

# Degradazione atmosferica

## Erosione e Fenomeni Franosi

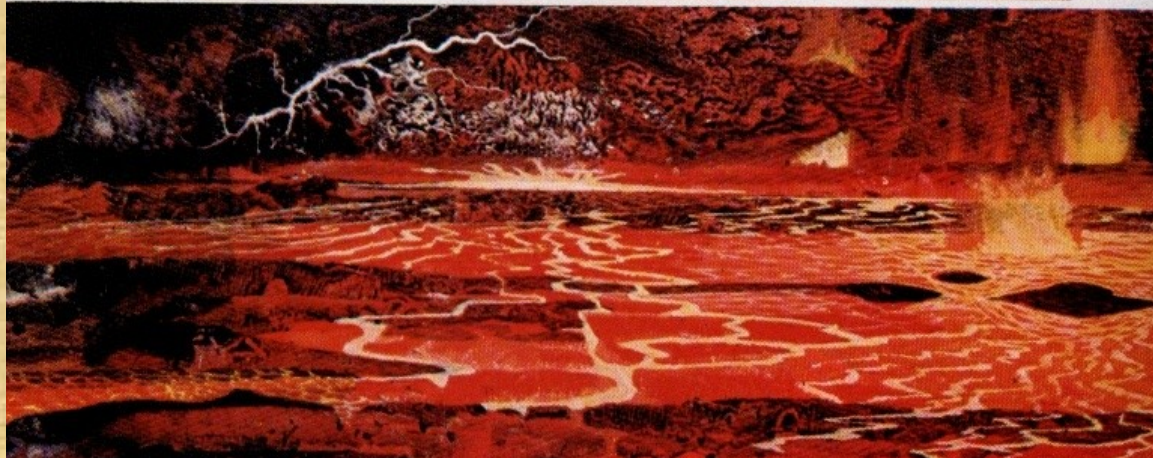


**SCIENZE DELLA TERRA**  
**Prof. Paolo Volpi**

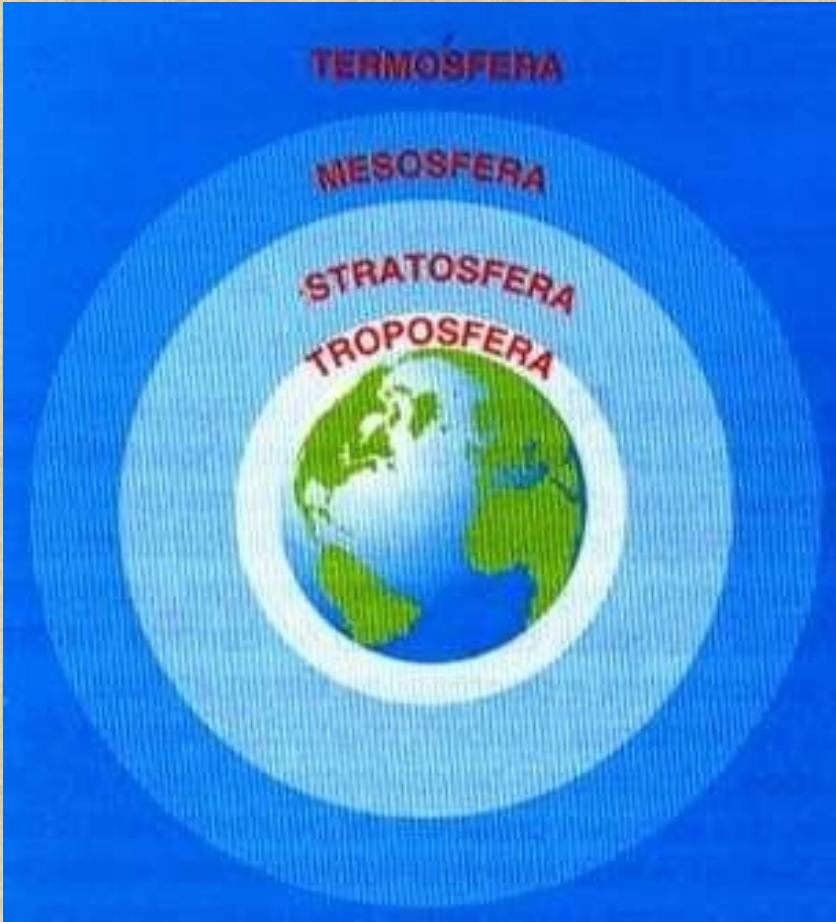
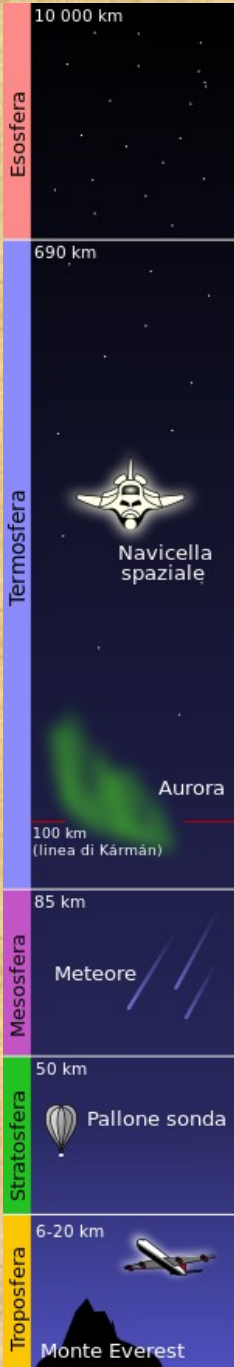
# L'atmosfera terrestre vista dalla Stazione Spaziale



