

Filière : Sciences de la Terre et de l'Univers (STU)
MODULE : PETROGRAPHIE SÉDIMENTAIRE (STU4)

*Processus de formation des roches
sédimentaires :
altérations , érosion et transport*

Professeur MAHJOUBI RACHIDA
Année Universitaire : 2019 - 2020

Plan

I - INTRODUCTION

II - PRINCIPAUX TYPES D'ALTERATION CONTINENTALE

1 - L'altération physique et mécanique

2 - L'altération chimique

2-1- Les réactions chimiques d'altération

2-2- Facteurs de l'altération chimique

3 - Conclusion

IV - EROSION ET TRANSPORT

1 - Erosion et transport par le vent

2 - Erosion et transport fluvial

3 - Erosion et transport par dissolution

4 - Erosion et transport glaciaire

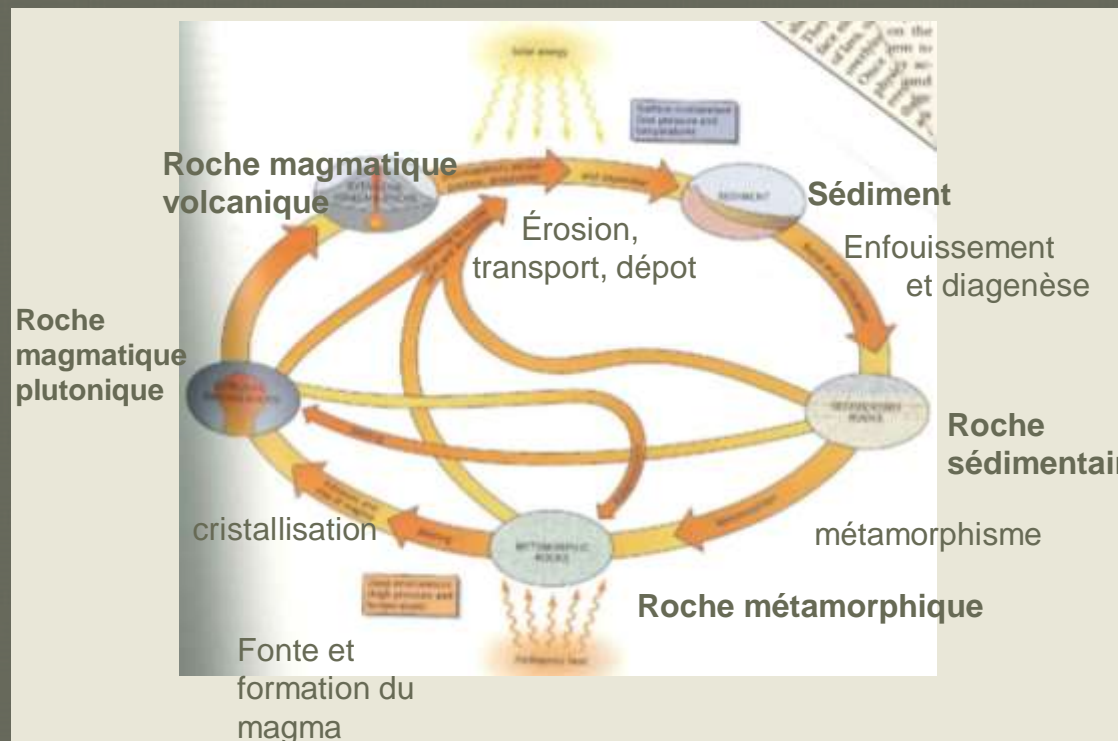
5 - Erosion et transport par gravité

6 - Erosion et transport marin

7 - Conclusion

I – INTRODUCTION

Les roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires, lorsqu'elles se trouvent à la surface de la terre, s'altèrent au contact de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la biosphère. Cette altération conduit à la formation d'éléments dissouts et particulaires.



II - PRINCIPAUX TYPES D'ALTERATION CONTINENTALE

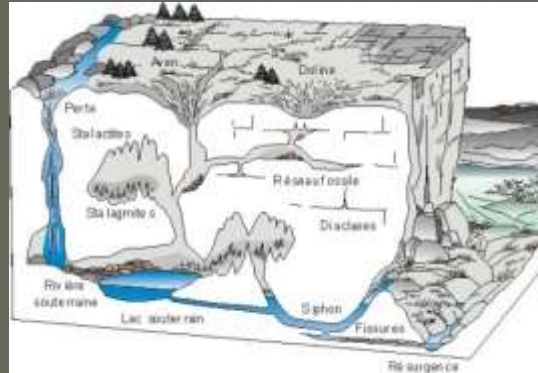
Mécanique

L'altération mécanique : morcelle le matériau initial sans affecter sa composition chimique et libère des particules



Chimique

L'altération chimique transforme la composition initiale des roches en détruisant la maille cristalline des minéraux.



Biologique



Croissance des racines



bioturbation



Bactéries et lichens

Anthropique

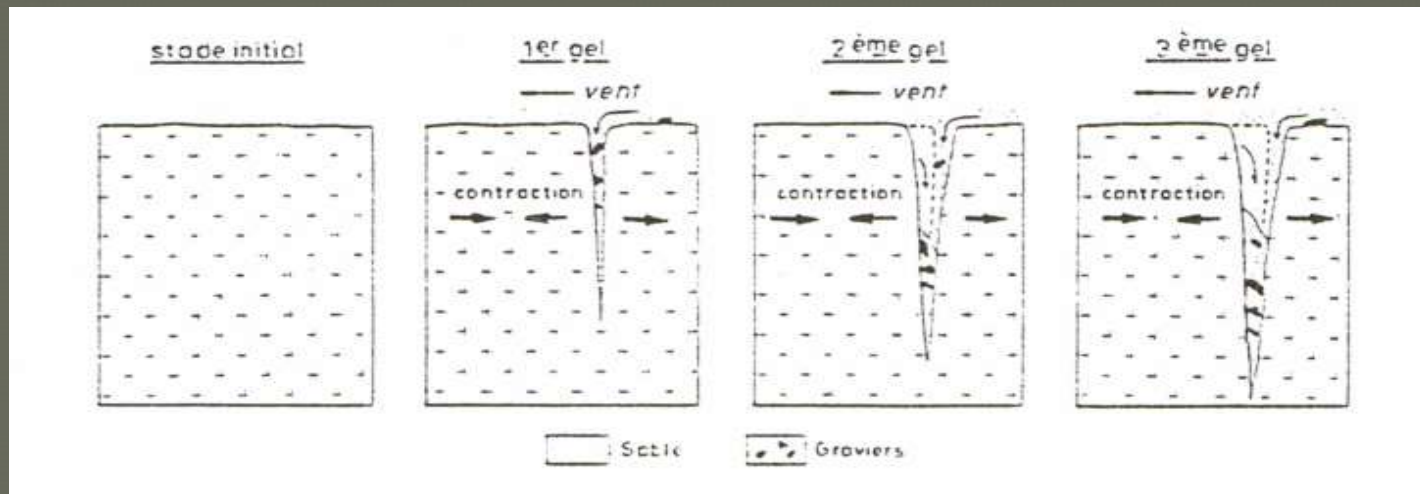
- Exploitation des carrières
- Passage des engins
- Explosions
- Culture

1 - L'altération physique ou mécanique

La destruction des roches par altération physique est causée par plusieurs facteurs :

-Thermoclastie qui se fait par alternance de dilatations et de rétractions des minéraux sous l'effet de variations de la température. Ce phénomène fréquent surtout dans les zones désertiques où la différence de température entre le jour et la nuit peut atteindre 50°C ;

-Cryoclastie qui se fait par alternance de dilatation et de contraction de l'eau dans les pores sous l'effet du cycle gel/dégel. L'eau interstitielle qui gèle augmente de volume de 9 à 10% ce qui provoque l'éclatement de la roche.



Bioclastie :

fragmentation de la roche par des éléments biologiques

- Hydroclastie

variation de la teneur en eau de la roche (sédiments argileux).



Mud Kraks



Croissance des racines



Croissance végétale

-Haloclastie

Fragmentation d'une roche sous l'effet de la pression de cristallisation des sels dans ses fissures ou ses cavités.

