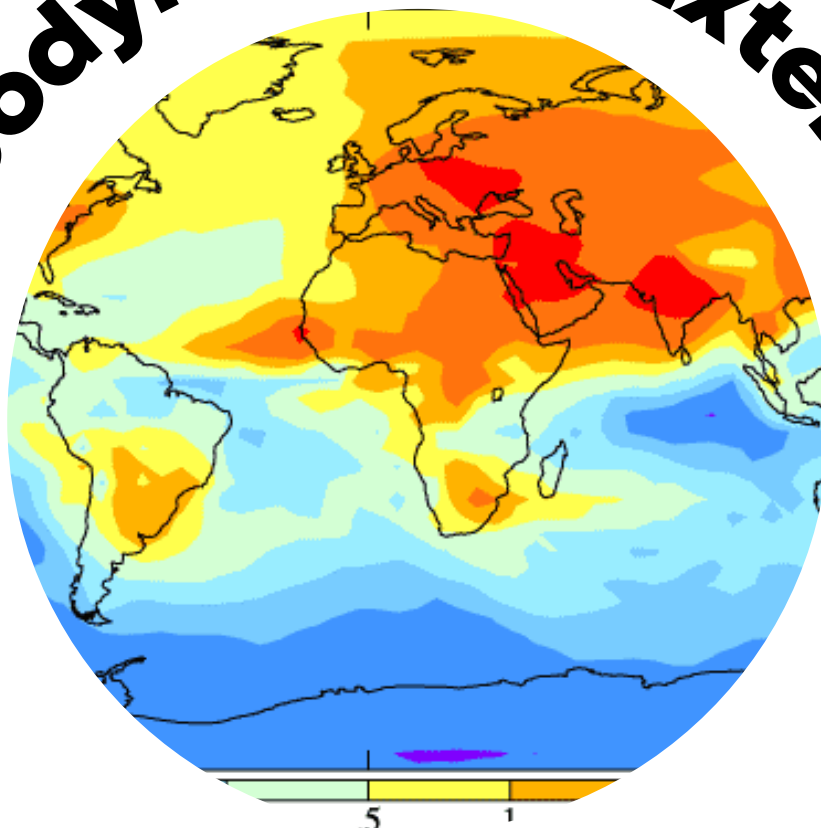


Géodynamique Externe



SCIENCES DE LA
VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



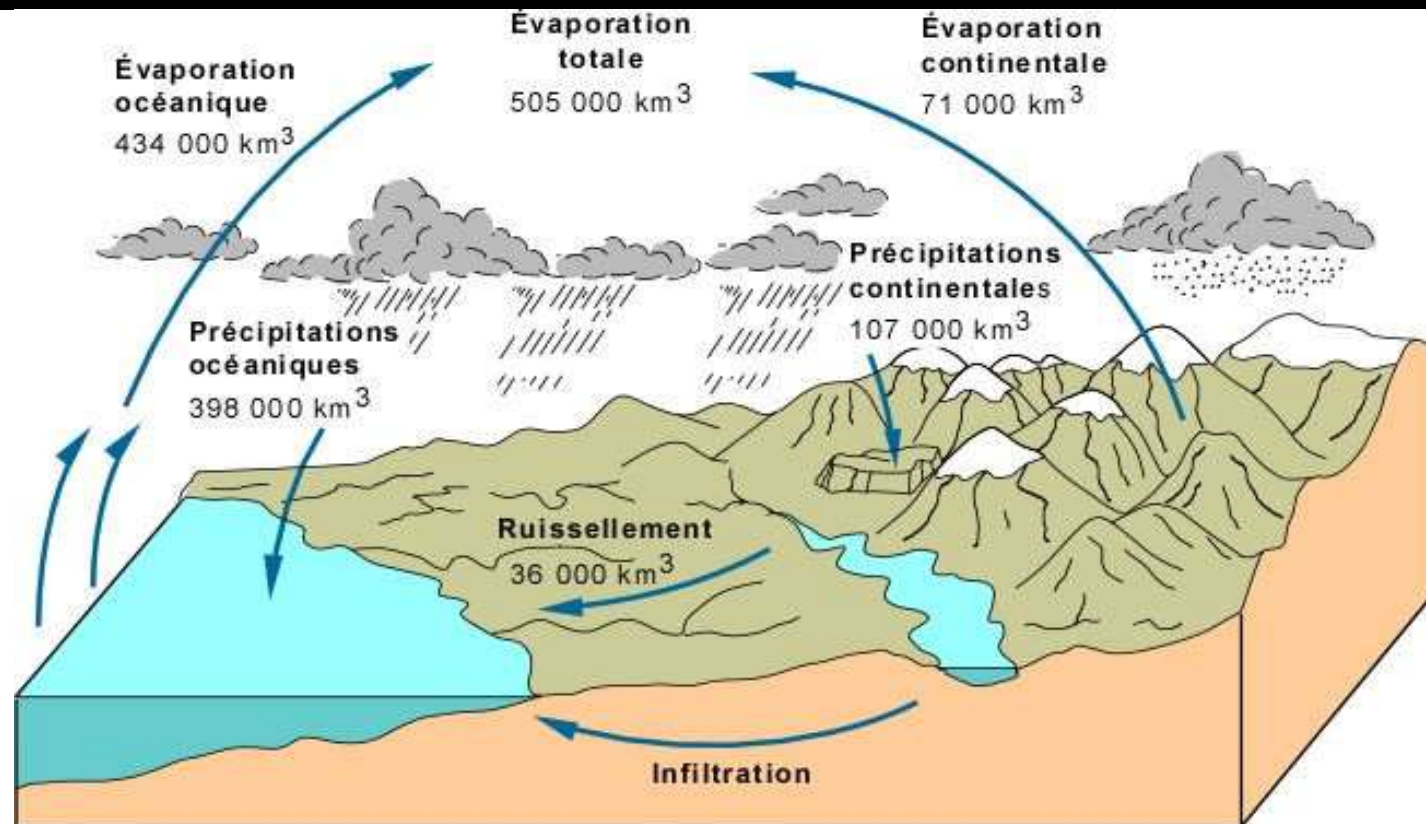
Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

M10 : Géodynamique externe

SVT2



Pr : Abdel-Ilah

MIHRAJE

Département de Géologie

GEODYNAMIQUE EXTERNE

Le Module de géodynamique externe sera structuré selon trois grandes parties :

- ❖ Notions de climatologie et de paléoclimatologie.
- ❖ Cycle des roches sédimentaires et principaux milieux de sédimentation.
- ❖ Notions d'hydrologie et d'hydrogéologie.

GEODYNAMIQUE EXTERNE

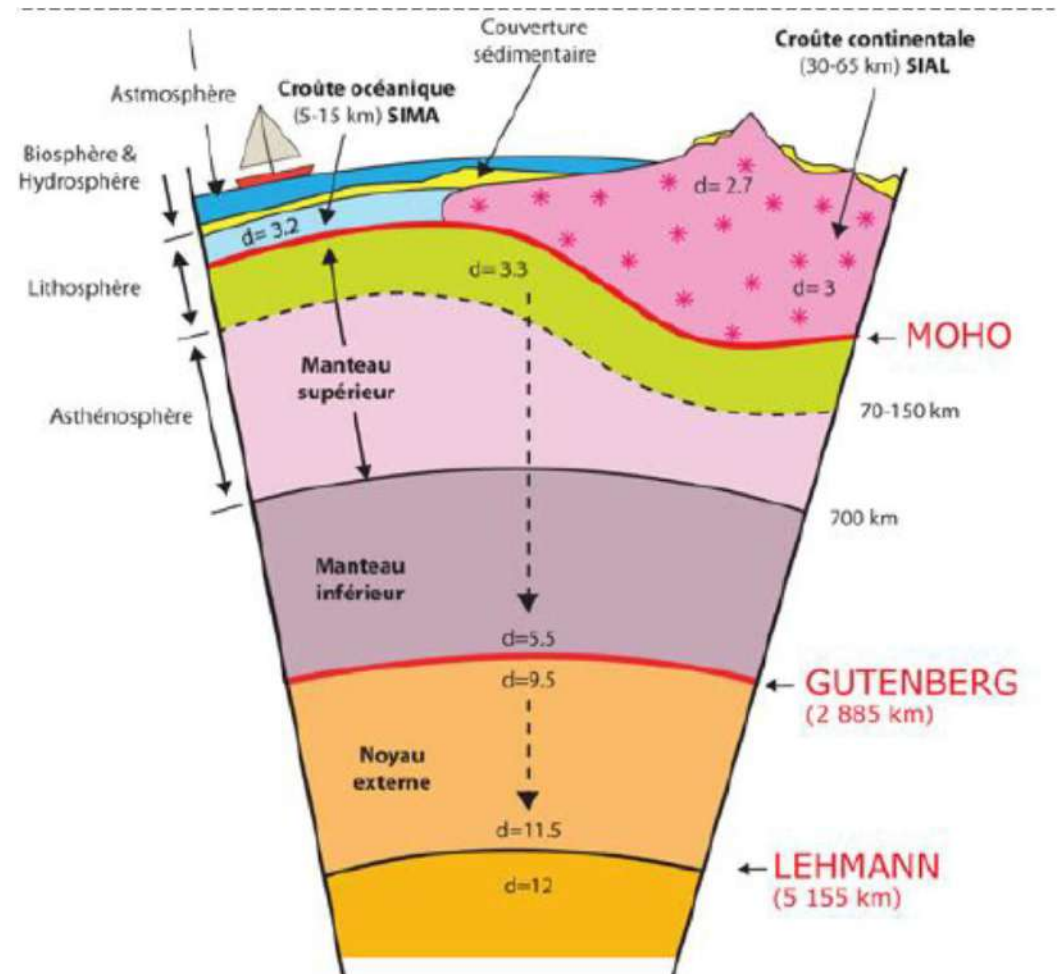
**Première partie : notions de
climatologie et de
paléoclimatologie**

1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

Introduction

La géodynamique externe
: étude de la structure et de l'évolution dynamique des enveloppes externes (superficielles) de la Terre.

1. Atmosphère
2. Hydrosphère
3. Biosphère
4. Lithosphère



1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

Introduction

la lithosphère : partie superficielle rigide de la terre comprenant la croûte et la partie sommitale rigide du manteau supérieur.

la biosphère : englobe **l'ensemble des êtres vivants** (couvert végétal, monde animal,...) sur la planète Terre depuis l'apparition de la vie 4 milliards d'années).

l'hydrosphère : comprend l'ensemble de toutes les **étendues d'eau sous sa forme liquide** (océans, mers, cours d'eau, lacs, fleuves, ..)

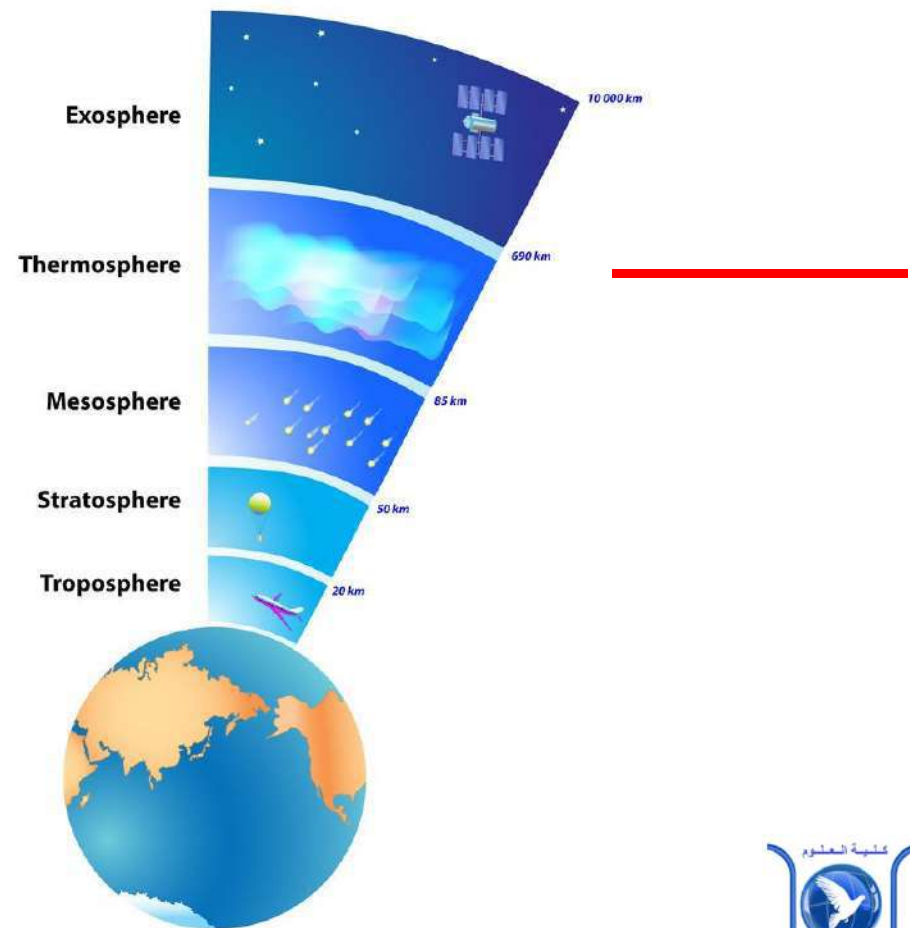
Introduction

la cryosphère : constituée par l'enveloppe glaciaire ou neigeuse = eau sous sa forme solide (calottes glaciaires polaires ou montagneuses, banquises et glaces de mer, étendues neigeuses,..).

l'atmosphère : constitué par l'enveloppe gazeuse entourant la terre composée essentiellement d'azote (N₂) et l'oxygène (O₂).

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

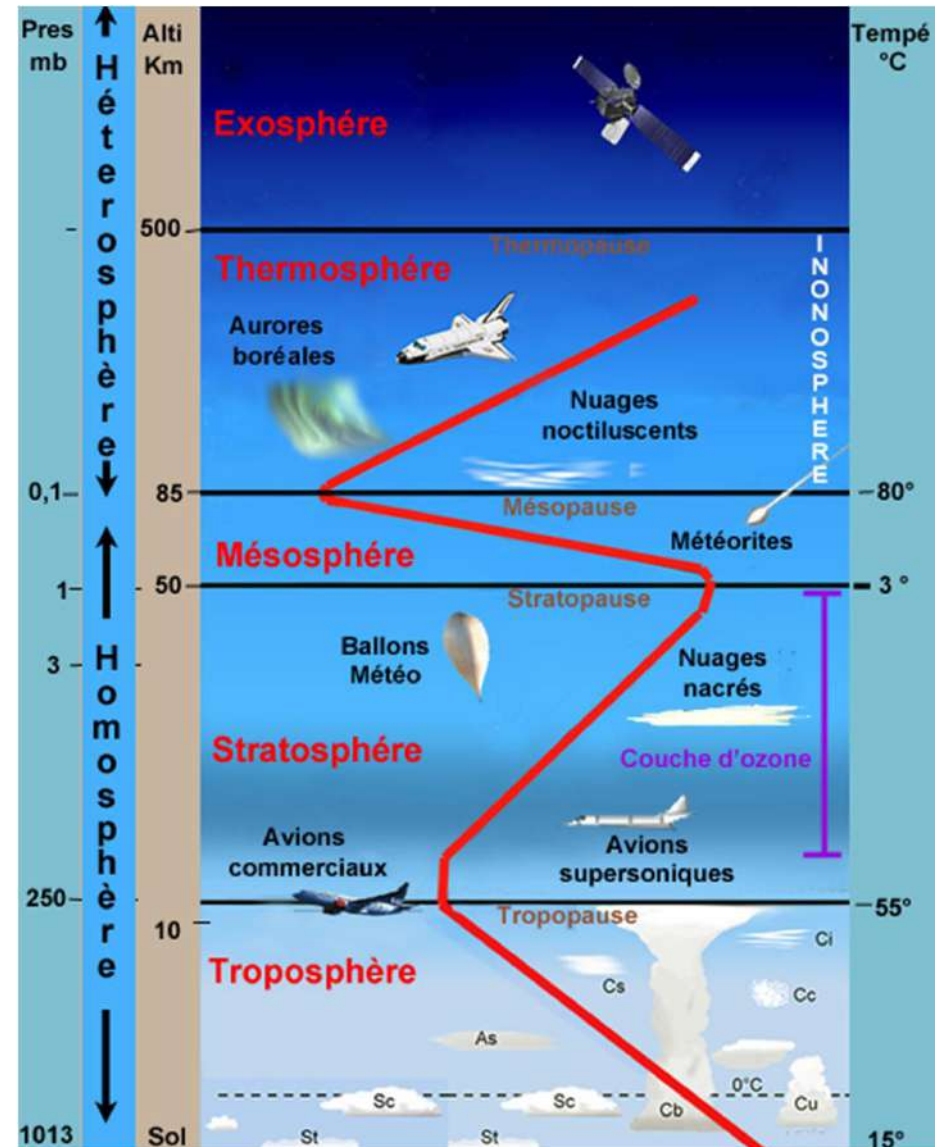
- L'atmosphère est une couche gazeuse maintenue autour de la terre par gravité ;
- A environ 800 km d'altitude : les molécules ne sont plus maintenues par gravité et s'échappent dans l'espace => vide interstellaire :



1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

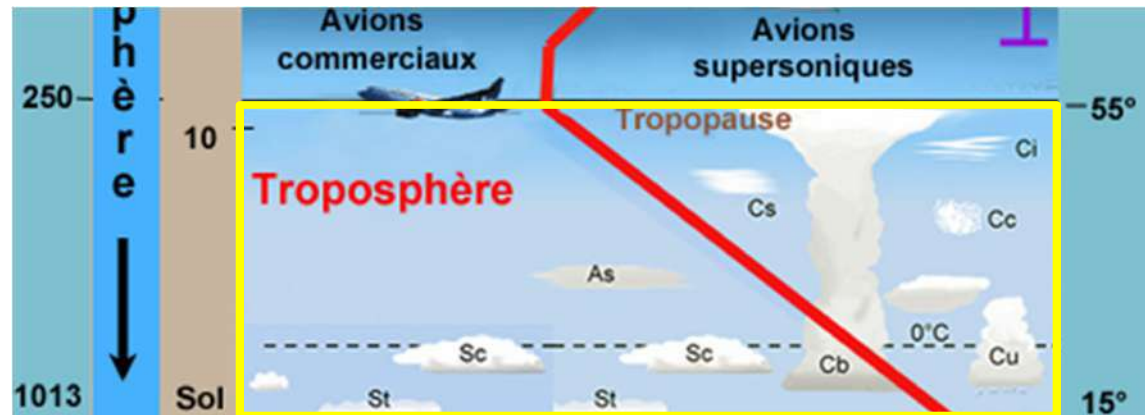
I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

- Selon les variations de température, l'atmosphère inférieure (entre 0 et 100 km d'altitude) peut être subdivisée en plusieurs couches superposées :



1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :



TROPOSPHERE :

- Elle commence à la surface du sol ; son épaisseur varie de 7km au pôles et 17 km à l'équateur.
- Température diminue régulièrement en fonction de l'altitude jusqu'à -55°C.
- Elle contient **80% de la masse** totale de l'atmosphère terrestre et la **quasi-totalité de la vapeur d'eau** atmosphérique (98%).

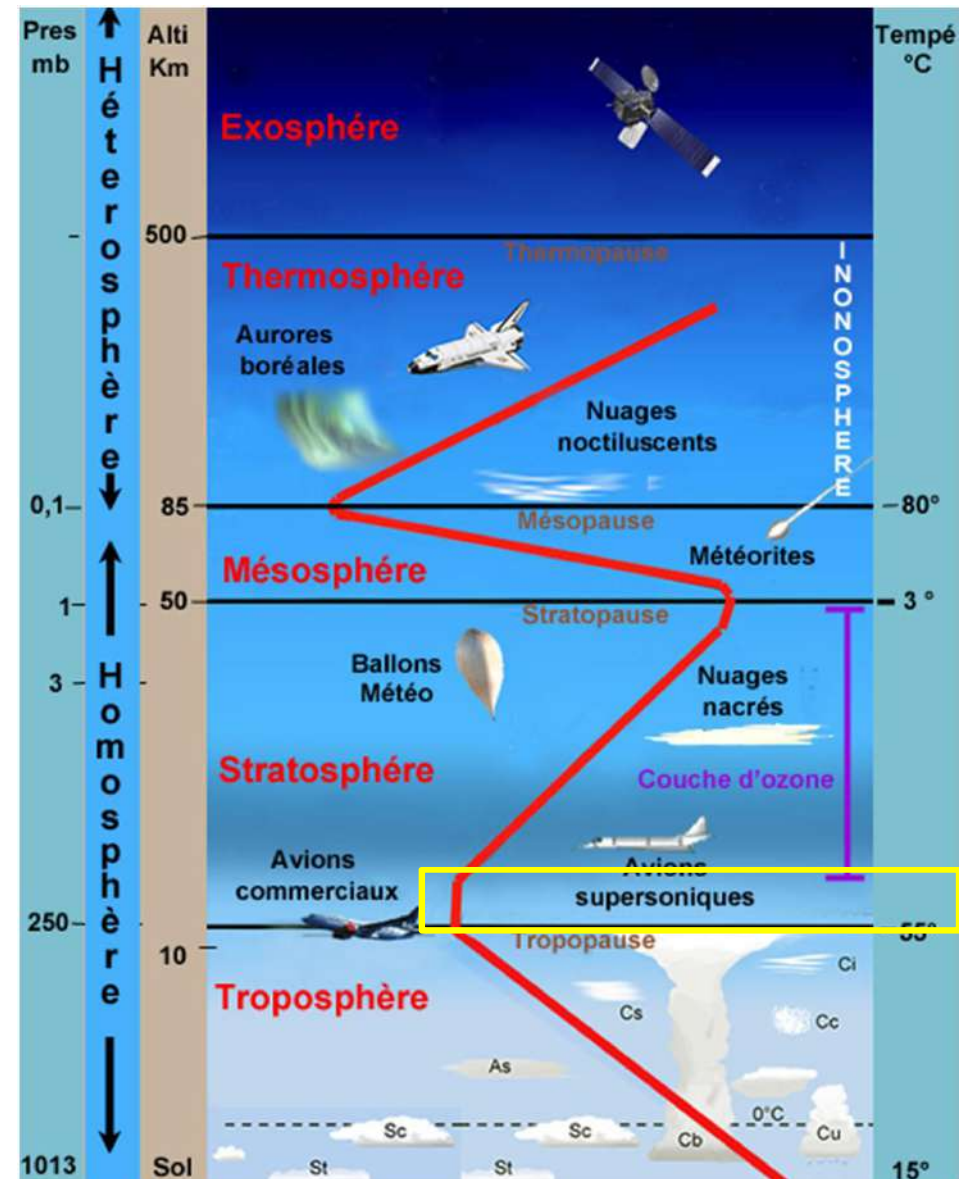
Zone des nuages, des précipitations, et des variations notables de pression.

1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

TROPOPAUSE :

✓ La tropopause = limite entre troposphère et stratosphère : c'est une couche où la température est stable ;

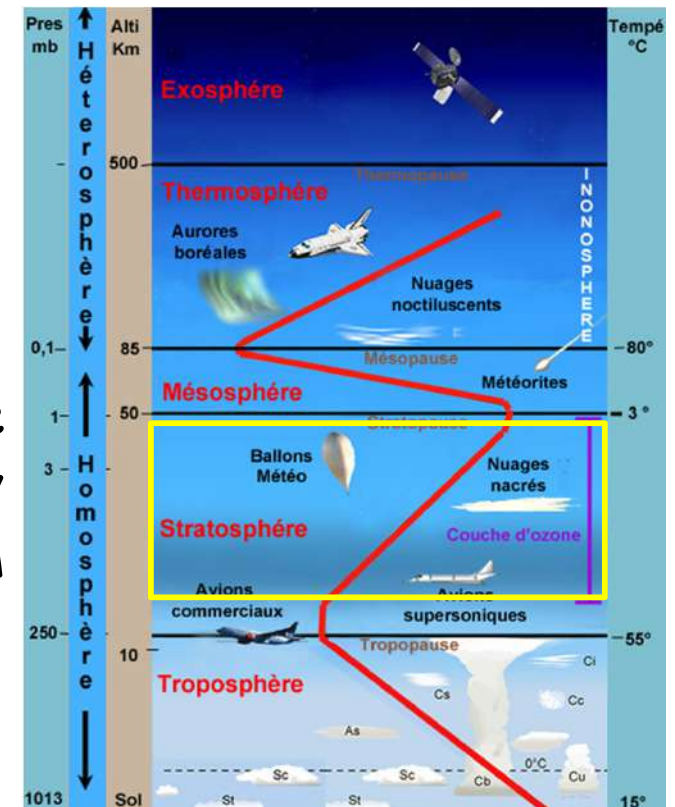


1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

STRATOSPHERE :

- Epaisseur de 10/11Km à environ 50 km d'altitude.
- La **température augmente** pour atteindre 0°C au niveau de la stratopause (limite avec la mésosphère) ;
- La vapeur d'eau y est presque absente (**pas de nuage**), la pression y est très basse (50 hPa à 20 km contre 1013 hPa au niveau de la mer) ;
- La présence de la **couche d'ozone** vers 25 à 30 km absorbant le rayonnement ultraviolet du soleil.

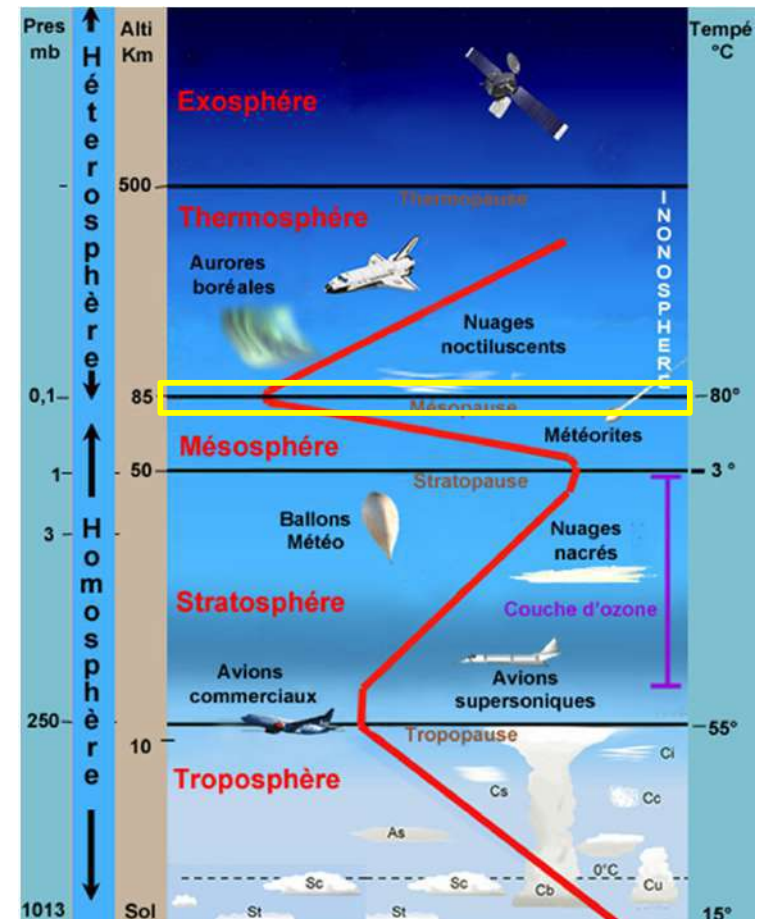


1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

MESOSPHERE :

- Située au dessus de la stratosphère entre **50 et 80 km** d'altitude ; Limitée en haut par la mésopause.
- La **température chute avec l'altitude jusqu'à -80°C**.
- beaucoup de **météorites s'y consomment** : de la Terre sont vues comme étoiles filantes

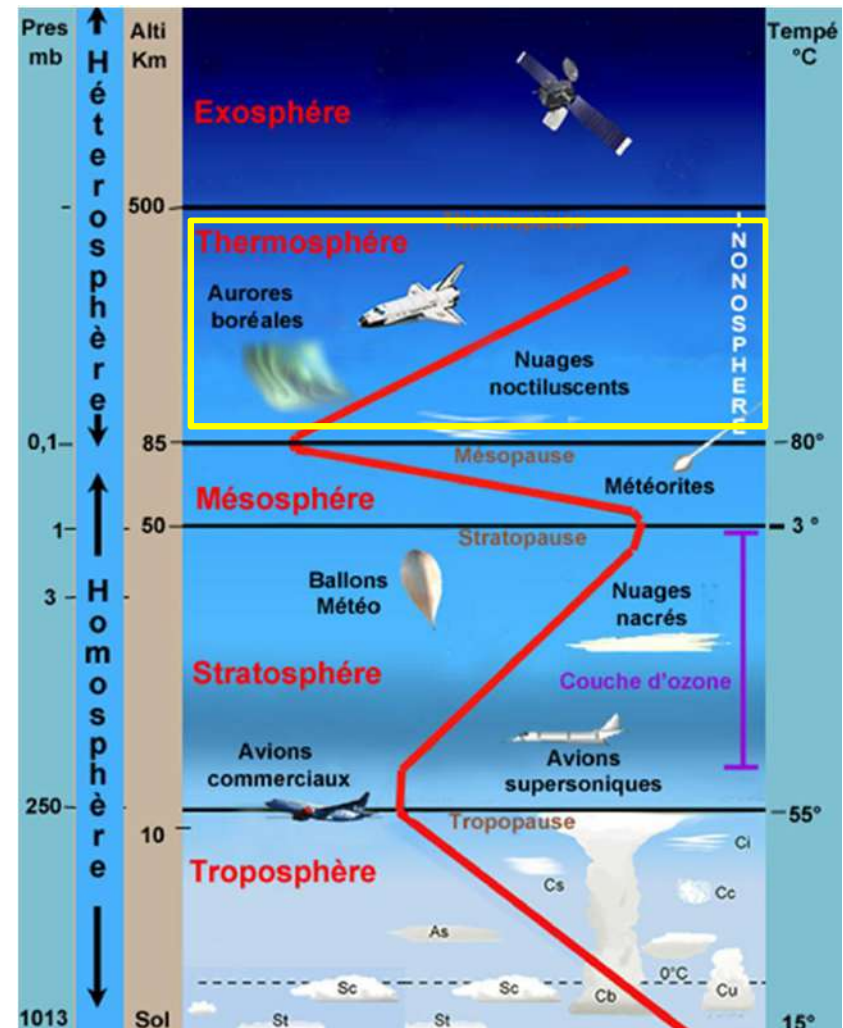


1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

THERMOSPHERE :

- Partie la plus élevée de l'atmosphère **au-delà de 80 km** d'altitude.
- La température **augmente avec l'altitude** et se maintient au niveau de la thermopause ;
- La **pression** y devient presque **nulle** et les molécules d'air sont très rares.
- S'y déroulent les «**aurora boréales**» = phénomène lumineux dû à l'ionisation des gaz.
- La thermosphère est composée de deux parties : l'ionosphère et l'exosphère.



L'ATMOSPHERE

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :



Aurores boréales = phénomène lumineux issu de l'ionisation des gazs par les rayonnements solaires de forte énergie

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

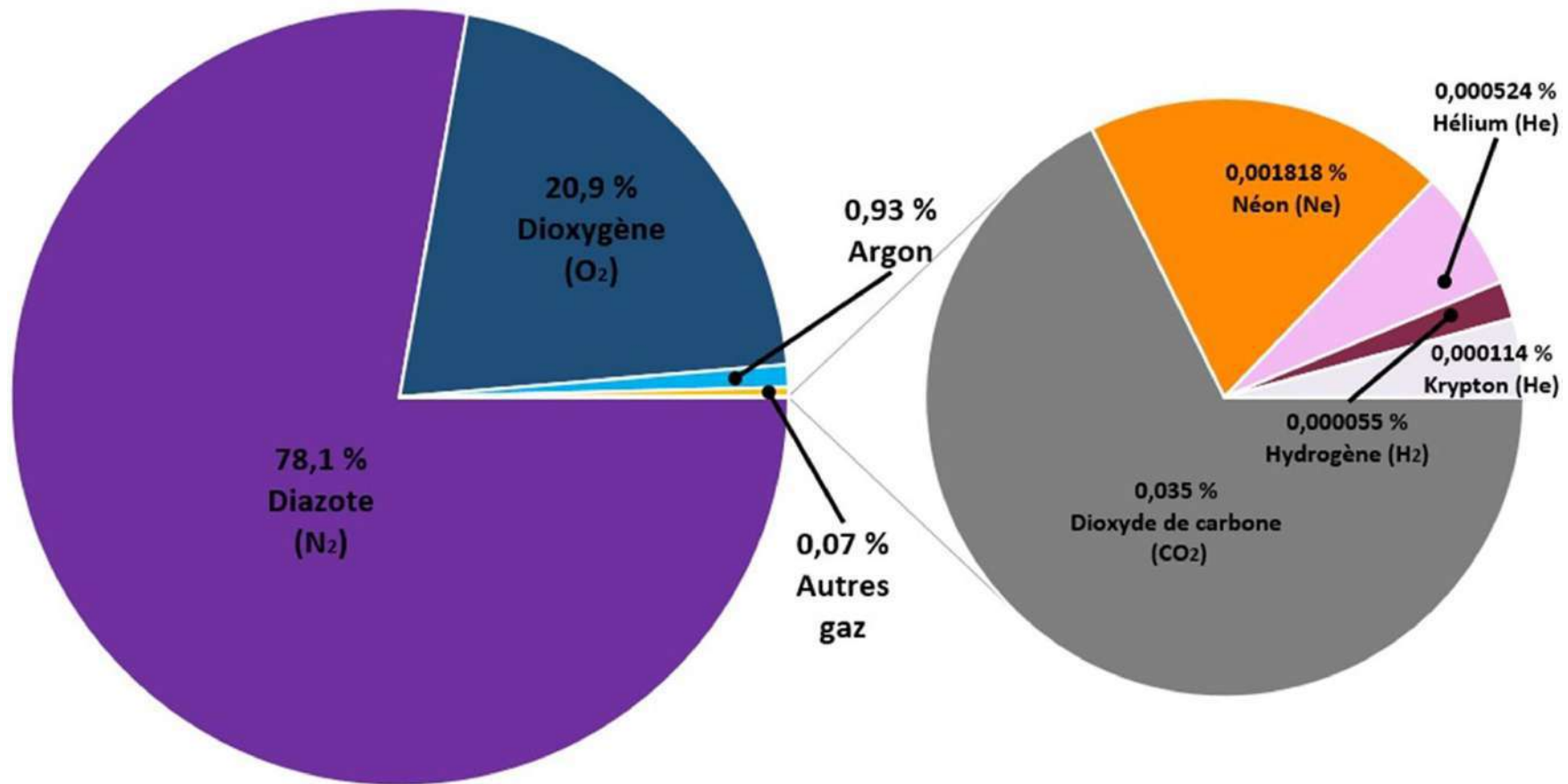
TROPOSPHERE :

- la troposphère est la couche "**vivante**" de l'atmosphère ;
- elle contient **80% de la masse totale de l'atmosphère** terrestre et la quasi-totalité de la vapeur d'eau atmosphérique
- elle est le siège de **nombreux échanges** avec la terre (cycle de l'eau, présence des nuages,...) ;
- c'est une couche troublée par des mouvements dans le sens **vertical et horizontal**.
- sa composition chimique est assez constante.

1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

Composition actuelle de la troposphère :



Composition chimique de l'atmosphère actuelle

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

a)- la vapeur d'eau :

- La **proportion** de la vapeur d'eau dans l'air est très **variable** dans le temps et dans l'espace. Elle occupe un **volume** ne dépassant pas **4 à 5%**.
- dans l'air, l'eau existe aussi à l'**état solide** et **liquide** constituant ainsi les divers types de nuages.

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

b)- Les aérosols ou particules en suspension :

➤ Particules solides ou liquides non déposées sur le sol par gravité. Environ 3 milliards de tonnes émis chaque année :



Sources naturelles:

- Cendres volcaniques
- Poussières désertiques (tempêtes de sables)
- Pollens



Sources anthropiques:

- Fumées d'industrie (centrale thermique à charbon...)
- Gaz d'échappement et rejets de grandes incendies

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

LES IMPURETES (POLLUTION ATMOSPHERIQUE) :

b)- Les aérosols ou particules en suspension :



Nuages de cendres volcaniques: Volcans explosifs



Tempête de sable à Onslow (Australie , 2013)

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

LES IMPURETES (POLLUTION ATMOSPHERIQUE) :

b)- Les aérosols ou particules en suspension :



Charbon fossile



2000 MW

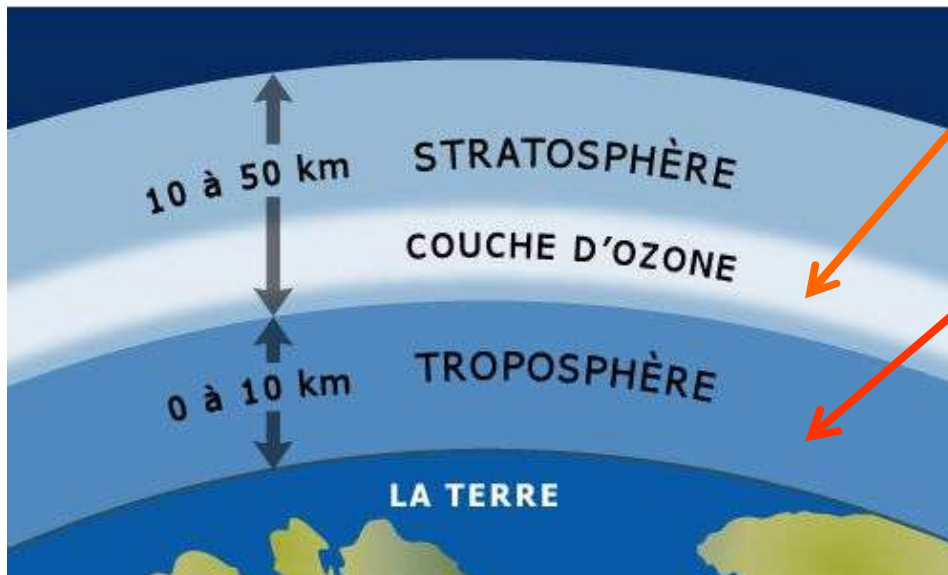
Rejets d'une centrale à charbon en une journée :

- 42 000 tonnes de CO₂
- 620 tonnes de gaz acides
- 10 tonnes de poussière
- 1 300 tonnes de cendres

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

c) Les gaz polluants :

- **Anhydride sulfureux (SO₂)** : oxydation du soufre contenu dans les combustibles fossiles (fuel et charbon).
- **Monoxyde de carbone (CO)**: combustion incomplète et rapide des combustibles et carburants
- **Ozone (O₃)**: 2 types dans l'atmosphère.



■ **Stratosphérique** (bon)
: protège des UV.

■ **Troposphérique**
(mauvais) : toxique à la respiration et contribue au réchauffement de la terre (effet de serre).

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

c) Les gaz polluants :

➤ Les Chloro-Fluro-Carbone (CFC) :

- Composés organiques synthétisés industriellement : Fluides dans les appareils réfrigérants et de climatisation et les nettoyants industriels.

ils sont en partie responsables de la destruction de la couche d'ozone atmosphérique.

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :

COMPARAISON :

Atmosphère primitive
4,4 Ga (Hadéen)



Atmosphère actuelle

80% H₂O

12% CO₂

1 à 3% N₂

+ H₂S, H₂,

Hcl, CO...

Pas d'O₂

↘ H₂O atm

↗ O₂ atm

↗ N₂ atm

↘ CO₂ atm

78% N₂

21% O₂

+ CO₂,

H₂O...

Analyse chimique
des Chondrites (météorites)

I-2- Paramètres météorologiques:

a- La température :

- c'est le degré de chaleur ou de froid qui règne dans un lieu ou dans l'atmosphère. Elle est mesurée en **degré Celsius** (= °C) à l'aide d'un **thermomètre** enregistreur placé à 1,5m du sol à l'ombre et à l'abri du vent.
- Les relevés réguliers de la température, permettent d'établir la température **moyenne mensuelle** à un endroit donné et l'**amplitude thermique annuelle (ATA)** : différence de moyenne entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid de l'année.

b - degré hygrométrique = humidité relative de l'air : c'est le degré de présence de la vapeur d'eau dans l'air.

I-2- Paramètres météorologiques:

c- les précipitations :

- En météorologie, les précipitations peuvent être sous forme de **pluie**, **neige** ou **glace** ;
- La quantité des pluies est mesurée par le **pluviomètre** et le niveau de neige par le **nivomètre**.

d- le vent :

- C'est le mouvement des masses d'air en fonction des différences de pression atmosphérique. Il se caractérise par sa direction (vents de l'Est) et sa vitesse.
- La vitesse du vent, mesurée par l'**anéomètre**, peut être exprimée en :
 - ✓ Kilomètre par heure (km/h)
 - ✓ Nœud (Kt) = un mille marin (1 852 m) par heure.

I-2- Paramètres météorologiques:

c- les précipitations :

- En météorologie, les précipitations peuvent être sous forme de **pluie**, **neige** ou **glace** ;
- La quantité des pluies est mesurée par le **pluviomètre** et le niveau de neige par le **nivomètre**.
- Ces mesures permettent d'établir la moyenne mensuelle.
- La pluviosité augmente avec l'altitude jusqu'à 3 500 m.

I-2- Paramètres météorologiques:

d- le vent :

- Le vent est le mouvement des masses d'air en fonction des différences de pression atmosphérique.
- La **vitesse du vent**, mesurée par l'**anémomètre**, peut être exprimée en :
 - Mètre par seconde (m/s)
 - Kilomètre par heure (km/h)
 - Nœud (Kt) = un mille marin (1 852 m) par heure.
- La **direction du vent** est donnée par une «**girouette**». La **flèche** montre la direction d'où provient le vent.

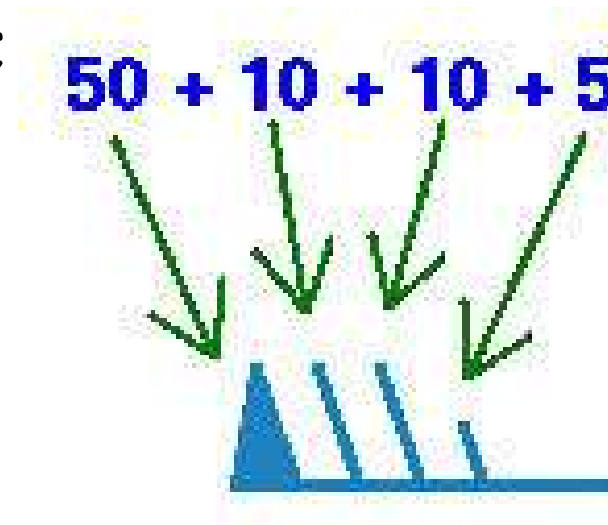
Les quatre points cardinaux sont indiqués par les lettres N, S, E et O.



I-2- Paramètres météorologiques:

d- le vent :

- **Sur une carte météorologique**, la vitesse et la direction du vent sont représentées par une **barbule** dont la tête pointe dans la direction d'où vient le vent.
- La **vitesse** du vent est donnée par le **nombre de barres et/ou de drapeaux** attachés à la barbule :
 - 1 drapeau = 50 nœuds ;
 - 1 longue barre = 10 nœuds ;
 - 1 petite barre = 5 nœuds)



I-2- Paramètres météorologiques:

e- La pression atmosphérique :

- C'est la pression exercée par le poids des masses d'air en un point quelconque de l'atmosphère. Elle varie inversement avec l'altitude et la température.
- La pression est mesurée par un **baromètre et son unité** en Météorologie est l'hectopascal **hPa** (1 hPa = 100 Pa).
- La **différence de pression** entre deux points de **même altitude**, ou gradient horizontal de pression, est la plus importante **force motrice du vent**.

I-2- Paramètres météorologiques:

Mesures des paramètres météorologiques
(T°, Précipitation, Pression atm., vent...)



Conditions météorologiques
Etats de l'atmosphère

Courte durée

Longue durée

METEOROLOGIE

CLIMATOLOGIE

I-2- Paramètres météorologiques:

- Le temps (météo) est l'ensemble des conditions physiques des basses couches de l'atmosphère (T° , pression atmosphérique, vents, humidité, précipitations,...) à un moment donné et à un endroit donné ;
- Le climat est l'état moyen de l'atmosphère à un endroit donné, résultant de la succession de différents types de temps, sur une période plus ou moins longue ;
- La climatologie est l'étude scientifique des climats, tandis que la météorologie analyse les états momentanées de l'atmosphère pour en prévoir l'état futur.

I-3- Types de climats :

On distingue plusieurs type de climats sur la planète Terre :

- ❖ **Climat tropical** : se caractérise avec de **hautes températures** toute l'année. Le **Climat tropical humide** possède **deux saisons**, une **humide** avec de forte précipitation et une **sèche** avec des température un peu plus fraîche et peu ou pas de précipitation.
- ❖ **Climat équatorial** possède les mêmes caractéristiques toute l'année, **chaud** et **pluvieux**.
- ❖ **Climat aride** : climat où les **précipitations sont quasi-absentes** avec de grand écart de températures entre le jour et la nuit (climat des déserts comme le Sahara).

I-3- Types de climats :

- ❖ **Climat Tempéré** : Climat caractérisé par une **saison chaude** (été) et une **saison froide** (hiver). Il existe des variantes comme le :
 - **climat océanique**, influencé par la proximité des grands Océans
 - **climat méditerranéen**, plus doux
 - **climat subtropical humide**.
- ❖ **Climat continental** : on le trouve à l'intérieur des terres, éloigné des côtes. Les écarts de température entre l'été et l'hiver sont très importants, voire extrêmes
- ❖ **Climat polaire** : froid, on le trouve au nord du cercle polaire arctique et au sud du cercle antarctique
- ❖ **Climat montagnard** : climat froid rencontré en haute montagne.

I-4- Facteurs climatiques:

Les climats résultent de **deux groupes de facteurs** :

- **Les facteurs cosmiques et planétaires = facteurs globaux** : agissent sur toute la planète
- **Les facteurs géographiques = facteurs régionaux** : agissent à l'échelle régionale

I-4- Facteurs climatiques :

Facteurs globaux :

- ❖ **La latitude** est la position par rapport à l'équateur. Elle détermine :
 - l'inclinaison des rayons solaires et leur bilan
 - les régions des pôles ont des T° plus froides et celles dans l'équateur ont des T° élevées.
 - l'emplacement des zones de haute et basse pression.

- ❖ **Les mouvements de la terre (rotation, révolution)** : entraînent la succession des jours et des nuits, la succession des saisons et provoquent des différences thermiques sur les façades des continents.

I-4- Facteurs climatiques :

Facteurs globaux :

❖ **La circulation atmosphérique** : Les vents dominants ainsi que les précipitations sont fonction de la circulation des masses d'airs dans l'atmosphère :

- Une masse d'air venant du Nord sera froide
- Une masse d'air venant de l'Océan sera humide
- Une masse d'air venant du Sud sera chaude

I-4- Facteurs qui influencent le climat:

Facteurs géographiques :

- **L'altitude ou relief** est la hauteur d'un lieu par rapport au niveau de la mer (réf=0). Plus on monte, plus la T° et la Pa baissent et influencent directement les précipitations. En moyenne, à la montagne la T° baisse de $0,6^{\circ}\text{C}$ tous les 100 mètres.
- **Les courants marins** : les courants selon leur nature chauds (Gulf stream; Oya shivo) et froids (Labrador; Kouro shivo) modifient le climat des côtes qu'ils baignent.

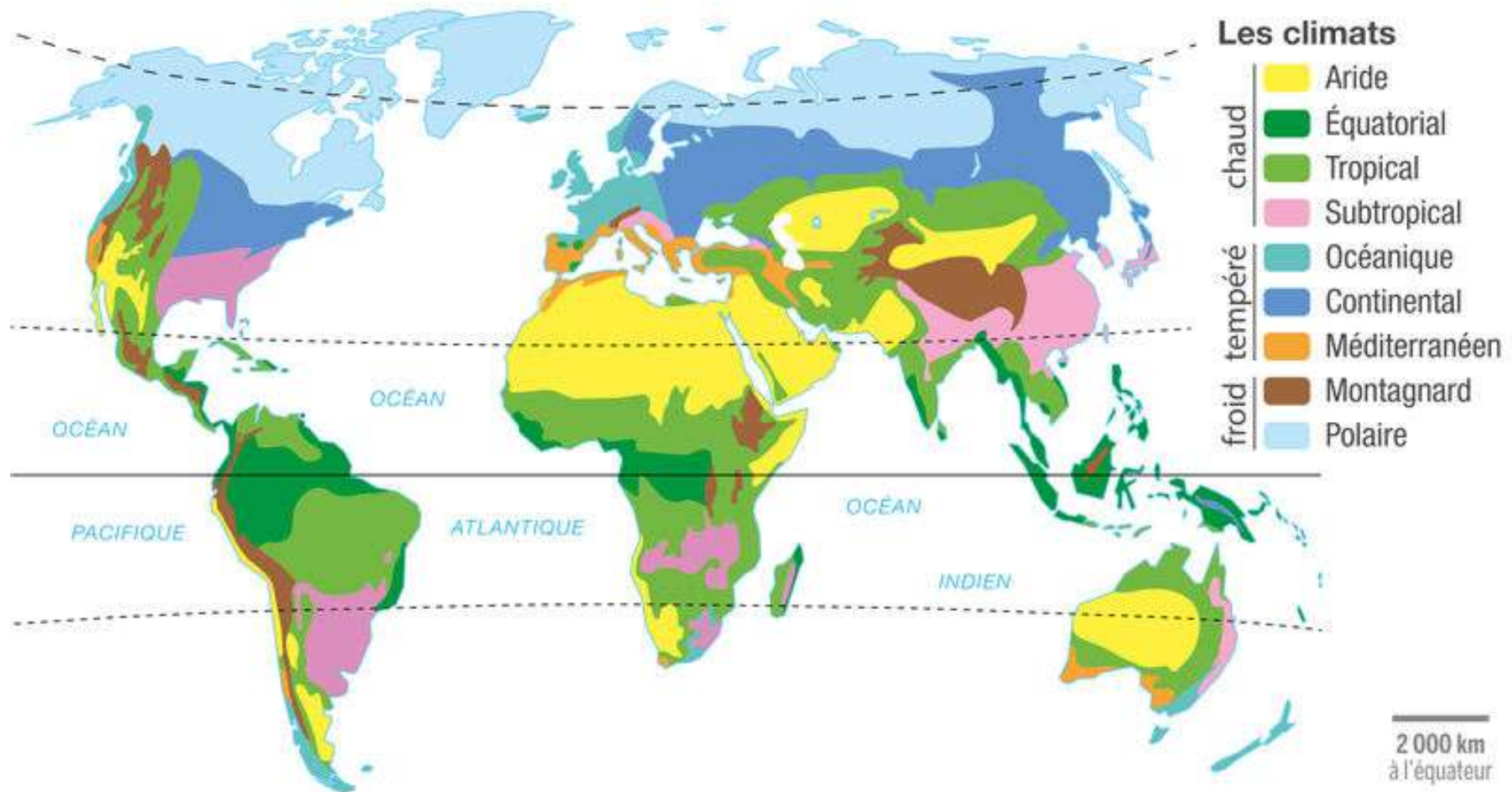
I-4-2 Facteurs géographiques:

Facteurs géographiques :

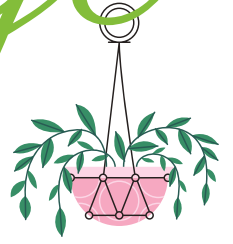
- **La continentalité** : c'est l'éloignement par rapport à la mer ou l'océan ; une **grande continentalité** accentue l'amplitude thermique. Cela causera des hivers très froids et des étés très chauds.

1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I-3- Types de climats :



Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

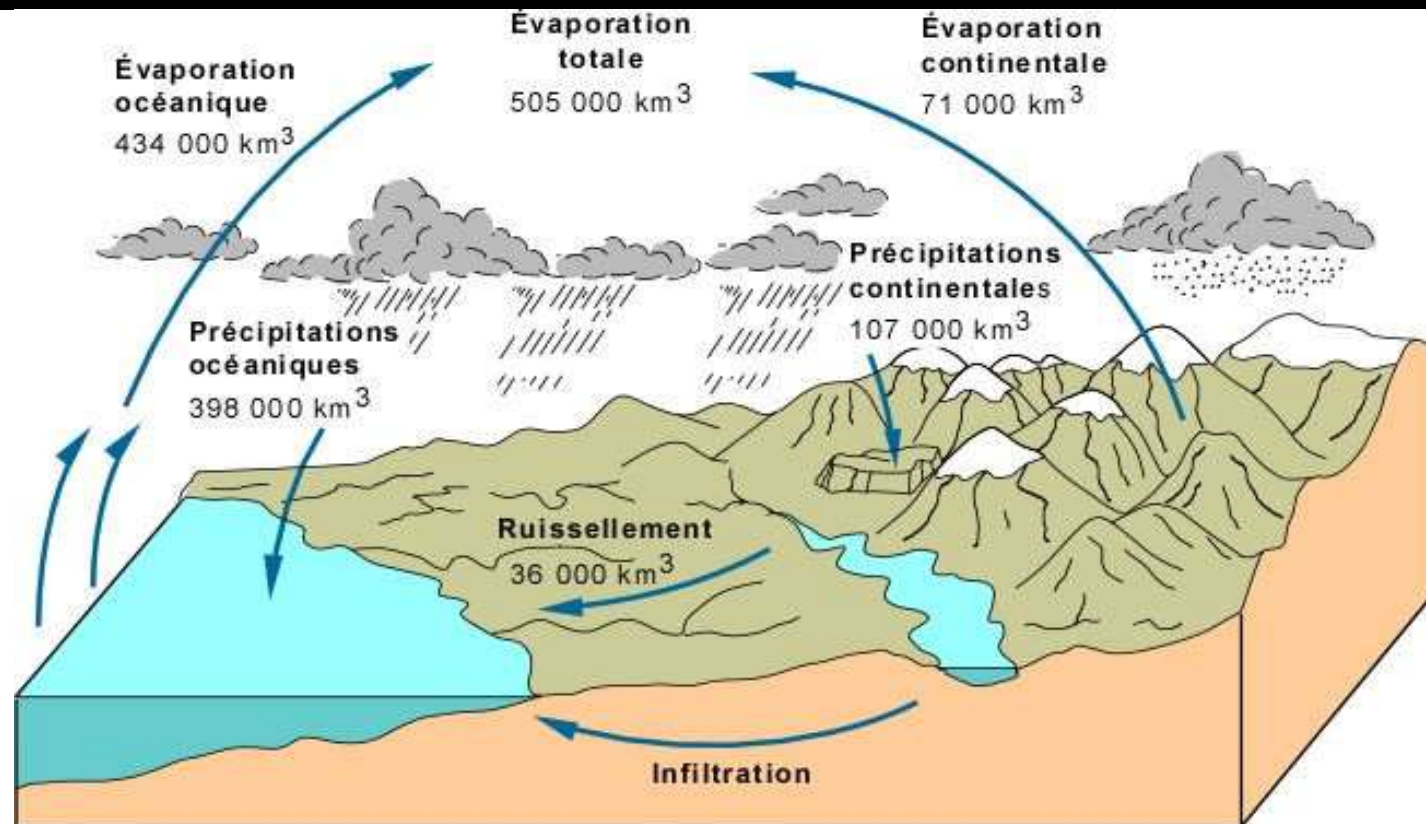
3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage



M10 : Géodynamique externe

SVT2



Pr : Abdel-Ilah

MIHRAJE

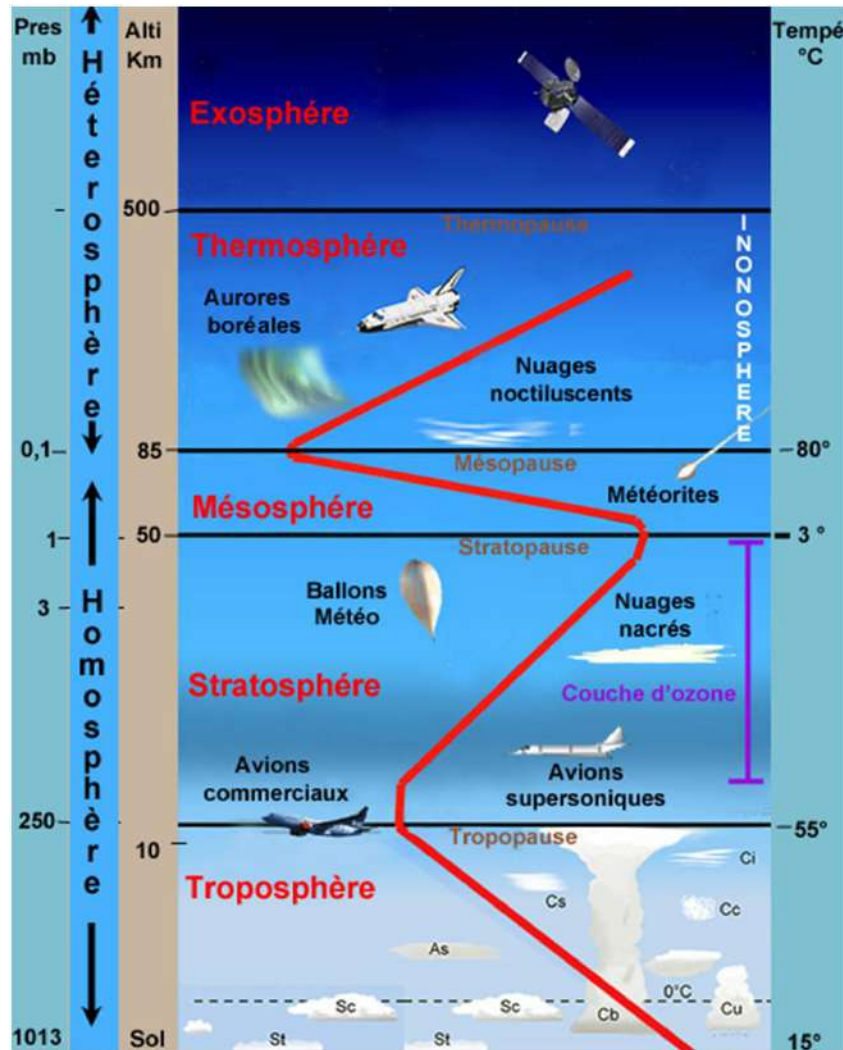
Département de Géologie

GEODYNAMIQUE EXTERNE

**Première partie : notions de
climatologie et de
paléoclimatologie**

1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

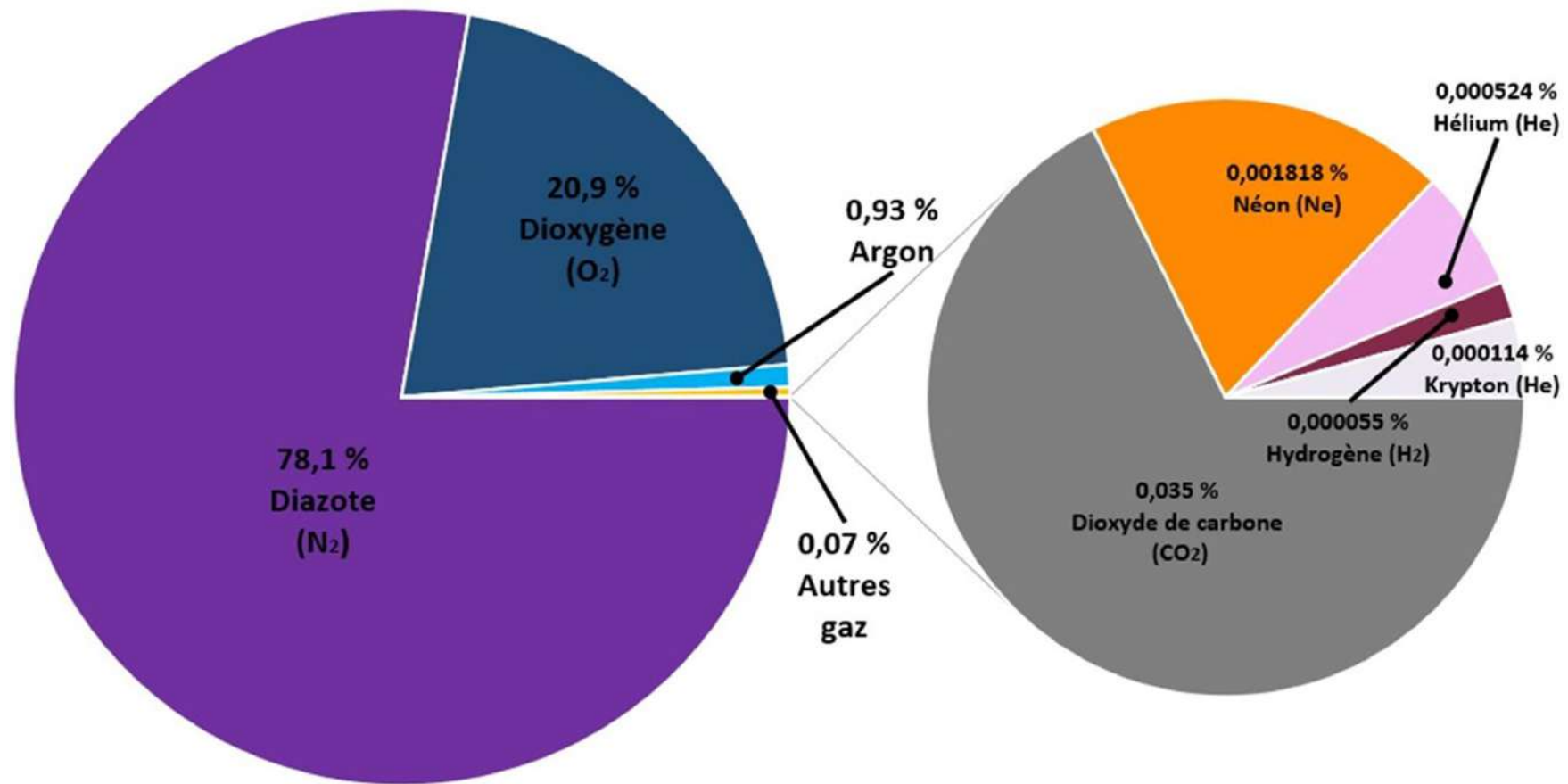
I-1- Structure et composition de l'atmosphère :



- la troposphère est la couche "**vivante**" de l'atmosphère ;
- elle contient **80% de la masse totale de l'atmosphère** terrestre et la quasi-totalité de la vapeur d'eau atmosphérique
- elle est le siège de **nombreux échanges** avec la terre (cycle de l'eau, présence des nuages,...) ;
- c'est une couche troublée par des mouvements dans le sens **vertical et horizontal**.

1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I-1- Structure et composition de l'atmosphère :



II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE

Qu'est-ce que le bilan radiatif ?

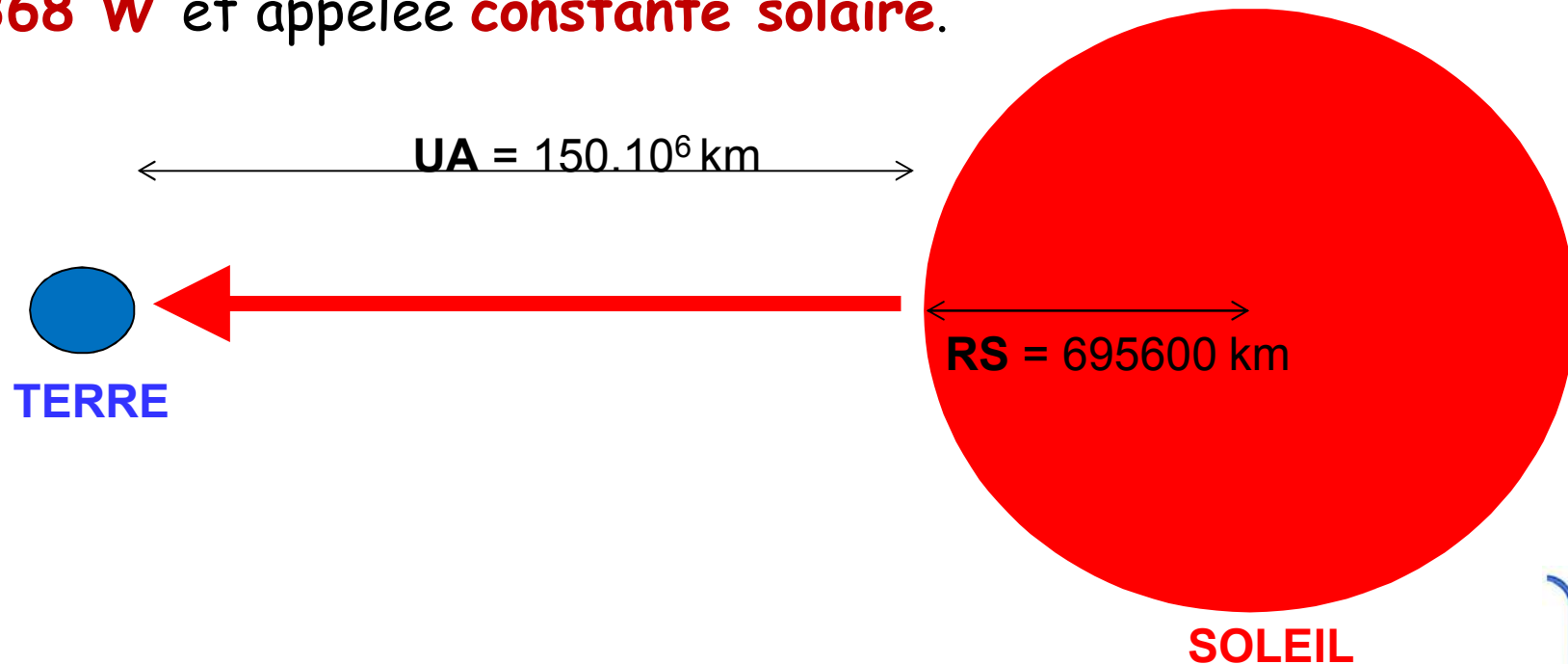
- ✓ Le **bilan radiatif** ou rayonnement net de la planète est la **différence entre le flux solaire absorbé** par la terre et le **flux thermique émis** vers l'espace.

II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE

L'énergie solaire

Le soleil est une source de rayonnement dont la puissance peut être considérée comme constante à l'échelle de temps d'une vie humaine.

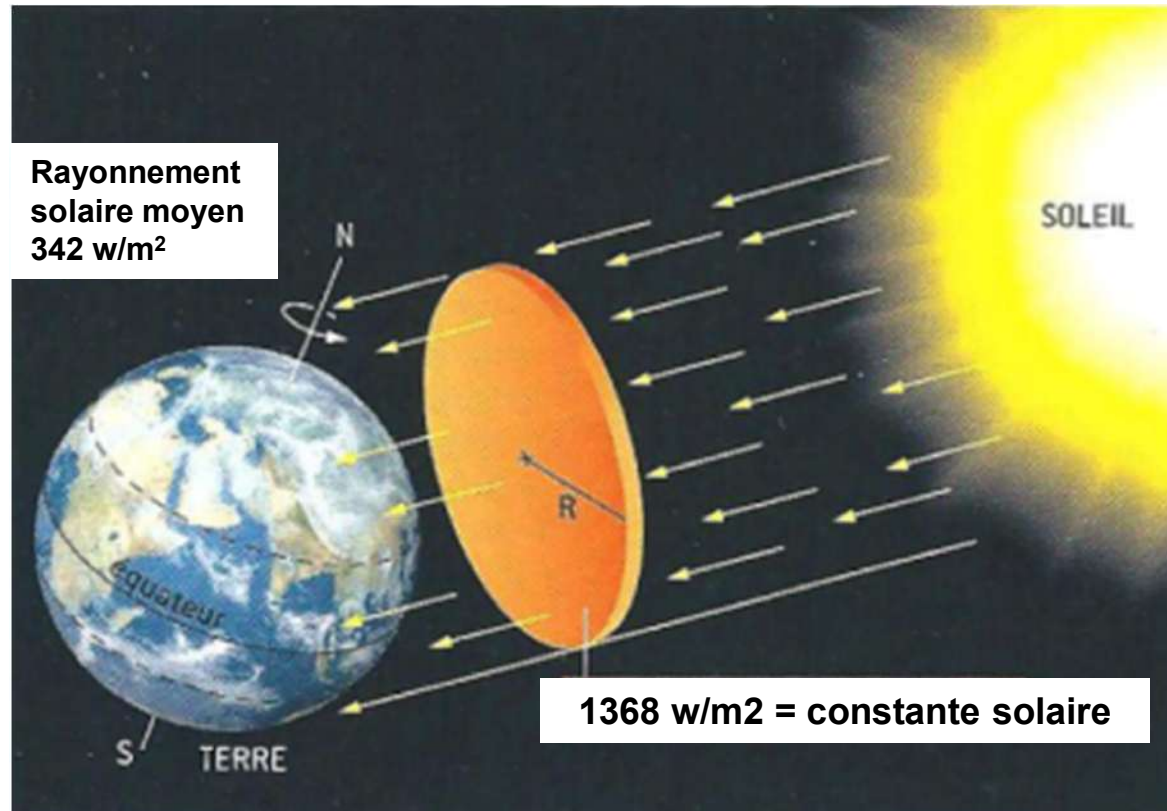
Au sommet de l'atmosphère terrestre, cette puissance est de **1368 W** et appelée **constante solaire**.



II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE

L'énergie solaire

L'énergie solaire totale reçue par la Terre, est égale à celle interceptée par un disque, orthogonal au rayonnement, ayant le même rayon que la Terre soit 1368w.

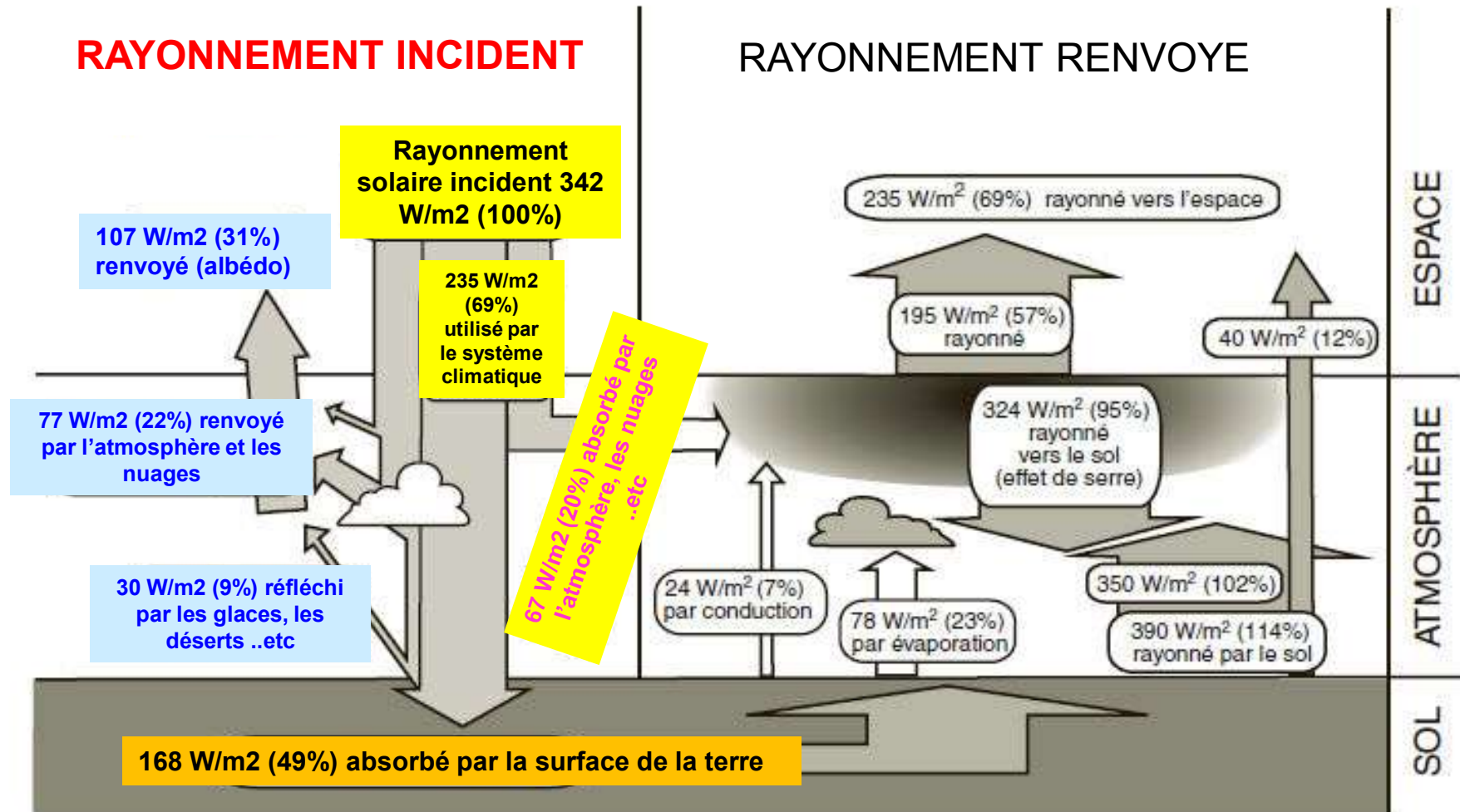


Surface d'un disque = πR^2
Surface d'une sphère = $4 \pi R^2$

Rayonnement solaire moyen est de 342 w/m² mais avec une répartition très inégale selon les lieux et les moments

1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE



II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE

❖ Absorption :

- **20% de l'énergie incidente est absorbée**, par les gaz de l'atmosphère (l'azote, l'oxygène, le dioxyde de carbone, l'ozone et la vapeur d'eau) ; dont environ 3% par les nuages ;

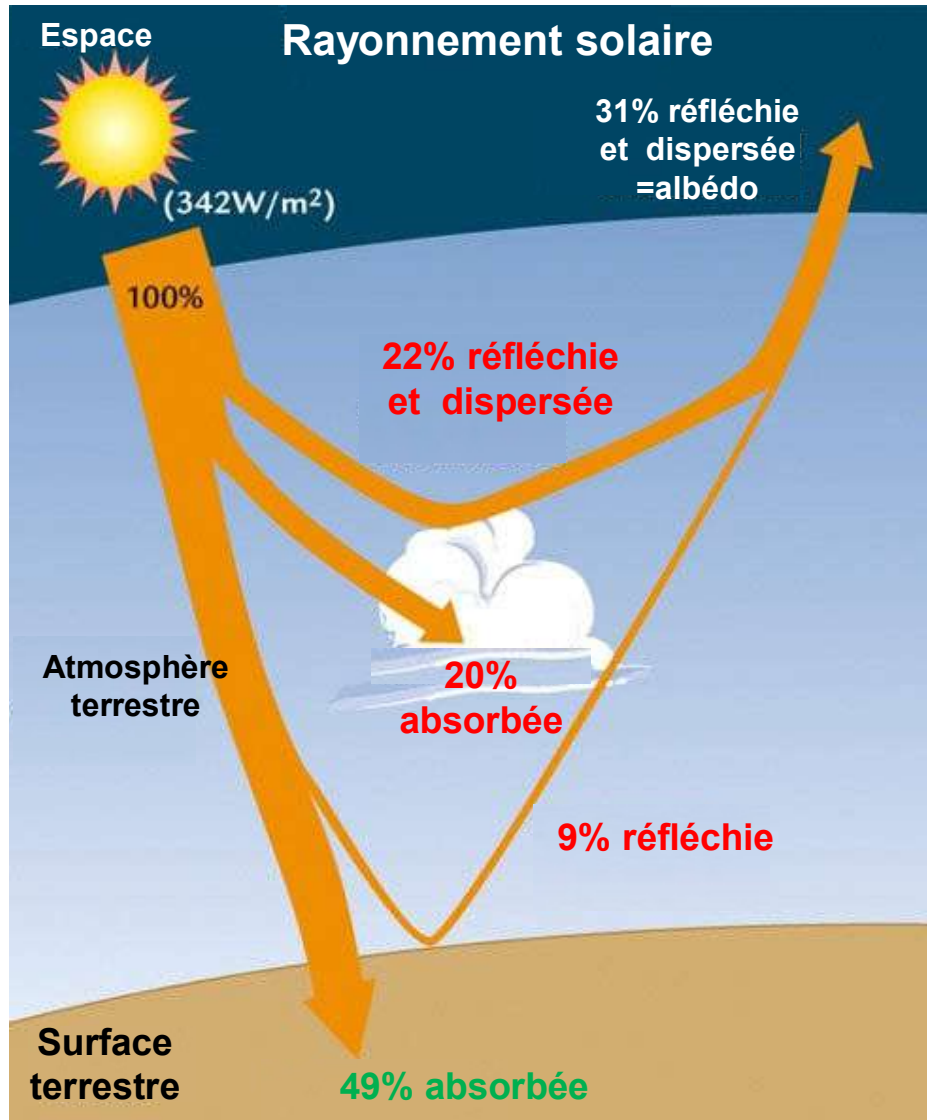
❖ Réflexion :

- **28 %** est renvoyée vers l'espace dont **19%** principalement par **les nuages et 9%** par les **surfaces claires du globe** (glaces polaires et zones désertiques);

❖ Diffusion :

- Une partie du rayonnement incident (environ **3%**) est retournée vers l'espace ; elle **est perdue pour le système climatique**.
- Les reste (**49%**) est diffusé vers le sol.