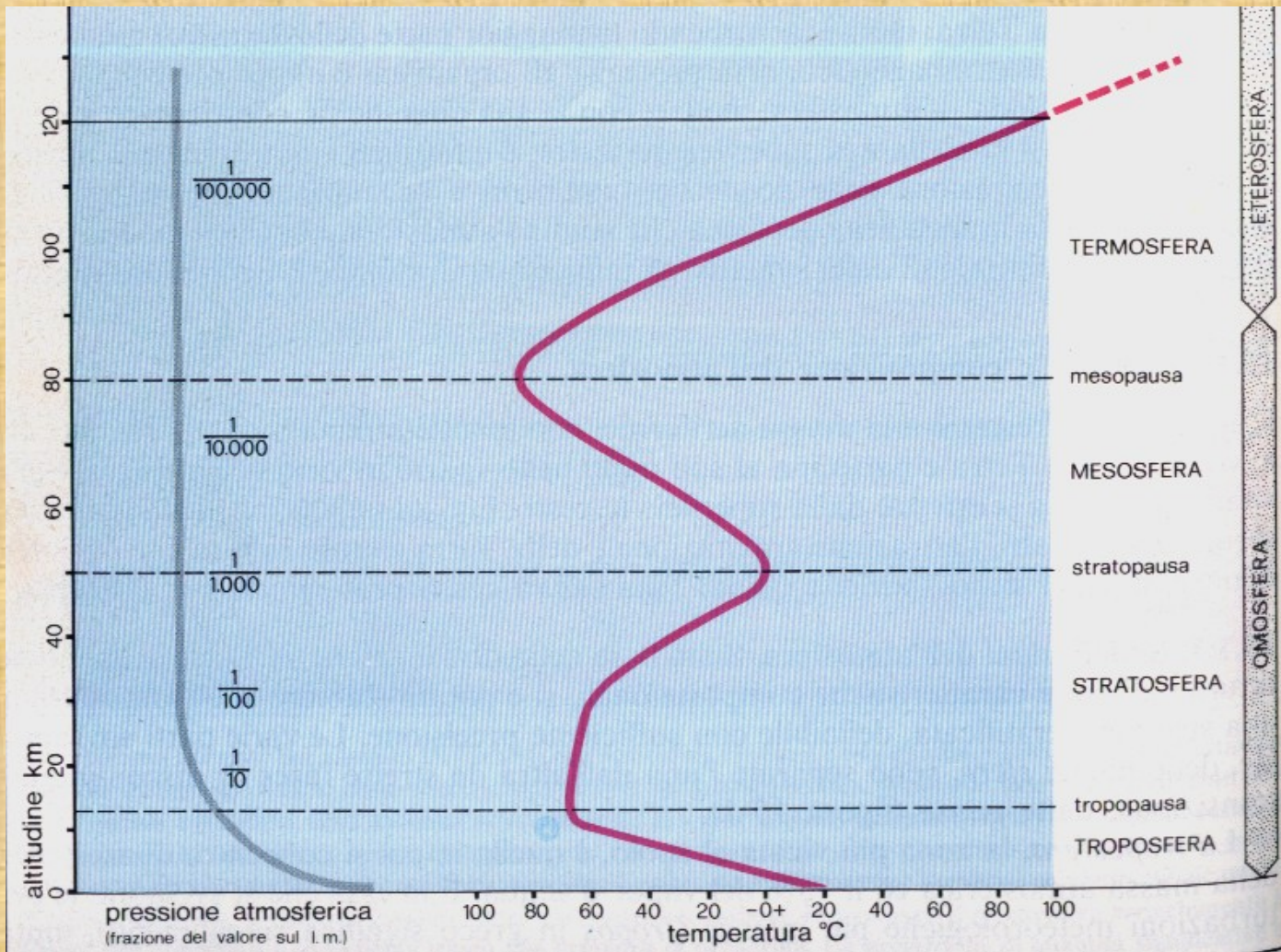
# L'origine dell'atmosfera terrestre



# La suddivisione dell'atmosfera



# La suddivisione dell'atmosfera



**Termosfera**

**90 Km**

**Mesosfera**

**Stratosfera**

**Troposfera**

**La troposfera** = concentra il 90% della massa atmosferica e il 75% del vapor d'acqua

**La stratosfera** = l'innalzamento della temperatura sembra dovuto all'ozono  $O_3$

Fino all'altitudine di 90 Km si ha l'**omosfera (composizione chimica invariata)**

**Sopra i 90 Km invece, nella eterosfera, la radiazione ultravioletta provoca la dissociazione delle molecole gassose.**

# ciclo dell'acqua



# Il ciclo dell'acqua

## Flussi d'acqua

Media  
( $10^3$  km<sup>3</sup>/anno)

**Precipitazioni = 107 + 398 = 505**

**Evaporazioni = 71 + 434 = 505**

**Precipitazioni sulla terra**

**107**

**Evaporazioni dalla terra**

**71**

**Precipitazioni sugli oceani**

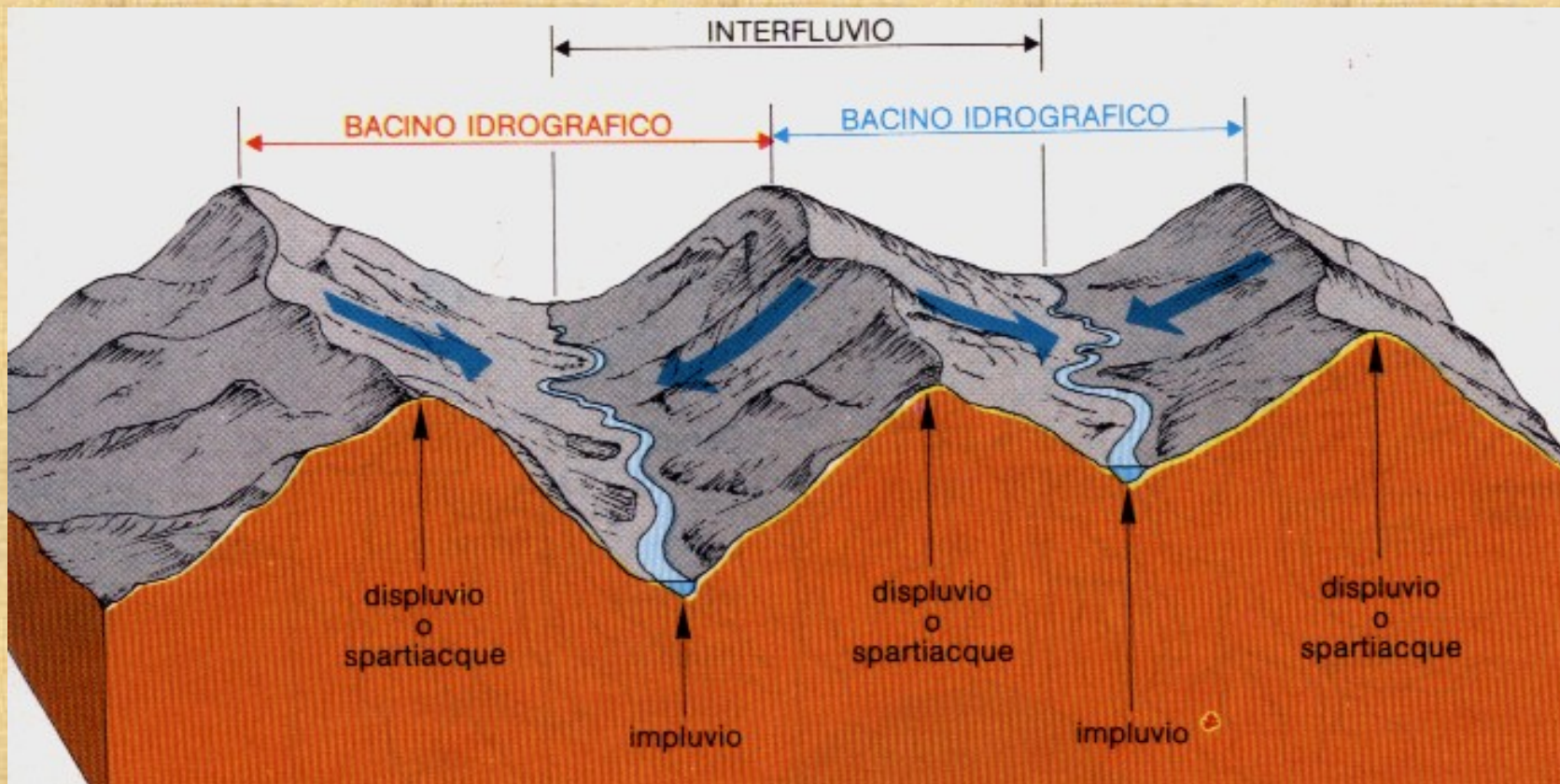
**398**

**Evaporazioni dagli oceani**

**434**

## le acque superficiali i fiumi e i laghi

**Uno dei più importanti elementi del ciclo idrologico è il ritorno al mare delle acque di precipitazione attraverso la rete dei vari canali fluviali che incidano la superficie terrestre.**