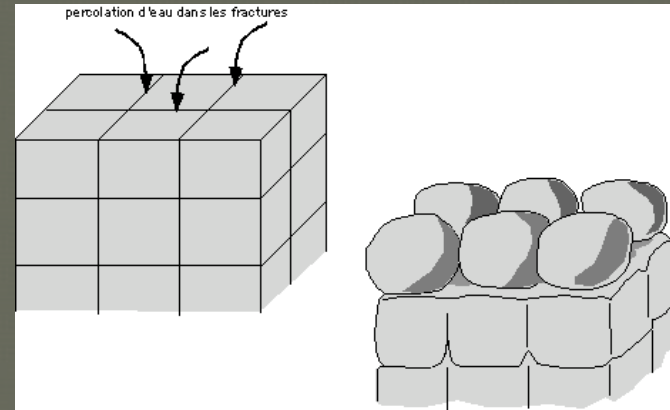


Terriers

Bioturbation

L'altération physique provoque la désagrégation de la roche en :

- **augmentant la surface de contact entre l'eau ou l'air et la matière minérale ;**
- **conservant la composition minéralogique et chimique de la roche**
- **préparant la roche à l'altération chimique**
- **libérant des particules détritiques.**



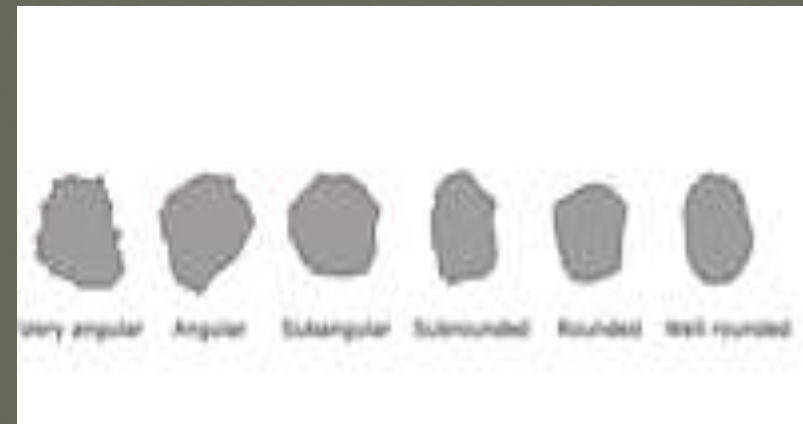
Les particules détritiques libérés peuvent avoir :

- Granulométrie variable ;



- Minéralogie variable en fonction de la nature la roche mère ;

- **Forme généralement anguleuse qui change en fonction de l'énergie du courant et de la distance parcourue.**

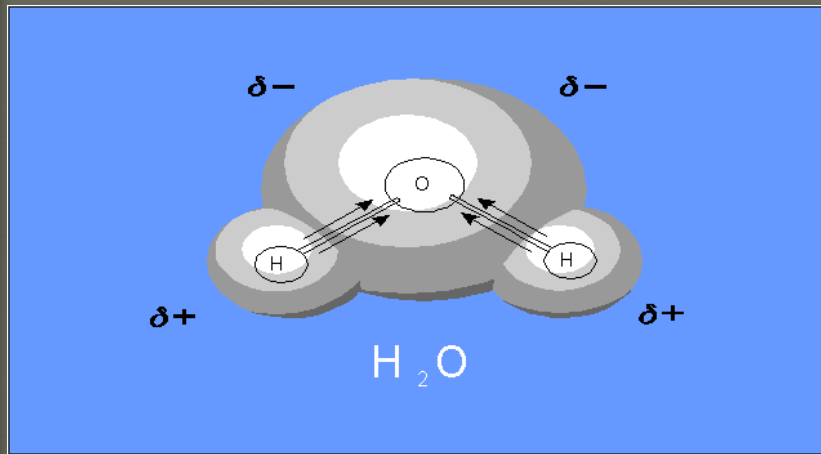




2- L'altération chimique :

L'altération chimique est l'ensemble de processus entraînant une modification de la composition chimique de la roche . Elle se fait en présence de l'eau en plus de l'oxygène et du CO₂ et elle attaque les microsystemes fissuraux et les microsystemes de contact des minéraux.

•



L'acteur majeur de l'altération chimique est l'eau qui est une molécule dipolaire qui possède des liaisons hydrogène très efficace dans la rupture des liaisons électroniques entre les atomes.

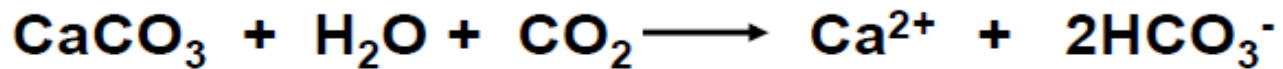
2 -1- Les réactions chimiques d'altération

- ❖ **La dissolution (carbonates, sels) ;**
- ❖ **L'oxydation et la réduction (minéraux avec cations métalliques) ;**
- ❖ **L'hydratation et la déshydratation ;**
- ❖ **L'hydrolyse (Aluminosilicates).**

- La dissolution

La dissolution est la mise en solution des éléments chimiques dans l'eau (solvatation). La molécule d'eau est dipolaire et attire certains éléments sous forme ionique.

Exemple de la calcite :



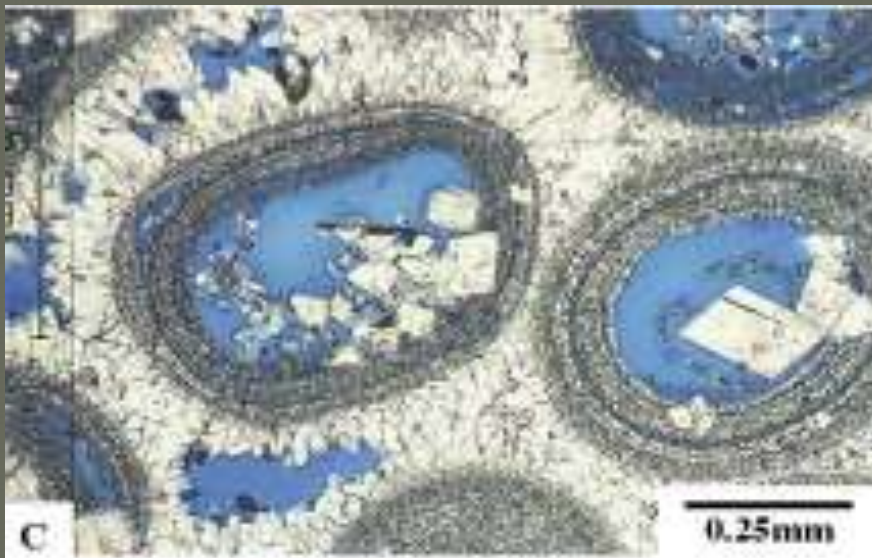
Calcite

eau

Dioxyde de
Carbone

Calcium

Bicarbonate



- L'oxydation

❖ L'oxygène de l'atmosphère est l'élément oxydant le plus répandu dans la nature et les éléments les plus facilement oxydables sont le fer et le manganèse.

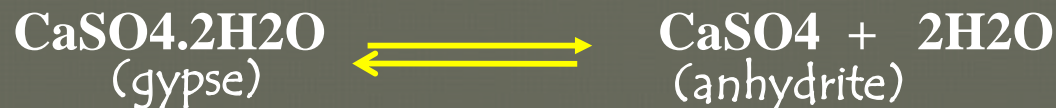


Exemple d'olivine



-L'hydratation / déshydratation

❖ Perte ou gain de molécules d'eau faisant partie de la structure du minéral.



- L'hydrolyse

- ❖ L'hydrolyse est due au pouvoir de **dissociation** de la molécule d'eau.
- ❖ La molécule d'eau peut se dissocier pour former des **ions H⁺ et OH⁻**. Ces ions peuvent ensuite se substituer à certains ions des minéraux.
- ❖ L'hydrolyse peut être totale lorsque le minéral est détruit en plus petits composés (hydroxydes, ions) ou partielles lorsque la dégradation est incomplète et donne directement des composés argileux.

