



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Centre Universitaire – MAGHNIA -**



Département des Sciences et de la Technologies

COURS DE GEOLOGIE

**Chapitre III : Action des différents éléments sur les roches
(Partie1 (24-11-2024))**

GHERISSI R.

Année 2024/2025

I. Introduction

Au cours de l'altération, deux types de mécanismes entrent en jeu, dont le plus souvent les effets s'additionnent :

- **Les processus physiques ou mécaniques** avec désagrégation des roches et enlèvement des débris par un fluide, d'où la distinction entre les érosions éoliennes, fluviales, glaciaires, marines... Les actions purement mécaniques produisent des fragments qui sont à l'origine des roches détritiques.
- **Les processus chimiques** où l'eau joue un rôle prépondérant. Il s'agit d'altération et de dissolution par les eaux plus ou moins chargées en dioxyde de carbone. Cela donne des solutions de lessivage qui sont les sources de minéraux néoformés des roches d'origine chimique.

II. Action de l'eau sur les roches

1. L'eau participe à une désagrégation mécanique des roches

Les variations de température entraînent la dilatation ou la contraction des roches soumises à des variations de volumes incessants, une roche fissure puis éclate. L'eau qui pénètre dans les fissures puis gèle avec augmentation de volume ajoute son effet : les cristaux de glace s'accroissent perpendiculairement à la surface de la fente et augmente son ouverture. L'eau qui gèle dans une fissure exerce une pression de 14 g/cm^2 . La roche finit par éclater sous l'action du gel : c'est la **cryofracturation**.



II. Action de l'eau sur les roches

2. L'eau, agent chimique d'altération

De par ses propriétés et son abondance relative, l'eau se trouve à la base de toutes les altérations exogènes des roches.

Les réactions mettant en jeu la molécule d'eau sont de différents types et ont lieu essentiellement en climat humide. Les éléments solubles qui en résultent sont **lessivés** (transport d'éléments par l'eau de pluie en direction de la nappe phréatique) et les parties **insolubles** restent sur place, se recombinaut pour former de nouveaux minéraux, principalement des **argiles**. Ces réactions sont :

- ▶ **La dissolution**
- ▶ **Les oxydations / réductions**
- ▶ **L'hydratation**
- ▶ **La décarbonatation**
- ▶ **L'hydrolyse** (Décomposition chimique d'un corps par fixation d'eau)

II. Action de l'eau sur les roches

2. L'eau, agent chimique d'altération

► La dissolution

La dissolution est d'autant plus forte que la solubilité des minéraux est élevée, les plus vulnérables étant les minéraux des roches salines (sel gemme, potasse, gypse).

- Lapiès -



Un lapiès est une forme de surface du modelé karstique. Il s'agit d'une surface de roches calcaires (ou dolomitiques) creusée par dissolution de trous, de cannelures ou de rigoles, larges de 1 cm à 1 m, séparées par des lames tranchantes.

- Dissolution dans du gypse -



Le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) est une roche exogène, une évaporite, relativement soluble dans l'eau. Dans les zones montagneuses, sa dissolution crée des reliefs particuliers sous forme "d'entonnoirs". L'eau, la neige s'accumulent dans de petites dépressions où la dissolution s'opère, donnant des paysages caractéristiques.

II. Action de l'eau sur les roches

2. L'eau, agent chimique d'altération

► La dissolution



Équation de la dissolution du CO_2
dans l'eau :



Equation de la dissolution de la calcite
(CaCO_3) :



II. Action de l'eau sur les roches

2. L'eau, agent chimique d'altération

► L'hydratation

Il s'agit de l'incorporation de molécules d'eau à certains minéraux peu hydratés. Elle produit un gonflement du minéral et donc favorise la destruction de la roche. C'est le cas de la chloritisation ou de la transformation des ferro-magnésiens (pyroxènes, amphiboles) en serpentine, chlorite, épidote.

- **Plagioclase + Pyroxène + Eau -----> Amphibole (Hornblende verte)**

- **Plagioclase + Hornblende + Eau -----> Chlorite + Actinote**

II. Action de l'eau sur les roches

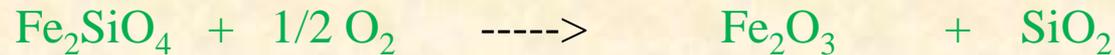
2. L'eau, agent chimique d'altération

► Les oxydations / réductions

Les oxydations concernent surtout le fer qui passe de l'état ferreux à l'état ferrique.