**Il bacino idrografico**



## **Erosione fluviale**

**L'erosione fluviale è uno degli agenti principali della morfogenesi.**



**Tipica vallata alpina**

# Degradazione atmosferica

La **superficie terrestre** è il luogo in cui gli **elementi dell'atmosfera** e dell'**idrosfera** entrano in contatto con quelli **della litosfera**

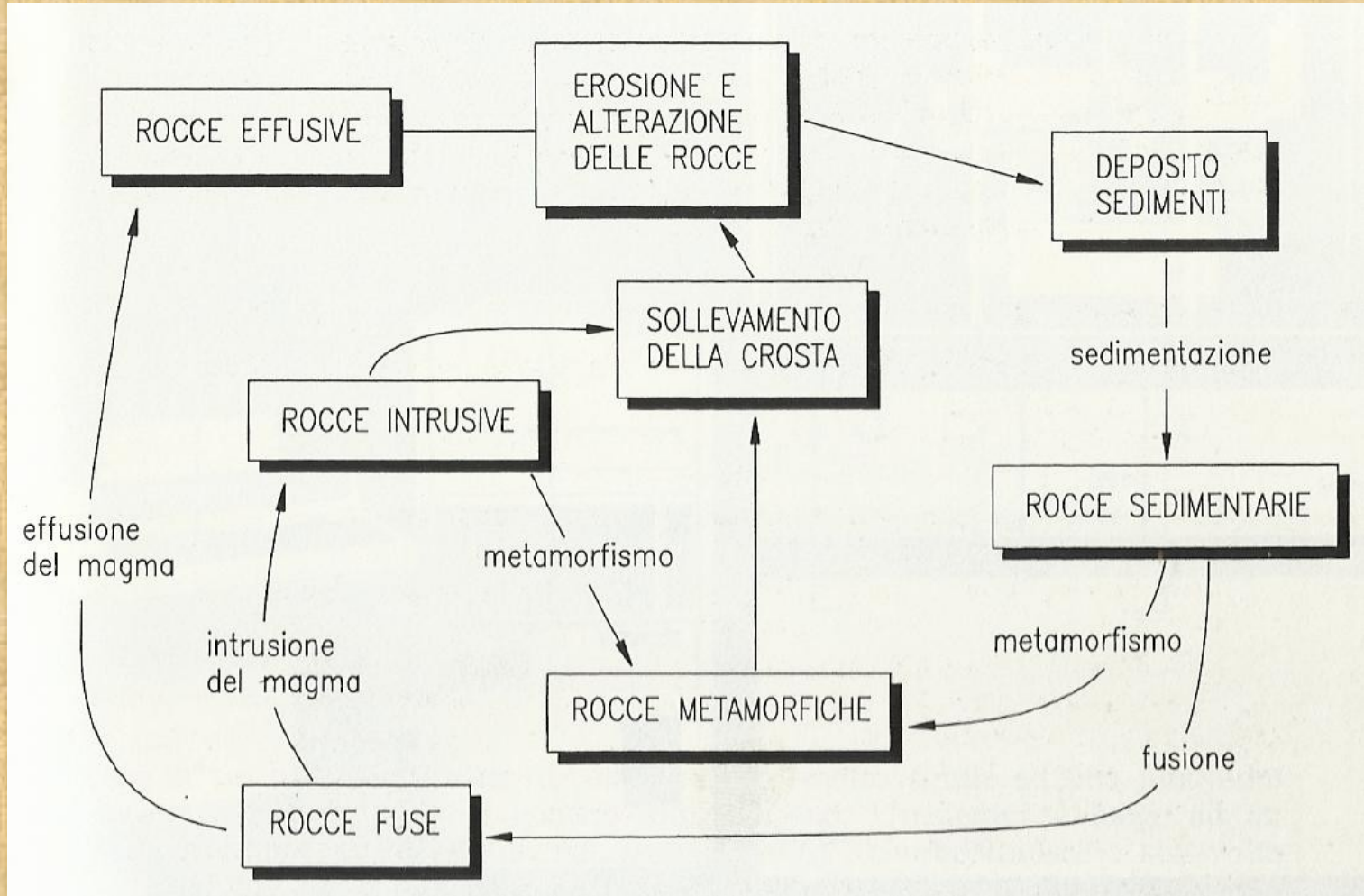
## Degradazione atmosferica

**La litosfera** = insieme delle terre emerse e sommerse della Terra per una profondità di 20 Km , **con l'idrosfera e la biosfera costituisce la crosta terrestre.**

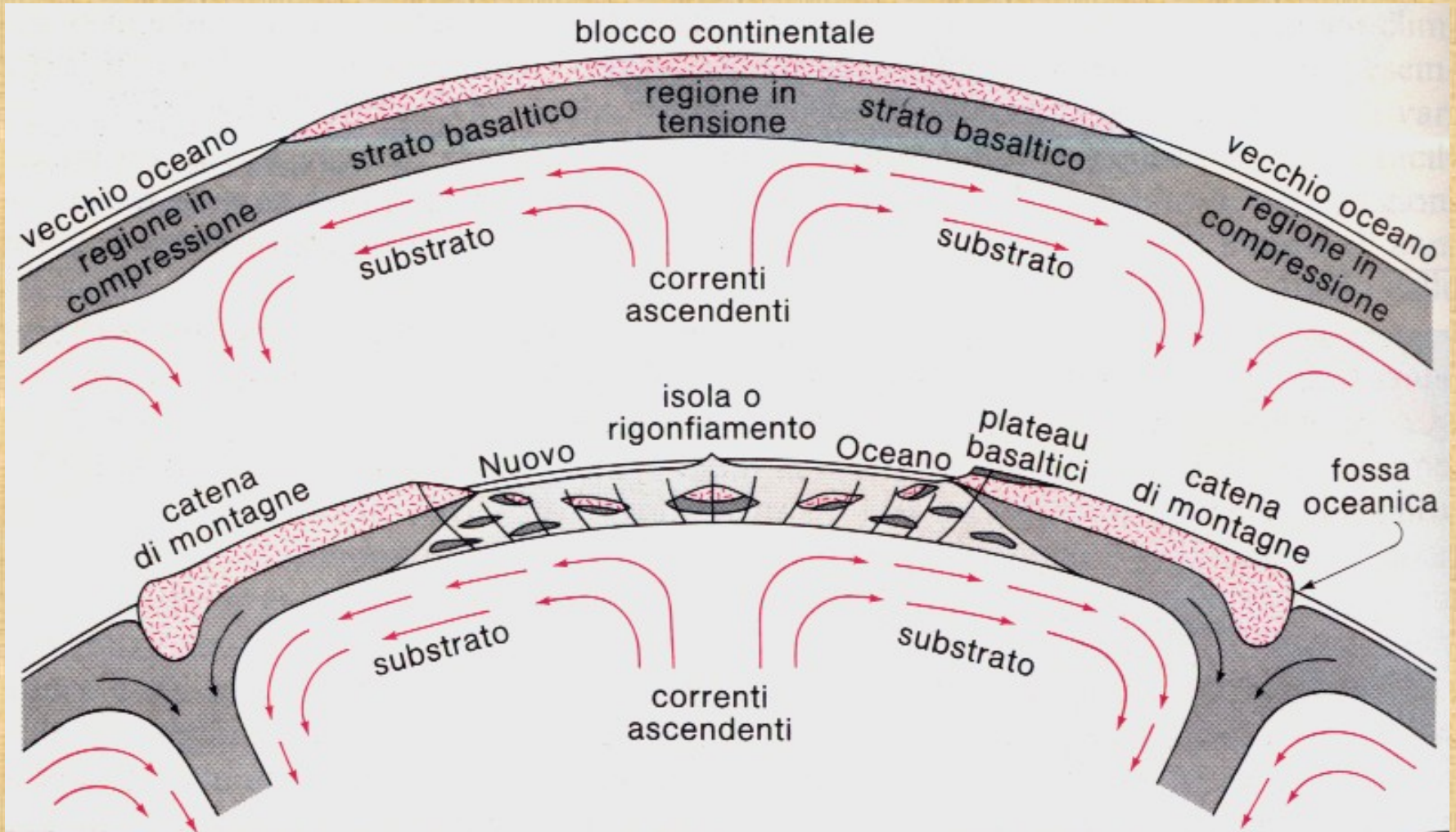
**Dalla litosfera** , con un processo **pedogenetico** sempre in atto, si origina la **pedosfera** cioè un strato discontinuo che si spinge fino ai 6 metri di profondità e che nel suo complesso va costituire il **suolo**

