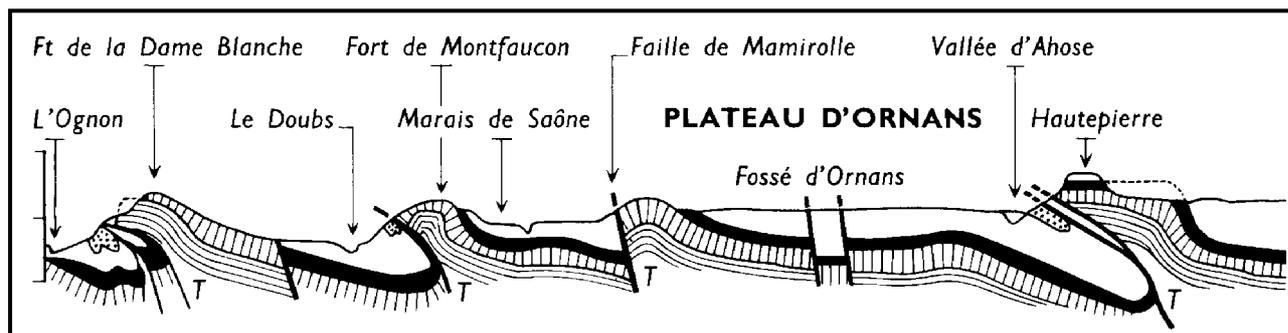


# Quelques éléments de géologie



Coupe géologique Nord-Ouest/Sud-Est dans la région jurassienne. D'après M. Dreyfuss, *in* Vincent (1970).

Sylvain Gaudin

<b>I. Les roches, leur génèse et leur altération</b>	<b>1</b>
<b>I.1. Quelques éléments de minéralogie</b>	<b>1</b>
<i>I.1.1. Qu'est-ce qu'un minéral ?</i>	1
<i>I.1.2. Quelques éléments de cristallographie</i>	2
<i>I.1.3. Les critères de reconnaissance des minéraux</i>	2
<b>I.2. Quelques exemples de minéraux</b>	<b>3</b>
<i>I.2.1. Les carbonates</i>	3
<i>I.2.2. Les silicates</i>	3
<i>I.2.3. Quelques minéraux courants</i>	4
<b>I.3. Les différentes familles de roches</b>	<b>5</b>
<i>I.3.1. Présentation des grandes familles</i>	5
<i>I.3.2. Les roches sédimentaires</i>	6
<i>I.3.3. Les roches éruptives</i>	9
<i>I.3.4. Les roches métamorphiques</i>	11
<i>I.3.5. L'altération des roches</i>	13
<i>I.3.6. Schéma global de formation et d'évolution des roches</i>	14
<b>II. Notion de stratigraphie et de tectonique - lecture de cartes géologiques</b>	<b>15</b>
<b>II.1. Quelques éléments de stratigraphie</b>	<b>15</b>
<i>II.1.1. Intérêt des fossiles</i>	15
<i>II.1.2. Les tables de la loi... de la stratigraphie</i>	15
<i>II.1.3. Chronologie relative et chronologie absolue</i>	16
<b>II.2. Quelques notions de tectonique</b>	<b>17</b>
<i>II.2.1 Comportement des roches</i>	17
<i>II.2.2. Les accidents tectoniques</i>	17
<b>II.3. Les cartes géologiques</b>	<b>18</b>
<i>II.3.1. Description (� l'aide d'exemples)</i>	18
<i>II.3.2. Exemples d'utilisation des cartes géologiques par le forestier</i>	20
<b>III. Quelques éléments de géomorphologie (d'après Viers, 1967)</b>	<b>21</b>
<b>III.1. Les phénomènes d'érosion</b>	<b>21</b>
<i>III.1.1. Les trois aspects de l'érosion</i>	21
<i>III.1.2. Les agents de l'érosion</i>	22
<i>III.1.3. Systèmes d'érosion et crises climatiques</i>	25
<b>III.2. Quelques exemples de modelé</b>	<b>25</b>
<i>III.2.1. Cas des roches sédimentaires meubles</i>	25
<i>III.2.2. Cas des roches sédimentaires d�litables (exemple de la craie)</i>	26
<i>III.2.3. Cas des roches sédimentaires massives</i>	26
<i>III.2.4. Cas des calcaires massifs : le modelé karstique</i>	26
<i>III.2.5. Cas des roches magmatiques et métamorphiques</i>	27
<b>III.3. Exemples de reliefs</b>	<b>28</b>
<i>III.3.1. Exemple du massif jurassien</i>	28
<i>III.3.2. Les cuervas des bassins sédimentaires</i>	28
<b>Conclusion</b>	<b>29</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>29</b>

# Quelques éléments de géologie

## Objectifs :

- Etre capable d'identifier les principaux minéraux et les principales roches et dégager leurs propriétés et leur altérabilité.
- Etre capable d'utiliser et interpréter une carte géologique.
- Etre capable d'utiliser les données géologiques pour lire un paysage.

La géologie est une science qui a pour objet l'étude de la structure et de l'évolution de l'écorce terrestre. Si le forestier ne se doit pas d'être un géologue confirmé, il doit néanmoins posséder quelques connaissances fondamentales dans cette discipline, notamment parce que la nature géologique d'un endroit influe sur la pédogénèse. De plus, il doit également savoir lire et utiliser une carte géologique à des fins professionnelles, que ce soit pour des études de stations ou de la lecture de paysage.

## I. Les roches, leur génèse et leur altération

L'objet de ce chapitre est d'étudier les roches. On définit comme roche tout matériau entrant dans la composition de l'écorce terrestre, à l'exception de l'eau et de la glace. Généralement, les roches correspondent à des solides aux conditions normales de température et de pression. On trouve toutefois des exceptions (le pétrole, par exemple).

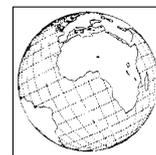
Les éléments chimiques qu'on retrouve fréquemment dans les roches sont : Oxygène (O), Silicium (Si), Aluminium (Al), Calcium (Ca), Sodium (Na), Potassium (K), Fer (Fe) et Magnésium (Mg).

### I.1. Quelques éléments de minéralogie

#### I.1.1. Qu'est-ce qu'un minéral ?

Les minéraux sont les *constituants des roches*. On distingue deux modes d'agencement des atomes à l'intérieur d'un minéral :

- l'état **amorphe**, où les atomes sont assemblés dans le plus complet désordre,



- l'état **crystallin**, où les atomes sont disposés selon un arrangement tridimensionnel périodique.

L'état amorphe est rare dans la nature car il est chimiquement instable. On peut citer la calcédoine ou l'opale (silice  $\text{SiO}_2$ ) ou bien des laves volcaniques ayant refroidi très rapidement. Les atomes étant répartis dans le désordre, l'état amorphe est caractérisé par son isotropie.

L'état cristallin domine parmi les minéraux. Il est reconnaissable à l'échelle microscopique ou macroscopique par des formes géométriques bien définies. Les pierres précieuses sont des exemples de cristaux, mais il en existe beaucoup d'autres.

### 1.1.2. Quelques éléments de cristallographie

Comme il vient d'être dit, les cristaux sont définis par un agencement périodique de leurs atomes. Ces atomes peuvent être liés entre eux par divers types de liaison (liaison ionique, covalente, Van der Waals...).

La forme des cristaux est liée à la façon dont les atomes sont agencés (notion de réseau et de maille). On définit plusieurs types de réseau, les atomes pouvant se trouver aux sommets d'un cube, au sommet et au centre des faces d'un cube, aux sommets d'un parallélépipède rectangle...

### 1.1.3. Les critères de reconnaissance des minéraux

Les minéraux peuvent être différenciés par les critères suivants :

- **La couleur et l'éclat.** On différencie les minéraux clairs (qui ne contiennent pas de Fer ni de Magnésium) des minéraux foncés (qui en contiennent). Par exemple, le quartz ( $\text{SiO}_2$ ) et la calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) sont clairs. La biotite ou mica noir  $\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  est foncée.

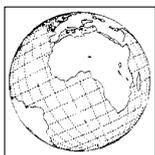
Pour ce qui est de l'éclat, il peut être vitreux (cas du quartz), nacré (cas de l'orthose) ou mat (cas de la leucite).

La couleur n'est pas souvent un bon critère pour différencier un minéral car elle peut varier, notamment en raison d'impuretés.

- **La dureté.** Les minéraux étant plus ou moins durs, une échelle a été créée (elle va du talc, le moins dur, au diamant, le plus dur). Elle permet de hiérarchiser les minéraux car celui qui raye un autre est plus dur que lui.

- **La densité.** C'est le poids d'un corps divisé par le poids qu'aurait un même volume d'eau (ou bien le poids du minéral divisé par son volume). Par exemple, la densité du quartz est de 2,65, celle de la calcite de 2,71, celle de l'Olivine peut atteindre 4,39...

- **Le clivage et la cassure.** Le clivage correspond au morcellement d'un minéral en fragments limités par des surfaces planes, la cassure au morcellement selon des fractures irrégulières. Par exemple, le mica noir (biotite) est fragile et se détache par feuillets (plan de clivage).



D'autres méthodes de détermination des minéraux existent, mais elles nécessitent une préparation poussée en laboratoire (observation au microscope de lames minces en lumière naturelle et polarisée ; diffraction aux rayons X).

#### L'acidité des minéraux

*On définit l'acidité des minéraux silicatés en fonction du rapport entre le nombre d'atomes de silicium et le nombre total de cations (ions positifs).*

*Si ce rapport est compris :*

- *entre 0 et 50 %, on parle de minéraux **basiques**,*
- *entre 50 et 60 %, on parle de minéraux **neutres**,*
- *entre 60 et 100 %, on parle de minéraux **acides**.*

*Par exemple, la biotite a pour formule :*



*On trouve comme rapport :  $3/11 \approx 27\%$  : c'est un minéral basique.*

## 1.2. Quelques exemples de minéraux

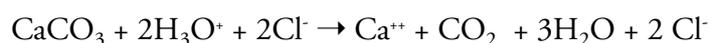
### 1.2.1. Les carbonates

L'élément de base des carbonates est le groupe anionique  $[\text{CO}_3]^{2-}$  qui peut se combiner avec un cation (ion positif) divalent parmi les suivants :  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$  ou  $\text{Mg}^{++}$ .

On trouve souvent  $\text{CaCO}_3$ , mais aussi parfois  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , la dolomite (le célèbre « calcaire de magnésium » contre lequel seul un anti-calcaire bien connu peut lutter...).

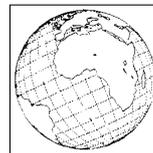
Le  $\text{CaCO}_3$  peut être trouvé sous forme cristalline de *calcite* (dans les roches sédimentaires ou métamorphiques) ou d'*aragonite* (dans les squelettes et coquilles d'animaux).

Il réagit à la présence d'acide (ici, de l'acide chlorhydrique) par un dégagement gazeux (de  $\text{CO}_2$ ) selon la réaction :



### 1.2.2. Les silicates

Les silicates sont caractérisés par la présence de silicium. Celui-ci se trouve au milieu de tétraèdres et est entouré de quatre atomes d'oxygène pour former le groupement  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ . Parfois, un atome de silice est remplacé par un atome d'aluminium.



Cette famille est particulièrement importante au niveau de la croûte terrestre (93 % des minéraux de celle-ci). La *silice* et l'*oxygène* sont les deux premiers éléments constitutifs de l'écorce.

Les silicates sont classés selon la façon dont s'agencent les tétraèdres de  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  (cf. p.96 fiche silicates - Caron *et al.*, 1995).

#### 1.2.2.1. Tétraèdres isolés : les nésosilicates

Les tétraèdres sont ici isolés les uns des autres. On trouve entre autre dans cette famille l'olivine.