Exemple pour un minéral d'olivine :

olivine + oxygène -----> oxyde ferrique + silice.



Les réductions sont plus rares : elles se déroulent dans les milieux **hydromorphes** (*est la qualité d'un sol, qui montre des marques physiques de saturation régulière en eau, généralement*) (saturés d'eau de façon permanente ou périodique) et produisent en particulier du fer ferrique au fer ferreux soluble.

II. Action de l'eau sur les roches

2. L'eau, agent chimique d'altération

► La décarbonatation

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



Il en résulte des paysages particuliers, associés aux régions calcaires, c'est le cas, par exemple des reliefs karstiques.

Les dolines sont des reliefs de surface du modelé karstique. Ce sont des dépressions circulaires dont le fond est occupé par de la *terra rossa*, (résidu argileux rouge de la dissolution des calcaires).



II. Action de l'eau sur les roches

2. L'eau, agent chimique d'altération

► L'hydrolyse

Elle est définie comme étant la destruction d'un édifice moléculaire complexe en édifices moléculaires plus simples sous l'influence de l'eau. Les hydrolyses constituent les principales réactions d'altération.

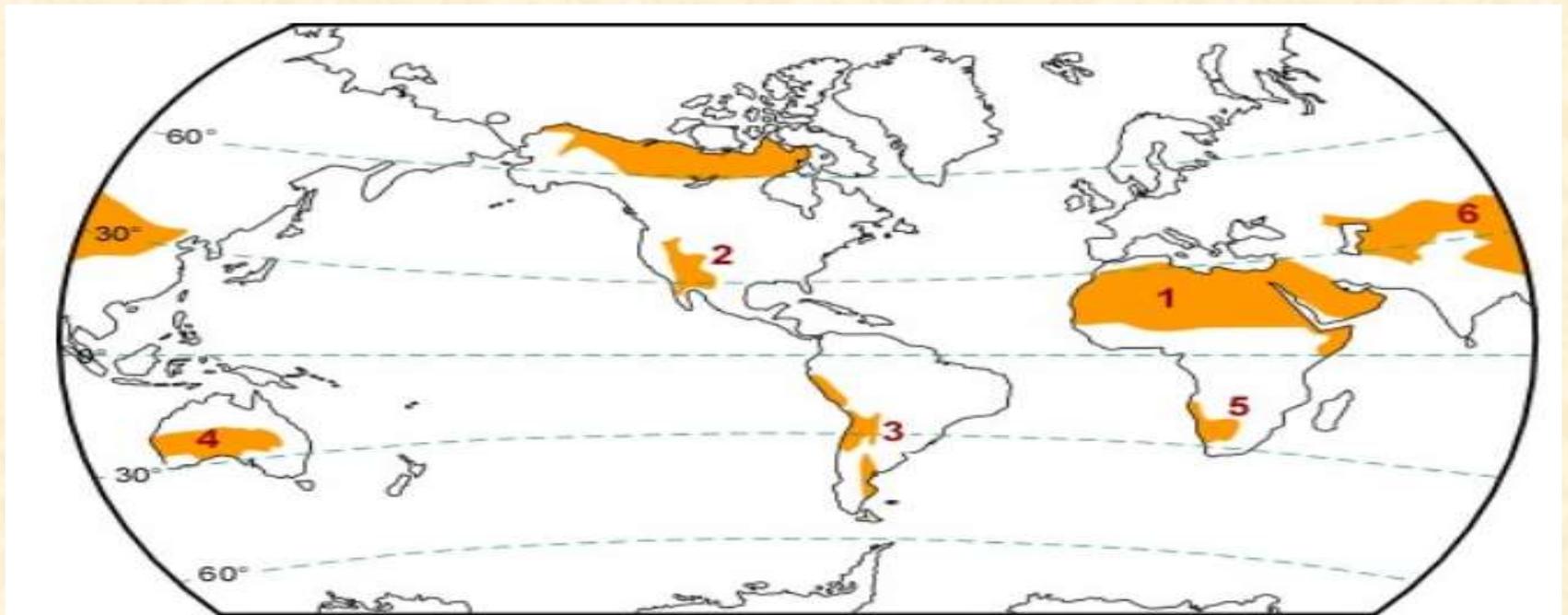
Elles peuvent être totales lorsque le minéral est détruit en plus petits composés possibles (hydroxydes, ions) ou partielles lorsque la dégradation est incomplète et donne directement des composés argileux.