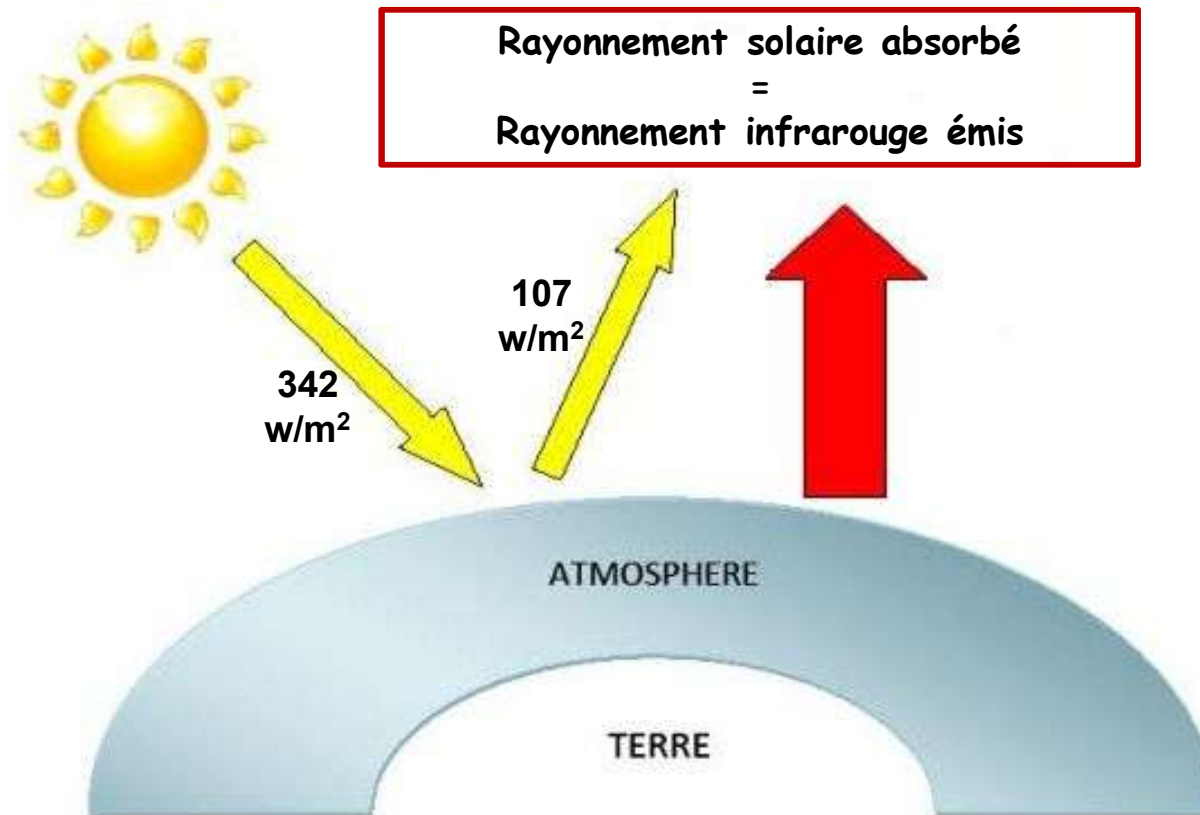
II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE



En définitive, seul **49 %** du rayonnement solaire incident est effectivement absorbée par **la surface terrestre**.

II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE

La **Terre émet** à son tour dans l'atmosphère de la chaleur sous forme de **rayonnement infrarouge** (grandes longueurs d'onde) :



II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE

- **23 %** de l'énergie totale incidente, ayant servi initialement au processus d'évaporation d'eau et d'évapotranspiration, est restituée suite à la **condensation de la vapeur d'eau en altitude pour former les nuages**.
- **19 %** de l'énergie reçue est **émise par le sol** du fait de son échauffement.
- **7 %** ayant servi à **réchauffer davantage l'atmosphère**.

La **somme** des énergies restituées (23+19+7) est **49%**. Si on rajoute les **20%** absorbées par l'atmosphère on obtient **69%** de l'énergie incidente. Les 31% restantes correspondent à l'albédo.

Un **système en équilibre** : flux entrant = flux sortant.

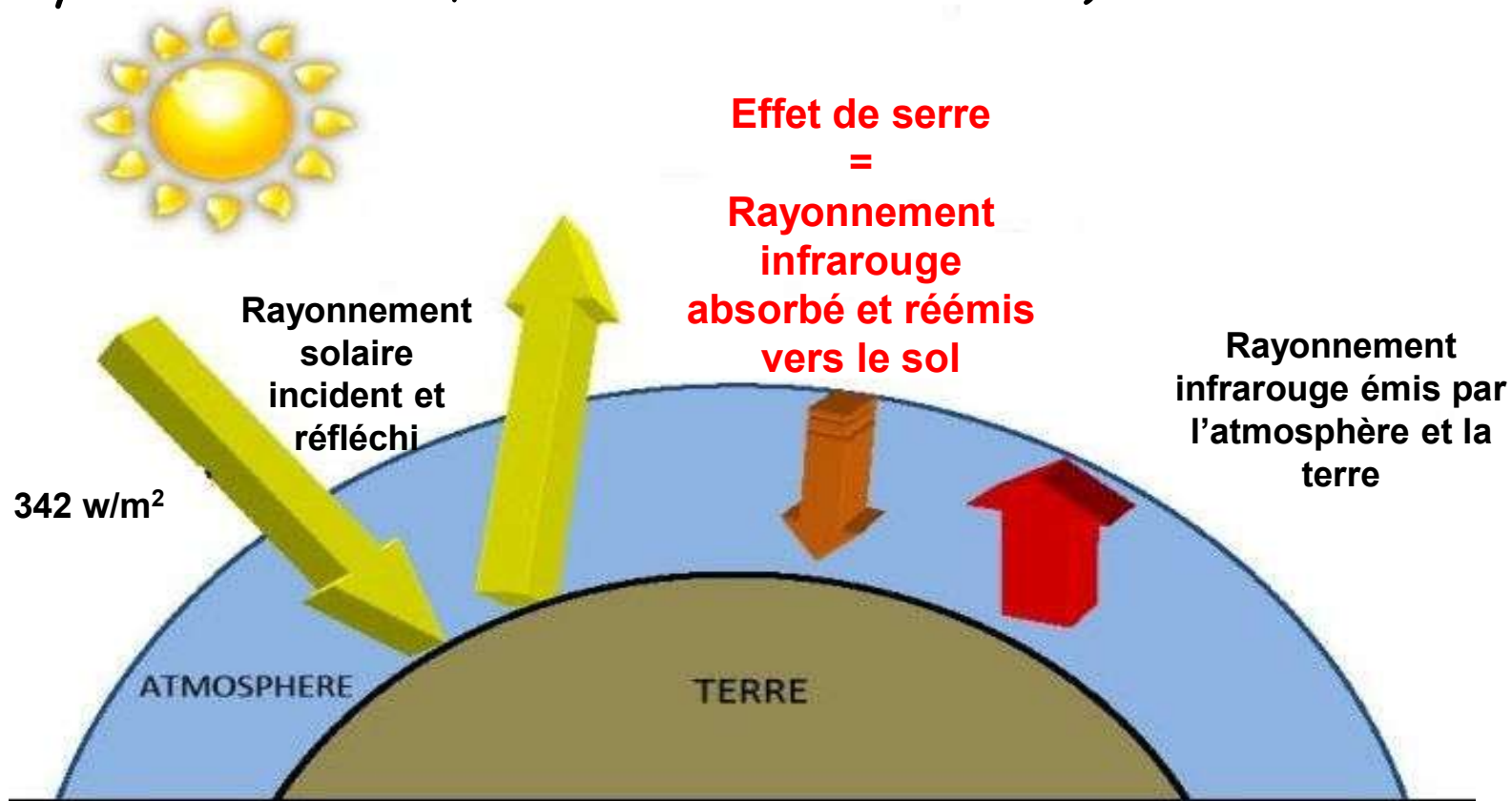
II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE

L'énergie rayonnée par la terre (69% de l'énergie incidente = **235 W/m²**) correspond à une température moyenne sur Terre de 255 K = **-18°C**

Or la température réelle à la surface de la terre est nettement supérieure (15°C) et ce grâce à **l'effet de serre**.

II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE

Le rayonnement infrarouge émis par l'atmosphère et la surface terrestre est en **grande partie absorbé et réémis vers le sol** par les nuages et les gaz à effet de serre (vapeur d'eau, dioxyde de carbone, ozone et méthane ...etc).



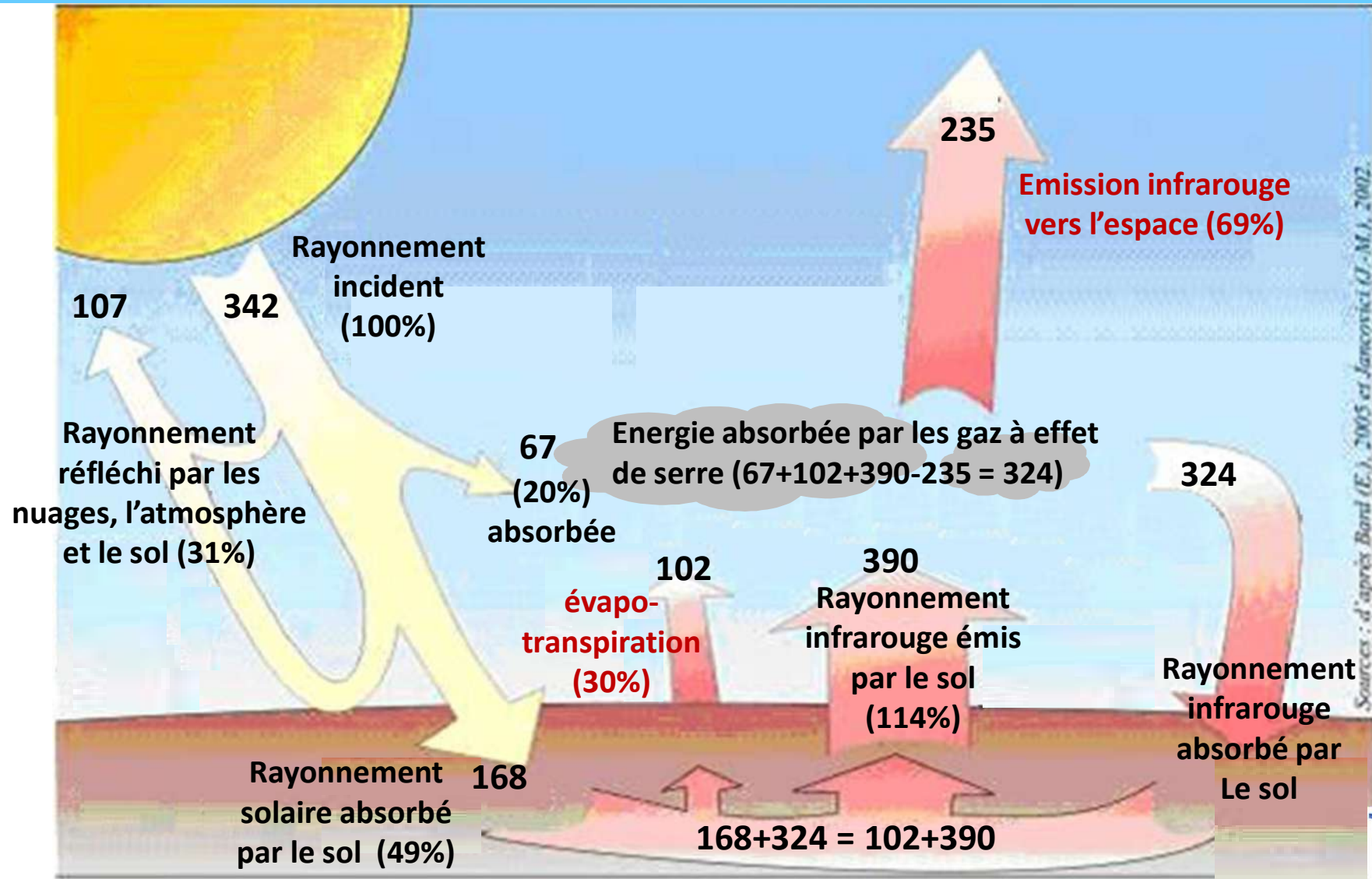
II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE

Les gaz à effet de serre ont la particularité d'être pratiquement transparents au rayonnement solaire et opaques au rayonnement infrarouge émis par la terre.

L'atmosphère se comporte, au niveau du sol, comme une paroi de serre et ne laisserait sortir que **60 %** de l'énergie intérieure.

Ainsi la T° de la surface terrestre est de 15°C au lieu de -18°C .

II- LE BILAN ENERGETIQUE DE LA TERRE



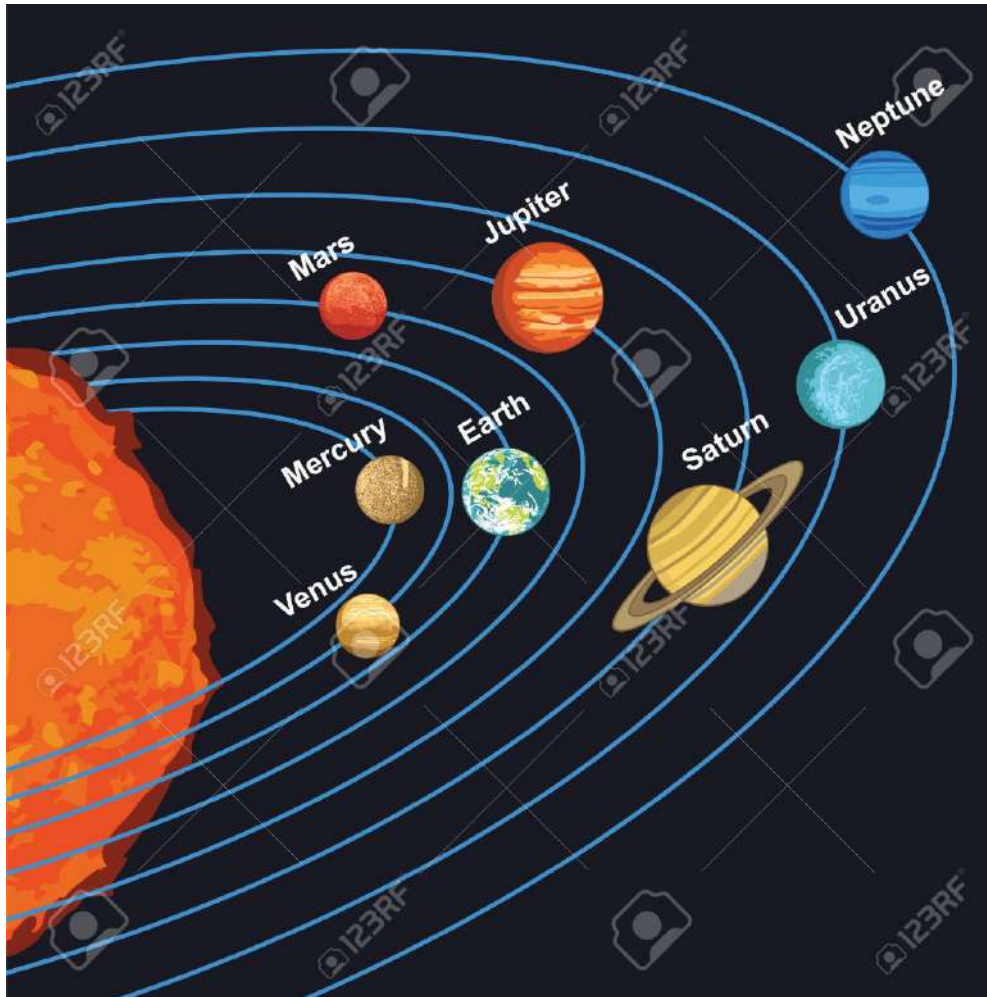
I.3. Répartition du rayonnement solaire à la surface de la Terre

La façon dont le **rayonnement solaire est réparti à la surface de la Terre et en fonction du temps ?**

On sait que de grandes différences existent dans ce domaine **selon les latitudes et selon les saisons**. C'est en effet les **positions relatives du Soleil et de la Terre** qui règlent cette **répartition**.

I.3. Répartition du rayonnement solaire à la surface de la Terre

1.3.1 - L'ORBITE TERRESTRE, LES SAISONS

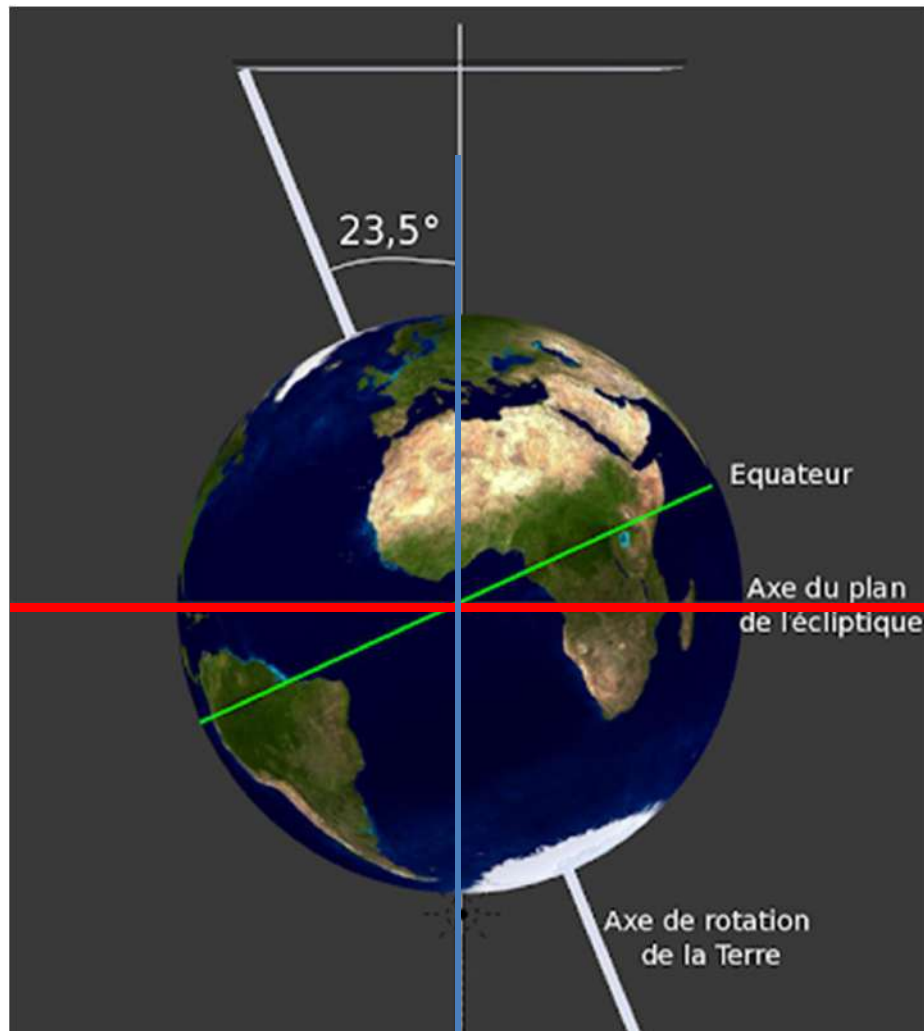


✓ la terre gravite autour du soleil dans un **plan appelé l'écliptique**.

✓ La trajectoire complète s'appelle une **orbite**. Le temps mis pour parcourir cette orbite est de **365jours**.

I.3. Répartition du rayonnement solaire à la surface de la Terre

1.3.1 - L'ORBITE TERRESTRE, LES SAISONS



✓ En même temps, la terre tourne sur son axe de rotation.

Cet **axe n'est pas perpendiculaire au plan de l'écliptique mais oblique.**

L'inclinaison est actuellement de 23,45°.

✓ Ce mouvement donne la **succession du jour et de la nuit.**

Il s'effectue en **24H.**

I.3. Répartition du rayonnement solaire à la surface de la Terre

1.3.1 - L'ORBITE TERRESTRE, LES SAISONS

Au cours du trajet annuel de la Terre sur son orbite, **deux situations extrêmes** sont alors observables :

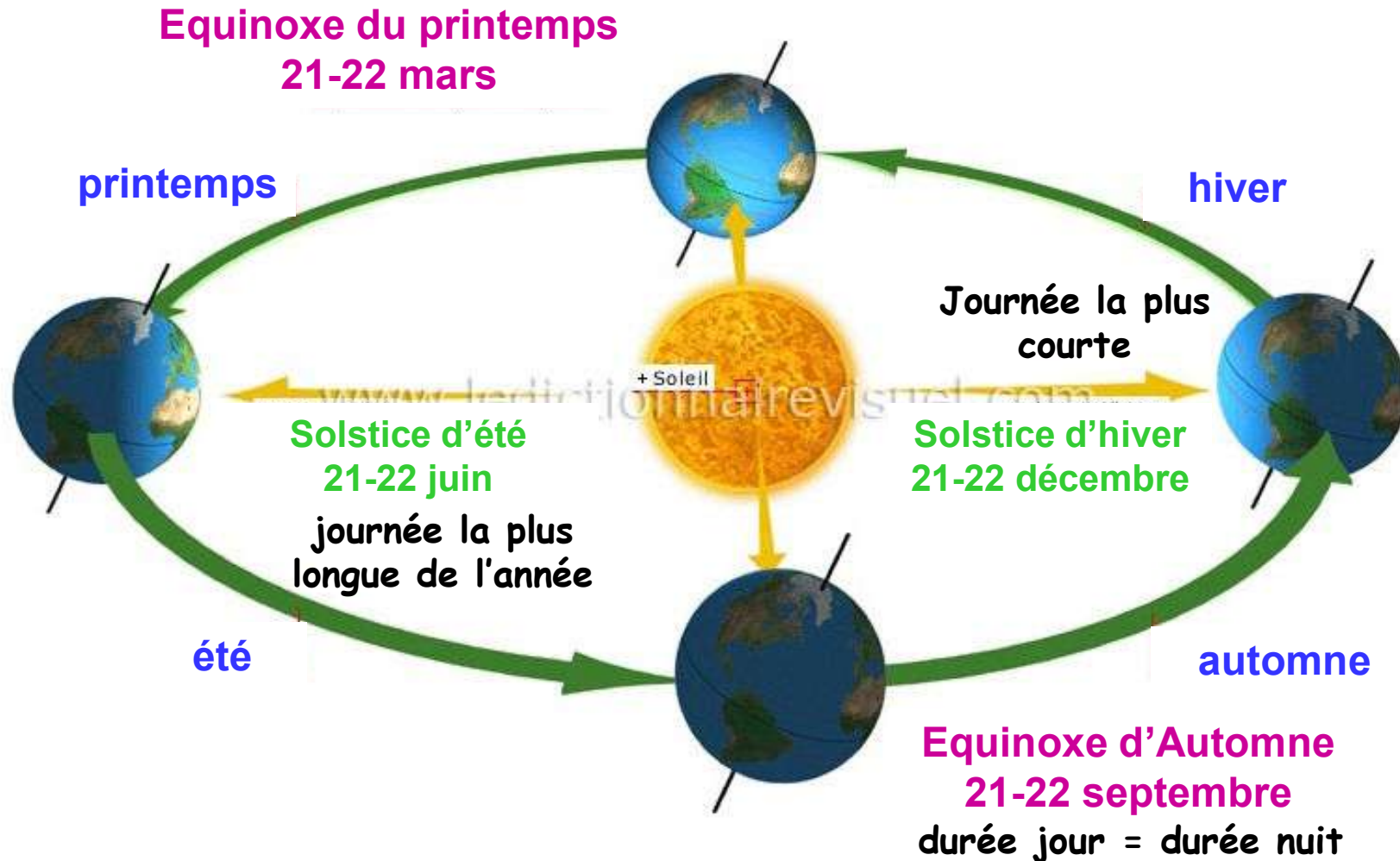
Les solstices : moments où les **rayons du soleil sont les plus inclinés** sur le plan équatorial.

Les équinoxes : moments où les **rayons du soleil arrivent perpendiculairement sur l'axe de rotation de la terre.**

1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I.3. Répartition du rayonnement solaire à la surface de la Terre

1.3.1 - L'ORBITE TERRESTRE, LES SAISONS



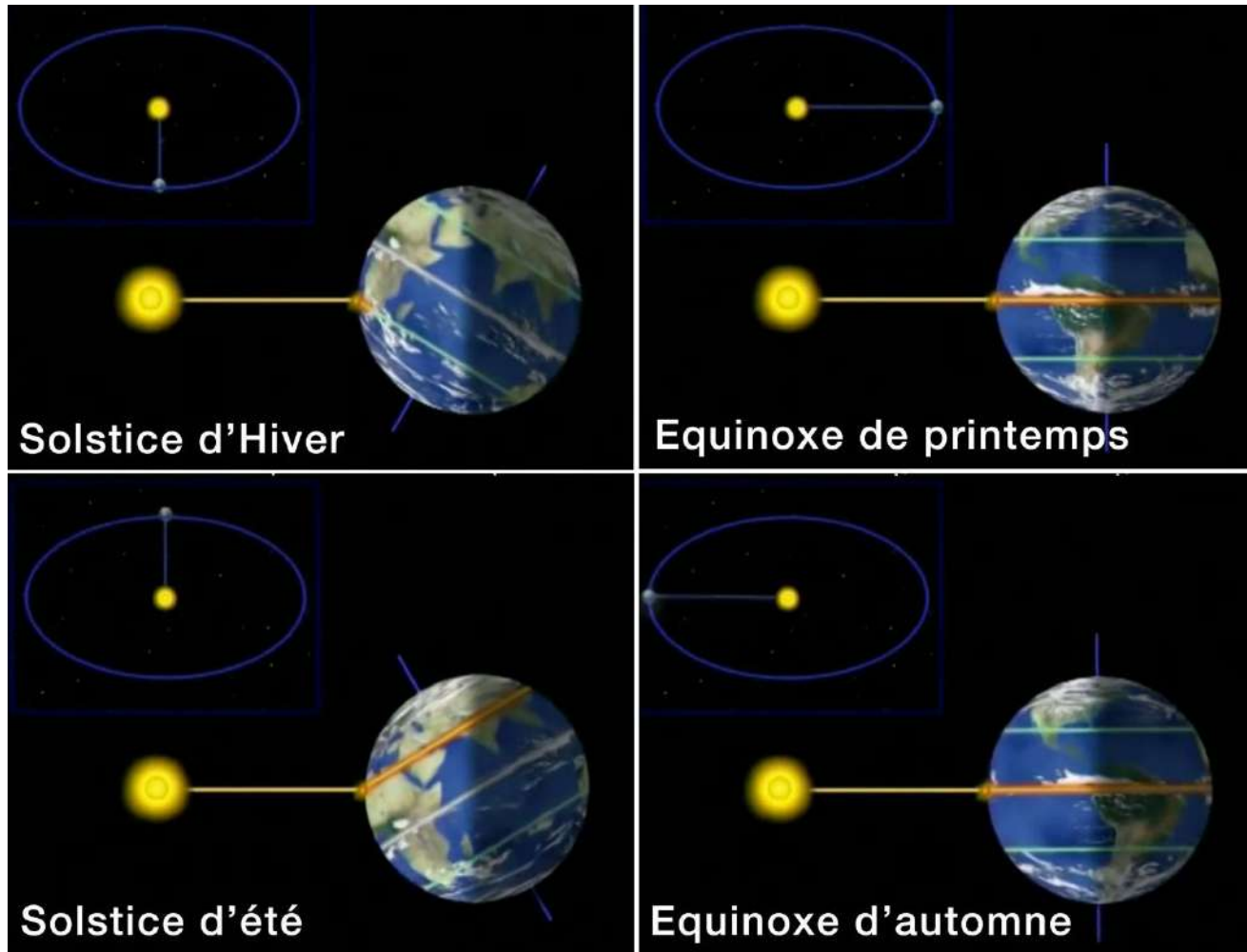
1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I.3. Répartition du rayonnement solaire à la surface de la Terre

1.3.1 - L'ORBITE TERRESTRE, LES SAISONS

Rayons solaires
verticaux
aux
tropiques

Différence
jour/nuit



Rayons solaires
verticaux à
l'équateur

Egalité
jour/nuit

I.3. Répartition du rayonnement solaire à la surface de la Terre

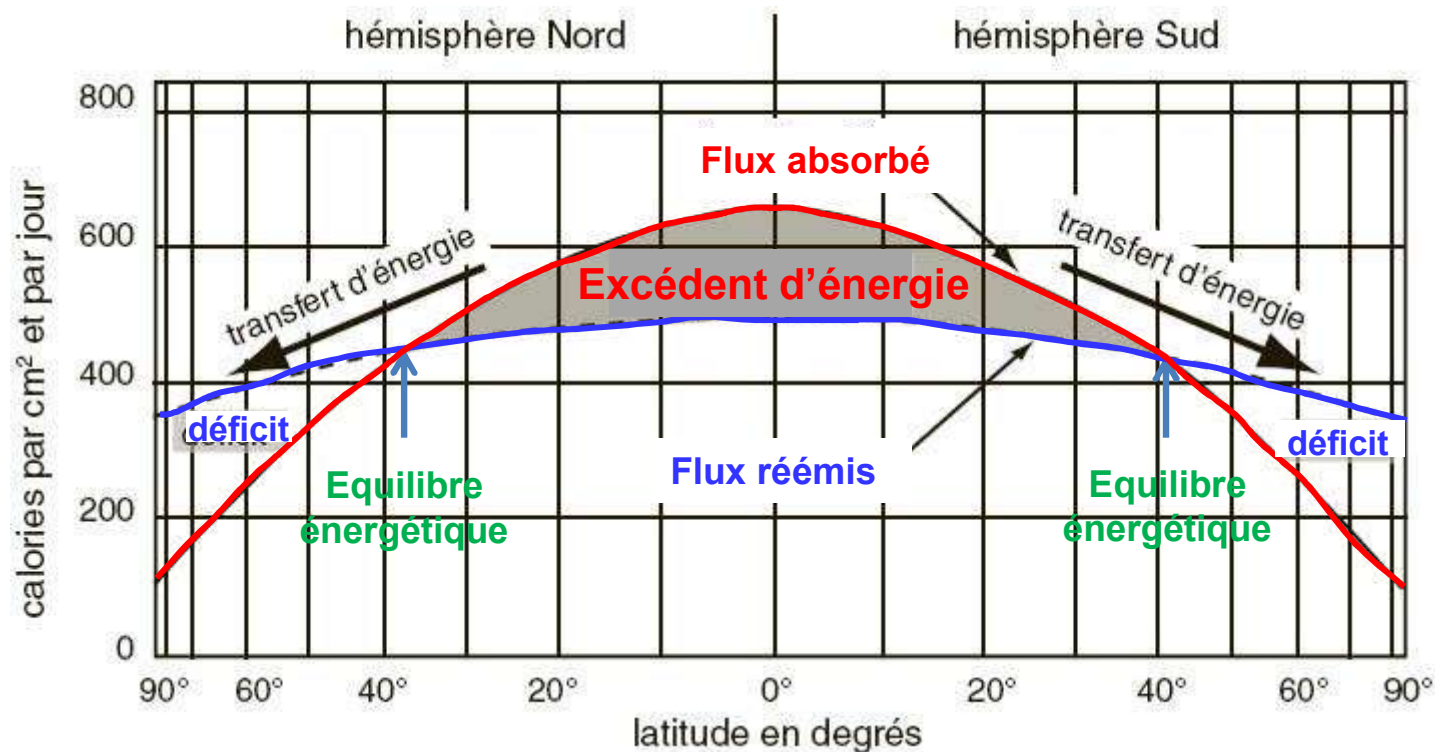
1.3.2 - RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DU RAYONNEMENT SOLAIRE AU COURS DE L'ANNÉE

L'inégalité des jours et des nuits, leurs variations au cours des saisons, conduit à une **inégalité de la répartition du rayonnement solaire** dans l'espace et dans le temps ;

On peut représenter par une courbe la **quantité d'énergie absorbée** en moyenne par jour par le système climatique et **l'énergie rayonnée** par la Terre et ses enveloppes selon les différentes latitudes.

1.3. Répartition du rayonnement solaire à la surface de la Terre

1.3.2 - RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DU RAYONNEMENT SOLAIRE AU COURS DE L'ANNÉE

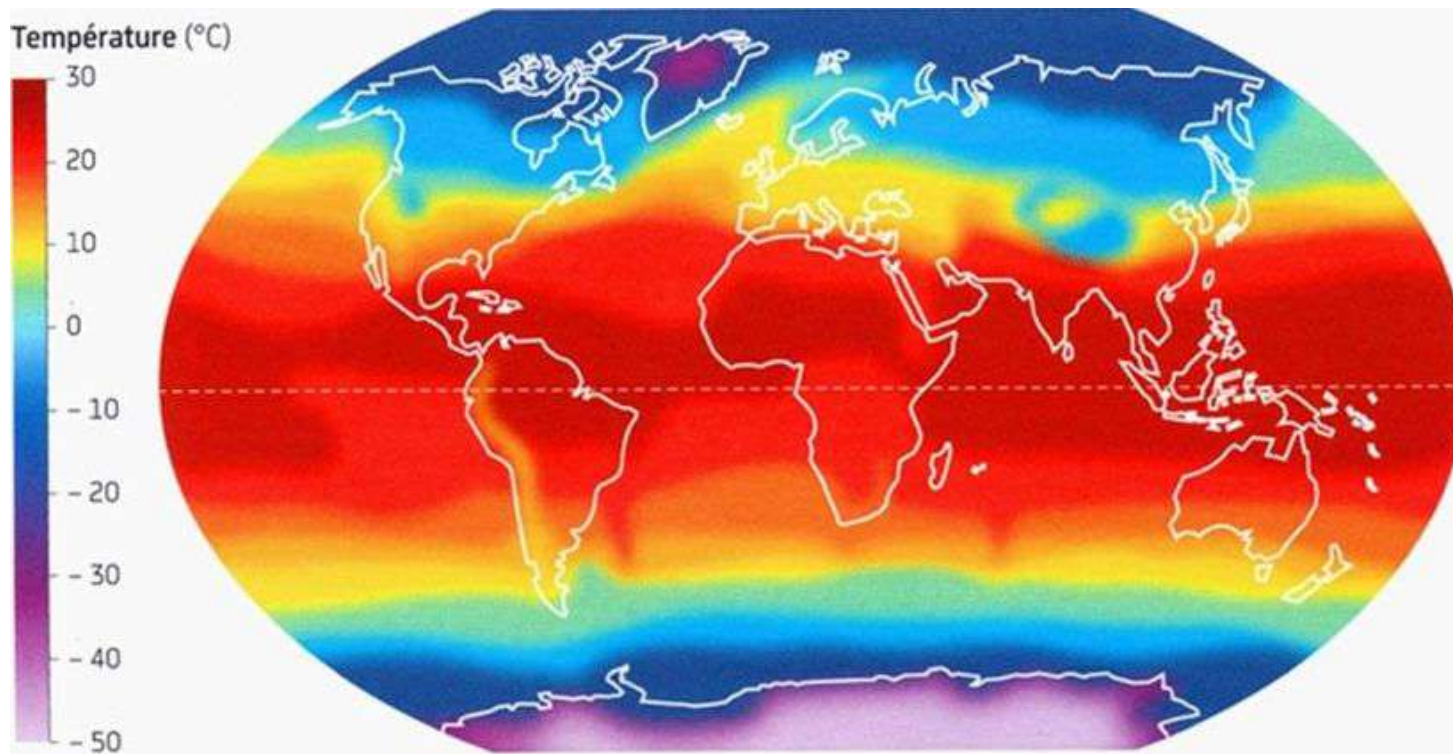


Énergie reçue du Soleil à la surface de sol aux différentes latitudes (flux absorbé) et énergie renvoyée vers l'espace aux mêmes latitudes (flux réémis)

1ère partie : Notions des climatologie et paléoclimatologie

I.3. Répartition du rayonnement solaire à la surface de la Terre

- ✓ La Terre reçoit un flux d'énergie solaire constant qui se répartit de manière **inéégale** à la surface du globe ;
- ✓ Le bilan radiatif est **positif à l'équateur** et **négatif aux pôles** ;



III- Les mouvements de l'atmosphère

- le système Terre-atmosphère redistribue cette énergie solaire des régions excédentaires vers les régions déficitaires c'ad un transport de chaleur de l'équateur vers les pôles.
- Comment s'effectue cette redistribution et quelles sont les conséquences pour la surface du globe ?

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

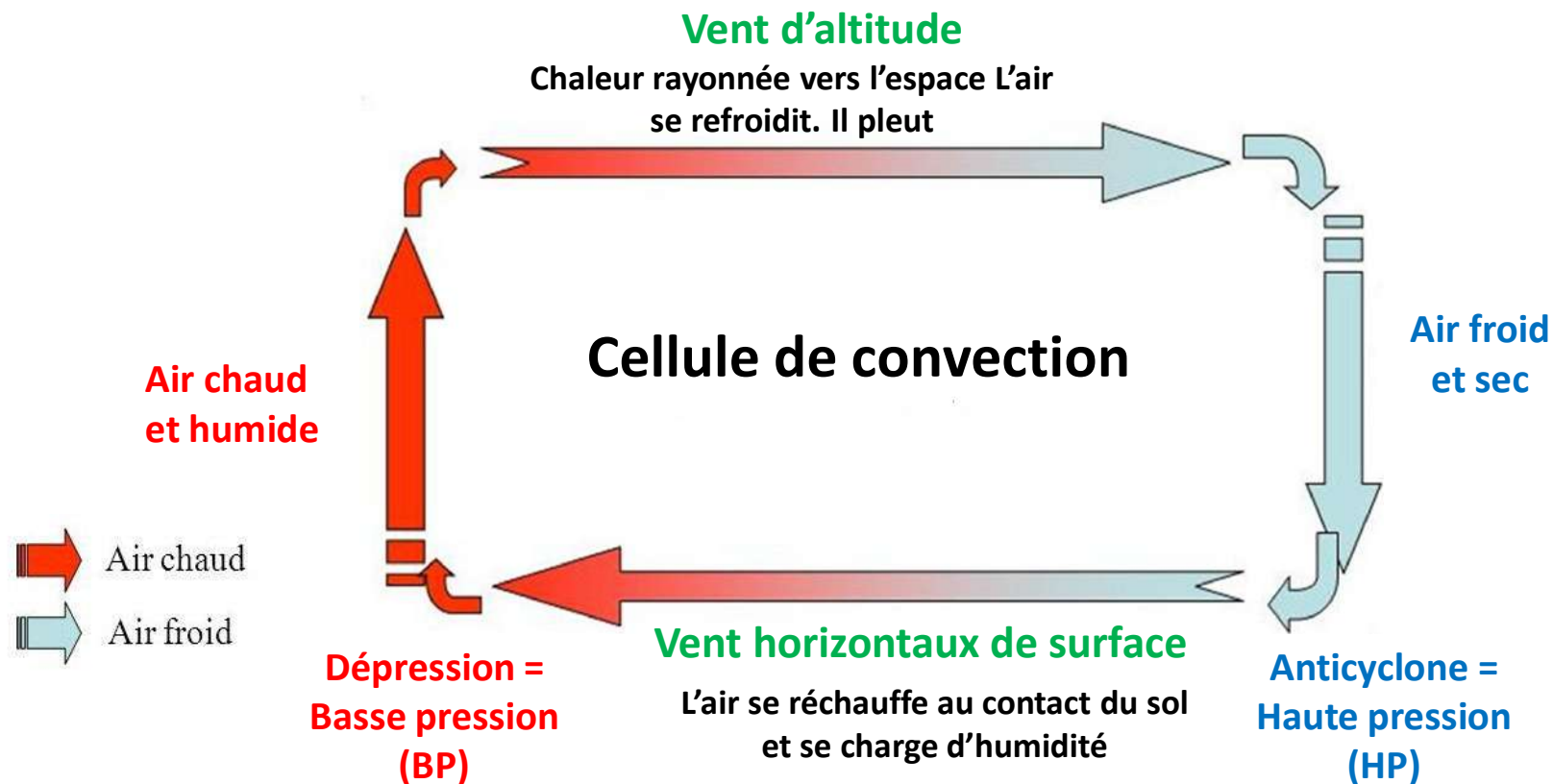
a. La convection thermique

- La **circulation atmosphérique générale** (et océanique) décrit l'ensemble des mouvements et des trajectoires des masses d'air dans l'atmosphère (d'eau).
- Son **unique moteur est l'ensoleillement**.
- Elle exprime le **transfert par convection** de chaleur depuis la zone chaude équatoriale vers les zones froides polaires.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

a. La convection thermique

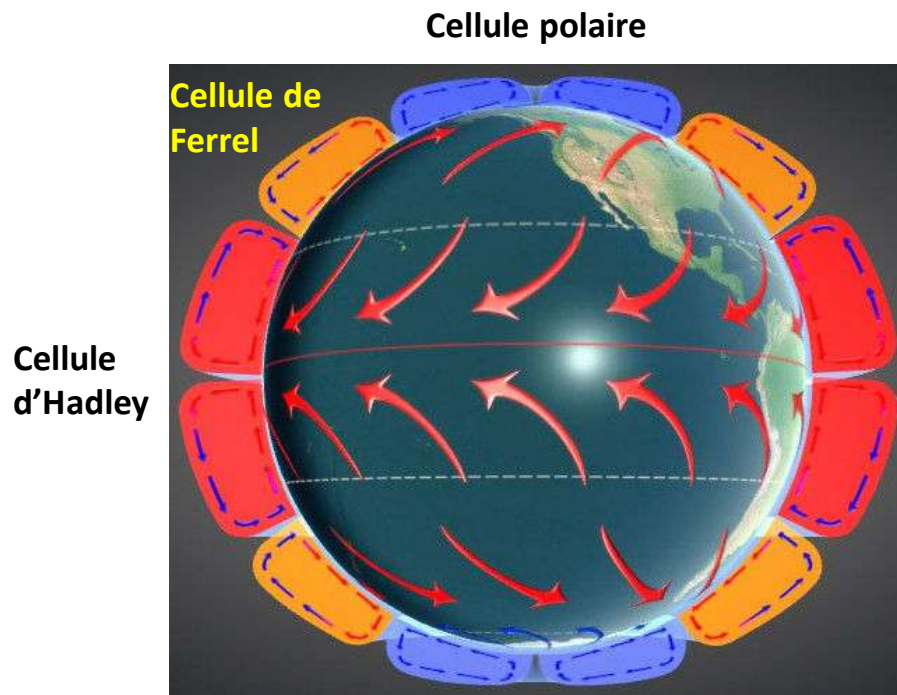


principe d'une cellule convective.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

a. La convection thermique



Le modèle général pour expliquer la circulation atmosphérique est un **modèle tri-cellulaire** : (**Cellule de Hadley, Cellule de Ferrel et Cellule polaire**).

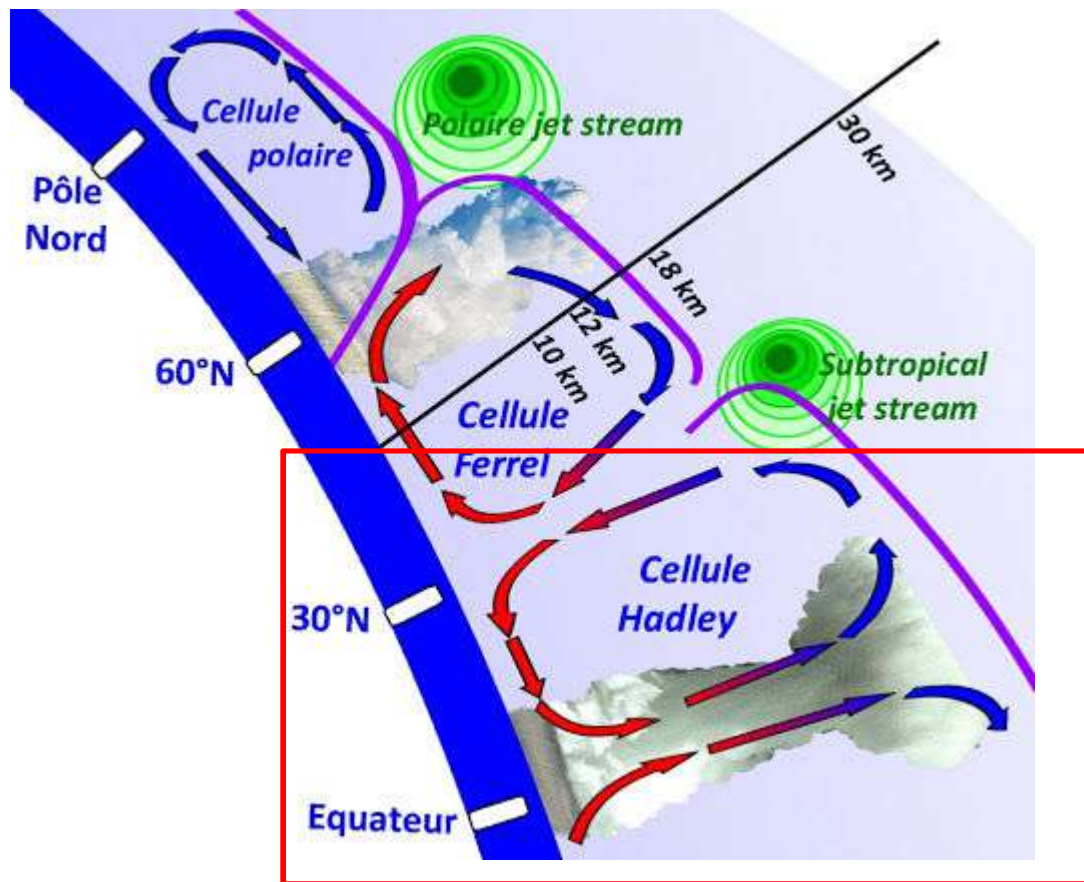
Ce modèle aide à expliquer :

- comment l'atmosphère tente d'égaliser les différences d'énergie du bilan thermique global entre les pôles et l'équateur et,
- les différences dans les ceintures de pression, les températures et les précipitations.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

a. La convection thermique = cellule de Hadley

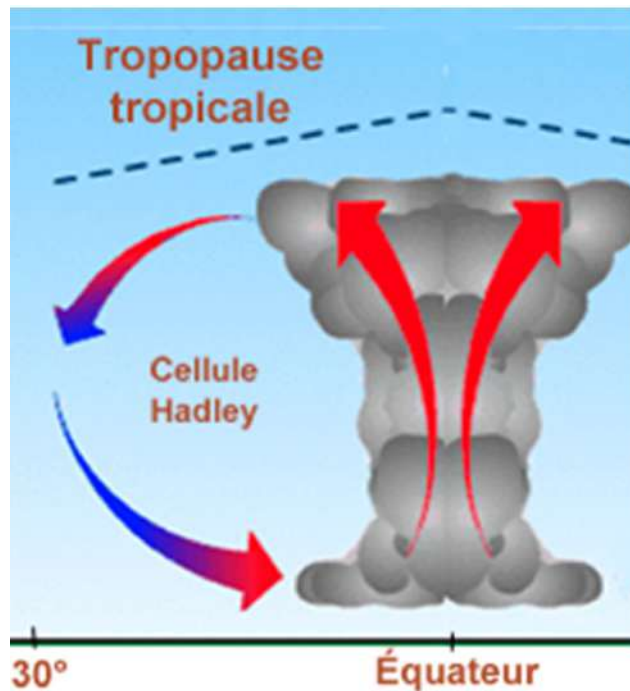


- Située entre l'équateur et les latitudes 30° N et S.
- Se sont des circulations atmosphériques de grandes échelle.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

a. La convection thermique = cellule de Hadley



Près de l'équateur, **l'air chaud monte** et crée une **bande de basse pression (dépression)**.

Vers 10 à 12 km d'altitude (sommet de la troposphère), **l'air se refroidi** et n'arrive plus à monter. Il commence à **s'écouler vers les pôles**.

Il **redescend** doucement pour atteindre la surface de la Terre aux environs des **latitudes 30 degrés**, créant ainsi une **zone de haute pression atmosphérique subtropicale (anticyclone)**.

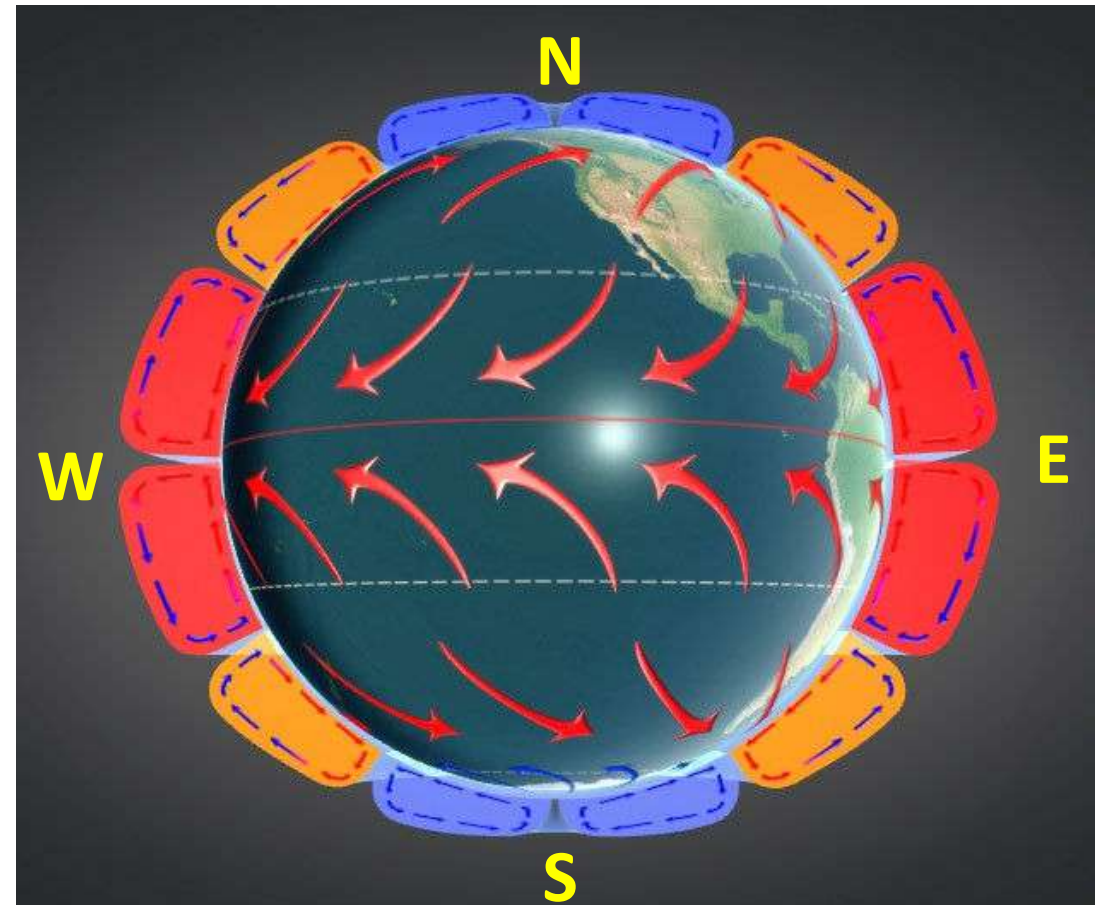
III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

a. La convection thermique= cellule de Hadley

La montée d'air chaud est compensée par l'aspiration de l'air des côtés, créant ainsi des vents qui convergent vers l'équateur = **zone de convergence intertropicale**.

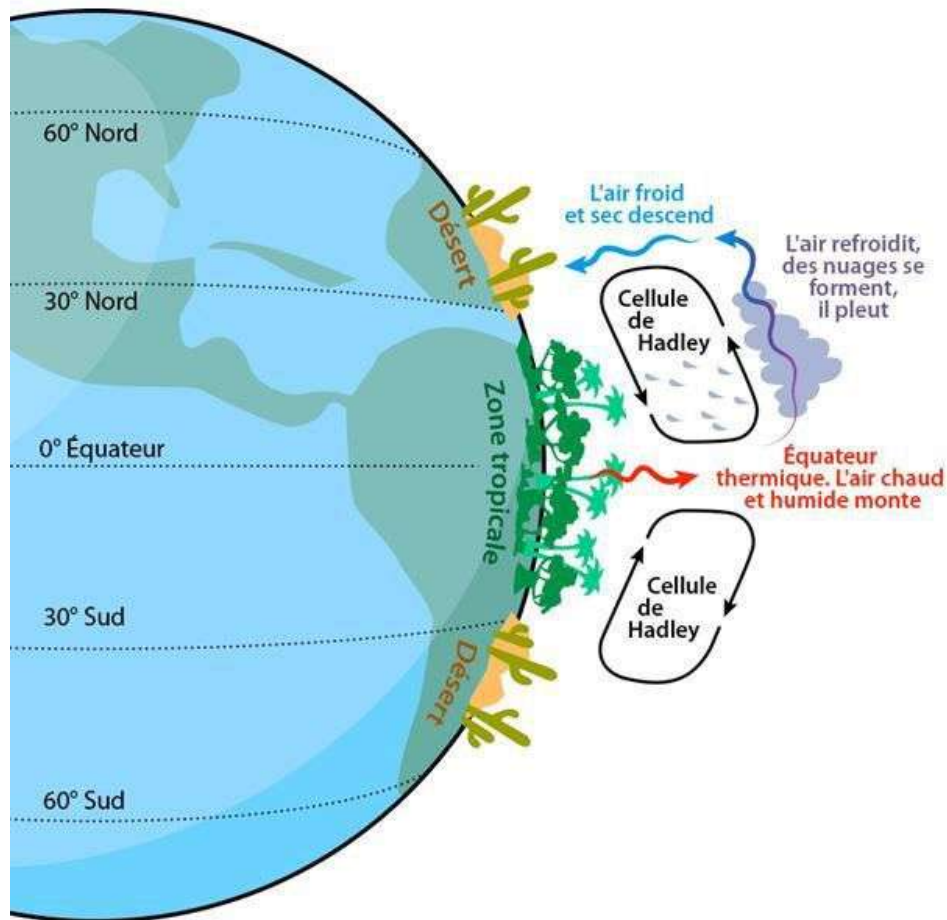
Ces **vents convergents (alizés)** au voisinage du sol ou de la mer engendrent le **courant d'est équatorial**, vent régulier, relativement lent ; sa vitesse est de l'ordre de 20 km/h.



III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

a. La convection thermique = cellule de Hadley



L'air ainsi comprimé et séché, **empêche la formation de nuages.**

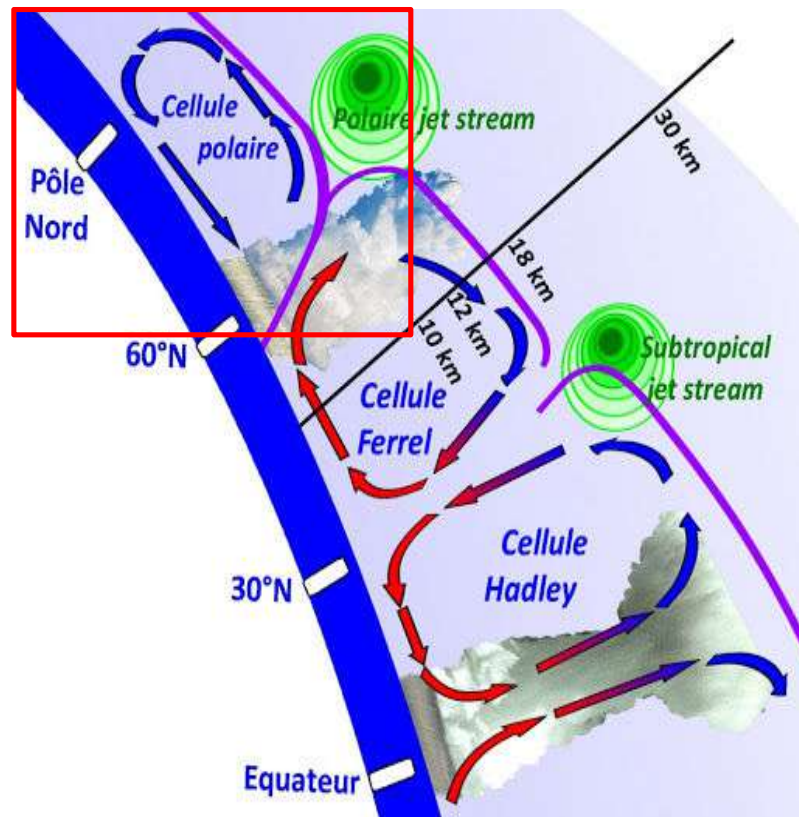
Le résultat est un **ciel clair, une forte chaleur à la surface** de la Terre, un temps sec permanent.

=> la formation des **grands déserts tropicaux.**

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

a. La convection thermique = cellule polaire



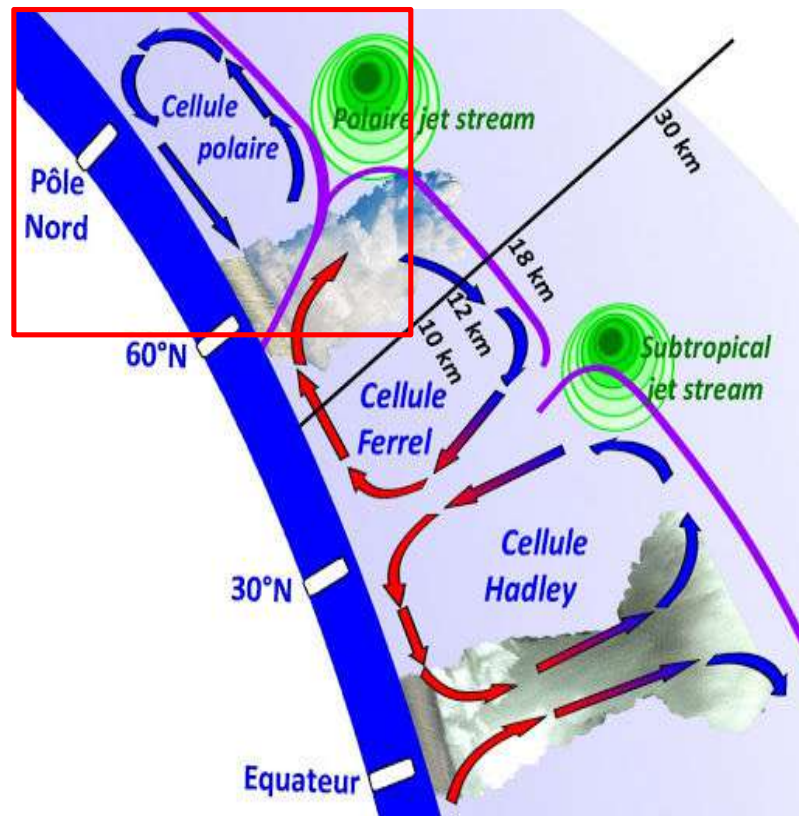
Les cellules polaires se retrouvent entre les pôles et les latitudes 60 degrés N et S.

Aux pôles, l'air **froid asséché et alourdi**, descendant du haut de la **troposphère** entretient une **haute pression** et entraîne une **migration de l'air de surface** en direction des latitudes tempérées.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

a. La convection thermique = cellule polaires



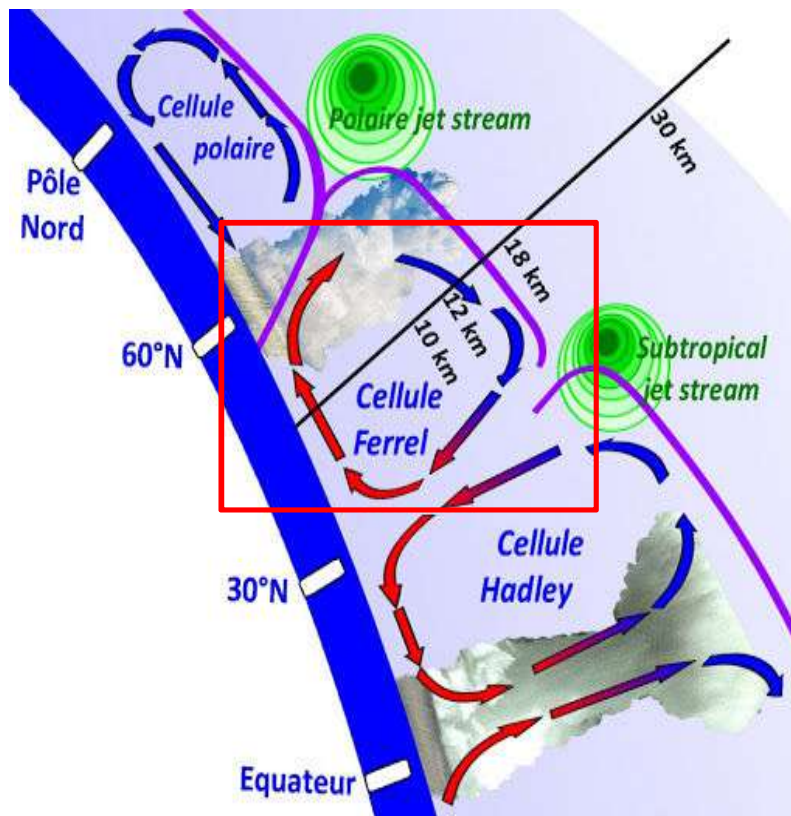
La **température de l'air augmente** et celui-ci commence à monter **vers la latitude 60°** créant une zone **basses pressions**.

En altitude, l'air **converge vers le pôle** et boucle la circulation au sein de la cellule polaire.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

a. La convection thermique = cellule de Ferrel



Entre les 2 cellules précédentes se crée une 3^{ème} Cellule dite de Ferrel située entre les **latitudes 30° et 60°** de part et d'autre de l'équateur.

Cette cellule se distingue par le fait qu'elle tourne en sens inverse.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

b. Conséquence sur la surface du globe

Dans chaque hémisphère, on note la présence de **deux régions où l'air subsiste** vers le sol après refroidissement et assèchement en altitude :

- Près des **pôles**, cette descente d'air sec conduit à la **formation des déserts arctiques et antarctiques**.
- **Entre les cellules de Hadley et de Ferrel**, elle engendre la **ceinture de déserts** situés entre les tropiques et les régions tempérées : déserts du sud des Etats-Unis, Sahara et désert de Gobi dans l'hémisphère nord, désert d'Australie et hauts plateaux andins dans l'hémisphère sud.



III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

b. Conséquence sur la surface du globe

Au contraire, **les zones d'ascendance**, situées **près de l'équateur** pour l'une et **entre la cellule polaire et la cellule de Ferrel** pour l'autre, sont soumises à de fortes précipitations.



Forêt d'Amazonie

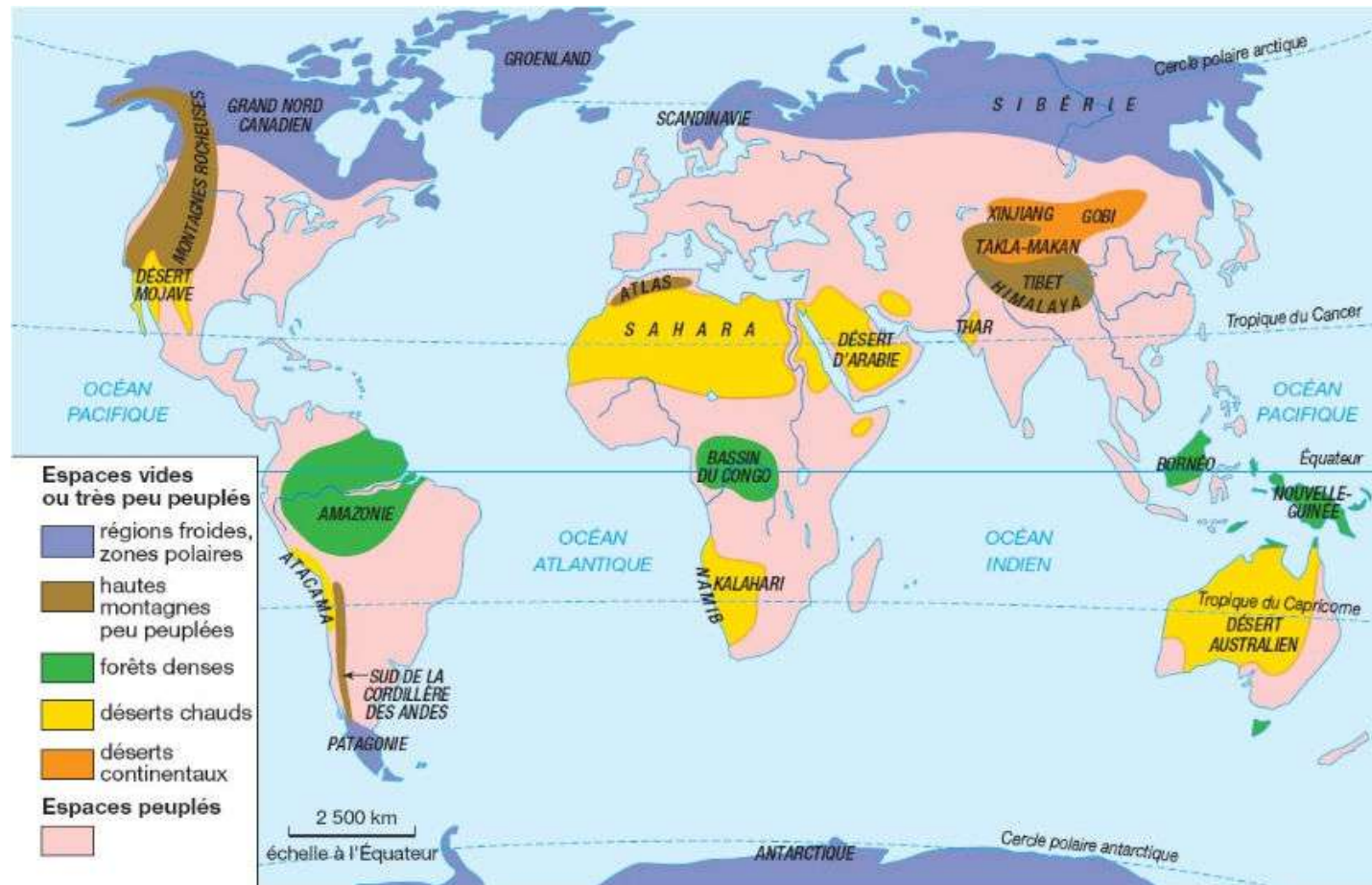
Les pluies sont **fréquentes et abondantes**, ce qui explique à la fois la **végétation luxuriante** autour de l'équateur et la fertilité des sols aux latitudes tempérées.

1^{ère} Partie : Circulation atmosphérique et notions de climatologie

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

b. Conséquence sur la surface du globe



III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

b. Conséquence sur la surface du globe

Anticyclones (HP)	Dépresseions (BP)
Mouvement descendant (subsidence)	Mouvement ascendant (ascendance)
Entraine un temps stable et dégagé (pas de nuages)	Entraine un temps instable (nuages) et précipitations
Eté : sec et ensoleillé	En été : humide et couvert
Hiver : sec mais froid	Hiver : humide mais plus chaud

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

c. Les effets de la rotation de la Terre (Force de Coriolis)

FORCE DE CORIOLIS

« Du fait de la **rotation de la terre**, tout objet en mouvement est soumis à une **force déviante** (force de Coriolis) qui s'exerce perpendiculairement à la direction du mouvement. »

$$F_c = k (v.m. w.\sin L)$$

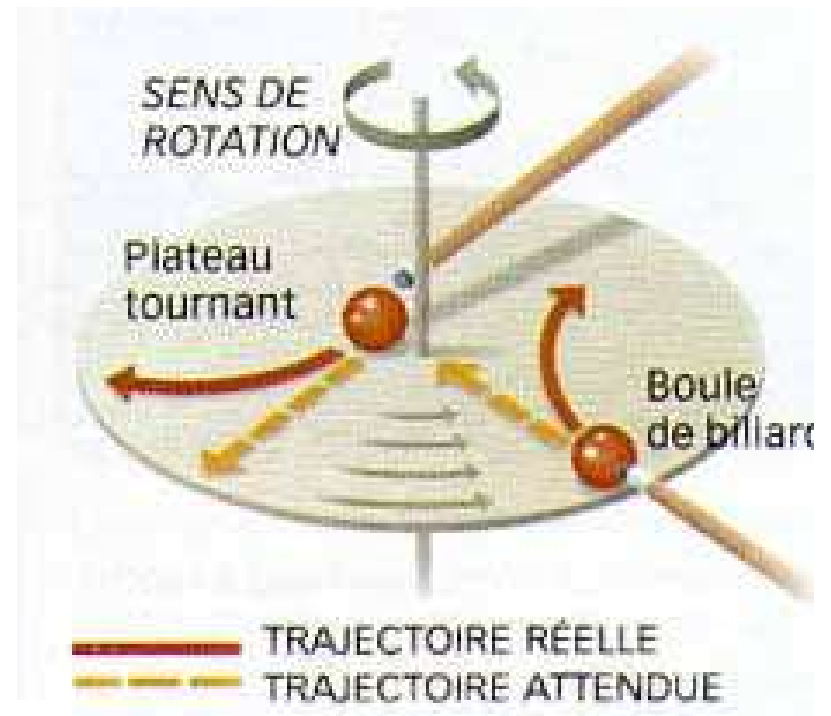
V : vitesse de l'objet mobile

M : masse de l'objet mobile

W : vitesse angulaire de rotation de la terre

L : latitude

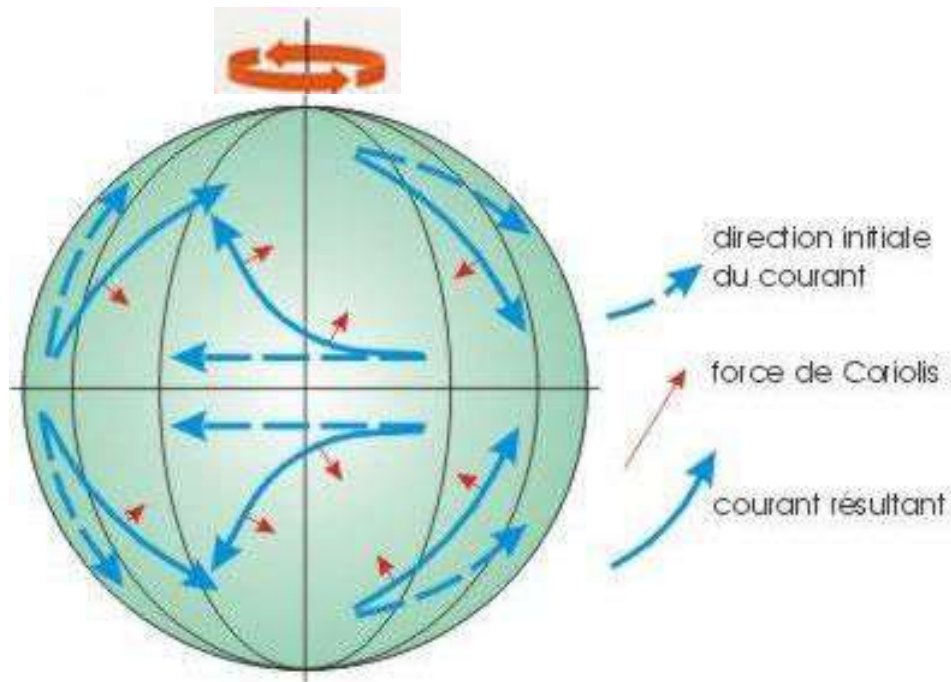
La déviation de Coriolis croît avec la latitude ; elle est nulle à l'équateur; elle change de sens dans l'hémisphère sud (déviations à gauche).