#### 1.2.2.2. Tétraèdres en paires : les sorosilicates

Ici les tétraèdres sont groupés par paires.

#### 1.2.2.3. Tétraèdres en anneaux : les cyclosilicates

Les tétraèdres forment ici des anneaux de 3, 4, 6 ou plus éléments. Les minéraux de cette famille sont peu fréquents. On peut citer l'émeraude verte, une variété limpide de béryl.

#### 1.2.2.4. Tétraèdres en chaînes : les inosilicates

On peut trouver des chaînes simples ou doubles dans cette famille. Les pyroxènes et amphiboles sont des minéraux importants de cette famille.

#### 1.2.2.5. Tétraèdres en feuillets : les phyllosilicates

Les tétraèdres sont ici groupés en feuillets. Cette famille est particulièrement importante, on y trouve notamment :

- les micas,
- les argiles :
  - Kaolinite,
  - Illites,
  - Montmorillonites,
  - Vermiculites,
  - Serpentes.

#### 1.2.2.6. Tétraèdres associés dans les trois plans : les tectosilicates

Cette famille où les tétraèdres sont liés à tous leurs voisins par leurs quatre atomes d'oxygène sont aussi très importants.

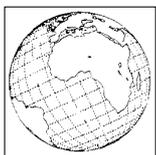
On distingue en particulier :

- le quartz ( $\text{SiO}_2$ ),
- les feldspaths,
- les feldspathoïdes.

### 1.2.3. Quelques minéraux courants

#### 1.2.3.1. Importance des silicates

Parmi les 93 % des minéraux de l'écorce terrestre que représentent les silicates, on peut distinguer :



- Les feldspaths (alcalins : 31 % ; plagioclases : 29 %) (60 %),
- Le quartz (12 %),
- Le pyroxène (12 %),
- La biotite (mica noir) (3,8 %),
- L'olivine (2,6 %),
- L'amphibole (1,7 %),
- La muscovite (1,4 %),
- Divers (4 %).

#### 1.2.3.2. Reconnaissance de quelques minéraux

- **Les feldspaths**

- orthose : moins dur que le quartz, l'orthose est blanc dans les granites gris et rose (impuretés) dans les granites roses. Les cassures sont à facettes saillantes (clivage). On observe parfois des macles (cassure présentant une moitié brillante et une moitié mate en raison d'une différence angulaire).

- plagioclase : les plagioclases accompagnent souvent l'orthose dans le granite. Il s'agit d'un minéral blanc.

- **Le quartz**

Il est présent dans les roches sous forme de grains grisâtres, à éclat gras, sans forme spécifique (il cristallise en dernier et ne peut donc acquérir la forme qu'il aurait à l'état isolé). Il est très dur.

- **La biotite (mica noir)**

Il s'agit de lamelles noires à reflets mordorés, pouvant être détachées à l'aide d'une aiguille.

- **Les argiles**

L'argile sèche est rayable à l'ongle, friable, poreuse, avide d'eau. Quand elle est imbibée d'eau, elle est imperméable.

### 1.3. Les différentes familles de roches

#### 1.3.1. Présentation des grandes familles

On classe habituellement les roches selon leur origine. On différencie :

- Les roches **exogènes** (ayant pris naissance à la surface du globe),

- *roches sédimentaires*

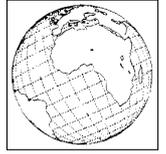
- Les roches **endogènes** (ayant pris naissance à l'intérieur du globe)

- **roches magmatiques** (refroidissement et cristallisation d'un magma)

◇ refroidissement lent : *roches plutoniques*

◇ refroidissement rapide : *roches volcaniques*

- **roches métamorphiques** (transformation par la température et la pression de roches existantes)



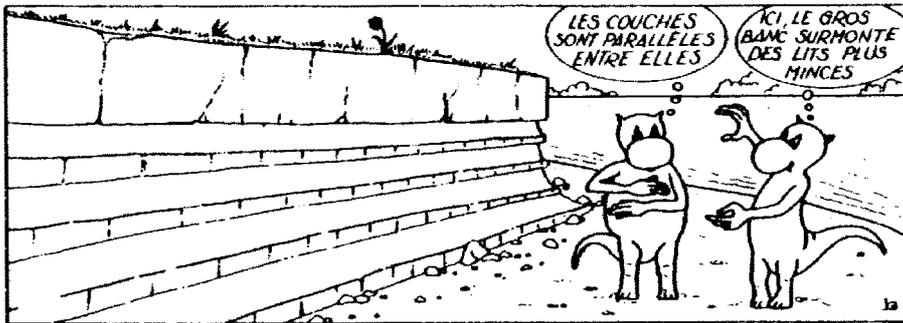
Pour ce qui est de l'importance relative de ces roches, on consultera la carte géologique de la France.

### 1.3.2. Les roches sédimentaires

Les roches sédimentaires ne représentent que 8 % de la croûte terrestre. Elles se rencontrent sous forme de roches meubles (sables, graviers, limons...) ou consolidées (argiles, calcaires, gypse...). Elles forment 75 % de la surface des continents et probablement une proportion encore plus grande de la surface des fonds océaniques.

#### 1.3.2.1. Caractéristiques et critères de reconnaissance

Les roches sédimentaires sont disposées en *strates*. Elles peuvent contenir des macro et microfossiles (restes d'organismes vivants).



Affleurement en falaise montrant la disposition des roches sédimentaires in Debrand-Passard, Prost et Goyallon, 1987

#### 1.3.2.2. Génèse

Étapes de la création d'une roche sédimentaire :

- **origine des constituants des roches sédimentaires**

- *origine détritique* (altération de roches préexistantes),

Par exemple, l'altération d'un granite va donner des grains de sable (quartz) et des argiles.

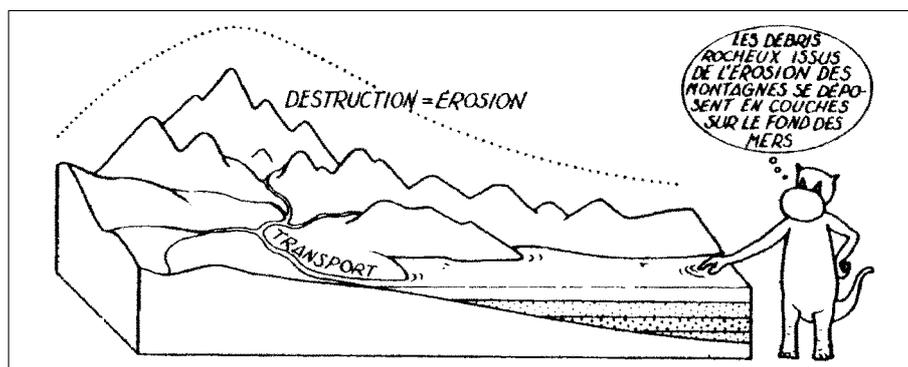
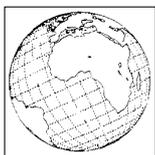


Illustration des phénomènes d'érosion, de transport et de sédimentation in Debrand-Passard, Prost et Goyallon, 1987

- *origine chimique* (précipitation de substances minérales dans l'eau)

Certains calcaires résultent de la précipitation de  $\text{CaCO}_3$  selon l'équation suivante :





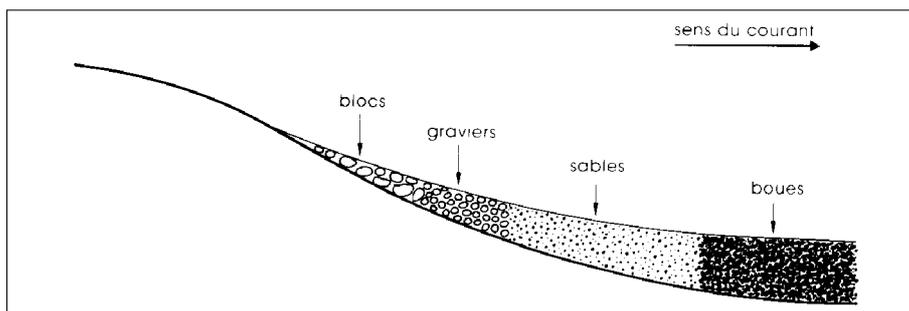
Les roches salines, ou évaporites (gypse, sel gemme) ont cristallisé après évaporation d'eaux riches en sulfate de calcium ou en chlorure de sodium.

- *origine biologique* (accumulation de restes végétaux ou animaux)

La craie, roche carbonatée, est constituée par l'accumulation de Coccolithes, petits disques de calcaire recouvrant des êtres unicellulaires.

• **transport et dépôt des produits d'altération**

L'érosion permet le transport des sédiments. Le transport se fait souvent par l'eau et on peut assister à un granoclassement. En effet, les éléments les plus lourds sédimentent en premier et les moins lourds ensuite.

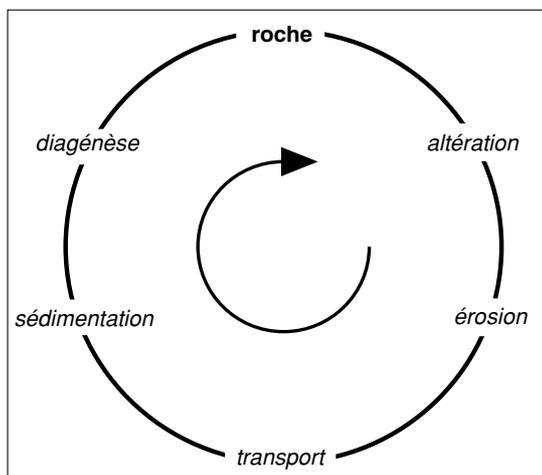


Ainsi, les sédiments sont transportés des points hauts vers les points bas et aboutissent soit dans des eaux douces, soit dans la mer. On a ensuite *sédimentation*, c'est-à-dire dépôt des sédiments au fond du milieu dans lequel ils se trouvent.

• **La diagénèse**

Cette étape correspond à la transformation des dépôts en roche. Elle commence dès le dépôt des sédiments. Elle correspond :

- à une *expulsion progressive d'eau* (qui favorise la compaction),
- à une *cimentation*, par dépôt entre les particules du sédiment, de produits circulant (le sable est ainsi cimenté en grès quartzeux ou carbonaté, les boues carbonatées forment du calcaire, les vases argileuses forment de l'argile et des schistes...).



Cycle d'évolution d'une roche, d'après Dercourt et Paquet (1995).

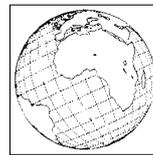
Après la diagénèse, des mouvements de l'écorce (orogénèse) ou des régressions (recul de mers) peuvent permettre aux roches sédimentaires d'affleurer.

1.3.2.3. Classification

On peut classer les roches sédimentaires selon :

- leur *origine* (détritique, chimique, organique...),
- leur *mode de dépôt* (marin, lacustre, éolien...),
- leur *composition chimique* (siliceuse, argileuse, calcaire...).

C'est ce dernier mode de classification qui a été choisi ici.



#### 1.3.2.3.1. Les roches silicatées (≈ 65/70 % des roches sédimentaires)

Les roches silicatées sont les roches sédimentaires les plus importantes. Elles sont d'origine détritique, c'est-à-dire qu'elles résultent de l'altération d'autres roches.

On rencontre parmi ces roches les *argiles* (silicates d'alumine hydratés, renfermant parfois du fer ou du magnésium) et les schistes argileux.

#### 1.3.2.3.2. Les roches siliceuses (≈ 15/20 % des roches sédimentaires)

Ce sont des roches formées essentiellement de silice, très dures pour la plupart, rayant le verre et l'acier.