Le bilan général d'une réaction d'hydrolyse peut s'écrire :

Minéral primaire + Eau -----> Minéral secondaire + Solution de lessivage.

III. Action de l'air sur les roches

Le vent constitue un facteur important d'érosion et de transport des sédiments à la surface de la planète. Il est particulièrement actif dans les régions sèches où la végétation est quasi-absente, comme les déserts. Les régions désertiques, qu'on définit comme les régions qui reçoivent moins de 20 cm de précipitations/an, couvrent près du tiers de la surface terrestre. Les grands déserts du monde (Sahara, Kalahari, Gobi, les déserts d'Australie) se trouvent entre les latitudes 10° et 30° de part et d'autre de l'équateur.

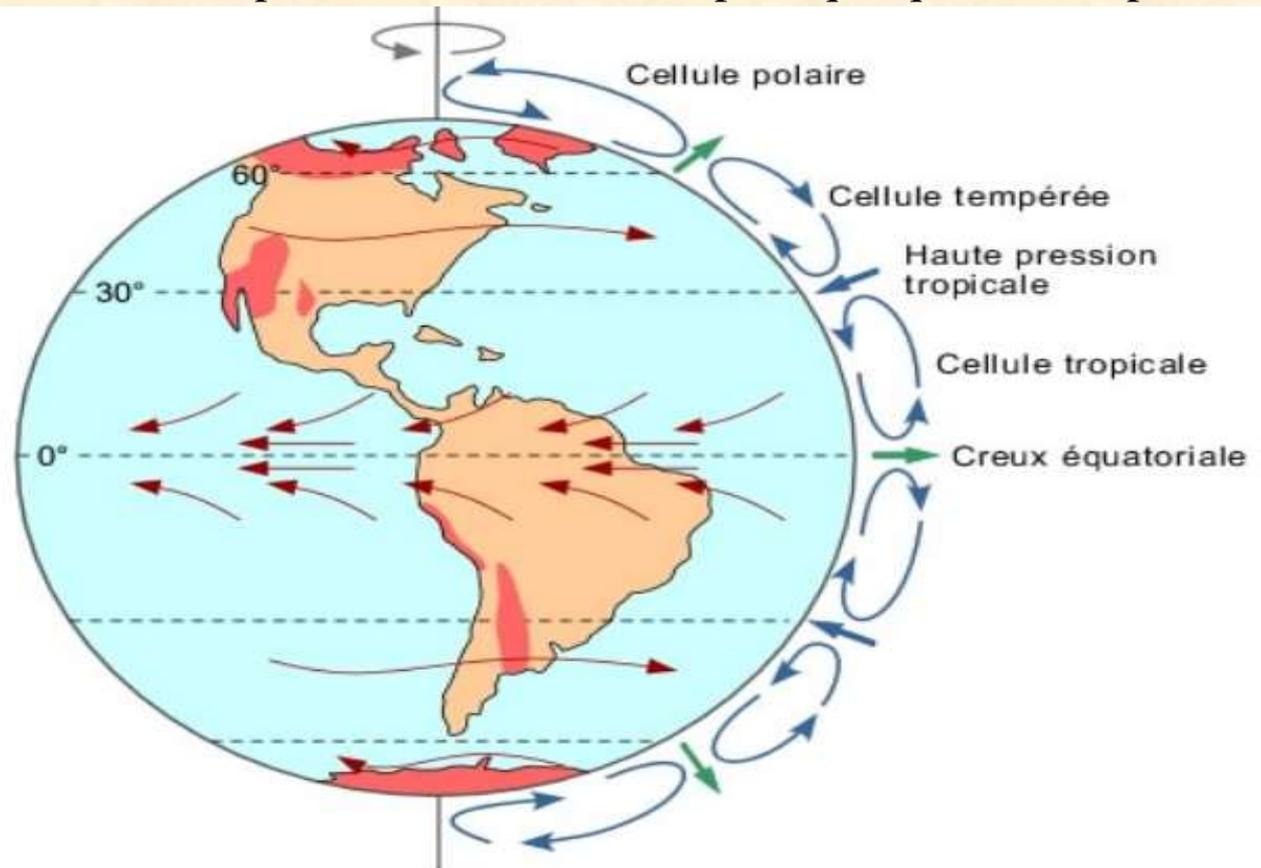


- | | | | |
|---|-----------------------|---|----------------------------------------|
| 1 | désert du Sahara | 4 | déserts de Gibson, Victoria et Simpson |
| 2 | désert de l'Arizona | 5 | désert de Kalahari |
| 3 | désert de Grand Chaco | 6 | déserts de Kobi et de Krysil Koum |