III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

c. Les effets de la rotation de la Terre (l'effet de Coriolis)



Effet de la force de Coriolis

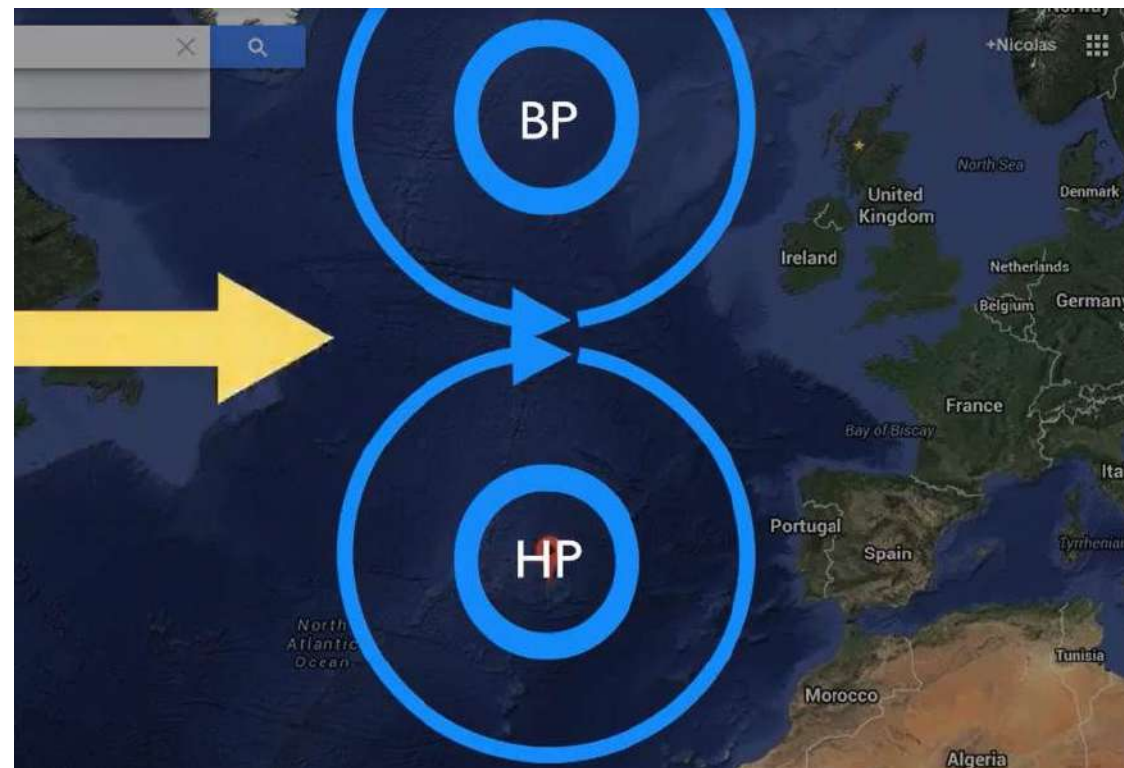
- Dans **l'hémisphère nord** toutes les trajectoires sont **déviés vers la droite**;
- dans **l'hémisphère sud**, elles sont **déviées vers la gauche** ».

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

b. Les effets de la rotation de la Terre (l'effet de Coriolis)

- Le vent est la résultante de la **force de gradient de pression modifiée par la force de Coriolis.**

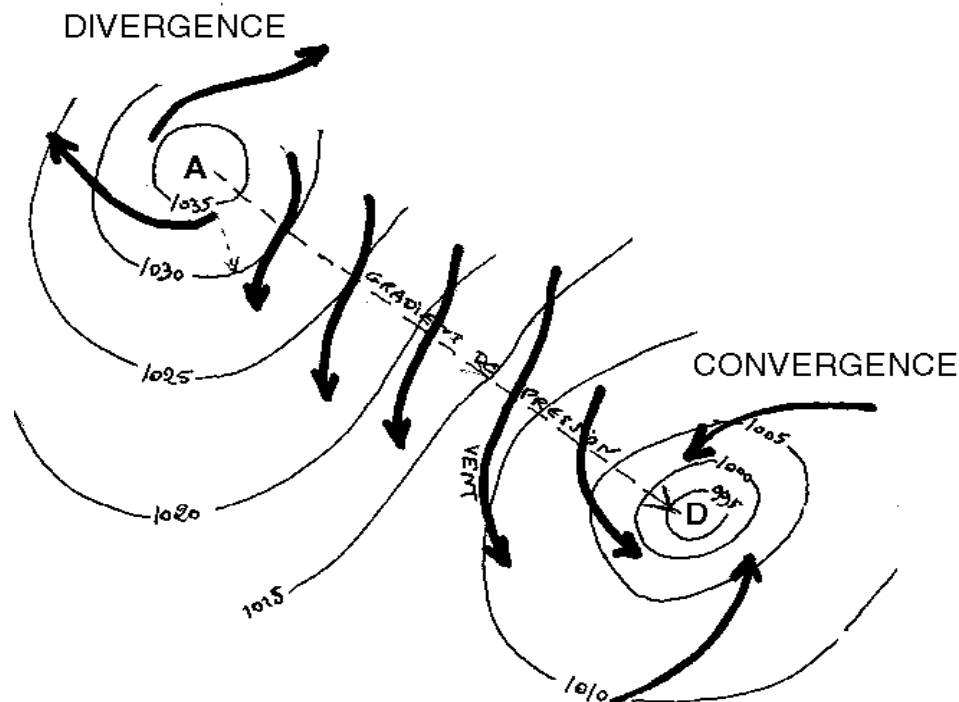


III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

b. Les effets de la rotation de la Terre (l'effet de Coriolis)

- Direction du vent tangente à la limite des deux zones.



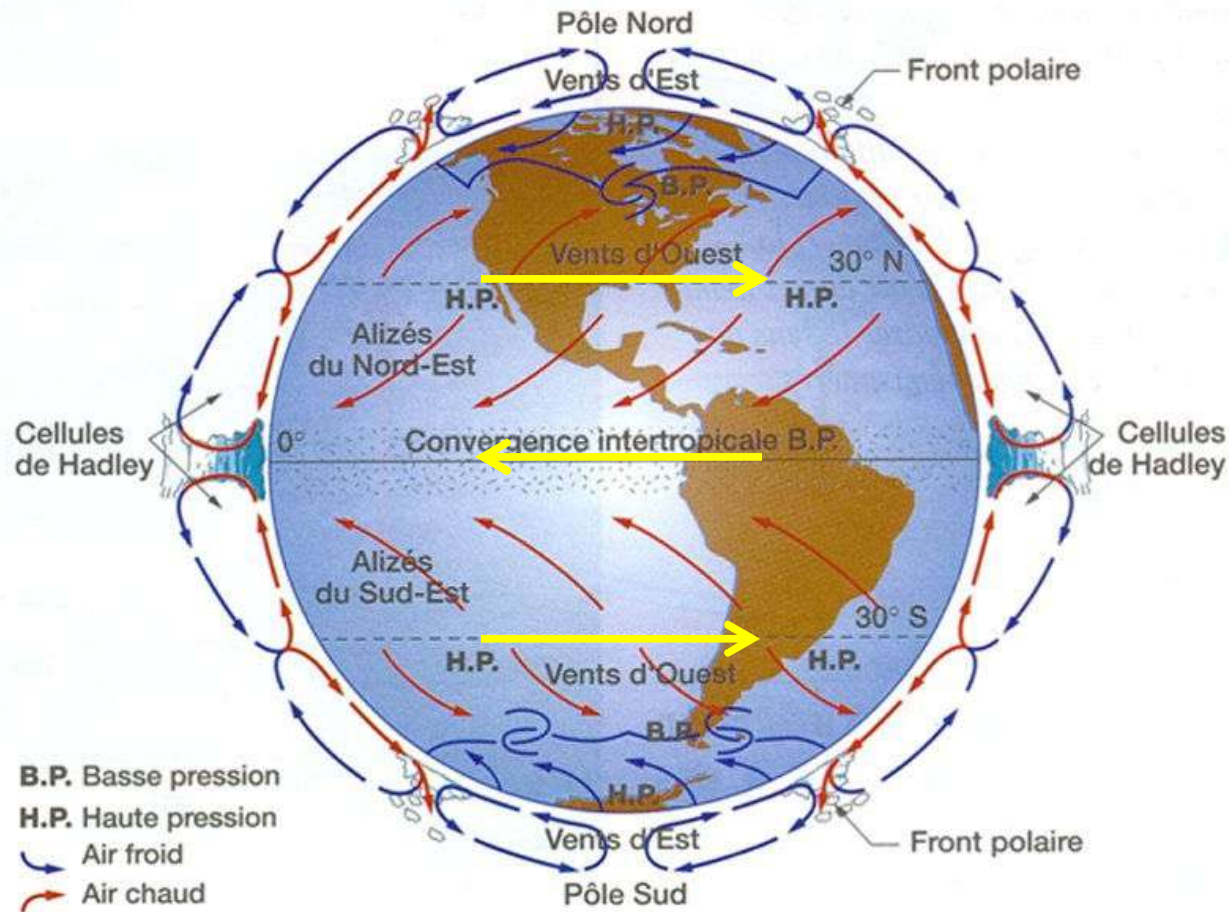
Déviations des vents de surface dans l'hémisphère nord (loi de Buys-Ballot)

- La vitesse du vent varie en raison inverse de l'écartement des isobares.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

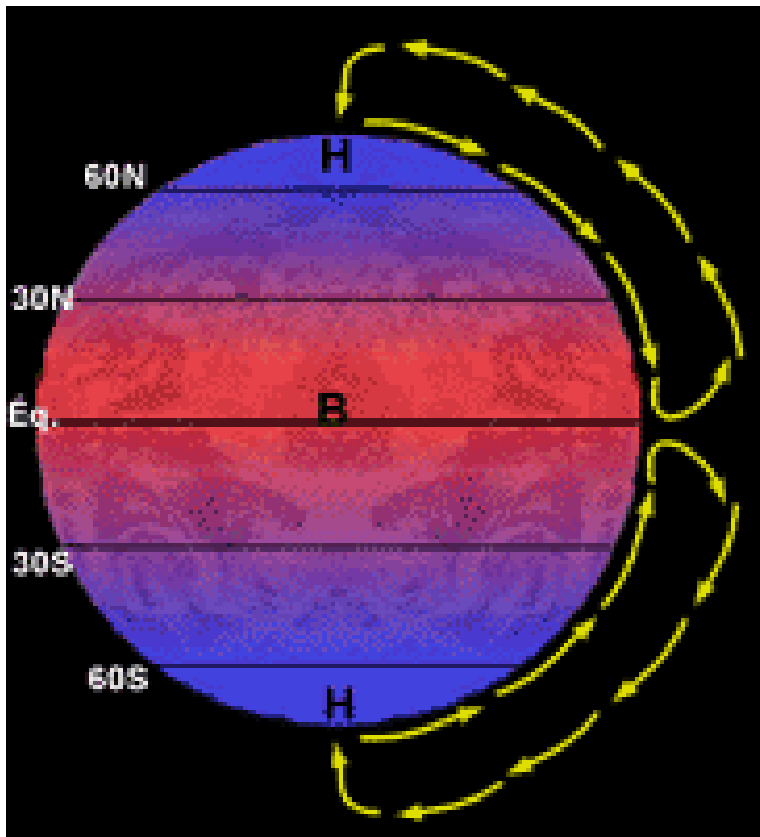
c. Les effets de la rotation de la Terre (l'effet de Coriolis)



III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

c. Les effets de la rotation de la Terre (l'effet de Coriolis)



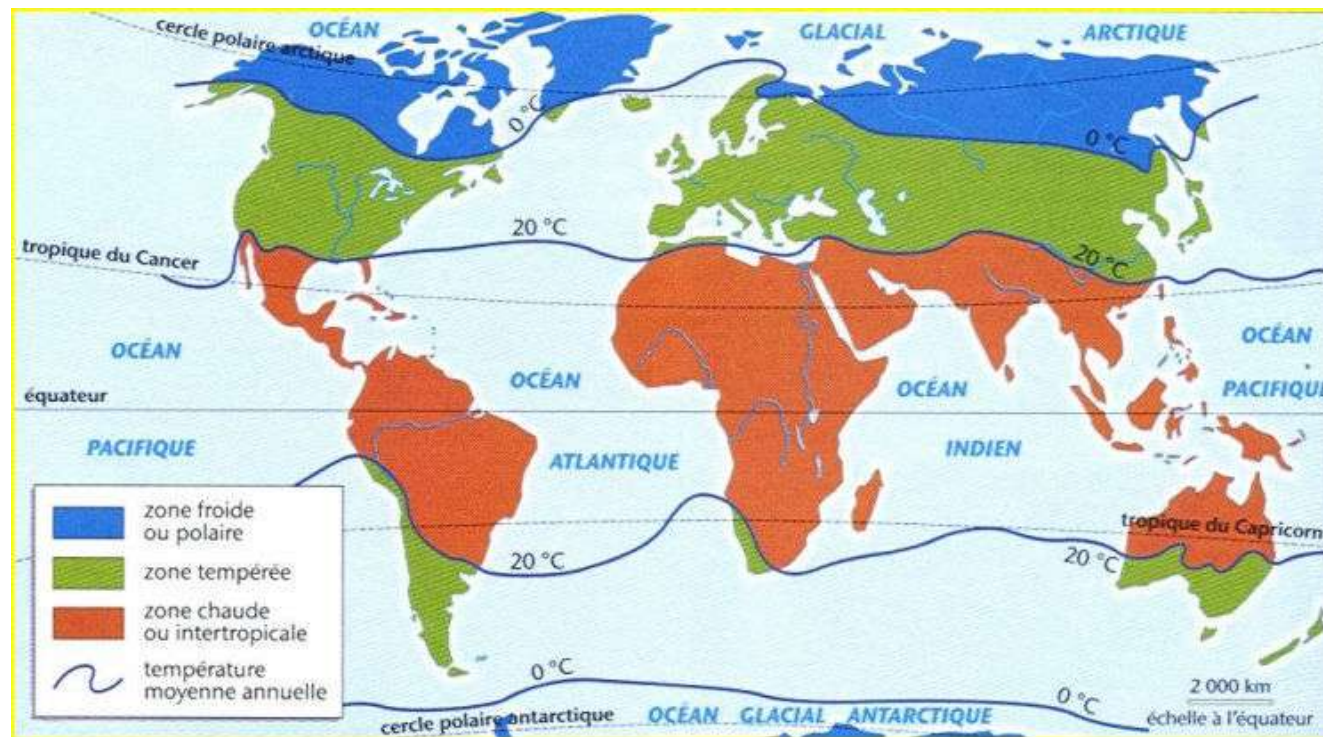
Si la Terre ne tournait pas, il y aurait une seule cellule qui assure la circulation d'air **entre les pôles et l'équateur**.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

d. Classification et principales régions climatiques du monde

L'inégale répartition latitudinale de l'énergie sur notre planète définit 5 grandes zones climatiques :



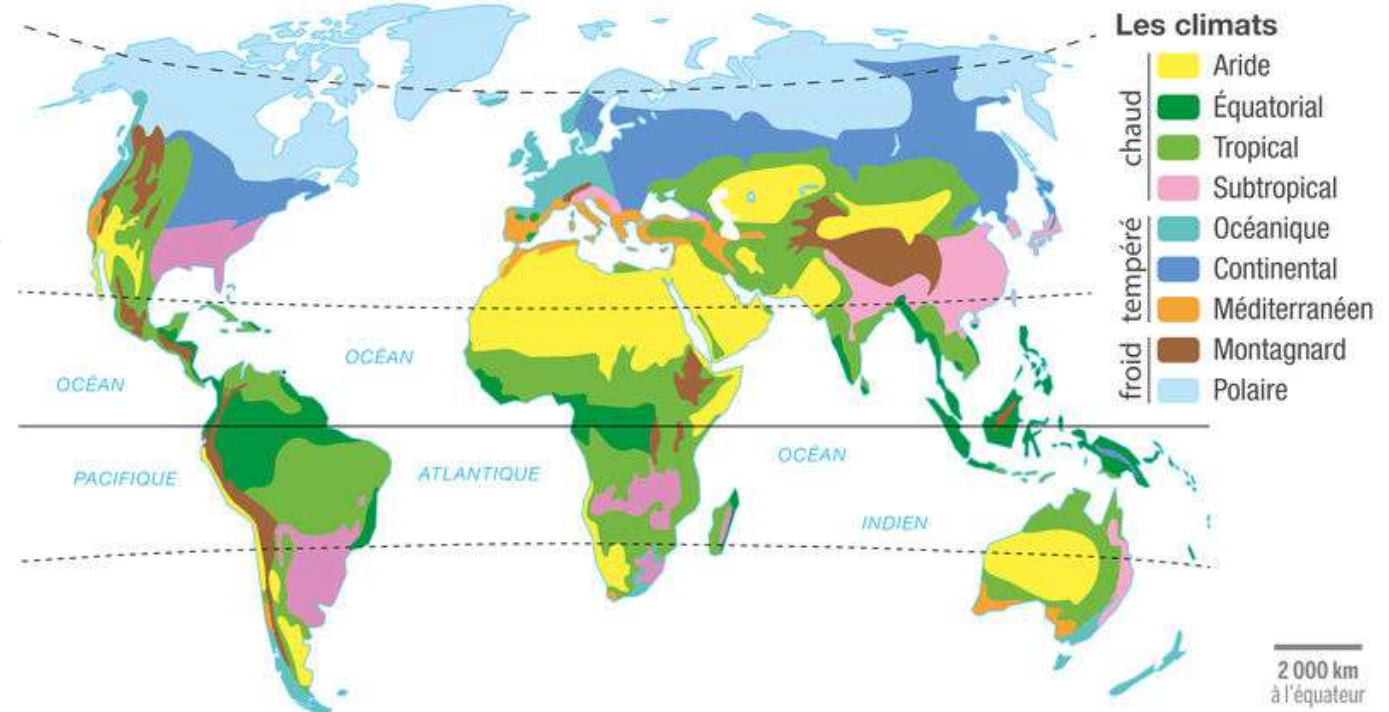
III- Les mouvements de l'atmosphère

III.1. La circulation atmosphérique générale

d. Classification et principales régions climatiques du monde

Les facteurs climatiques régionaux :

- Altitude
- proximité de la mer
- courants marins
- voisinage montagne ou forêt



permettent de distinguer des climats régionaux et même des climats locaux.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.2. La circulation océanique générale = les courants

La circulation océanique est le résultat de deux types de courants :

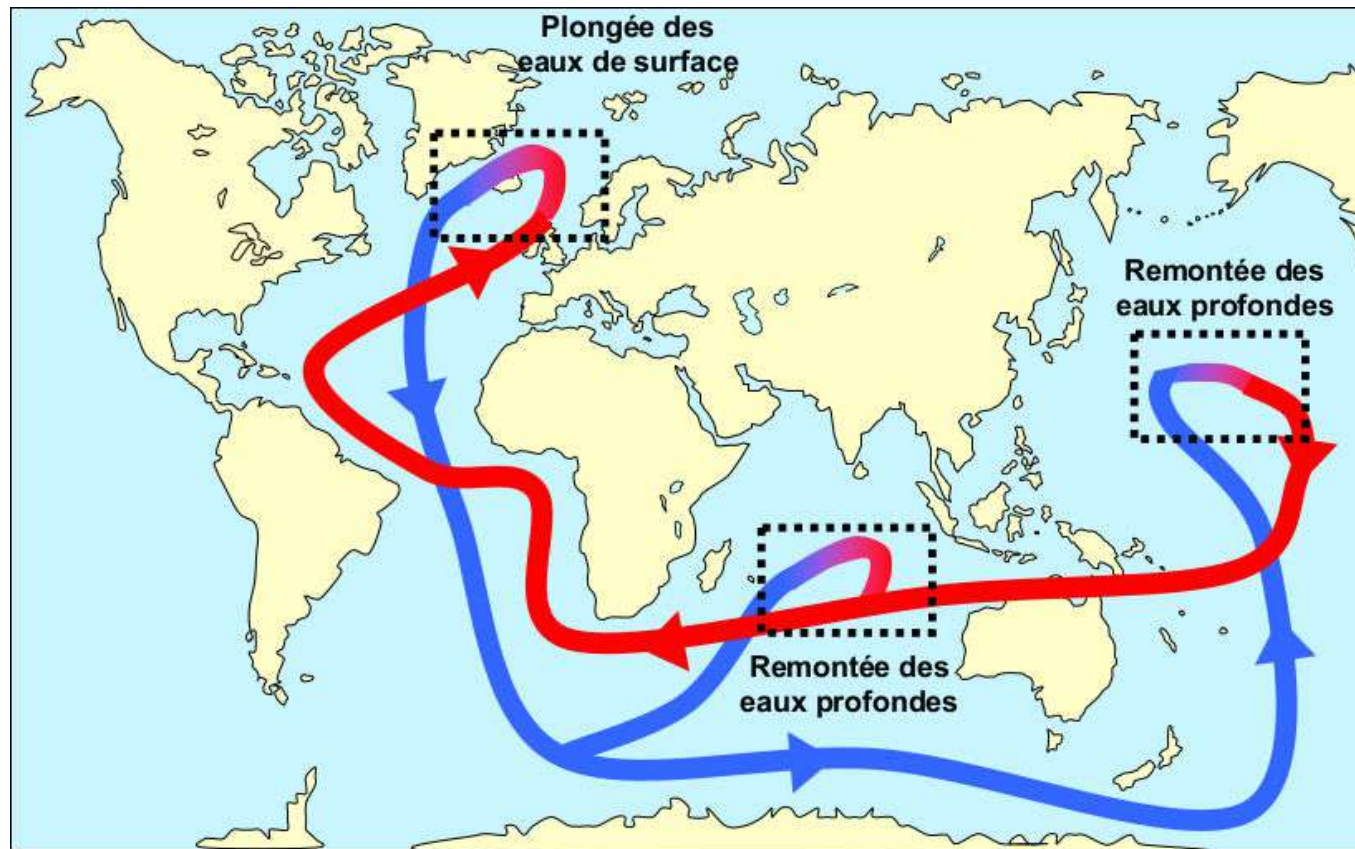
- courants de surface générés par les vents ;
- courants profonds régis par la variation de la densité de l'eau.

La force de Coriolis joue un rôle important dans la direction que prennent ces courants.

III- Les mouvements de l'atmosphère

III.2. La circulation océanique générale = les courants

- Les **courants de surface** et **de profondeur** forment une **boucle de circulation** permanente à l'échelle mondiale : c'est la **circulation thermohaline** (thermo=la chaleur, haline = le sel).



Rouge : courants de surface chauds.

Bleu : courants de profondeur.

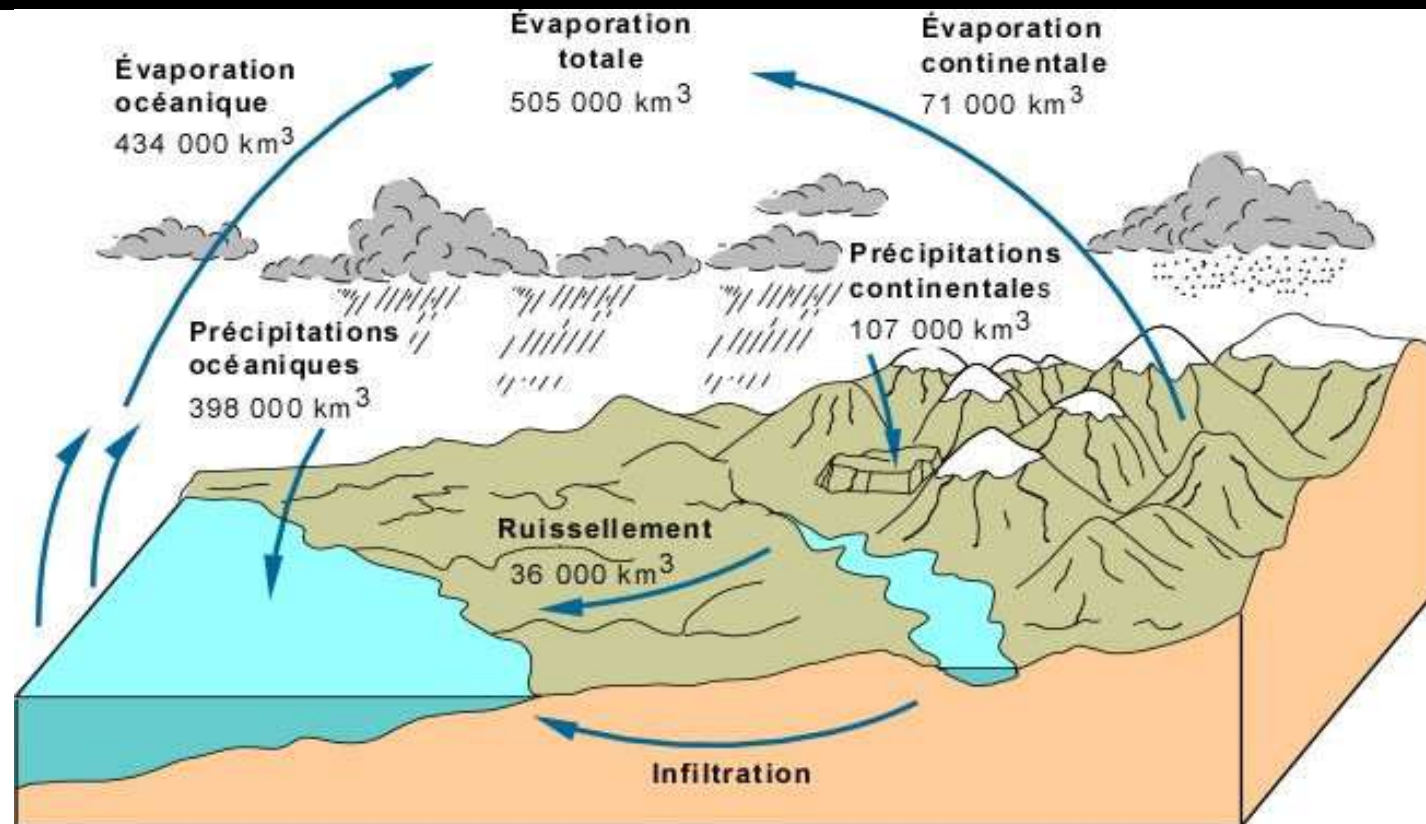
III- Les mouvements de l'atmosphère

III.2. La circulation océanique générale = les courants

- Les **eaux froides et salées** (donc plus dense) de l'Atlantique Nord plongent en profondeur jusqu'à environ 2000 m ou 3000 m et créent des courants de fonds «**downwelling**» qui s'écoulent en direction de l'Atlantique Sud.
- Ensuite, ces eaux profondes atteignent les océans Indien et Pacifique où elles remontent en surface dans des lieux d'**upwelling** «remontée d'eau».
- Le retour de cette grande circulation dans l'Atlantique Nord s'effectue via des **courants chauds de surface**, dont la circulation est liée à la circulation atmosphérique (les vents).
- Une boucle complète peut durer environ un millénaire.

M10 : Géodynamique externe

SVT2



Pr : Abdel-Ilah

MIHRAJE

Département de Géologie

GEODYNAMIQUE EXTERNE

**Première partie : notions de
climatologie et de
paléoclimatologie**

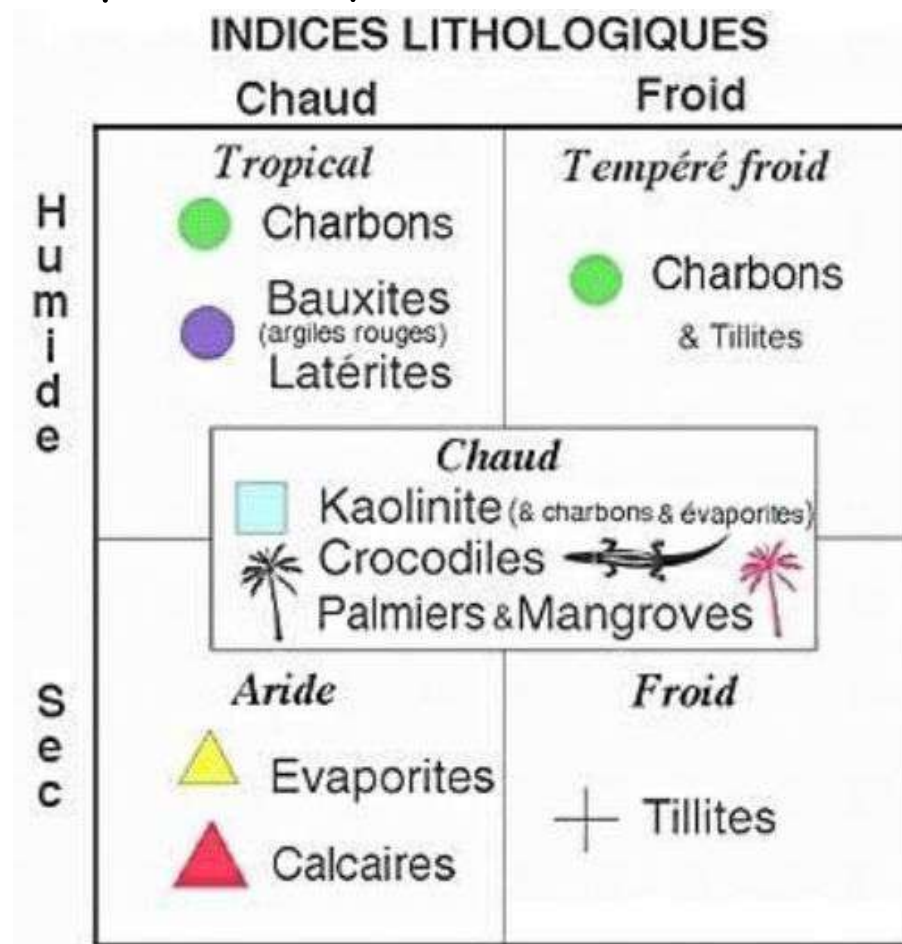
IV- Paléoclimatologie :

- La science qui étudie les climats passés et leurs variations ;
- Reconstitution des variations climatiques et leurs causes ;
- Utilisation des indicateurs paléoclimatiques :
 - Sédimentologiques
 - Géochimiques
 - Paléontologiques

IV- Paléoclimatologie :

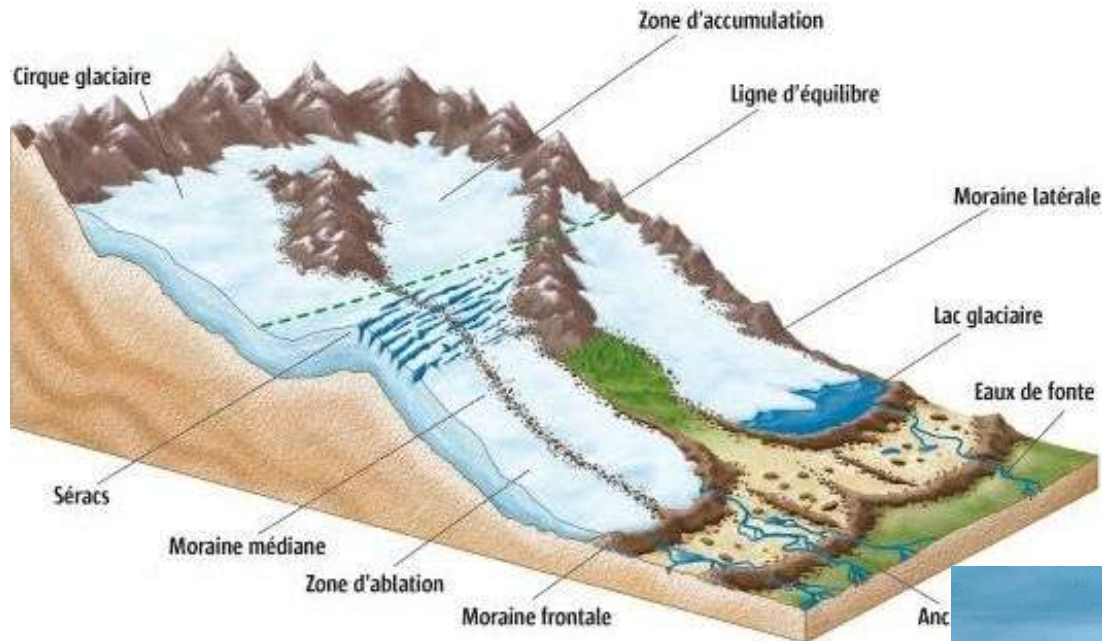
IV.1- Indices sédimentologiques :

Certaines roches sédimentaires peuvent être utilisées comme **marqueurs de température** et sont par conséquent des **indicateurs climatiques** :



IV- Paléoclimatologie :

IV.1- Indices sédimentologiques : tillite



Tillite: conglomérat résultant de la compaction d'un dépôt morainique. Cela traduit d'anciennes glaciations. Il atteste la présence d'une calotte glaciaire ou un glacier.



IV- Paléoclimatologie :

IV.1- Indices sédimentologiques : charbon



roche sédimentaire combustible, riche en carbone, de couleur noire, formée à partir de la dégradation partielle de la matière organique des végétaux.

IV- Paléoclimatologie :

IV.1- Indices sédimentologiques :

beauxite et latérite



Latérite : sol rouge riche en argile et coloré par les oxydes de Fer et d'Aluminium issu de l'altération .

calcaires et évaporites

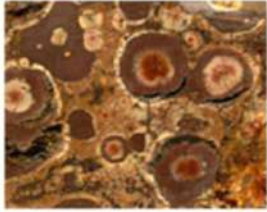






Précipitation des ions d'une solution salée ou sursaturée .

1^{ère} Partie : Circulation atmosphérique et notions de climatologie

I.5. Paléoclimatologie :

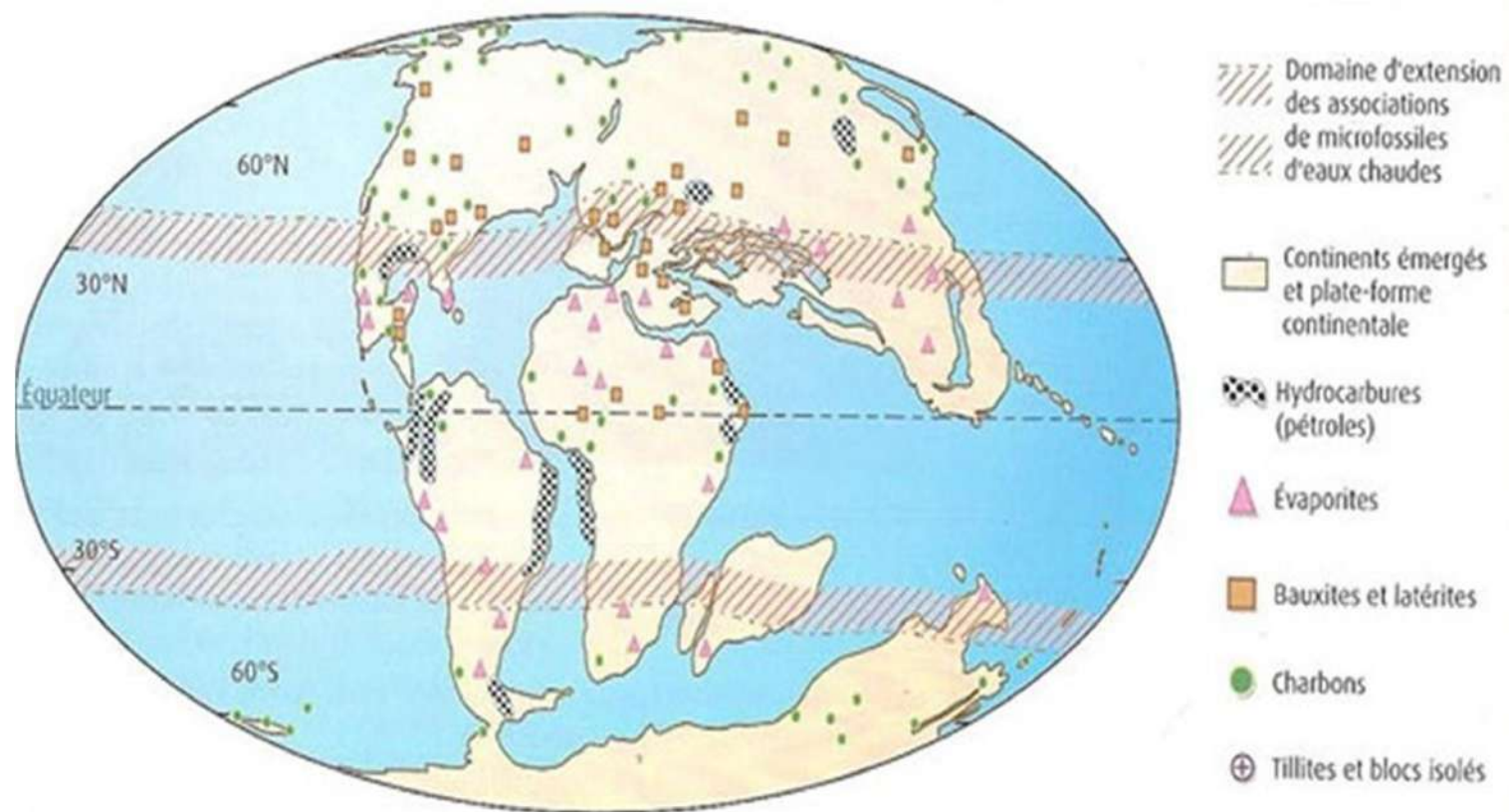
I.5.3 Indices sédimentologiques :

	Bauxite et latérite	Évaporite	Pétrole	Charbon	Tillite et blocs isolés
Roches sédimentaires					
Processus de formation	Altération continentale par hydrolyse des roches silicieuses	Précipitation des ions d'une solution salée sursaturée	Accumulation puis transformation du phytoplancton	Accumulation puis transformation des végétaux continentaux ou littoraux	Accumulation et compaction des produits de l'érosion glaciaire des continents
Contexte favorable	Climat chaud et humide	Évaporation intense d'un bassin salé	Marge continentale anoxique à forte productivité primaire	Bassin continental subsident à forte productivité primaire	Présence d'une calotte glaciaire ou d'un glacier
Aires climatiques					
Polaire			•		•
Tempéré froid				•	
Tempéré			•	•	
Aride		•	•		
Tropical	•		•	•	

IV- Paléoclimatologie :

IV.1- Indices sédimentologiques : exemple Crétacé

L'analyse de la distribution des types de roches permet de reconstruire les climats passés de la terre.



Carte de la répartition mondiale de quelques roches sédimentaires au Crétacé supérieur -90 à -65 MA (Belin TS spécialité 2012)

IV- Paléoclimatologie :

IV.2 Indices géochimiques :

L'analyse des **isotopes d'oxygène** et la détermination du rapport isotopique **de $\delta^{18}O$** .

- dans les carottes de glace
- dans les tests de foraminifères issus des carottes de sédiments marins.



Carotte de glace



Test de foraminifère

IV- Paléoclimatologie :

IV.2 Indices géochimiques :

L'oxygène O possède 3 isotopes différents :

O^{16} : 8P+8N
+ léger
98.7 % du total

O^{17} : 8P+9N

O^{18} : 8P+10N
+ lourd
0.2 % du total

Dans les océans actuels : $O^{18}/O^{16} = 1/500 = 2 \times 10^{-3}$

IV- Paléoclimatologie :

IV.2 Indices géochimiques :

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{échantillon}}}{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000$$

$\delta^{18}\text{O}$ est calculée par rapport à un **échantillon standard**:

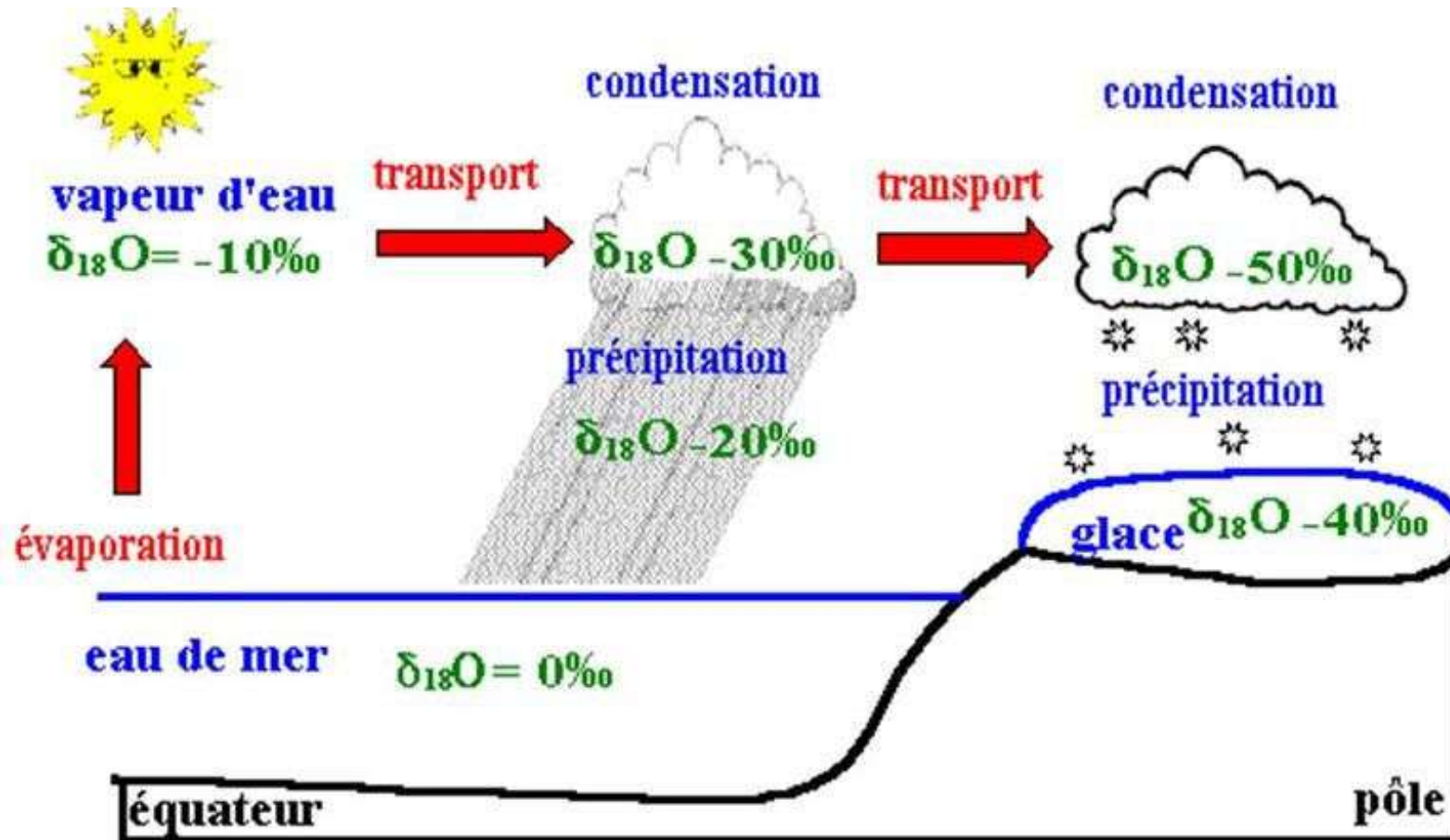
➤ **SMOW**: Standard Mean Oceanic Water
(pour l'analyse de l'eau de la glace)

➤ **PDB**: Peedee Belemnite
(pour l'analyse des carbonates des tests de Foraminifères)

IV- Paléoclimatologie :

IV.2 Indices géochimiques :

Evolution latitudinale de $\delta^{18}\text{O}$:



IV- Paléoclimatologie :

IV.2 Indices géochimiques :

Evolution latitudinale de $\delta^{18}\text{O}$:

- **Evaporation** : l'oxygène 16, étant plus léger que l'oxygène 18, s'évapore plus facilement que celui-ci. Les nuages ainsi formés seront plus riches en oxygène 16 qu'en oxygène 18.
- **Condensation** : oxygène 18, plus lourd, précipite préférentiellement. Ainsi, les pluies seront plus chargées en oxygène 18 qu'en oxygène 16.

Ceci explique que les nuages ait un $\delta^{18}\text{O}$ plus faible que celui de l'océan.

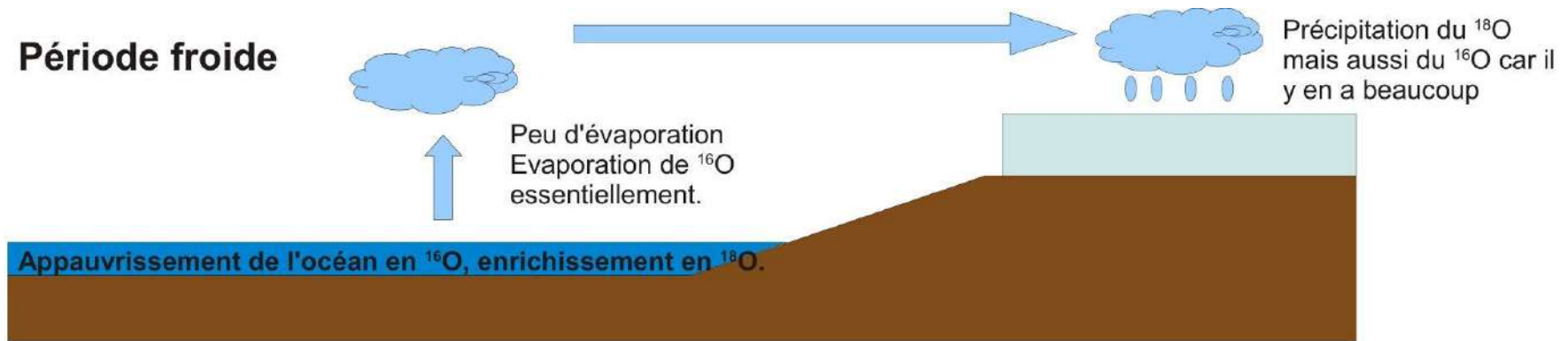
Les nuages vont globalement de l'équateur vers les pôles et s'appauvrissent progressivement en oxygène 18. Le $\delta^{18}\text{O}$ devient de plus en plus négatif de l'équateur vers les pôles.

Le $\delta^{18}\text{O}$ varie donc avec la latitude.

IV- Paléoclimatologie :

IV.2 Indices géochimiques :

Evolution latitudinale de $\delta^{18}\text{O}$:



En période froide :

- l'évaporation est faible et concerne essentiellement du ^{16}O . Le rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ dans les nuages est donc très faible ($^{16}\text{O} \gg ^{18}\text{O}$). Ainsi, le $\delta^{18}\text{O}$ des nuages est très faible.
- Quand le nuage arrive aux pôles, il n'a quasiment que du ^{16}O à précipiter, **le $\delta^{18}\text{O}$ des glaces est donc très faible (très négatif).**

IV- Paléoclimatologie :

IV.2 Indices géochimiques :

Evolution latitudinale de $\delta^{18}\text{O}$:

Période chaude



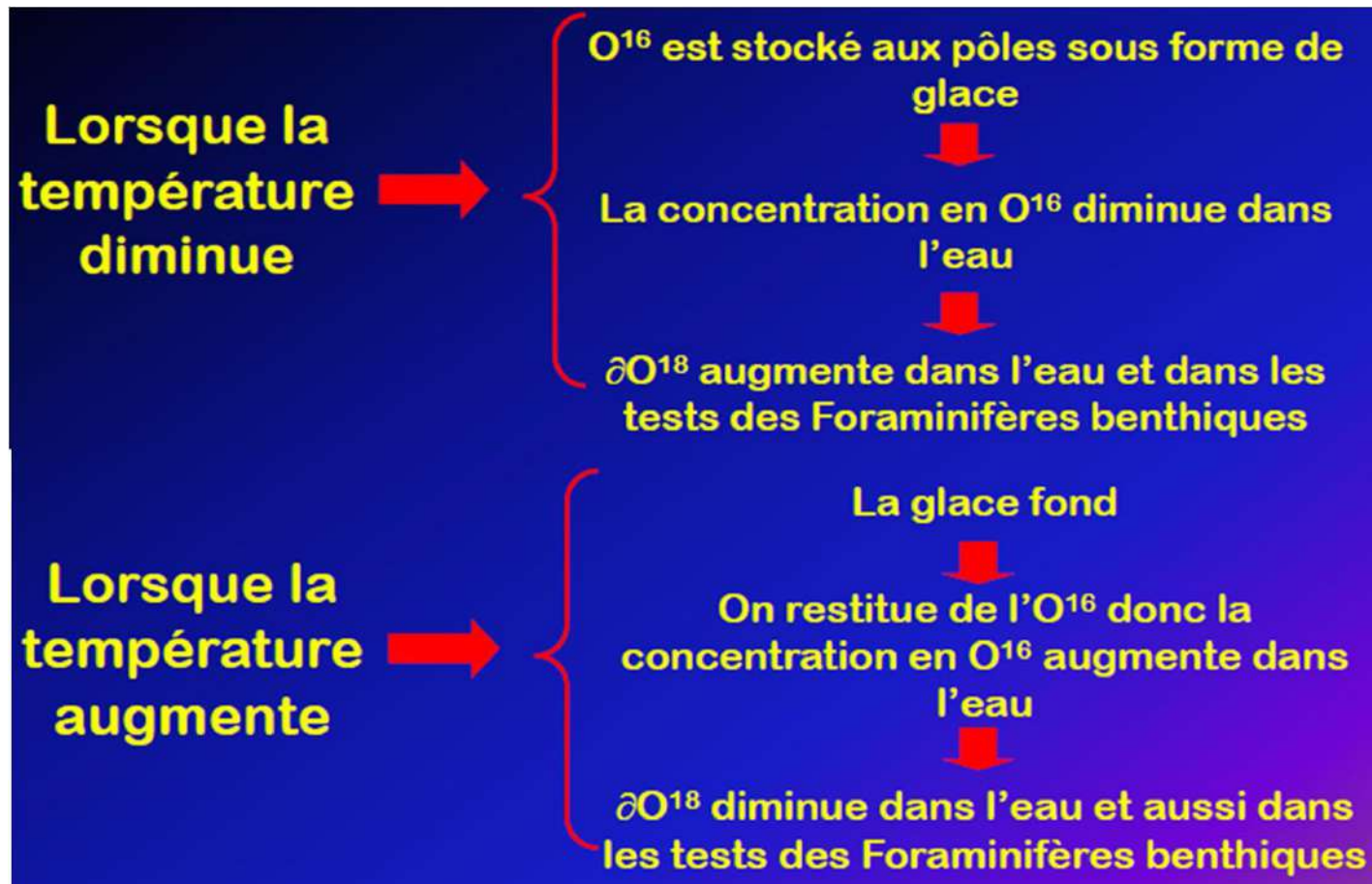
En période chaude :

- l'évaporation est forte et intéresse essentiellement du ^{16}O mais aussi du ^{18}O . Donc, le nuage est plus chargé en ^{18}O pendant une période chaude que pendant une période froide et son $\delta^{18}\text{O}$ est plus élevé.
- En arrivant au pôle, le nuage relargue du ^{16}O mais aussi du ^{18}O puisqu'il en contient. Ainsi, le $\delta^{18}\text{O}$ de la glace sera donc plus élevé.

IV- Paléoclimatologie :

IV.2 Indices géochimiques :

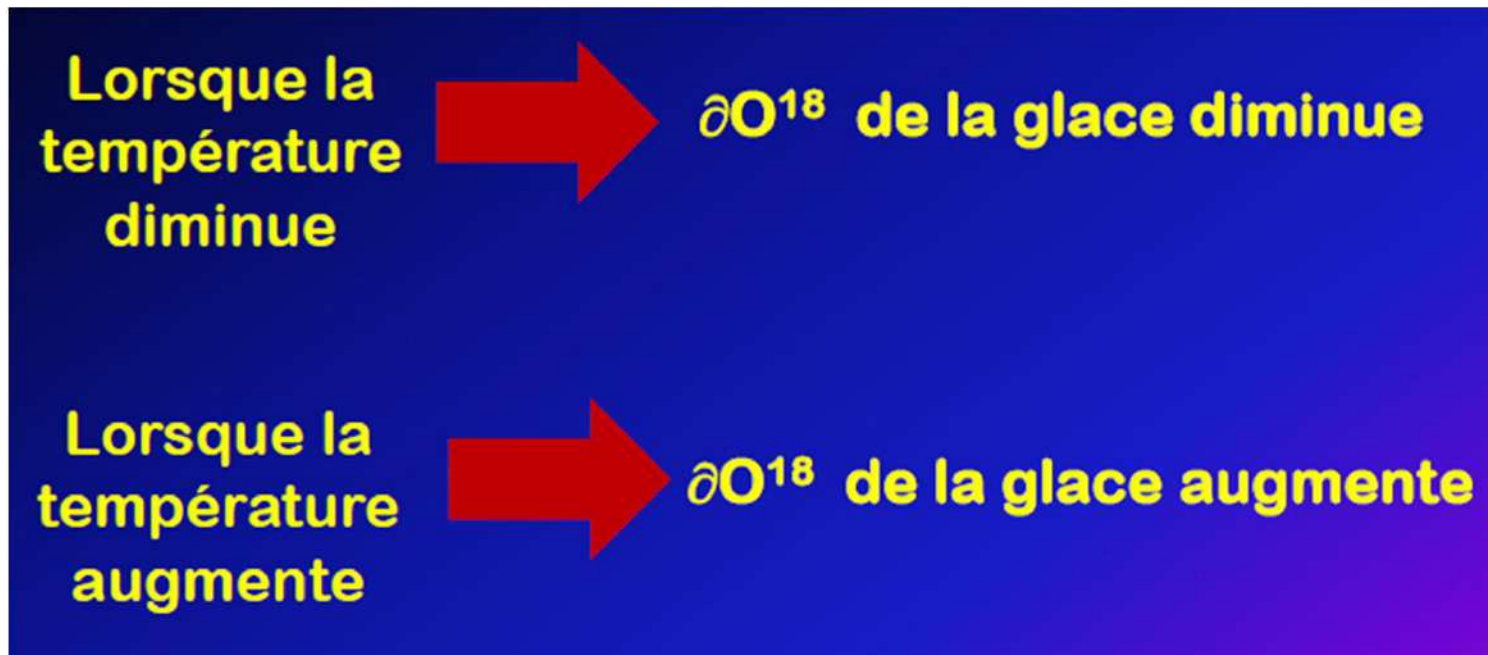
- Le principe est que :



IV- Paléoclimatologie :

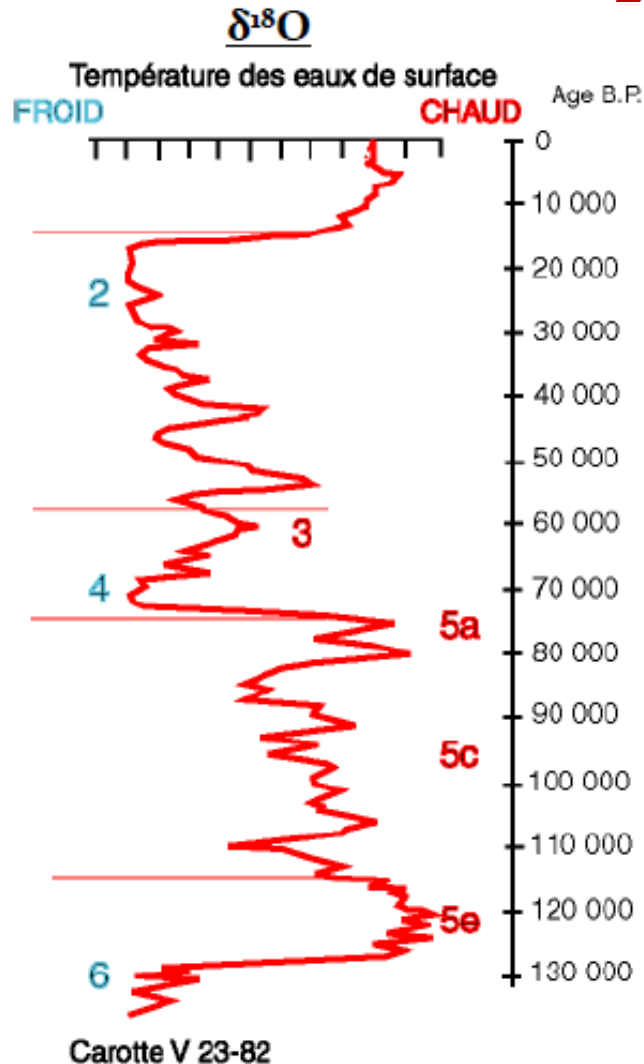
IV.2 Indices géochimiques :

- Dans la glace, l'évolution du **taux de $\delta^{18}O$** est inverse à celle observée dans l'eau et les tests des foraminifères :



IV- Paléoclimatologie :

I.5.2 Indices géochimiques : exemple



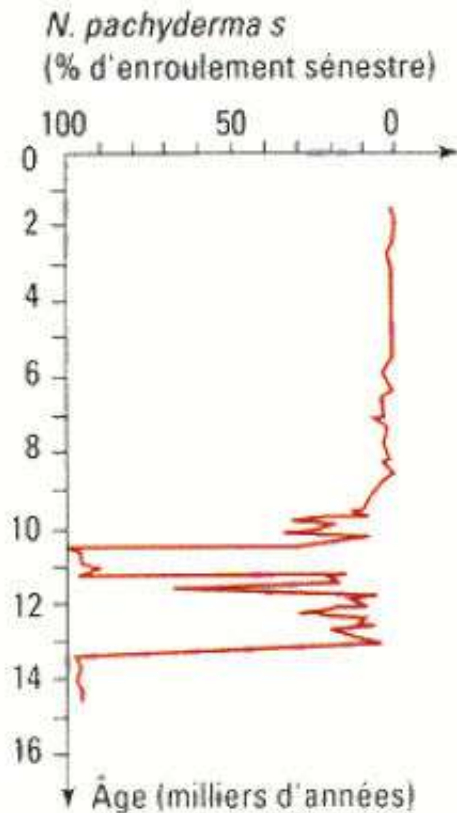
- Les variations du $\delta^{18}O$ des tests de foraminifères a permis de déduire les variations de la T° de l'eau de l'océan au cours des 130 000 dernières années
- On note une succession de stades froids et d'interstades chauds.
- Par convention on attribue un numéro impair aux interstades chauds et un numéro pair aux périodes d'extension des glaces, c'est-à-dire des glaciations.

IV- Paléoclimatologie :

IV.3 Indices paléontologiques :

Les climats passés de la terre peuvent être déterminés par l'analyse de la **distribution des flores et des faunes qui sont sensibles au climat.**

Exemple : **Neogloboquadrina pachyderma** est un foraminifère dont l'enroulement du test dépend de la température de l'eau de surface de la mer:



➤ **Enroulement dextre** (vers la droite) lorsque l'eau de surface est **chaude**.

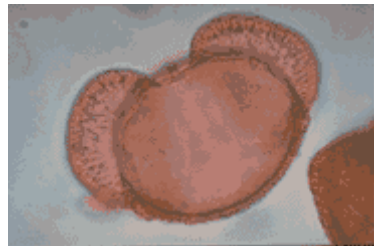
➤ **Enroulement senestre** (vers la gauche) lorsque l'eau de surface est **froide**.



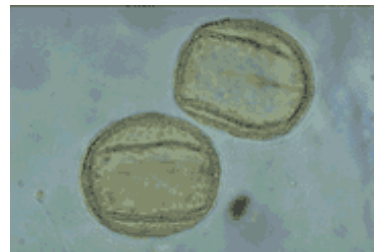
IV- Paléoclimatologie :

IV.3 Indices paléontologiques : Pollen

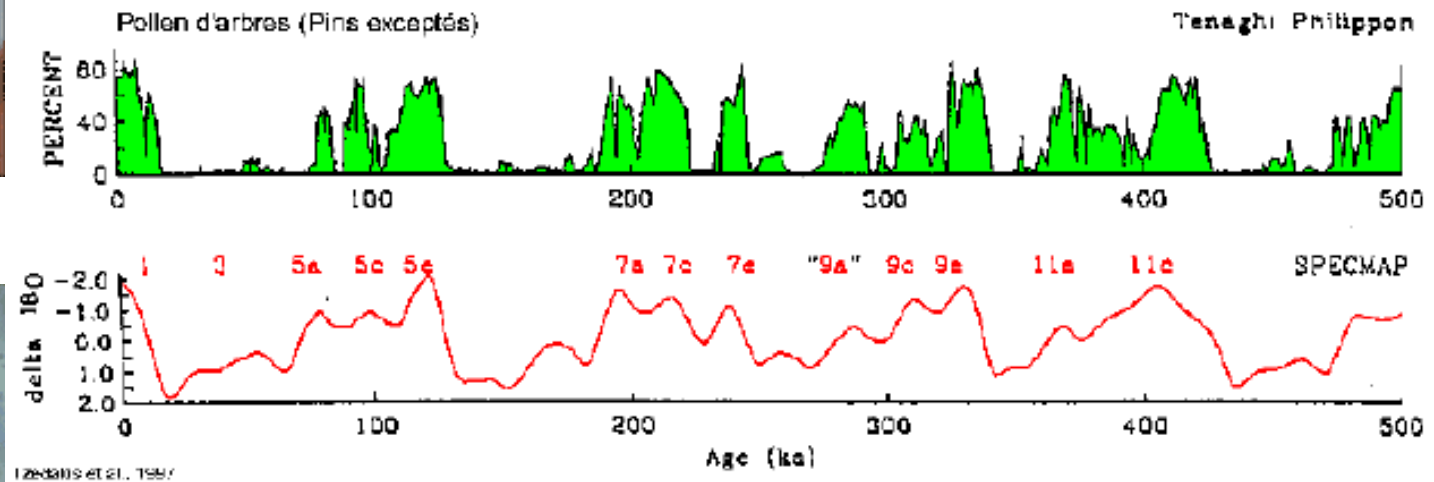
Les sédiments continentaux peuvent contenir des grains de pollen,



Pin



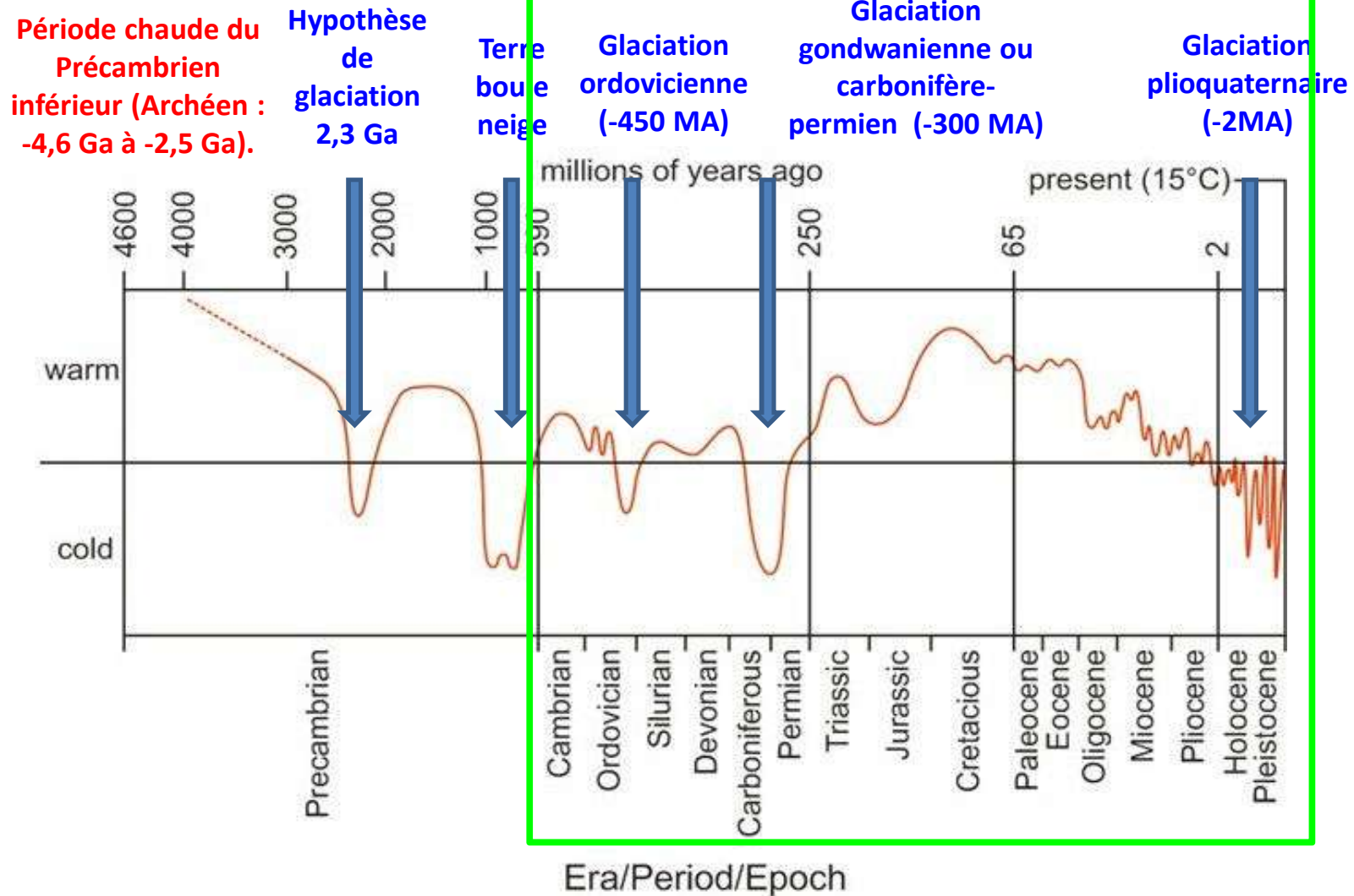
chêne



- Une carotte prélevée dans un lac de Grèce a permis de figurer l'abondance de pollens d'arbres au cours des 500 000 dernières années.
- L'extension de la forêt suit les périodes chaudes de la courbe de référence (SPECMAP).

IV- Paléoclimatologie :

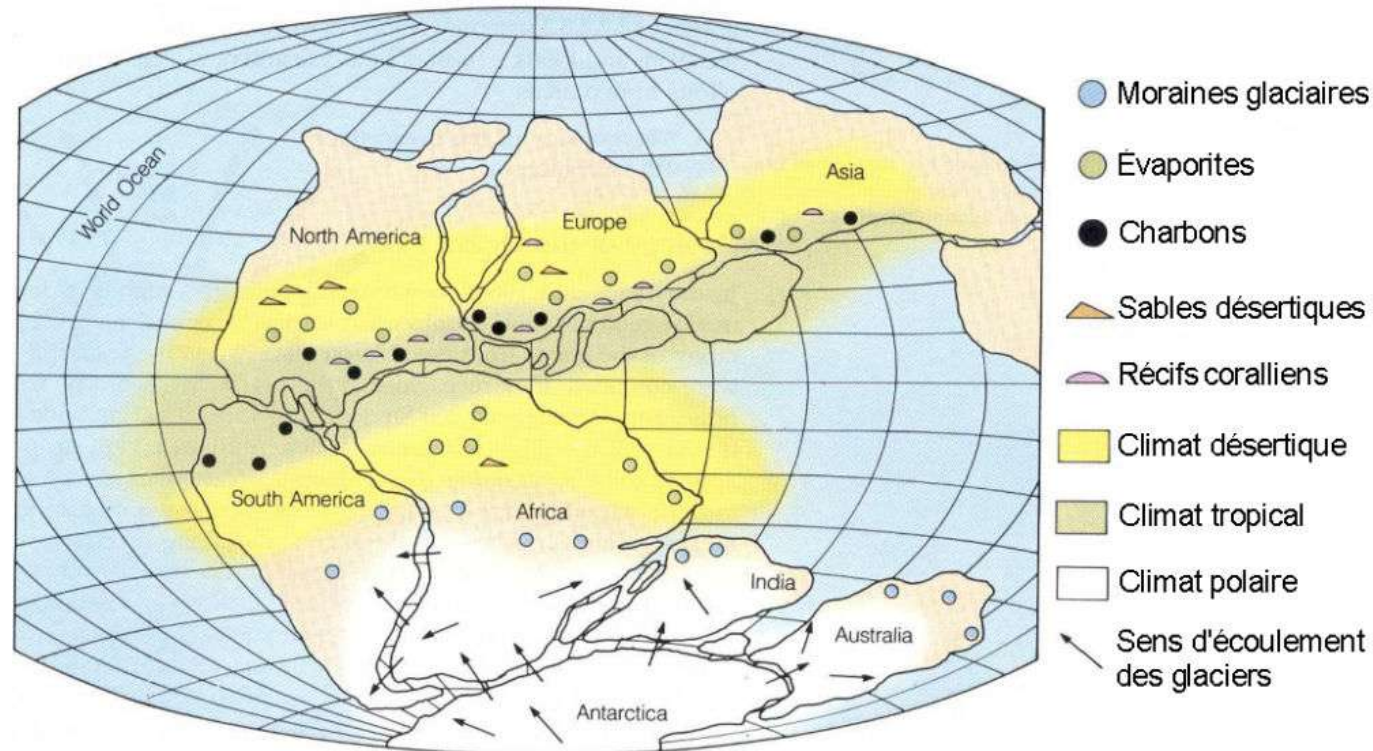
IV.4 Paléoclimats: principales glaciations



IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Paléoclimats: Exemple de glaciation carbonifère/permien

❖ Durant la période du Carbonifère/Permien (300 MA), les **dépôts glacières** (moraines, stries glaciaires..) sont très répandus .

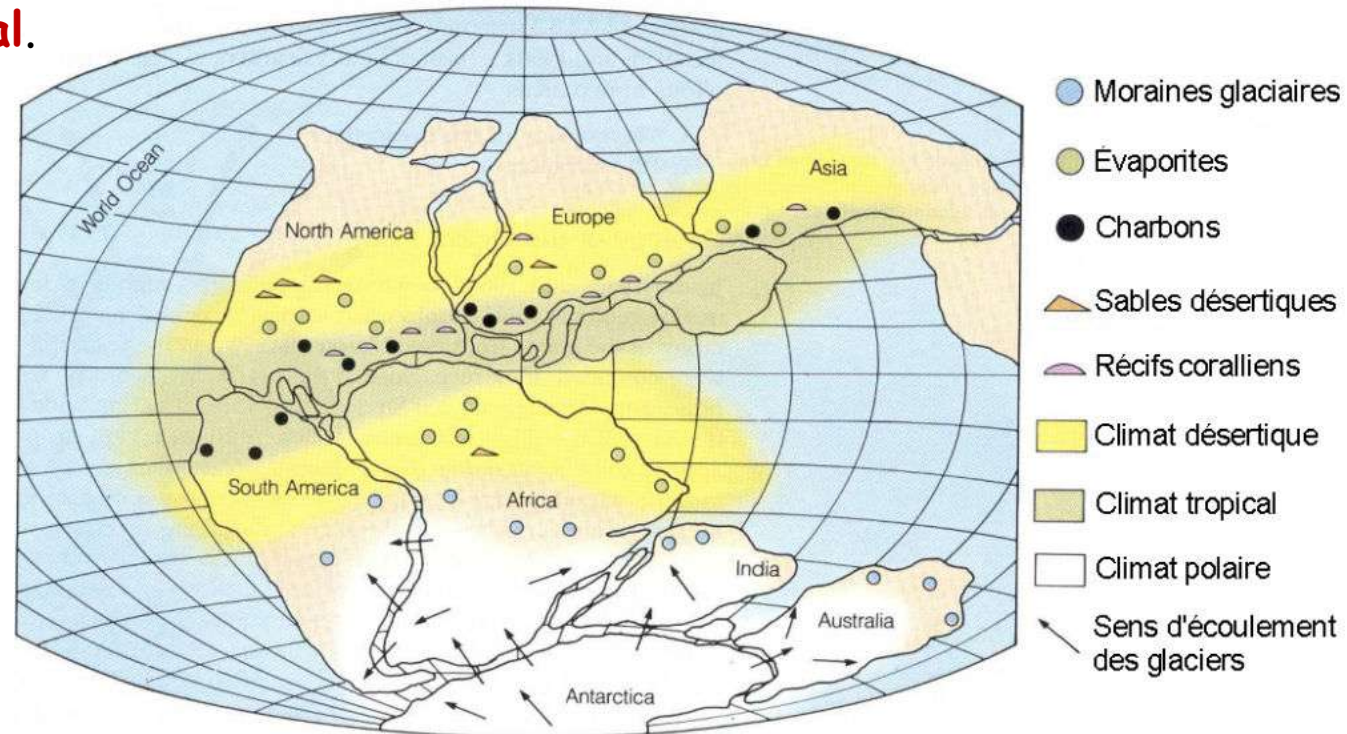


=> indique une imposante **calotte glaciaire** qui recouvre ces zones.

IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Paléoclimats: Exemple de glaciation carbonifère/permien

❖ Les **roches du Carbonifère** de la France contiennent du **bois fossile** et du **charbon**) => attestent la présence **de forêts** très importantes caractéristiques d'un **climat tropical**.



❖ La France se situait à des latitudes proches de l'équateur.

IV- Paléoclimatologie :

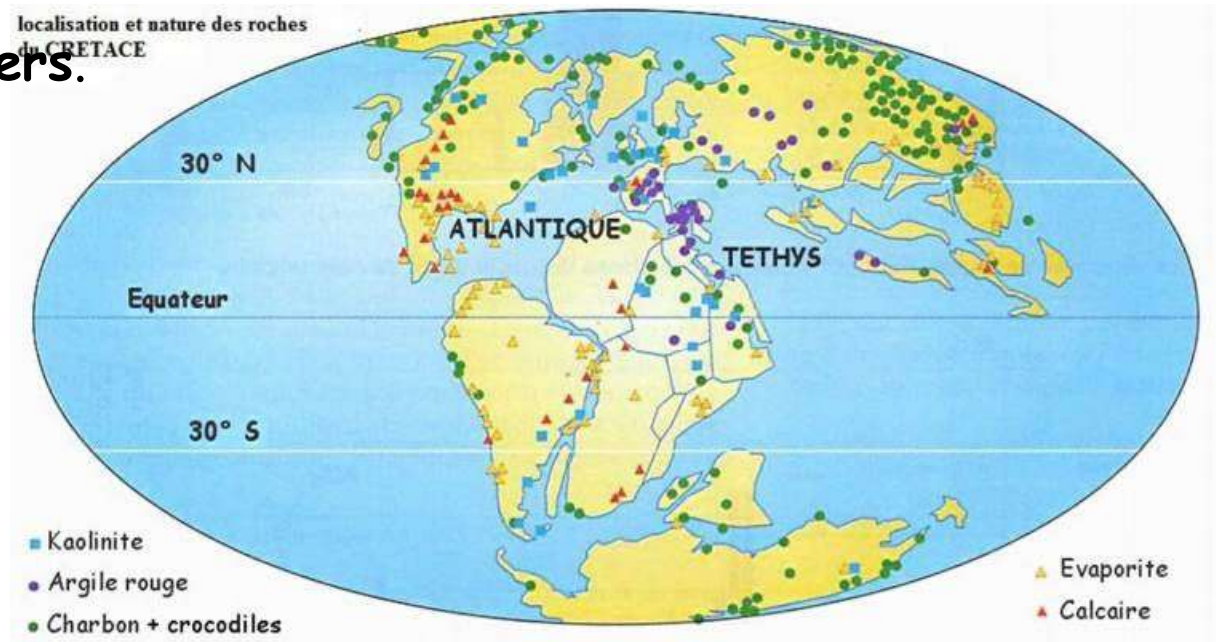
IV.4 Paléoclimats - exemple de période chaude « Crétacé » :

le Crétacé se caractérise par :

❖ Absence de dépôts glacières.