**Minéraux Primaires
+ Solution (eau/air)**

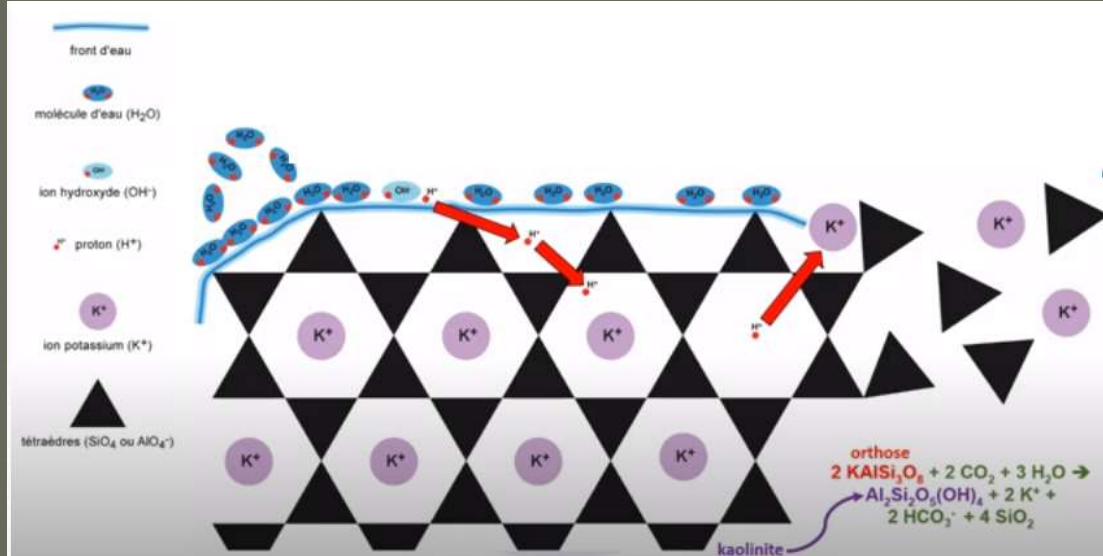


**Minéraux secondaires + oxydes
+ Solution de lessivage**

Exemple de feldspath

Les tétraèdres de feldspaths sont maintenus par des ions K^+ et à la surface des molécules d'eau qui peuvent se dissocier en OH^- et en H^+ .

Les protons H^+ , de très petite taille, migrent à l'intérieur du feldspath délaçant les ions K^+ et prennent leur place. Et comme les protons sont de ions de petite taille ils ne peuvent pas maintenir la cohésion du minéral ce qui provoque le déchaussement des tétraèdres qui vont ensuite se recombinaer pour donner d'autre minéraux notamment des argiles.



Orthose

Ion
hydrogène

eau

Illite

Acide
silicique

Potassium

- L'activité biologique (bactéries, plantes, champignons)

- Relarguage des protons (H^+) par les racines provoquant l'acidification et l'accélération de l'hydrolyse ;**
- Apport de O_2 , CO_2 , matières organique qui produit l'acide organique qui accélère l'altération biochimique et l'hydrolyse .**
- Déplacement des équilibres chimiques par prélèvements des sels minéraux.**

2-2- Facteurs de l'altération chimique

❖ Facteurs internes liés à la roche

- Energie de liaison dans l'édifice cristallin
- Mobilité des ions
- Résistance des minéraux
- Caractère morphologique du minéral (taille, forme, aspect, etc..)

❖ Facteurs externes

- Le climat
- Le PH
- Le drainage du milieu
- Agents inorganiques (O₂, CO₂, acides) ,
- Agents biologiques et produits organiques

Facteurs internes

- Energie de liaison dans l'édifice cristallin

L'énergie de liaison, entre les différents atomes des minéraux, est variable selon la charge des espèces concernées. Plus la charge ionique est importante plus la liaison est forte et plus le minéral est résistant.

- Mobilité des ions

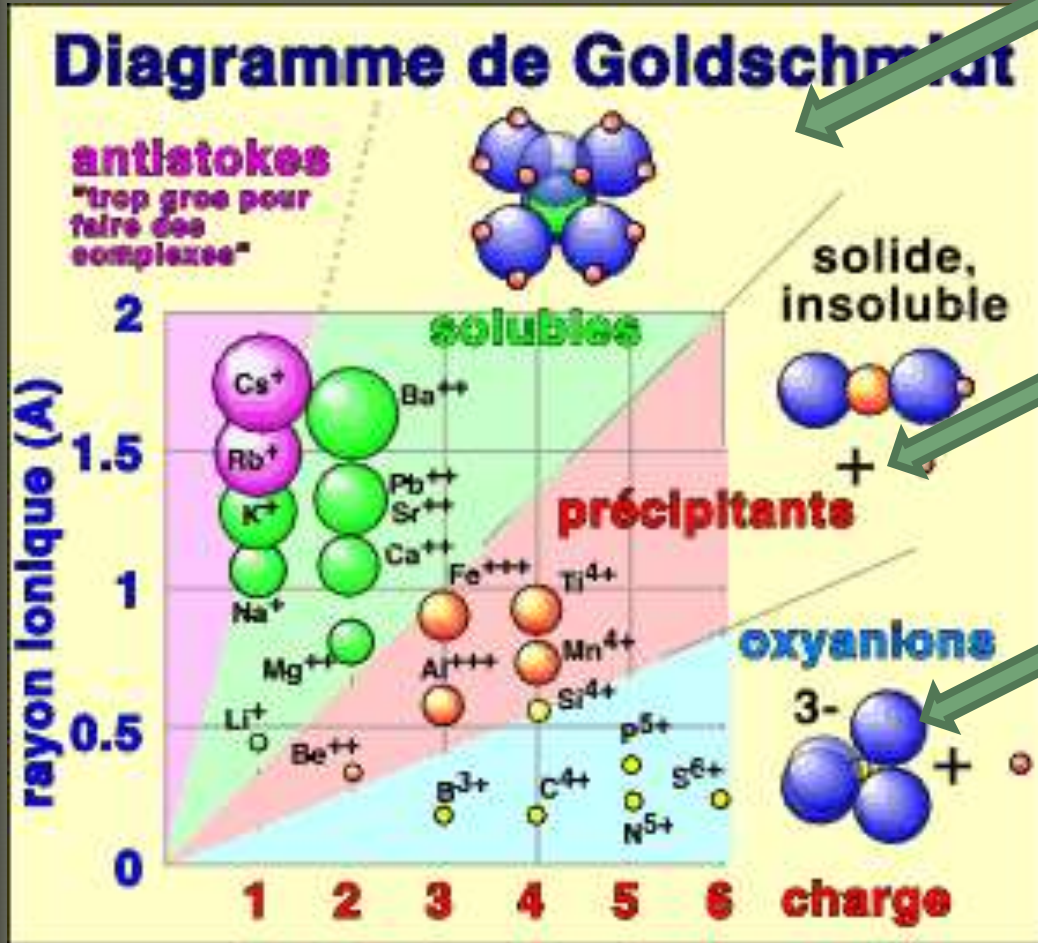
❖ La mobilité des ions dépend du potentiel ionique PE qui est égale au rapport de la charge Z sur le rayon r de l'atome.

- La charge Z d'un ion est égale à 1+, 2+, 3+... 8+.

- Le rayon r de l'ion dépend de sa position dans le tableau périodique.

1 H																	2 He																														
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne																														
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar																														
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr																														
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe																														
55 Cs	56 Ba	-71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn																														
87 Fr	88 Ra	-103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo																														
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>57 La</td> <td>58 Ce</td> <td>59 Pr</td> <td>60 Nd</td> <td>61 Pm</td> <td>62 Sm</td> <td>63 Eu</td> <td>64 Gd</td> <td>65 Tb</td> <td>66 Dy</td> <td>67 Ho</td> <td>68 Er</td> <td>69 Tm</td> <td>70 Yb</td> <td>71 Lu</td> </tr> <tr> <td>89 Ac</td> <td>90 Th</td> <td>91 Pa</td> <td>92 U</td> <td>93 Np</td> <td>94 Pu</td> <td>95 Am</td> <td>96 Cm</td> <td>97 Bk</td> <td>98 Cf</td> <td>99 Es</td> <td>100 Fm</td> <td>101 Md</td> <td>102 No</td> <td>103 Lr</td> </tr> </tbody> </table>																		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu																																	
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr																																	

La classification établie par GOLDSCHMIDT distingue 3 groupes d'ions d'après la valeur du potentiel ionique :



❖ **PE < ou égale à 3** : ions qui n'ont pas d'action sur les molécules d'eau et restent dispersés

❖ **3 < PE < 10** : ions s'unissent à OH⁻ et donnent des hydroxydes insolubles (Fe(OH)₃, Al(OH)₃...)