On peut citer dans ce groupe des roches d'origine :

- **détritique** : le grès, les sables, les poudingues, les brèches...
- **organique** : radiolarite, gaize...
- **chimique** : silex de la craie, chailles des calcaires jurassiques marins, meulière... faites de calcédoine (variété de silice différente du quartz).

#### 1.3.2.3.3. Les roches carbonatées (≈ 8/14 % des roches sédimentaires)

Ce sont des roches qu'on peut reconnaître par effervescence à l'acide. On distingue des roches d'origine :

- **organique**. On peut avoir accumulation de calcaire chez des animaux ou des végétaux. A leur mort, il y a libération puis sédimentation de ce calcaire ce qui peut donner des roches. On peut citer le calcaire à entroques, à foraminifère, coquiller, édifié par des coraux, par des algues calcaires...

- **détritique**. Elles proviennent de l'érosion de roches calcaires préexistantes, par exemple le calcaire lithographique à grain très fin. On trouve dans cette catégorie des calcaires contenant une proportion plus ou moins importante d'argiles (allant du calcaire marneux aux argiles calcari-fères).

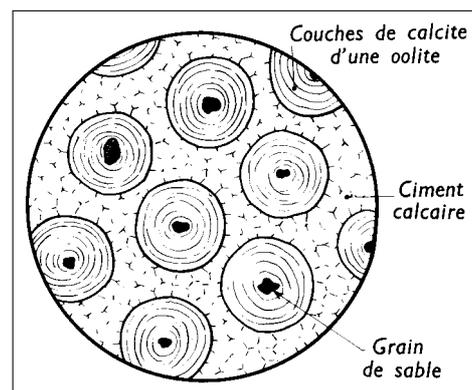
- **chimique**. Ces roches résultent de la précipitation de calcaire originellement dissous dans l'eau sous forme de  $\text{HCO}_3^-$  et de  $\text{Ca}^{++}$ . On peut citer par exemple, les stalagmites et stalagmites, la majorité des calcaires lacustres, le calcaire oolitique.

Aux calcaires, on peut adjoindre la dolomie, comportant du magnésium  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

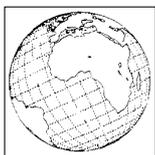
#### 1.3.2.3.4. Les roches peu répandues

Si ces roches ont quantitativement peu d'importance, elles ont au regard de l'activité humaine un rôle prépondérant. On distingue :

- les roches salines (gypse, sel gemme, potasse...),
- les roches carbonées (houille, lignite tourbe, bitume, pétrole...).



Calcaire oolitique. Schéma d'une plaque mince vue au microscope, in Vincent, (1970).



### 1.3.3. Les roches éruptives

#### 1.3.3.1. Caractéristiques et critères de reconnaissance

Ces roches ont en commun d'avoir pour origine un magma (roches en fusion). On distingue, selon la durée du refroidissement, les *roches plutoniques* (refroidissement lent) et les *roches effusives* (refroidissement rapide).

- **roches plutoniques**

Elles sont caractérisées par la présence de *cristaux visibles à l'œil nu*. On ne distingue pas de pâte (roches holocristallines, i.e. uniquement composées de cristaux). Elles ne possèdent pas de fossiles, ni de pores et sont très massives. Les cristaux ne sont pas orientés.

La plus commune de ces roches est le *granite* (formé dans la zone supérieure du magma), mais on peut également rencontrer des gabbros, diorites, siénites (formés à une profondeur moyenne) et des péridotites (formées dans les régions les plus profondes).

- **roches effusives (ou volcaniques)**

On distingue généralement dans ces roches *quelques cristaux visibles à l'œil nu* noyés dans une *pâte amorphe*. Une observation au microscope permet de distinguer dans la pâte la présence de nombreux petits cristaux. On trouve dans ces roches des cavités dues au dégazage du magma. On peut également y trouver quelques fossiles, mais généralement, il ne résistent pas à la chaleur.

Le *basalte* est la plus commune des roches volcaniques, mais on peut également trouver de l'andésite ou des trachytes.

#### 1.3.3.2. Génèse

- Les **roches plutoniques** cristallisent en profondeur. Leur refroidissement étant lent, de gros cristaux peuvent se former. Lorsqu'on trouve des affleurements de roches plutoniques, cela signifie que la couverture présente initialement au dessus a été entièrement décapée par l'érosion.

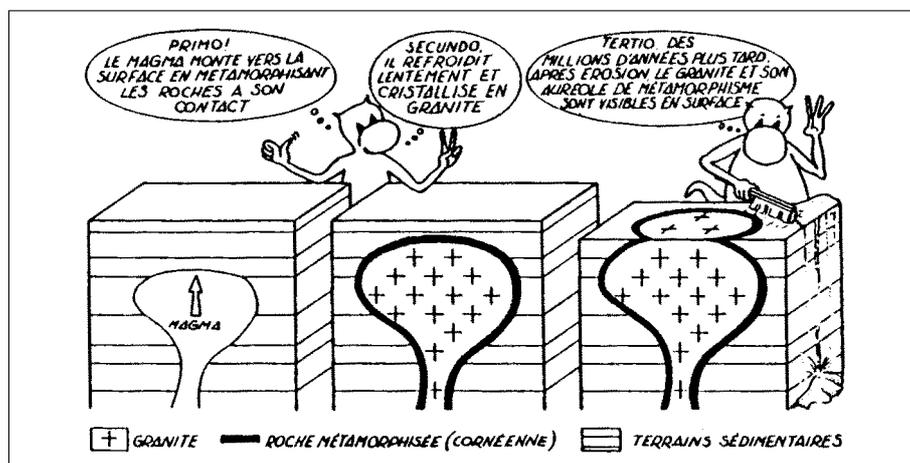
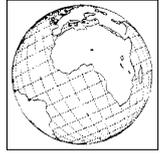
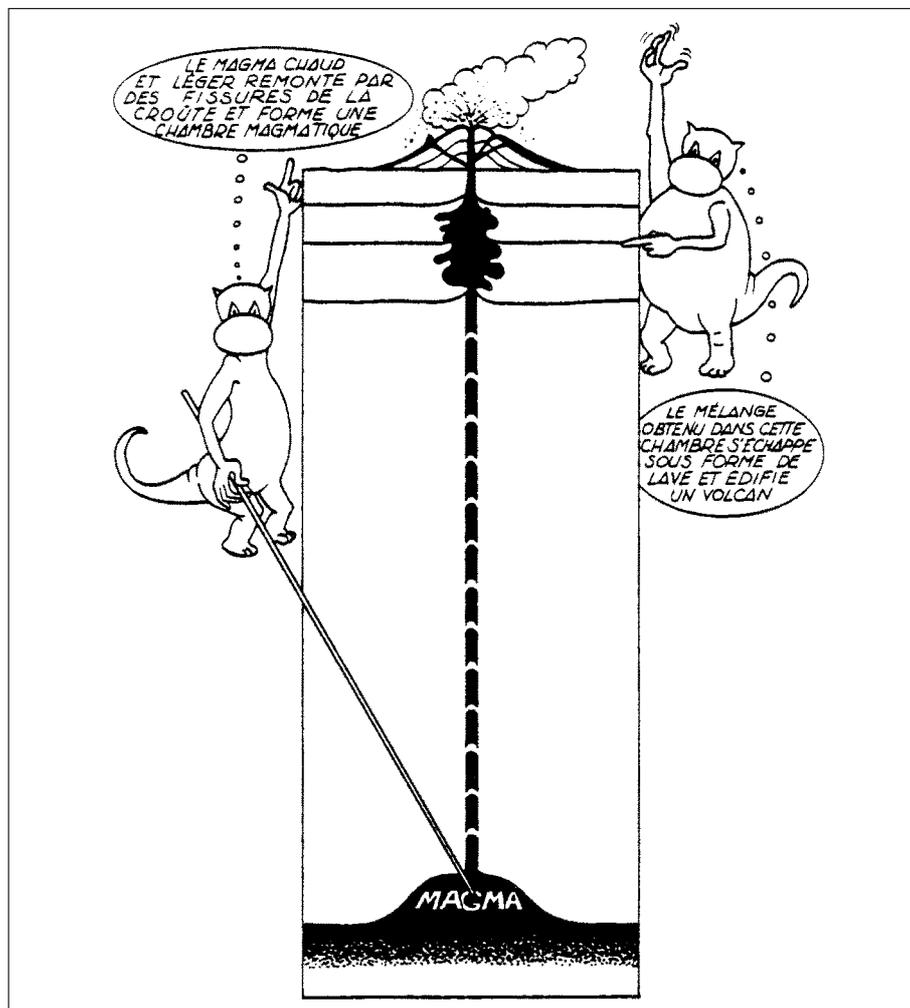


Schéma de mise en place des roches plutoniques, in Debrand-Passard, Prost et Goyallon, (1987).



• Les **roches effusives** sont mises en place par un refroidissement rapide. Le magma perce, à l'occasion d'une fracture, l'écorce terrestre et progresse de 50 à 100 km pour arriver à la surface. Les éruptions sont soit explosives (bombes, cendres, nuées ardentes), soit sous forme pâteuse (laves).

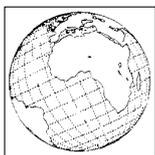
Au cours de sa montée, le magma se différencie chimiquement et peut donner des roches aussi différentes que le basalte ou la rhyolite. Les phénocristaux (les cristaux visibles à l'œil nu) se sont formés lors de l'ascension dans l'écorce terrestre et dans la chambre magmatique. Se sont formés ensuite les microcristaux puis la pâte par refroidissement rapide à la surface.



Fonctionnement d'un volcan, in Debrand-Passard, Prost et Goyallon, (1987).

### 1.3.3.3. Classification

La classification des roches magmatiques peut reposer sur la *couleur* (présence de minéraux sombres ou de minéraux clairs) et sur la *composition chimique*. La composition chimique et minéralogique peut être identique pour certaines roches qui ont des origines très différentes (roches plutoniques et effusives). C'est pour cela qu'on les regroupe deux à deux, l'une des roches étant effusive, l'autre plutonique.



Roches microlithiques

D'après Gourlaouen, et al. (1982).

Minéraux clairs	Basalte	Andésite	Trachyte	Rhyolite
Quartz				
Orthose				
Plagioclase				
Mica blanc				
Mica noir				
Amphibole				
Pyroxène				
Péridot				
Minéraux sombres	Gabbro	Diorite	Syénite	Granite

Roches grenues

1.3.4. Les roches métamorphiques

1.3.4.1. Caractéristiques et critères de reconnaissance

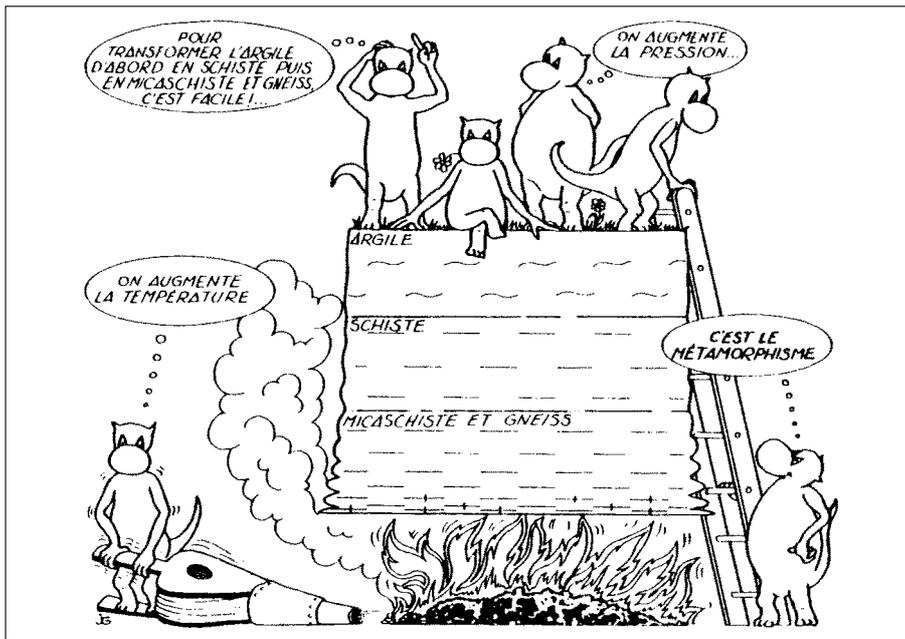
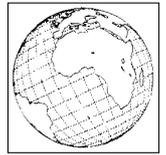
Les roches métamorphiques proviennent de la transformation par la température et la pression de roches sédimentaires ou magmatiques, voire métamorphiques. Elles peuvent être variées dans leur aspect. En général :

- elles sont souvent entièrement cristallisées et présentent des cristaux de grande taille visibles à l'œil nu,
- elles possèdent une structure en feuillet (schistosité, foliation),
- elles sont compactes (sans cavités),
- elles ne possèdent pas de fossiles (on peut parfois en trouver, mais ils sont alors souvent déformés).