**I principali processi pedogenetici** sono tre e precisamente il **magmatico**, **il sedimentario** e **il metamorfico** e da essi traggono origine rispettivamente le **rocce eruttive** le **rocce sedimentarie** e le **rocce metamorfiche**.

# Ciclo delle rocce



# Ciclo delle rocce



# Degradazione atmosferica

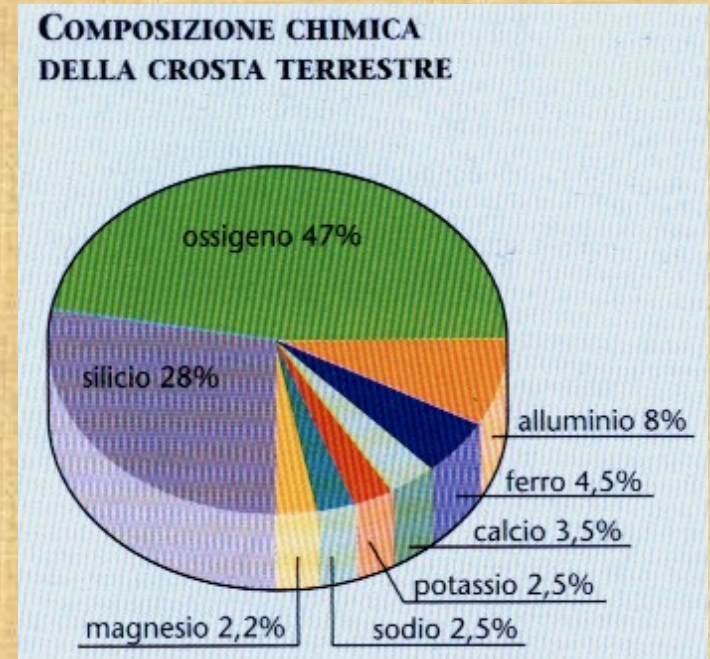
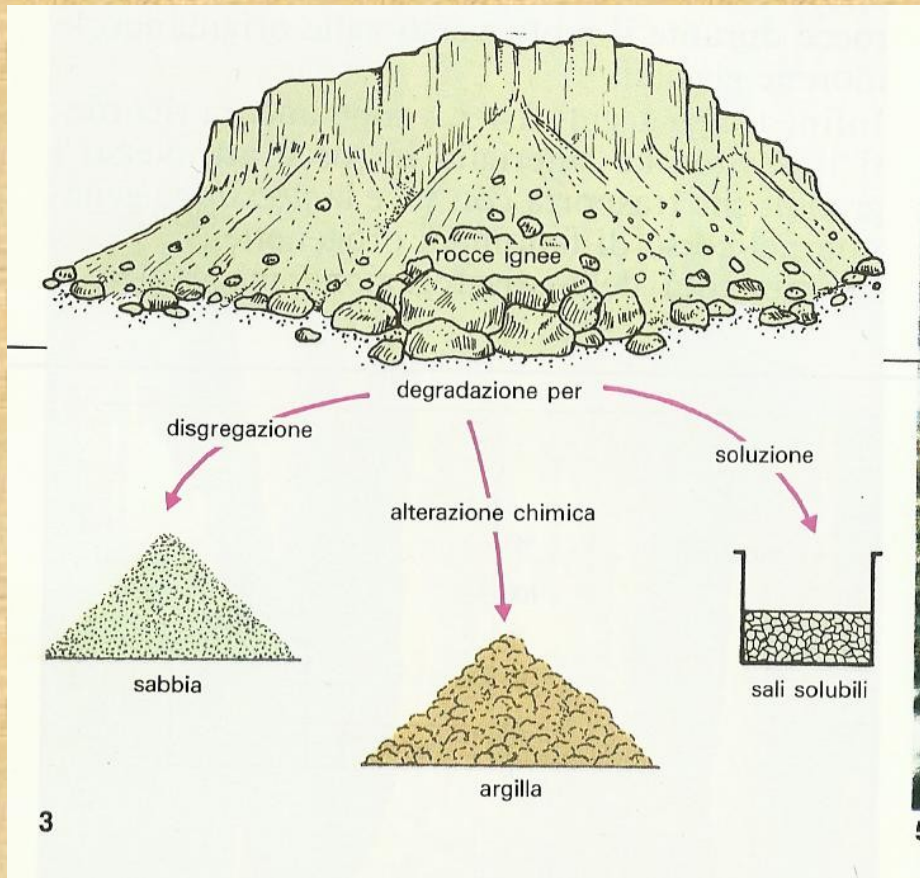
**Il rilievo primario**, costruito da movimenti tettonici o da attività vulcanica, è continuamente mutato dagli **agenti esogeni** che agiscono sulla superficie terrestre mediante la **degradazione meteorica o decomposizione superficiale delle rocce**.

Si tratta di una serie di **processi chimici e fisici** che in modo irreversibile modificano le rocce.

# Degradazione atmosferica

Le rocce sono aggregati di minerali (quarzo, olivine ecc)

Le rocce eruttive per disgregazione meccanica si trasformano in sabbie, oppure per disgregazione chimica si trasformano in argille e in sali in soluzione.



# Degradazione atmosferica

Accade così che la superficie terrestre, mediante la degradazione meteorica e la decomposizione superfiale delle rocce, subisce una continua mutazione da parte degli agenti atmosferici.