❖ Abondance des dépôts calcaires notamment la craie, des évaporites et de la bauxite ;

❖ du charbon et des crocodiles par exemple ont été retrouvés à proximité des pôles :



Se sont des indicateurs du climat chaud => Crétacé = période chaude

IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

Les facteurs contrôlant ces variations du climat sont complexes et peuvent être regroupés dans les catégories suivantes :

- ❖ Facteurs astronomiques : comme des variations dans l'**excentricité** de l'orbite de la terre autour du soleil, des **changements dans l'inclinaison de l'axe de la terre** (obliquité) et la **précession** de l'axe de la terre.
- ❖ Facteurs géologiques : comme la **tectonique des plaques**, les **éruptions volcaniques**, la **formation de montagnes**.
- ❖ Facteurs océaniques : changements dans la **circulation océanique**, des **variations du niveau de la mer**.
- ❖ Facteurs atmosphériques : tels que le rôle des **gaz à effet de serre**.
- ❖ Couverture de la surface terrestre (Albedo).

IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

A l'échelle du million d'années, le mécanisme principal semble être la **tectonique des plaques** qui affecte la **répartition des continents et des mers**.

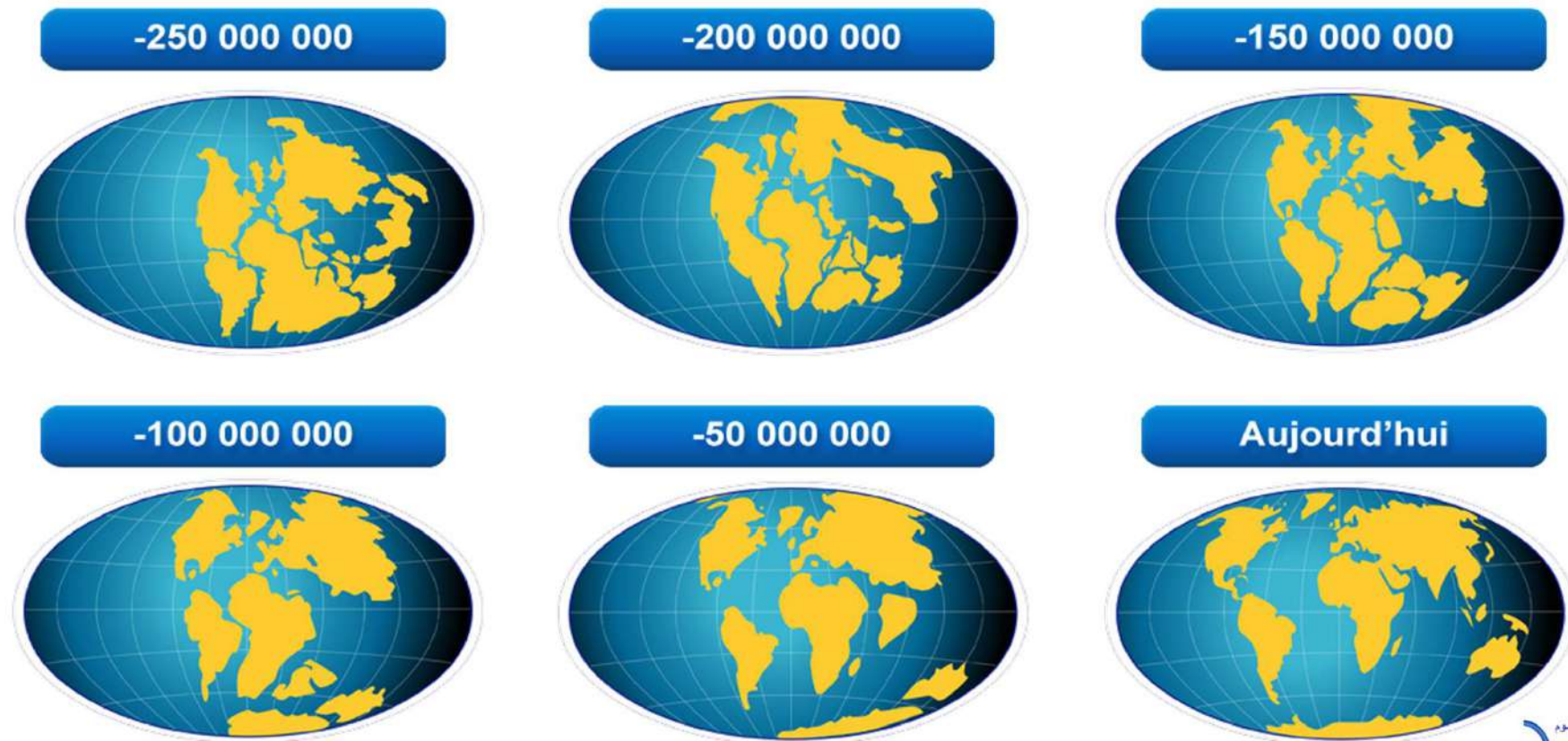
De la dizaine de milliers au million d'années, les variations climatiques sont contrôlées par les **facteurs astronomiques**.

Du millier à la dizaine de milliers d'années, les Δ climatiques sont plutôt liées aux Δ de la **concentration en gaz à effet de serre** (CO₂ et CH₄ atmosphériques).

IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

c-1. Déplacement des continents à la surface de la terre :



IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

c-1. Déplacement des continents à la surface de la terre :

1- Un point donné du globe peut être situé dans des **zones climatiques diverses**. Les vitesses de déplacement de l'ordre du cm/an, un changement notable du climat nécessite des **durées considérables**.

2- Les régions qui sont aujourd'hui en bordure des côtes, et dont les **climats sont tempérés**, ont eu un **caractère continental** très affirmé.

3- la **formation** de reliefs et en particulier de **chaînes de montagnes**.

4- **Redistribution** des **courants marins**.

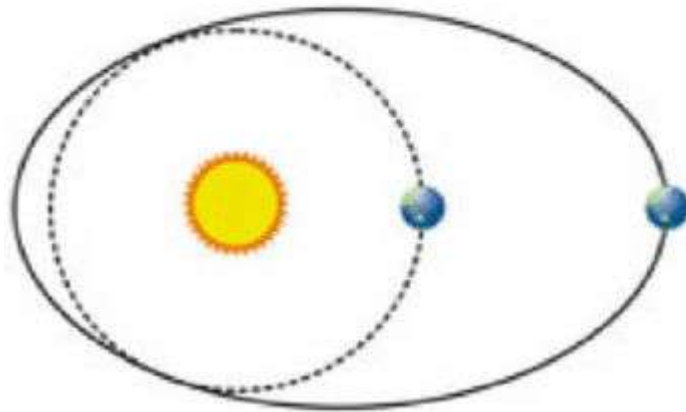
IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

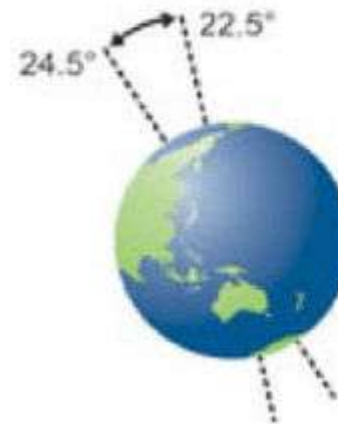
c-2. Forçages astronomiques :

Selon la théorie de Croll-Milankovitch, 3 paramètres astronomiques modulent le climat :

Excentricité



Obliquité



Précession

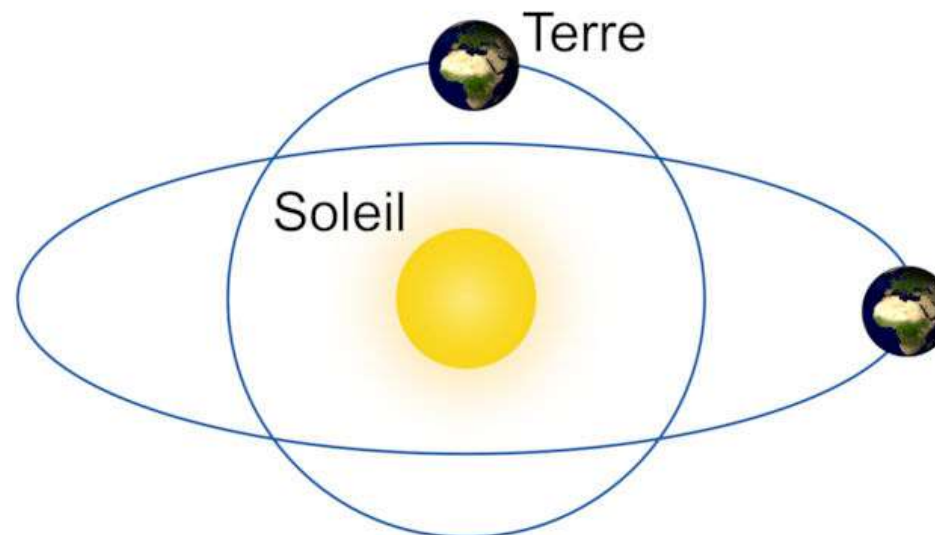


IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

c-2. Forçages astronomiques :

- l'excentricité décrit la forme de l'orbite terrestre ; le degré d'aplatissement de l'ellipse par rapport à un cercle.
- elle varie de 0 à 1 : $e=0 \Rightarrow$ orbite circulaire et $0 < e < 1 \Rightarrow$ orbite elliptique
- Variation cyclique avec une période de 100 000 ans.



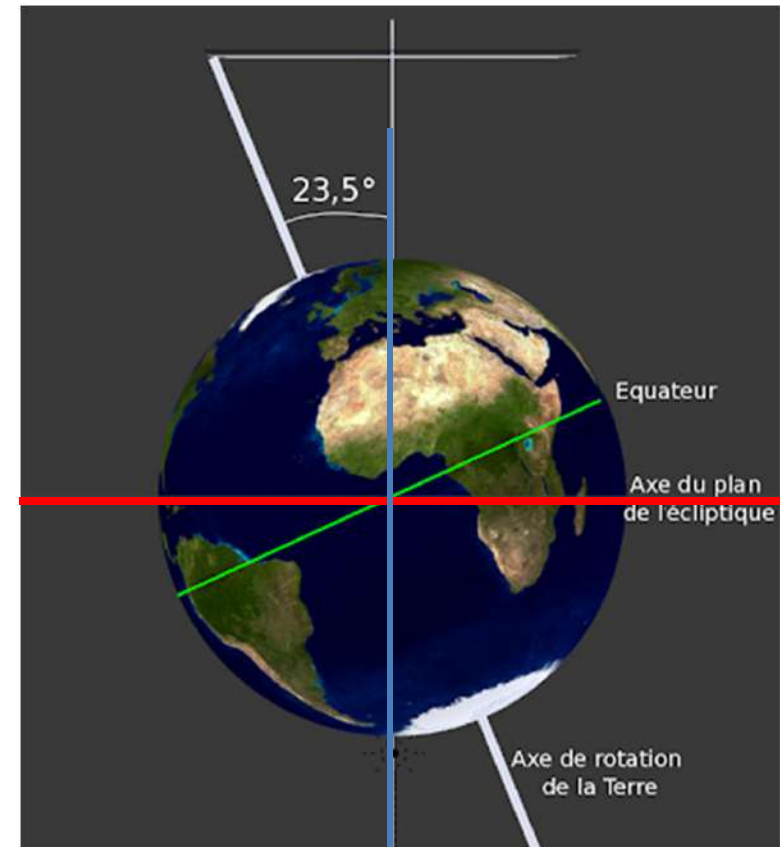
IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

c-2. Forçages astronomiques :

- Inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport à la normale au Plan de l'écliptique.
- Varie de 22° à 25° (valeur actuelle : $23^{\circ}26'$)
- Période de 41000 ans

=> Si obliquité augmente = les saisons (été et hiver) sont plus contrastés.



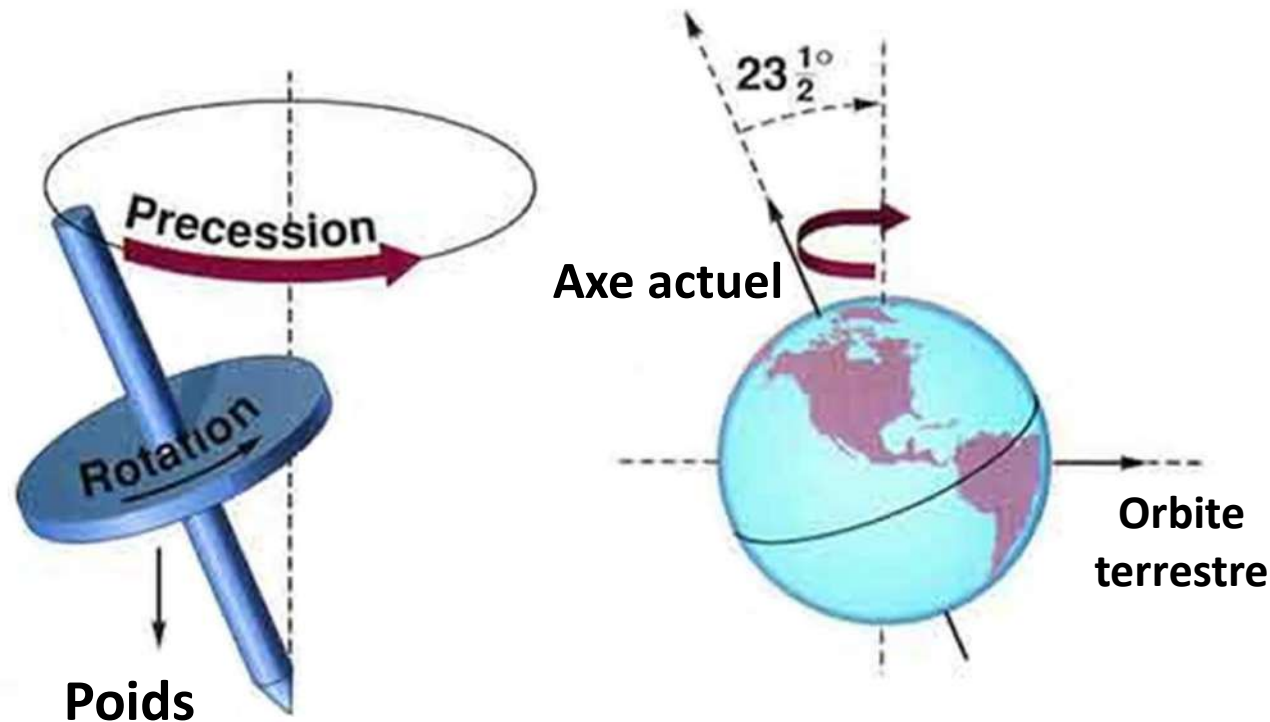
IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

c-2. Forçages astronomiques :

- terre tourne sur elle-même à la façon d'une toupie
- La direction de l'axe de rotation varie et décrit un cercle.
- Il s'inverse avec une périodicité de 26000 ans.

PRECESSION :



IV- Paléoclimatologie :

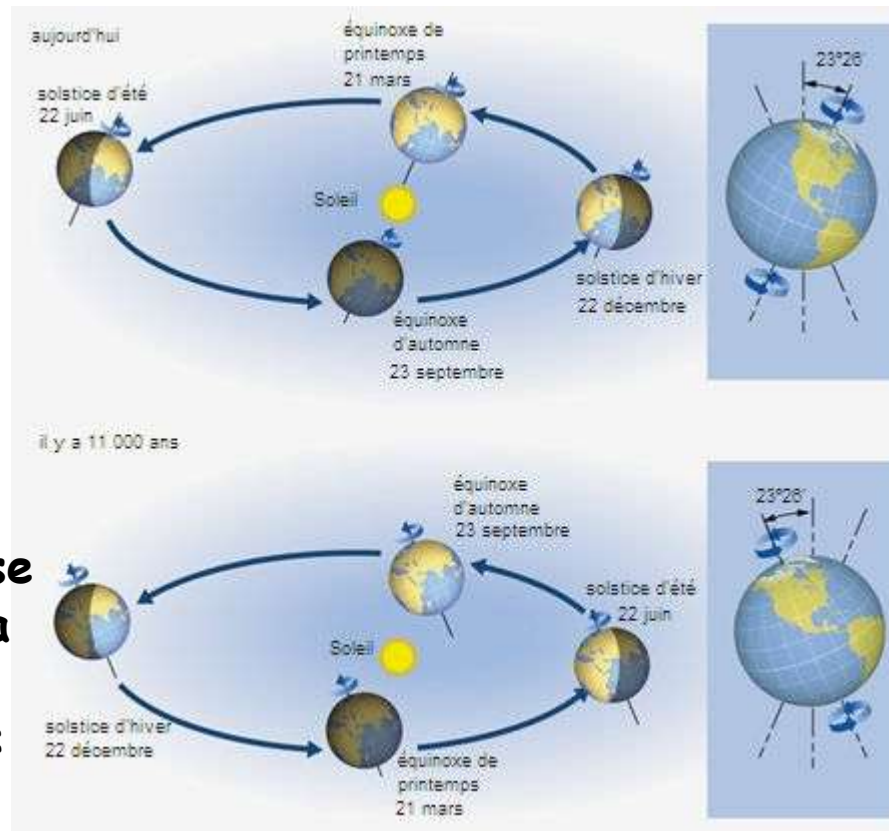
IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

c-2. Forçages astronomiques :

A cause de cette précession les saisons ne se passent pas dans les mêmes endroits sur l'orbite terrestre

PRECESSION :

L'été dans l'HN se produit lorsque la terre était plus proche du soleil : **été très chaud**



Avec la précession il se passe plutôt quand la terre est plus loin du soleil : **été plus frais**

1^{ère} Partie : Circulation atmosphérique et notions de climatologie

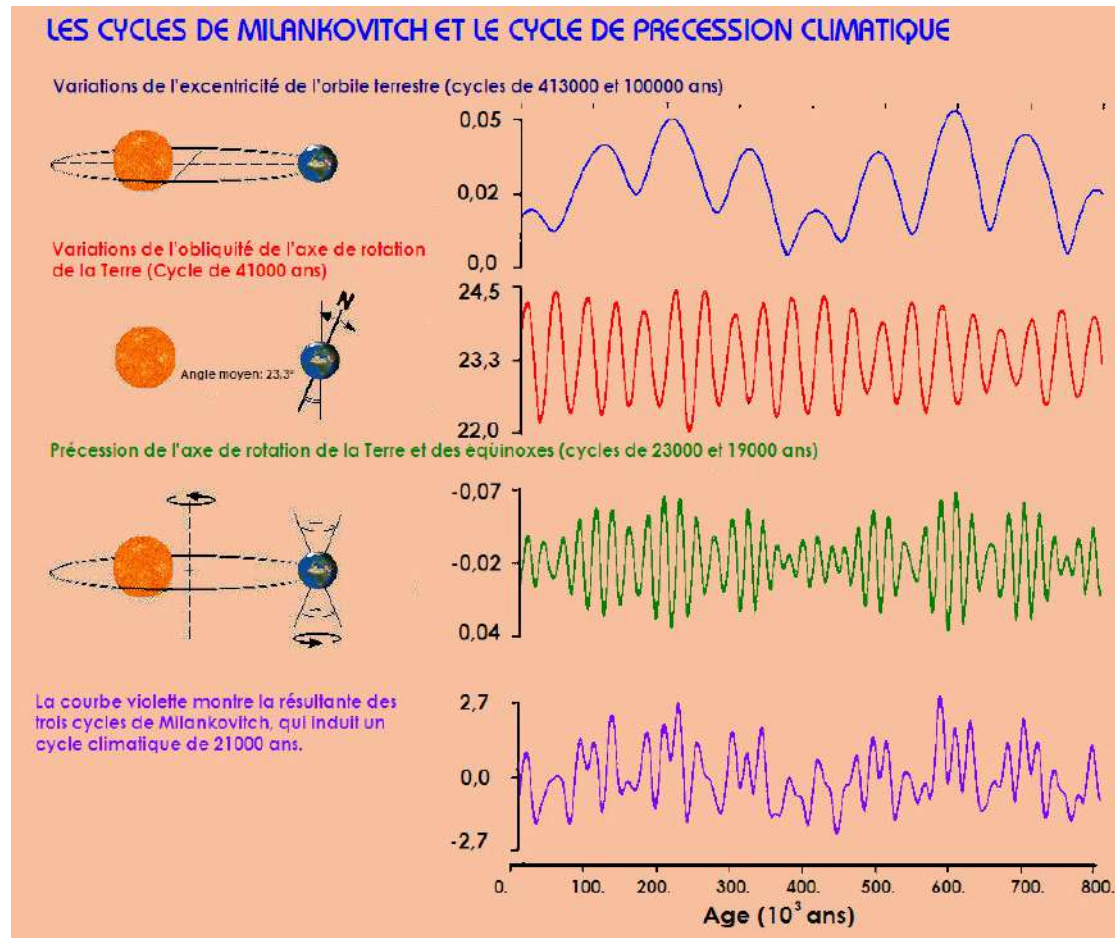
IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

c-2. Forçages astronomiques :

la **combinaison de ces trois paramètres** influence les climats de la Terre avec un cycle de 21 000 ans.

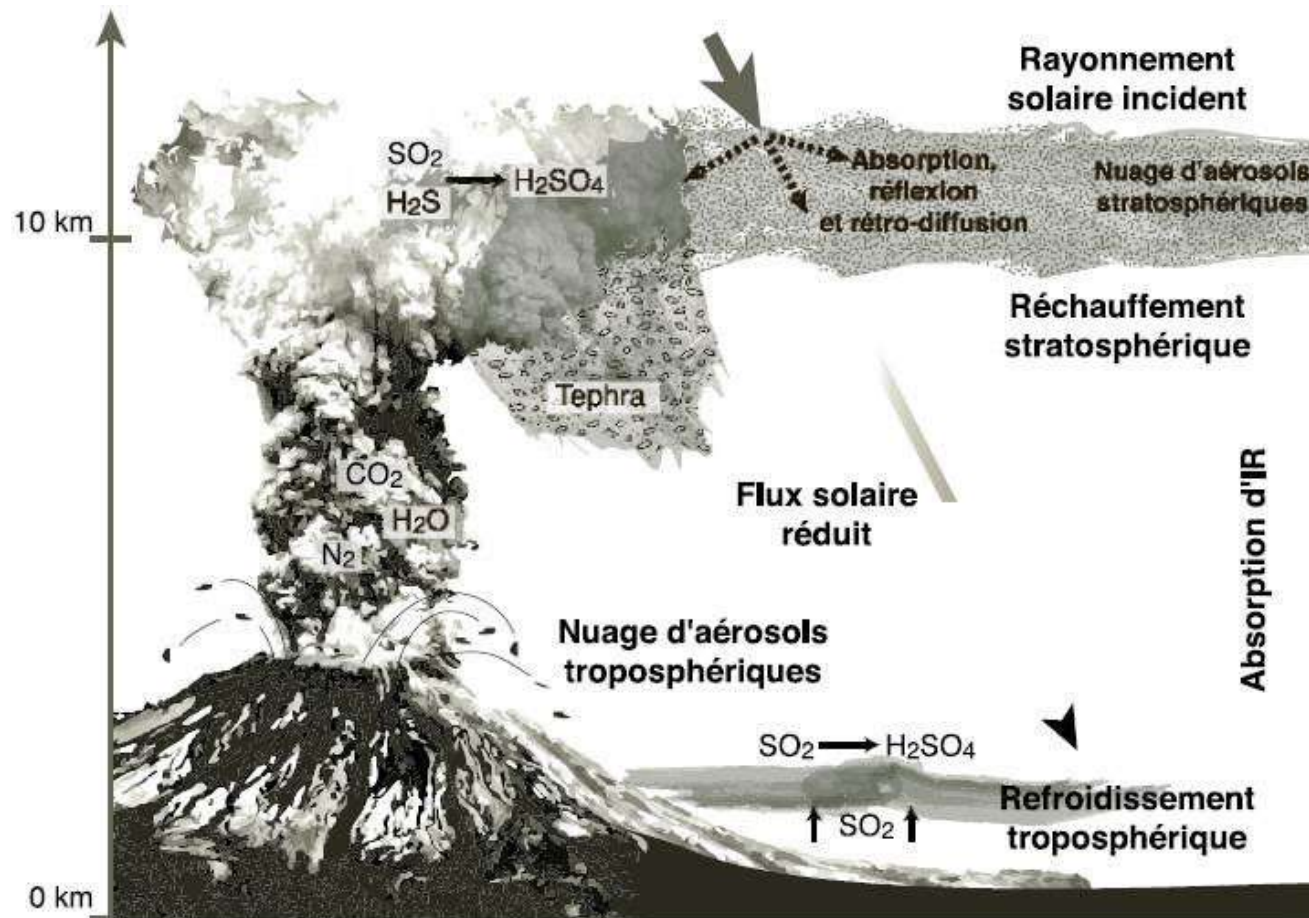
PRECESSION + OBLIQUITE + EXCENTRICITE :



IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

C-3. Modifications de l'atmosphère :



Impact d'une éruption
volcanique sur
l'atmosphère

IV- Paléoclimatologie :

IV.4 Facteurs des variations historiques du climat de la terre

Facteurs controlant les variations climatiques		Facteurs réchaufants	Facteurs refroidissants
Paramètres orbitaux	Excentricité	forte	faible
	Inclinaison	forte	faible
	Distance /soleil en été	faible	grande
Variation de l'effet de serre		volcanisme intense	faible intensité
		CH ₄ , CO ₂	Altération des roches
Variation de l'Albédo		Réduction des surfaces gelées	Augmentation des surfaces gelées

GEODYNAMIQUE EXTERNE

Partie II : Cycle sédimentaire

CYCLE SEDIMENTAIRE

1- Objectifs :

- ** présenter les processus physiques, chimiques et biologiques responsables du façonnement de la surface terrestre à travers **le cycle de roches sédimentaires**.
- ** voir les différents types de R.S. et leurs Intérêts
- ** voir les différents types de milieu de dépôts de ces roches.

les roches sédimentaires =
roches exogènes,

Elles se forment à la
surface de la terre



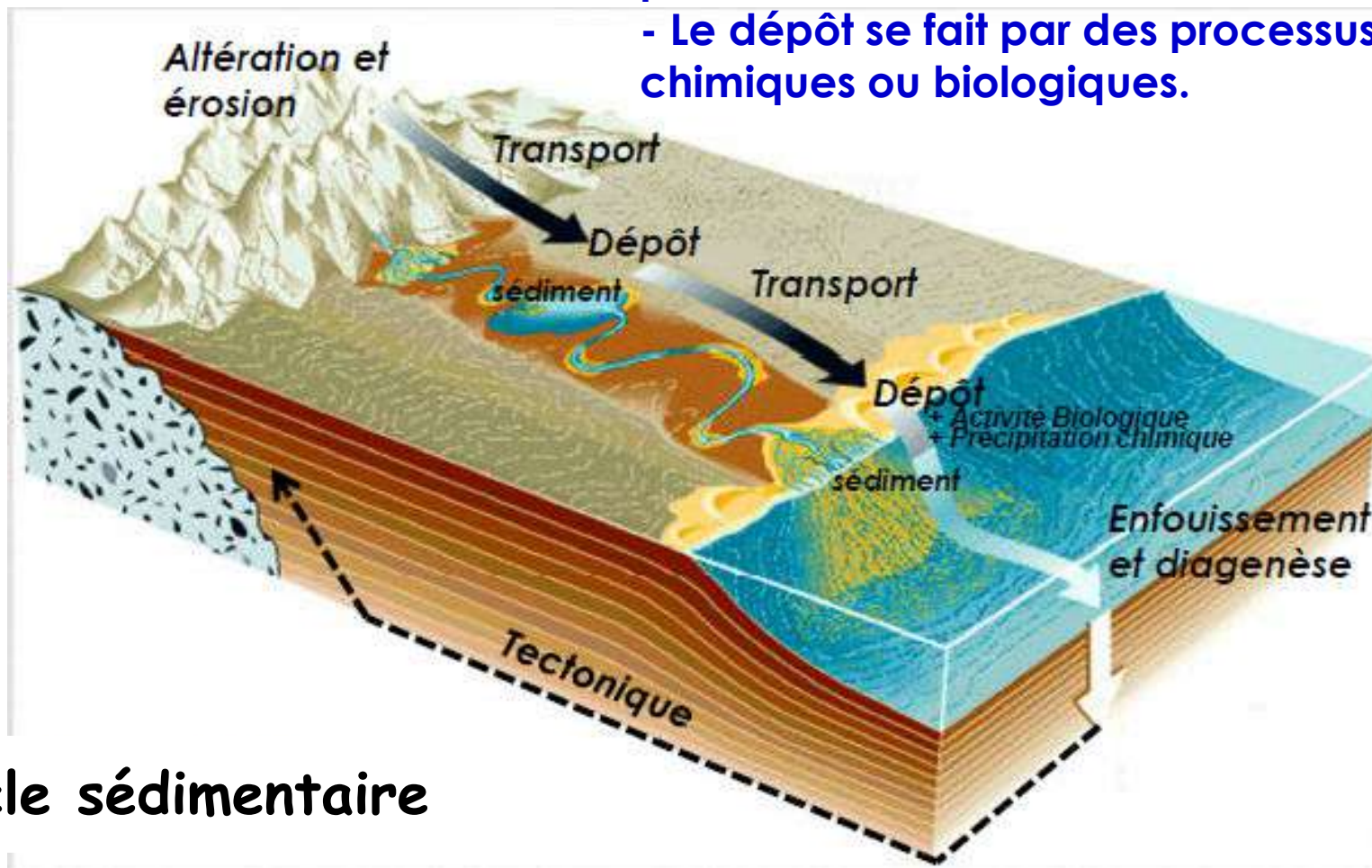
CYCLE SEDIMENTAIRE

- La formation de ces roches se fait suivant plusieurs processus.
- Elle commence par la formation des sédiments, c.à.d, au moment où les anciennes roches (tout type) de la surface commencent à se fragmenter (se casser, se débiter en morceaux, se dissoudreetc.
- Les processus physiques chimiques et biologiques, qui sont responsables du façonnement de la surface terrestre, se font suivant **LE CYCLE DE ROCHE SÉDIMENTAIRES**

CYCLE SEDIMENTAIRE

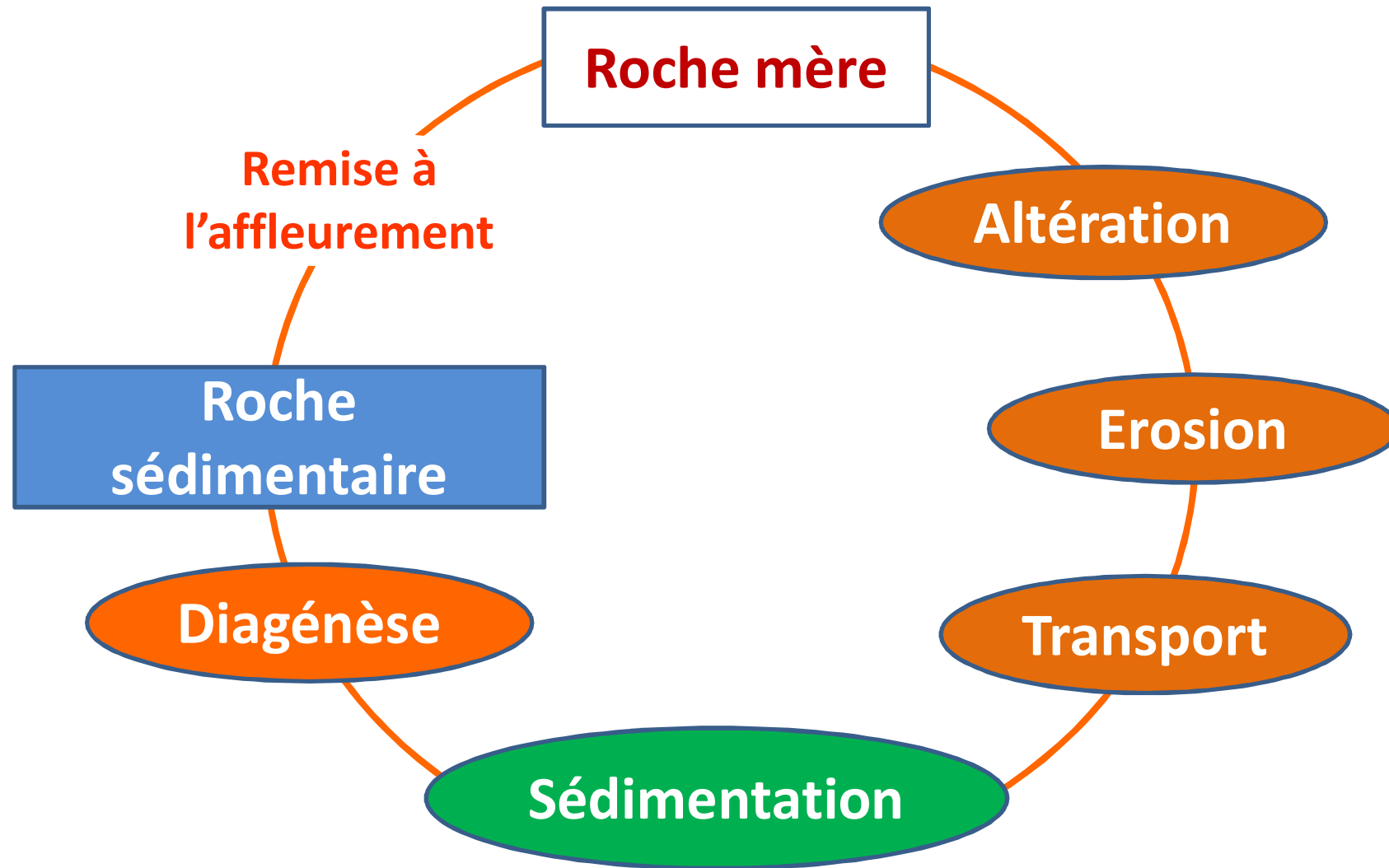
Cycle sédimentaire complet surtout valable pour les roches détritiques :

- Création de particules et d'ions en solutions.
- Ces éléments sont transportés sous forme de particules ou sous forme dissoute.
- Le dépôt se fait par des processus physiques, chimiques ou biologiques.



Cycle sédimentaire

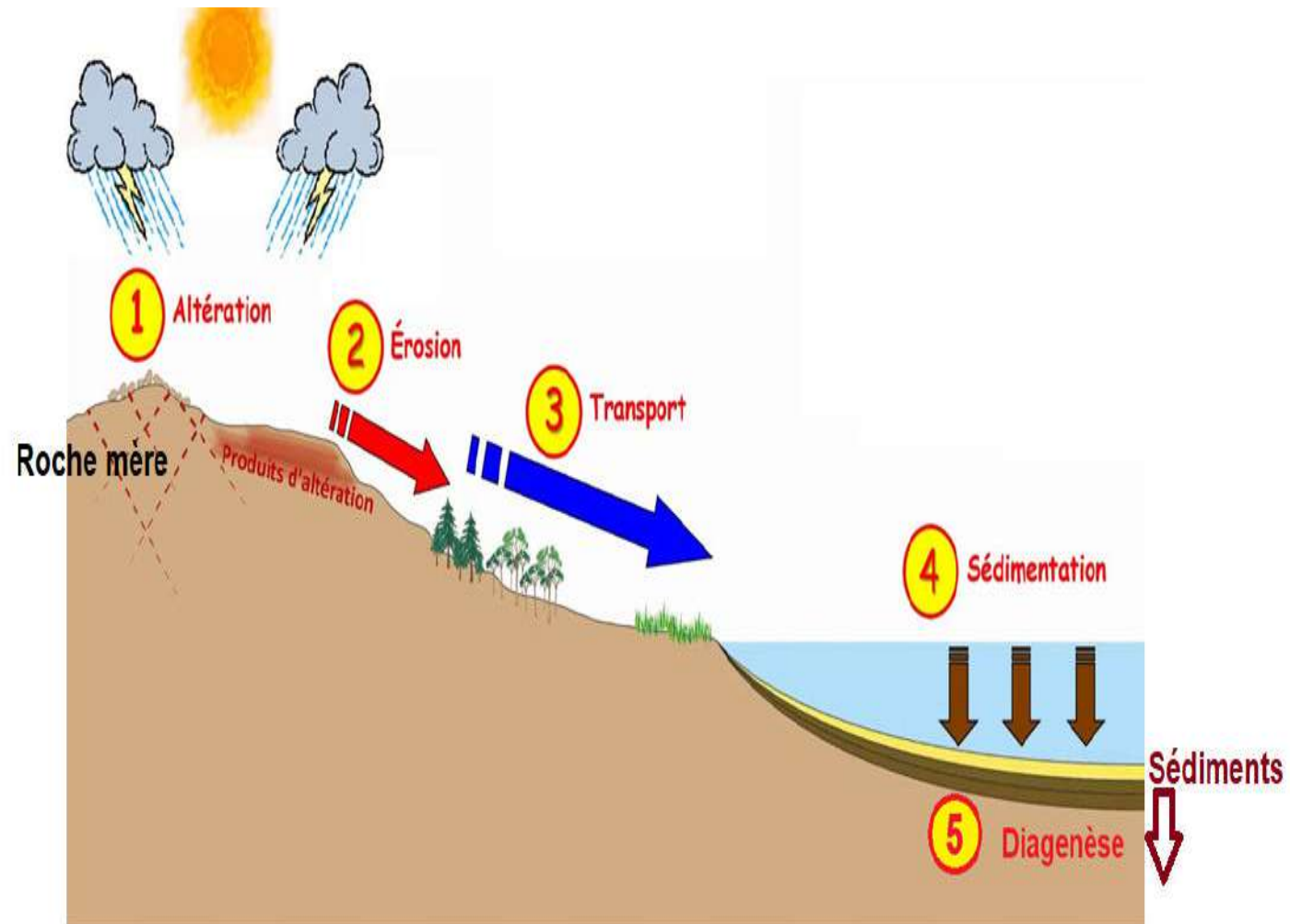
CYCLE SEDIMENTAIRE



D'où plusieurs étapes.

CYCLE SEDIMENTAIRE

les roches sédimentaires sont des r. exogènes qui se forment au voisinage de la surface de la lithosphère suivant un cycle.



CYCLE SEDIMENTAIRE

- Au contact de l'Atmosphère et de l'hydrosphère, les roches des continents (tout type) subissent une altération par désagrégation chimique et/ou mécanique conduisant à la formation d'éléments dissociés par de nombreux agents (particules ou des ions en solution).
- Leur transport s'effectue par l'atmosphère ou l'hydrosphère.
- Puis leur sédimentation « dépôt » se fait la plupart du temps dans un milieu aqueux (bassin de sédimentation). Soit par dépôt de matériaux détritiques, soit par accumulation biologique des organismes ou par précipitation chimique à partir des solutions.
- Au fond du bassin, au fur et mesure de l'enfouissement de ces produits, leur diagénèse aboutira à une roche sédimentaire consolidée

CYCLE SEDIMENTAIRE

L'intensité de ces processus exogènes est intimement liée à **des facteurs externes** :

- ❖ les conditions physiques de la surface: **nature de relief, résistance des roches ...etc**
- ❖ le climat et ses variations qui restent gravées dans la succession géologique.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1- Altération :



La première étape du cycle sédimentaire. Elle affecte les R. mères situées en surface de la terre et exposées à l'Atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère.

C'est l'ensemble des processus physiques, chimiques et biologiques qui conduisent à la décomposition des roches préexistantes en surface de la terre (R. mères) et aboutissent à la formation de produits d'altération..

CYCLE SEDIMENTAIRE

1- Altération :

- L'altération **physique** et l'altération **chimique**.



Ne change pas la
composition chimique
initiale



Modifie la composition
chimique initiale

CYCLE SEDIMENTAIRE

1- Altération :

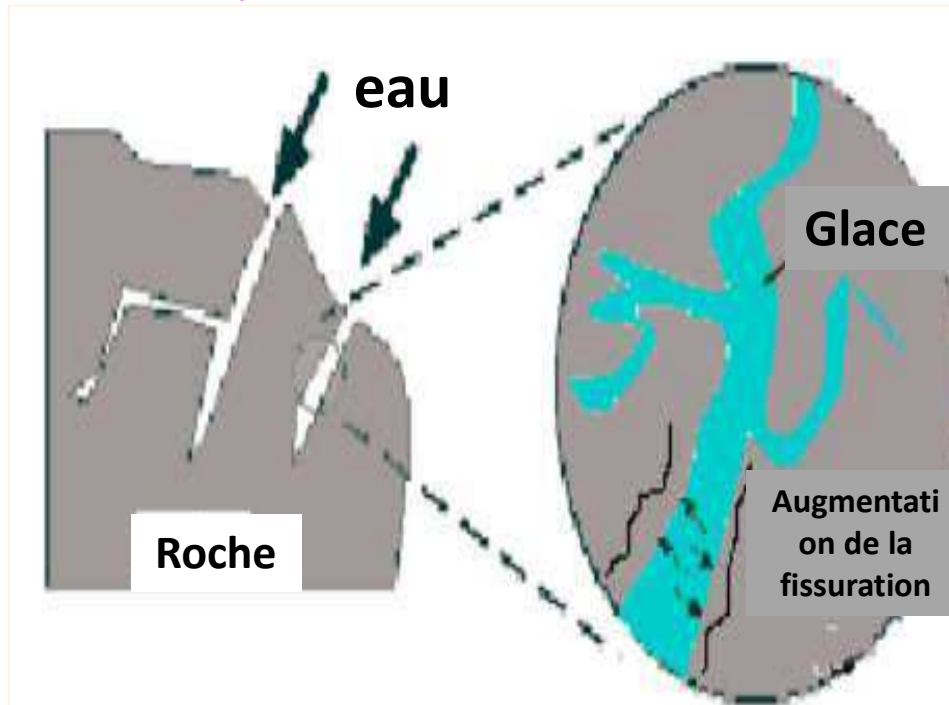
- ❖ **L'altération mécanique** (ou physique) : elle arrache mécaniquement des particules qui seront transportées. Elle fragmente la roche sans modifier la composition chimique initiale.

- ❖ De nombreux facteurs y interviennent.
 - ❖ **Cryoclastie ou Gélifraction**
 - Fragmentation des roches par l'alternance de périodes de gel et de dégel, en climat humide et froid.
 - l'eau contenue dans les fissures des roches en gelant augmente de volume exerce des pressions et conduit à l'élargissement progressive des fractures et par suite à l'éclatement de la roche.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-1 Altération physique:

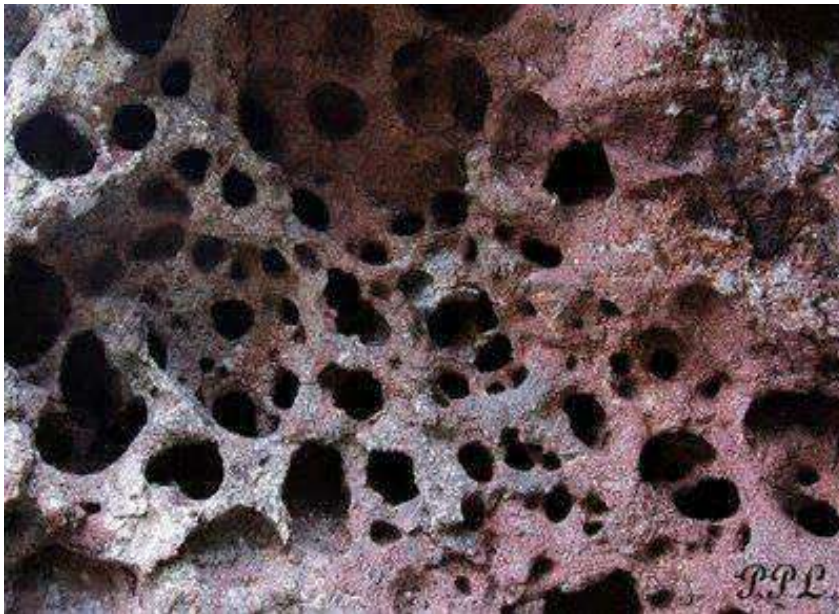
❖ Cryoclastie ou Gélifraction



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-1 Altération physique:

❖ **thermoclastie** : fragmentation de la roche sous l'effet des variations répétées de la Température. Ces variations entraînent une alternance de dilatations et rétractations des minéraux des roches et provoquent l'apparition de fractures.



❖ **Haloclastie** : Fragmentation sous l'effet de la pression générée par cristallisation de sels (Halite) dans la porosité des roches suite à l'évaporation d'eau.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-1 Altération physique:

❖ **Desquamation ou exfoliation** :
c'est la fracturation en feuillets
d'une roche compacte et homogène.

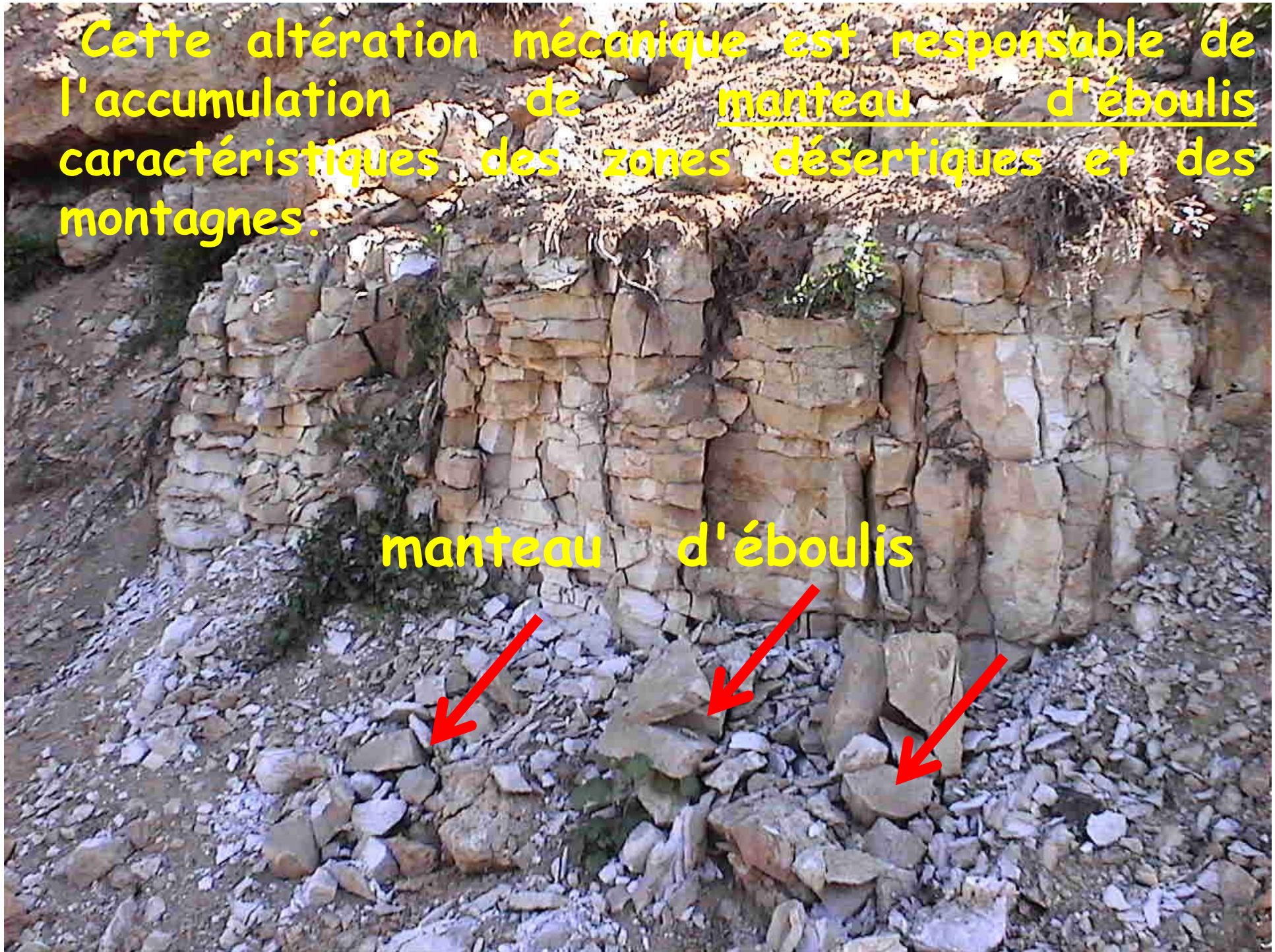


L'altération physique (mécanique) est particulièrement importante dans :

- **Les zones désertiques** où les variations de T° peuvent dépasser 50°C entre le jour et la nuit.
- **sous climats humides et froids** dont la T° varie autour de 0° (action du gel et du dégel).

Cette altération mécanique est responsable de l'accumulation de manteau d'éboulis caractéristiques des zones désertiques et des montagnes.

manteau d'éboulis



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-1 Altération physique:

❖ **Action biologique** : impact des organismes vivants sur la roche.

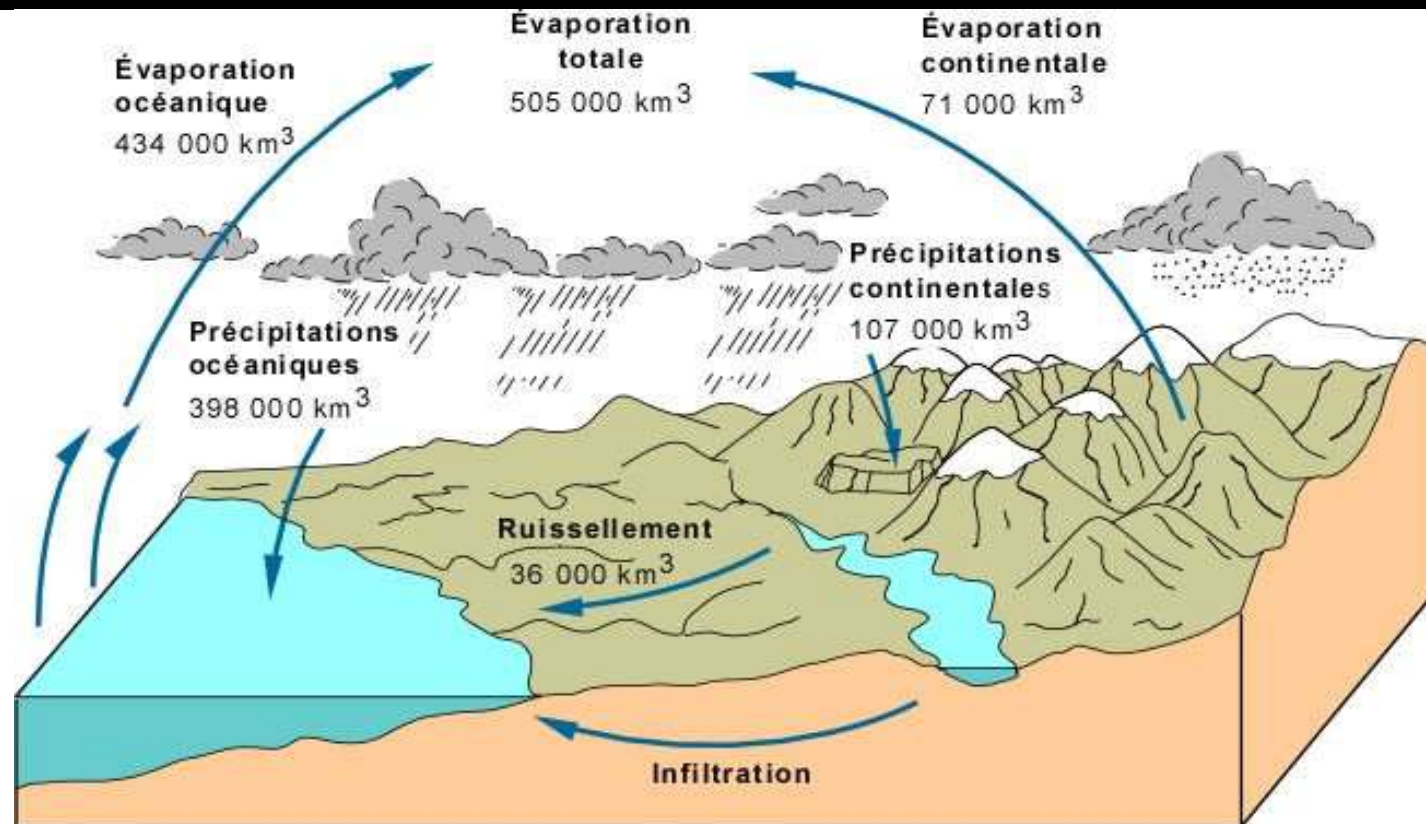
Ce processus concerne surtout les plantes ;
l'expansion du système racinaire à travers la roche provoque des fissures; ce système permet également à l'eau de s'infiltrer puis processus gel/dégel.



Action des animaux sur la roche

M10 : Géodynamique externe

SVT2



Pr : Abdel-Ilah

MIHRAJE

Département de Géologie

GEODYNAMIQUE EXTERNE

Partie II : Cycle sédimentaire

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

Elle **modifie la composition chimique** et par suite **minéralogique initiale de la roche mère.**

Ce type d'altération nécessite la **présence d'eau**; elle se fait donc essentiellement sous climat humide. Elle agit de 2 façons:



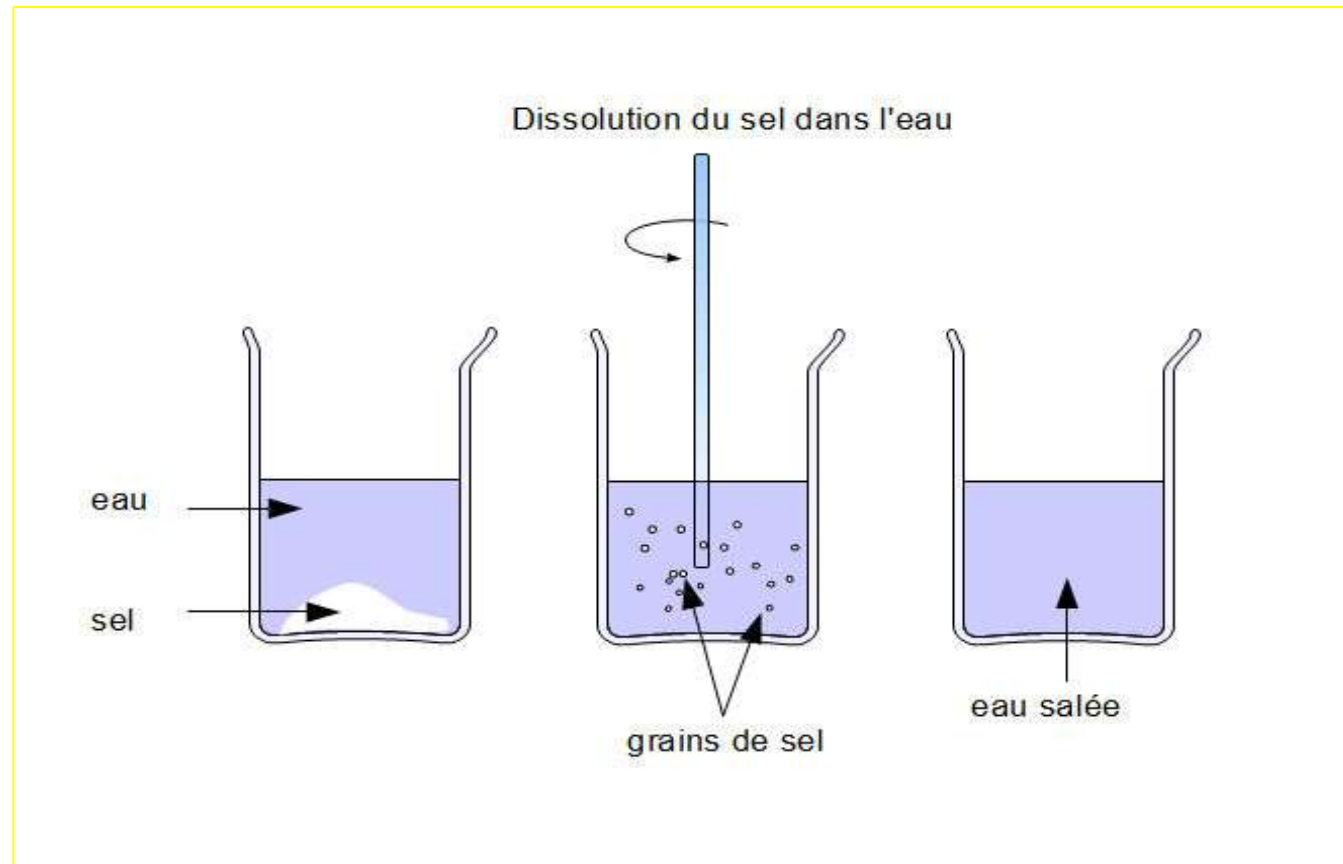
Dissolution

Transformation

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

Dissolution

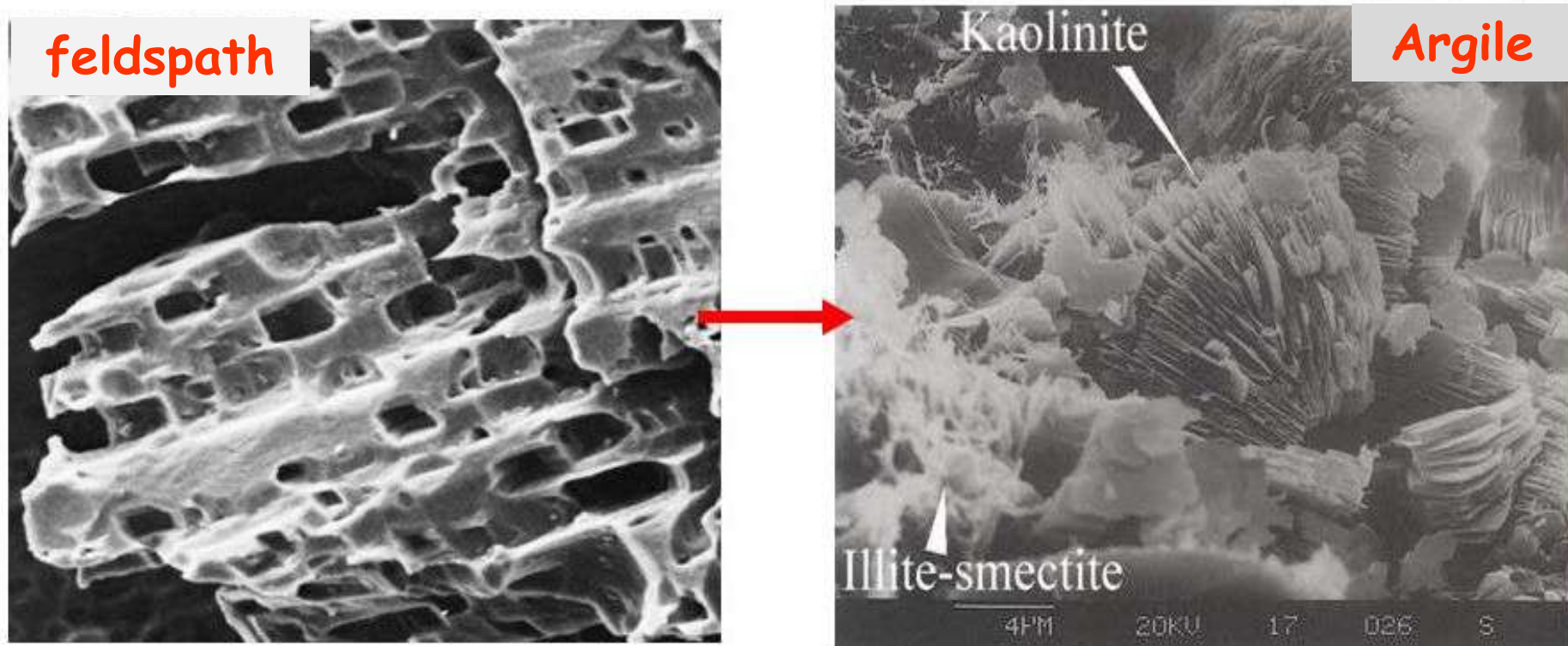


certaines minéraux (**halite, calcite**) sont **dissous totalement** et leurs ions sont évacués en solution.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

Transformation



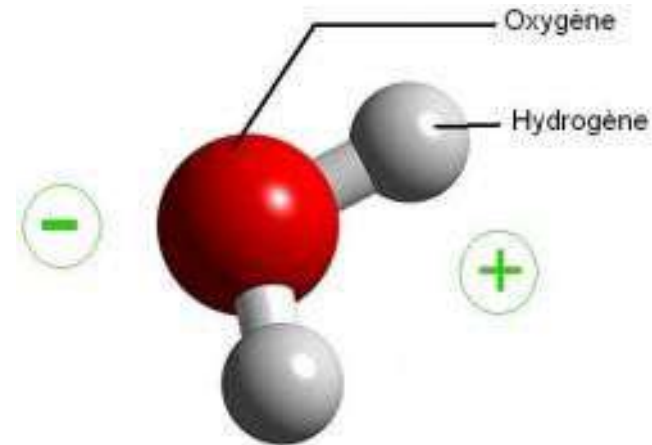
d'autres, tels les micas ou les feldspaths sont **transformés** en d'autres espèces minérales (surtout en argiles).

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

A- Les Agents de l'altération chimique : Eau, climat, station.

La molécule d' H_2O , se comporte comme un dipôle dont la force d'attraction vis-à-vis d'un ion détermine sa solubilité.



CLIMAT : températures et précipitations (altération est (x2) quand $T^{\circ} +4^{\circ}C$),

STATION : nature de la roche et conditions de circulation d'eau.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

- **B- Principales réactions impliquées dans l'altération chimique :**
 - *Dissolution*
 - *Hydratation & déshydratation*
 - *Hydrolyse*
 - *Oxydation & réduction*
 - *Réactions impliquant la matière organique.*

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

B- Principales réactions impliquées dans l'altération chimique :

1. **Dissolution** : c'est la décomposition totale du minéral par l'eau ou par un acide. Elle est due au pouvoir de solvatation de la molécule d'eau.



Calcite

ion bicarbonate

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

B- Principales réactions impliquées dans l'altération chimique :



** R. Salines: solubilité totale,



** R. Carbonatées: (-) solubles, mais l'eau de pluie chargée en CO_2 agit comme un acide faible lors de sa mise en contact avec la calcite: = décarbonatation

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

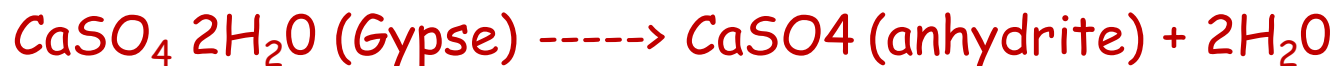
B- Principales réactions impliquées

2. Hydratation/Déshydratation

****L'Hydratation** : Incorporation de molécules d'eau à certains minéraux peu hydratés contenus dans la roche. Ce qui provoque leur **gonflement** favorisant la destruction de la roche.



**** La Déshydratation** étant la perte de molécules d'eau



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

B- Principales réactions impliquées

2. Hydratation/Déshydratation



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

B- Principales réactions impliquées dans l'altération chimique :

3. Hydrolyse : c'est la destruction des minéraux par l'eau ; elle est due au pouvoir de dissolution de la molécule d'eau qui se dissocie en ions H^+ et OH^- . Ces ions peuvent ensuite se substituer à des ions de la roche :

L'hydrolyse peut être **totale** et conduit à la mise en solution complète du minéral

L'hydrolyse peut-être **partielle** et convertit le minéral en une nouvelle espèce

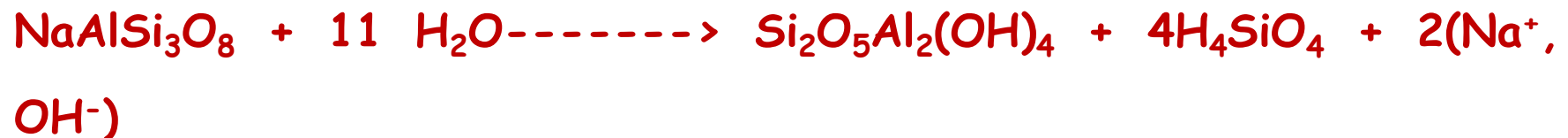
Processus d'altération :

- **L'hydrolyse totale** (feldspath potassique = Orthose) :



Les corps résultants peuvent ensuite réagir entre eux et donner des minéraux argileux.

- **L'hydrolyse partielle** (feldspath sodique = Albite) :



albite + eau -----> kaolinite + acide silicique + ions.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

B- Principales réactions impliquées dans l'altération chimique :

3. Oxydation/Reduction :

L'**oxydation** intéresse surtout le fer qui passe de l'état ferreux (Fe^{2+}) à l'état ferrique (Fe^{3+}).

Exemple:



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

B- Principales réactions impliquées dans l'altération chimique :

3. Oxydation/Réduction :

La réduction est plus rare ; elle intervient dans les milieux hydromorphes et produit en particulier le passage du fer ferrique au fer ferreux soluble.

4- Réactions impliquant la matière organique (m.o.):

Exemple: L'oxydation de la m.o., produisant de l'eau et du CO₂, lui-même impliqué dans des réactions de mise en solution:



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Altération chimique:

B- Principales réactions impliquées dans l'altération chimique :

5- Décarbonatation :

Elle produit la solubilisation des calcaires et des dolomies généralement sous l'action du CO₂ dissous dans l'eau.

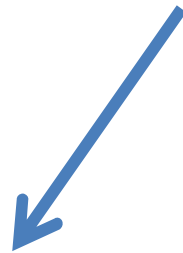


Tous ces phénomènes se passent à des T° et des P. "faibles" régnant à la surface ou près de la surface de la Terre.

CYCLE SEDIMENTAIRE

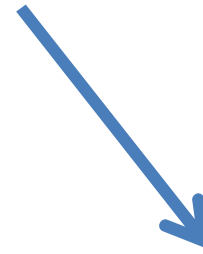
1- Altération :

Altération de la roche mère



physique

aboutit à des fragments ou débris, de taille variable, qui seront à l'origine des **R. détritiques**.



chimique

donne des solutions de lessivage qui sont les sources des minéraux des roches d'origine **chimique** ou **biochimique**.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

Principaux facteurs:

- lithologie,
- climat,
- acidité du milieu.

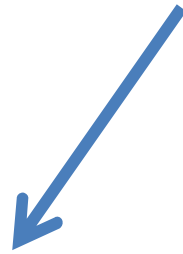
D'autres facteurs peuvent s'y ajouter tels :

- la présence ou l'absence d'un sol,
- le temps d'exposition aux processus d'altération
...etc.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C1- Facteurs lithologiques



Porosité de la Roche



Composition minéralogique
de la Roche

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C1-a- Facteurs lithologiques

La porosité de la roche est un facteur déterminant. Elle commande la présence de l'eau dans la roche nécessaire pour toute altération chimique.



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C1- Facteurs lithologiques

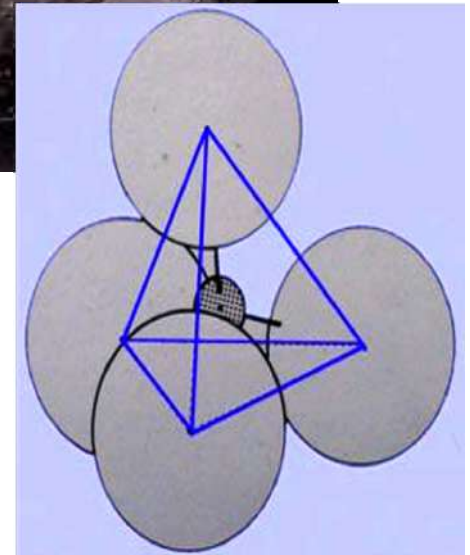
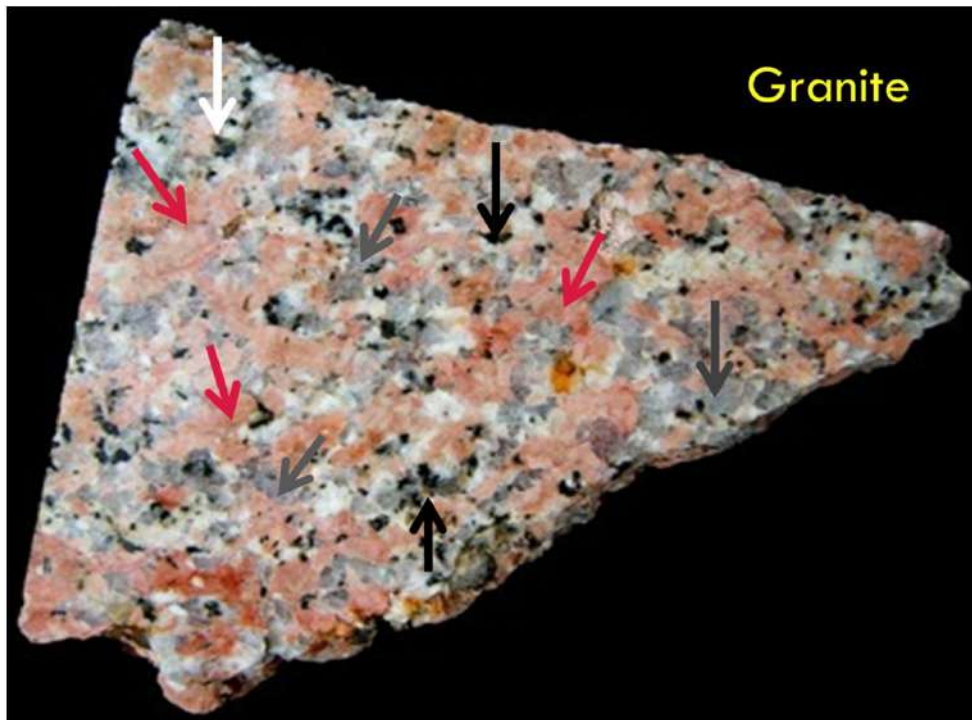
C1-b- La composition minéralogique:

- tous les minéraux ne présentent pas la même résistance aux processus chimiques. Certains minéraux, se décomposent plus facilement que d'autres, certains sont solubles d'autres non.
- La **résistance d'un minéral à l'altération** dépend en grande partie de sa nature, en particulier de l'énergie des liaisons entre les atomes qui le constituent.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C1- Facteurs lithologiques



Le quartz, SiO_4 (Si^{4+} établit des liaisons très fortes avec O^-), d'où sa résistance à l'altération.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C1- Facteurs lithologiques

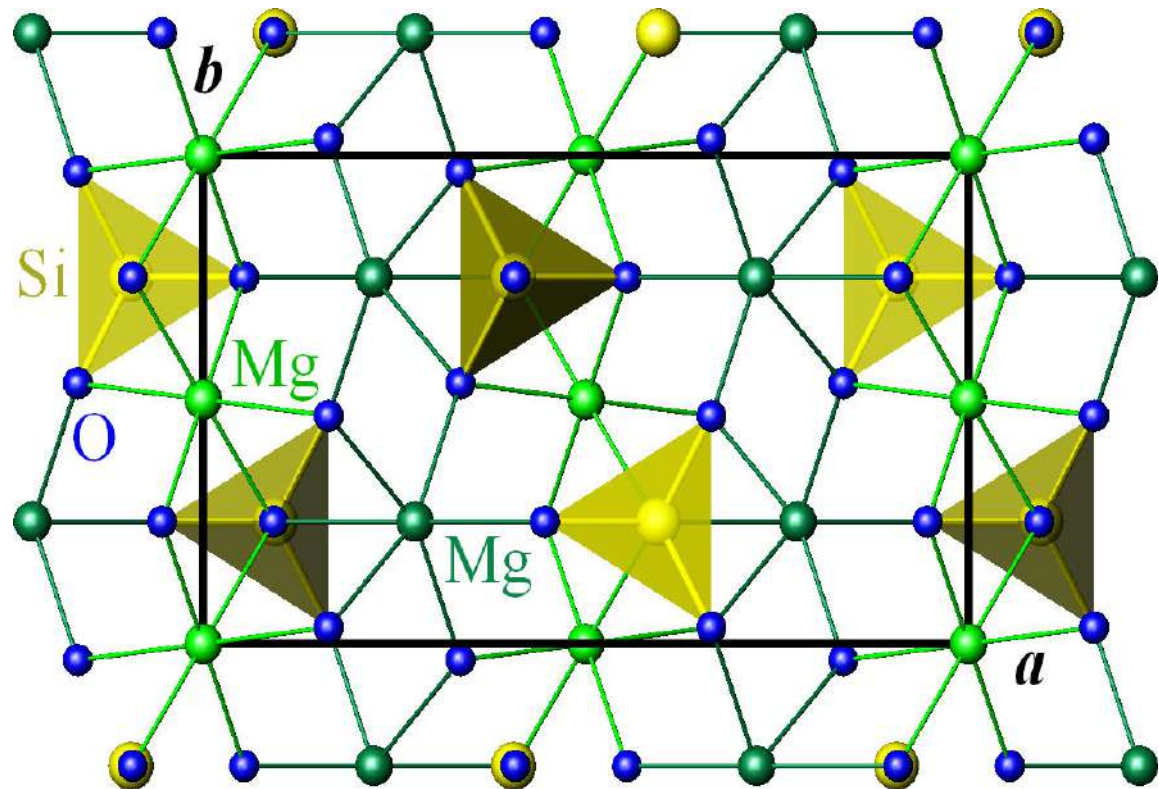


CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C1- Facteurs lithologiques

L'Olivine $(Mg,Fe)_2SiO_4$, en revanche, contenant des cations moins liés (Fe^{++} et Mg^{++}), a un réseau cristallin plus fragile.



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C1- Facteurs lithologiques

C.1.b- Solubilité des ions

Le lessivage des ions dans le sol dépend de leur solubilité. Celle-ci dépend principalement de leur **potentiel ionique**:

$$P.I. = Z/r$$

Le **P.I.** exprime la répartition des charges électriques à la surface de l'ion et explique son comportement vis-à-vis de l'eau.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C1- Facteurs lithologiques

C.1.b- Solubilité des ions

Il en résulte 3 catégories de minéraux :

- (1) Cations solubles: (ions à grand rayon et faible charge)
- (2) Oxyanions solubles ,
- (3) Hydrolysats insolubles.