1.3.4.2. Génèse

Le métamorphisme peut avoir lieu lors de l'enfouissement de roches en profondeur (de 5 à 50 km), à la suite de mouvements de l'écorce terrestre (*métamorphisme général*), ou bien lors de la remontée d'un magma qui va modifier les terrains qui sont autour de lui (*métamorphisme de contact*).

Il y a dans tous les cas augmentation de la température et de la pression. En effet, plus on descend dans la croûte terrestre, plus la température croît (environ 1°C/30 m dans les mines du nord) et l'intrusion d'un magma chauffe les terrains qui se trouvent autour. Pour ce qui est de la pression, le poids des terrains situés au dessus augmente considérablement la pression dans le cadre du métamorphisme général et l'intrusion d'un massif dans le cas du métamorphisme de contact l'augmente également (mais à un degré moindre).



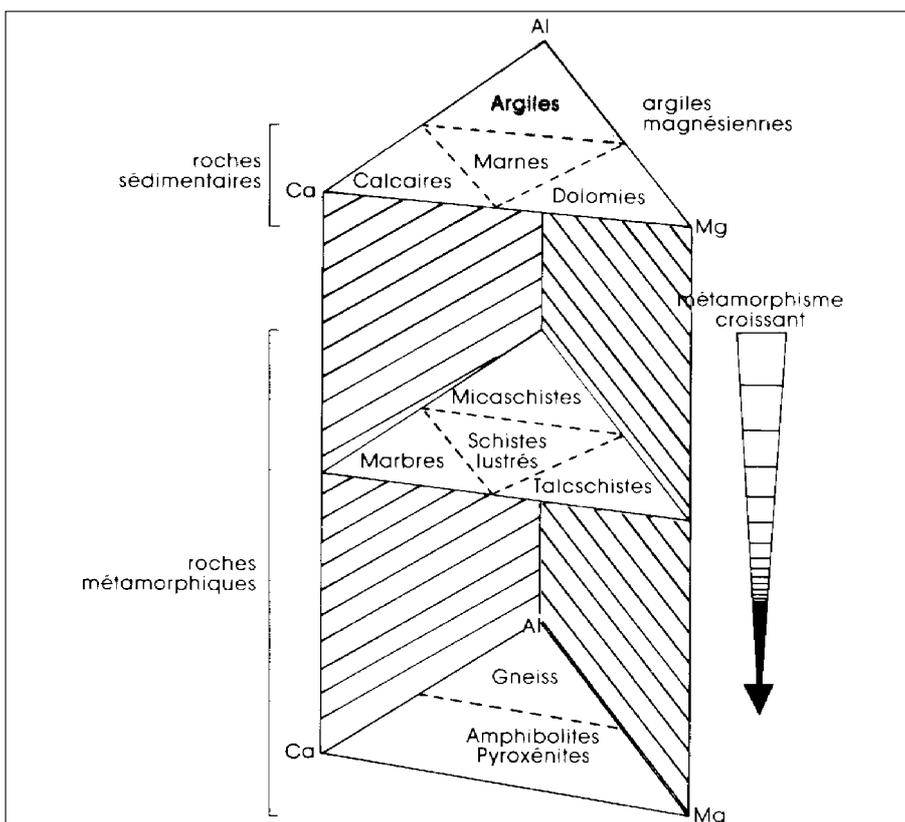
D'après Debrand-Passard, Prost et Goyallon, (1987).

En raison de l'augmentation de la température et de la pression, le domaine du métamorphisme se situe entre la diagénèse et l'anatexie (fusion partielle des minéraux).

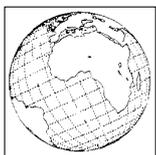
#### 1.3.4.3. Classification

Les roches métamorphiques sont difficiles à classer, car il y a parmi elles une *diversité importante* dans la composition chimique, la structure et les associations minéralogiques.

Le schéma suivant donne un exemple de devenir de différentes roches sédimentaires dans le cadre du métamorphisme général.



D'après Gourlaouen, et al. (1982).



Toujours dans le cadre du métamorphisme général, on peut avoir passage d'un granite ou d'une rhyolite en gneiss, riche en quartz, feldspaths et muscovite et pauvre en biotite.

On peut également avoir passage de :

- grès à quartzite,
- de schistes à schistes tachetés puis cornéenne,
- calcaire à marbre,

dans le cas du métamorphisme de contact.

### 1.3.5. L'altération des roches

#### 1.3.5.1. Les agents de l'altération

##### 1.3.5.1.1. L'altération physique

Les roches ne forment pas des blocs homogènes. Les plissements provoquent des contraintes et créent des *diaclasses*. Les limites de strates (joints de stratification) dans les roches sédimentaires et les limites de coulées successives dans le cas des roches volcaniques sont également des lieux privilégiés de fracture.

Ainsi, la plupart du temps, les roches se présentent sous forme de blocs plus ou moins parcourus par des fissures et des diaclasses. Il en résulte diverses possibilités d'altération physique :

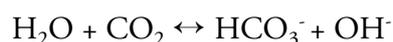
- l'eau accumulée dans les fissures peut en *gelant* et *dégelant* désagréger les roches,
- les *racines* en profitant des fissures peuvent également agrandir les trous et désagréger les roches,
- les minéraux foncés accumulant plus la chaleur solaire que les minéraux clairs, on peut avoir dans les roches cristallines une *dilatation différentielle* entraînant la dissociation des minéraux (dans les régions désertiques en particulier).

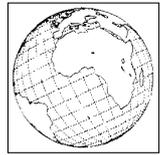
Ainsi, l'altération physique se traduit par un morcellement des roches à différentes échelles.

##### 1.3.5.1.2. L'altération chimique

L'altération chimique des roches est due à l'action de l'eau et à celle de substances dissoutes (CO<sub>2</sub>, acides humiques...). On distingue comme phénomènes :

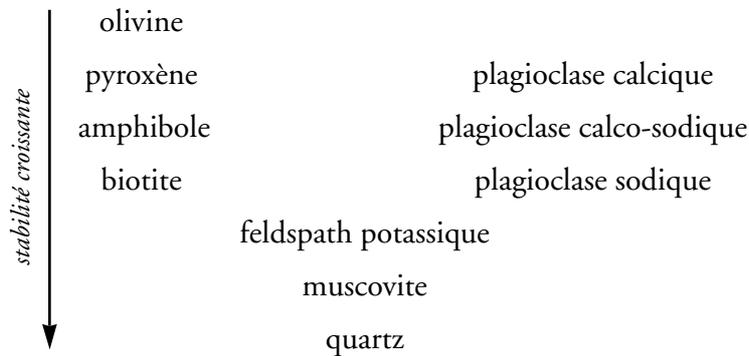
- l'**hydrolyse**, ou dislocation chimique par l'eau. Ce phénomène varie selon la température et le pH de l'eau. Il y a mise en solution des cations qui s'hydratent.
- la **disparition chimique** des calcaires, en raison des réactions chimiques suivantes :





1.3.5.1.3. La résistance des minéraux à l'altération

Sont indiqués ci-dessous les degrés d'altérabilité de divers silicates. On constate que si la plupart des minéraux sont attaqués, le quartz est particulièrement résistant et ne sera que très peu touché par l'altération.



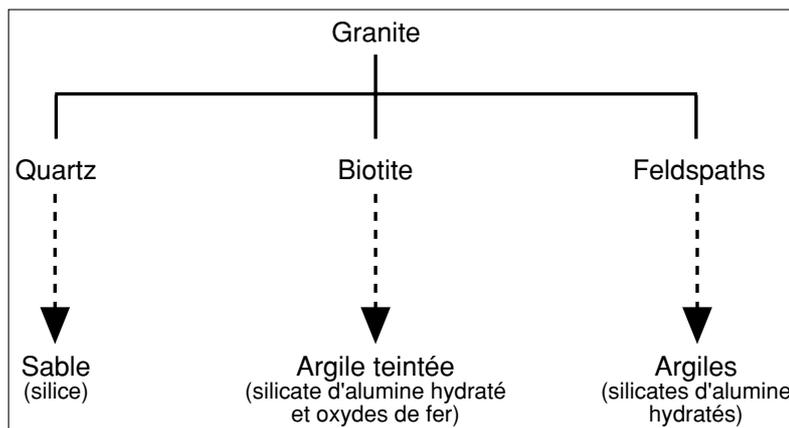
1.3.5.2. Exemples d'altération

1.3.5.2.1. Cas du calcaire

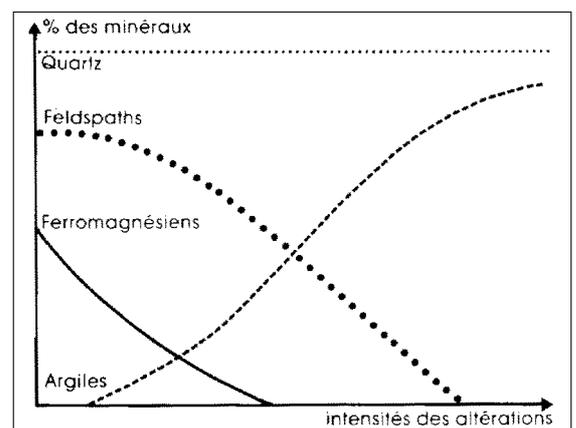
La dégradation du calcaire est à la fois physique et chimique. L'eau d'infiltration, parfois riche en acides organiques, dissout lentement le calcaire en donnant des ions calcium et du CO<sub>2</sub>. Si le calcaire contient des impuretés argileuses, celles-ci s'accumulent lentement et donnent des *argiles de décarbonatation*.