# Degradazione atmosferica

## Vari tipi di depositi superficiali

### DEPOSITI ELUVIALI

(eluvium), si formano per alterazione *in loco* della roccia

### DEPOSITI COLLUVIALI

(colluvium), si formano per accumulo gravitativo lungo i versanti

### DEPOSITI ALLUVIONALI

(alluvium), si formano per accumulo ad opera dei corsi d'acqua

### DEPOSITI EOLICI

si formano per accumulo ad opera del vento

### DEPOSITI GLACIALI

si formano per accumulo ad opera dei ghiacci

# Degradazione atmosferica

## Importanza della roccia-madre

**La roccia-madre è il materiale genitore dal quale vengono formati i suoli in seguito a varie trasformazioni.**

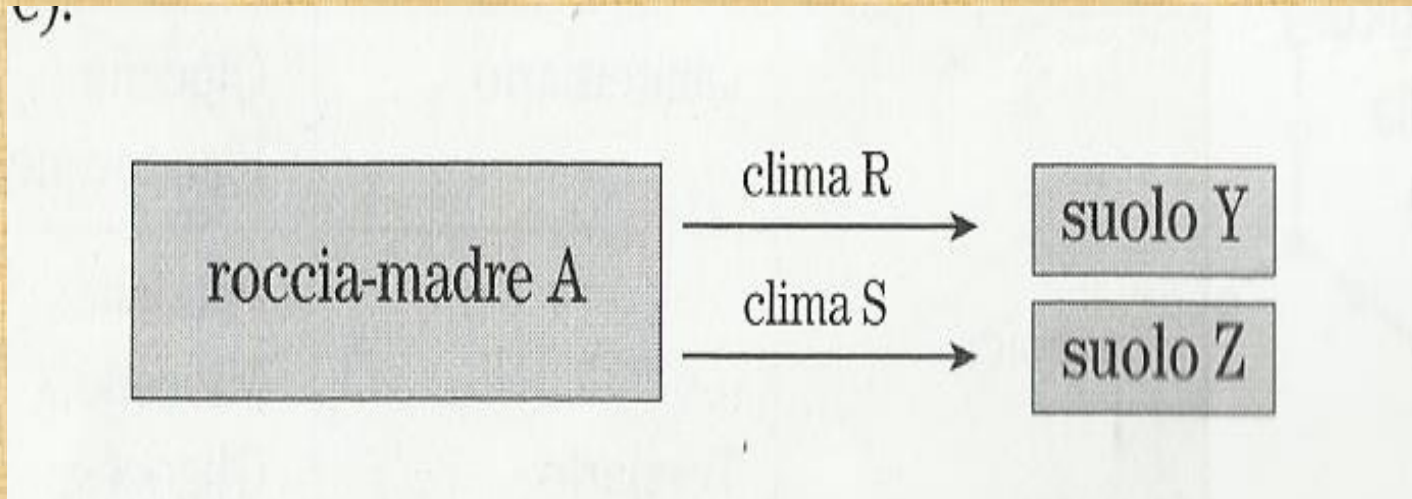
**La compattezza, la permeabilità e le altre proprietà fisiche e chimiche della roccia-madre influenzano la pedogenesi e determinano l'evoluzione, la fertilità del suolo e condizionano l'insediamento della vegetazione**

**La relazione tra roccia-madre e suolo è tanto più stretta quanto più il terreno si forma sul posto (cioè terreno autoctono o in situ)**

# Degradazione atmosferica

## Importanza del clima

**Il clima riveste il ruolo più importante nella genesi del suolo, cioè dell'evoluzione della roccia-madre in un particolare tipo di suolo**



# Degradazione atmosferica

## Importanza dell'acqua

L'acqua agisce in vari modi: determina l'idratazione degli ioni; fornisce ioni  $H^+$  (con effetto idrolitico) come acqua corrente che provoca erosione; sotto forma di ghiacciai provoca abrasione; il fenomeno del gelo e disgelo provoca fessurazioni nella roccia-madre (costituita di vari minerali con differenti coefficienti di dilatazione).

Di notevole interesse è l'azione liscivante dell'acqua, per la quale determinati elementi minerali vengono spostati dal sito di origine a un sito di accumulo, favorendo la formazione di un tipo di argilla anziché di un altro.

## Degradazione fisica

Nelle **regioni desertiche ed in quelle di alta montagna** la dilatazione delle rocce causata dal **riscaldamento solare**, esercita un'azione degradante. Questo fenomeno viene detto **termoclastismo**.

L'azione del **gelo e disgelo** ( **gelivazione o crioclastismo**) è un **fattore che contribuisce alla degradazione meccanica delle rocce**

## Degradazione chimica

Questo tipo di degradazione è **dovuto all'acqua** e alle sostanze in **essa disciolte**, soprattutto **ossigeno e anidride carbonica**.

La **degradazione chimica** è dovuta a tre tipi di reazioni:

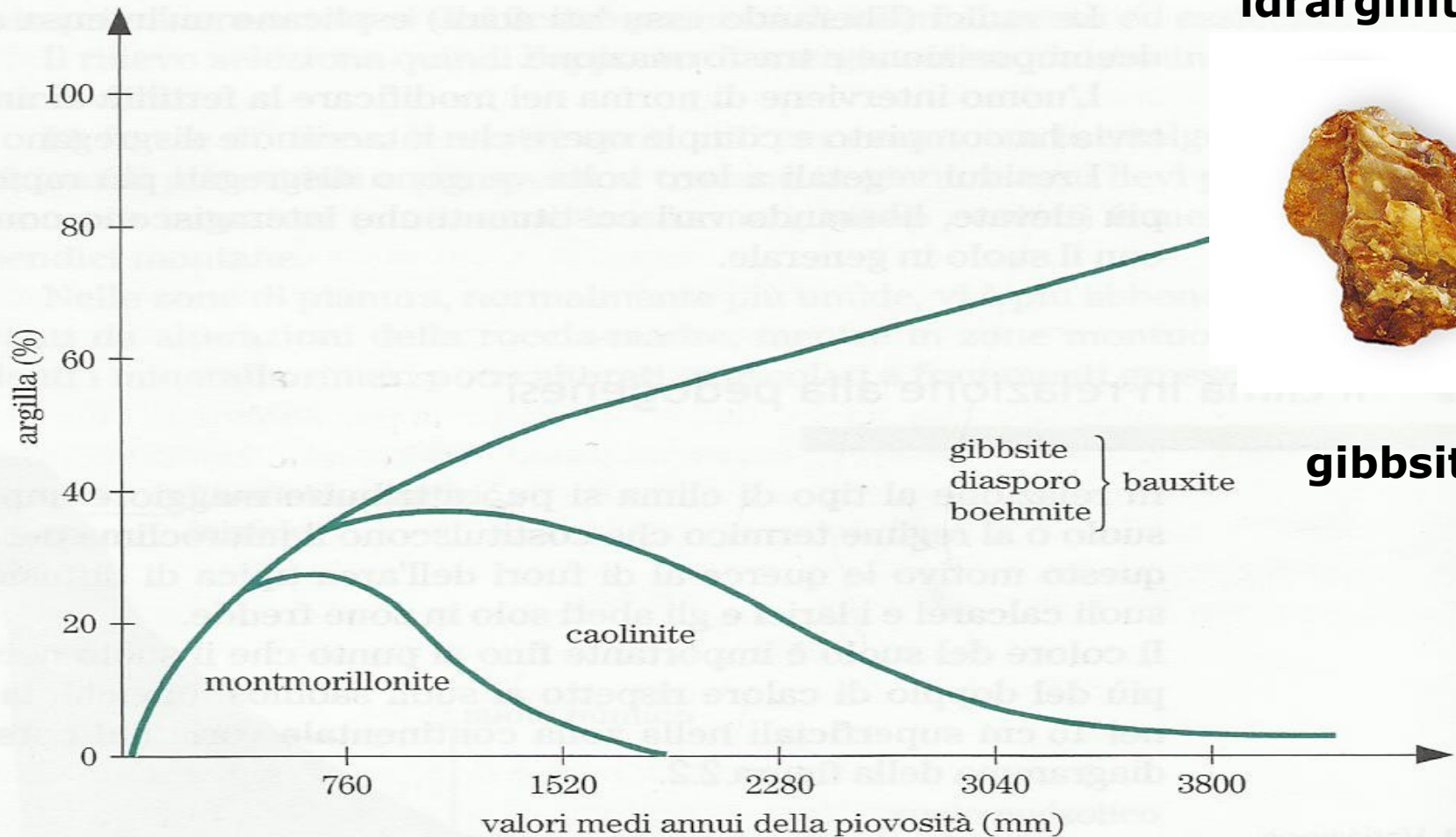
- Reazione di **ossidazione** dovuta all'azione ossidante dell'ossigeno
- Reazione di **dissoluzione** dovuta all'azione solvente dell'acqua
- Reazione di **idrolisi** dovuta all'azione solvente dell'acqua ricca di anidride carbonica

**Le acque leggermente acide, per la presenza di acido carbonico, hanno effetti assai importanti sulle rocce granitiche e calcaree.**

# Degradazione atmosferica

## Importanza dell'acqua

Se la quantità di acqua piovana è abbondante si formano argille con maggior contenuto di silice e con maggiore possibilità di catturare ioni dalla soluzione circolante (capacità di scambio ionico; vedi oltre).