III. Action de l'air sur les roches

Ces régions sont constamment sous des conditions de haute pression atmosphérique où descend l'air sec, ce qui est aussi vrai pour les régions polaires qui sont aussi considérées comme désertiques compte tenu qu'elles reçoivent moins de 20 cm/an de précipitations (en équivalent pluie).

La répartition des déserts est déterminée par la circulation atmosphérique qui, elle, dépend de la radiation solaire.



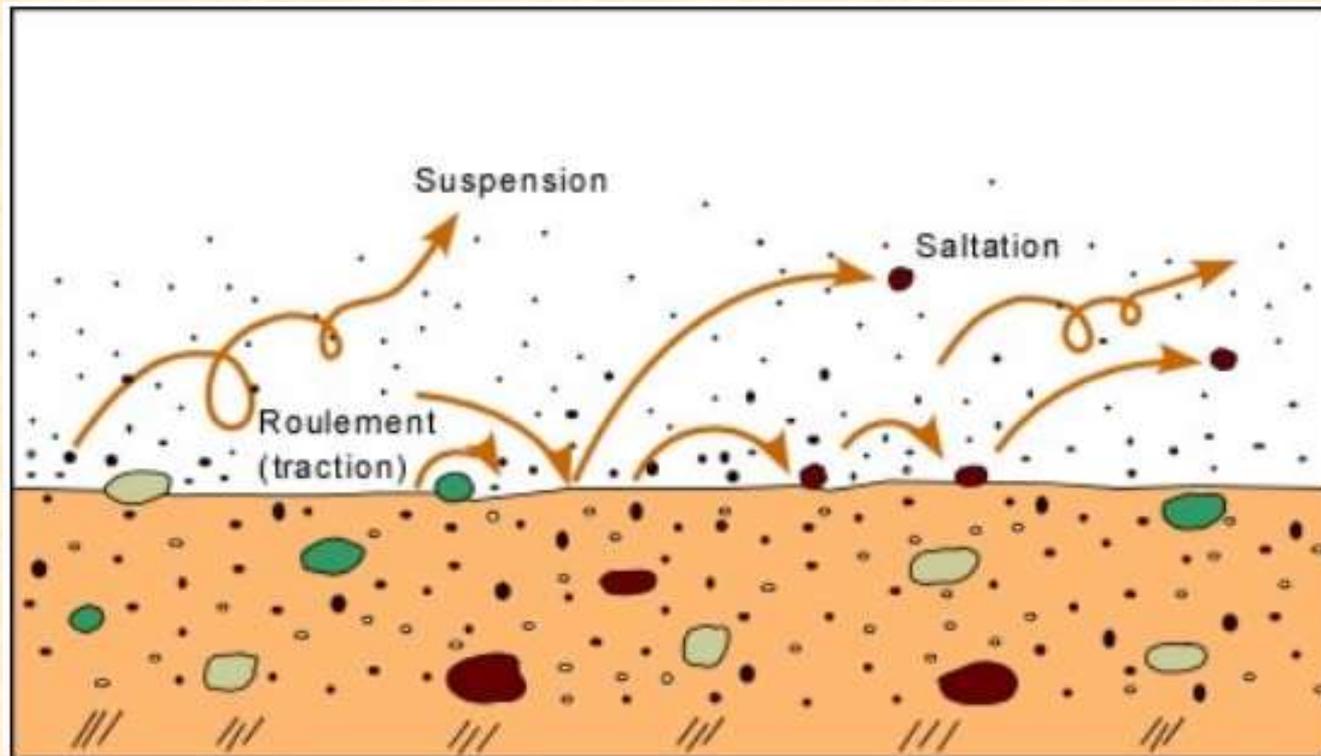
III. Action de l'air sur les roches

L'air chauffé dans les régions équatoriales a tendance à monter. Il se crée donc à l'équateur, un flux d'air ascendant qui détermine une zone de basse pression: le creux équatorial. Arrivé dans la haute atmosphère plus froide, cet air ascendant très humide condense et forme les nuages et pluies de la zone équatoriale. L'air se débarrasse donc de son humidité; il s'assèche. Il redescend au niveau des latitudes 30° , sous forme d'un air très sec, pour former une zone de haute pression. Ce couple ascension-descente forme une cellule de circulation atmosphérique, la cellule tropicale. Ceci engendre une autre cellule atmosphérique, la cellule tempérée qui crée, autour des latitudes 60° , des courants ascendants. Plus vers les pôles, les cellules polaires vont ramener dans les cercles polaires de l'air sec. Il en résulte que les régions qui se situent à la hauteur des latitudes 30° et 90° , dans les deux hémisphères, sont balayées par de l'air sec.