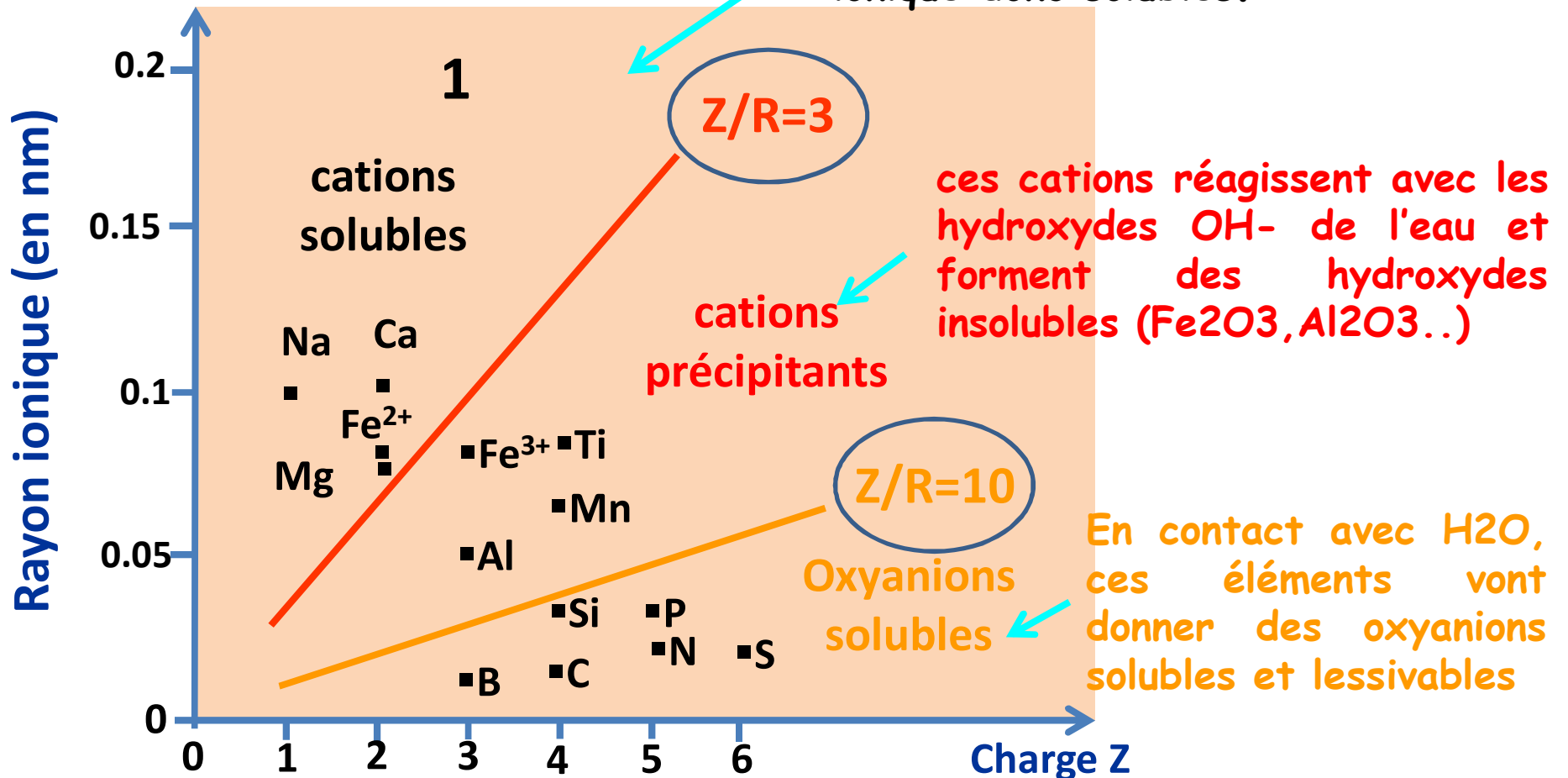
CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C1- Facteurs lithologiques

C.1.b- Solubilité des ions

aucune réaction dans l'eau ; ces éléments restent sous forme ionique donc solubles.



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C2- Facteurs lithologiques

C.1.b- Solubilité des ions

Les minéraux en général se décomposent (s'altèrent) dans le même ordre dans lequel ils se sont formés dans les magmas :

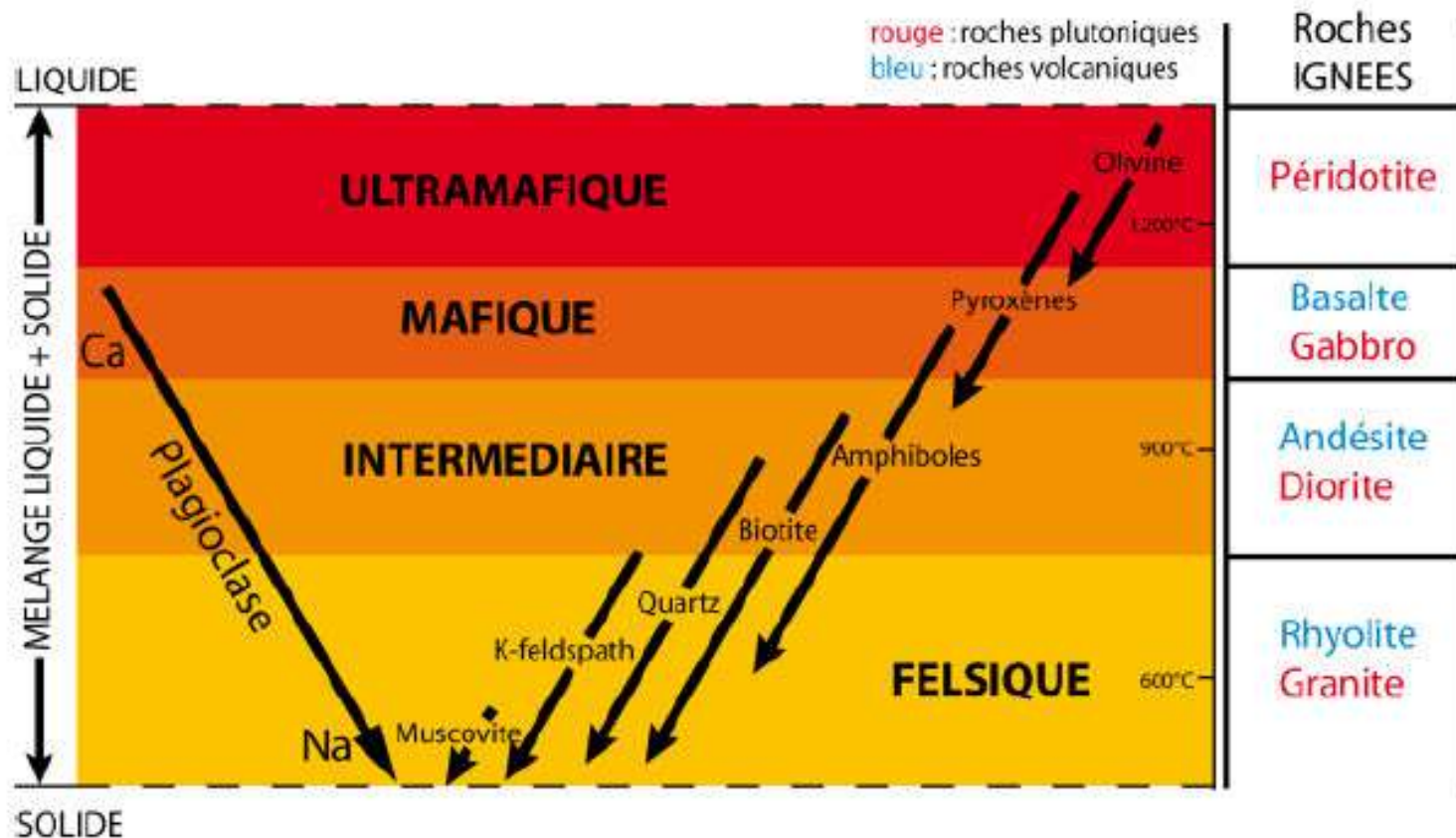
- Les minéraux qui cristallisent en 1^{ier} aux plus fortes T° (olivine) sont les moins stables, donc ils s'altèrent plus vite.
- Ceux qui cristallisent en dernier, à des T° basses (quartz, muscovite) sont les plus stables.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C1- Facteurs lithologiques

C.1.b- Solubilité des ions



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C2- Facteurs climatiques

le climat contrôle l'altération chimique par **2 paramètres**:

- 1- La **T°**, agit sur la vitesse des réactions chimiques ; la **vitesse** des réactions chimiques **augmente** avec la T°. Il y a donc une zonalité de l'altération chimique.
- 2- L'**humidité** est également importante, puisque beaucoup de réactions nécessitent la présence d'eau.

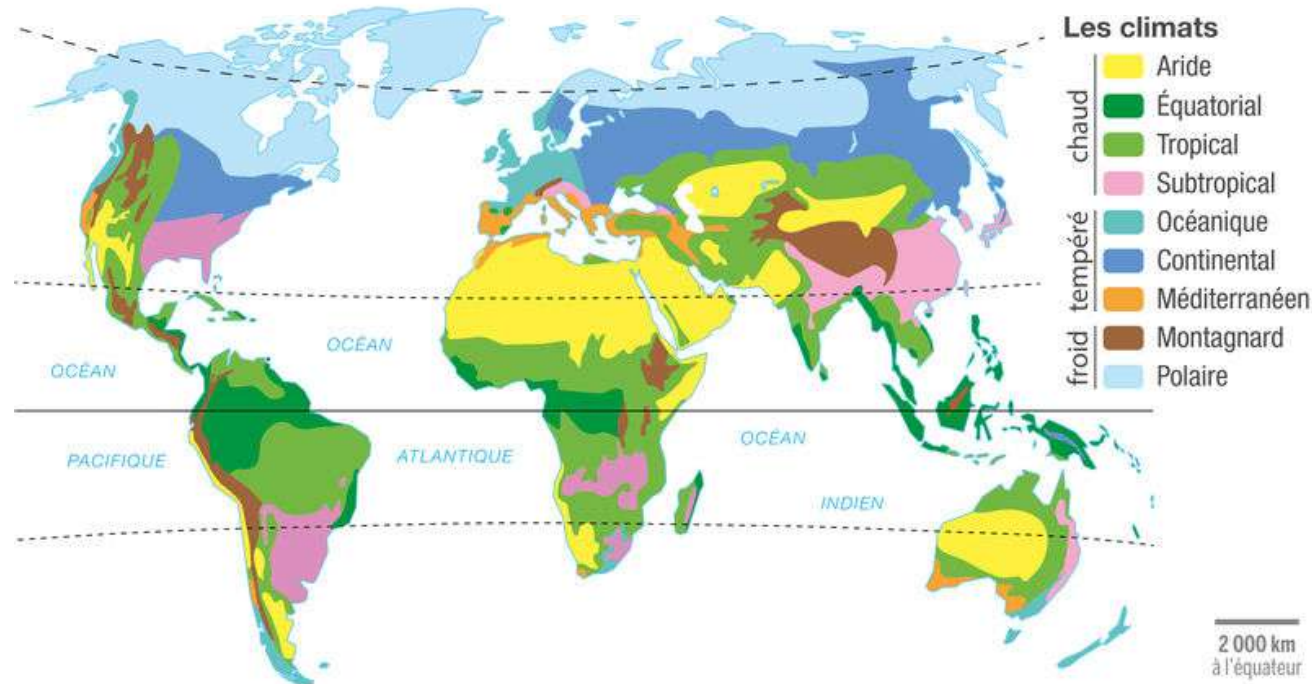
CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C2- Facteurs climatiques

Donc, l'**altération chimique** est **lente**, sans être absente, dans deux zones du globe.

- Dans les zones périglaciaires: T° ↘ et eau à l'état solide (pd + mois de l'année).



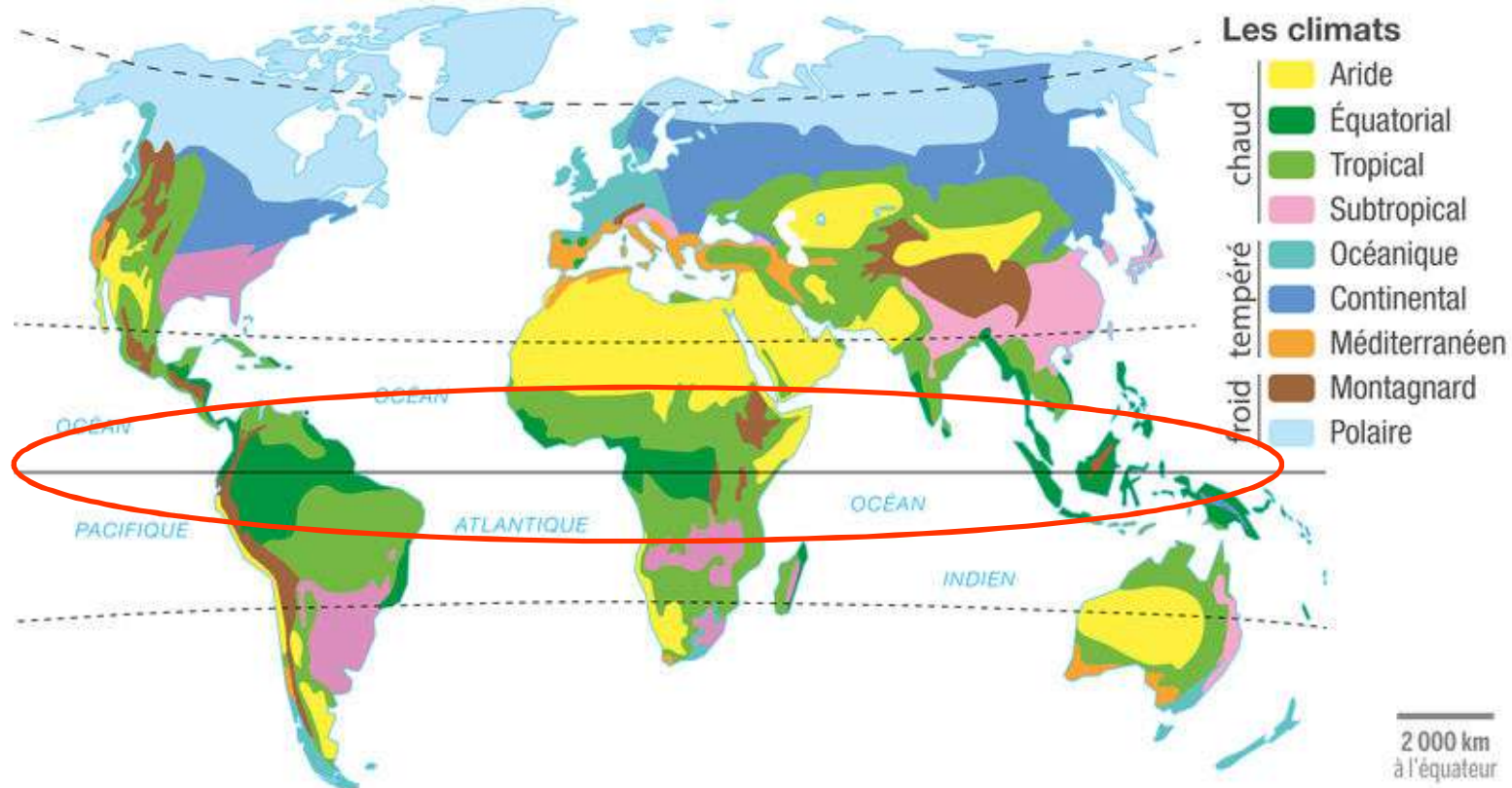
- Dans les déserts : déficit d'humidité.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C2- Facteurs climatiques

Par contre, **l'altération chimique est intense** sous **l'équateur** où les processus disposent à la fois de chaleur (T°) et d'eau (humidité) en abondance pendant toute l'année.

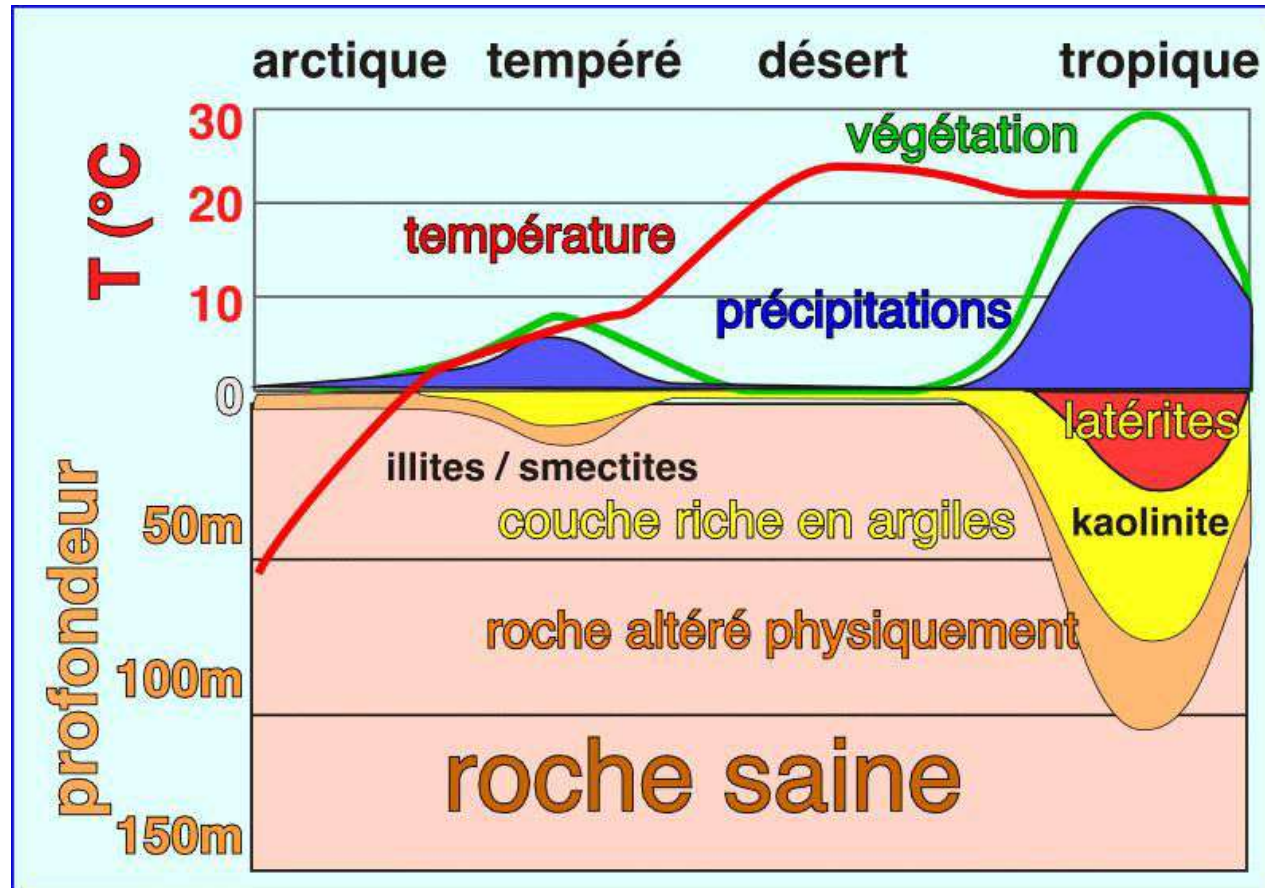


CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C2- Facteurs climatiques

L'altération chimique est importante sous climat tropicale et modérée sous climat tempéré et quasi absente au niveau des pôles et des déserts.

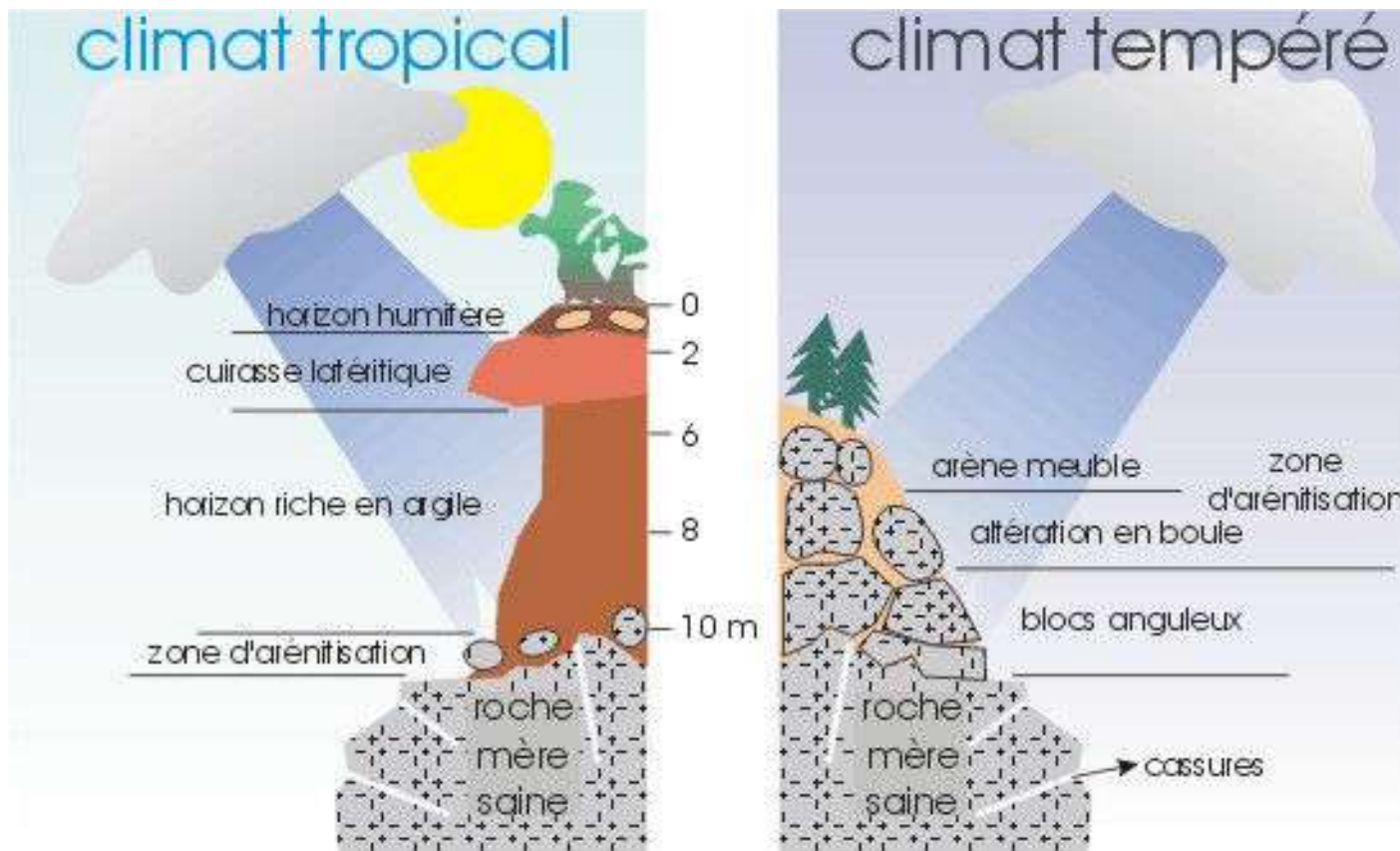


CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C2- Facteurs climatiques

Une même roche, va évoluer différemment sous 2 climats différents:



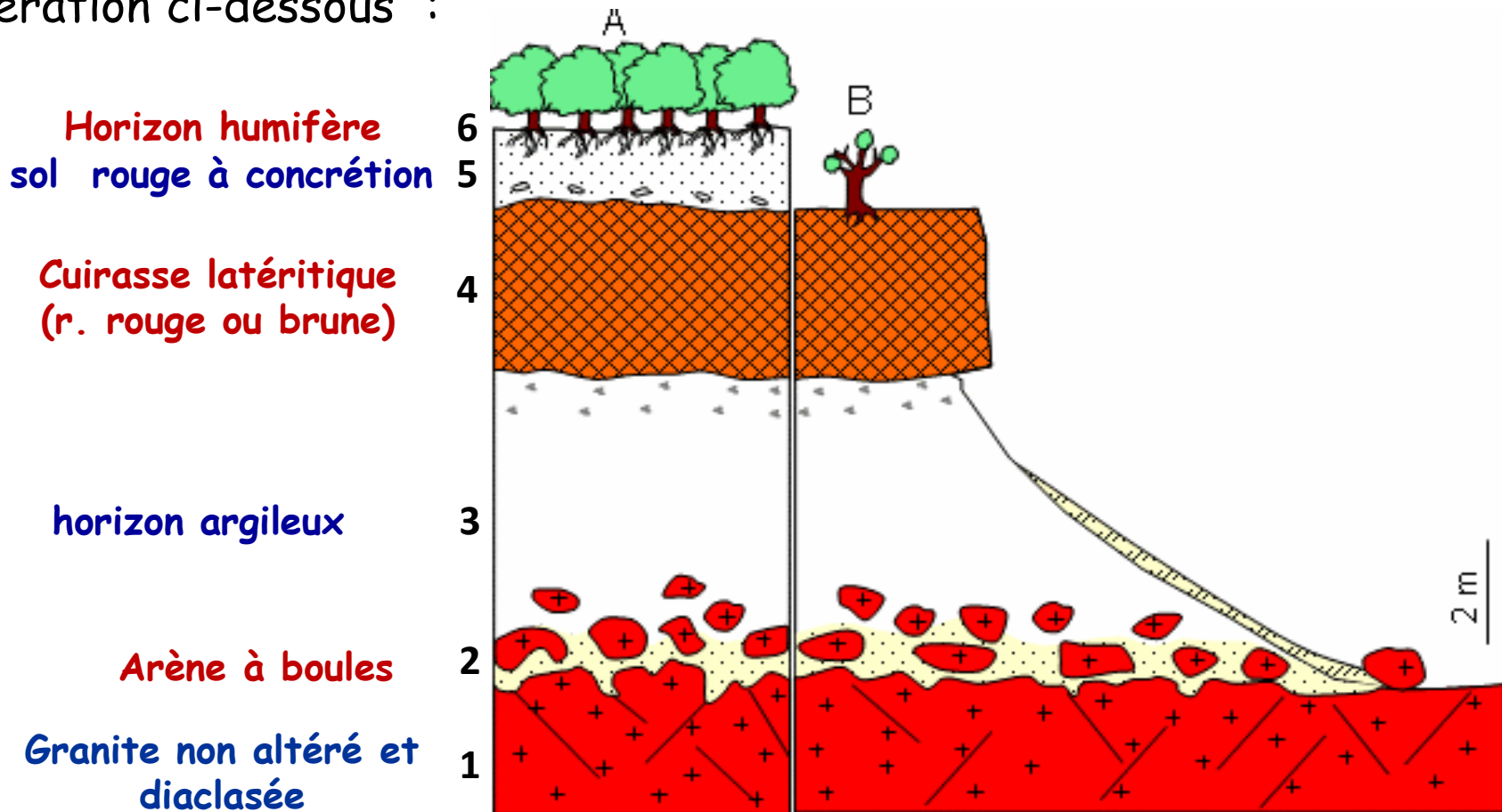
Profil d'altération d'une roche granitique en climat tropical humide.

CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C2- Facteurs climatiques

En **climat tropical humide**, l'**altération** d'une roche granitique est surtout **chimique** ; elle est très développée et aboutit au profil d'altération ci-dessous :



CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C2- Facteurs climatiques

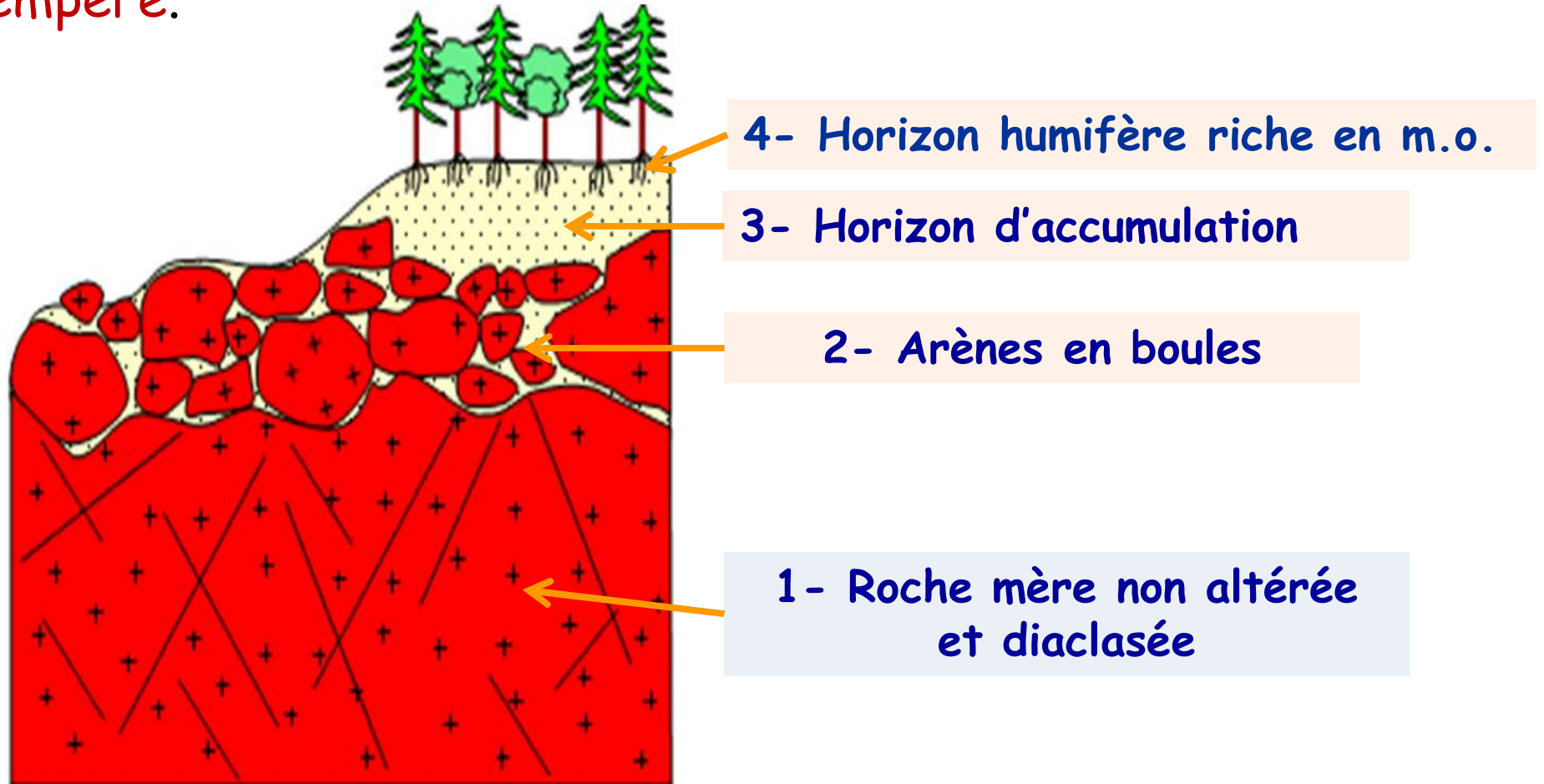


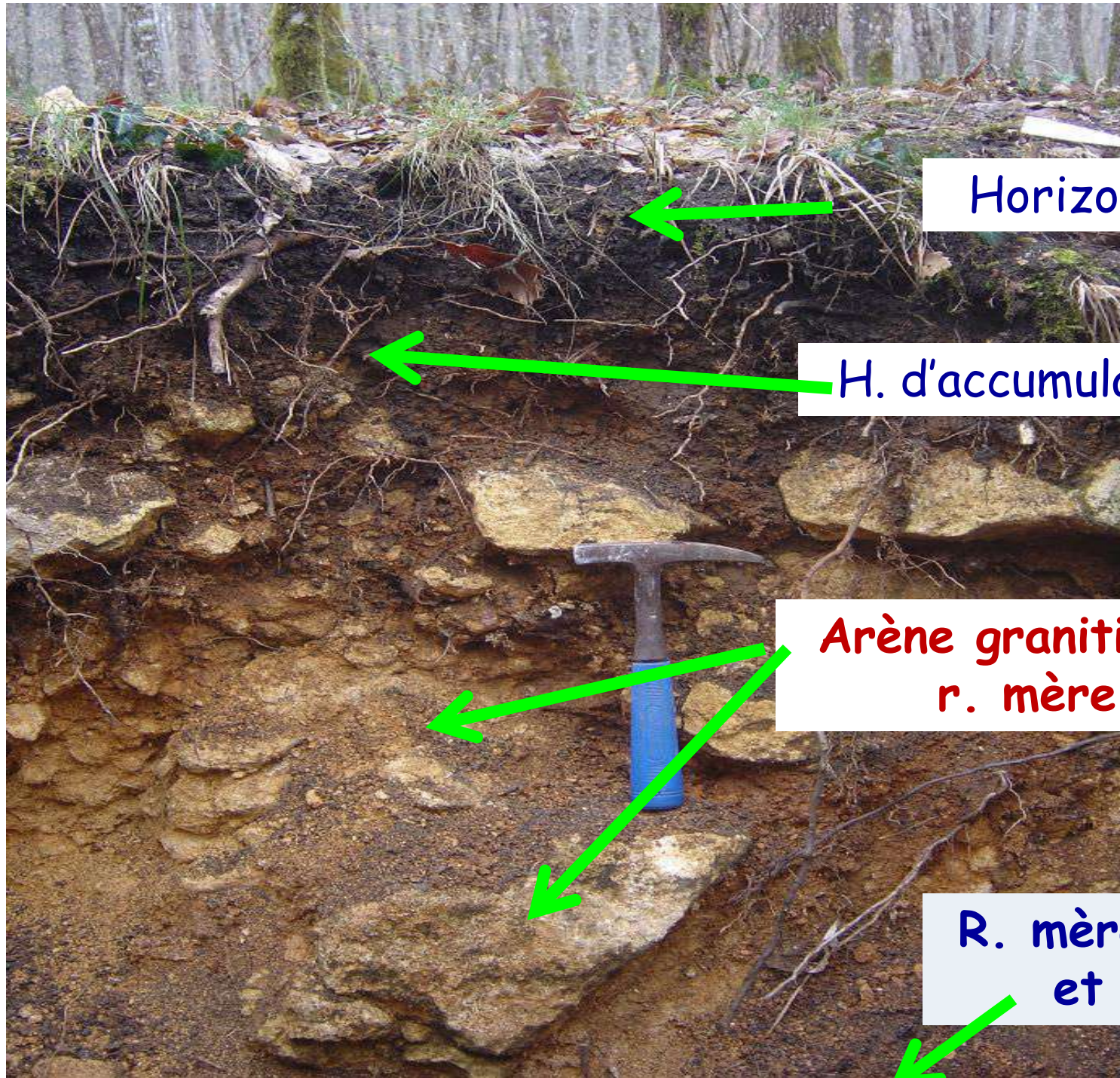
CYCLE SEDIMENTAIRE

1-2- Facteurs contrôlant l'altération :

C2- Facteurs climatiques

Profil d'altération d'une roche granitique en climat tempéré.





Horizon humifère

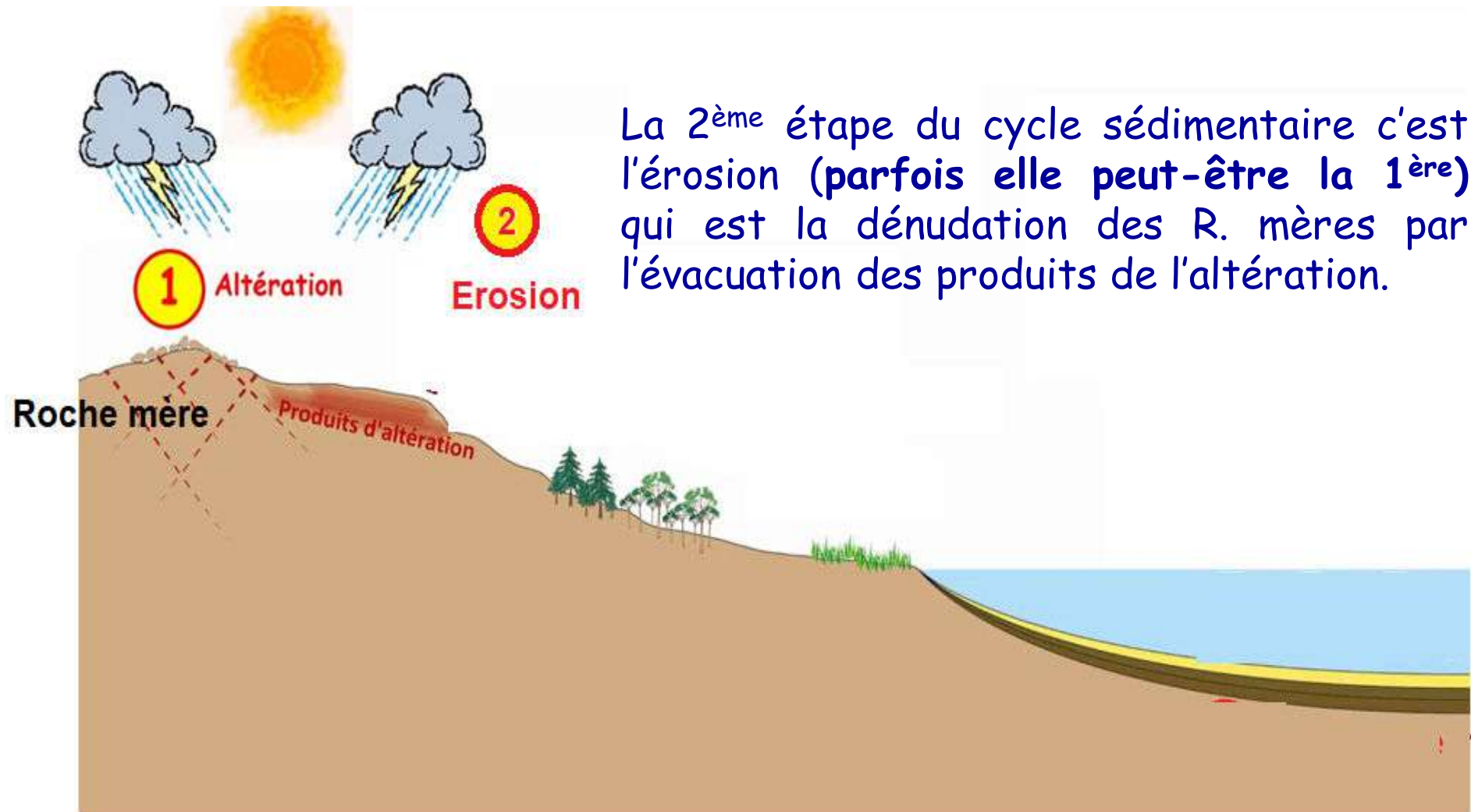
H. d'accumulation

Arène granitique (sable =
r. mère du sol)

R. mère non altérée
et diaclasée

CYCLE SEDIMENTAIRE

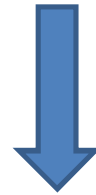
2- Erosion :



CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

Définition: «L'Erosion est l'ensemble de phénomènes externes qui, à la surface de sol ou à faible profondeur, enlèvent tous ou une partie des terrains existants en modifiant ainsi le relief » Foucault & Raoult 1988.



Il s'agit de processus de dégradation et de transformation du relief (donc des roches).

CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

Les principaux agent d'érosion sont:

- le vent,
- l'eau (pluie, ruissellement, cours d'eaux, mer...etc),
- les glaciers

Son importance dépend de plusieurs facteurs:

- Taille du matériel,
- Intensité de l'agent,
- Topographie,
- Présence ou non d'un couvert végétal dense...etc.

CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-a- Erosion éolienne

Elle est dominante dans les milieux désertiques ;
Elle est d'autant plus efficace que :

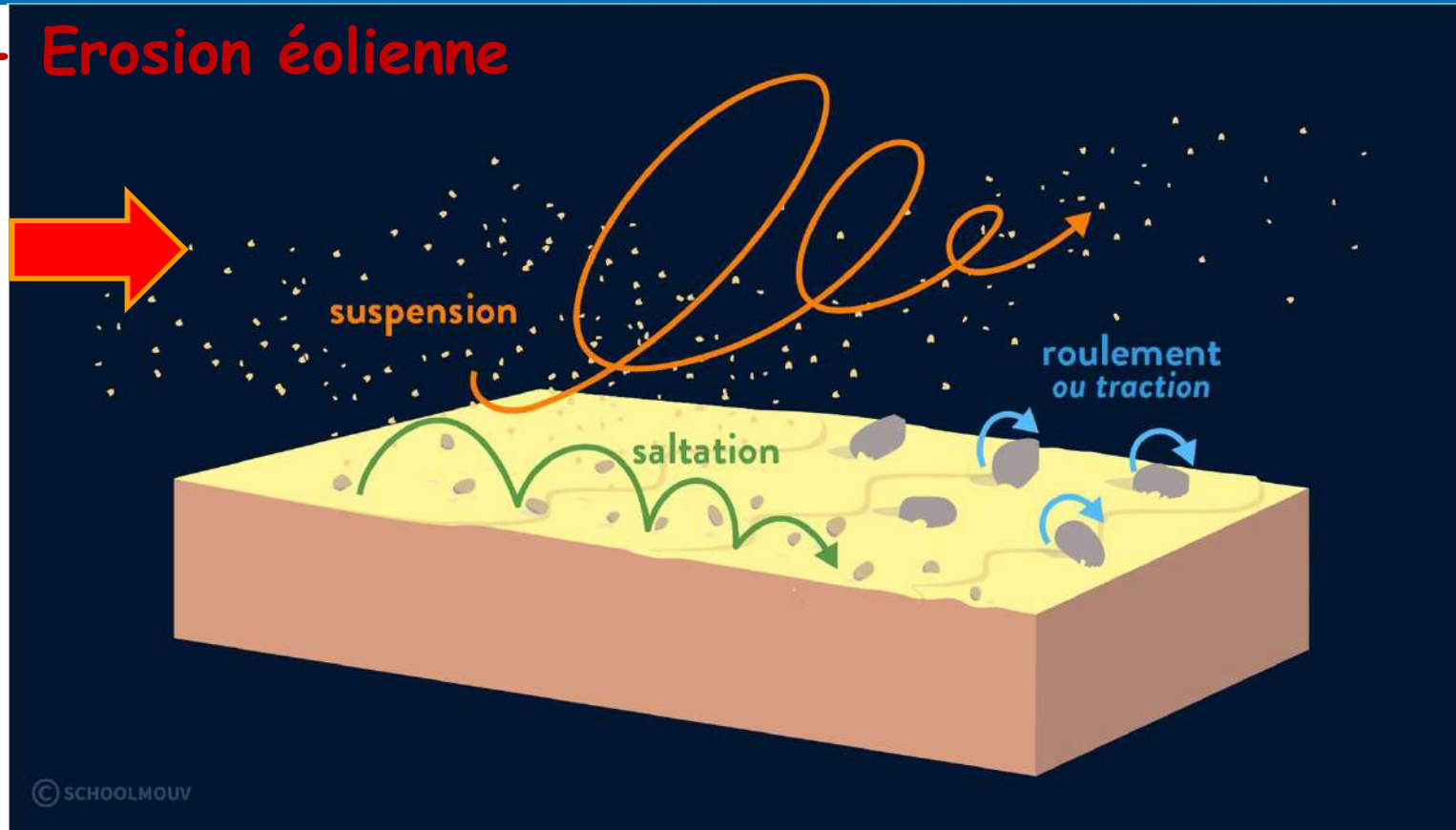
- ❖ les obstacles sont inexistantes
- ❖ le vent est puissant, régulier et chargé de poussières.



CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-a- Erosion éolienne



Les particules de sable peuvent aussi être mobilisées par **traction et/ou roulement** (1), par **saltation** (2) et en **suspension** dans l'air (3)

CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

Déflation : c'est l'entraînement des particules fines et libres des formations friables et meubles par le vent. Résultat : pavements de désert = sols caillouteux.

2-a- Erosion éolienne



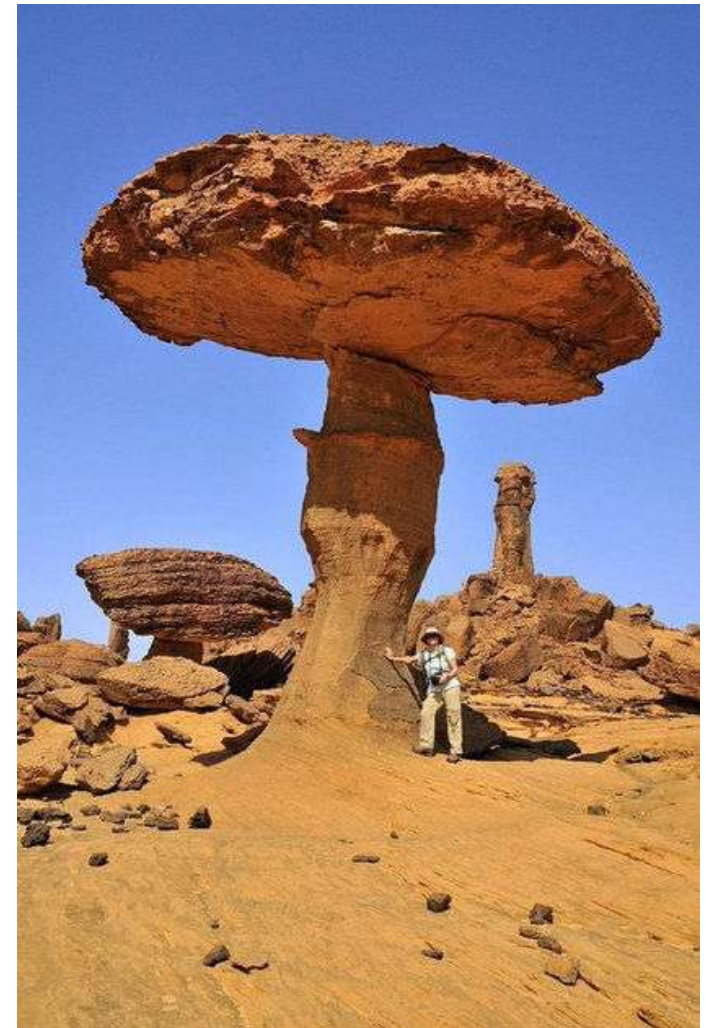
CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

Abrasion : c'est l'érosion des roches par l'action du vent chargé de particules.

2-a- Erosion éolienne

Sur les roches où alternent des lits (lames) durs et plus tendres se produit une **érosion différentielle** et conduit à des roches en champignons.



CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

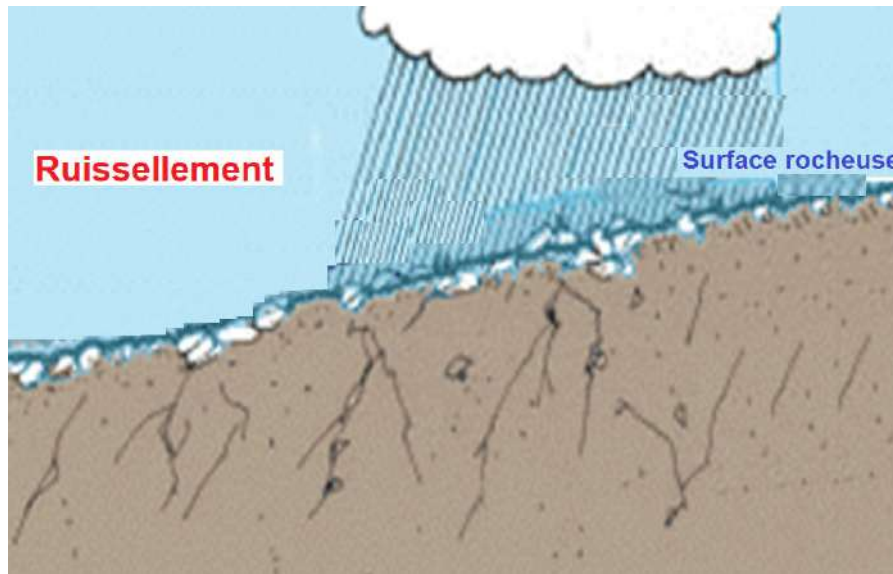
Corrasion : c'est l'érosion des roches par l'action des vents violents fortement chargés d'abrasifs et issus d'une direction dominante => délimite des butes allongées aux profils longitudinaux appelés « Yardangs ».



CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-b- Erosion hydrique



Ce phénomène se déclenche si les précipitations sont supérieures à la capacité d'infiltration du terrain. L'eau se déplace en surface sans s'infiltrer et de manière non chenalisée. Il se produit lors des événements pluvieux.

Il permet le modeler le paysage. Ses effets sont particulièrement marqués dans les régions arides et semi-arides (pas bq de végétation) .



CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-b- Erosion hydrique



paysage ruiniforme des terrains marneux ou argileux, ravinés par les eaux du ruissellement

Il existe 2 types

- ❖ Ruissellement concentré (filets d'eau à la surface) : creusement des ravins (plus profond en régions semi-arides) conduit à des «badlands».



CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-b- Erosion hydrique



des colonnes naturelles de roches friables avec une roche plus résistante au sommet.

CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-b- Erosion hydrique

KARSTS

cavités associées à l'altération des roches carbonatées.

C'est une résultante à la fois des phénomènes :



CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-b- Erosion hydrique



«ruissellement - dissolution»,
en surface.



Dissolution - Circulation en
profondeur.

CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-c- L'érosion fluviale

La plus importante.

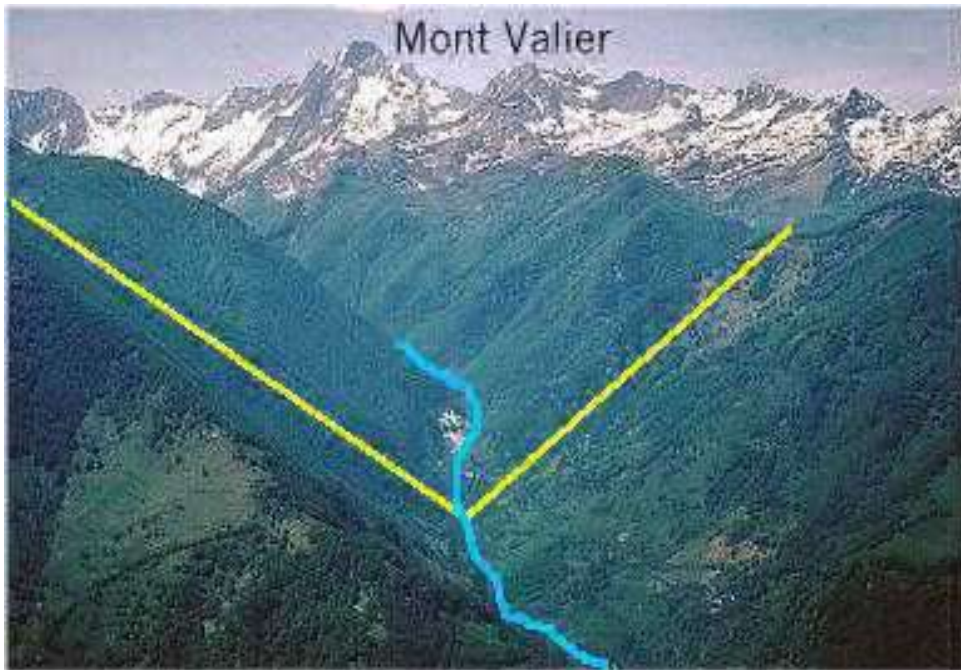


Elle creuse des vallées en V ou en U en fonction de la nature de la roche.

CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-c- L'érosion fluviale



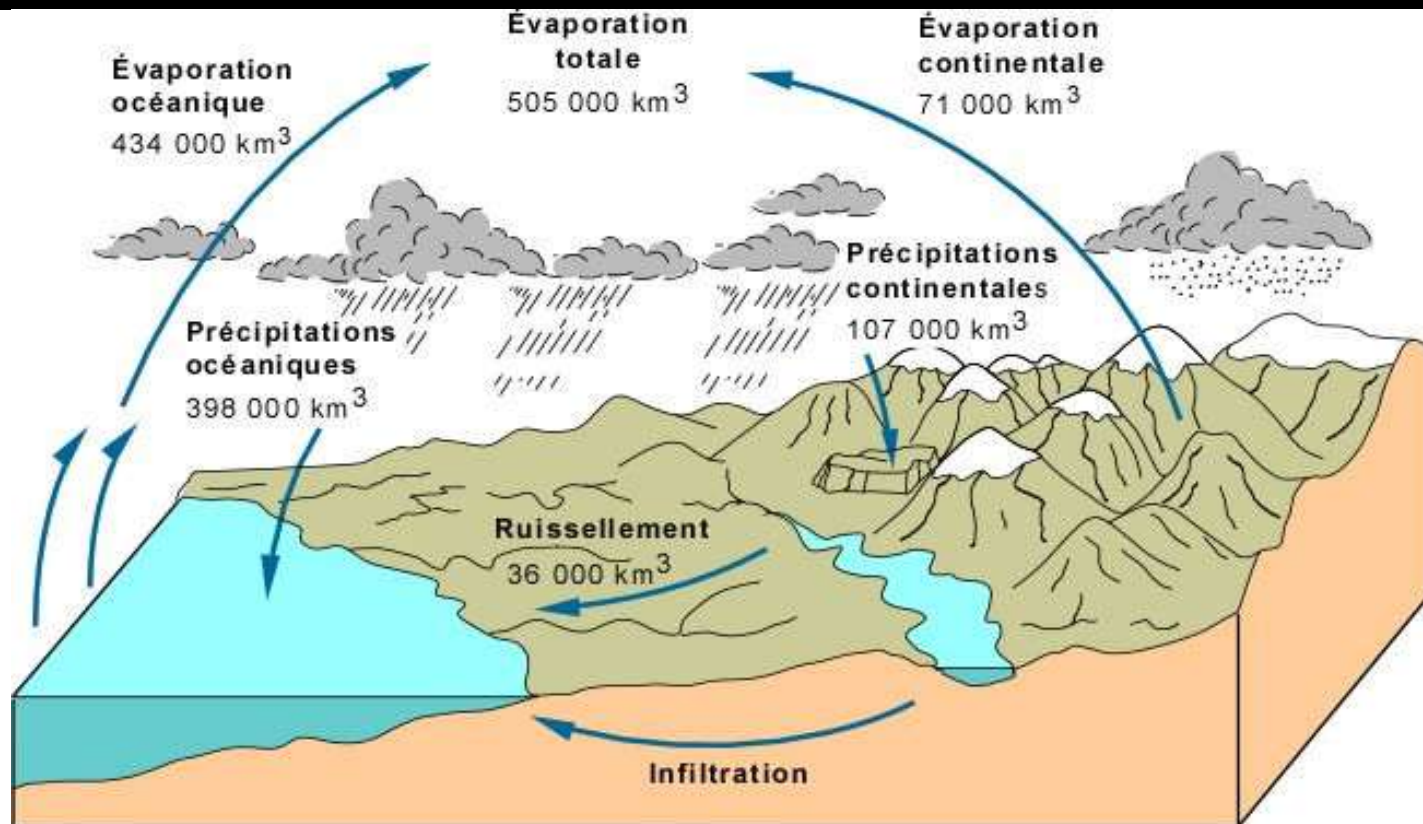
Vallées en V dans les roches meubles.



Vallées en U ou « gorges » se creusent dans les roches consolidées.

M10 : Géodynamique externe

SVT2



Pr : Abdel-Ilah

MIHRAJE

Département de Géologie

GEODYNAMIQUE EXTERNE

Partie II : Cycle sédimentaire et principaux milieux de sédimentation

CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-d- L'érosion marine

Les vagues et les courants marins sont des agents actifs d'érosion à la fois, sur les rivages (côtes) et en profondeur.



2-d-1- Erosion des falaises



****** La principale forme d'érosion littorale est la falaise, on trouve aussi des encoches et des plates-formes d'abrasion.

CYCLE SEDIMENTAIRE

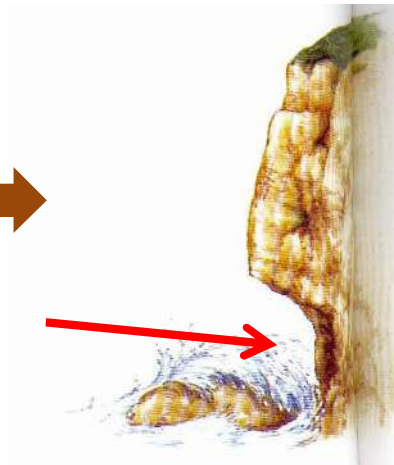
2- Erosion :

2-d- L'érosion marine

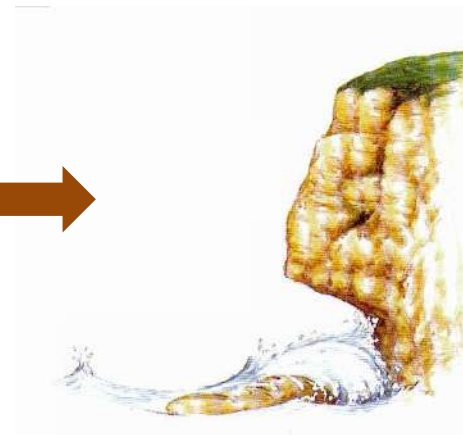
2-d-1- Erosion des falaises : cas de falaise dure



Falaise soumise à l'action mécanique des vagues



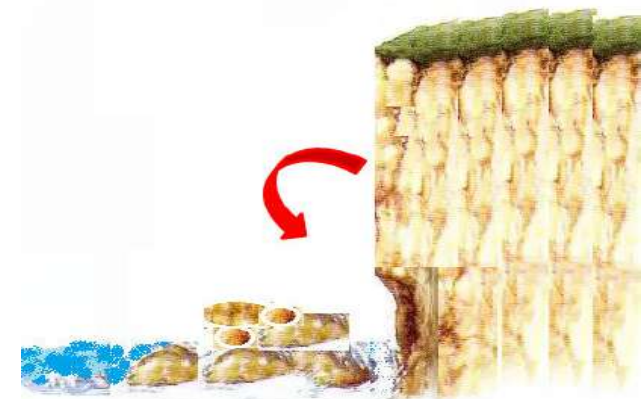
Creusement et formation d'une encoche basale au pied de la falaise



Approfondissement progressif



Jusqu'à écroulement des roches en surplomb

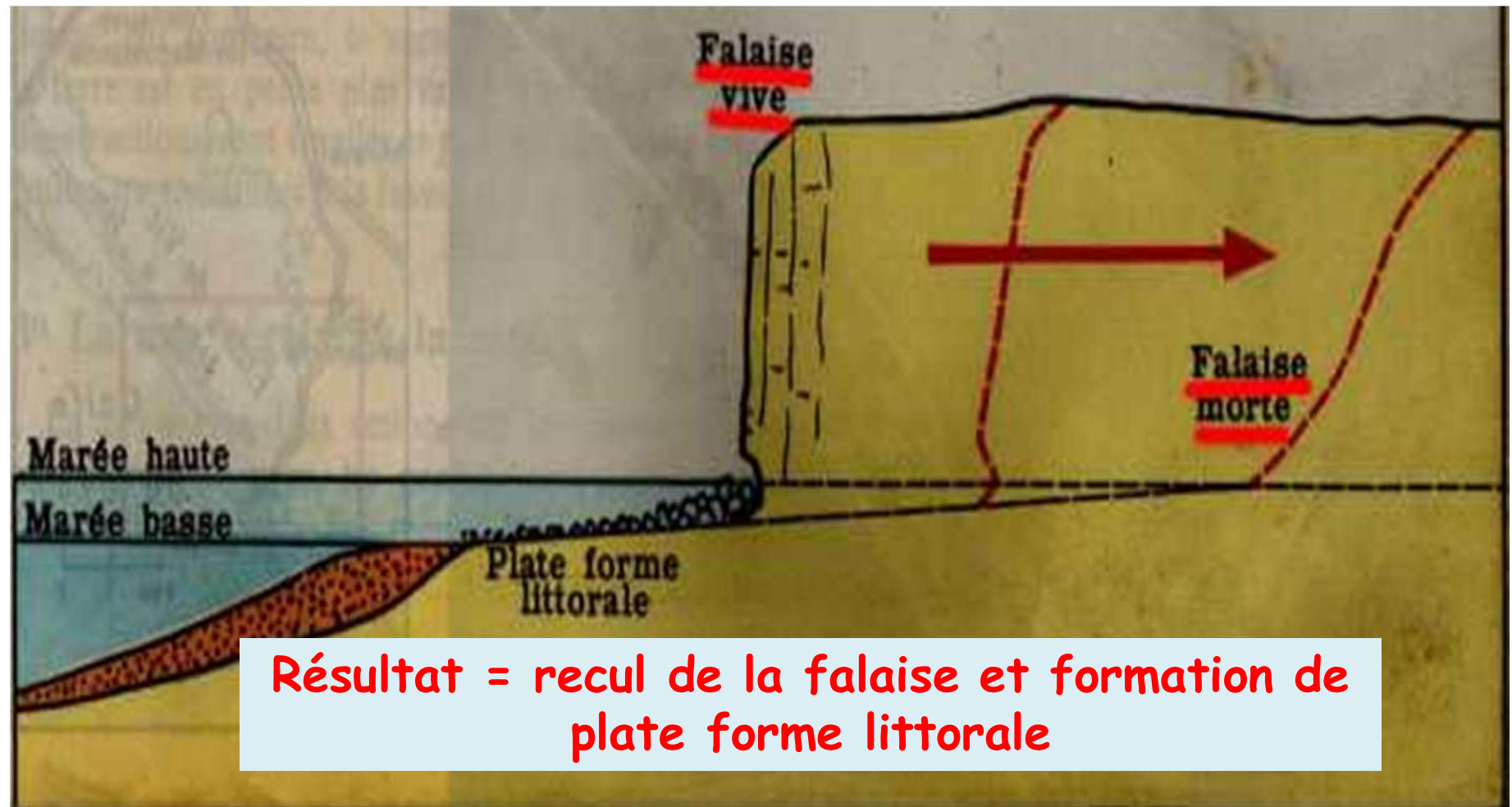


CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-d- L'érosion marine

2-d-1- Erosion des falaises



Résultat = recul de la falaise et formation de plate forme littorale

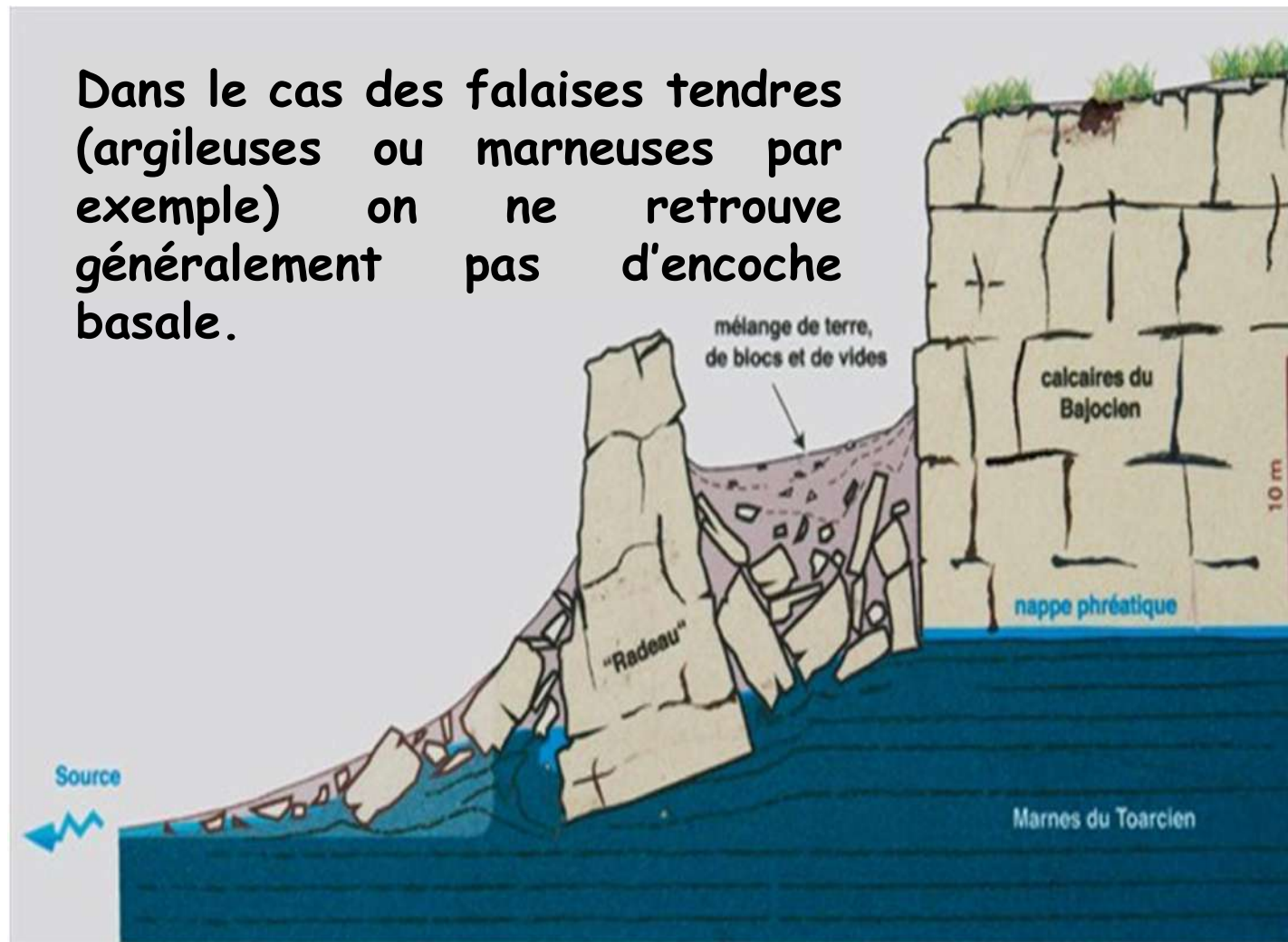
CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-d- L'érosion marine

2-d-1- Erosion des falaises : cas de falaise tendre

Dans le cas des falaises tendres (argileuses ou marneuses par exemple) on ne retrouve généralement pas d'encoche basale.



CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-d- L'érosion marine

2-d-2- Erosion des côtes meubles

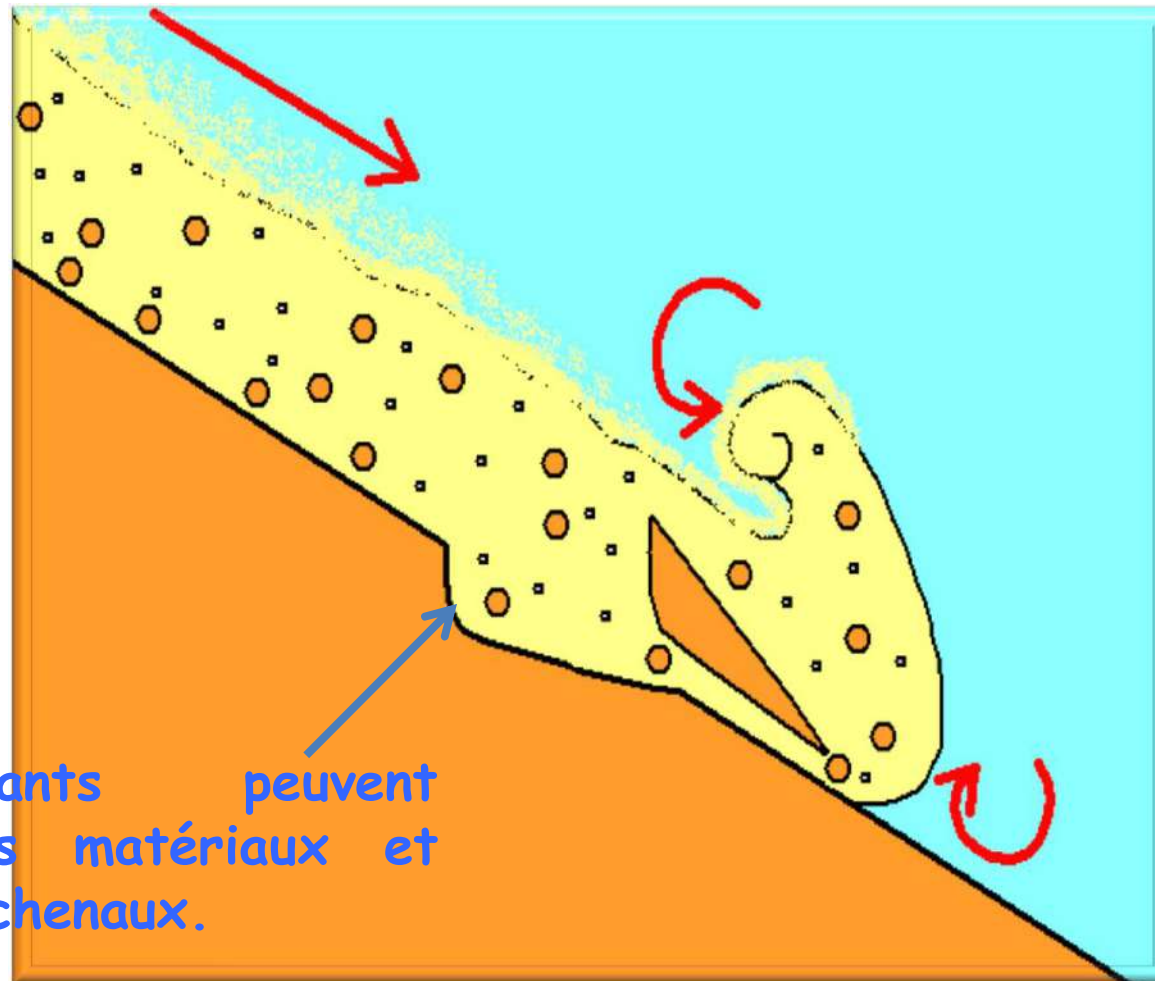


CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-d- L'érosion marine

2-d-3- En milieu marin profond :



Les courants peuvent déplacer des matériaux et creuser des chenaux.

CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-e- L'érosion glaciaire



La glacier peut provoquer l'arrachement et l'enlèvement de blocs rocheux de différentes tailles.



La glacier glisse sous son propre poids de l'amont vers l'aval = altération mécanique et érosion du socle rocheux.

CYCLE SEDIMENTAIRE

2- Erosion :

2-e- L'érosion glaciaire



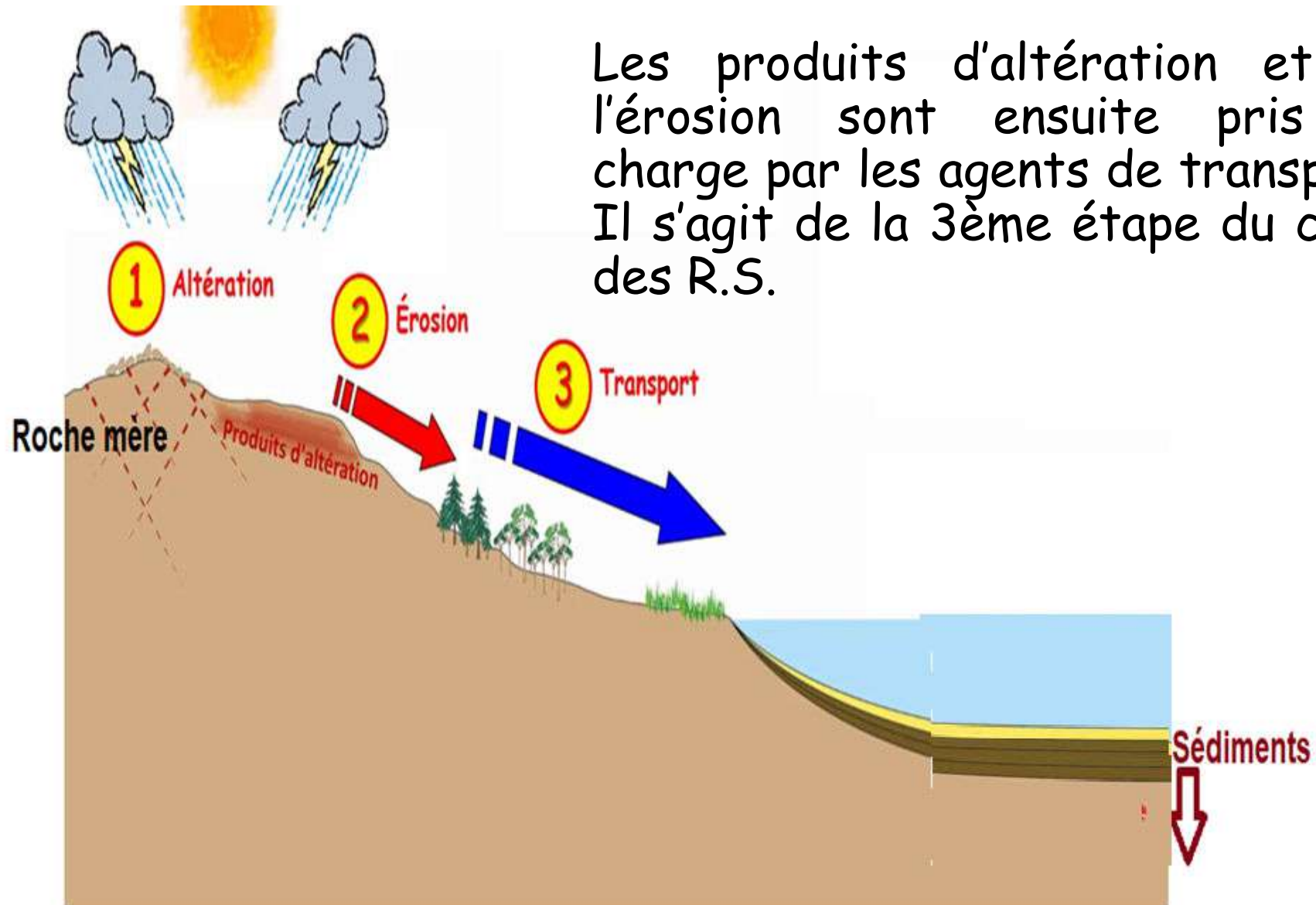
La glacier peut provoquer le polissage de la surface des roches = stries



A grande échelle, l'érosion glaciaire conduit à la formation de vallées en U (auge).

CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :



CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

Les sédiments issus de l'altération et de l'érosion seront transportés vers les milieux de dépôt par trois types de processus :

- (1) glissements par gravité en absence de fluides ;
- (2) écoulements gravitaires en présence de fluides ;
- (3) écoulements d'eau, d'air ou de glace

CYCLE SEDIMENTAIRE

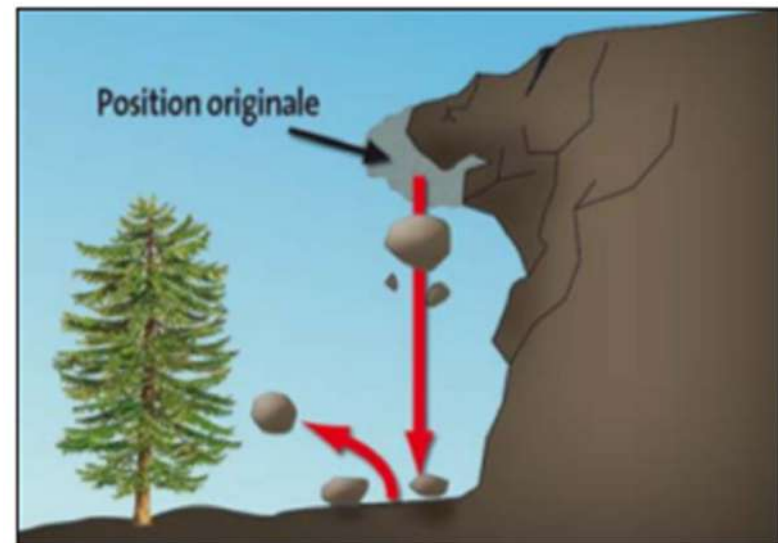
II- Transport :

II.1- glissements par gravité en absence de fluides :

Le mouvement est due à la gravité et l'eau n'y joue pas un rôle important

1-1- Les éboulements et chute de blocs :

- Se produit dans les reliefs escarpés (pente forte)
- Affecte les massifs rocheux fracturés (altération physique).