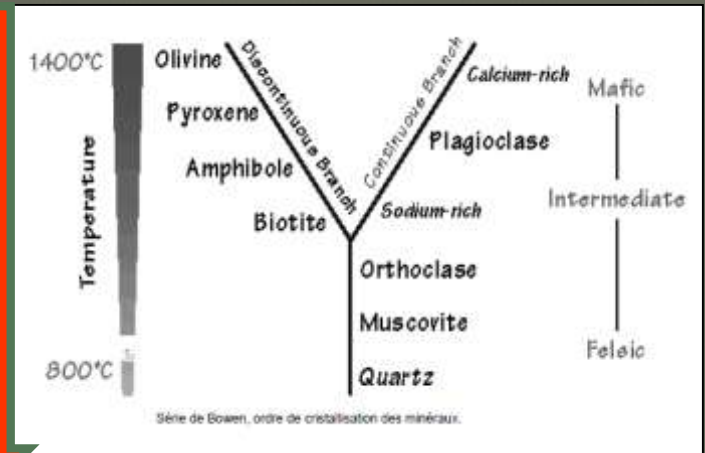
❖ **PE > 10** : ions s'associent avec les O⁻ et donnent des oxyanions solubles et des gaz (CO₂, SO₃, NO₂, SiO₂..)

- Résistance des minéraux à l'altération

Ordre de résistance des minéraux à l'altération

olivineplagioclases Ca
augiteplagioclases Ca-Na
hornblendeplagioclases Na-Ca
biotiteplagioclases Na
feldspaths K
muscovite
Résistant.....quartz

Ordre de formation des minéraux dans la chambre magmatique.



Facteurs externes

- Le climat

❖ Température et la pluviométrie sont des acteurs majeurs de l'altération :

- La température comme catalyseur des réactions

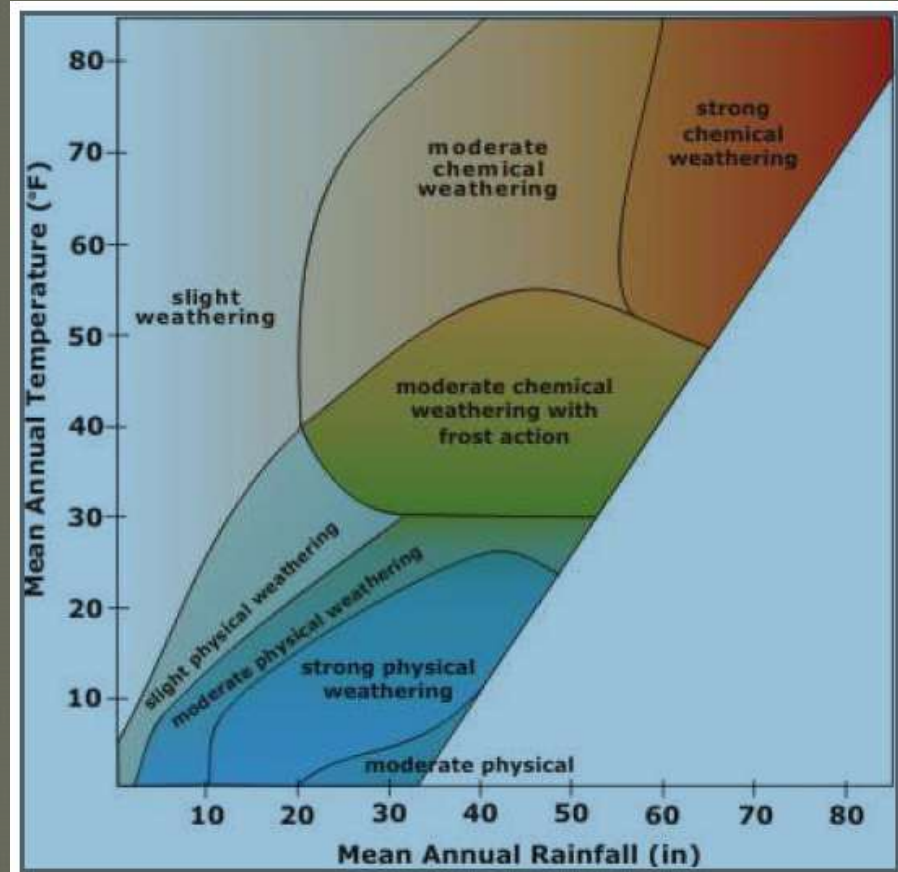
- La pluviométrie comme réactif

❖ Climat froid, altération mécanique forte et altération chimique faible ;

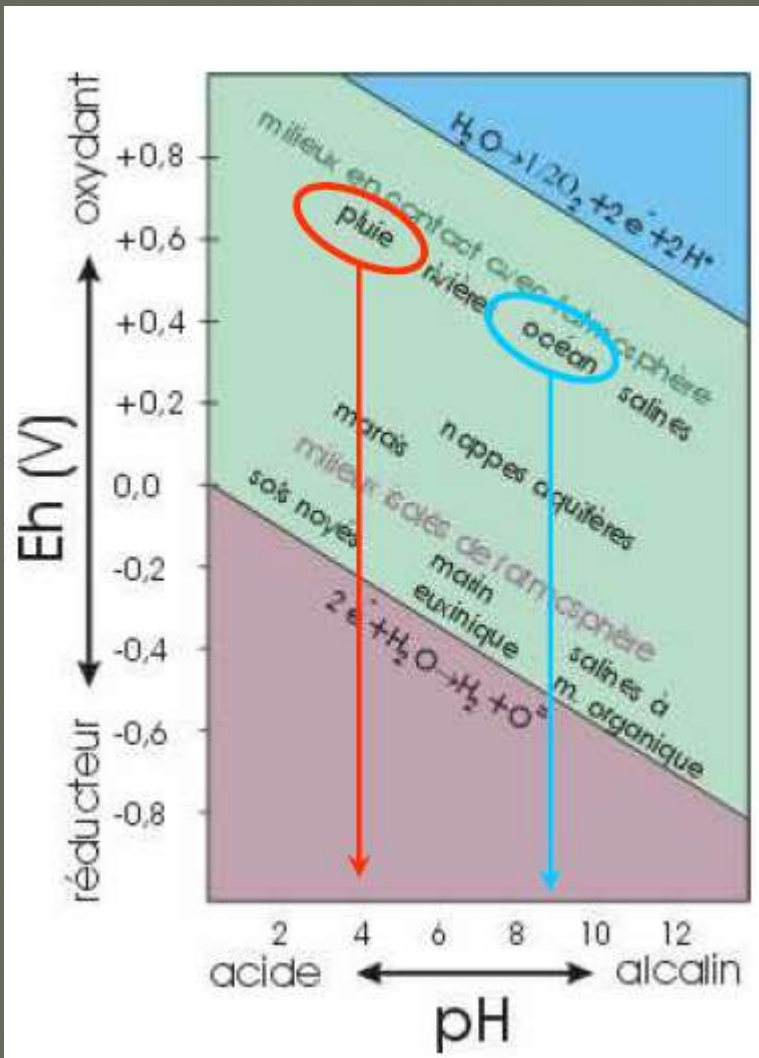
❖ Climat tempéré, l'altération mécanique par le gel en hiver et altération chimique plus importante en été ;

❖ Climat chaud et sec, altération mécanique relativement élevée et altération chimique faible ;

❖ Climat chaud et humide, altération pratiquement nulle et altération chimique intense



- Le potentiel d'oxydo-réduction



❖ L'acidité de l'eau (pH, H^+) accélère l'hydrolyse ;