**idrargillite**



**gibbsite**

# Degradazione atmosferica

## Importanza della temperatura

La *temperatura* (al suo crescere) agisce aumentando la velocità di reazione dell'acqua e dei suoi ioni  $H^+$ ; favorisce la dissociazione dell'acido carbonico formato per carbonatazione dell'acqua con  $CO_2$  di origine atmosferica (tellurica), vegetale e animale. Aumenta i processi di evaporazione, determinando l'accumulo in superficie di carbonati e altri sali.

Inoltre l'aumento di temperatura stimola la fotosintesi, soprattutto nei primi microrganismi (batteri e alghe) e vegetali che si instaurano nei suoli.



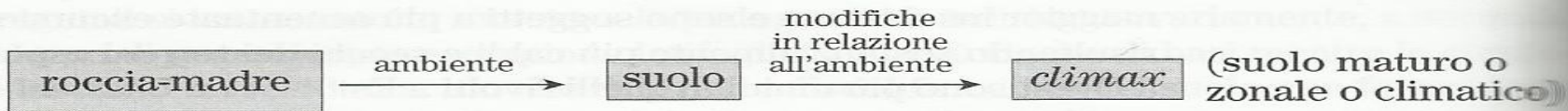
# Degradazione atmosferica

## Importanza del tempo

La disgregazione delle rocce e la successiva decomposizione negli elementi costitutivi, la loro combinazione con formazione di argilla avviene molto lentamente nel tempo. Quando il suolo risulta stabile, cioè in equilibrio con i fattori che l'hanno originato e con l'ambiente in cui si trova al momento (clima e vegetazione), è detto *climax*.

Esempi di suoli che hanno raggiunto il *climax* (si dice tecnicamente "che sono in *climax*") sono i suoli della tundra (seppur poco evoluti), i podzol delle zone a clima umido, i suoli lateritici delle zone tropicali.

Occorrono migliaia di anni per la formazione di un terreno in *climax* le cui proprietà chimiche e fisiche non riflettono più quelle della roccia-madre; nei vari *climax* si insediano spontaneamente vegetazioni diverse: i muschi e i licheni nella tundra, le foreste di aghifoglie nei podzol, le foreste di latifoglie nei suoli bruni ecc.



Il passaggio dalla roccia-madre al suolo avviene prima attraverso la formazione di suoli che presentano detriti grossolani (*litosuoli*) e poi con la formazione di suoli costituiti di detriti fini (*regosuoli*).

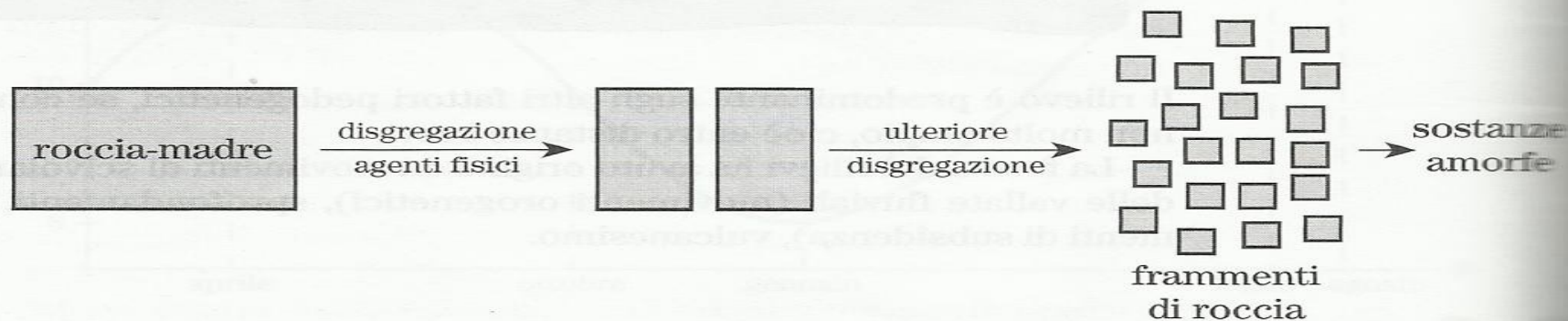


Se i frammenti di roccia-madre sono stati decomposti sul posto (cioè sono stati decomposti i substrati residuali della roccia-madre) si formano i **suoli autoctoni** o *in situ*; si formano invece **suoli alloctoni** se i frammenti di roccia-madre vengono trasportati dalle acque (si producono substrati alluvionali), dai ghiacciai (originano substrati morenici), dai venti (si formano substrati eolici), dalla forza di gravità dovuta a frane o a cedimenti lungo i fianchi dei monti (si formano substrati colluviali); si trovano anche substrati misti fluvio-glaciali dovuti all'azione congiunta delle acque e dei ghiacciai.

### Disgregazione della roccia-madre

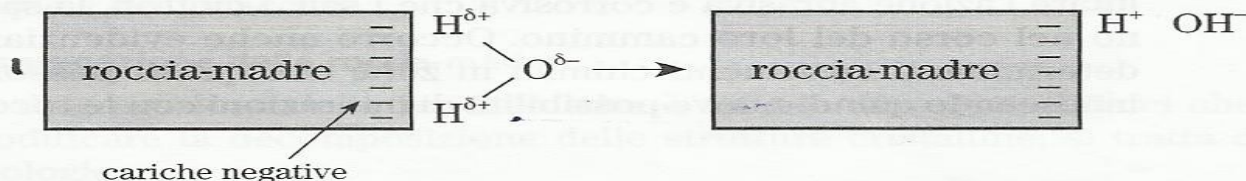
La disgregazione della roccia-madre è attuata da processi fisici che non arrivano a modificare la decomposizione delle strutture cristalline; si tratta di un'alterazione geologica.

La frantumazione della roccia è il più evidente dei processi fisici disgregativi, che porta a una maggiore superficie di attacco dei composti chimici. Se le tensioni che hanno indotto la frantumazione persistono a lungo, le frantumazioni continuano fino alla rottura dei singoli cristalli (che costituiscono il minerale e la roccia) con formazione di sostanze amorfe.