Les blocs tombent isolément ou en groupe => **chute de blocs.**

CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.1- glissements par gravité en absence de fluides :

1-1- Eboulements et chutes de blocs :

- Masse importante qui tombe en se désagrégant et roule sur une certaine distance.
- Pas de tri des matériaux.

Eboulement /Ecrolement



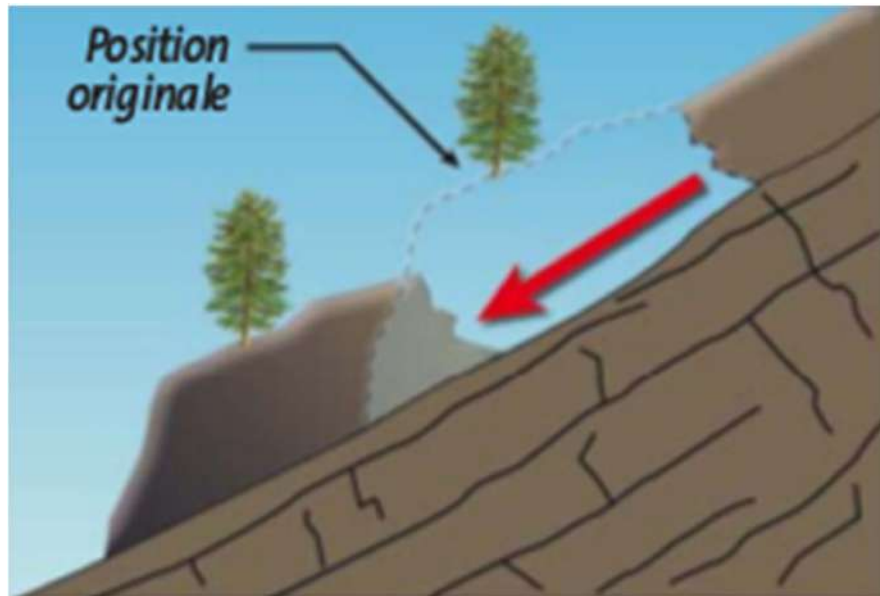
CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.1- glissements par gravité en absence de fluides :

1-2- Glissements de terrain :

- Déplacement peut se faire, suivant une surface de rupture, soit par translation ou rotation => déplacement de masses considérables



Glissement plan

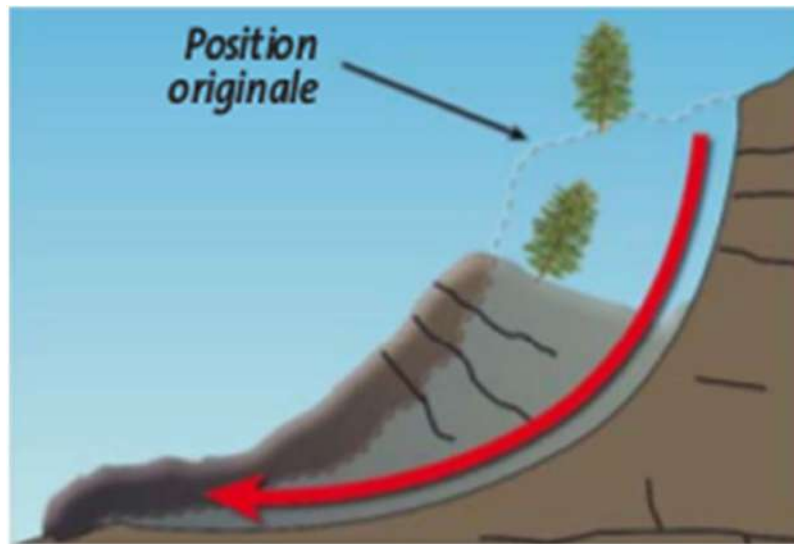
CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.1- glissements par gravité en absence de fluides :

1-2- Glissements de terrain :

- Déplacement peut se faire, suivant une surface de rupture, soit par translation ou rotation => déplacement de masses considérables



Glissement rotationnel

CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.2- Ecoulement gravitaire en présence de fluides :

L'eau agit comme lubrifiant.

2-1- Reptation:

- Mouvement lent du sol selon la pente, sans décollement
- Il se déclenche lorsque la pente d'un dépôt est supérieure à la pente d'équilibre



CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.2- Ecoulement gravitaire en présence de fluides :

2-2- Ecoulement de débris ou de boue

Se sont des mélanges d'eau et de sédiments à haute densité qui coulent sous l'action de la gravité.



Coulées de débris

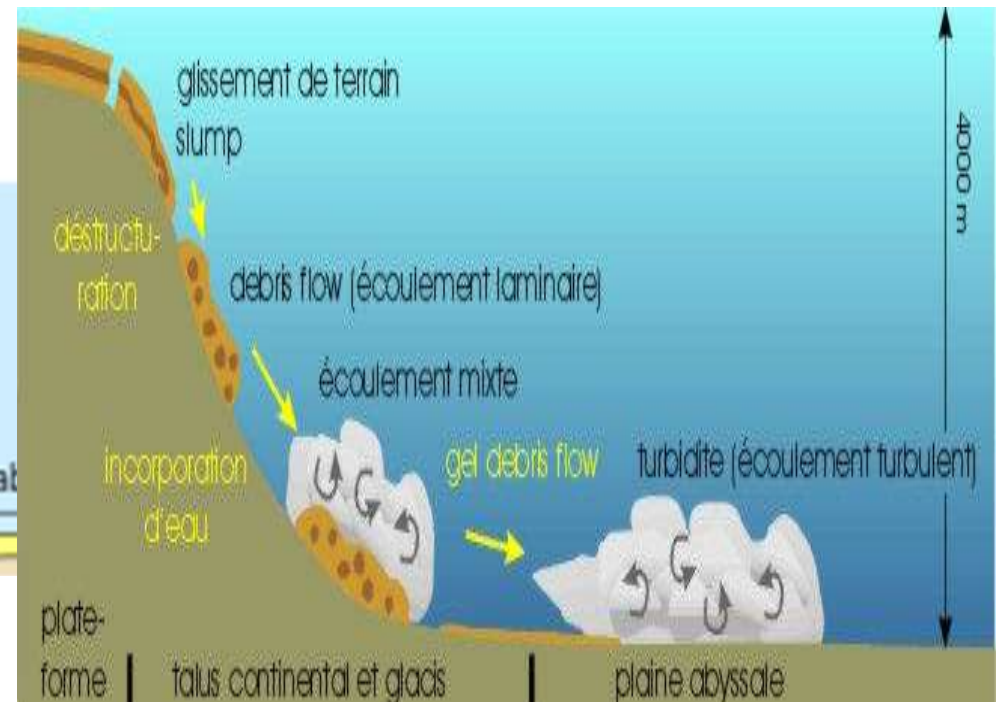
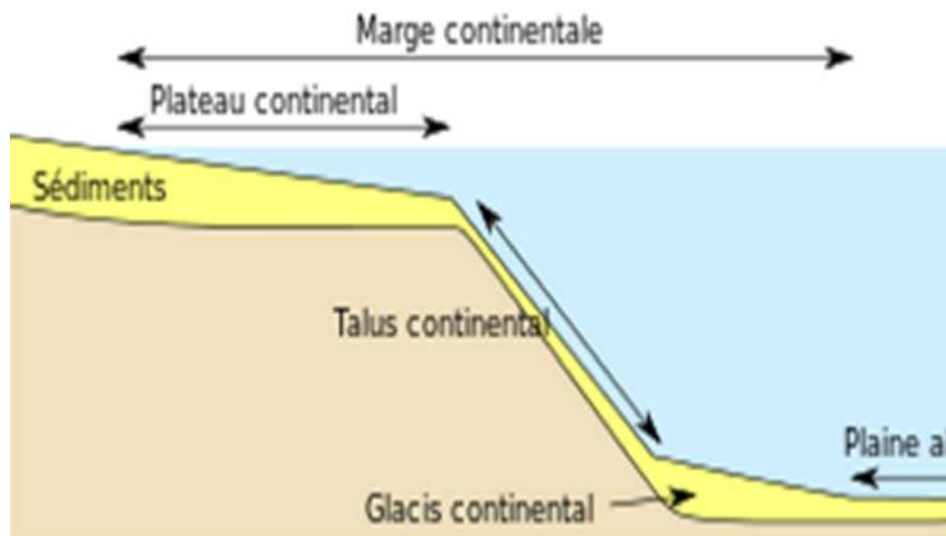
CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.2- Ecoulement gravitaire en présence de fluides :

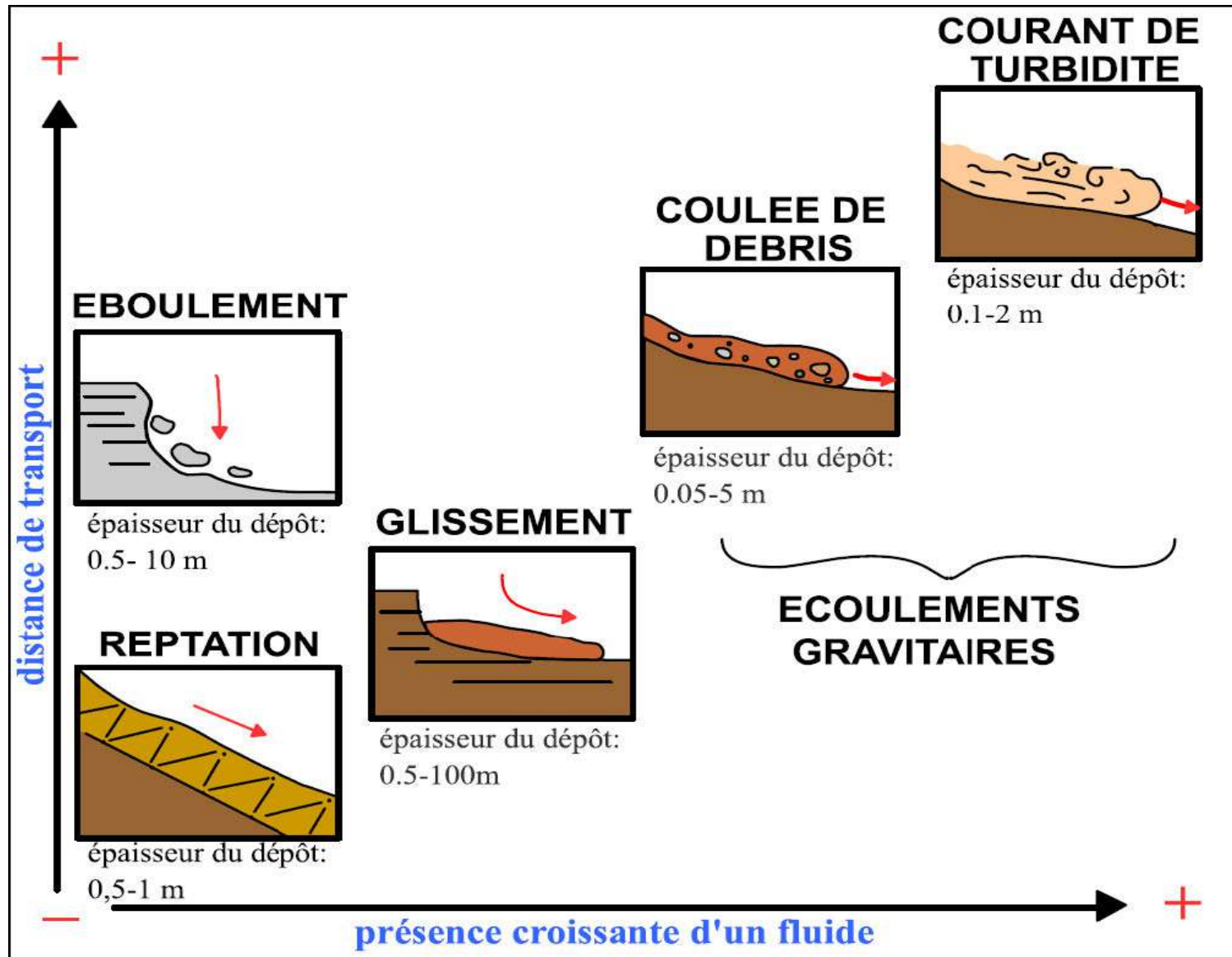
2-3- Courants de turbidité

- Se sont des écoulements gravitaires qui se produisent en mer ;
- Mouvement d'une masse fluide (mélange de sédiments et d'eau) plus dense que l'eau sous l'effet de la gravité.



CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

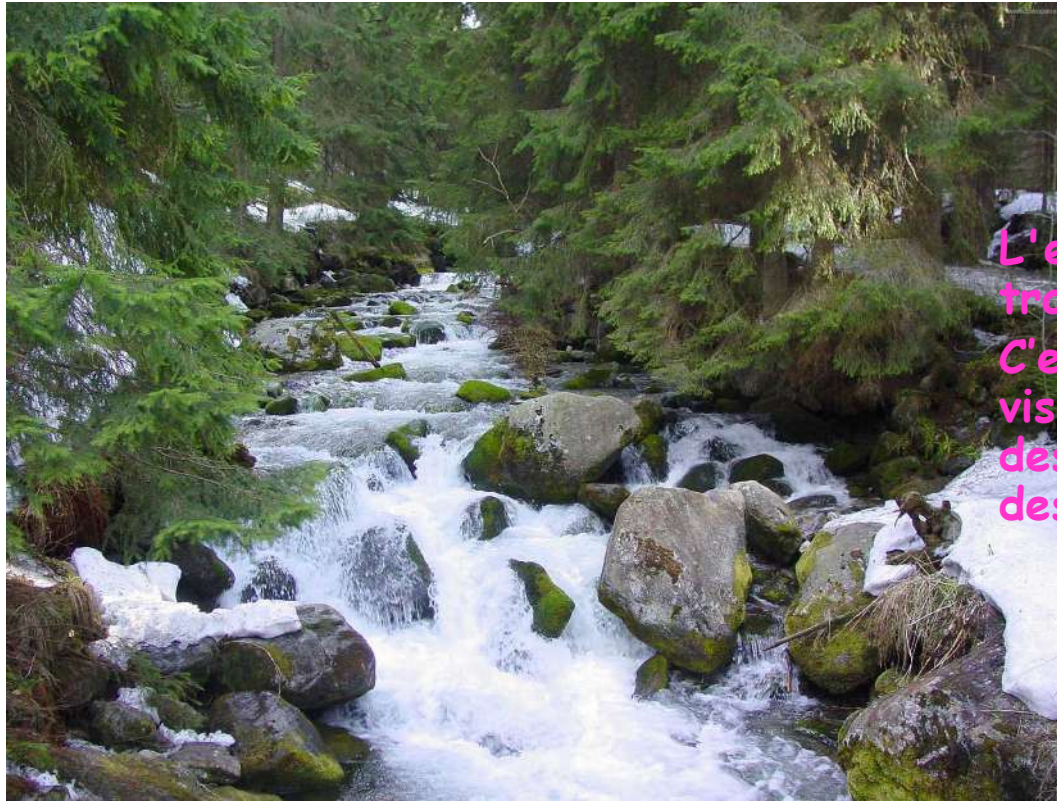


CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

3-1- Transport par l'eau



L'eau est le principal agent de transport sédimentaire.

C'est un fluide de densité et de viscosité moyenne qui peut charrier des particules dont la taille varie des galets aux argiles.

CYCLE SEDIMENTAIRE

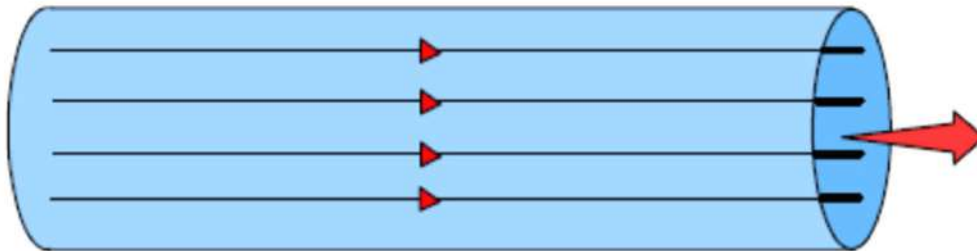
II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

3-1- Transport par l'eau

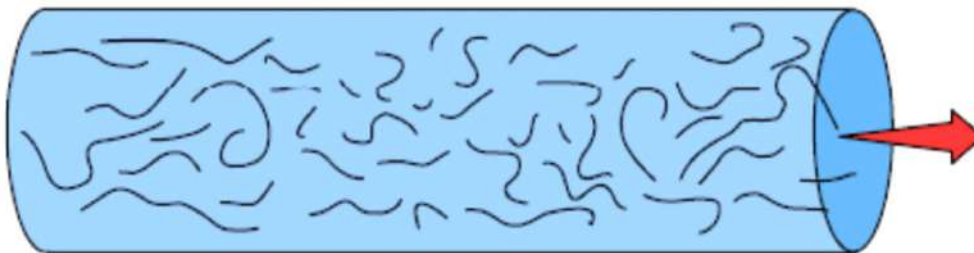
La capacité d'un fluide en mouvement à transporter des particules dépend en partie de son mode d'écoulement. Il existe 2 types:

Flux laminaire (Glace)



Les lignes de courant sont parallèles entre elles.

Flux turbulent (eau et vent)



Les lignes de courant se recoupent.

Pour un même fluide (ex. : l'eau), la capacité d'un courant turbulent est > que celle d'un courant laminaire.

CYCLE SEDIMENTAIRE

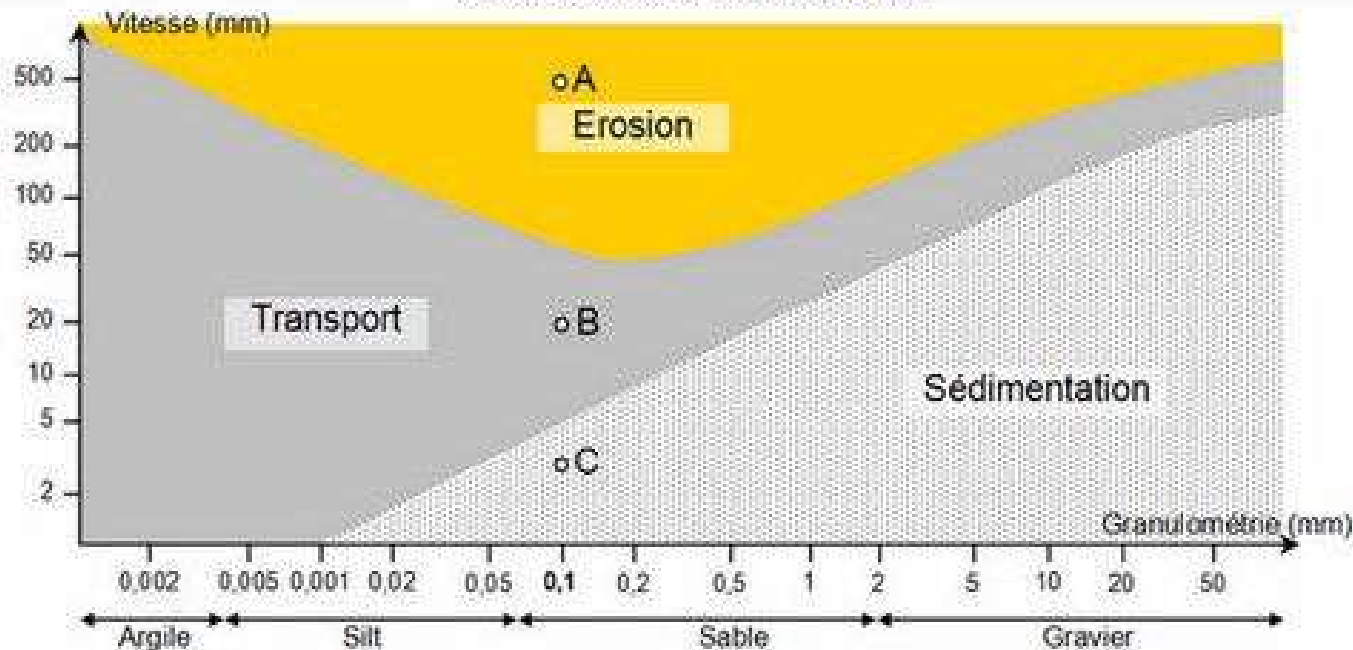
II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

3-1- Transport par l'eau

Diagramme de Hjulström - utilisation en sédimentologie
D'après compilations web

Banque de Schémas - SVT - Académie de Dijon



- Il traduit le comportement des particules en fonction de leur taille et de la vitesse du courant (agent de transport).

- Il détermine trois domaines : érosion, transport et sédimentation.

CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

3-1- Transport par l'eau

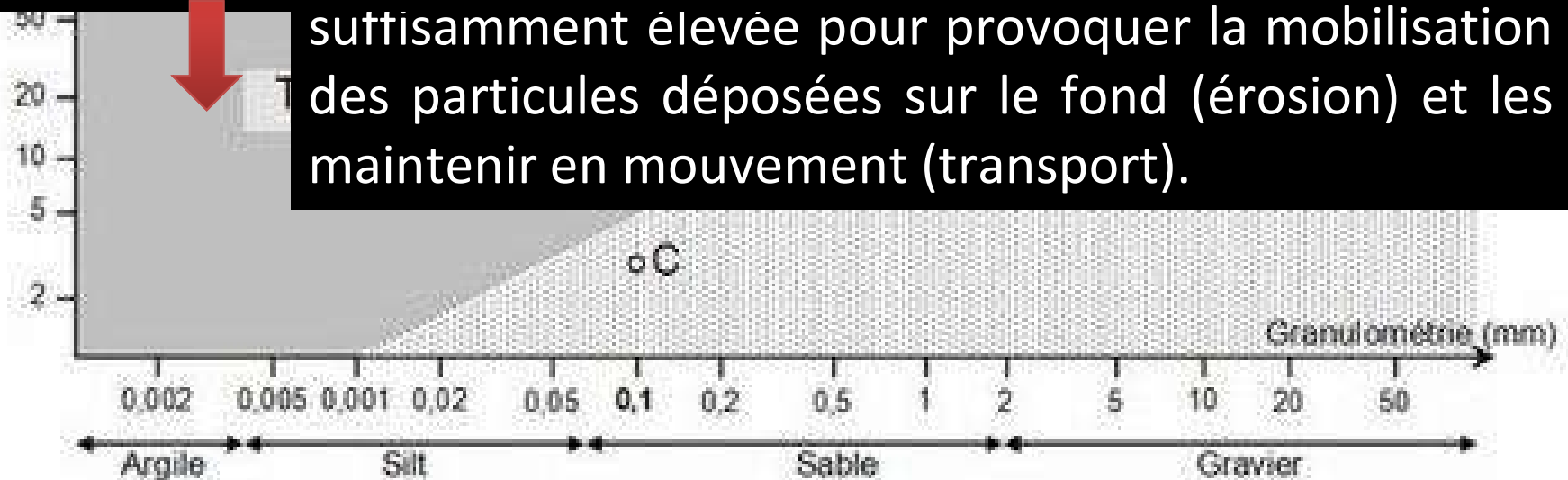
Diagramme de Hjulström - utilisation en sédimentologie

D'après compilations web

Banque de Schémas - SVT - Académie de Dijon

Transport : la **v** **Sédimentation** : si la vitesse diminue pour une particules

peuv taille de particule donnée, celle-ci se dépose. mouvement alors que celles qui se déposent sur le fond ne peuvent être remises en mouvement. le courant est suffisamment élevée pour provoquer la mobilisation des particules déposées sur le fond (érosion) et les maintenir en mouvement (transport).



CYCLE SEDIMENTAIRE

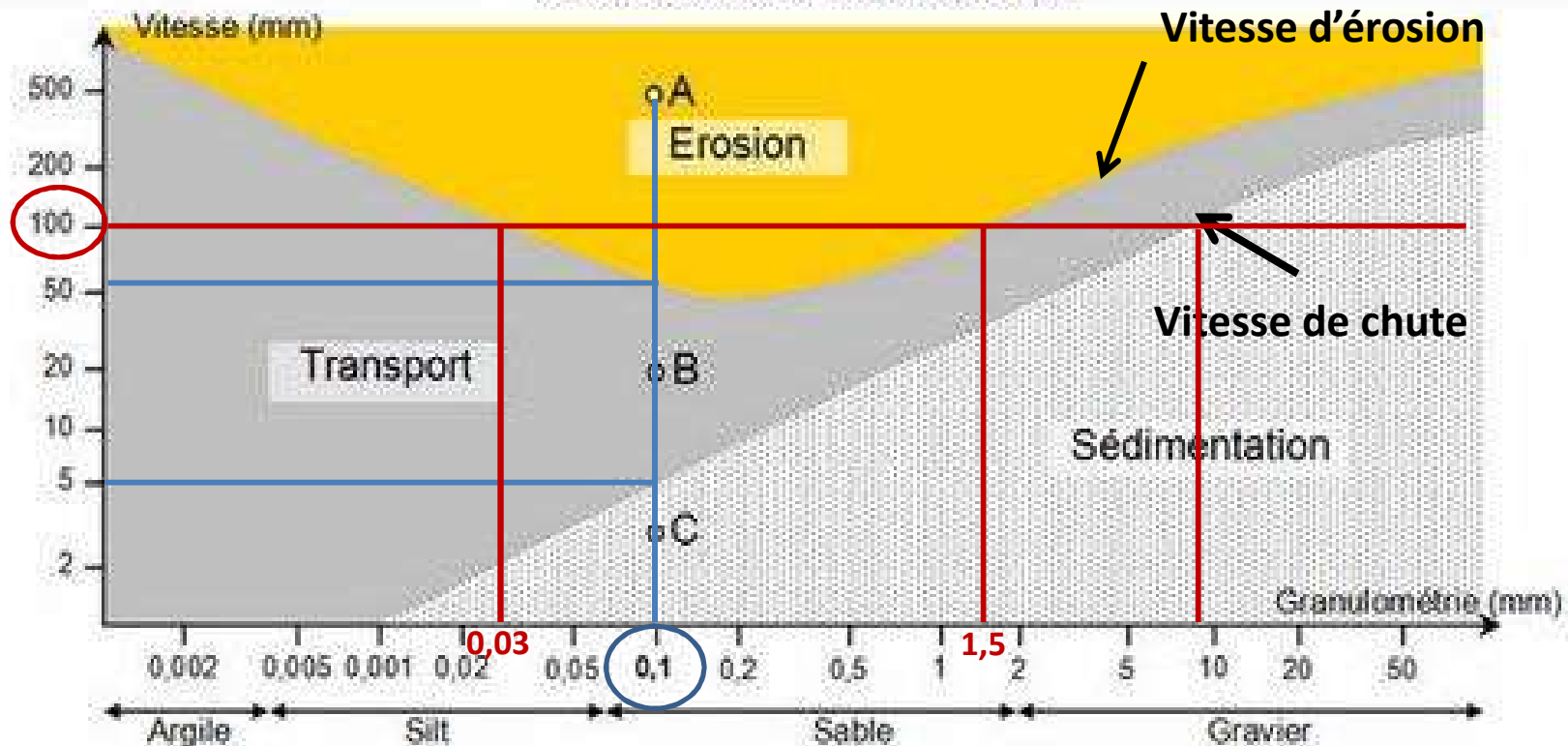
II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

3-1- Transport par l'eau

Diagramme de Hjulström - utilisation en sédimentologie
D'après compilations web

Banque de Schémas - SVT - Académie de Dijon



CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

3-1- Transport par l'eau

La façon dont les particules sont transportées dans un fluide dépend de:

- leur taille,
- la turbulence et la viscosité du fluide,

Il existe 4 modes transport :

En **solution** : concerne la charge dissoute ; les ions en solution ;

En **suspension** : les petites particules sont transportées à l'intérieur de la masse d'eau, ne sont jamais en contact avec le fond ;

Par **saltation** : les grains se déplacent en rebondissant sur le fond ;

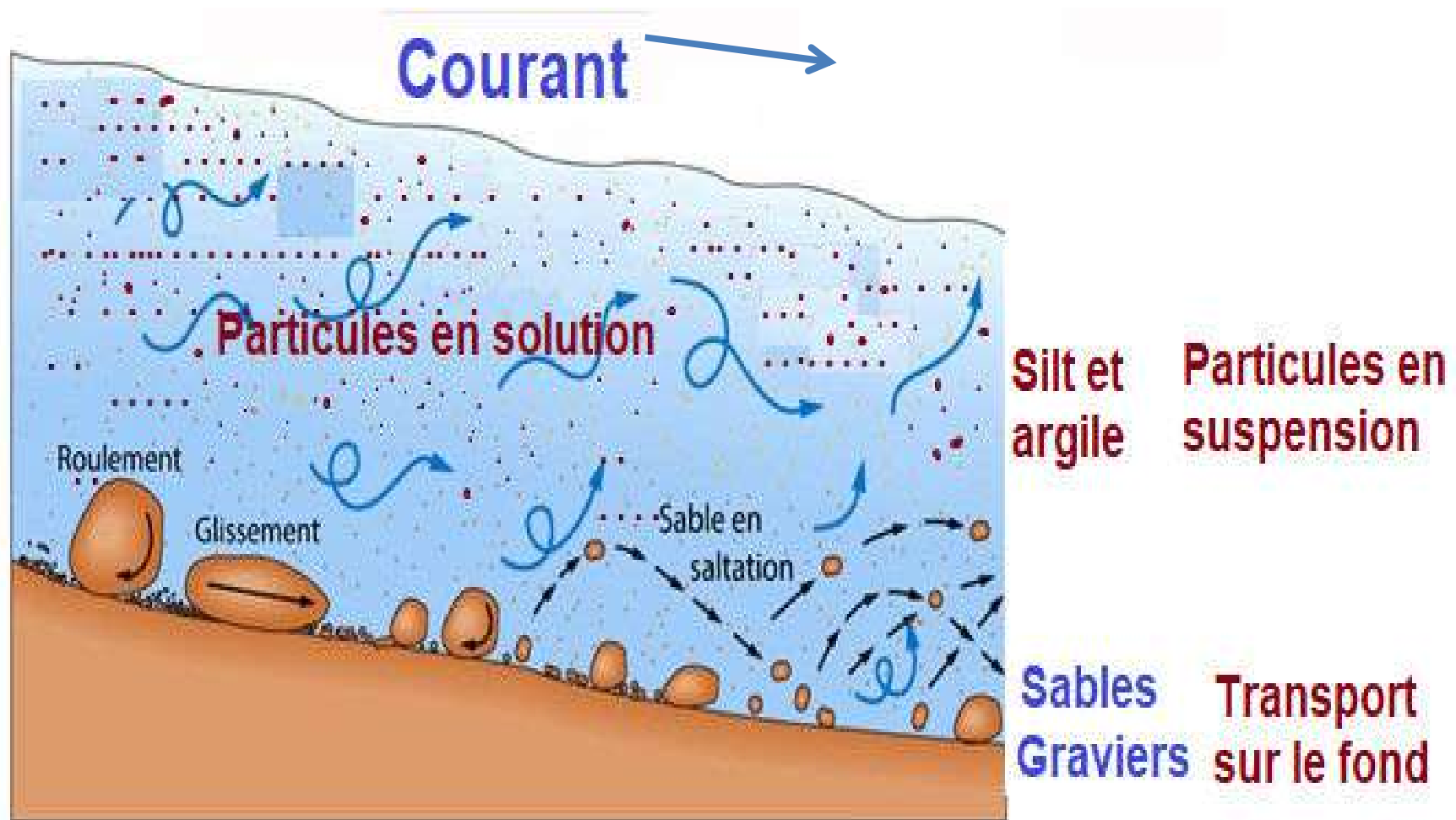
Par **traction ou roulement** : les grains d'une certaine taille restent tjrs en contact avec le fond et se déplacent en roulant et en glissant.

CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

3-1- Transport par l'eau



CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

3.2. Transport par le vent :



Le vent ne transporte que les particules de petite taille ($< 2\text{mm}$) ; Les sédiments éoliens peuvent être charriés sur de très grandes distances.

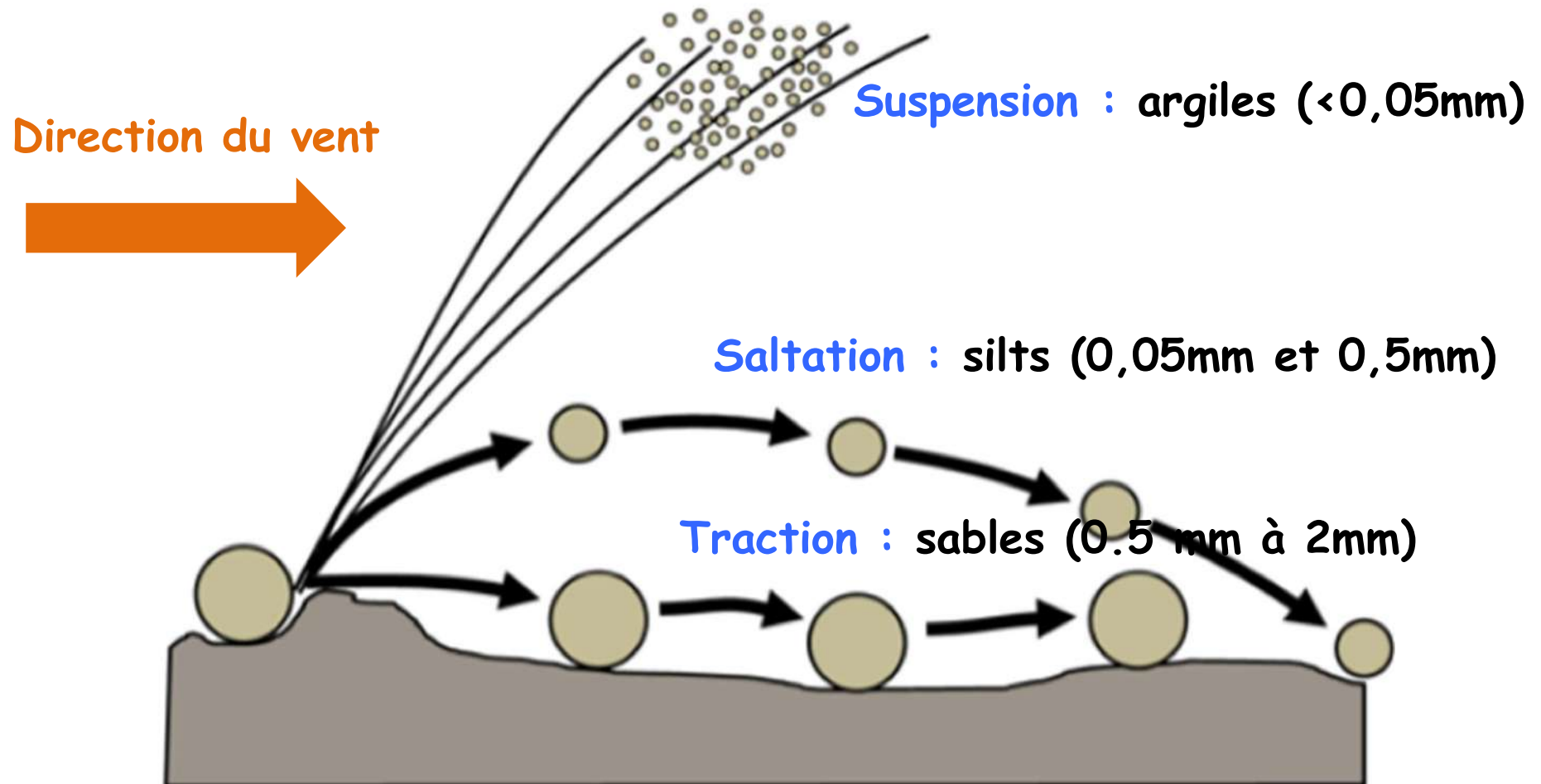
N.B. : des quantités énormes (+ millions de tonnes) de poussières du Sahara arrivent en l'Europe.

CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

3.2. Transport par le vent :

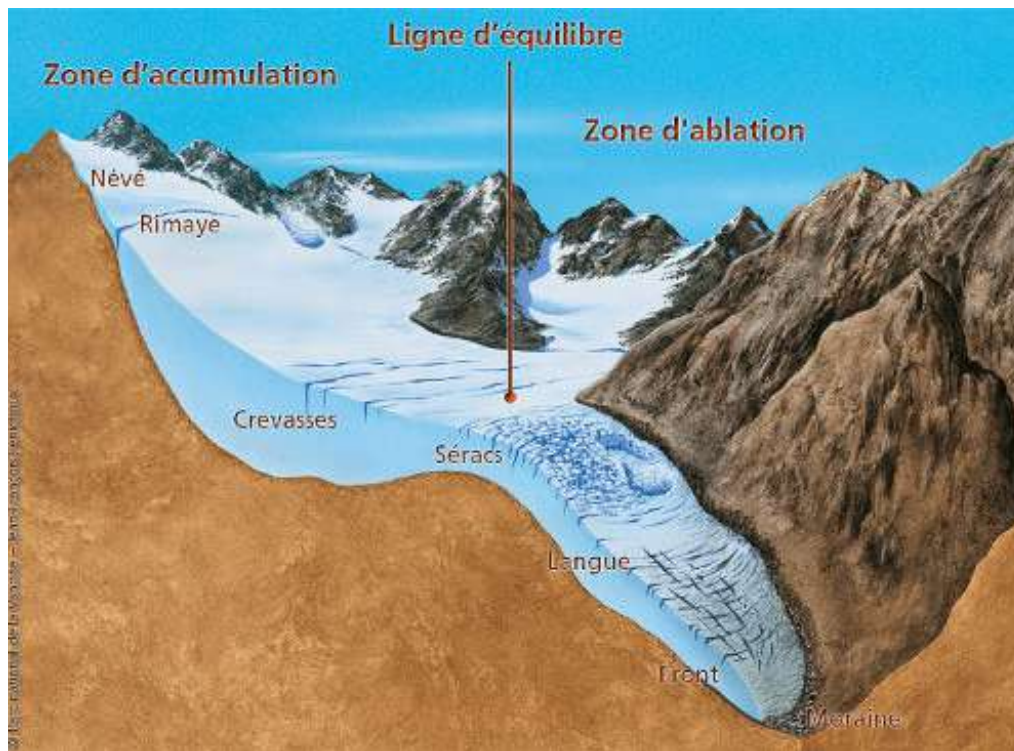


CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace

3.3. Transport par la glace:



- la glace s'écoule comme un fluide visqueux ($V = 10\text{m/an}$) ;
- elle transporte les blocs et débris arrachés du substratum rocheux ;
- les matériaux transportés sont hétérométriques donc pas de tri ;
- les éléments ne sont pas usés.
- La distance de transport peut atteindre quelques dizaines de km pour les glaciers de montagne.

CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.4- les effets du Transport

Le transport prolongé des particules sédimentaires conduit généralement à :

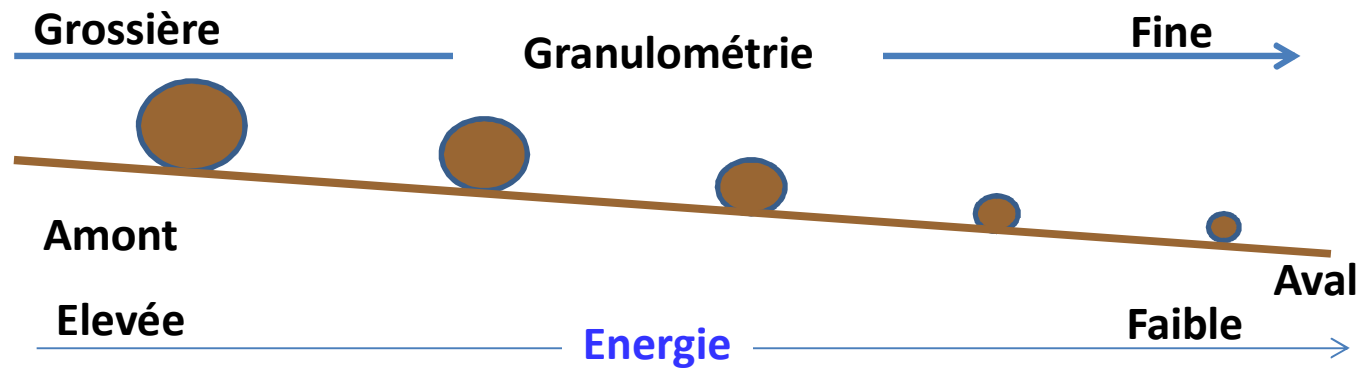
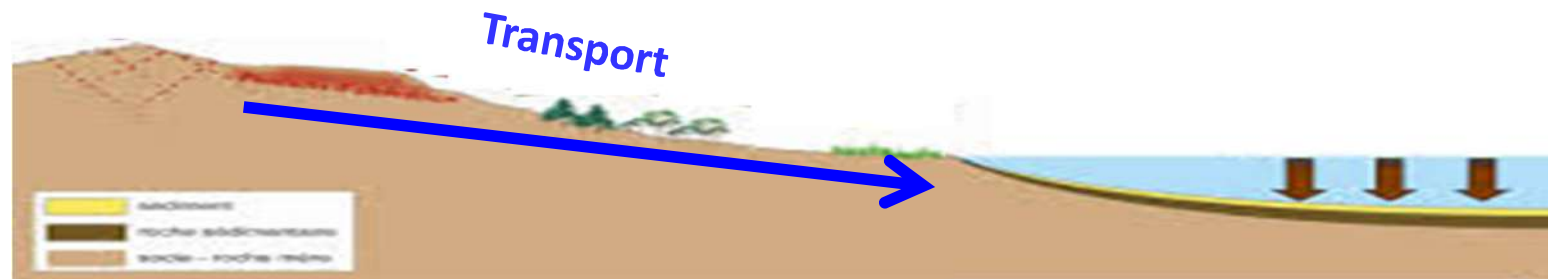
- ❖ une réduction de la taille des grains,
- ❖ un tri du matériel
- ❖ une augmentation de l'arrondi des particules.

L'importance de ces effets dépend cependant de la taille et de la nature des grains transportés, ainsi que de la viscosité et de la vitesse du fluide en mouvement.

CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

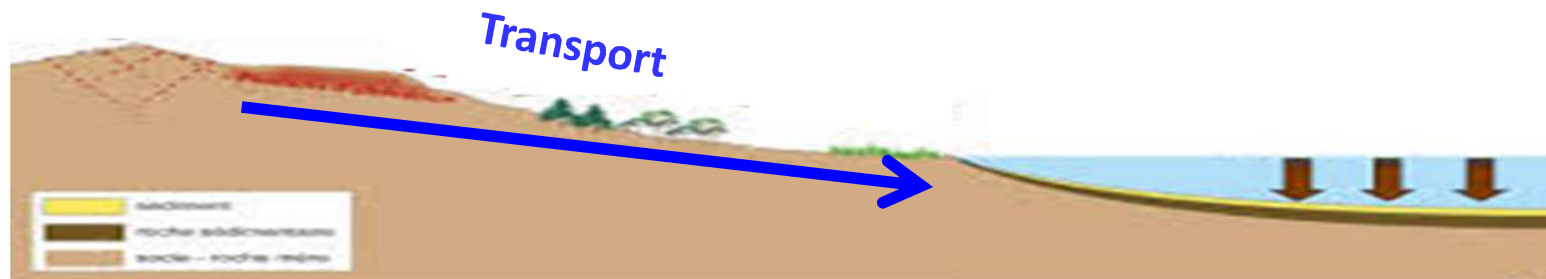
II.4- les effets du Transport



CYCLE SEDIMENTAIRE

II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace



Anguleux
Peu sphériques

Arrondi
Sphéricité

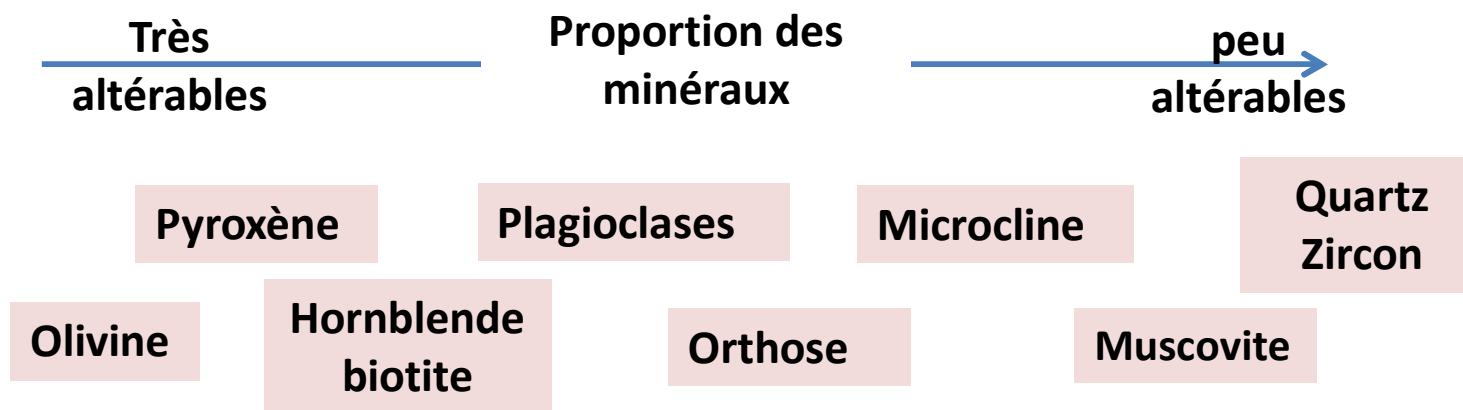
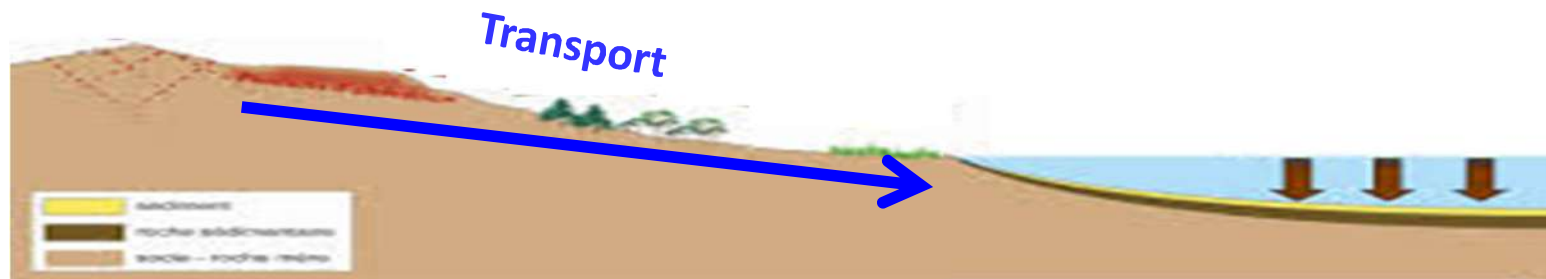
Arrondi
sphérique

0	1	2	3	4	5
très anguleux	anguleux	subanguleux	subémoussé	émoussé	très émoussé

CYCLE SEDIMENTAIRE

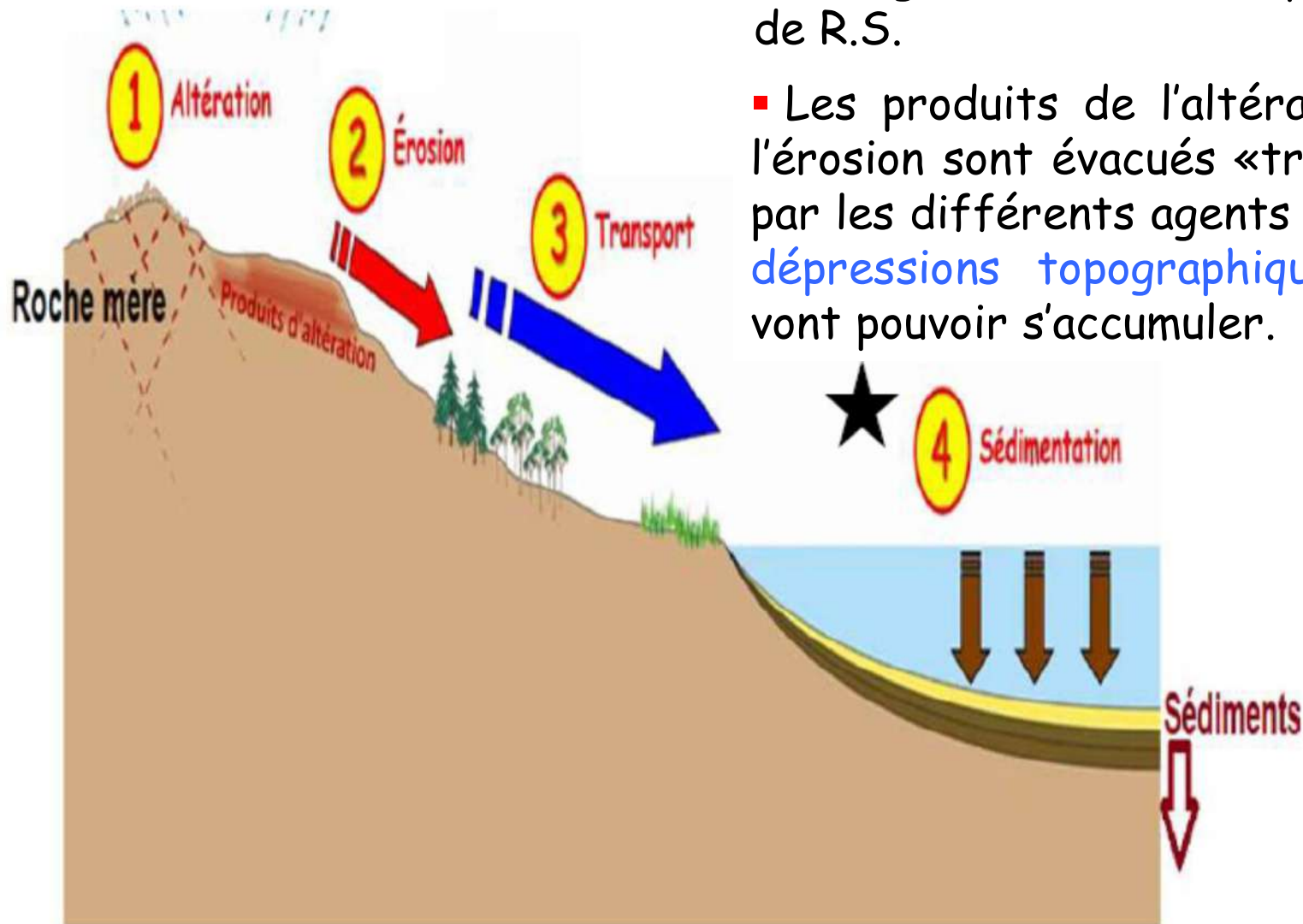
II- Transport :

II.3. Ecoulements d'eau, d'air ou de glace



CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :



- Il s'agit de la 4ème étape du cycle de R.S.
- Les produits de l'altération et de l'érosion sont évacués «transportés» par les différents agents jusqu'à des **dépressions topographiques**, où ils vont pouvoir s'accumuler.

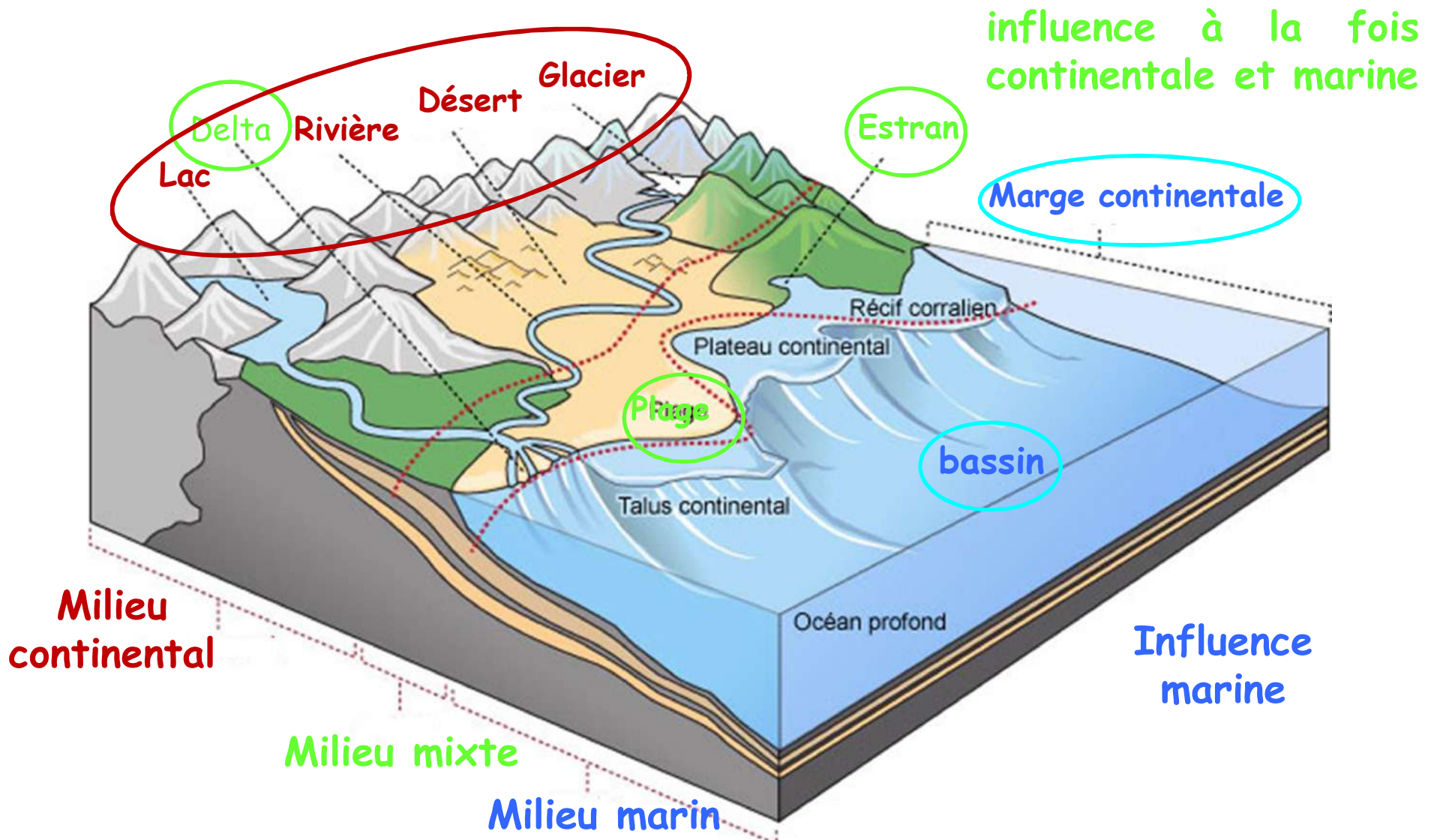
CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :

- Ces dépressions topographiques constituent les milieux de sédimentation.
- Le principal milieu de sédimentation est le milieu aquatique particulièrement l'océan, mais les sédiments peuvent se déposer aussi sur le continent.
- Il existe donc plusieurs milieux de sédimentation, continentaux, marins et mixtes.

CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :



Hors toute influence marine: aérien ou aquatique

CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :

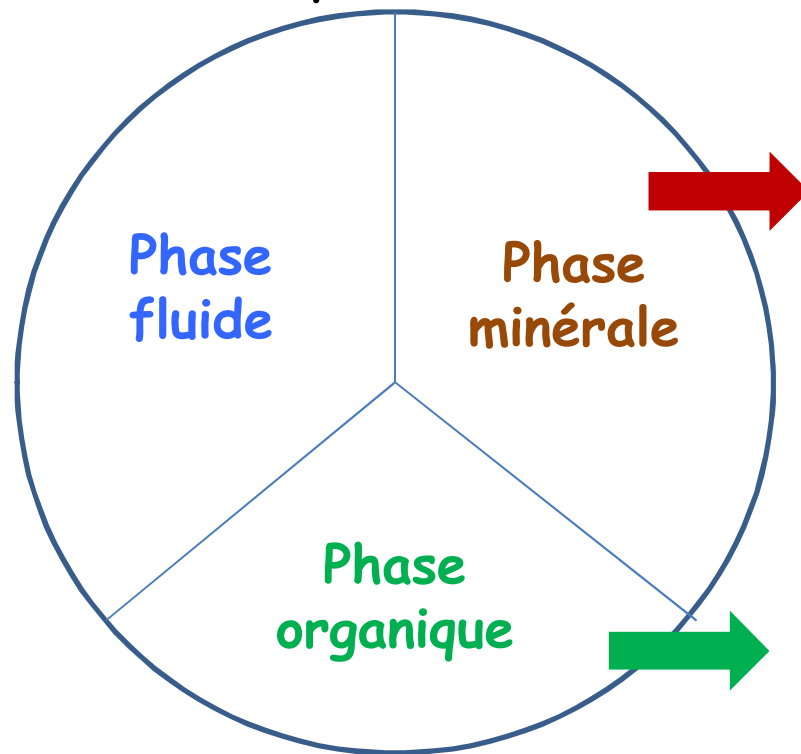
La **sédimentation** est la mise en place des sédiments dans un milieu de sédimentation. Elle se produit lorsque :

- la vitesse de l'agent de transport diminue ou s'annule,
- le glacier commence à fondre,
- il y'a une rupture de pente,
- les conditions physico-chimiques sont favorables pour la précipitation des particules en solution.

CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :

Un sédiment peut contenir



Matériaux détritiques : produits d'érosion des roches et des sols et des débris biologiques.

Matériaux produits in situ (précipitation minérale, éléments biologiques +/- entiers, MO).

Composition d'un sédiment

Et peut provenir :

CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :

❖ Une **source terrigène**, lorsque les particules proviennent de l'érosion du continent => **Fraction terrigène= détritique**

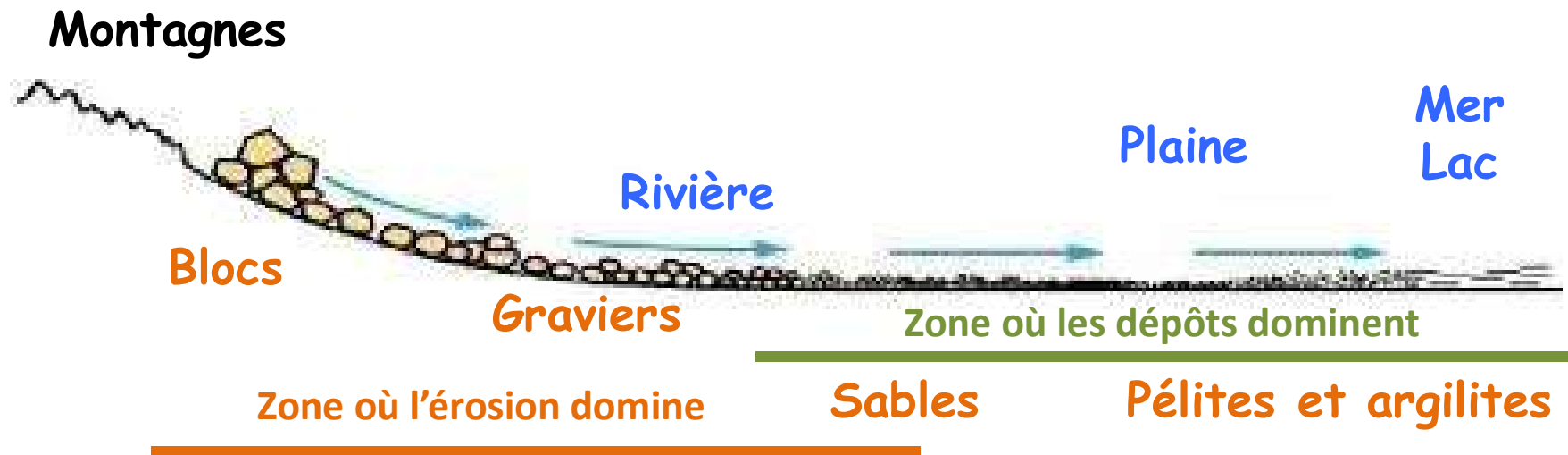
❖ Une **source orthochimique**, correspond aux précipités chimiques ou biochimique au sein du bassin ou à l'intérieur du sédiment durant la diagenèse.

❖ Une **source allochimique**, lorsque les particules proviennent du bassin lui même, principalement des dérivés des organismes vivants dans le bassin (coquilles, tests, ossements.....etc..)= **fraction organique**

CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :

2- Les milieux avec courants :



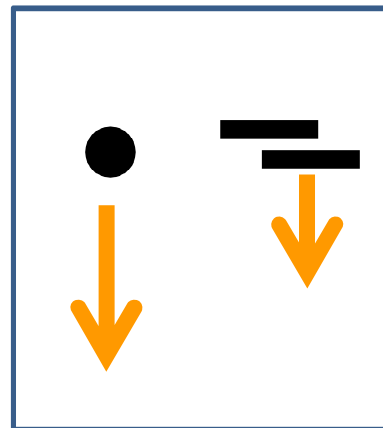
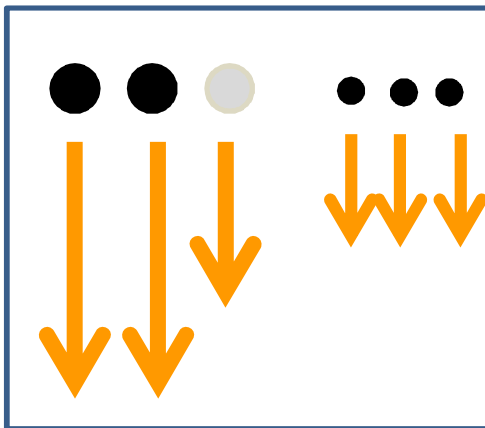
Dans les fleuves, la vitesse du courant diminue de l'amont en aval ce qui provoque un granoclassement horizontal des éléments transportés, les plus grands en amont et les plus fins en aval.

CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :

2- les milieux calmes : Décantation :

- ✓ Dans les milieux calmes (lacs et les bassins maritimes où le courant d'eau est faible ou inexistant), la sédimentation se fait par **décantation**.



La vitesse de décantation est d'autant plus élevée que :

- la taille des particules est grande
- la densité est grande
- La forme en paillettes peut ralentir la vitesse de chute.

CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :

2- les milieux calmes : Décantation

Il en résulte un **granoclassement vertical**.



CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :

3- Précipitation chimique : c'est la précipitation directe dans le milieu de dépôt ou bien entre les particules durant la diagenèse des minéraux à partir d'éléments chimiques d'une solution devenant sursaturé (cristaux de carbonates, silice, oxydes, sels, gypse etc...)



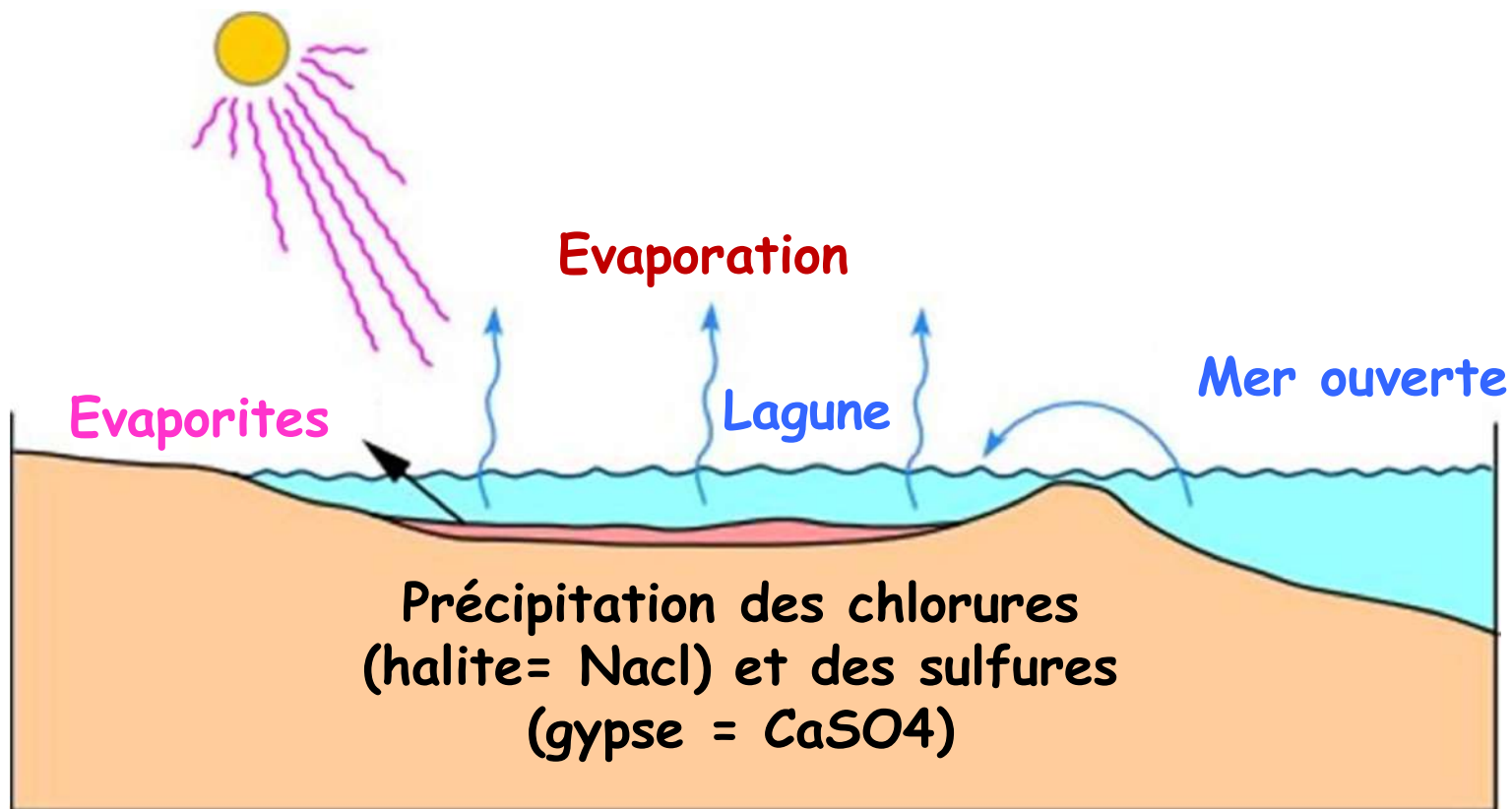
La précipitation est contrôlée uniquement par les paramètres physico-chimique du milieu (T° , P, agitation des eaux, PH...)

CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :

3- Précipitation chimique :

Un autre type de précipitation directe qui se fait aussi dans l'eau mais suite à une évaporation.



Processus de sédimentation :

Sédimentation chimique et biologique:

Précipitation chimique : cristallisation à partir d'éléments chimiques en solution dans un milieu devenant sursaturé (cristaux de carbonates, silice, oxydes, sels, gypse etc...)

❖ Carbonates :

$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$ solubilisation du CO_2

$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ équilibre des carbonates

$Ca^{2+} + 2HCO_3^- \rightleftharpoons CaCO_3 + H_2O + CO_2$

❖ Les paramètres favorisant la production des carbonates sont :

- **diminution de la pression de CO_2**
- **augmentation de la température**
- **augmentation du PH (un PH acide favorise la dissolution)**

Précipitation biologiques : capture des éléments chimiques en solution par les êtres vivants qui synthétisent leur coquilles ou squelettes qui seront retrouvés dans le sédiment...

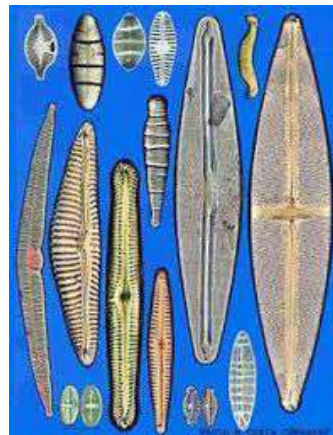
CYCLE SEDIMENTAIRE

III-Processus de sédimentation et milieux de dépôt :

4- Précipitation biochimique :

Parfois, la précipitation peut avoir lieu indirectement par l'action de certains organismes vivants qui capturent des éléments chimiques en solution et synthétisent leur coquilles ou squelettes. Ces derniers seront retrouvés dans le sédiment : action biochimique.

Exemple : Diatomite.

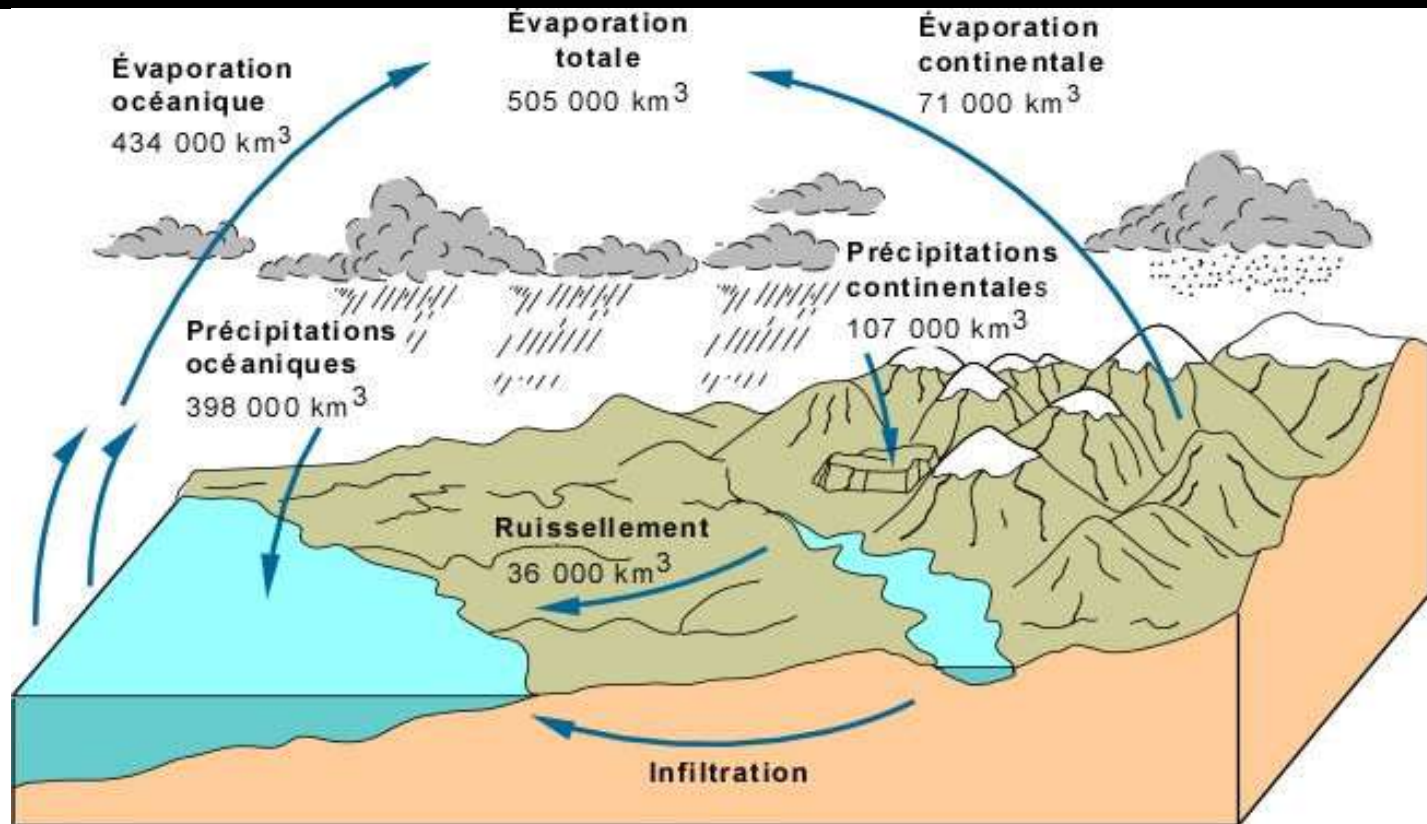


N/B Précipitation mixte :

La précipitation peut être aussi mixte, c'est-à-dire que différents facteurs interviennent y compris physique, chimique, biochimique ou biologique.