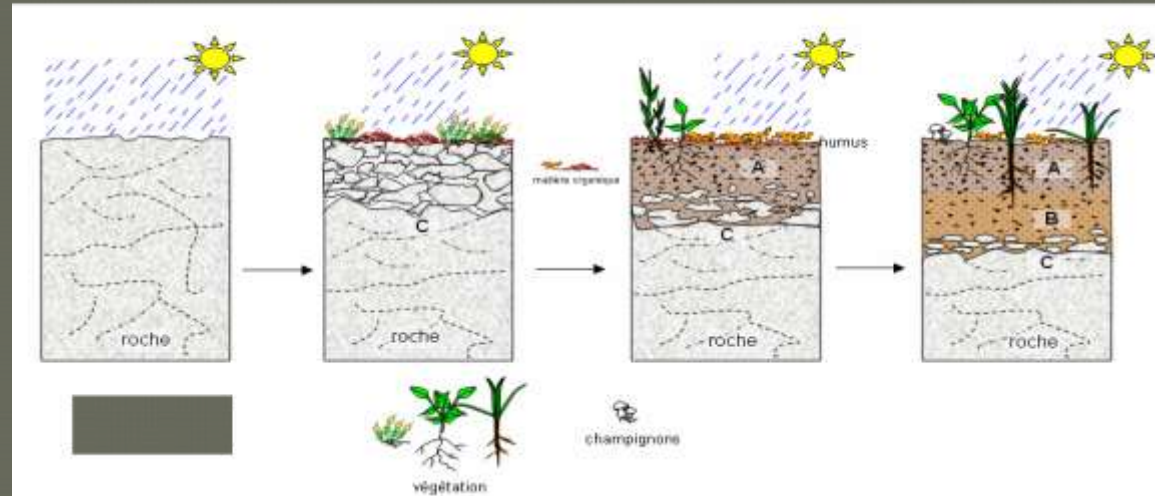
❖ Le potentiel rédox de l'eau (Eh) à la capacité d'oxyder ou de réduire certain minéraux ;

❖ Les Environnements au contact de l'atmosphère et de l'hydrosphère sont oxydants et favorables aux réactions de dissolution et d'hydrolyse ;

❖ Les Environnements profonds (bassins stratifiés, nappes) sont réducteurs et favorisent très peu de réactions d'hydrolyse.

- La végétation

❖ La présence de la végétation accentue les phénomènes d'altérations chimiques par action des acides organiques qui aboutissent à la formation des sols.



Roche mère	Altération de la roche et formation de l'horizon c colonisation par les végétaux et les êtes vivants	Formation de l'humus par décomposition de la MO . Horizon A	Différenciation de l'horizon B (MO et MM)
------------	--	---	---

❖ 25% des régions du globe n'ont pas de sol.

3 - CONCLUSION

La destruction des roches par les altérations physique et chimique constitue la source principale des matériaux des bassins de sédimentation. Ce phénomène intéresse aussi bien les roches magmatiques que les roches métamorphiques et sédimentaires.

L'altération mécanique produit des fragments de roche de même composition minéralogique que la roche d'origine. Ces fragments peuvent évoluer sur place ou être transportés dans les bassins sédimentaires.

L'altération chimique libère des ions susceptibles d'être exportés en solution. Les ions non solubles restent dans le sol et forment de nouveaux minéraux (néoformation).

Les roches érodées forment un manteau d'altération (éluvion) qui peut évoluer en sol par accumulation de matière organique sous forme d'humus dont la nature et l'épaisseur varie selon les climats..

IV - EROSION ET TRANSPORT

Les produits, issus de l'altération physique et chimique, sont en grande partie entraînés, loin des zones d'érosion vers les bassins de sédimentations, par les agents d'érosion et de transport qui sont :

- ❖ **Le vent**
- ❖ **L'eau sous forme solide et liquide**
- ❖ **La pesanteur**

- ❖ **L'Homme**
- ❖ **Les animaux**

1. Erosion et transport par le vent

❖ **Le vent est un agent efficace dans les régions désertiques et sur les plages ;**

❖ **Il ne déplace que des éléments fins (argiles, silts et sables) ;**

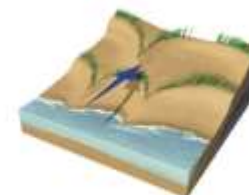
❖ **Ces apports éoliens se déposent au fur et à mesure que l'énergie du vent diminue en formant soit des accumulations dunaires soit des accumulations de loess ou sous forme de couches de sédiments piégées dans les bassins aquatique continentaux ou marins.**



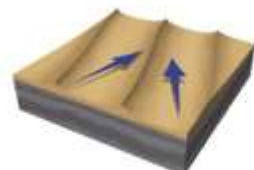
dune en croissant



dune complexe



dune parabolique



dunes longitudinales



dunes transversales



cordon de dunes

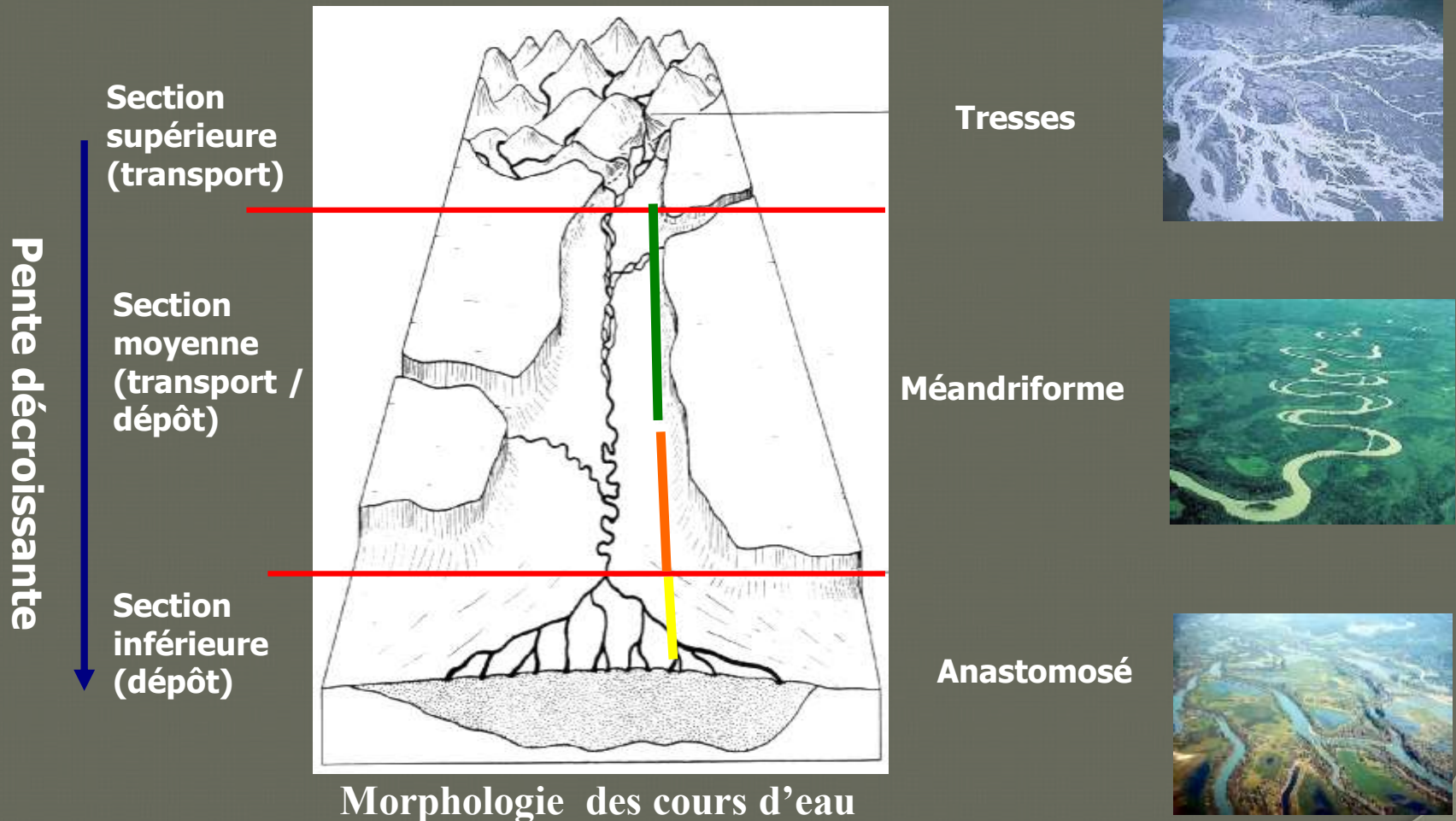
❖ Le long de sa trajectoire, le vent balaie les particules les plus fines et fait apparaître les surface rocheuse (Reg) ;

❖ Dans ces Reg les grains de sable transportés par le vent polissent les cailloux résiduels en façonnant des dreikanter.