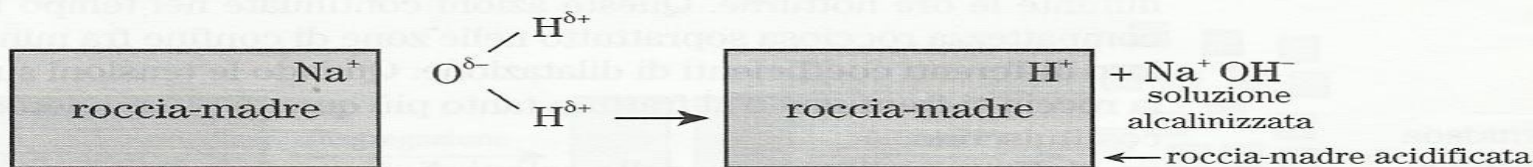


■ **Azione di scambio:** sulla superficie dei reticoli cristallini vi sono valenze libere che attraggono ioni delle molecole polari. Una molecola polare come l'HOH può cedere ioni  $H^+$  alla roccia-madre scambiandoli con un suo catione che passa in soluzione.

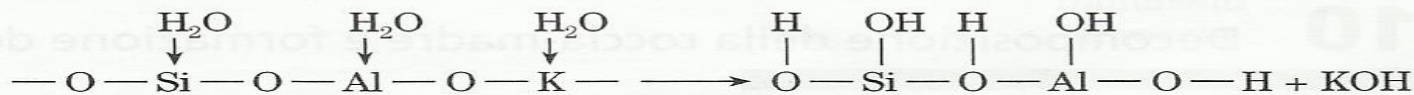
Per la stessa ragione le cariche libere alla superficie dei reticoli cristallini attraggono HOH fino a provocarne la dissociazione (l'acqua agisce quindi, in tal caso, da elettrolita).



Gli  $H^+$  si possono legare agli  $O^-$  presenti sulla superficie del cristallo della roccia, così come gli  $OH^-$  possono legarsi a Si e Al; in seguito gli  $H^+$  possono sostituire ioni presenti nel cristallo con conseguente destabilizzazione del cristallo, quindi del minerale e infine della roccia.

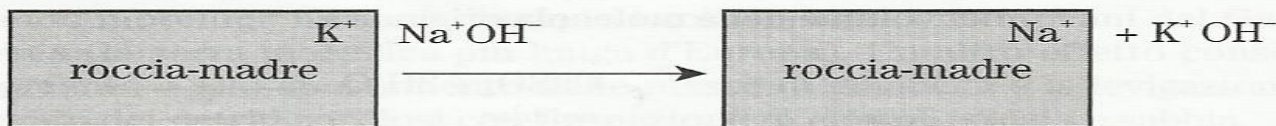


L'idratazione avviene anche a livello di Si e di Al:



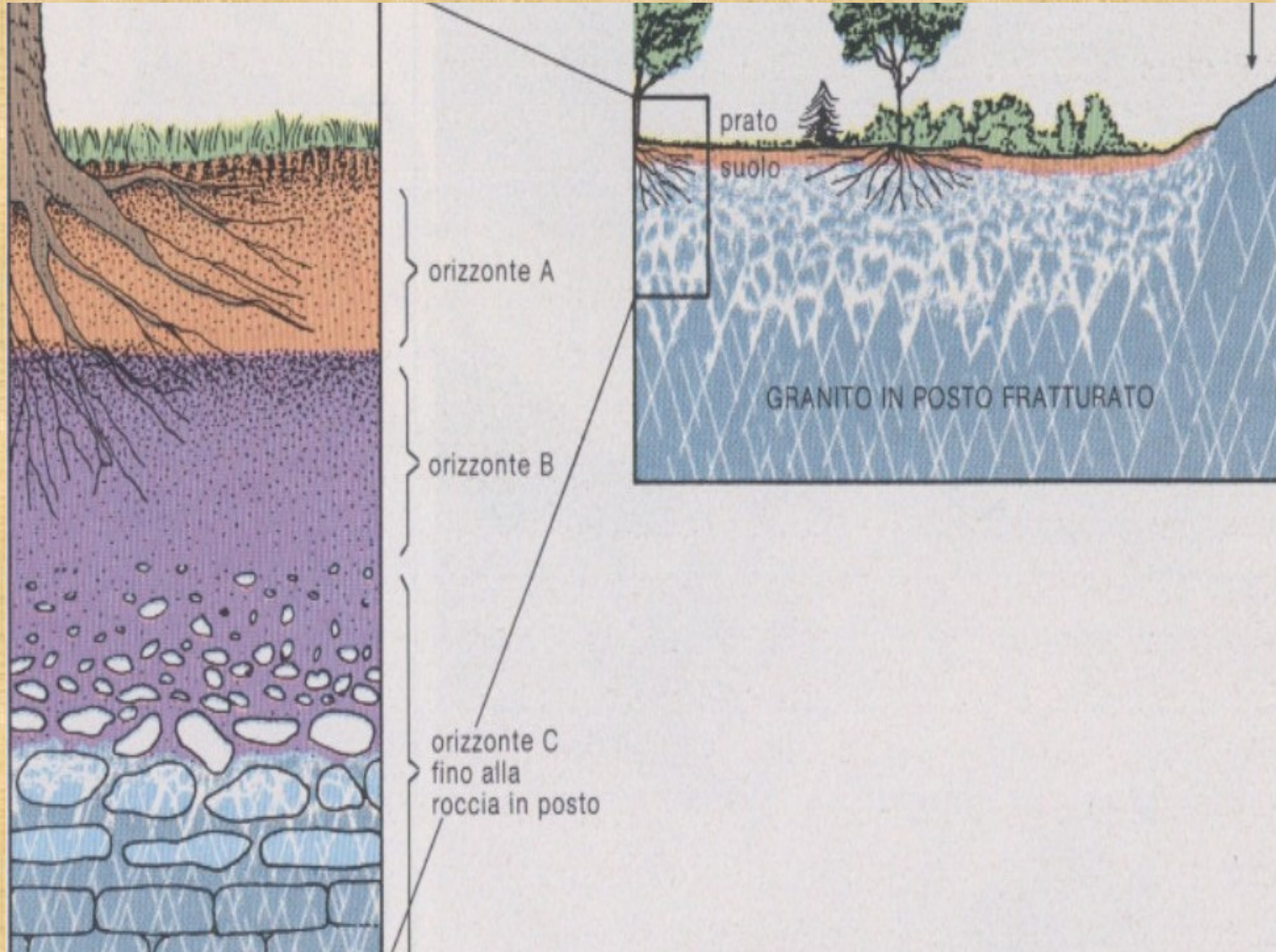
L'NaOH (o il KOH) in soluzione può essere lisciviato, cioè dilavato e trasportato su un'altra zona in cui il sodio è carente o assente, modificandone quindi la composizione chimica, oppure può essere dilavato solo l' $Na^+$  mentre l' $OH^-$  può essere attratto dalle valenze libere presenti sulle superfici della roccia; possono, inoltre, essere scambiati i cationi presenti in soluzione nell'acqua.