1.3.5.2.2. Cas du granite

L'altération du granite conduit à une arène granitique, mélange de sable (quartz très peu altérable) et d'argiles. En effet, les minéraux silicatés autres que le quartz sont altérés progressivement en argiles selon les schémas suivants :

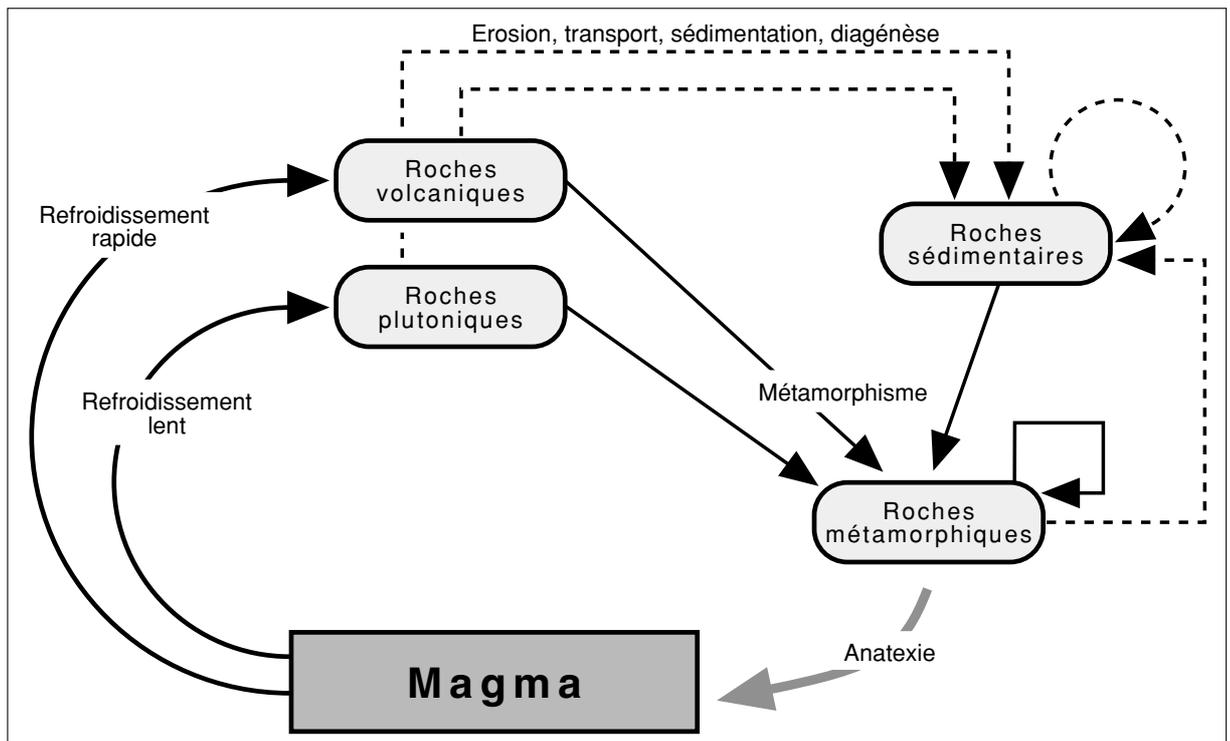
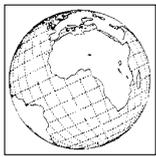


D'après Gourlaouen, et al. (1982).



1.3.6. Schéma global de formation et d'évolution des roches

Le schéma ci-contre retrace l'évolution et les passages entre les grandes familles de roches.



## II. Notion de stratigraphie et de tectonique - lecture de cartes géologiques

### II.1. Quelques éléments de stratigraphie

#### II.1.1. Intérêt des fossiles

On peut retrouver - majoritairement dans les roches sédimentaires - des fossiles, restes ou traces d'êtres vivants. Ces fossiles peuvent être intéressants pour :

- reconnaître un climat ou un milieu (*fossiles de faciès*),
- caractériser une époque géologique (*fossile stratigraphique*).

Un bon fossile stratigraphique doit avoir vécu peu de temps et avoir été présent sur la plus vaste étendue géographique possible (sur toute la terre, si possible). Par exemple, les Trilobites sont caractéristiques de l'ère primaire, les Amonites du secondaire...

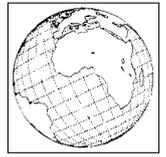
Ainsi, à l'aide d'un nombre important de fossiles, on peut contribuer à établir les grandes lignes d'une chronologie.

#### II.1.2. Les tables de la loi... de la stratigraphie

Les lois de la stratigraphie permettent de dater les strates les unes par rapport aux autres et de construire une échelle stratigraphique.

##### II.1.2.1. Le principe de superposition

Ce premier principe annonce que plus une couche est profonde, plus elle est ancienne. Autrement dit, une couche sédimentaire est plus récente que celle qu'elle recouvre.



Cette loi est globalement vérifiée, mais souffre de quelques exceptions. Par exemple, en cas de pli couché (voir plus loin), on peut avoir inversion de l'ordre des couches (série inverse). Le géologue utilise alors divers critères (polarité dans les couches, position de certains fossiles...) pour rétablir l'ordre exact.

De même, les terrasses alluviales dérogent à cette règle (voir schéma ci-contre).

#### II.1.2.2. Le principe de continuité

Ce principe dit qu'une même couche est de même âge en tout point.

Il faut donc définir ce qu'est une même couche. Pour cela on utilise des critères lithologiques (nature des roches) et paléontologiques (nature des fossiles).

#### II.1.2.3. Le principe d'identité paléontologique

Deux couches de même composition en fossiles sont de même âge, même si elles n'ont pas les mêmes critères lithologiques.

La difficulté d'application de ce critère est de définir des compositions en fossiles suffisamment fiables.

### II.1.3. Chronologie relative et chronologie absolue

#### II.1.3.1. Définitions

Les données stratigraphiques vues précédemment permettent de définir une chronologie relative. Par chronologie relative, on entend chronologie permettant de classer les roches et les phénomènes géologiques dans leur ordre d'apparition. On peut ainsi dire qu'un phénomène est antérieur à un autre, mais on ne peut les dater exactement.

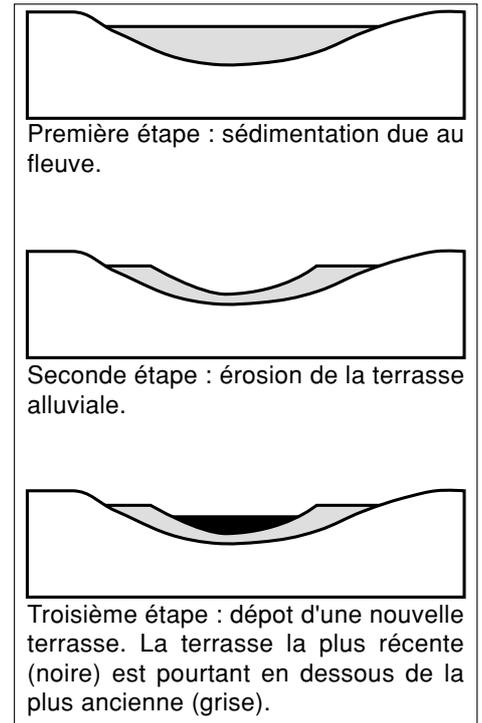
La datation absolue permet elle de donner une date exacte aux roches. Elle procède par une analyse du pourcentage d'éléments radioactifs contenus dans les roches.

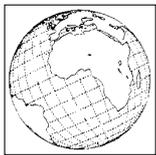
#### II.1.3.2. Présentation de la chronologie géologique

La synthèse des datations absolues et relatives a permis de dresser une chronologie géologique. Elle divise le temps en ères (primaire ou Paléozoïque, secondaire ou Mésozoïque, tertiaire ou Cénozoïque, quaternaire incluse dans le Cénozoïque).

Comme le montre la figure ci-contre qui compare cette échelle de temps à une année, le découpage en ères est de plus en plus précis au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'époque actuelle. Cela correspond à une meilleure connaissance de notre passé proche que de notre passé lointain.

On peut à l'aide de cette chronologie replacer les principaux événements géologiques (orogénèses, périodes de sédimentation, de régression, de transgression...) ainsi que les évolutions du monde vivant.





## II.2. Quelques notions de tectonique

### II.2.1 Comportement des roches

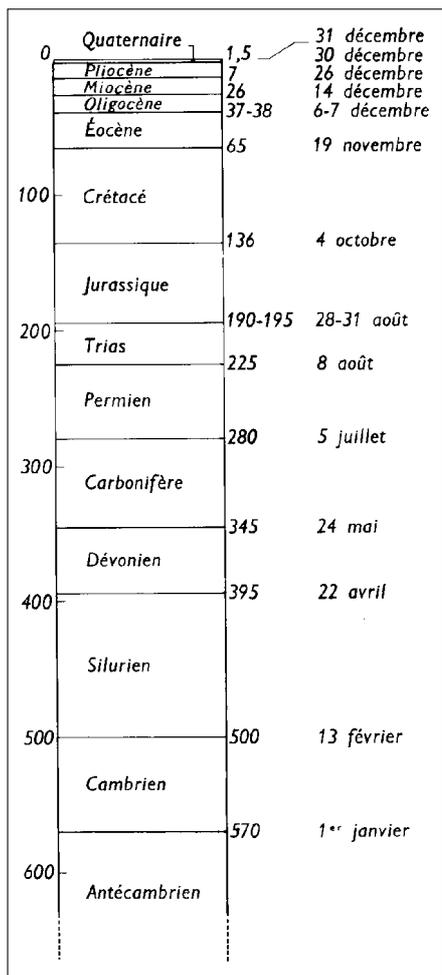
Lorsque les roches sont soumises à forte pression, elles peuvent se déformer :

- en se **plissant** (formation de plis),
- en se **cassant** (formation de failles).

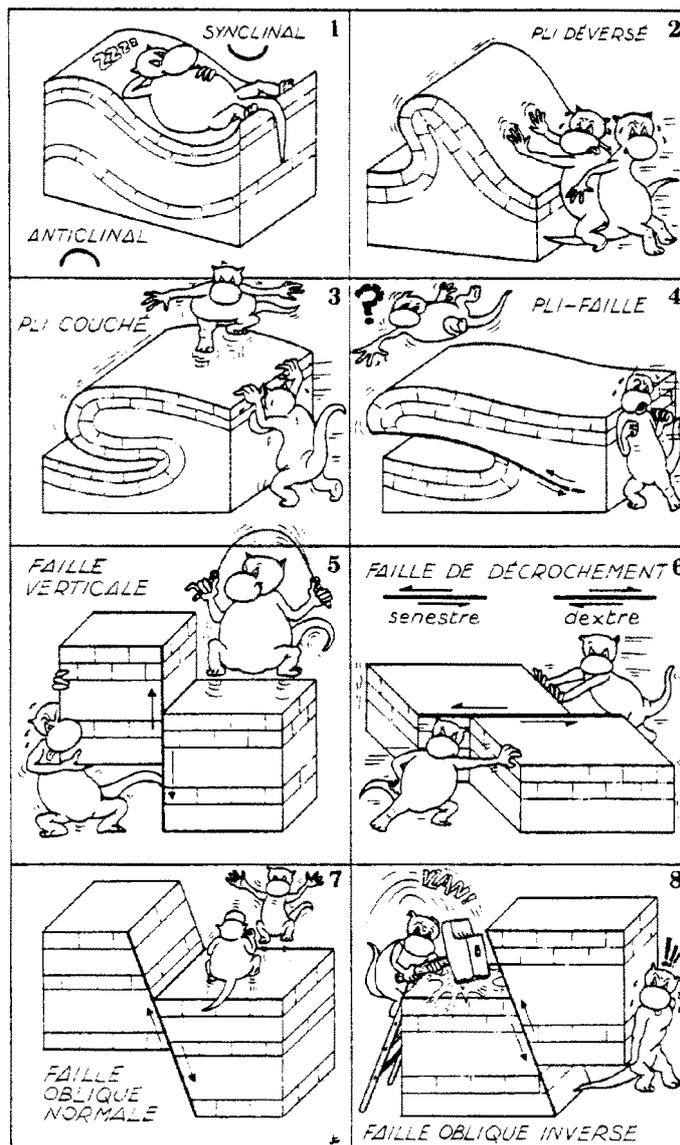
La tectonique consiste en l'étude de ces déformations et des structures qui en résultent.