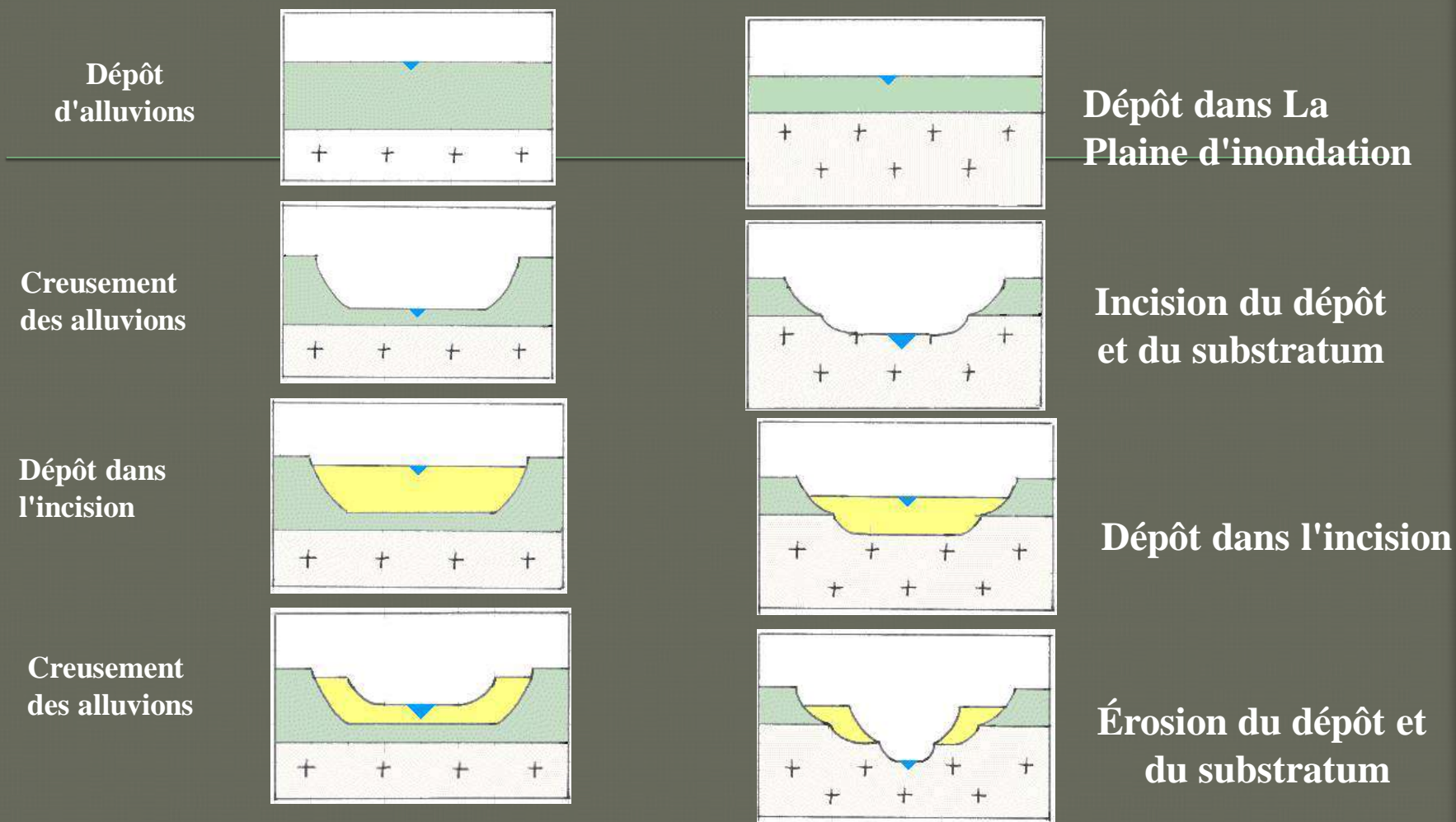


2- Erosion et transport fluvial

- ❖ Dans les milieux fluviaux, le ruissellement se déclenche si les précipitations sont supérieures à la capacité d'infiltration ;
- ❖ Les eaux empruntent les fissures du sol, les élargissent progressivement en chenaux parallèles qui fusionnent lors de l'écroulement ;
- ❖ De l'amont vers l'aval un cours d'eau peut être subdivisé en trois sections :



Profil latéral



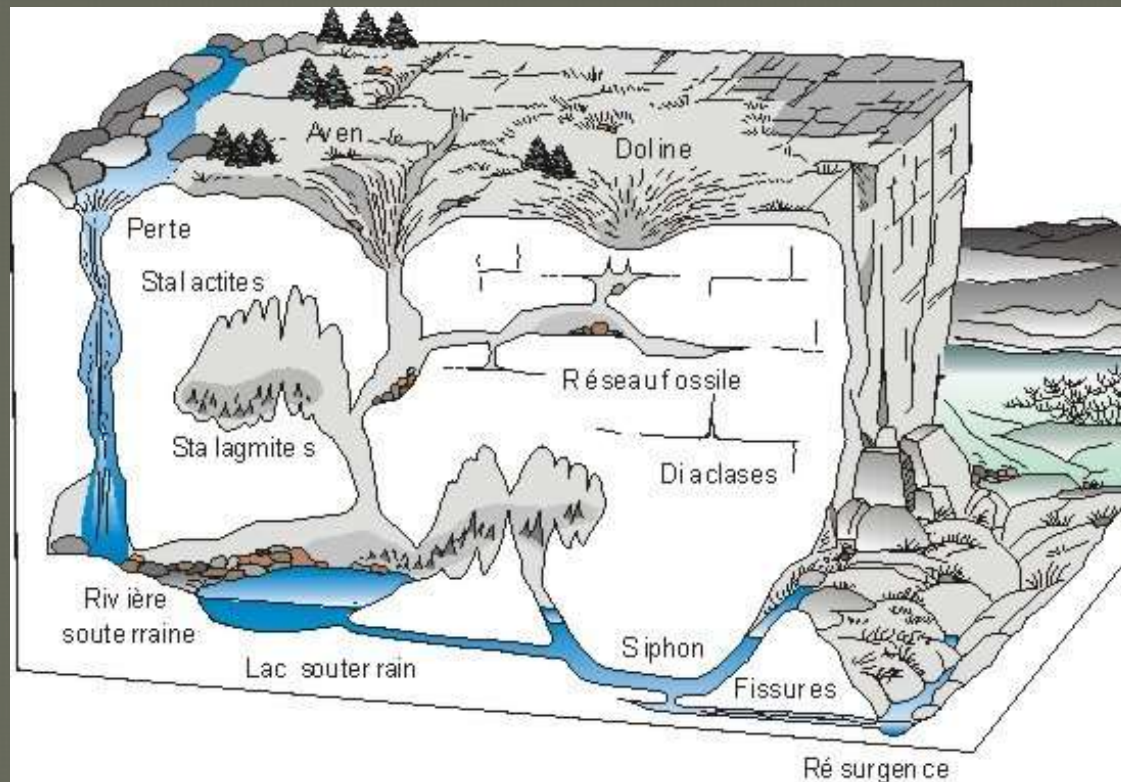
Ces alternances de phases d'érosion moins importantes et de sédimentation se poursuivent, pour donner des **terrasses emboîtées** les unes dans les autres, sans jamais atteindre le substratum.

Ces alternances de phases érosives très importantes et des phases de sédimentation moins importantes. Les **terrasses étagées** se forment avec l'encaissement du cours d'eau dans le substratum.

3 - Erosion par dissolution

La dissolution des roches surtout calcaire provoque le départ de la matière en solution. Cette perte de matière sculpte des paysages caractéristiques ;

Le karst, qui est l'ensemble des formes d'érosion qui résultent de la dissolution de roches (surtout calcaires) par les eaux douces, est un bon exemple.