C'est pourquoi on y retrouve les grandes zones désertiques, non pas à l'équateur, comme on pourrait le penser puisqu'il y fait le plus chaud, mais autour des latitudes 30° . Il peut sembler paradoxal de qualifier les cercles polaires de déserts, mais effectivement, même s'il y fait froid, ce sont des déserts où les précipitations sont minimales.

III. Action de l'air sur les roches

Dans les déserts, l'agent principal d'érosion et de transport des matériaux est le vent. Si le vent peut agir si efficacement pour éroder et transporter les particules, c'est qu'il n'y a ni humidité, ni végétation pour retenir celles-ci et les stabiliser. Le vent qui balaie la surface du sol entraîne donc facilement ces particules. Les particules sont transportées selon trois modes.



III. Action de l'air sur les roches

Les plus grosses se déplacent par roulement ou glissement (**traction**) à la surface du sol, sous l'effet de la poussée du vent ou des impacts des autres particules. Les particules de taille moyenne (sables) se déplacent par bonds successifs (**saltation**). Les particules très fines (poussières) sont transportées en **suspension** dans l'air (loess), souvent sur de très grandes distances.

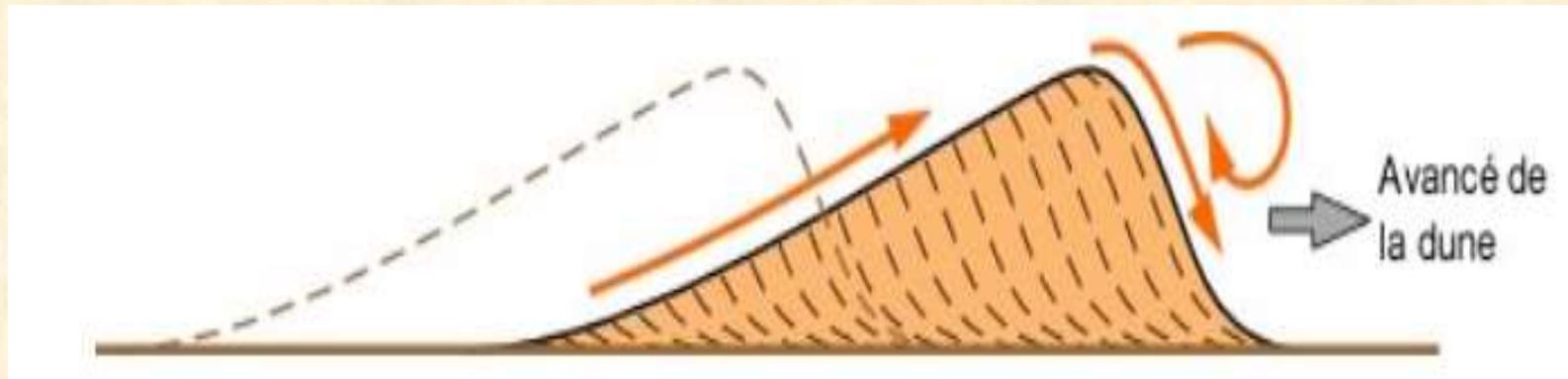
Il en résulte deux structures importantes des déserts : les pavements de désert (**reg** (est une surface désertique recouverte de fragments de roches angulaires ou arrondis étroitement emboîtés et imbriqués de la taille de galets et de galets)) et les champs de dunes.