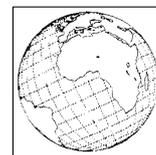
### II.2.2. Les accidents tectoniques

Les schémas suivants (Debrand-Passard, Prost et Goyallon, 1987) reprennent les principaux types de *plis* et de *failles*. A ces accidents tectoniques, on peut adjoindre les *chevauchements* (produits par un raccourcissement accentué à la suite d'une faille inverse) et les *charriages* (déplacements importants de deux massifs rocheux le long d'un plan de glissement).



D'après Vincent, (1970).





## II.3. Les cartes géologiques

### II.3.1. Description (à l'aide d'exemples)

#### II.3.1.1. Quelles données sont représentées sur les cartes géologiques ?

De nombreuses informations apparaissent sur les cartes géologiques. On distingue (cas des cartes au 1 : 50 000<sup>ème</sup>) :

- des informations communes aux **cartes topographiques** : cours d'eau, routes, villes, voies ferrées, forêts, courbes de niveau...

- des **informations géologiques** :

- nature des roches rencontrées (à l'aide de couleurs et d'abréviations), par exemple, *J9, Portlandien, calcaire à tubulures*,

- type de sondage,

- pendage des couches,

- contacts anormaux,

- failles...

- des **informations complémentaires** : profils géologiques, coupes, cartes de synthèse à petite échelle...

Outre la carte, on trouve un *livret explicatif* plus ou moins facile d'abord, suivant son auteur. Il donne des informations sur l'histoire géologique régionale. Il décrit les différents terrains rencontrés, les phénomènes géologiques (tectonique, métamorphisme, plutonisme, régressions, transgressions...). Il donne également les ressources du sous-sol (substances utiles, gîtes métallifères...) ainsi qu'une documentation complémentaire et des annexes.

#### II.3.1.2. Cartes géologiques au 1 : 50 000<sup>ème</sup>

Ces cartes portent les informations mentionnées ci-dessus. Elles donnent, en raison de leur échelle, une information relativement précise qui peut être utile à l'échelle d'un massif forestier. Elles permettent l'établissement de coupes géologiques.

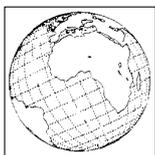
On trouve encore d'anciennes cartes au 1 : 80 000<sup>ème</sup> sur lesquelles le relief est représenté par des hachures, au lieu des courbes de niveau.

#### II.3.1.3. Carte géologique au 1 : 1 500 000<sup>ème</sup>

La carte géologique de la France, au 1 : 1 500 000<sup>ème</sup> donne une vision globale de la géologie de notre pays. Elle permet de situer les principales formations géologiques et de donner des éléments d'histoire géologique.

##### II.3.1.3.1. Courte histoire géologique de la France

- A l'**ère primaire**, on assiste tout d'abord à une sédimentation marine sur le socle précambrien dans laquelle on peut retrouver les plus anciens fossiles identifiables. Le plissement hercynien marque la fin de l'ère primaire. Ce plissement met en place de hautes montagnes allant de



l'Irlande au Massif Central en passant par la Cornouaille et la Bretagne (direction armoricaine) et du Massif Central à l'Ukraine en passant par les Vosges, les Ardennes, l'Allemagne et la Tchécoslovaquie (direction varisque).

L'érosion au Permien donne lieu à la formation d'une vaste pénéplaine qui fait apparaître les racines de cette chaîne.

- A l'ère **secondaire** :

- soit la chaîne hercynienne arasée reste à l'air libre et subit l'érosion (cas du Massif Armoricaïn, d'une partie du Massif Central, des Vosges...)

- soit elle est recouverte, dans ses parties les plus basses par la mer en une série de transgressions et de régressions qui vont donner d'importants dépôts de *roches sédimentaires* (Jurassique, Crétacé...).

- A l'ère **tertiaire**, on a apparition des chaînes plissées (orogènes alpine et pyrénéenne) et mise en place des Alpes, des Pyrénées et du Jura. Les massifs anciens subissent un contre-coup de l'orogène alpine (réhaussement des zones proches des nouveaux massifs).

- Aucun événement géologique majeur ne sépare le Tertiaire du **Quaternaire** si ce n'est l'apparition de l'Homme. On a au Quaternaire une série de glaciations et des périodes interglaciaires.

II.3.1.3.2. Les grands traits de la géologie de la France (d'après l'étude de la carte géologique de la France au 1 : 1 500 000<sup>ème</sup>)

On distingue en France de grands ensembles constitués d'éléments qui ont une histoire géologique commune. On reconnaît ainsi :

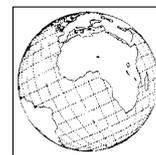
- **Les massifs anciens** :

Ce sont : les Ardennes, le Massif Armoricaïn, le Massif Central et les Vosges.

Les **Ardennes** sont couvertes de terrains primaires plissés. En revanche, le Massif Armoricaïn, le Massif Central et les Vosges sont majoritairement composés de terrains *métamorphiques* et *granitiques*. Ce sont les racines de la chaîne hercynienne que l'on voit ainsi apparaître. On retrouve également dans ces chaînes des terrains primaires plissés. Ce sont des massifs fortement érodés, aux formes molles où la plaine (Massif Armoricaïn) ou la moyenne montagne prédominent.

Le **Massif Armoricaïn** est d'altitude basse et est très fortement érodé. Il dépasse largement le cadre de la Bretagne pour s'étendre en basse Normandie, dans le Maine, l'Anjou et la Vendée.

Le **Massif Central** était au cœur même de la chaîne hercynienne. Il est d'altitude plus élevée que le Massif Armoricaïn et présente une géologie plus diversifiée. Les terrains primaires y sont plus rares et on y trouve dans de nombreuses dépressions d'âge hercynien des bassins houillers lacustres (Commentry, Le Creusot, Saint-Etienne...). D'autre part, cer-



taines parties (les Causses) ont connu une sédimentation à l'ère secondaire. On y trouve également des conséquences de l'orogénèse alpine avec un bassin d'effondrement, la *Limagne*, comblée par des dépôts tertiaires, le rajeunissement du relief sur la bordure orientale (Cévennes, surtout) et les *manifestations volcaniques* (Auvergne et Velay).

Les **Vosges** présentent des caractéristiques communes avec le Massif Central. On trouve une prédominance de terrains granitiques et métamorphiques et des terrains primaires (grès), des bouleversements liés à l'orogénèse alpine : manifestations volcaniques (basalte du Kaisertuhl, en Allemagne), rajeunissement du relief, effondrement de la plaine d'Alsace. A l'origine, les Vosges et la forêt noire ne formaient qu'un seul massif et on a eu effondrement de la plaine d'Alsace (Grabben). Cela explique qu'on ait des pentes beaucoup plus abruptes côté alsacien que côté vosgien.

- **Les chaînes récentes :**

Ces massifs constituent de hautes montagnes et ont un relief encore peu marqué par l'érosion, contrairement aux massifs anciens. Ces massifs étant jeunes et donc peu érodés, ils ont gardé une bonne partie de leur *couverture sédimentaire secondaire*.

Les Pyrénées possèdent un axe central occupé par des terrains primaires plissés, plus ou moins métamorphisés et granitisés.

Les Alpes possèdent également un axe interne composé de terrains anciens (massifs cristallins externes : Mont Blanc, Belledune, Pelvoux et Mercantour). A l'extérieur, on trouve des terrains secondaires plissés (Préalpes, Chaînes subalpines, Jura).

- **Les bassins sédimentaires :**

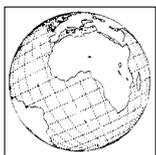
Les bassins sédimentaires (bassin parisien, bassin aquitain et couloir rhodanien) ont un relief très peu marqué et une altitude basse. Le bassin parisien se prolonge au travers de la Manche en Angleterre. Il est formé de terrains secondaires et tertiaires presque horizontaux qui reposent sur un socle hercynien dont la profondeur va augmentant de la périphérie vers le centre.

Les terrains sédimentaires forment donc une série de *cuvettes emboîtées* qui se manifestent sur la carte par une série d'auréoles concentriques.

### 11.3.2. Exemples d'utilisation des cartes géologiques par le forestier

Outre pour la connaissance globale de la géologie d'une petite région, les cartes géologiques peuvent être un outil de travail important pour le forestier.

En donnant la nature des roches, elles donnent des informations au forestier sur les *grands types de pédogenèse* et les types de sols qu'il va ren-



contrer. Ainsi, on peut s'attendre à trouver de l'hydromorphie sur les formations alluviales argileuses de fond de vallée, des sols bruns plus ou moins calcaires sur des plateaux calcaires, des sols acides ou podzolisés sur les formations granitiques ou métamorphiques...

De par l'information géographique qu'elles recèlent, les cartes géologiques peuvent faire économiser un temps précieux lors de l'établissement des *cartes de stations*. Elles permettent de délimiter des zones homogènes qui permettront de faire moins de relevés de terrain.

Enfin, les cartes géologiques donnent des indications importantes sur la géomorphologie, utiles en lecture de paysage (mais c'est l'objet du prochain chapitre...).

### III. Quelques éléments de géomorphologie (d'après Viers, 1967)

---

On entend par géomorphologie l'*étude du relief*, que ce soit au niveau descriptif ou à celui de l'interprétation. Cette discipline fait intervenir des notions de **stratigraphie** (nombre de couches, épaisseur, relation angulaire...), de **lithologie** (nature des roches), de **tectonique** (étude des plis, des failles...). Elle s'appuie également sur la connaissance des phénomènes d'**érosion** qui dépendent non seulement des roches en place et de leur altération, mais également des conditions climatiques.

Des éléments de géomorphologie sont nécessaires au forestier pour savoir lire et interpréter des paysages.

#### III.1. Les phénomènes d'érosion

##### III.1.1. Les trois aspects de l'érosion

On distingue les phases suivantes dans les phénomènes d'érosion, même si d'ordinaire, seule la première phase est appelée érosion dans le langage courant.

###### III.1.1.1. La glyptogénèse (météorisation et ablation)

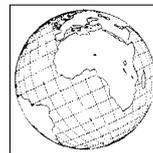
Cette première phase correspond à la météorisation des roches, c'est à dire à des transformations physiques ou chimiques qui vont les morceler et les dégrader. Les roches sont ainsi rongées, usées. On aboutit à une diminution de volume, à un creusement du relief.

###### III.1.1.2. Le transport

On a ensuite ablation puis transport des roches. Différents agents peuvent intervenir dans ce transport, par exemple le vent, l'eau, les glaciers, la gravité...

###### III.1.1.3. L'accumulation

La dernière phase correspond à une accumulation. Quand celle-ci se fait dans les eaux d'un lac ou d'un océan, on parle de sédimentation. La



géomorphologie ne tient compte que des accumulations qui se font à l'air libre car elles modifient le relief (par exemple cône de déjections torrentielles, dunes, éboulis, terrasses alluviales...).

### III.1.2. Les agents de l'érosion

#### III.1.2.1. L'érosion par les eaux courantes (érosion linéaire)

##### III.1.2.1.1. Généralités sur l'érosion linéaire

On parle d'érosion linéaire car cette érosion est liée aux *cours d'eau* et a donc une action selon des lignes qui correspondent à ces cours d'eau. Elle peut mettre en place des talwegs, des vallées.

L'eau pure ne peut éroder que les terrains meubles (sables, limons). Il faut en effet une eau *chargée de particules* (des galets, par exemple) pour que l'eau puisse éroder un lit et des berges constitués de roches consolidées.