3 - Erosion et transport glaciaire

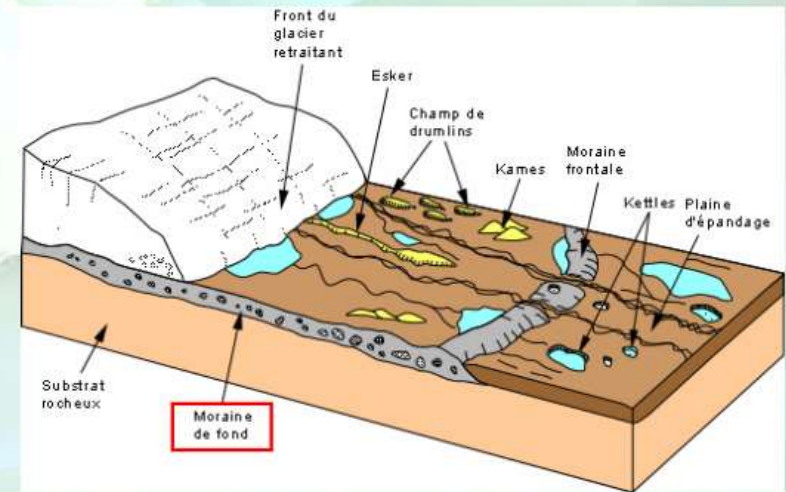
Le déplacement des glaciers provoque une érosion importante induisant le polissage et l'arrachement des matériaux donnant des roches sédimentaires à galets striés.

❖ Les dépôts de l'environnement glaciaire comportent deux groupes :

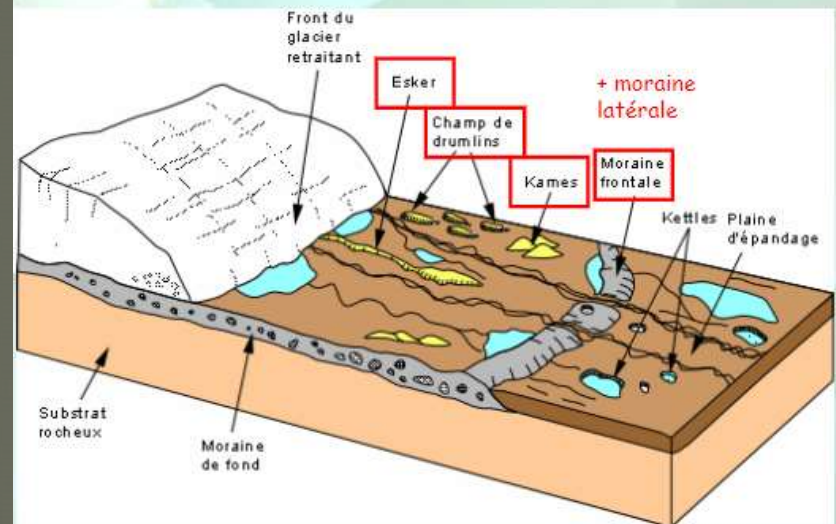
- Les dépôts **glaciogéniques** formés par de matériaux transportés puis déposés par les glaciers actif ou libérés suite à leur fonte donnant des sédiments très peu remanié ;

- Les dépôts **glaciaires de remaniement** hétérogènes qui forment d'énorme quantité de matériaux fluvio-glaciaires qui s'accumulent sur la plaine d'épandage.

(1) dépôts glaciogéniques



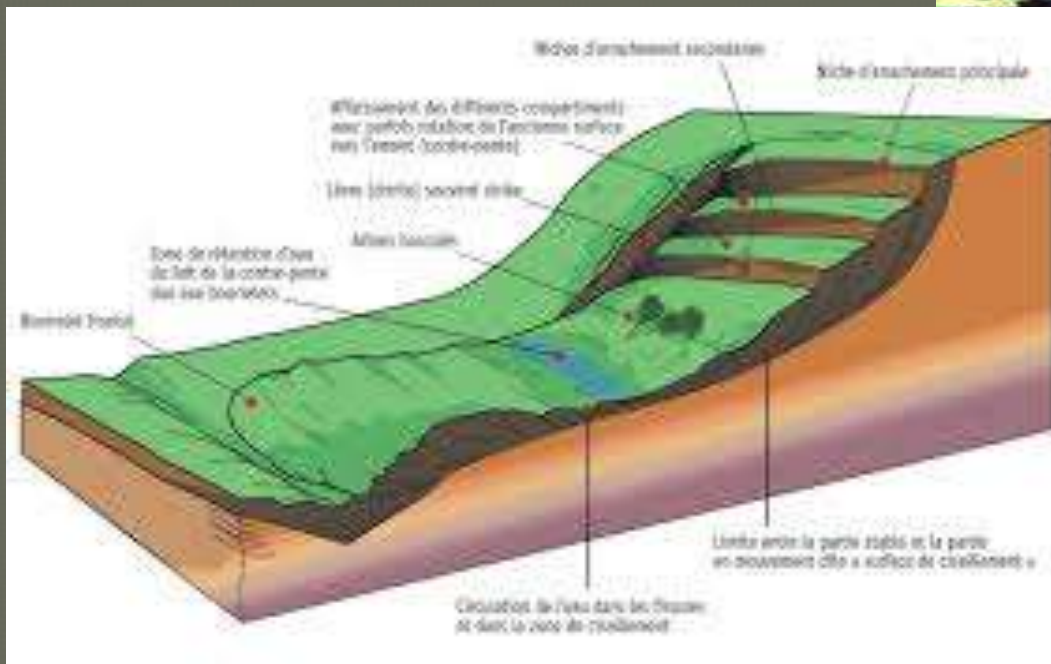
(2) dépôts glaciaires de remaniement (hétérogènes)



5 - Erosion et transport par gravité

- Glissement de terrain

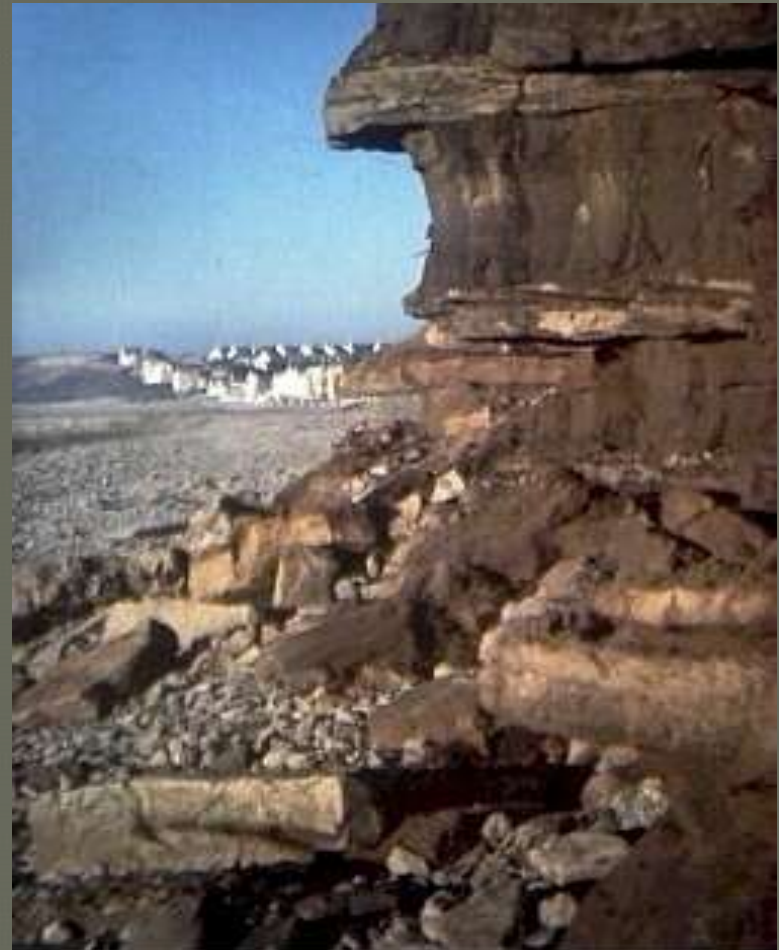
Il s'agit d'un déplacement gravitaire, le long d'une pente, d'une masse de terrain