III. Action de l'air sur les roches

Le vent entraîne les particules de la taille des sables, mais n'a pas l'énergie nécessaire pour soulever ou rouler les plus grosses particules. Ainsi, ces plus grosses particules se concentrent progressivement à mesure de l'ablation des sables pour former finalement une sorte de pavement qui recouvre les sables et les stabilise, ce qui, par exemple, permet aux véhicules robustes de rouler aisément.

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



Ces dernières se déplacent, sous l'action du vent, par saltation des particules sur le dos de la dune; elles viennent se déposer sur le front de la dune, soit par avalanche, soit parce qu'elles sont piégées par le tourbillon que fait le vent à l'avant de la dune. C'est ce qui cause la structure interne en laminae parallèles inclinées qui indiquent le sens du déplacement de la dune.

III. Action des glaciers sur les roches

III.1- L'ÉROSION PAR LA GLACE

Un glacier dispose, pour imprimer sa marque dans les paysages, de plusieurs moyens d'action. En premier lieu, la glace qui le compose peut agir :

Par trois groupes de **processus** d'érosion : l'**abrasion**, l'**arrachement** et l'**érosion fluvio-glaciaire**.

1- L' **abrasion mécanique** (Action d'user par frottement) est le résultat du frottement de la glace chargée de matériaux sur le bedrock ; elle s'opère selon deux modes :

- ❑ La **striation**, qui est le creusement de petits sillons (profondeur de l'ordre du millimètre) – appelés **stries glaciaires** – parallèles à la direction d'écoulement de la glace, et le **polissage** (Fig. 1), qui est une abrasion relativement uniforme de la roche par le frottement du glacier. Le résultat est la formation de **roches moutonnées**.
- ❑ Le **polissage** dépend des mêmes facteurs que la striation, mais peut être indépendant : c'est le processus dominant là où la différence de dureté entre les matériaux contenus dans la glace basale et le bedrock est faible.

III. Action des glaciers sur les roches



Fig. 1 - Stries glaciaires sur substratum gneissique en aval du Vadrecc dal Valdraus (Val Camadra, TI). Le crayon indique la direction du glacier. Les lignes perpendiculaires aux stries correspondent à la schistosité du Gneiss.

III. Action des glaciers sur les roches

2- L' **arrachement** de matériaux (érosion mécanique) est le deuxième type de processus d'érosion glaciaire. Le glacier arrache des morceaux du bedrock qui seront incorporés dans la moraine de fond. L'arrachement donne aux roches moutonnées une morphologie dissymétrique : elles sont polies à l'amont, là où le glacier est compressé sur la roche, et anguleuses à l'aval des obstacles, là où le glacier se décolle de la roche et où par regel des eaux sous-glaciaires, des morceaux de roche sont arrachés (fig. 2).



Fig. 2 - Morphologie dissymétrique des roches moutonnées du Turtmantal (VS) due au polissage et à l'arrachement. Ecoulement du glacier de la droite vers la gauche.

III. Action des glaciers sur les roches

3- L'érosion **fluvio-glaciaire** : Dans les glaciers tempérés, par les eaux sous-glaciaires, parfois sous pression, constitue un troisième facteur d'érosion.

Un cas particulier est constitué par l'érosion **glacio-karstique** : sur substratum **calcaire**, l'ablation est partiellement due à des processus de dissolution chimique (fig. 3).



Fig. 4 - Stries et roches moutonnées sur calcaire au Lapis de Tsanfleuron (Col du Sanetsch, VS).

III. Action des glaciers sur les roches

III.2- L'ÉROSION PAR LES EAUX GLACIAIRES

Les glaciaires sont constituées par l'ensemble des flux suivants :

- 1.les **eaux de fonte de surface**, les plus importantes (jusqu'à 10 m de hauteur d'eau par an, en fonction de l'altitude, dans nos glaciers alpins actuels),
- 2.les **eaux des versants** : sources, fonte des glaciers affluents non coalescents, fonte des névés,
- 3.les **eaux météoriques** (pluie et neige),
- 4.enfin les **eaux de fonte dues au mouvement du glacier et au flux géothermique**.