M10 : Géodynamique externe

SVT2



Pr : Abdel-Ilah

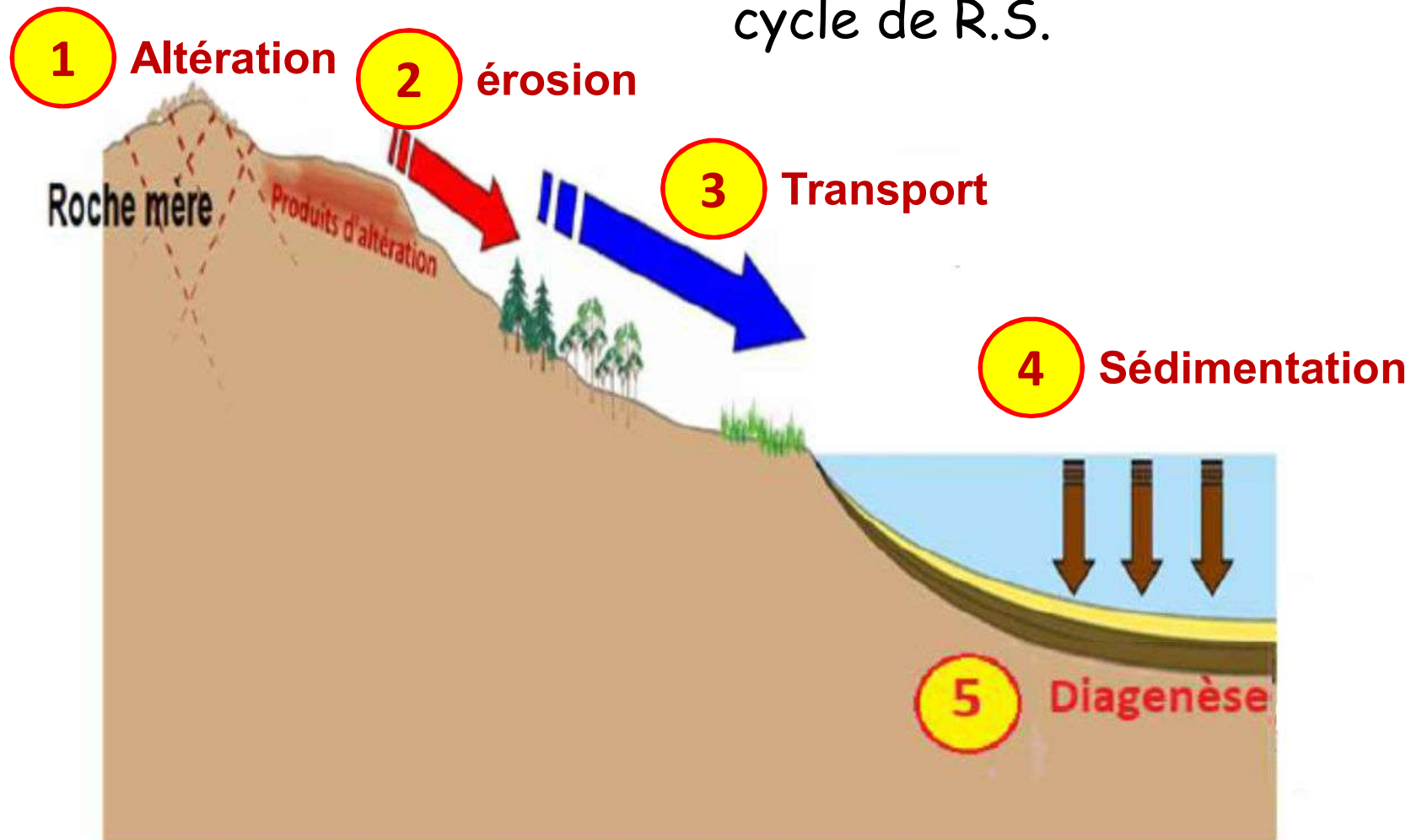
MIHRAJE

Département de Géologie

CYCLE SEDIMENTAIRE

IV-Diagenèse :

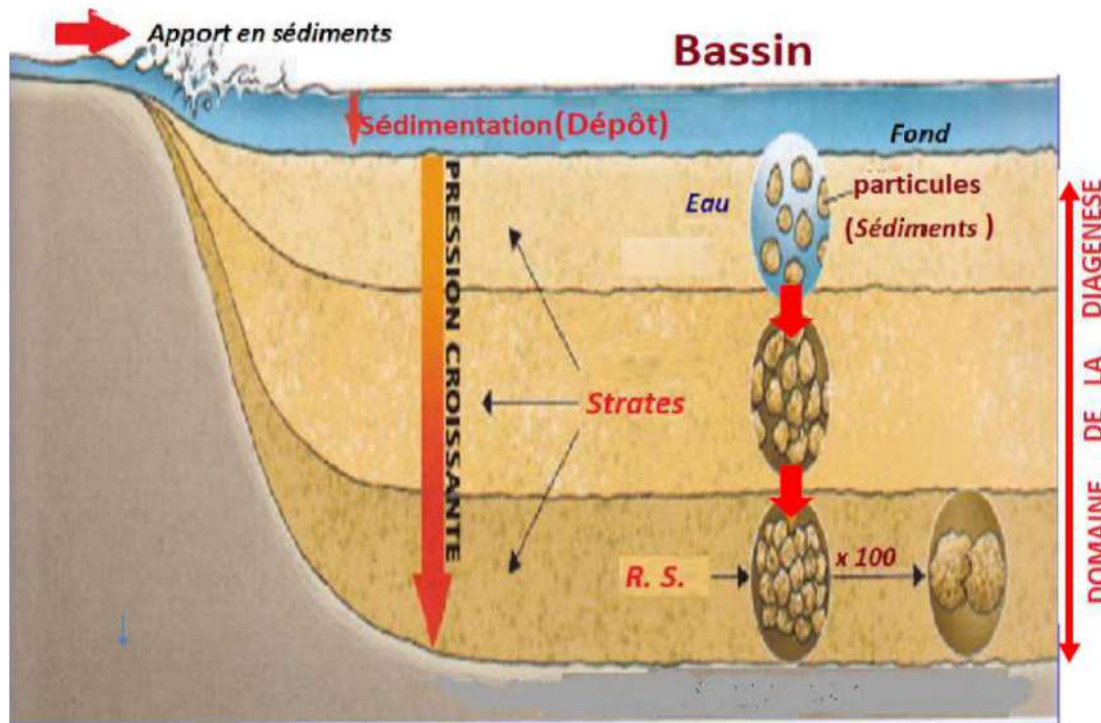
Il s'agit de la 5ème étape du cycle de R.S.



CYCLE SEDIMENTAIRE

IV-Diagénèse :

C'est l'ensemble des transformations physico-chimiques (T° , Pression, Dissolution, Compaction.....etc..) qui affectent les sédiments après leur dépôt dans le fond du bassin => formation des R. sédimentaires.



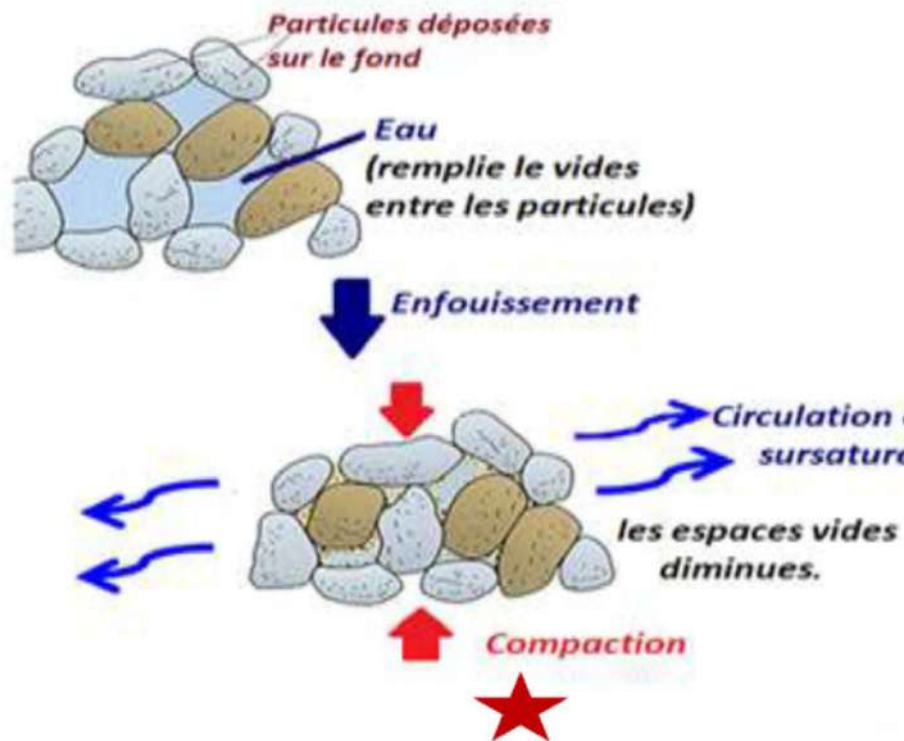
- Elle commence sur le fond et continue tout au long de l'enfouissement des sédiments.
- Son domaine : peut atteindre (200 m) de profondeur (T° et P augmentent).

La diagénèse s'accomplit principalement par : Compaction, Dissolution, Recristallisation et Cimentation

CYCLE SEDIMENTAIRE

IV-Diagénèse :

Compaction : elle est liée à l'enfouissement des sédiments et se produit sous l'effet de la pression exercée par le poids des sédiments sus-jacents.



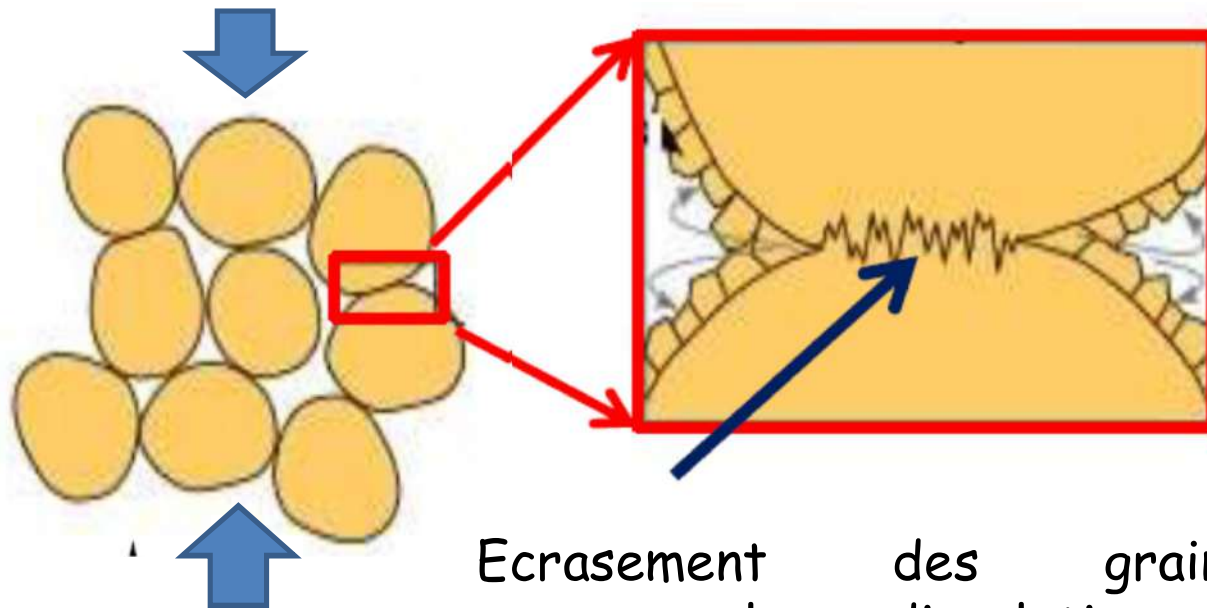
- Une expulsion de l'eau interstitielle accompagnée d'une diminution des vides interstitielles = porosité.
- Une diminution du volume du sédiment = tassement
- Une réorganisation des particules dans un état plus compact.

CYCLE SEDIMENTAIRE

IV-Diagénèse :

Compaction :

Au cours de la compaction, la pression exercée aux points de contact entre les particules peut provoquer une dissolution locale.



Ecrasement des grains provoque leur dissolution au niveau de leur contact.

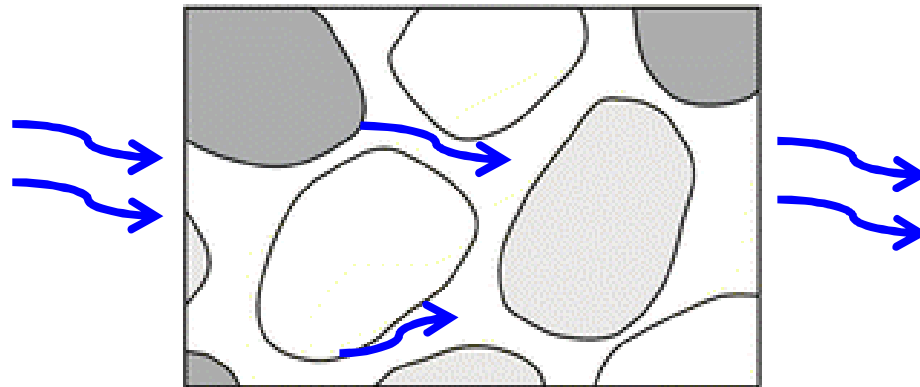
CYCLE SEDIMENTAIRE

IV-Diagénèse :

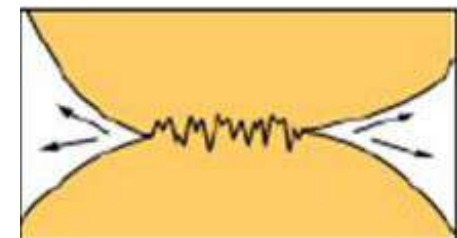
La dissolution: la mise en solution partielle ou totale de certains cristaux/minéraux particules du sédiment. Cette dissolution peut avoir comme origine :

- Passage d'un fluide sous saturé par rapport au matériel qui constitue le sédiment => **formation d'une porosité secondaire.**

Circulation
d'un fluide



- Compaction : les particules s'interpénètrent et engendrent des dissolutions partielles sans porosité => **formation des stylolites.**



CYCLE SEDIMENTAIRE

IV-Diagénèse :

Recristalisation et néoformation :

Mais, une forte pression, provoque des frottements et augmentation de T° , ce qui peut amener à une fonte de certaines particules suivie d'une recristallisation (précipitation) d'autres qui remplissent les vides.

- **Recristalisation** : changement de la cristallinité d'une phase minérale mais sans modification de la nature minéralogique.

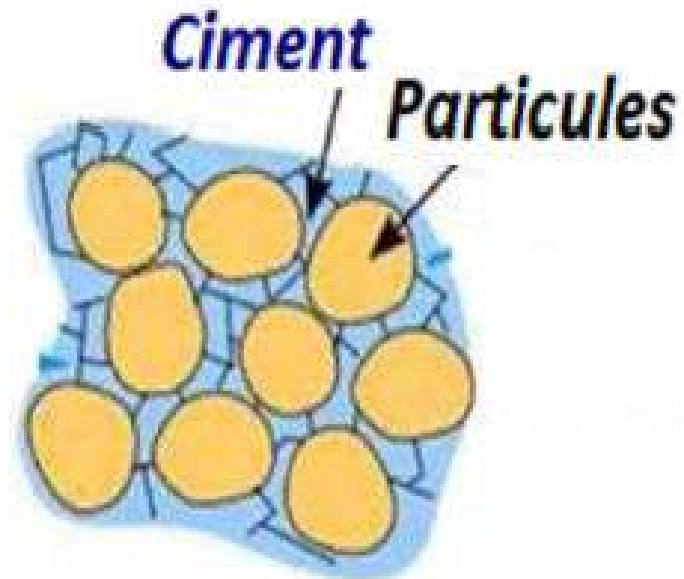
- **Transformation** : un remplacement d'un minéral par précipitation quasi simultanée d'un autre minéral à sa place : Néoformation.

CYCLE SEDIMENTAIRE

IV-Diagénèse :

La cimentation : c'est la précipitation de minéraux dans les pores (vides) entre les grains. Ce processus contribue fortement à réduire la porosité du sédiment et à le transformer en roche compacte.

Le degré de cimentation
Peut être faible, on aura une
roche friable, comme il peut être
très poussé et la roche est très
cohérente.



CYCLE SEDIMENTAIRE

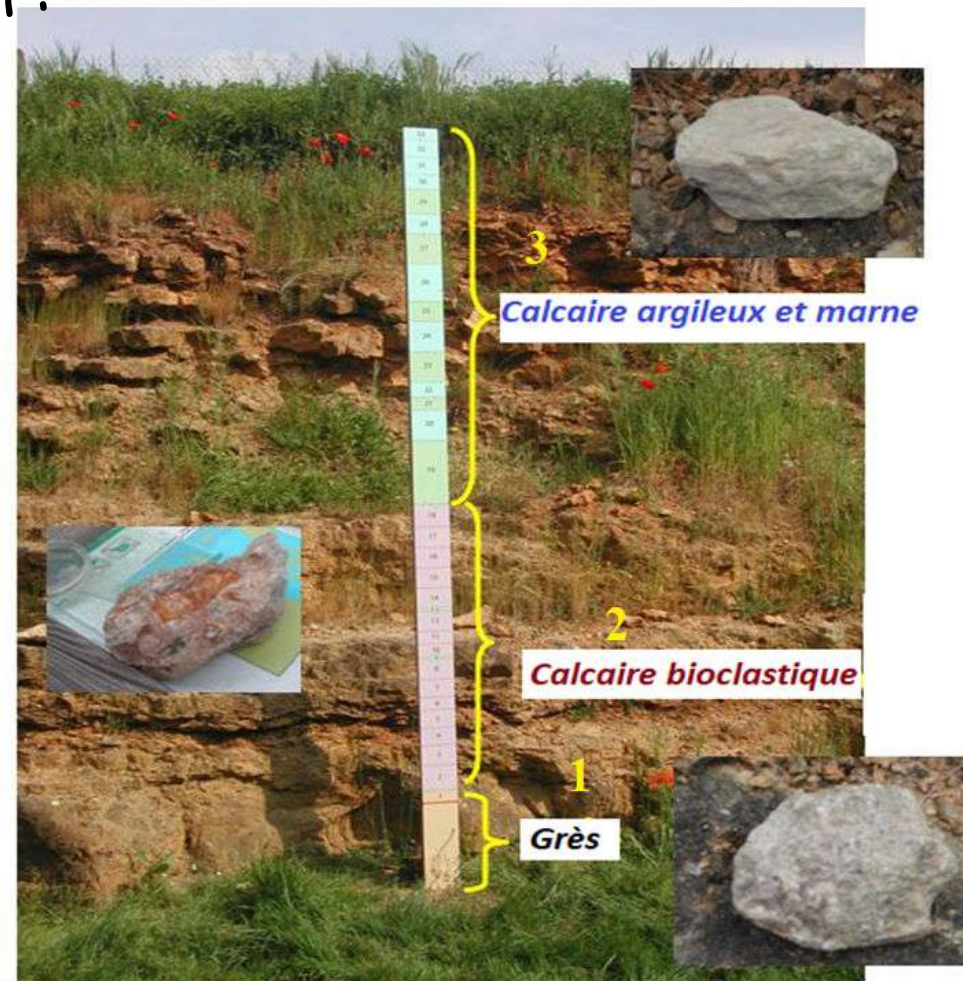
V- Classification des roches sédimentaires :

INTERÊTS GEOLOGIQUES DES R.S.:

Les R.S., couvrent plus de 90% de la surface terrestre.
Leur étude est importante en :

- **Stratigraphie** : par le principe de la superposition.

La couche 1 est plus ancienne que la 2, qui est plus ancienne que la 3.



CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

INTERÊTS GEOLOGIQUES DES R.S.:

- **Bio-stratigraphie:** si elle contient des fossiles stratigraphiques, permettant de dater une série sédimentaire.
- **Evolution de la vie sur terre:** car les fossiles qu'elles contiennent nous permettent de suivre cette évolution sur terre au cours des temps géologiques
- **Recherche hydrologique et d'hydrocarbure:** car certaines roches possèdent des propriétés particulières (porosité, perméabilité...etc.), les rendant de bons réservoirs.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

INTERÊTS GEOLOGIQUES DES R.S.:

- Applications dans les Bâtiments et Travaux Publiques (routes, ports,...) : exploitation comme matériaux de construction.
- Elles enregistrent les paléoenvironnements et les paléoclimats ;

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

Introduction :

- Les roches sédimentaires sont très diversifiées.
- Cette diversité est liée à la fois à celle des roches mères (tout type de roches), à celle des agents de l'altération et de l'érosion, à celle des agents de transports et à celle des milieux de dépôts.
- Deux types de classification:
 - Génétique: basée sur le mode de genèse de la roche sédimentaire,
 - Chimique: basée sur la composition chimique des éléments constituant la roche.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1- Classification génétique :

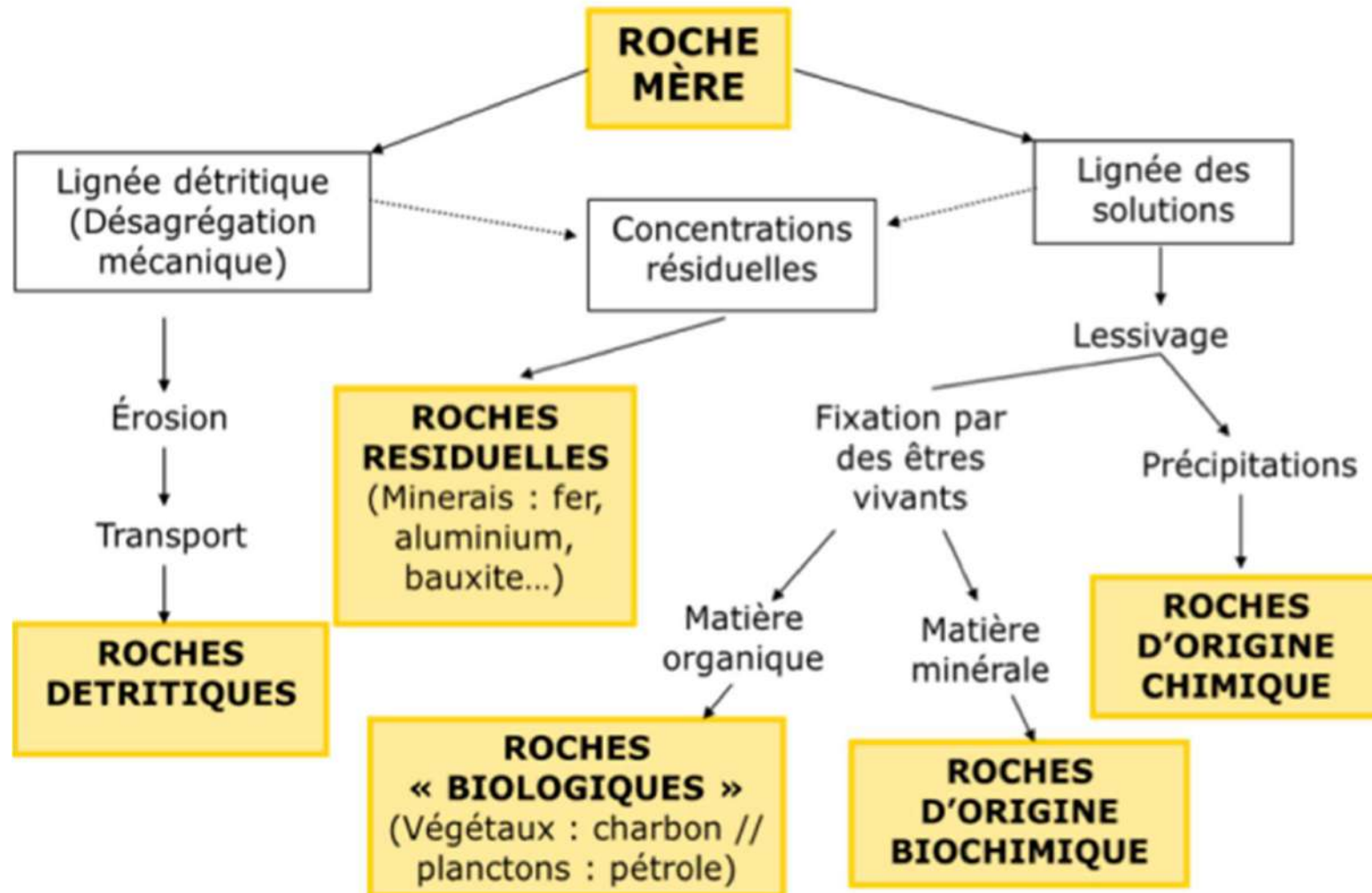
Les R.S. sont constituées par 3 grands pôles qui correspondent à 3 sources des particules sédimentaires qui entrent dans leur composition.

- **Le pôle détritique** : les particules constitutives sont issues essentiellement par altération mécanique et érosion de roches de surface,
- **Le pôle chimique et biochimique** : les particules constitutives résultent de la précipitation chimique (biochimique) à partir des éléments en solution,
- **Le pôle biologique** : dû essentiellement à la production biologique.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

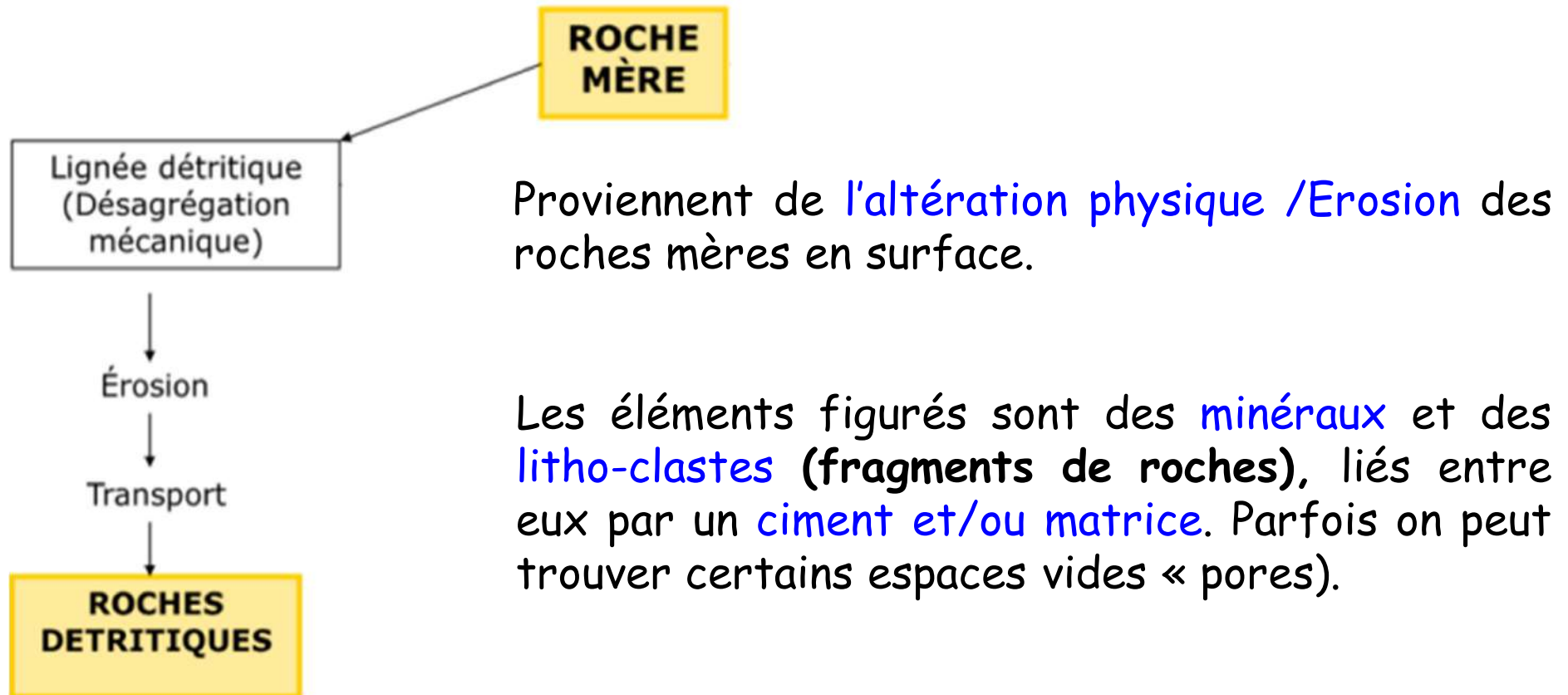
1- Classification génétique :



CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

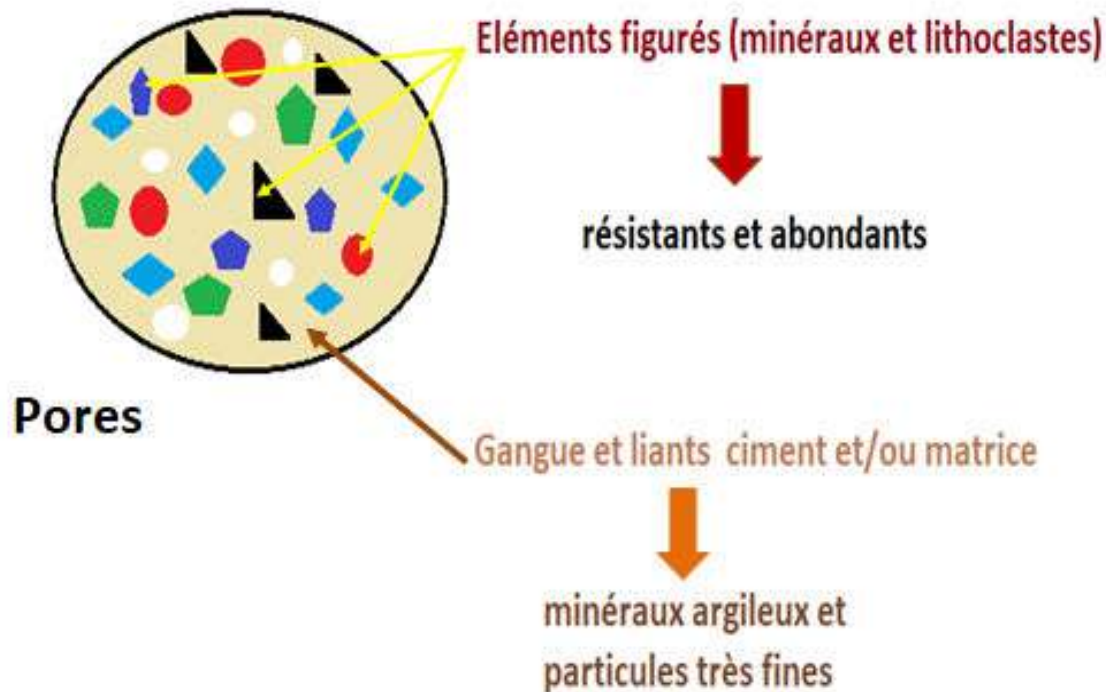
1-1-Roches détritiques



CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques



La classification des roches détritiques est basée sur la granulométrie des éléments figurés «particules», c'est-à-dire sur la taille (diamètre) des particules qui les constituent.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

Critère de classification = granulométrie.

Taille en mm	Classe	Roches meubles	Roches consolidées
256	Rudites	Bloc	Conglomérats
64		petit bloc	
4		galet	
2		gravier = granule	
1	Arénites	Sable très grossier	Grés
0,5		Sable grossier	
0,25		Sable moyen	
0,125		Sable fin	
0,0625		Sabl très fin	
0,0312	Lutites	Silt grossier	Siltite
0,0156		Silt moyen	
0,0078		Silt fin	
0,0039		Silt très fin	
		Argile	Argilite



CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

Chacune de ces 3 classes de roches, possède sa propre classification et nomenclature:

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

1- **Les rudites** constituées par des clastes (fragments de roches) dont la taille est supérieure à 2 mm. Les roches cohérentes (plus de 50% des éléments >2mm) sont des **conglomérats**.

Selon la **forme des éléments**, on distingue :



Poudingues : éléments arrondis
(érodés et transportés)



Brèches : éléments anguleux
(pas de transport).

CYCLE SEDIMENTAIRE

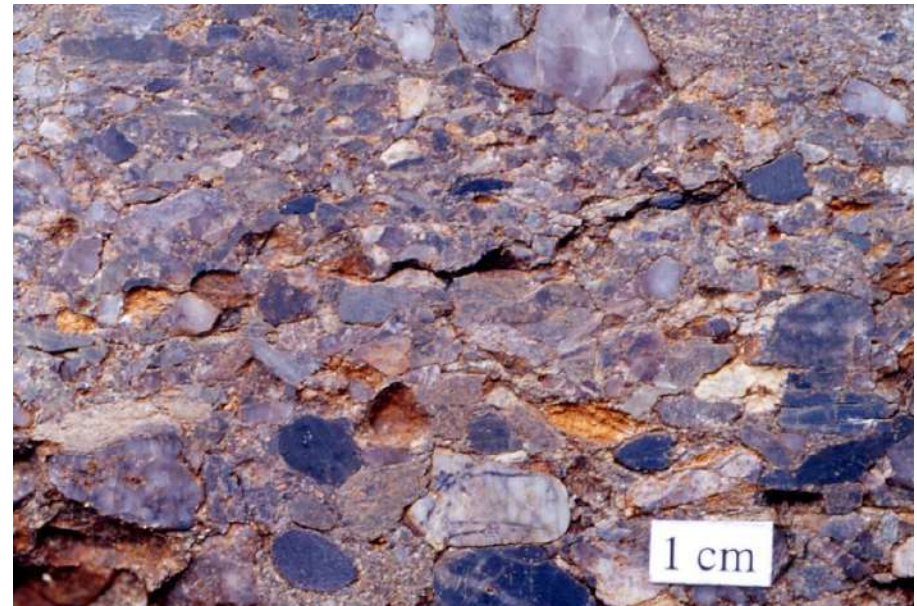
V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

Selon la **nature des fragments**, les conglomérats peuvent être :



Monogéniques : formés par un seul type de clastes.



Polygéniques : formés par plusieurs types de clastes.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

Selon l'importance de la gangue (liant) :



Les **Othoconglomérats** dont les clastes sont jointifs.



Les **Paraconglomérats** dont les clastes flottent dans la matrice.

*Selon le type de la gangue (ciment, matrice, mélange des deux) et sa nature minéralogique.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

Ces 3 critères, permettent de nommer la roche.



1- élément des Arrondis
Poudingue

2- nature des éléments
Monogénique

3- Nature de la gangue
Matrice argileuse

Poudingue monogénique à matrice argileuse

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

2- Arénites : constituées par des clastes (fragments de roches) dont la taille comprise entre 0,063 et 2mm. Les roches meubles sont des **sables** et les roches cohérentes sont des **grès**.

2mm	1	Arénites	Sable très grossier	Grès
	0,5		Sable grossier	
	0,25		Sable moyen	
	0,125		Sable fin	
0,063mm			Sabl très fin	

La classification des **grès** repose sur la **nature minéralogique des grains**, combinée avec la **proportion de matrice**.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

N/B: Ne pas confondre **ciment** et **matrice**.

La **matrice**, est un **liant** d'origine détritique, elle se dépose par décantation entre les particules au fond du bassin après avoir été érodée et transportée au cours du cycle sédimentaire,

Le **Ciment**, est aussi un **liant** qui s'est formé lors de la diagenèse, par recristallisation de certains minéraux.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

Exemple 2: Grès de la
Cl/ Arénites,
constitués par des
éléments < 2mm liés
par une matrice.

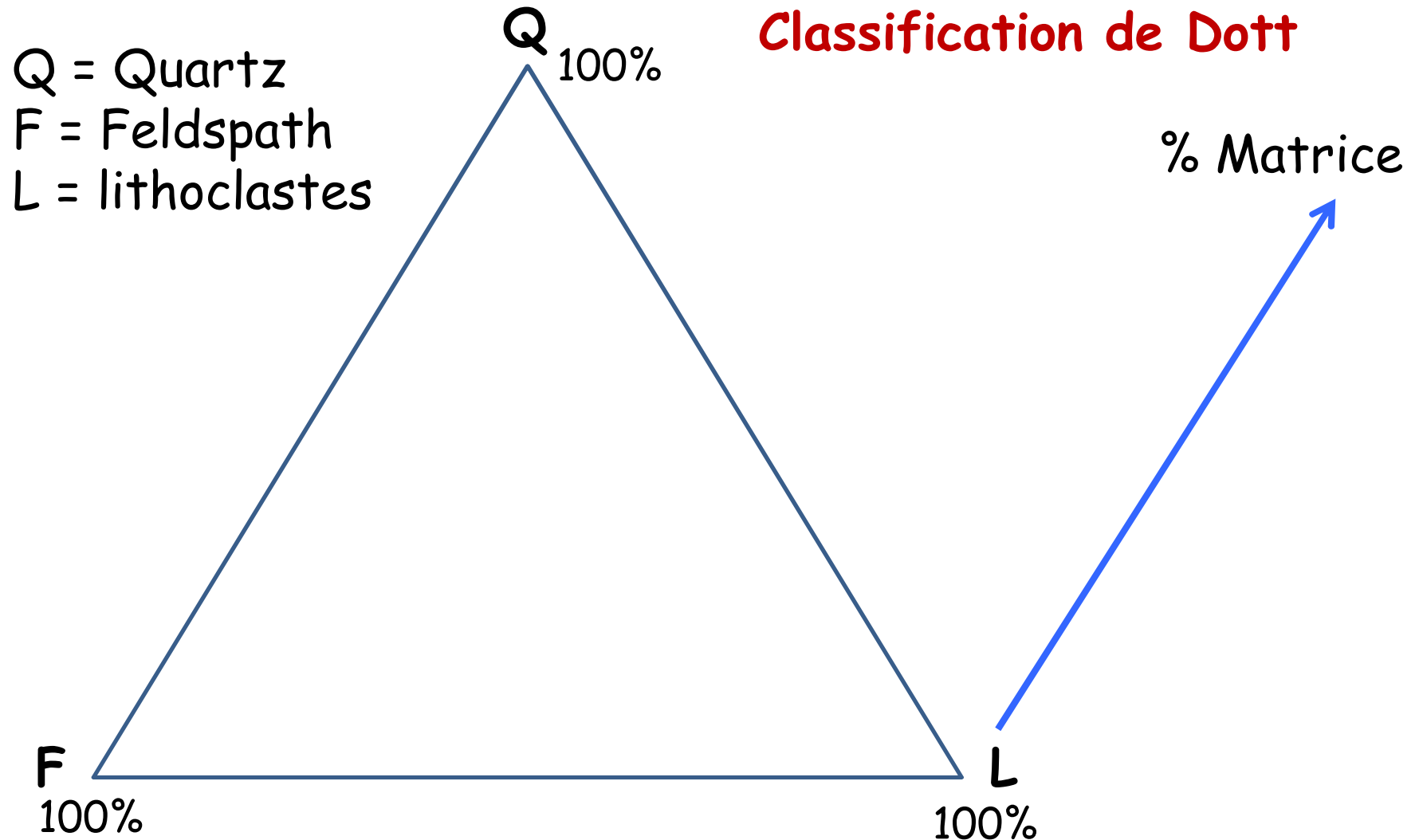


Dott, a effectué une classification des Grès, basée sur la combinaison de leur composition minéralogique (**Quartz - Feldspaths**) et les **Lithoclastes**, avec la teneur (%) en matrice terrigène fine, exprimée dans un diagramme triangulaire.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

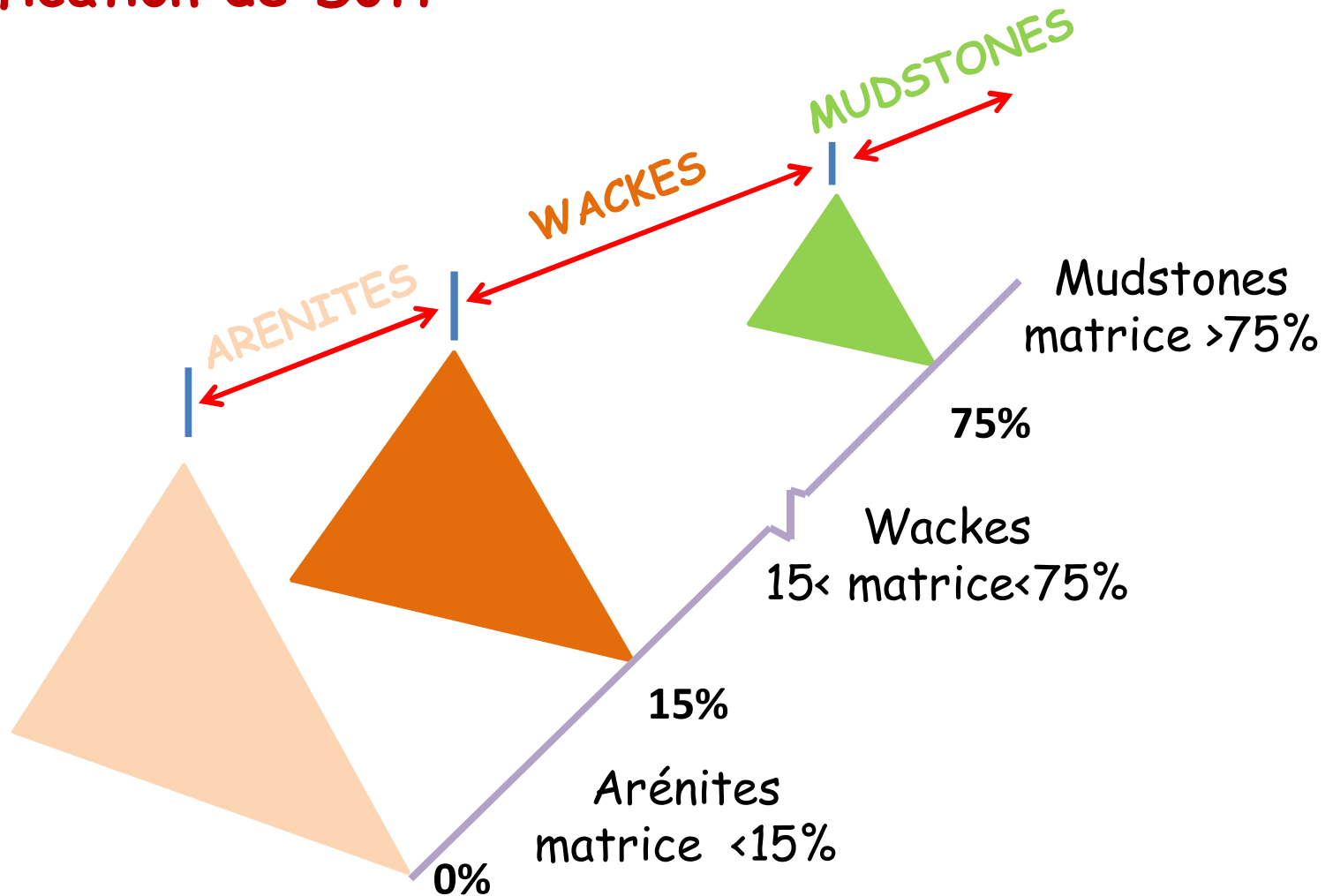


CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

Classification de Dott

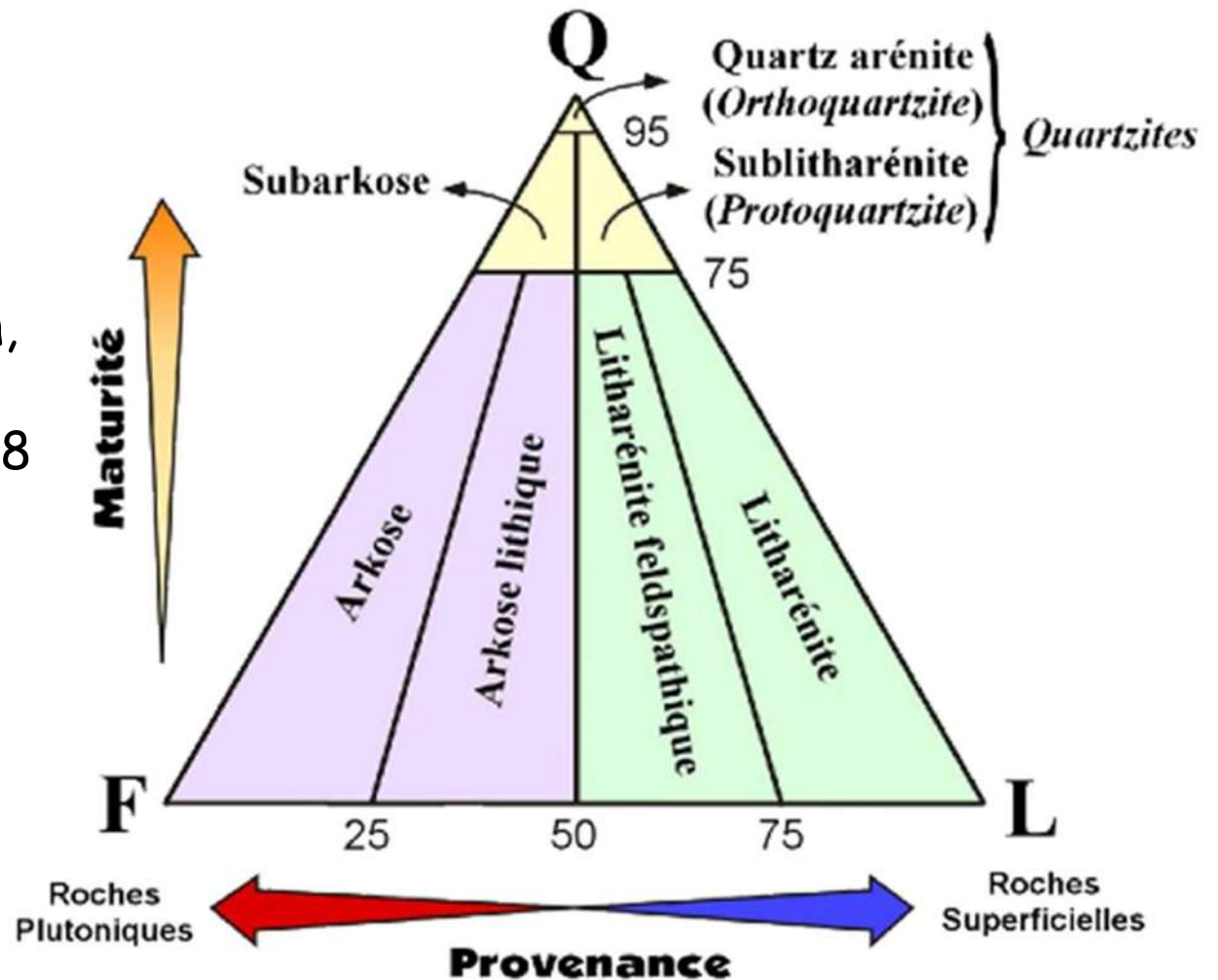


CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1-Roches détritiques

Diagramme QFL
Classification Pettijohn,
1957
Modifiée par Folk , 1968

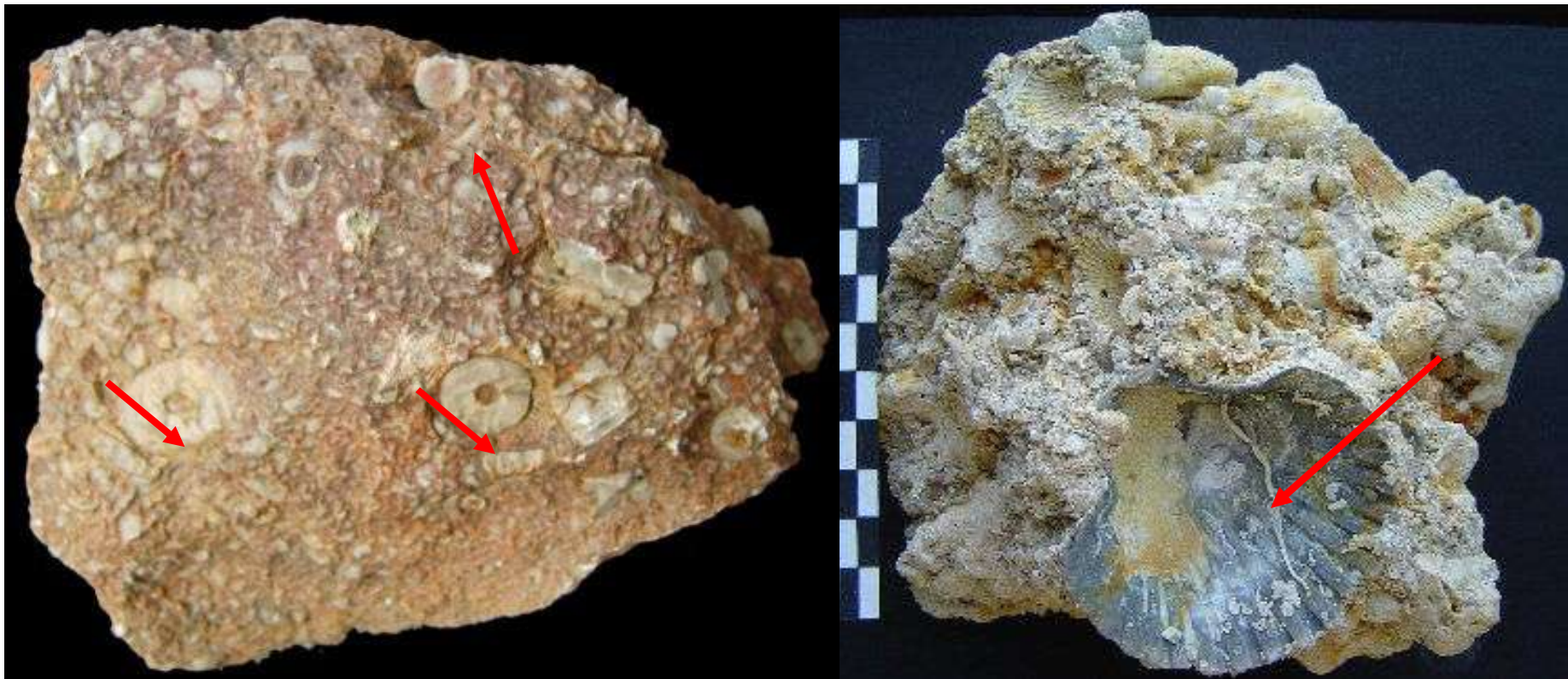


CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1- Roches bio-détritiques

- ❖ Certaines roches sédimentaires peuvent être constituées, en plus de lithoclastes des restes d'organismes vivants « Fossiles »..



CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1 - R. Volcano-clastiques (non terrigènes)

Roches particulières à cause de leur **double genèse** : volcaniques par l'origine de leurs constituants primaires (Particules) et sédimentaires par leur mode de formation.

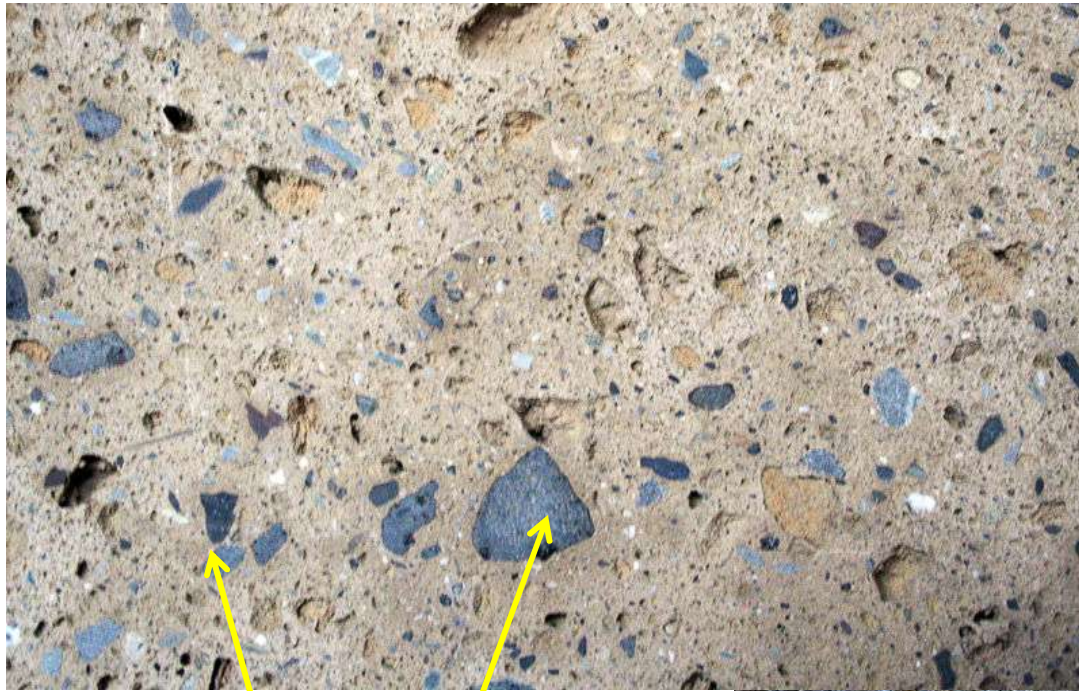
Les particules d'origine volcaniques projetées lors des éruptions peuvent aussi être appelées sédiments volcano-clastiques.

Les roches formées par la consolidation de ces sédiments sont appelées **tufs**. Si les dépôts en question sont très fins (poussières et cendres), on parle de **cinérites**.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-1- R. Volcano-clastiques (non terrigènes)



lapillis

**Bombe
volcanique**

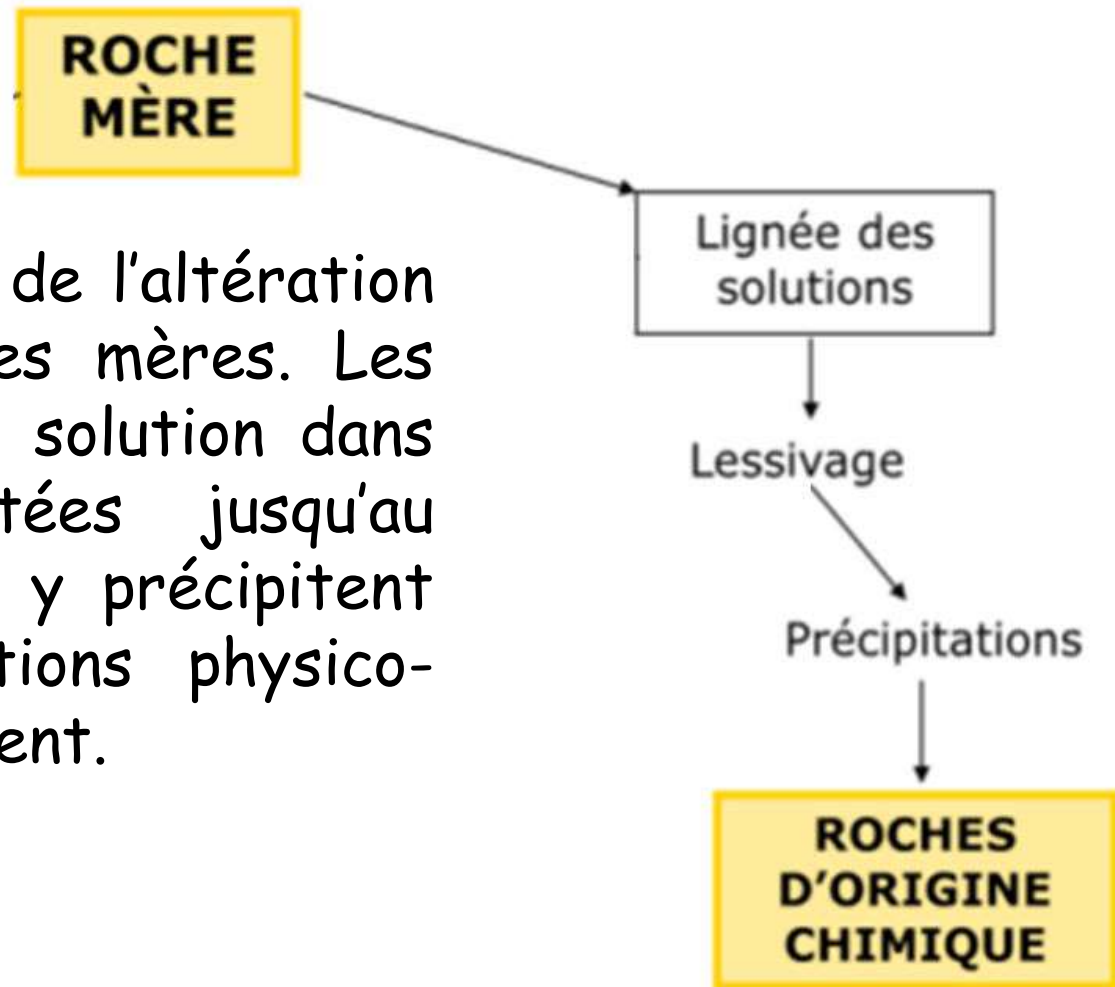


CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-2- Roches chimiques

Elles proviennent de l'altération chimique des roches mères. Les substances mises en solution dans l'eau, et transportées jusqu'au bassin sédimentaire, y précipitent une fois les conditions physico-chimiques le permettent.



CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-2 Roches chimiques

Selon la nature chimique de ces éléments en solution dans l'eau, (exemples carbonates, sulfates ou chlorures), après évaporation de l'eau chargée de ces éléments on obtient différents types de roches chimiques: Calcaire, Dolomite, Gypse, Halite.

Carbonates



Calcaire
Dolomite

Sulfates



Gypse

Chlorures



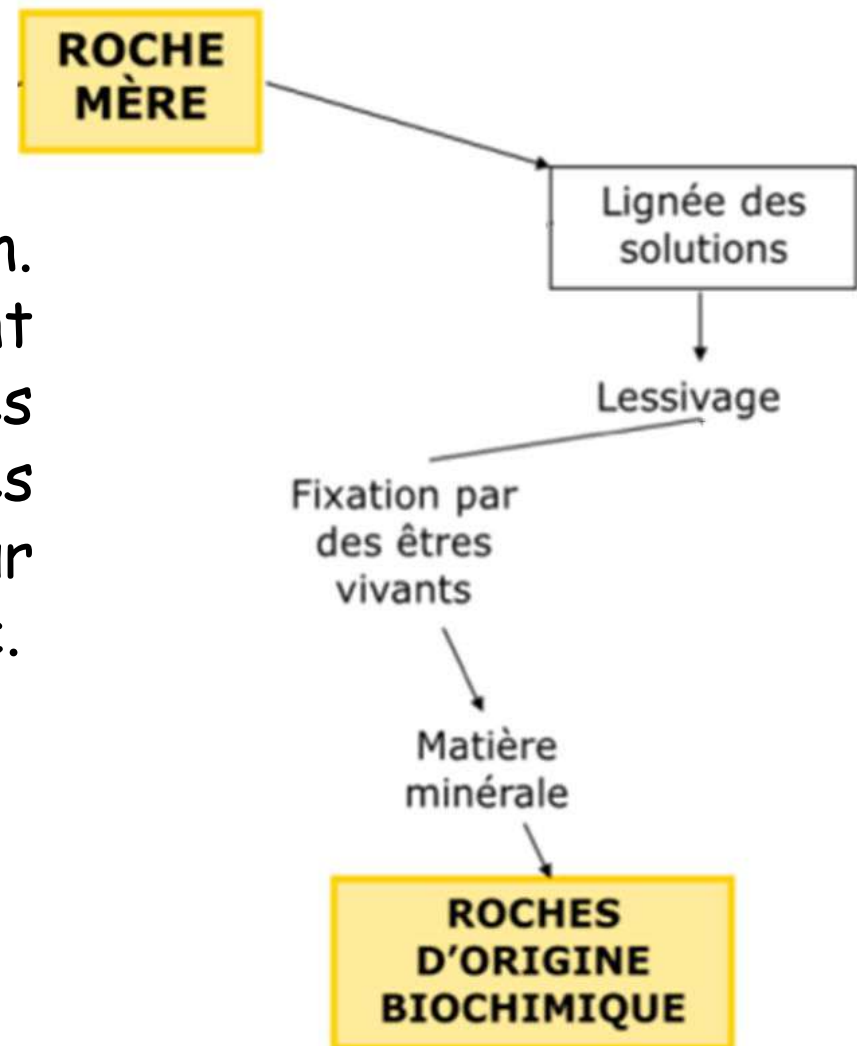
Halite

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-3 Roches biochimiques

Résultent de la bio-précipitation. Certains organismes utilisent «fixent» des substances dissoutes dans l'eau ou des solutions de lessivage pour fabriquer leur test, coquilles ...etc.



CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-3 Roches biochimiques

Après leur mort, ces organismes précipitent «bio-précipitation», sur le fond des bassins. Ces dépôts après diagenèse donnent des roches sédimentaires bio-chimiques.

En fonction du minéral d'origine, on trouve plusieurs types de roches :

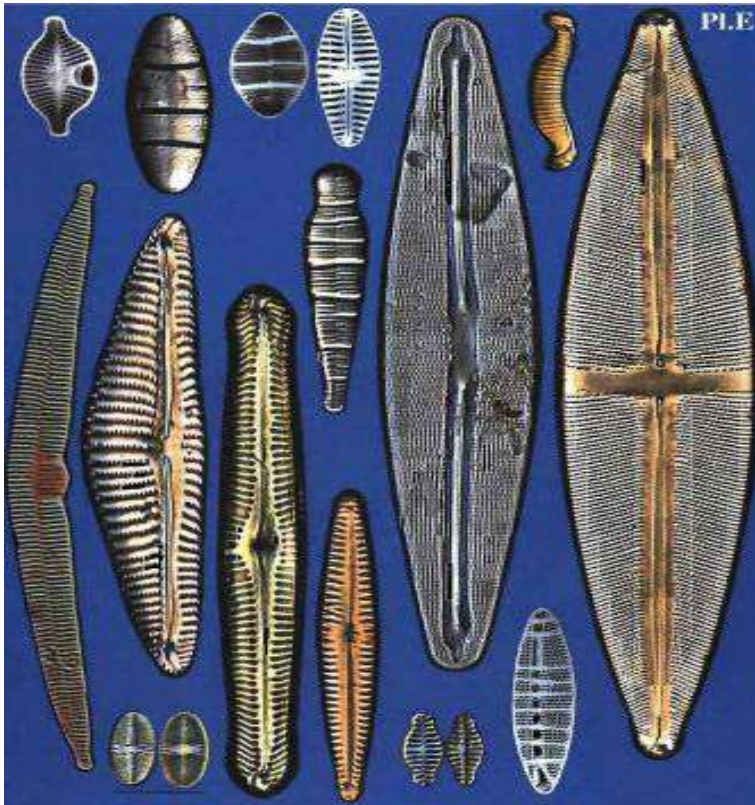
- R. Carbonatées, tel que la Craie
- R. Siliceuses, la Diatomite, Radiolarite...etc.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-3 Roches biochimiques

Exemple : **les diatomites** (roches constituées de tests siliceux de petits organismes vivants « **les diatomés** »)



diatomés



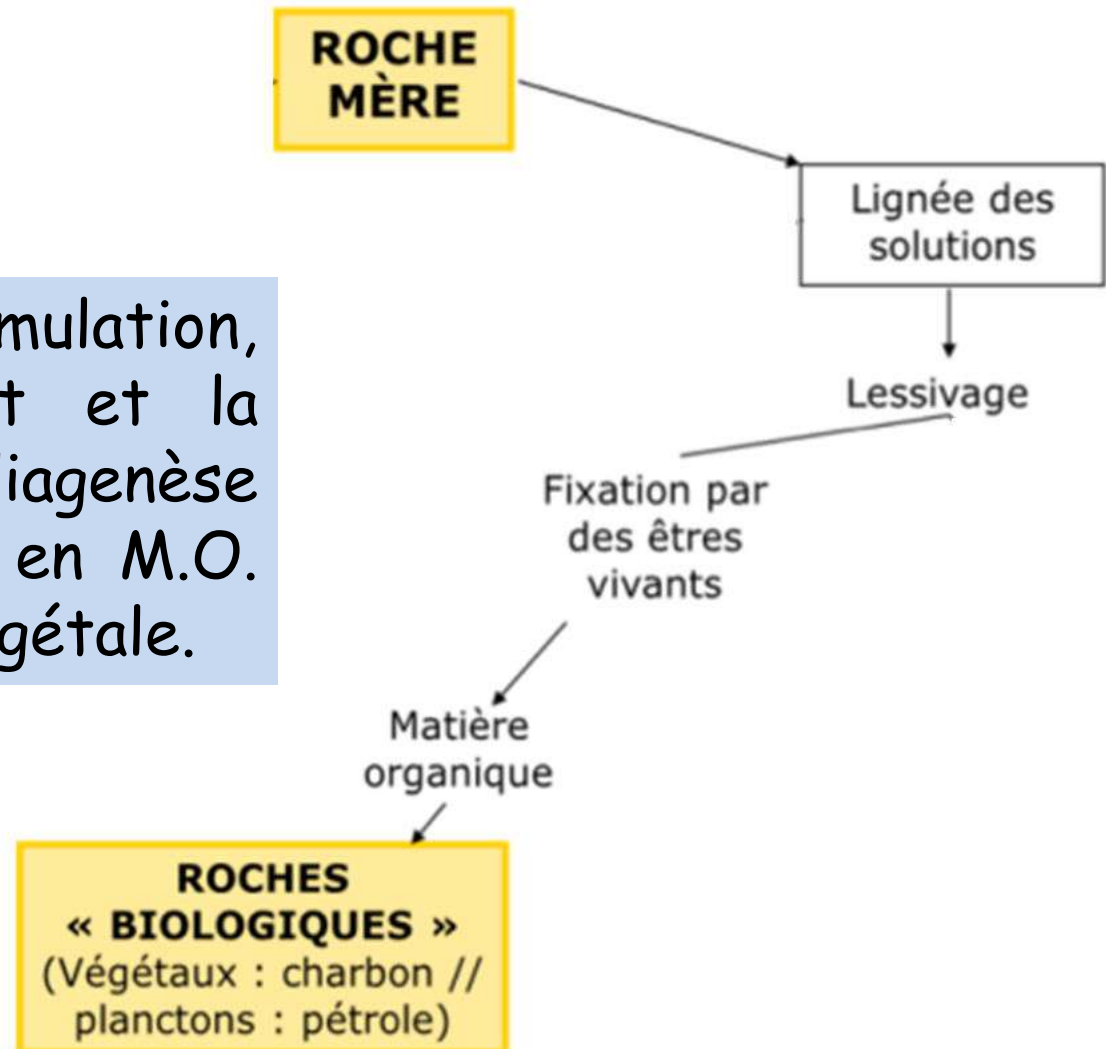
Diatomite

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-4- Roches biologiques

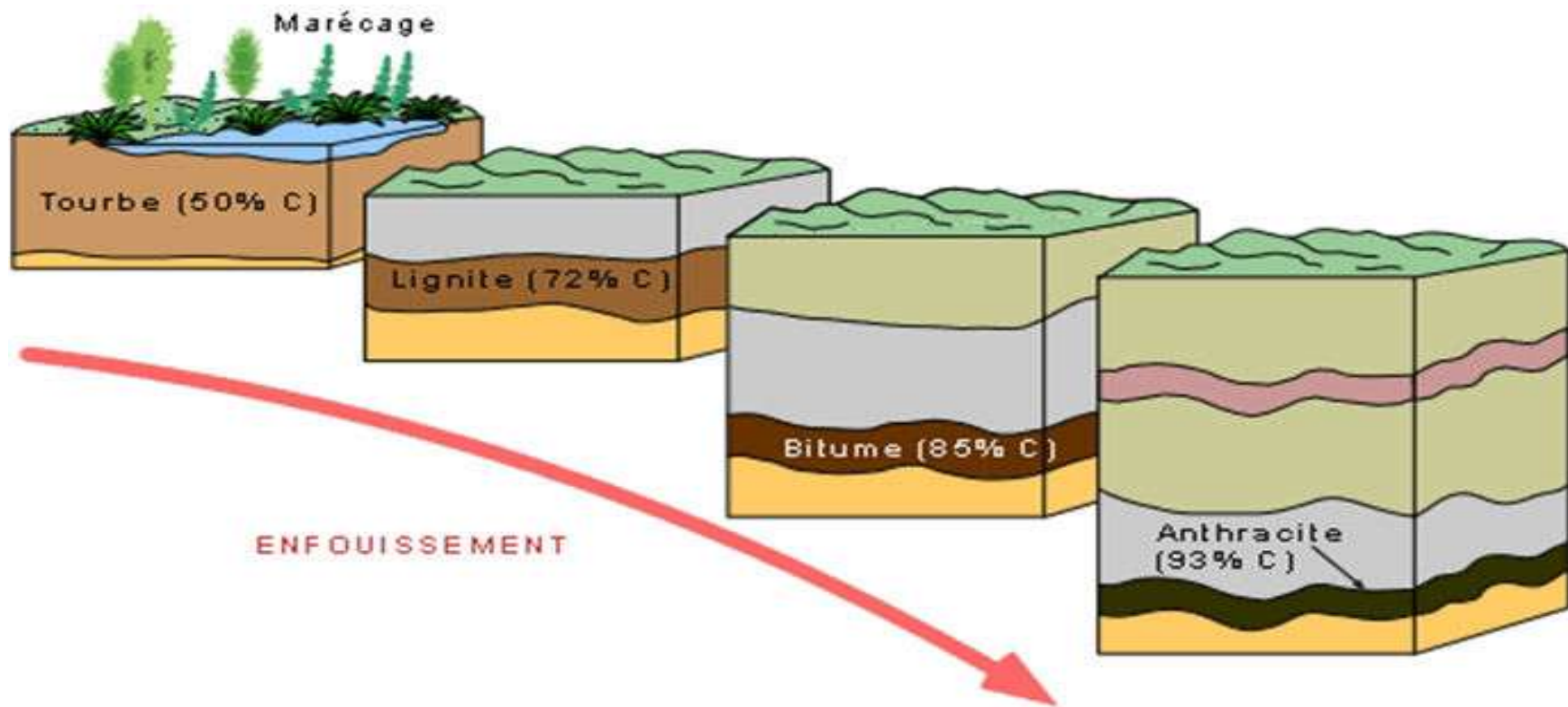
Résultent de l'accumulation, puis l'enfouissement et la transformation par diagenèse des sédiments riches en M.O. d'origine animale ou végétale.



CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-4- Roches biologiques



CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-4- Roches biologiques



Lignite



Bitume

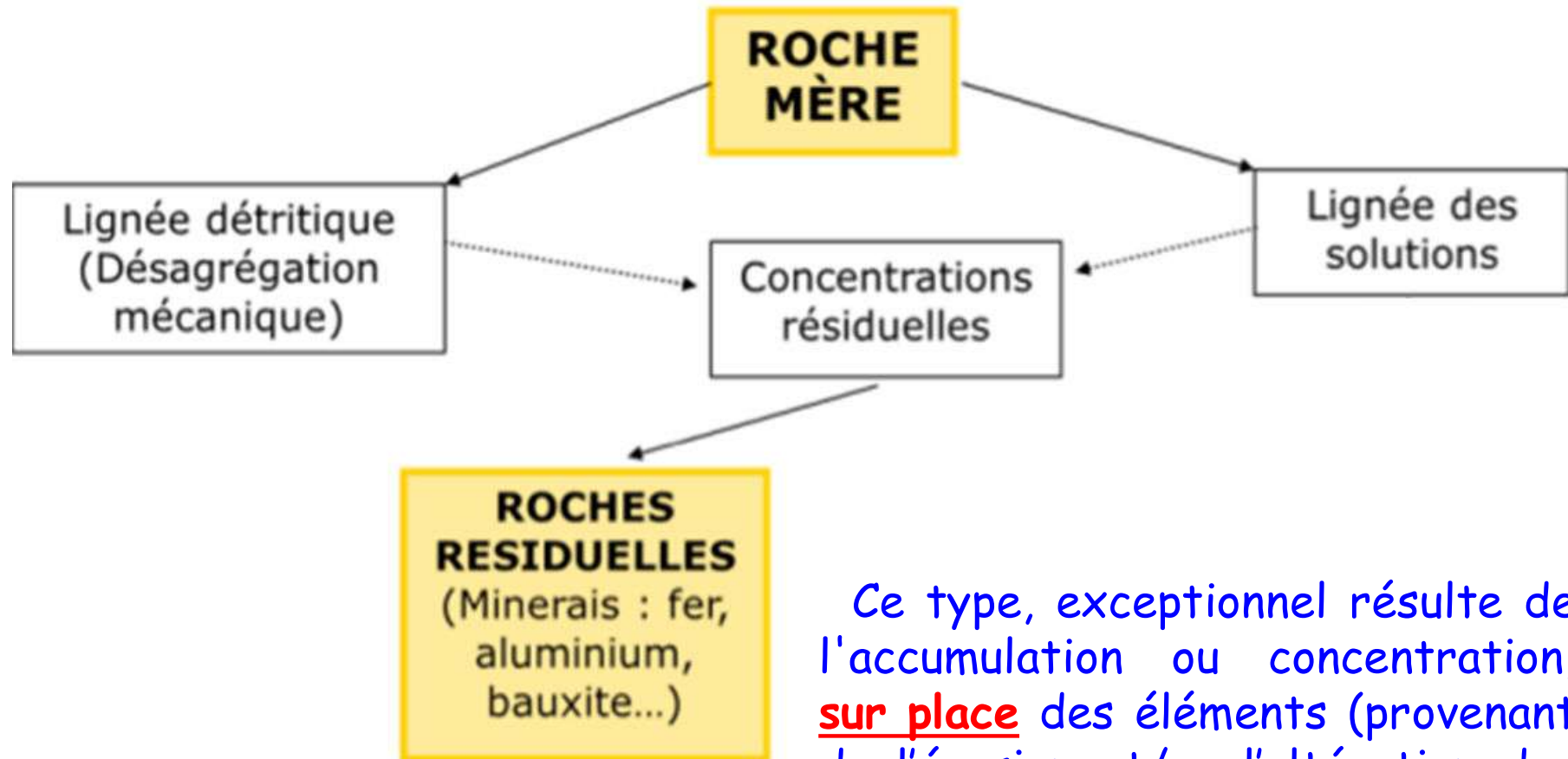


Antracite

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-5- Roches Résiduelles



Ce type, exceptionnel résulte de l'accumulation ou concentration, sur place des éléments (provenant de l'érosion et/ou l'altération des roches en surface).

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

1-5- Roches Résiduelles



Exemple/ **Bauxite** : Roche formée par altération chimique continentale en climat chaud. Elle est caractérisée par sa forte teneur en alumine et en oxyde de fer.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

Les séries « continues »

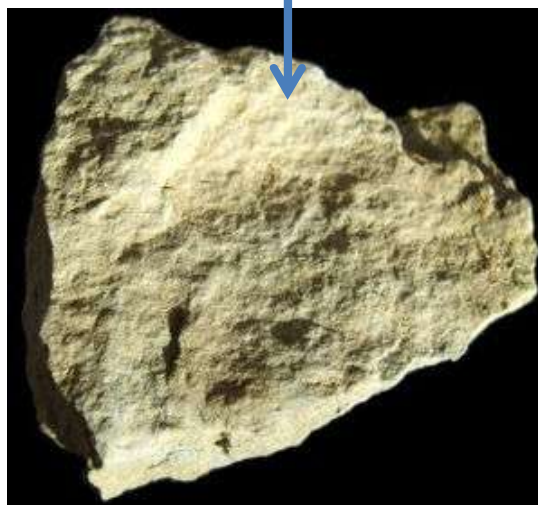
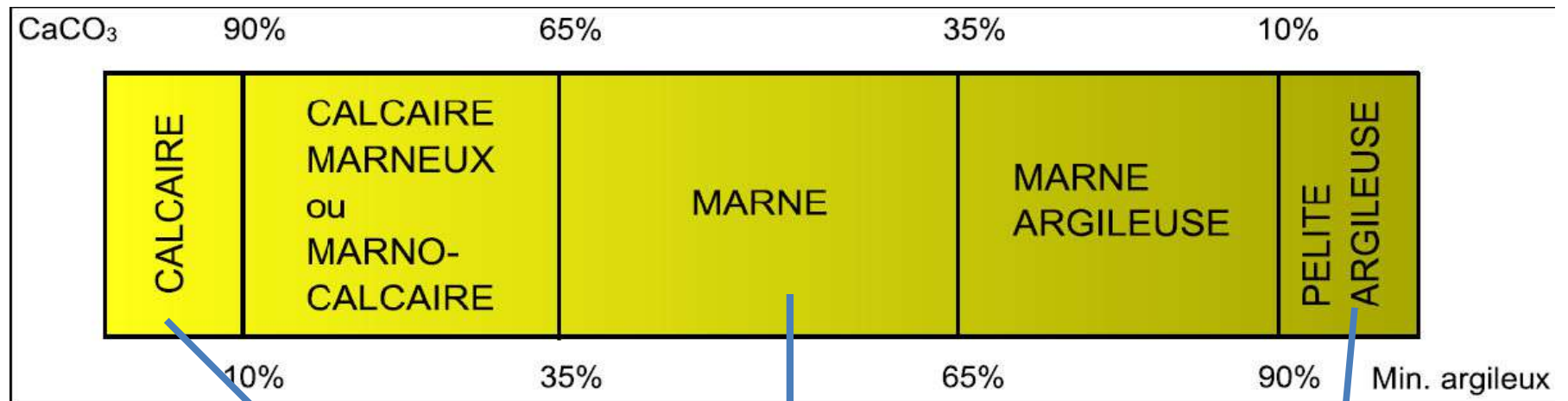
Certaines roches sont difficiles à classer car elles sont composées du mélange de sédiments « particules » de différentes origines : détritique et chimique à la fois.