- Nature de la roche
- Séismes
- Teneur en eau

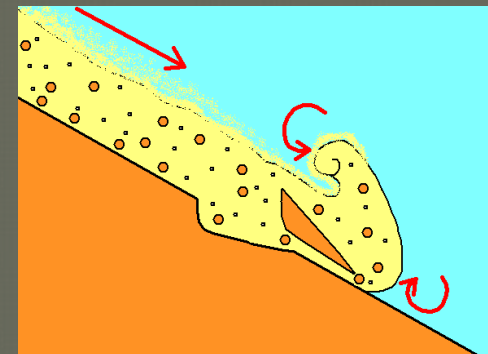
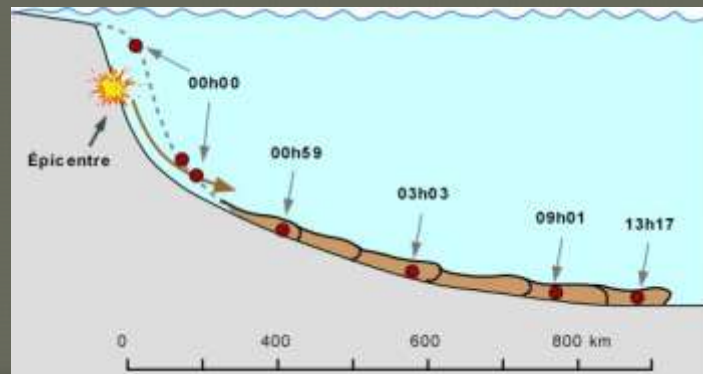
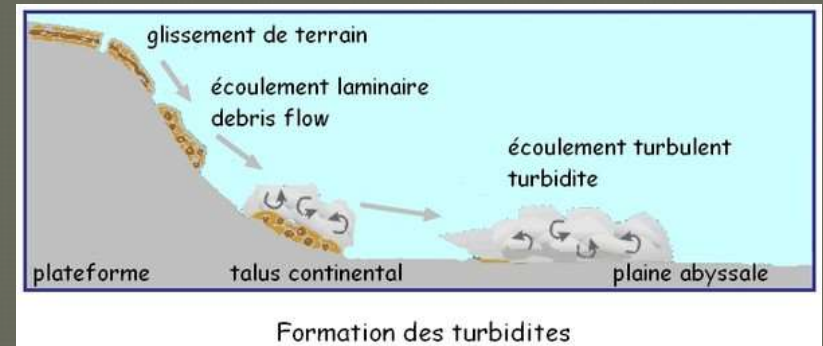
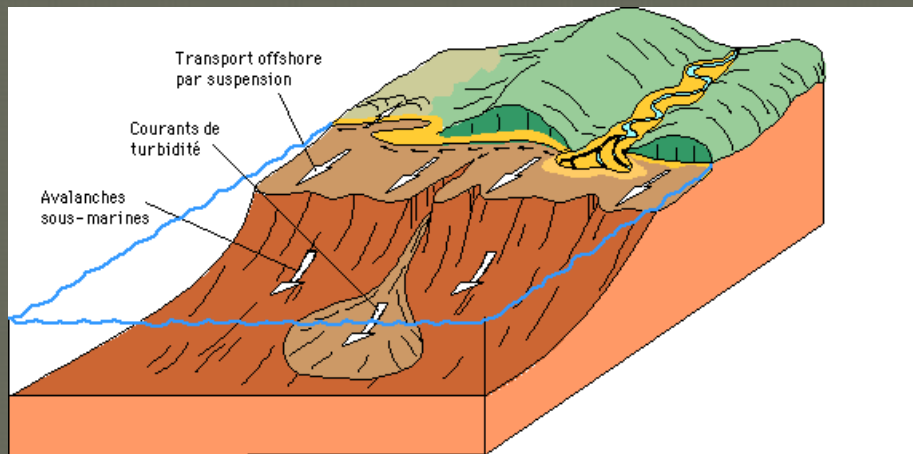
- **Eboulement**

**Il s'agit de la chute
de matériaux à gros
calibre**



- Courants de turbidité

Les courants de turbidité est un mécanisme de transport et de sédimentation très important sur les marges continentales, sur les canyons sous-marins, sur les deltas des grandes profondeurs ou sur le talus continental.



6 - Erosion et transport marin

Les principaux agents de l'érosion marine sont les vagues et les courants marins , auxquels on peut ajouter l'action des embruns salés emportés par l'eau et le vent. La principale forme d'érosion littorale est la falaise :

- Les falaises vives, encore battues par la mer

**- Les falaises mortes, séparées de la mer par
- une zone de dépôt.**



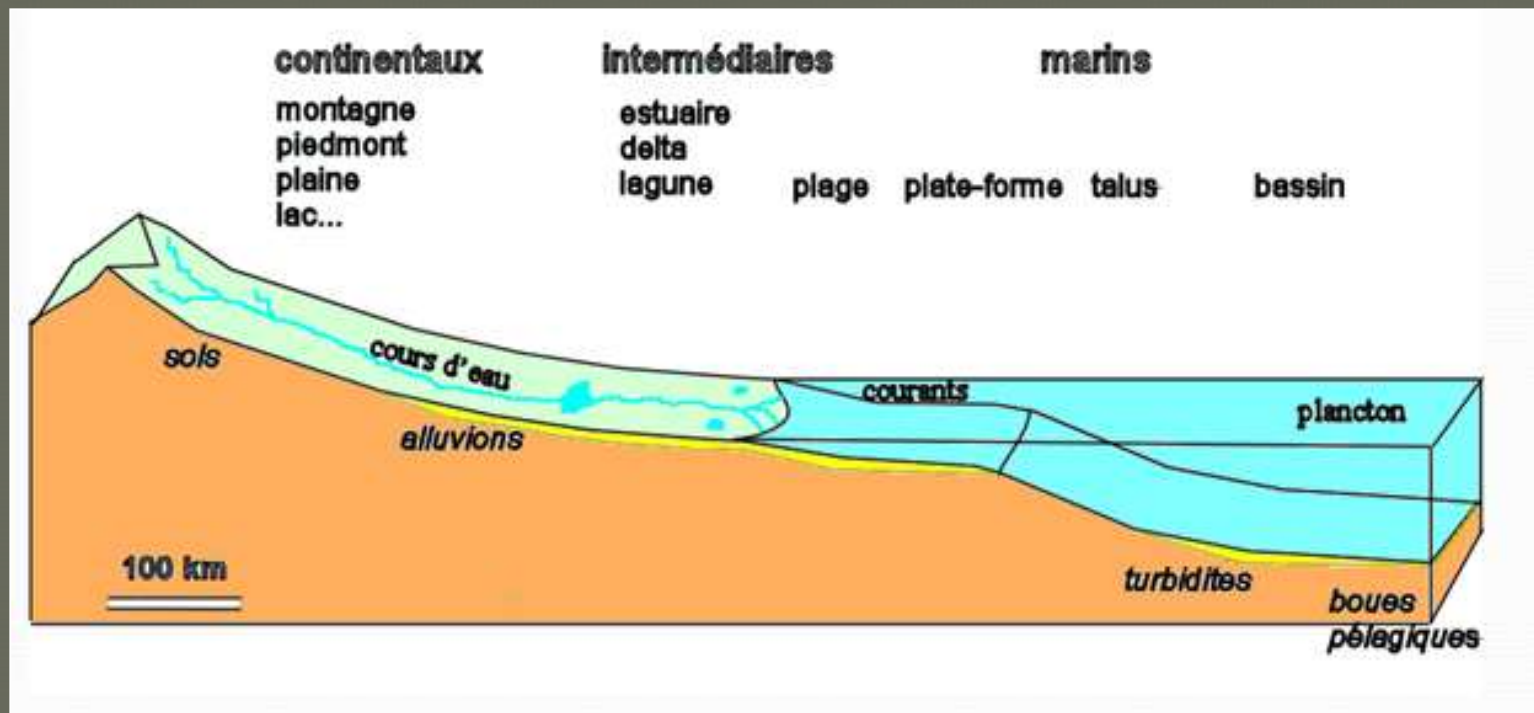
**Côte rocheuse :
falaise vive**



Falaise morte

7 - Conclusions

Les produits issus de l'altération des bassins versants sont transportés par l'atmosphère et par l'hydrosphère des zones d'altération active vers les zones de dépôts.



Principaux milieux de dépôt.

Les produits d'altération qui arrivent dans les bassins de sédimentation sont très variés et ils sont formés d'une combinaison de trois fractions, chacune pouvant varier de 0 à 100% :

1 - La fraction terrigène ou détritique : composée de débris de roches ou de minéraux préexistants ;

2 - La fraction orthochimique ou chimique : formée par précipitation directe d'ions ;

3 - La fraction allochimique ou biologique : composée à la fois par l'accumulation des restes d'êtres vivants et de la précipitation d'ions utilisés par ces êtres vivants.

Ces différentes fractions s'accumulent en couche dans le bassin de sédimentation et subissent le phénomène de **diagenèse pour donner les roches sédimentaires.**

