidence l'influence déterminante du climat sur le façonnement des reliefs. Les oscillations du Quaternaire, l'action combinée de l'érosion fluviale, éolienne et périglaciaire, ainsi que les caractéristiques spécifiques des différents domaines climatiques algériens, ont produit une grande diversité de formes. L'analyse de ces domaines permet de comprendre l'évolution des paysages et constitue une base indispensable pour anticiper les dynamiques futures, notamment face aux changements climatiques et aux pressions anthropiques.

6. Prépondérances écologiques du facteur géomorphologie

La géomorphologie ne se limite pas à l'étude des formes du relief ; elle influence directement la distribution des écosystèmes et les interactions entre les facteurs biotiques et abiotiques. Les formes de terrain, l'inclinaison des versants, l'altitude, la nature lithologique et les processus de surface conditionnent la circulation de l'eau, la formation des sols, l'ensoleillement et les microclimats locaux. Ainsi, la géomorphologie joue un rôle prépondérant dans la structuration écologique, influençant la répartition des végétaux, la biodiversité et l'occupation humaine.

6.1. Influence de la topographie sur les écosystèmes

La topographie module la disponibilité en eau et la formation des sols. Les vallées encaissées et les dépressions collectent l'eau de ruissellement et favorisent l'accumulation de sédiments fertiles, ce qui permet le développement de forêts ripariennes ou de zones humides. Les versants abrupts, par contre, limitent l'accumulation des sols et favorisent des communautés végétales adaptées aux conditions plus sèches et à l'érosion active. Les altitudes élevées créent des gradients thermiques et hydriques qui déterminent des zonations écologiques, comme dans les massifs montagneux du Nord de l'Algérie.

6.2. Rôle de la lithologie et du substrat

La nature des roches et des sols influence la disponibilité en éléments nutritifs et la capacité de rétention d'eau. Les roches calcaires, par exemple, donnent des sols profonds et bien drainés favorables aux prairies et aux forêts méditerranéennes, tandis que les sols argileux et peu perméables favorisent l'accumulation d'eau et le développement de zones humides ou de cultures. La géomorphologie, en modulant l'exposition et la composition du substrat, conditionne ainsi directement les types de végétation et les habitats fauniques.

6.3. Effets des processus morphogéniques sur l'écologie

Les processus géomorphologiques tels que l'érosion, les glissements de terrain, la formation de terrasses fluviales ou l'accumulation éolienne influencent la dynamique écologique. L'érosion linéaire crée des chenaux et des terrasses qui servent de corridors écologiques pour la faune et facilitent la dispersion des espèces. Les formations éoliennes comme les dunes peuvent constituer des microhabitats spécifiques pour certaines plantes et animaux adaptés aux conditions arides. Les dépressions hydroéoliennes (daïas) et les zones karstiques créent des zones humides isolées, contribuant à la biodiversité locale et à la diversité des microclimats.

6.4. Prépondérance de la géomorphologie dans la répartition écologique

En synthèse, la géomorphologie apparaît comme un facteur majeur dans la structuration des écosystèmes. Elle agit comme un cadre spatial qui module les conditions abiotiques et crée des niches écologiques variées. Sa prépondérance est particulièrement visible dans les zones climatiques contrastées de l'Algérie, où la combinaison relief-lithologie-climat détermine la distribution de la végétation, des habitats fauniques et même des activités humaines. La compréhension de ces interactions est essentielle pour la gestion des ressources naturelles, la conservation de la biodiversité et l'aménagement du territoire.