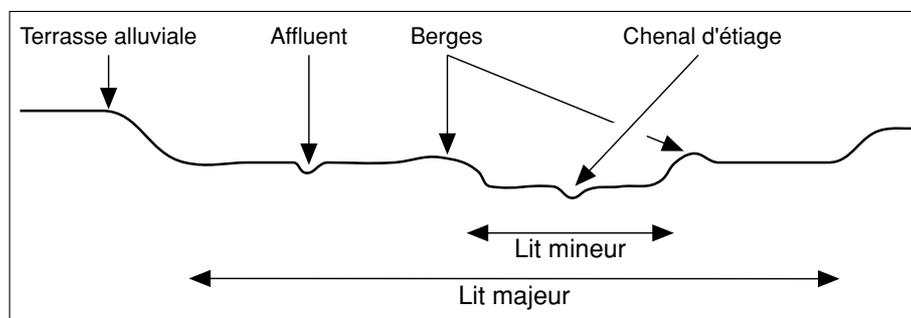
La *charge* d'un cours d'eau correspond à la masse ou au volume de matériaux qu'il évacue. Il peut aussi bien s'agir de substances minérales (silice, calcium, sulfates...) ou organiques (acides et sels humiques...) dissoutes, de particules en suspension (limons, argiles...), voire de sables, de graviers, de galets ou de blocs !

Lorsqu'on a diminution de la possibilité qu'ont les cours d'eau de transporter des particules, on a *alluvionnement*, c'est-à-dire dépôt d'une partie de la charge. Les éléments les plus lourds étant déposés en premier, on a un classement granulométrique. L'alluvionnement est un phénomène discontinu, il peut y avoir reprise des charges lors de crues importantes.

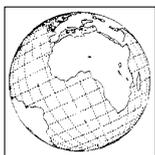
##### III.1.2.1.2. Les résultats de l'érosion linéaire

Toute rigole sur un versant est le résultat de l'érosion linéaire. Toutefois, ce sont les cours d'eau qui nous intéressent le plus ici car ils sont permanents.

Le schéma suivant détaille un lit fluvial.



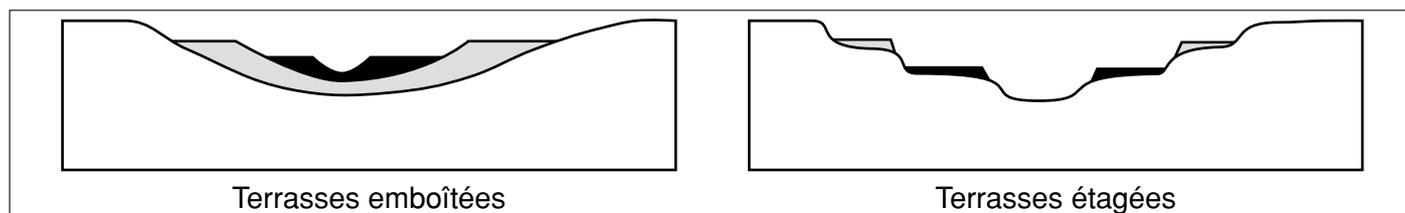
On distingue une section toujours en eau (chenal d'étiage), le lit mineur qui correspond aux périodes d'eaux moyennes ou hautes, le lit majeur qui correspond à la plaine inondable, il n'est utilisé qu'en temps de crue.



## III.1.2.1.3. Les terrasses fluviales

Le profil transversal de la majorité des cours d'eau laisse apparaître des paliers séparés par des talus que l'on peut suivre d'amont en aval sur de grandes distances : ce sont les *terrasses fluviales (ou alluviales)*.

On distingue les terrasses étagées qui ont un substratum et un talus de roche en place et les terrasses emboîtées qui sont sculptées dans les masses d'alluvions. Ces dernières correspondent à une alternance répétée de phases d'accumulation et de phases d'érosion.



Les terrasses emboîtées sont plus rares que les terrasses étagées. Les alternances d'alluvionnement et d'incision des fleuves résultent des changements, des crises climatiques du quaternaire. Il y a eu pendant les phases de *rhexistasie* (voir plus loin) mise en place des alluvions et élargissement du lit, les fleuves transportant de nombreuses particules, les sols n'étant pas protégés par la végétation. Pendant les phases de *biostasie* (voir plus loin), il y a eu creusement.

## III.1.2.2. L'érosion aréolaire

L'érosion aréolaire correspond à la mise en place de vastes zones planes (plaines du bassin parisien, plateaux du Limousin, Gévaudan...). Une explication de leur genèse est un ruissellement diffus en rigoles anastomosées et divagantes en l'absence de végétation. On suppose qu'il faut un climat sec à précipitations espacées mais violentes pour permettre ceci.

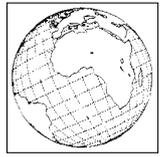
## III.1.2.3. L'érosion des versants

Les versants peuvent être partagés en deux groupes :

- les versants couverts,
- les versants dénudés.

Les **versants couverts** sont caractérisés par la présence de la végétation qui peut souvent être pluri-stratifiée (milieu forestier). La présence de la végétation maintient les sols et favorise la *dégradation de la roche-mère* (horizon C). Le ruissellement ou de menus glissements peuvent parfois conduire à une érosion (par exemple, le colluvionnement), mais les pertes sont souvent compensées par l'approfondissement du sol au détriment de la roche-mère, par l'incorporation de matière organique et par la fixation de poussières venues de régions en rhexistasie.

C'est souvent l'intervention humaine (déforestation, agriculture...) qui provoque une reprise de l'érosion.



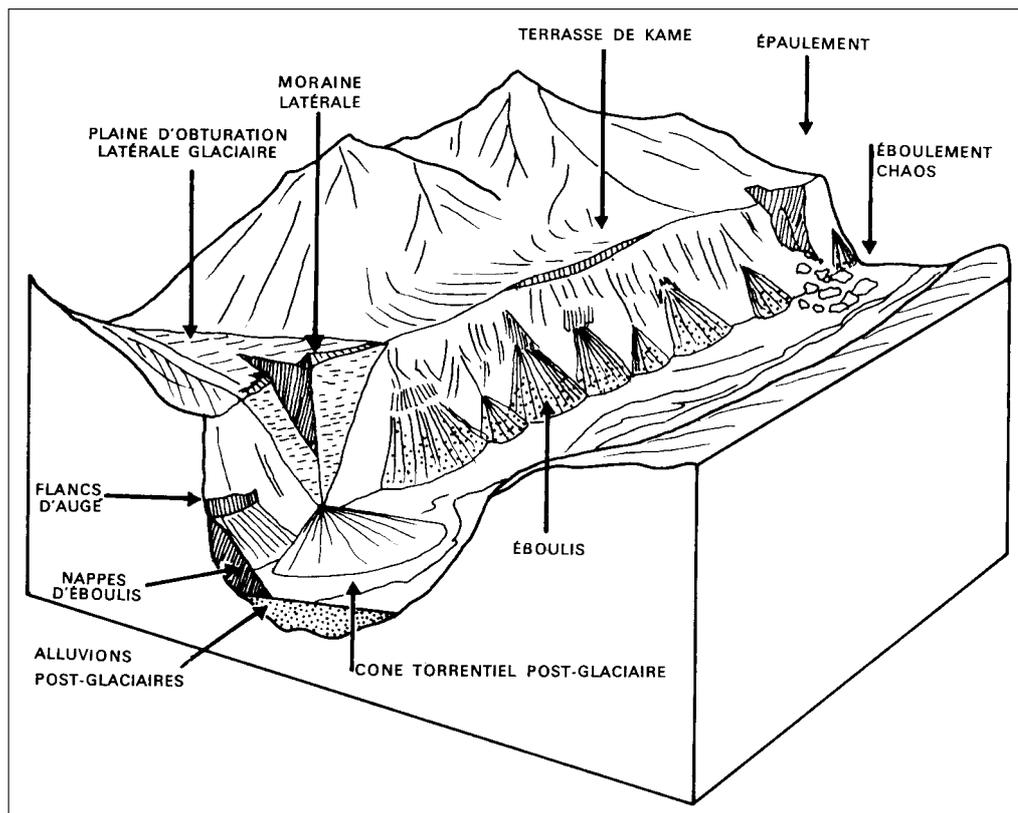
• Les versants dénudés sont assez rares en biostasie. On les trouve plutôt en rhexistasie.

On a des versants rocheux que l'on trouve plutôt en haute montagne, ou dans les pays secs. L'érosion y donne des éboulis ou des découpages en éperons, dièdres...

On trouve également des versants meubles. Les processus de dégradation sont le *ravinement* ou la *solifluxion*. Le premier correspond à une érosion linéaire due à l'eau. Le second se trouve dans des régions froides et neigeuses des hautes latitudes à faibles précipitations. On a dans ce cas des petites coulées de boues ou de débris fins, ou bien le versant se décompose en terrasses naturelles.

#### III.1.2.4. L'érosion glaciaire

Les glaciers de montagne peuvent éroder fortement les vallées et donner des profils en « auge ». En effet, ils descendent dans les vallées, victimes de leur poids et rabotent au passage ce qu'ils trouvent. Ils disparaissent en fondant lorsqu'ils arrivent aux basses altitudes.

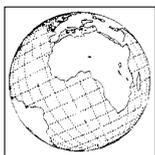


*Auge glaciaire avec remaniements post-glaciaires. D'après Viers, (1967).*

Les glaciers peuvent travailler efficacement parce qu'ils érodent des roches en partie altérées. Un glacier sur des roches saines n'a que peu d'influence.

#### III.1.2.5. L'érosion éolienne

Agent d'érosion des régions sèches, le vent ne travaille que sur des surfaces dépourvues de couverture végétale. Il peut éroder les roches lorsqu'il



transporte des particules (du sable, par exemple), sinon il sert au transport de matériaux fins (sables, limons...).

### III.1.3. Systèmes d'érosion et crises climatiques

A voir la stabilité de nos paysages, on peut se dire que leur érosion est très peu forte. Toutefois, des formes marquées d'érosion (les vallées, par exemple) sont là pour nous montrer qu'en ces lieux, une érosion forte a existé. Ainsi, *l'érosion n'est pas un phénomène continu dans le temps*, mais change au cours du temps dans ses modalités et ses effets. A des périodes de repos relatif (biostasie) succèdent des périodes d'érosion forte (rhexistasie).

- Dans les **domaines de biostasie**, la *vie l'emporte* grâce à la pérennité de l'humidité et à la durée de la saison de végétation. On a une couverture végétale continue, un accroissement des sols, une altération des roches et la fixation des poussières venues d'ailleurs. On n'a ni érosion mécanique, ni transport visible. Les fleuves ont des eaux claires et sont bien canalisés dans leurs berges.

- Dans les **domaines de rhexistasie**, les conditions climatiques sont trop sévères (sécheresse et/ou froid intense) pour que la végétation l'emporte. Les *agents d'érosion deviennent actifs*, les sols sont emportés et il n'y a plus ou peu de pédogenèse. On a une forte sédimentation en raison d'un apport important de matériaux détritiques.

## III.2. Quelques exemples de modelé

### III.2.1. Cas des roches sédimentaires meubles

#### III.2.1.1. Exemple des argiles

Pour les roches argileuses, on distingue deux cas :

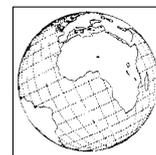
- Dans les milieux secs à averses rares et violentes, on a un *ravinement* dense. Quand la sécheresse n'est que saisonnière, les fentes de retrait des argiles permettent une imprégnation en profondeur par les premières pluies d'où des glissements de terrain, des coulées boueuses (*solifluxion*).

- Dans les milieux de biostasie, le modelé est fait *d'héritage* (érosion antérieure). On peut toutefois avoir *solifluxion* sur les versants les plus pentus, notamment en raison de la suppression de la couverture végétale par l'homme.

#### III.2.1.2. Exemple des sables

Formés de grains fins, les sables sont la proie des vents et de l'eau.

Le modelé dunaire caractérise les régions sableuses sans couverture végétale. On trouve toutefois des dunes fixées par la végétation qui témoignent d'un climat autrefois aride.