Ex - La série argilo-calcaire : compte plusieurs types de roches en fonction des % de calcaire «éléments précipités» donc d'origine chimique, et des argiles « dépôts par décantation », d'origine détritique.

CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

Les séries « continues »



CYCLE SEDIMENTAIRE

V- Classification des roches sédimentaires :

Conclusion :

La classification des roches sédimentaires reste difficile, à cause de :

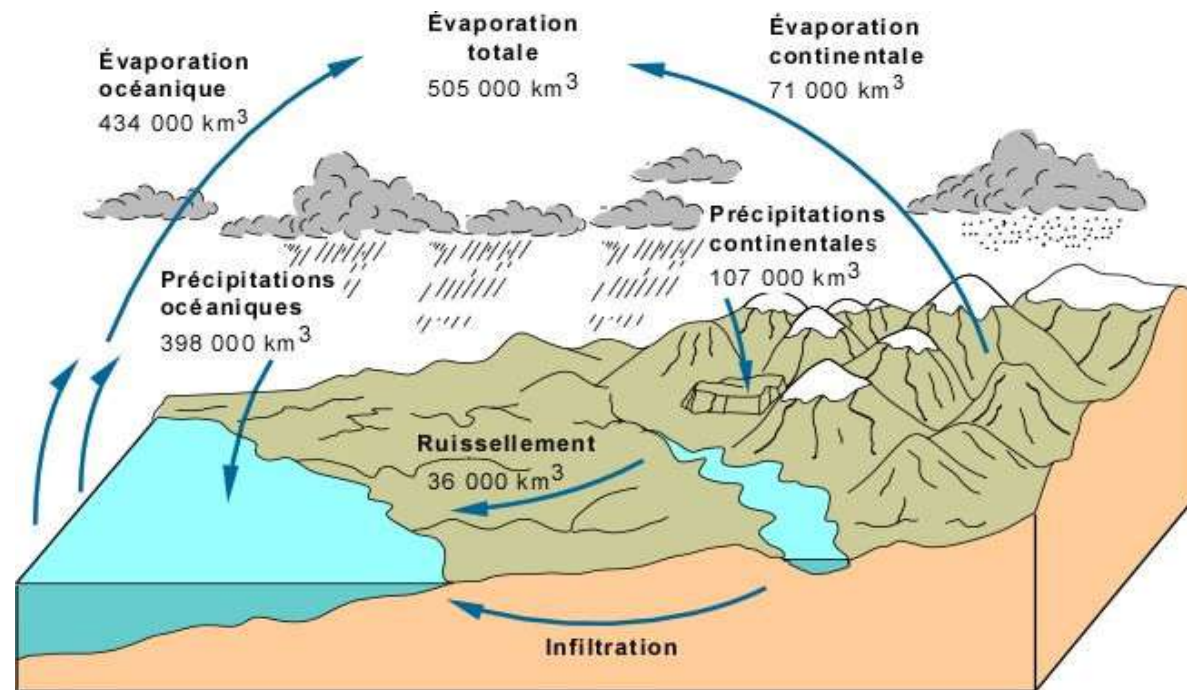
- la diversité de l'origine des particules « roches mères » qui entrent dans leur formation,
- de différents types d'altérations et d'érosion,
- différents types de transport
- différents milieux de dépôts
- ainsi que la diversité des processus de la diagenèse.

Ce sont des roches dites Hétérogènes

M10 : Géodynamique externe

SVT2

Milieux de
sédimentation



Pr : Abdel-Ilah MIHRAJE
Département de Géologie

Introduction :

Un milieu de sédimentation = Unité géomorphologique de taille et de forme déterminée où règne un ensemble de facteurs physiques, chimiques et biologiques suffisamment constants pour former un dépôt caractéristique.

Intérêt de l'étude des environnements sédimentaires :

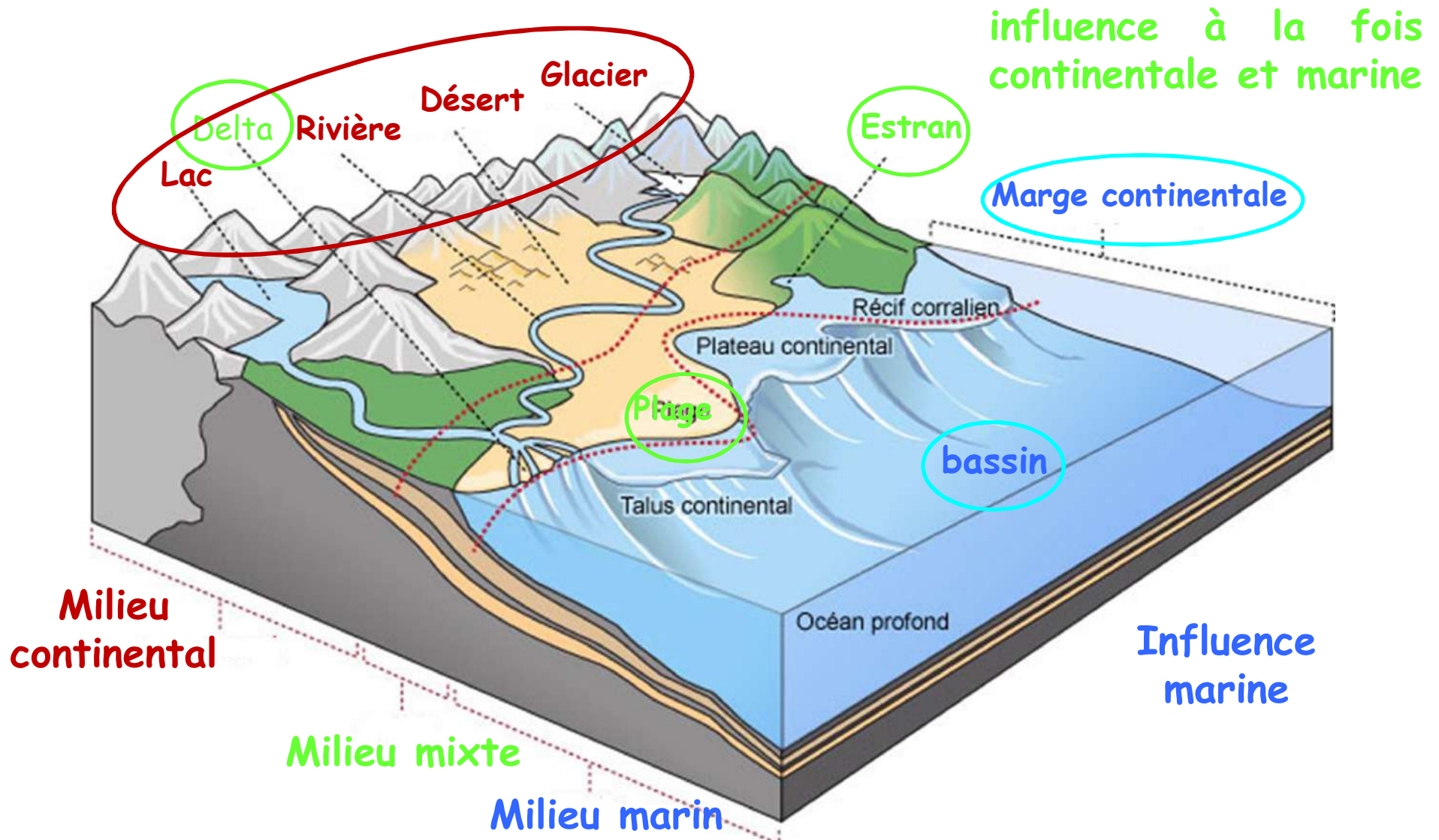


Reconstitution des paléoenvironnements, paléogéographies et paléoclimats

(Le présent est la clé pour comprendre le passé)

Introduction :

Principaux milieux de sédimentation :

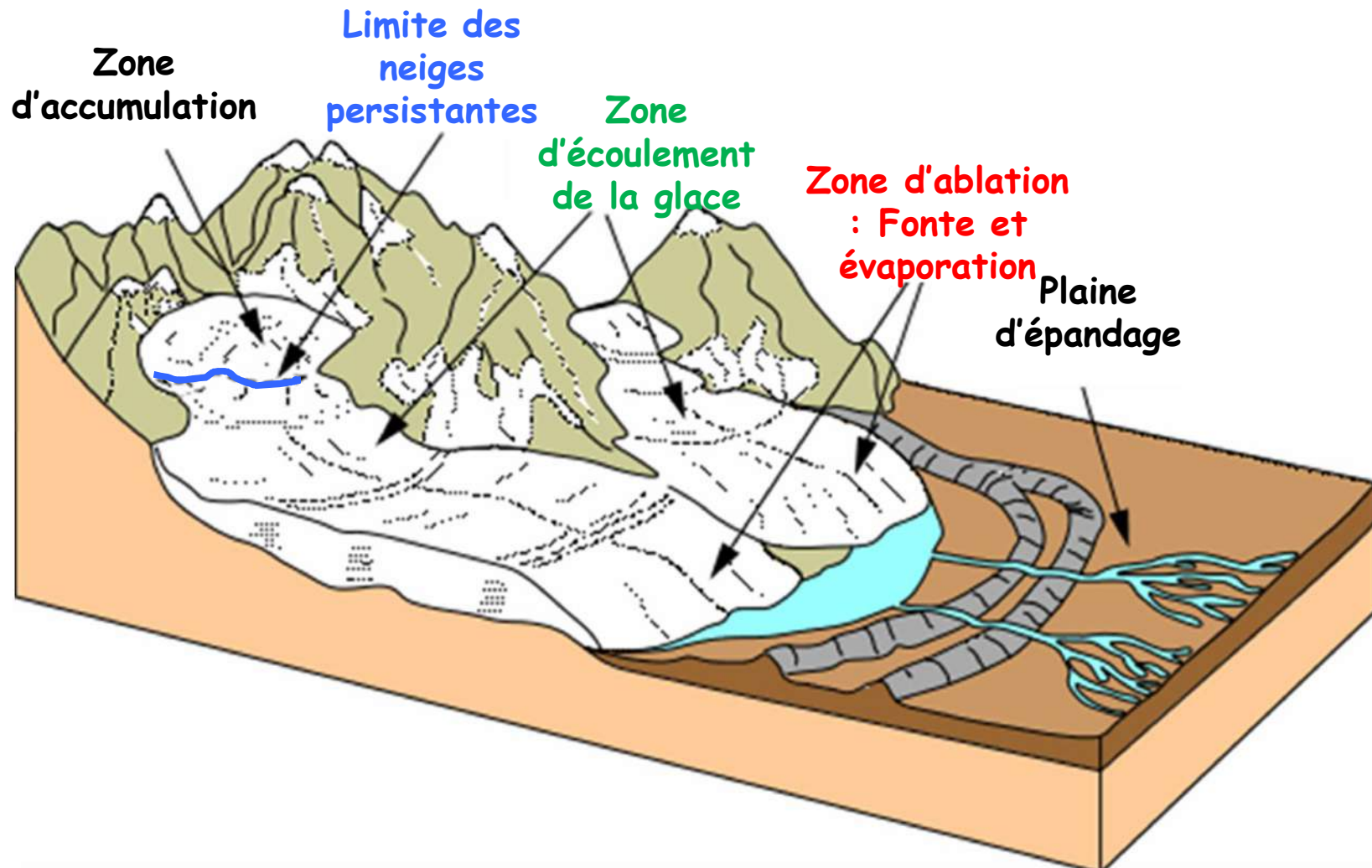


Hors toute influence marine: aérien ou aquatique

I.1. Les milieux glaciaires

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

- Un **glacier** = masse de glace plus ou moins étendue formée par accumulation et tassement des couches de la neige. Ils couvrent quelques 16 millions de Km² et renferment 98,5 % des eaux douces de la planète.



I.1. Les milieux glaciaires

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

- La neige persiste au delà de certaines limites (altitude, latitude, facteurs locaux) et se transforme en glace qui s'écoule vers l'aval.
- Cette zone d'alimentation peut se prolonger par des langues glaciaires s'avancçant en dehors de la zone des neiges persistantes.
- L'extension ou le retrait du glacier dépendent du bilan glaciaire : somme de l'alimentation et de l'ablation. L'ablation se fait par fusion de la glace, évaporation et sublimation (passage état solide à état gazeux).

I.1. Les milieux glaciaires

I.1.1. Les différents types d'appareils glaciaires

I - LE MILIEU CONTINENTAL:



Glacier de calotte

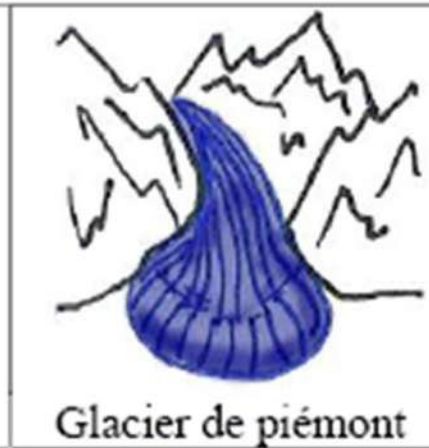
les **inlandsis** : vastes calottes glaciaires continentales (2= antarctique et le Groenland).

les **calottes locales** : de dimension plus restreinte que les inlandsis



Glacier de vallée

Comporte des cirques glaciaires qui se prolongent en aval par des langues glaciaires



Glacier de piémont

un glacier de vallée qui atteint la plaine au pied de la chaîne de montagne et dont la zone d'ablation s'étale soit en digitations, soit en lobe



Glacier de cirque

occupe une dépression à fond plat et peu incliné, à parois escarpés qui s'entaille dans le flanc d'une montagne. Alimenté par des avalanches

I.1. Les milieux glaciaires

I.1.1. Les différents types d'appareils glaciaires

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

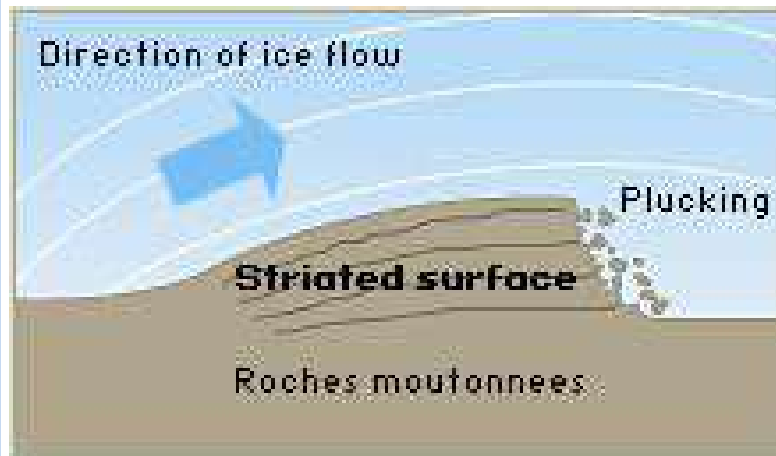


I.1. Les milieux glaciaires

I.1.1. Les différents types d'appareils glaciaires

Les surfaces d'érosion sont émoussées, moutonnées, avec stries et cupules d'arrachement.

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

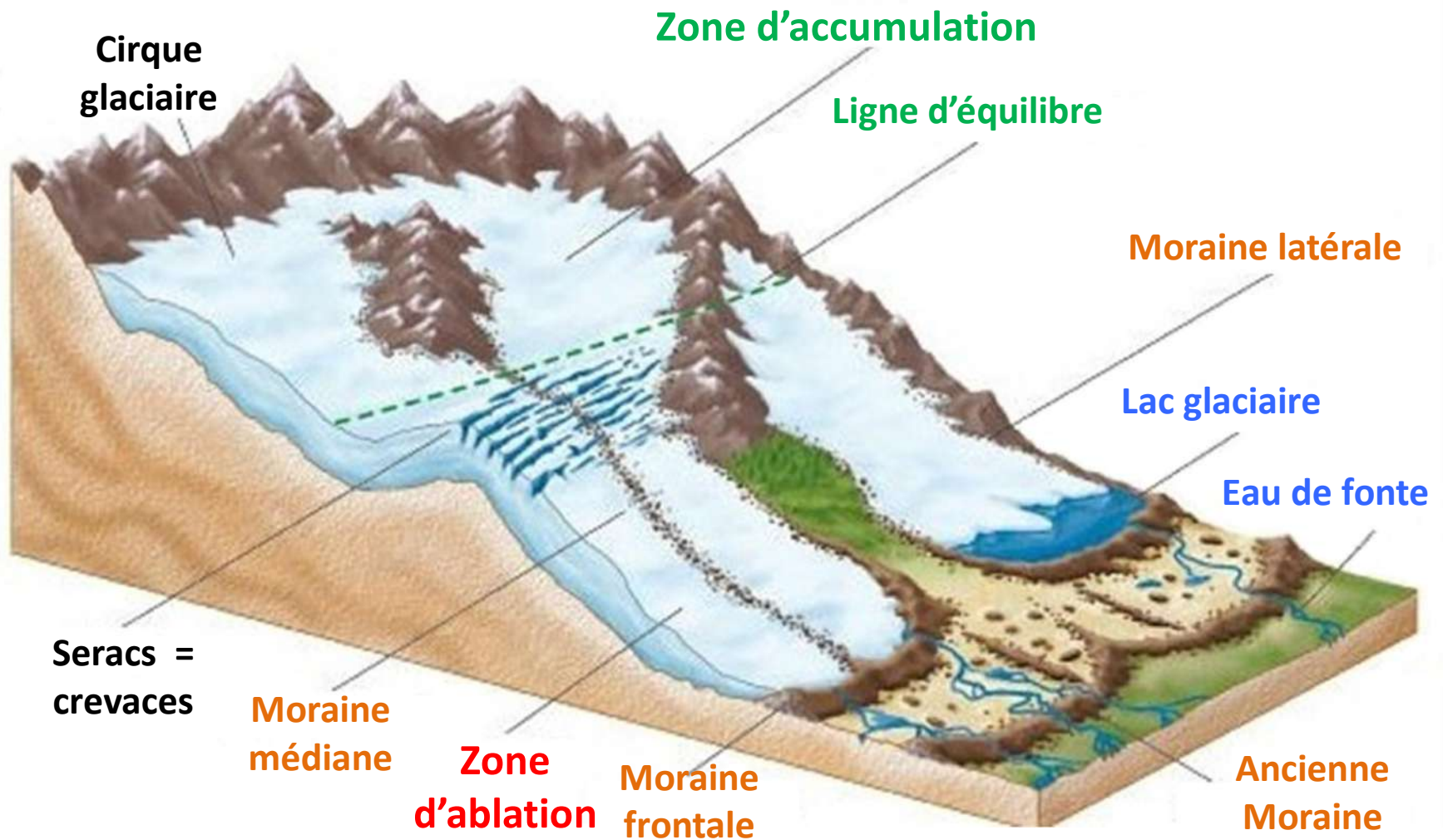


I.1. Les milieux glaciaires

I.1.2. Les dépôts glaciaires

Les dépôts glaciaires apparaissent dans la zone d'ablation et deviennent importants lors du retrait des glaciers.

I - LE MILIEU CONTINENTAL:



I.1. Les milieux glaciaires

I.1.2. Les dépôts glaciaires

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

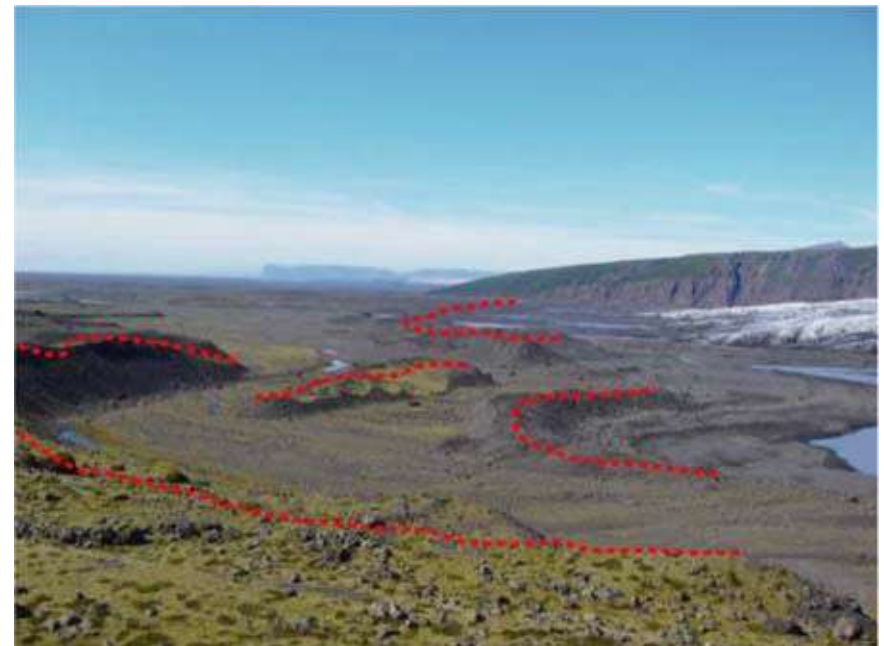
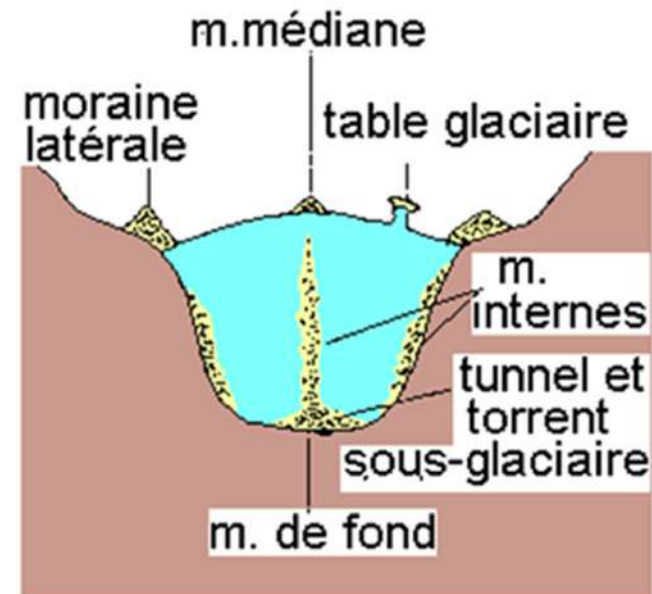
- Les **moraines de fond** sont très hétérométriques, non stratifiées, à blocs emballés dans une matrice argilo-sableuse. Les blocs sont orientés dans la direction d'écoulement.
- Les **moraines latérales**, en bordure de glacier, sont formées de matériaux arrachés aux parois ou en provenance des versants.
- Les **moraines médianes** sont dues aux confluences de moraines latérales lorsque deux langues se rejoignent.

I.1. L'environnement glaciaire

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

I.1.2. Les dépôts glaciaires

- La **moraine interne** est constituée par les matériaux transportés dans la glace.
- La **moraine frontale** (vallum morainique) :
 - Des matériaux déposés par le front du glacier.
 - Elle se présente sous forme de croissants imbriqués (formes de retrait).



I.1. Les milieux glaciaires

I.1.2. Les dépôts glaciaires

En général on sépare les dépôts glaciaires en deux groupes :

a- Dépôts non stratifiés

- très hétérométriques, anguleux, hétérogènes et mal classés (Mixtites).
- correspond généralement à la moraine de fond.

b- Dépôts stratifiés (moraines d'ablation)

- mieux classés et mieux stratifiés (intervention de l'eau).

I.1. Les milieux glaciaires

I.1.2. Les dépôts glaciaires

- les dépôts glacio-lacustres : (sédiments lacustres influencés par les glaciers).

- directe, si les lacs sont en contact avec le glacier,
- indirecte, dans le cas où les lacs sont alimentés par des eaux provenant de glaciers.



Le fond du lac glaciaire est occupé par des varves issues de la décantation.

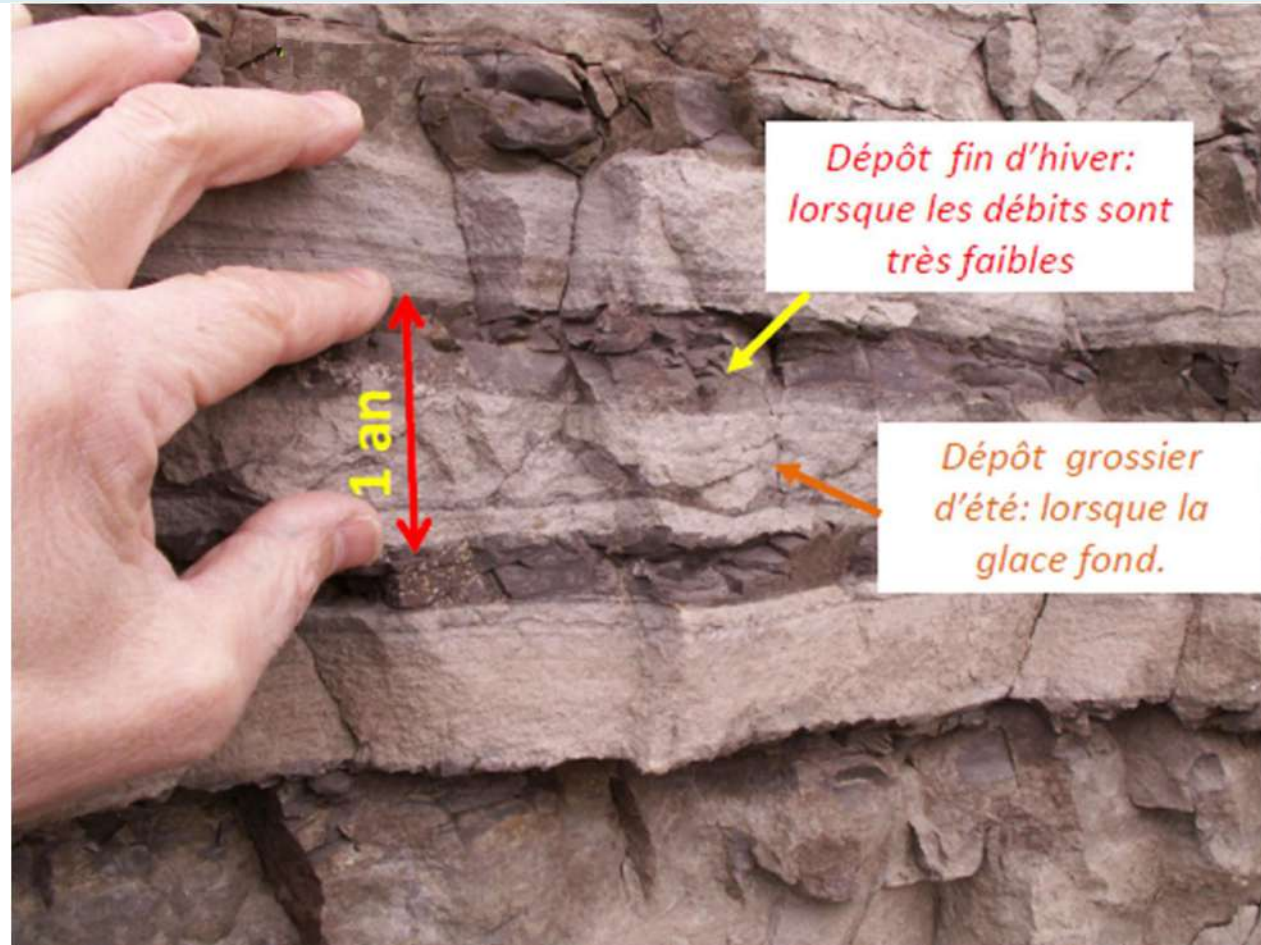
I.1. Les milieux glaciaires

I.1.2. Les dépôts glaciaires

- les dépôts glacio-lacustres :

Les varves = dépôts formés par une alternances de lits suivant la modification saisonnière des apports (rythmites).

I - LE MILIEU CONTINENTAL:



I.2. Les milieux éoliens

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

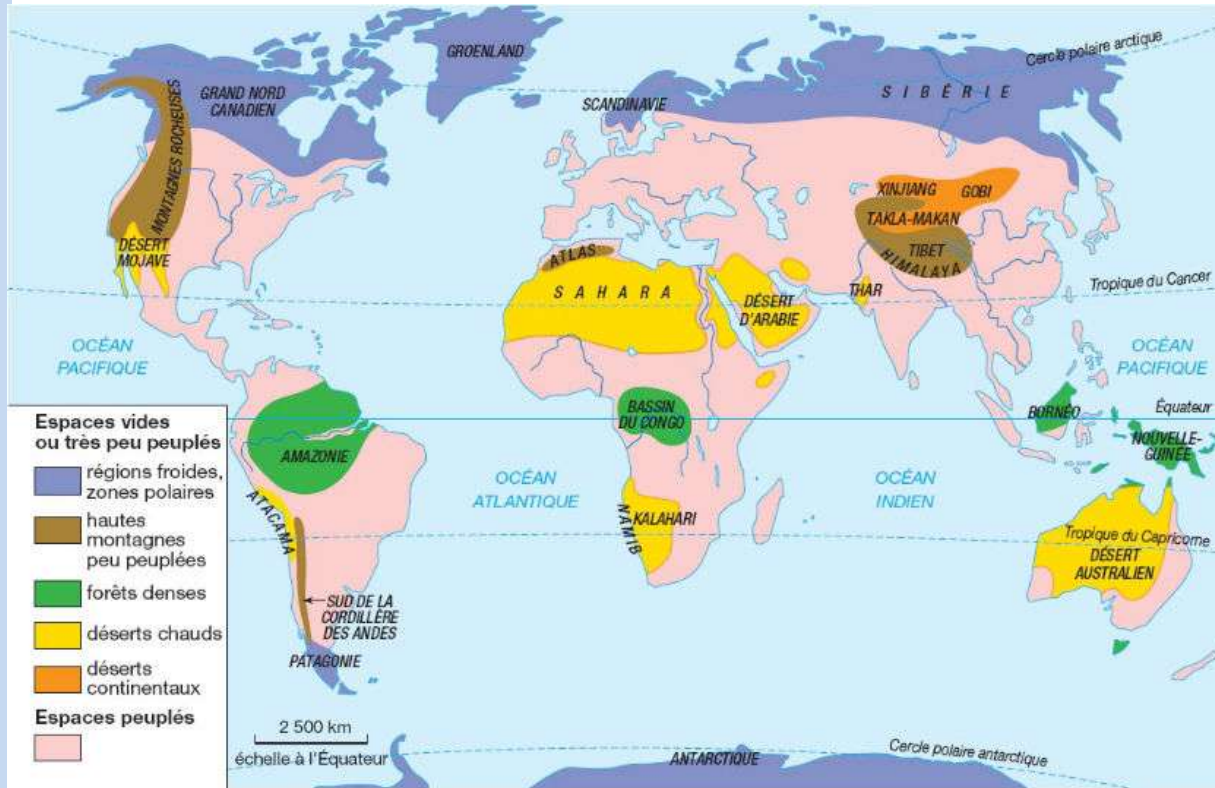
Introduction :

- Action dominante du vent : érosion, transport et dépôt ;
- Domaine continental émergé, sous toutes les latitudes, tous climats et tous environnements qu'il soit côtier ou intracontinental ;
- Les plus importants on les trouve au niveau des déserts.

I.2. Les milieux éoliens

Introduction :

I - LE MILIEU CONTINENTAL:



- situés entre 10° et 30° de latitude.
- zones continentales avec peu ou pas de couvert végétal.

- précipitations insuffisantes (-25cm/an) = évaporation dépasse les précipitations.
- sous influence de l'action des vents alizés.

I.2. Les milieux éoliens

1.2.3. Les dépôts des environnements éoliens :

La nature et le lieu des dépôts éoliens



caractéristiques physiques de l'agent de transport (vent) et des particules sédimentaires.

Ainsi, le vent, de faible densité et de faible viscosité, va transporter :

- les **sables**, surtout par saltation, sur de courte distance et donc vont se déposer à l'intérieur des déserts ;
- les **poussières** (silts et argiles), par suspension, sur de très grandes distances et vont se déposer donc en grande partie en dehors des limites des déserts.

I.2. Les milieux éoliens

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.2.3. Les dépôts des environnements éoliens :

a. Les dépôts de sables éoliens :

✓ Probablement les plus importants des dépôts désertiques et constituent la majeure partie de la séquence désertique.

✓ le dépôt et la forme des accumulations sableuses est contrôlé par plusieurs facteurs :

- la source et la quantité de sable ;
- la direction et la force du vent ;
- la nature de la surface sur laquelle va se déposer le sable.

I.2. Les milieux éoliens

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.2.3. Les dépôts des environnements éoliens :

a. Les dépôts de sables éoliens :

Les dépôts éoliens sableux les plus importants et les plus caractéristiques restent les **dunes**.

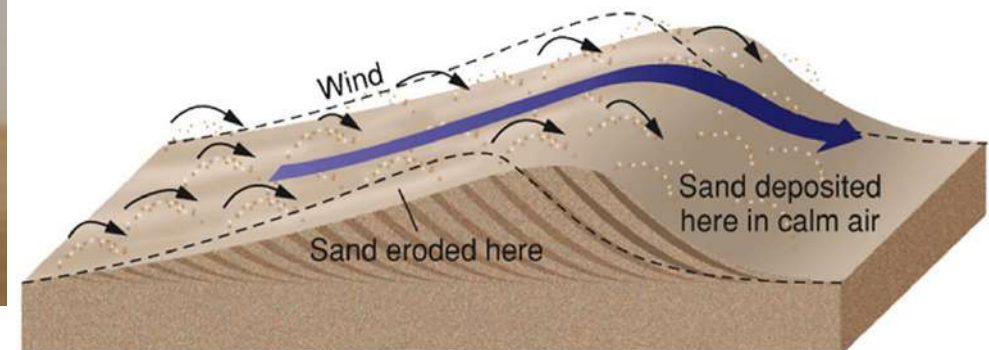
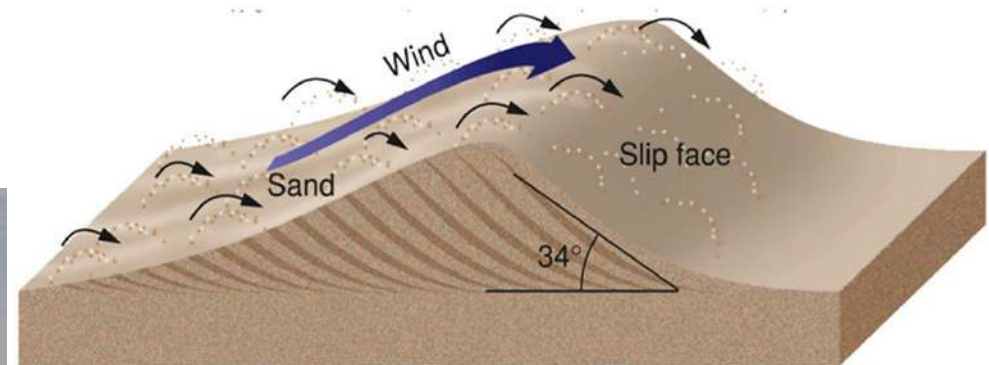
Les **dunes éoliennes** sont des monticules de sables édifiés par le vent dans les déserts ou sur les littoraux. Leur hauteur est de 5 à 10 m pour une longueur d'onde de quelques centaines de mètres au maximum, cette hauteur dépend de l'intensité du vent et de la taille des grains de sable.

I.2. Les milieux éoliens

1.2.3. Les dépôts des environnements éoliens :

a. Les dépôts de sables éoliens : Migration des dunes

I - LE MILIEU CONTINENTAL:



I.2. Les milieux éoliens

1.2.3. Les dépôts des environnements éoliens :

a. Les dépôts de sables éoliens :

La taille et la forme des dunes varie en fonction du régime du vent et la quantité de sable disponible :

Barkanes = dunes en croissants

Vent unidirectionnel et source limitée



Dunes linéaires

Vent bidirectionnel et source illimitée



dunes transversales

Vent unidirectionnel et source illimitée



Dunes en étoiles

Vent multirectionnel



I.2. Les milieux éoliens

1.2.3. Les dépôts des environnements éoliens :

b. Les dépôts de poussières =loess :

- ❖ Particules de la taille des silts et argiles sont transportées essentiellement en suspension sur de grandes distances et souvent déposées en dehors des limites des déserts. .
- ❖ Chaque année le Sahara perd plus de 100 millions de tonnes de poussière dont une grande partie tombe dans l'océan Atlantique, contribuant ainsi à la sédimentation océanique.
- ❖ Les dépôts anciens de poussières éoliennes forment les **loess** ; ce sont des dépôts non stratifiés et souvent non consolidés composés surtout par des silts.

1.2. Les milieux éoliens

1.2.3. Les dépôts des environnements éoliens :

b. Les dépôts de poussières = loess :

I - LE MILIEU CONTINENTAL:



I.2. Les milieux éoliens

1.2.3. Les dépôts des environnements éoliens :

b. Les dépôts marqués par l'influence de l'eau : **wadi**

I - LE MILIEU CONTINENTAL:



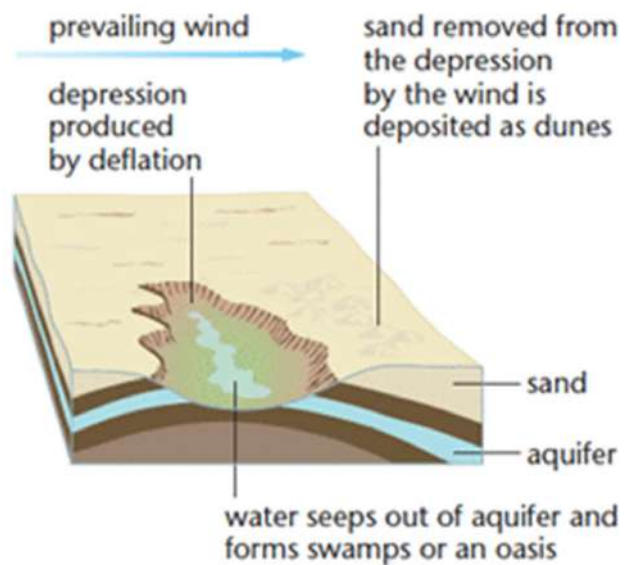
I.2. Les milieux éoliens

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.2.3. Les dépôts des environnements éoliens :

b. Les dépôts marqués par l'influence de l'eau : **sebkha**

Les sebkha sont des dépressions produites par déflation dans les plaines salines des zones désertiques, où la nappe phréatique est superficielle.



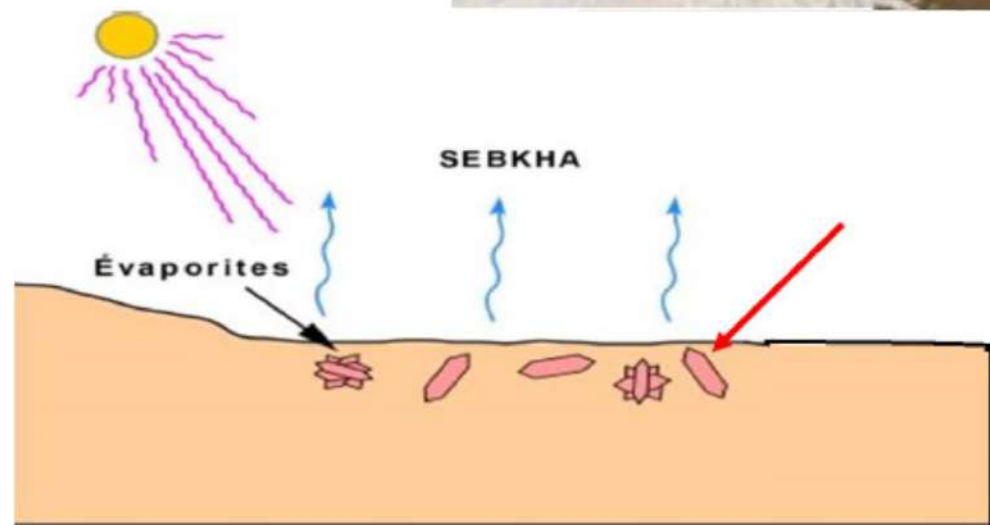
I.2. Les milieux éoliens

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.2.3. Les dépôts des environnements éoliens :

b. Les dépôts marqués par l'influence de l'eau : **sebkha**

Quant l'eau s'évapore, il y'a formation d'une croûte d'évaporites qui tapissent le fond de ces dépressions (carbonate de calcium (CaCO_3), de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), d'anhydrite (CaSO_4) et de chlorure de sodium (NaCl)).



I.3. Les milieux fluvialité :

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.3.1. Les torrents :

- ✓ Partie amont des systèmes fluviaux (régions abruptes)
- ✓ Un torrent comprend trois parties :
 - le **bassin de réception**, sorte de cirque où se rassemblent les eaux de ruissellement et où dominent les processus d'érosion ;
 - le **chenal d'écoulement**, souvent étroit et à pente forte ;
 - le **cône de déjection** où sont déposés les matériaux mobilisés.

I.3. Les milieux fluvial

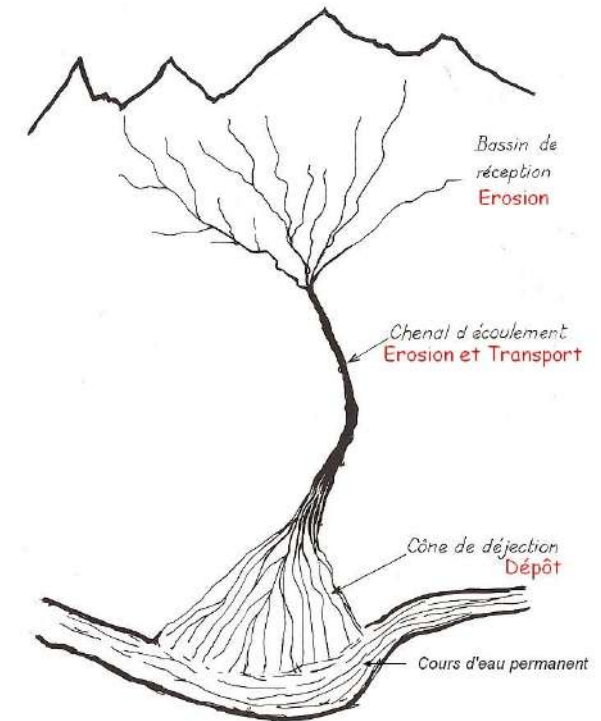
I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.3.1. Les torrents :

- ✓ le débit est très variable et dépend des précipitations ou des fontes de neige ;
- ✓ l'énergie dépend du débit et de la vitesse ;
- ✓ la vitesse est elle-même fonction de la pente longitudinale du lit.



Cône de déjection ou cône alluvial = amas de sédiments souvent de forme conique, déposés à une rupture de pente concave du lit d'un torrent.



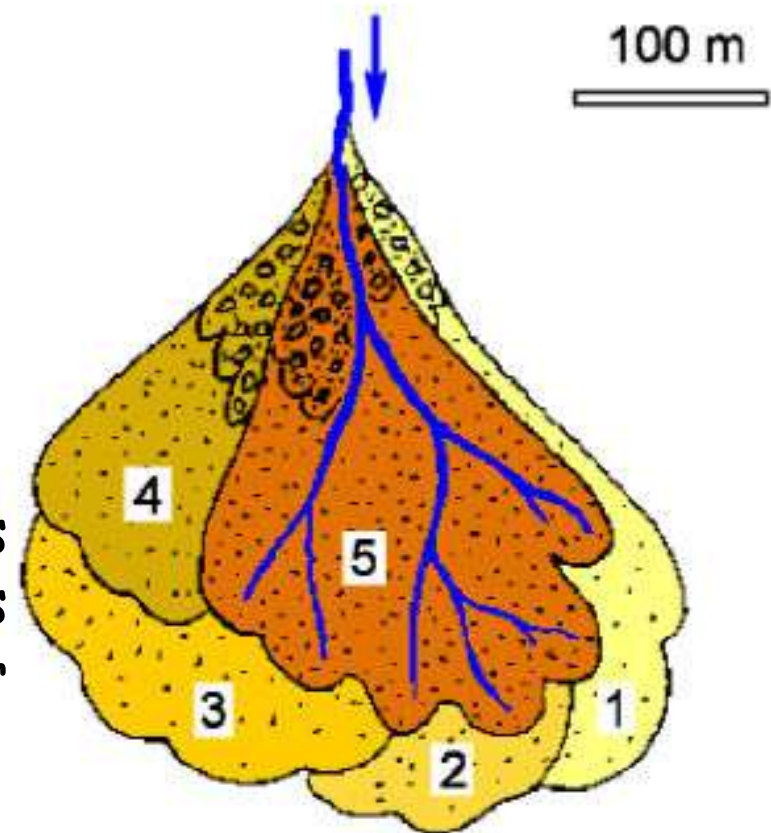
Les différentes composantes d'un torrent

I.3. Les milieux fluviaux

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.3.1. Les torrents :

- Lorsque les matériaux de toute taille transportés par un torrent arrivent dans une plaine, ils se déposent en forme d'un éventail lobé = cône de déjection torrentiel.
- Chaque lobe correspond à l'étalement des matériaux d'une crue.
- Ceux-ci sont granoclassés d'amont en aval, les éléments fins sont emportés le plus loin.
- Au pied d'un relief, les cônes de déjection de torrents voisins peuvent se joindre et constituer un glaciais de piémont continu.



I.3. Les milieux fleuviaux

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.3.2. Les rivières et les fleuves :

- Ce sont des cours d'eau permanents, ils sont alimentés par les torrents, les nappes et les sources.

a- Régime hydrique :

Le régime hydrique d'un fleuve est défini par 3 facteurs :

- Le débit liquide : volume d'eau traversant la section d'un cours d'eau pendant l'unité de temps (m^3/s).
- La hauteur d'eau : c'est le niveau des eaux dans une section d'un cours d'eau, elle est fonction des crues et étiages :
 - ✓ Lors des crues ou hautes eaux : le niveau le plus élevé s'établit, l'eau peut déborder et s'étaler pendant les inondations ;
 - ✓ Lors des étiages ou basses eaux : le niveau le plus bas s'établit, le débit du fleuve atteint son minimum.

I.3. Les milieux fleuviaux

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

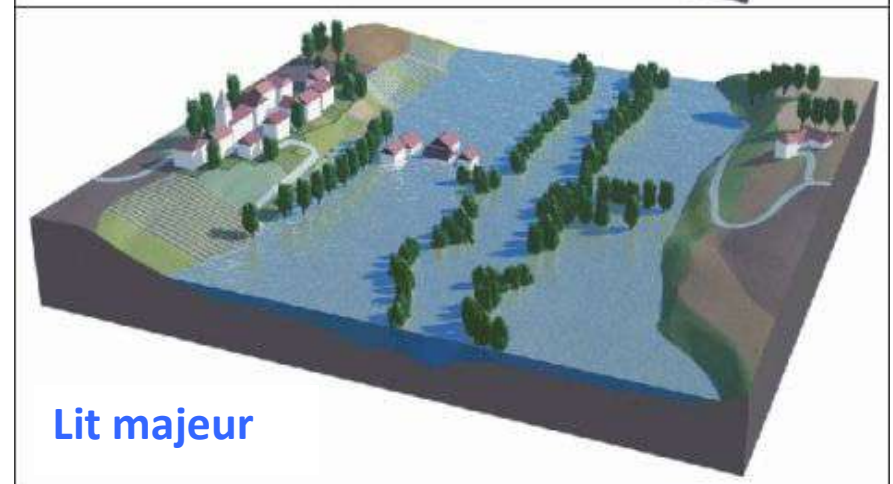
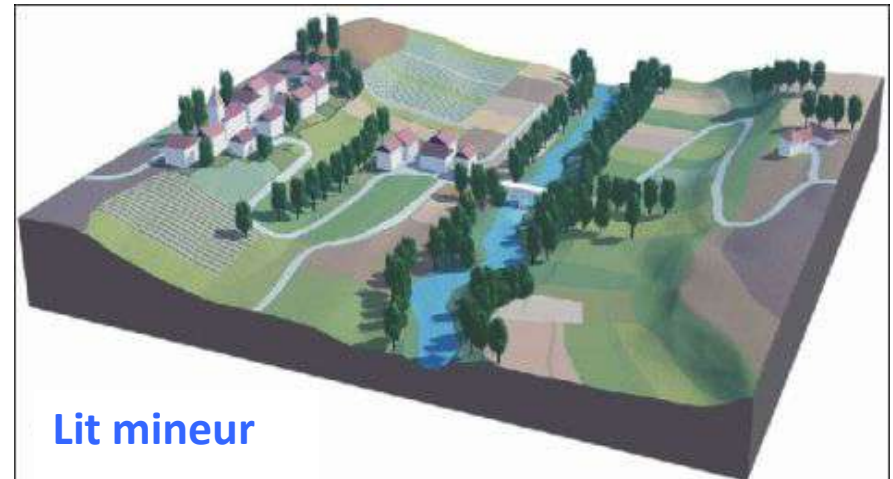
1.3.2. Les rivières et les fleuves :

a- Régime hydrique :

La hauteur d'eau définit la section mouillée ou le lit d'un cours d'eau
= une coupe verticale et transversale du cours d'eau :

- Le lit mineur correspond à la section mouillée durant l'étiage ou basses eaux.

- Le lit majeur correspond à la section mouillée lors des hautes eaux ;



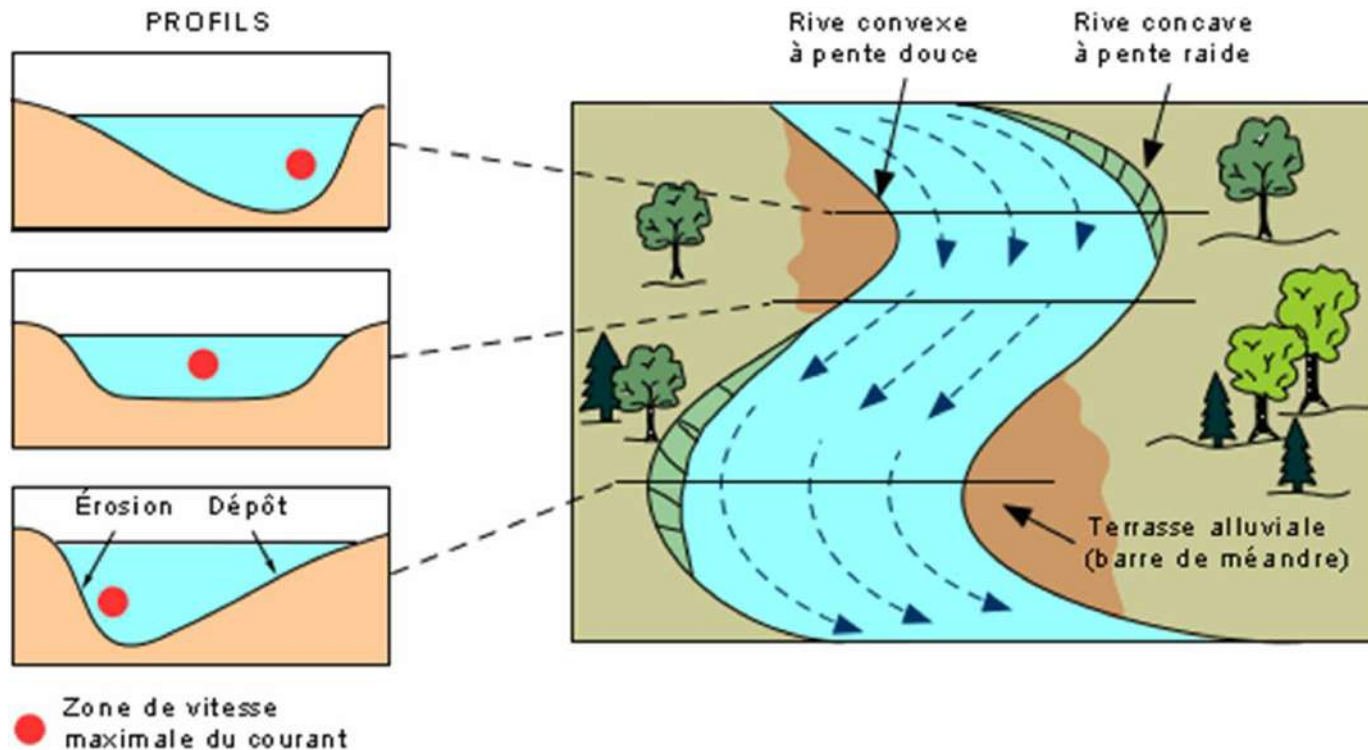
I.3. Les milieux fluviaux

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.3.2. Les rivières et les fleuves :

a- Régime hydrique :

- La vitesse du courant ou d'écoulement, dépend de la pente, la masse d'eau dans le fleuve et elle est variable selon la position dans la section mouillée.



I.3. Les milieux fluviaux

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.3.2. Les rivières et les fleuves :

b- Tracé d'un cours d'eau et méandres :

Le profil longitudinal des systèmes fluviaux tend à long terme vers un équilibre entre la charge transportée et la pente. On y relève les caractères suivants :

- Le niveau de base correspond au niveau de la mer dans le cas des fleuves. Dans le cas des rivières, il correspond à la confluence avec une rivière plus grande ;
- L'équilibre se fait par **creusement** des sections à pente trop prononcée et **remblaiement** des sections à pente trop faible ;
- Le profil d'équilibre est concave, tangent vers le bas au niveau de base.

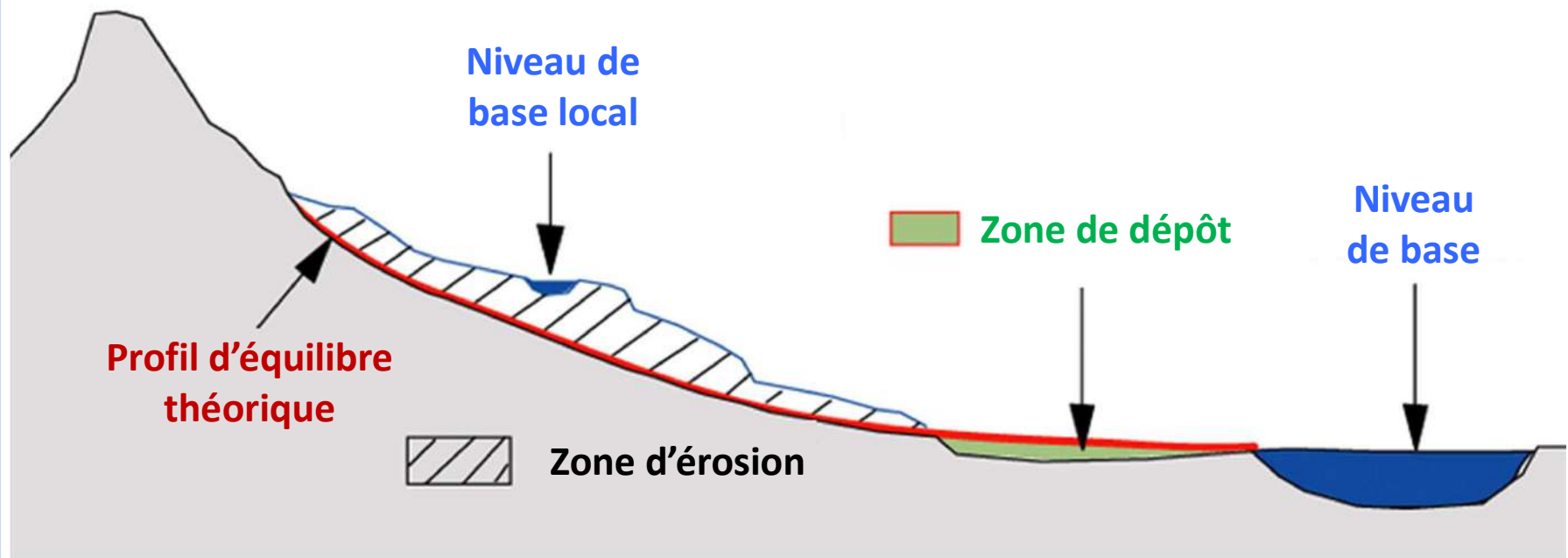
I.3. Les milieux fluviaux

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.3.2. Les rivières et les fleuves :

b- Tracé d'un cours d'eau et méandres :

Par le jeu de l'érosion et de la sédimentation, le profil longitudinal d'une rivière tend vers un profil d'équilibre concave vers le haut, qui tangente vers le bas le niveau de base (niveau de la mer pour un fleuve). (A).



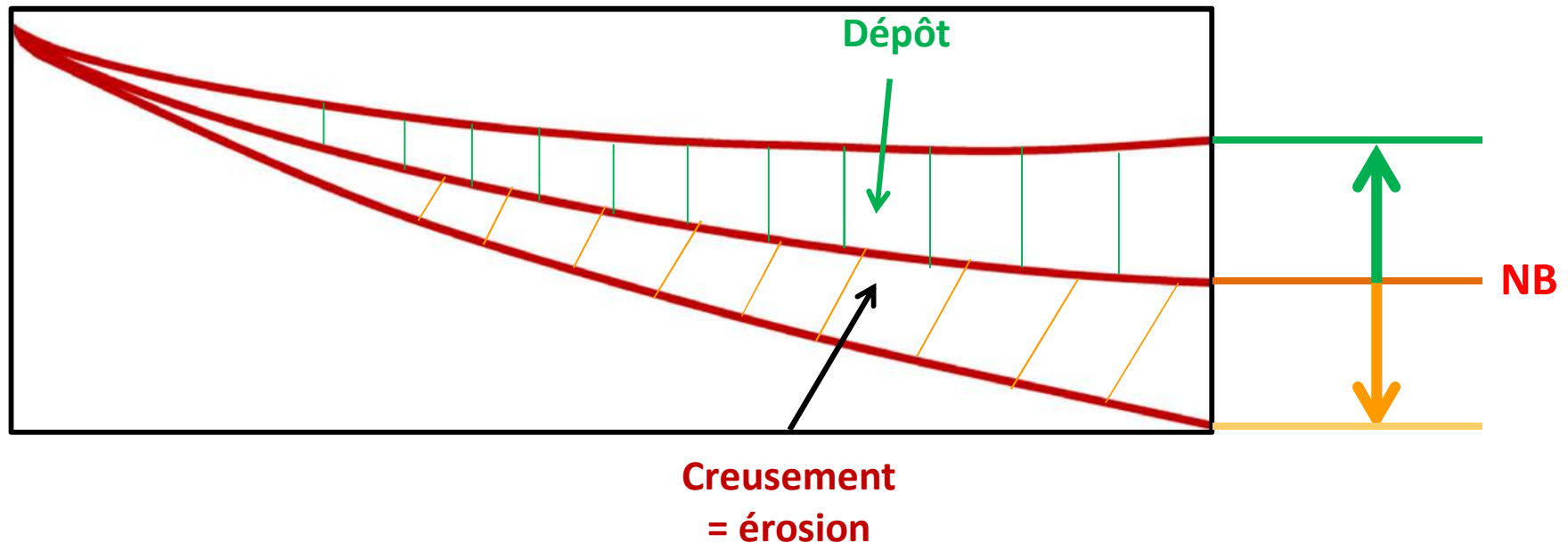
I.3. Les milieux fluviaux

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.3.2. Les rivières et les fleuves :

b- Tracé d'un cours d'eau et méandres :

Si le niveau de base s'abaisse, l'érosion reprend dans la partie basse. Si, au contraire, le niveau de base s'élève, la rivière dépose des alluvions dans sa partie basse.

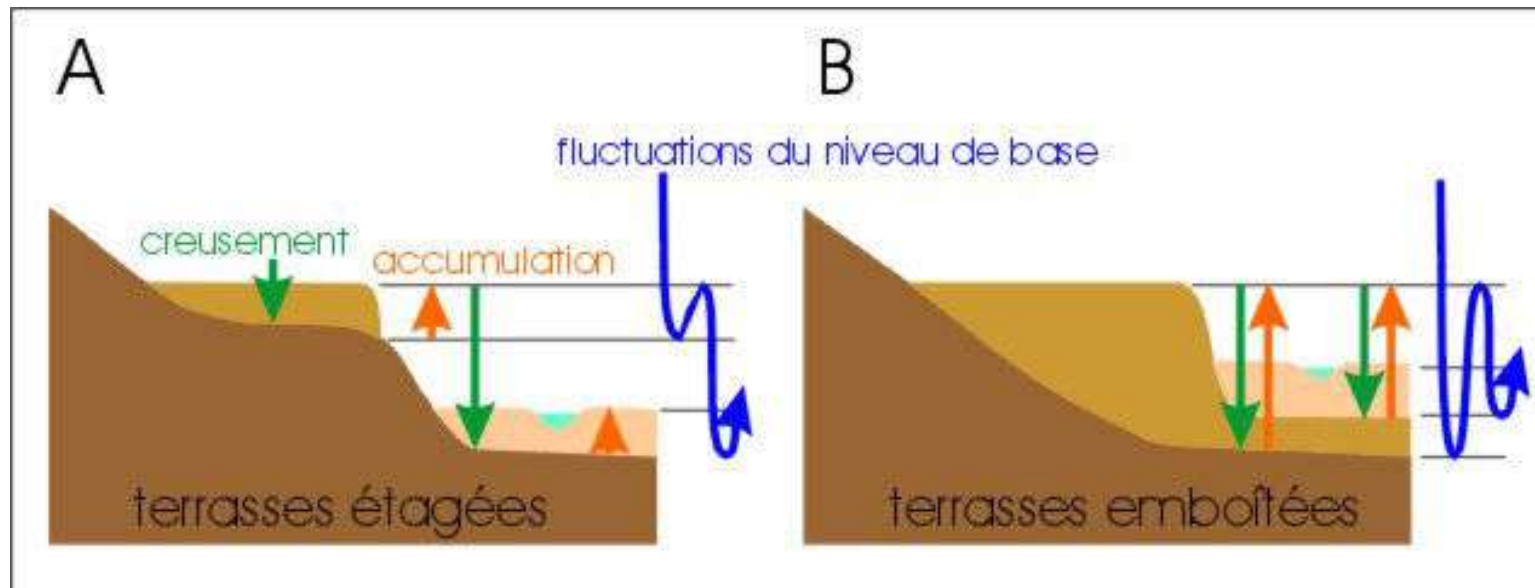


I.3. Les milieux fluviaux

1.3.2. Les rivières et les fleuves :

c- Les terrasses fluviales :

Une terrasse apparaît quand une rivière s'encaisse dans ses propres alluvions (phase érosive) avant de se remettre à déposer des alluvions : la surface de l'ancien lit majeur est alors suspendue au dessus du cours d'eau. Si le phénomène se reproduit plusieurs fois, on a des terrasses :



- étagées si les couches d'alluvions sont dégagées les unes des autres (érosion importante)

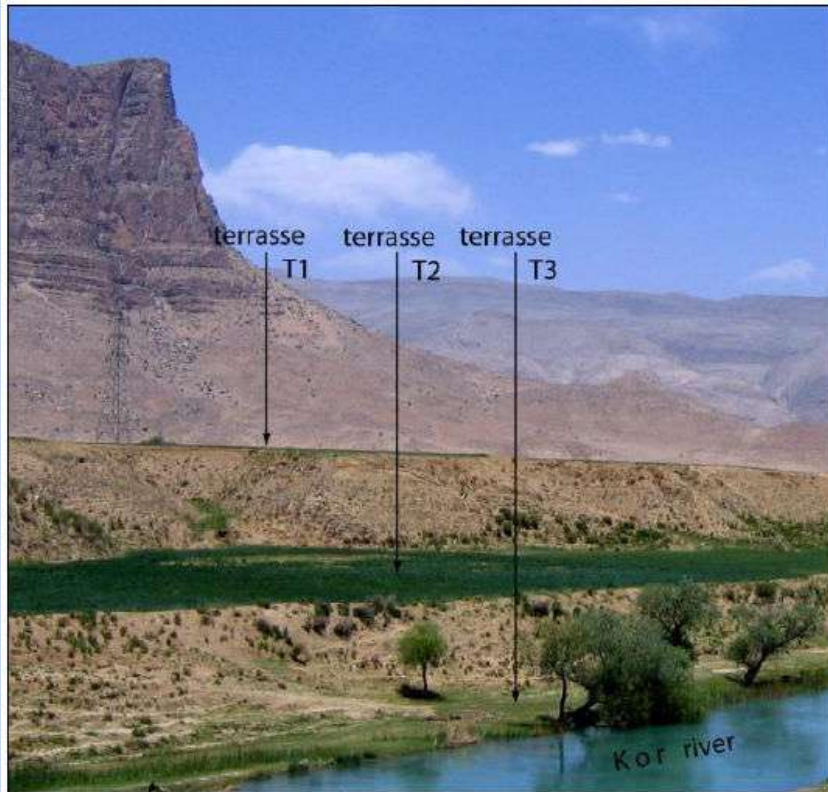
- emboîtées si l'entaille d'érosion où se dépose la terrasse t+1 reste contenue dans la terrasse t.

1.3. Les milieux fluviatils

1.3.2. Les rivières et les fleuves :

c- Les terrasses fluviatiles :

I - LE MILIEU CONTINENTAL:



Terrasses étagées

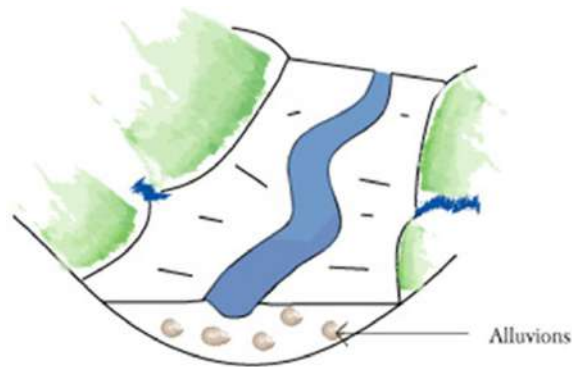


Terrasses emboîtées

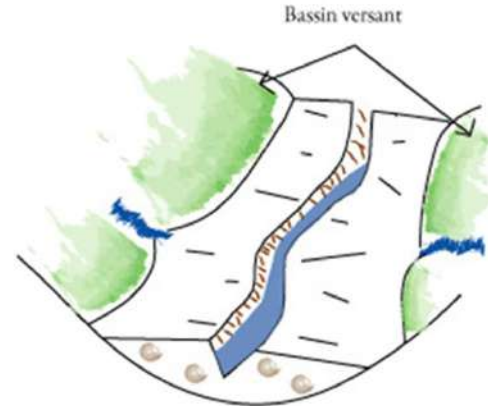
I.3. Les milieux fluviaux

1.3.2. Les rivières et les fleuves :

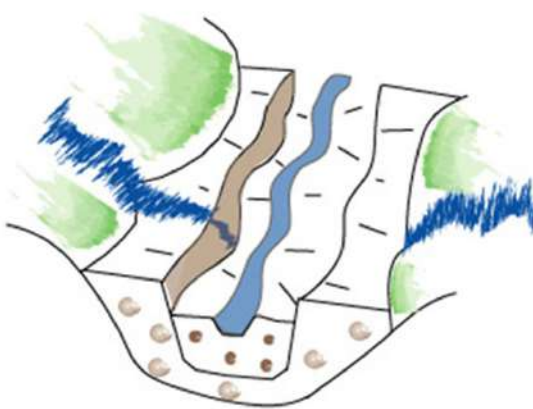
c- Les terrasses fluviales :



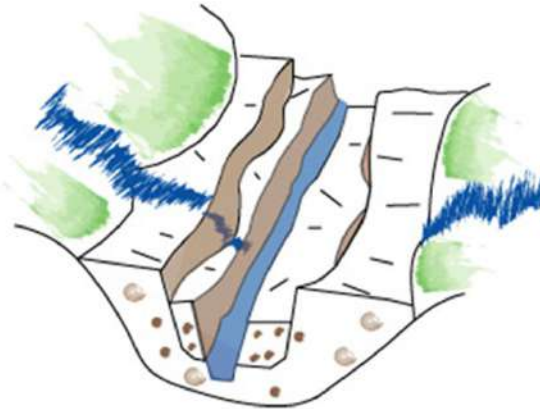
1) Le cours d'eau s'écoule dans son lit et dépose des alluvions.



2) Il surcruise ses dépôts d'alluvions et se forme la première terrasse.



3) Nouvelle phase de dépôts : les premiers dépôts forment une autre terrasse.



4) Le cours d'eau creuse de nouveau les alluvions déposés lors de la troisième étape formant ainsi deux nouvelles terrasses.

La terrasse la plus basse est toujours la plus récente.

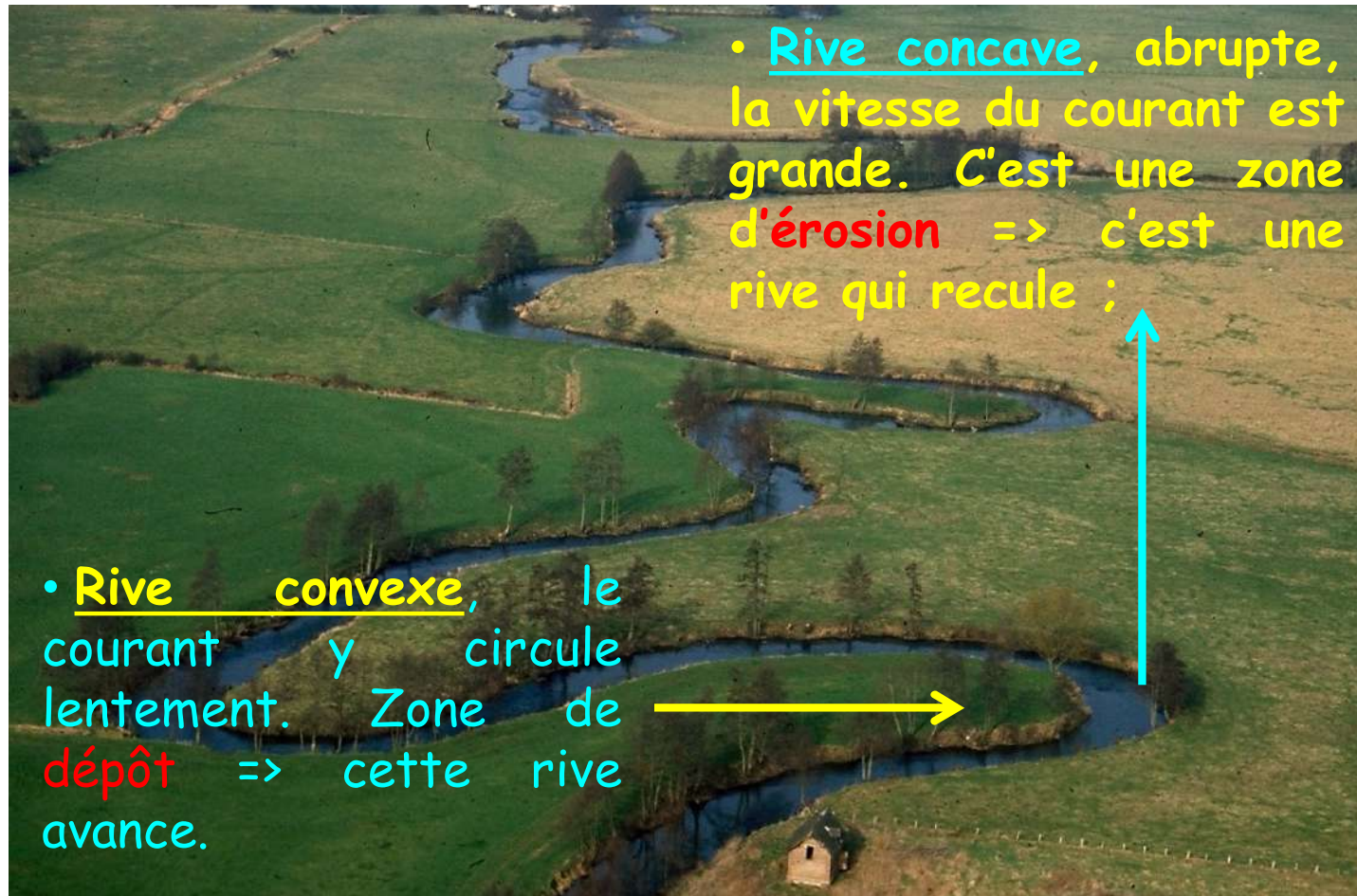
I.3. Les milieux fluviaux

I - LE MILIEU CONTINENTAL:

1.3.2. Les rivières et les fleuves :

c- Les méandres :

Sont des sinuosités arrondies et régulières se situant dans la plaine alluviale. Un méandre comprend 2 parties :

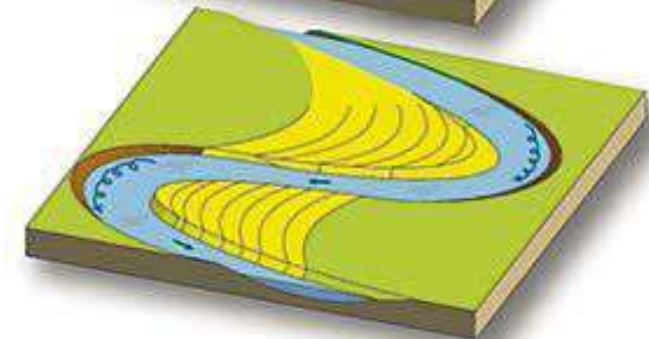
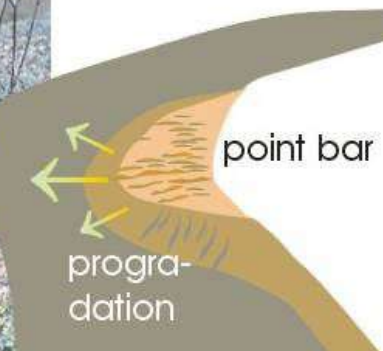


I.3. Le milieu fleuvial

1.3.2. Les rivières et les fleuves :

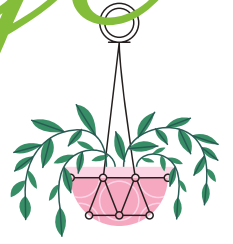
c- Les méandres :

I - LE MILIEU CONTINENTAL:



Ces mouvements des rives sont la cause de la migration latérale du chenal

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