III. Action des glaciers sur les roches

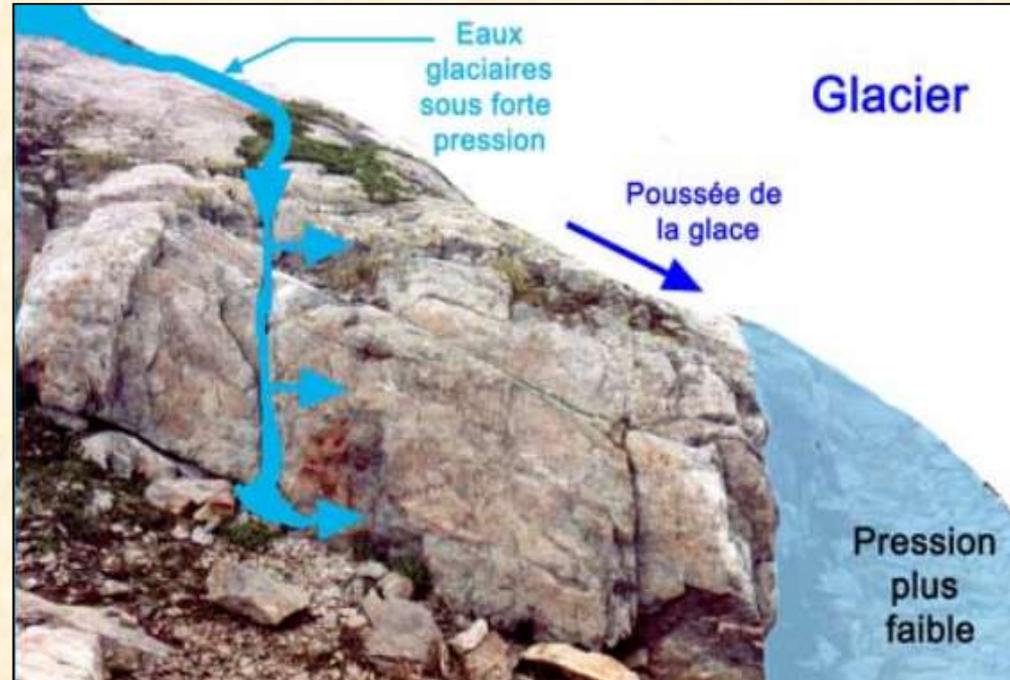
III.2- L'ÉROSION PAR LES EAUX GLACIAIRES

Le pouvoir érosif de ces eaux glaciaires est très important. Elles agissent par :

- érosion **mécanique**, grâce aux éléments solides qu'elles transportent. Ici, contrairement à ce qui passe dans le cas de la glace, **tous les solides transportés** jouent un rôle, depuis les galets jusqu'aux sables - souvent quartzeux et toujours à arêtes vives - et à la farine glaciaire.
- érosion **hydraulique**, en particulier la **cavitation**, très destructrice et qui apparaît aux grandes vitesses. Or *Robert Vivian* cite des vitesses atteignant 50 m par seconde.
- enfin, par érosion chimique, par action de ces eaux agressives sur certaines roches, tels que le calcaire où les granites

III. Action des glaciers sur les roches

III.2- L'ÉROSION PAR LES EAUX GLACIAIRES



Les eaux agissent également par pression différentielle...

... qui tend à ouvrir les fissures des rochers, contribuant ainsi à la création d'abrupts d'arrachement.

III. Action des glaciers sur les roches

III.2- L'ÉROSION PAR LES EAUX GLACIAIRES

Ces eaux froides sont acides (du fait du **dioxyde de carbone** dissous) et agressives vis-à-vis des roches calcaires mais également des roches cristallines.

S'écoulant sur les roches calcaires, elles donnent souvent naissance à des **lapiaz** dans les zones peu inclinées, tels les fonds de cirque.

III. Action des glaciers sur les roches

III.3- Les formes d'érosion



Roches moutonnées en aval du glacier de Moiry (Val de Moiry, VS).



Stries glaciaires sur substratum de calcschistes en aval du Gletscher da Rialpe (Val Sumvigt, GR). Le crayon indique la direction du glacier.

III. Action des glaciers sur les roches

III.3- Les formes d'érosion



Marmite glaciale (Ferpècle, Val d'Hérens, VS).



Marmite glaciale (Trummelbach, Lauterbrunnen, BE).

III. Action des glaciers sur les roches

III.3- Les formes d'érosion



Vallée glaciaire en auge : la vallée de Lauterbrunnen (BE).



Exemple de lac d'ombilic, le lac de Ténéhet (Vallée de la Liène , VS).