Dans les pays de biostasie, le ruissellement a étalé les sables. Les dunes anciennes (quand il y en a eu) ont été aplaties. Cela donne de mornes plaines comme le massif landais.

### III.2.2. Cas des roches sédimentaires délitables (exemple de la craie)

Ce calcaire peu résistant se divise en menus fragments et on ne peut assimiler son comportement à celui des calcaires massifs.

La craie pure de Champagne est modelée en longs interfluves surbaissés séparés par des vallons secs. Les versants ont des pentes très douces de quelques degrés.

### III.2.3. Cas des roches sédimentaires massives

#### III.2.3.1. Exemple des grès

Généralement, on trouve dans les régions gréseuses des versants escarpés, souvent proches de la verticale. On a des éboulements selon les plans de diaclase.

#### III.2.3.2. Exemple des calcaires dolomitiques et dolomies

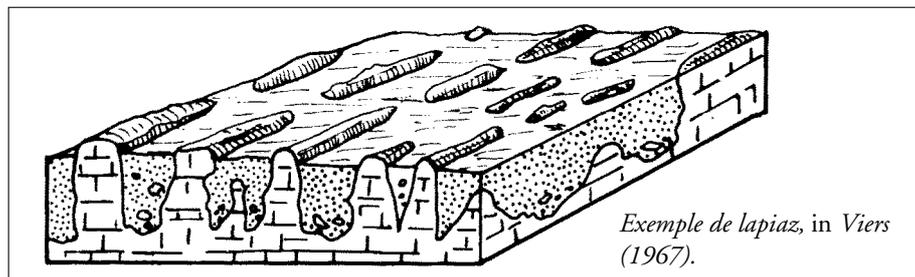
Dans les dolomies et les calcaires dolomitiques, le carbonate de calcium est très soluble, mais résistant mécaniquement et le carbonate de magnésium très peu soluble mais friable. Il en résulte donc une érosion différentielle avec des produits d'altération vacuolaires.

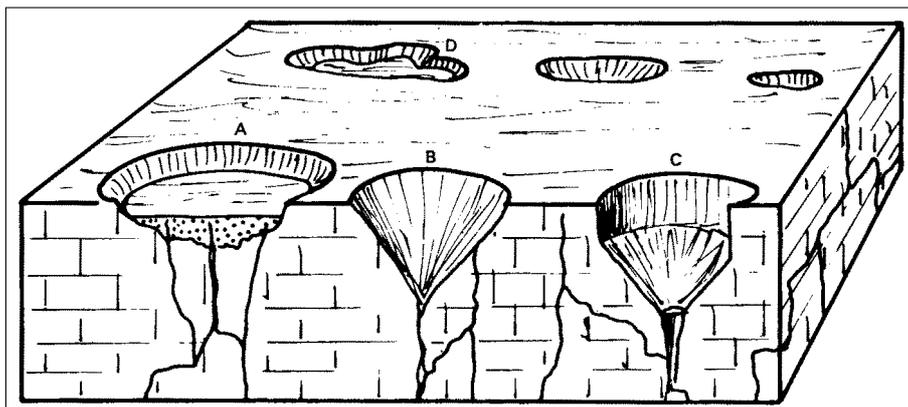
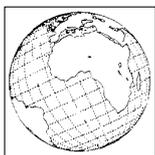
On trouve dans les parties dolomitiques des plateaux calcaires des reliefs en labyrinthe. Des couloirs d'érosion séparent des rochers escarpés aux profils étranges.

### III.2.4. Cas des calcaires massifs : le modelé karstique (cf. sortie sentier karstique)

Les régions calcaires sont caractérisées par la présence d'escarpements calcaires à nappes d'éboulis (gorges du Verdon, vallées des Causses, Jura...). La roche est taillée à grands pans géométriques avec des éperons, des fissures étroites, des surplombs.

On trouve dans les régions calcaires des *lapias* qui sont des sculptures dues à la dissolution. On rencontre également très souvent des *dolines*, ainsi que des *gouffres* (ou aven).





Différents types de dolines (A : en baquet, B : en entonnoir, C : en puits, D : ouvala. d'après Viers (1967).

Les eaux de surface sont rares dans un relief karstique. En revanche, on trouve de nombreuses rivières souterraines, des pertes, des exurgences et des résurgences ainsi que des vallées sèches et des reculées.

Ce sont les eaux acides, chargées notamment de  $\text{HCO}_3^-$ , qui en provoquant la dissolution du calcaire induisent un modelé karstique. Elles profitent des diaclases et des joints de stratification pour s'introduire dans la roche.

### III.2.5. Cas des roches magmatiques et métamorphiques

#### III.2.5.1. Exemple des granites

Divers éléments entrent en jeu dans la mise en place des paysages granitiques.

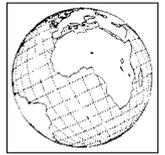
- La **structure de la roche** est importante. En effet, les *diaclasses* laissent pénétrer l'eau. Celle-ci peut écartier les blocs en gelant ou bien altérer la roche. D'autre part, parmi les *minéraux* qui composent le granite, le quartz n'est pas attaqué alors que les feldspaths (surtout les calcosodiques) s'hydratent en augmentant de volume et deviennent pulvérulents et les micas se gonflent et s'exfolient en s'hydratant aussi.

- Le **climat** intervient également. Sous les climats froids en domaine de rhexistatie (régions polaires, hautes montagnes...), l'altération est nulle et on a gélifraction et cryoclastie. L'arénisation semble être un phénomène réservé aux climats chauds et relativement secs (zone méditerranéenne, savanes...). Quant à la formation d'argiles latéritiques, ce phénomène ne se trouve que dans les pays chauds et humides.

Ceci étant dit, nos régions peuvent bénéficier d'altérations antérieures datant de climats plus chauds (tertiaire).

#### III.2.5.2. Cas des autres roches

On retrouve pour ces roches les mêmes grandes lignes que pour le granite. C'est la composition chimique et minéralogique qui décide de l'altérabilité plus ou moins grande des roches. En effet, la silice n'étant pas altérable, plus la roche en contiendra, plus elle sera résistante.



On distingue ainsi les roches riches en silice, claires (leucocrates), acides qui sont résistantes et les roches pauvres en silice, sombres (mélanocrates), basiques et altérables.

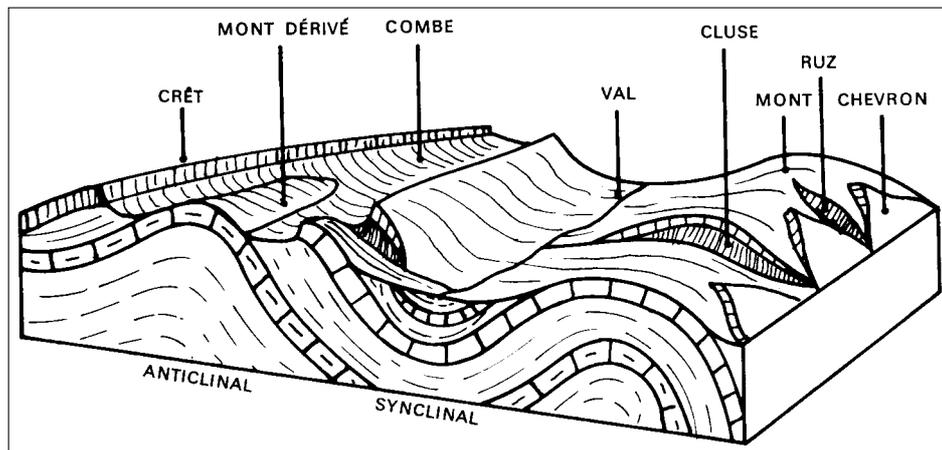
### III.3. Exemples de reliefs

Les données apportées dans ce qui précède permettent d'expliquer les reliefs rencontrés. On se limitera ici à deux exemples simples.

#### III.3.1. Exemple du massif jurassien

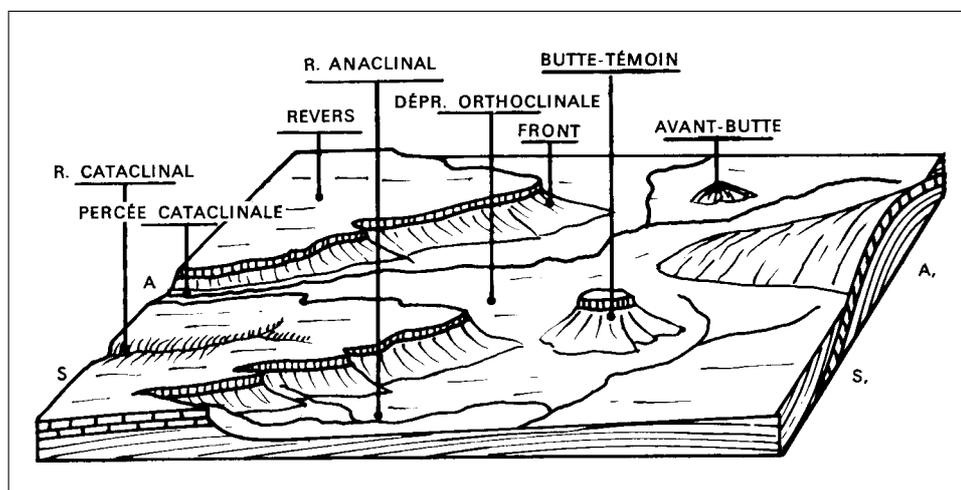
Le massif jurassien donne un bon exemple de relief dans des sédiments différenciés et plissés (cas des massifs jeunes). Pour l'essentiel, il est constitué d'une alternance de calcaires et de marnes. Généralement, on a un relief conforme : les voûtes calcaires des anticlinaux forment les monts et les synclinaux coïncident avec les vaux.

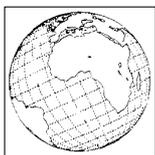
Le schéma suivant permet de visualiser et d'expliquer les principaux reliefs.



#### III.3.2. Les cuestas des bassins sédimentaires

Lorsqu'en bassin sédimentaire, on a des structures à faible pendage et qu'une couche dure surmonte une couche tendre, on peut avoir formation d'une *cuesta*.





## Conclusion

---

La géologie est un outil important pour le forestier, mais il n'est pas pour autant un géologue confirmé. Les quelques éléments qui sont donnés ici ont pour unique but de donner quelques bases, mais ils ne constituent en aucun cas un cours de géologie complet. Certaines simplifications pourront choquer des géologues et si l'on cherche à mieux comprendre ou cerner certains phénomènes, on pourra se reporter à la bibliographie.

## Bibliographie

---

Caron J.-M. - 1995 - Comprendre et enseigner la planète terre - Ophrys, Paris, 3<sup>ème</sup> édition, 271 p.

Debrand-Passard S., Prost A., Goyallon J. - 1987 - Guide de lecture des cartes géologiques de la France à 1/50 000<sup>ème</sup> - BRGM, 21 p.

Dercourt J. et Paquet J. - 1995 - Géologie, objets et méthodes - Dunod, Paris, 9<sup>ème</sup> édition, 403 p.

Gourlaouen J. et al. - 1982 - Sciences naturelles (Première S) - Hachette, 335 p.

Viers G. - 1967 - Eléments de géomorphologie - Fernand Nathan, Paris, 207 p.

Vincent P. - 1970 - Sciences naturelles (classe de Première D) - Vuibert, Paris, 313 p.

- Cartes géologiques au 1/50 000<sup>ème</sup>. Carte géologique de la France au 1/1 500 000<sup>ème</sup>.
- Cours de géologie de Biologie Mathématiques Supérieures et Spéciales, (Lycée Lakanal), de l'ENITEF. Cours de géologie dispensé au CFPPA de Bazas.