L'NaOH trasportato dalla soluzione può a sua volta spostare cationi presenti su altre rocce:



# Degradazione atmosferica

## Schema di un tipico profilo del suolo



Orizzonte A  
Eluviale

Orizzonte B  
Illuviale

Orizzonte C  
Roccia madre

## Profilo del suolo

**Detrito eluviale (orizzonte A)** = è per lo più è incoerente, su cui può attecchire la **vegetazione**, che determina un graduale arricchimento in **sostanza organica nel terreno** e che dall'altro esercita azioni di vario tipo:

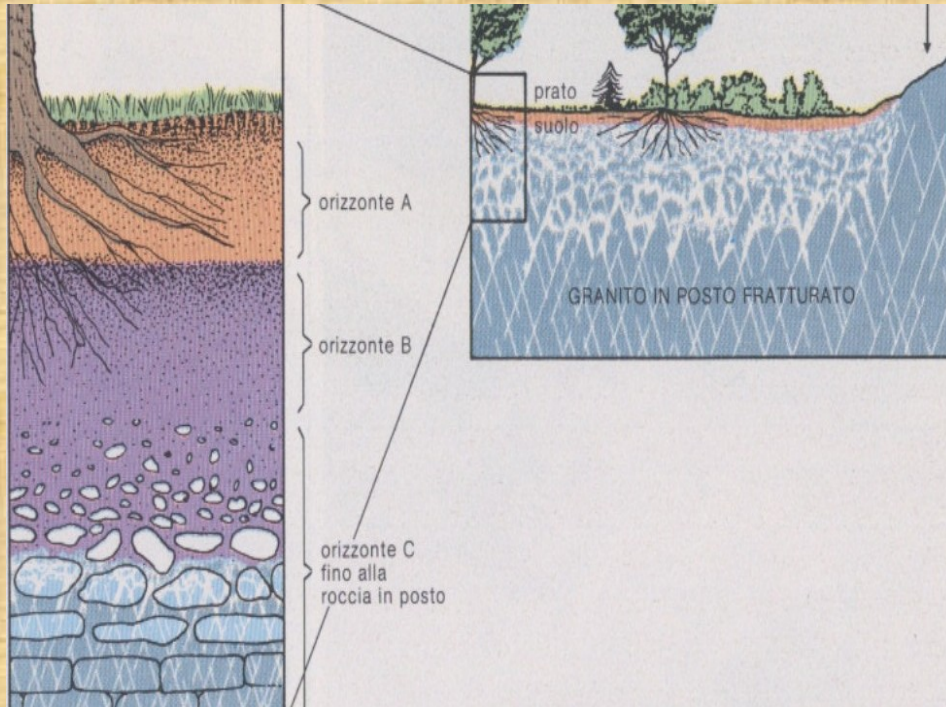
**le radici secernano sostanze acide**

**i resti vegetali vengono elaborati dai batteri che producono acidi solforati**

**la decomposizione dei vegetali determina la produzione di acidi umici.**

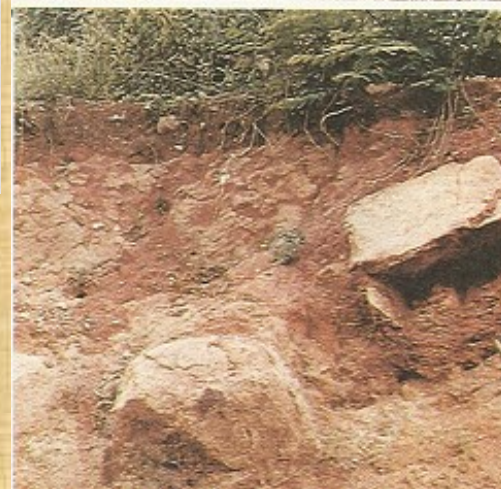
**Queste sostanze ad azione acida facilitano la degradazione della **roccia madre**, si viene perciò a formare un terreno, più o meno ricco in sostanze vegetali, detto suolo.**

**Detriti illuviali (orizzonte B)** = si trovano concentrati i materiali argillosi dilavati da A e scarso è il contenuto organico. **Roccia madre (orizzonte C)** = irregolare, contiene frammenti del substrato e passa gradualmente alla roccia (madre) inalterata



**A seconda del clima si possono sviluppare vari tipi di suoli.**

**1**



**2**

**1, suolo scuro ricco di sostanza organica**  
**2, suolo lateritico ricco di Fe**

## Degradazione chimica

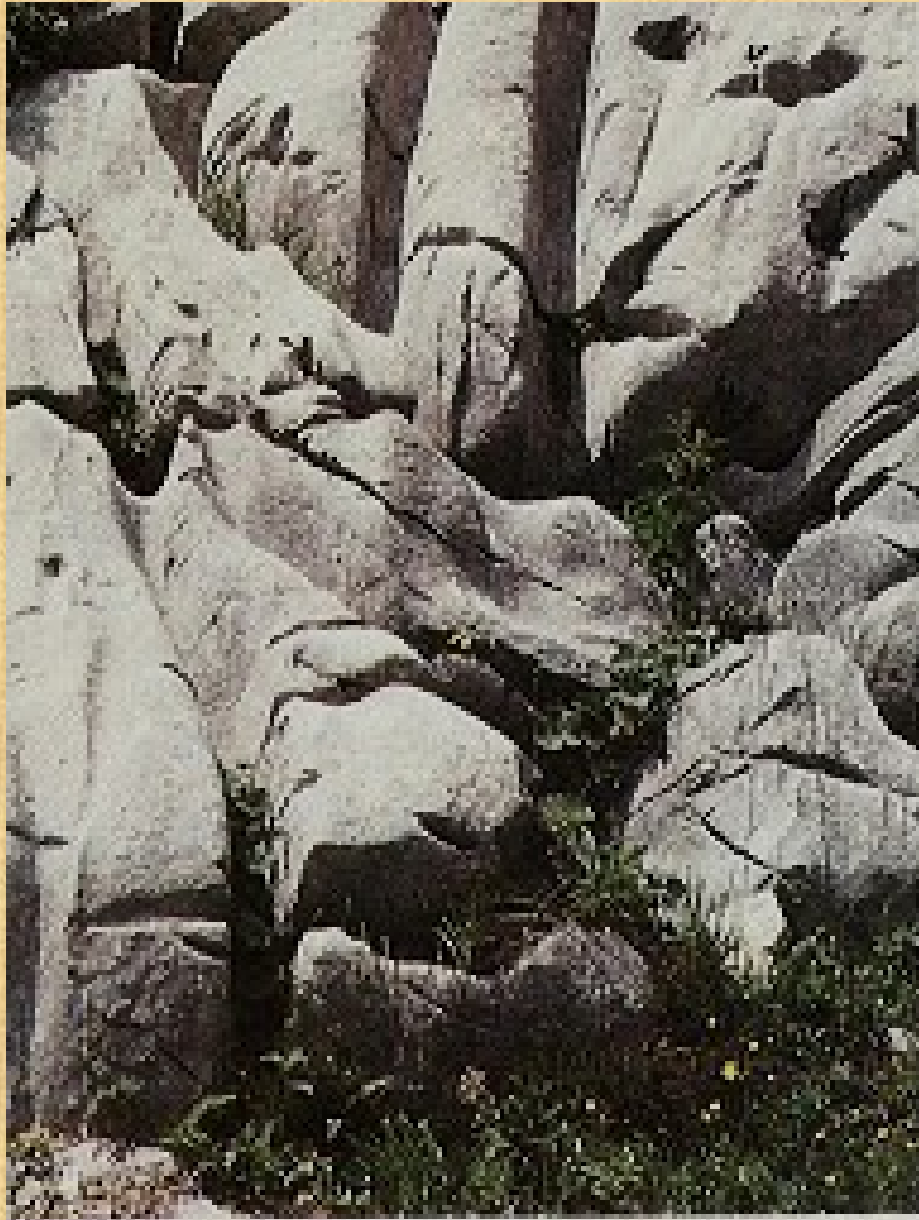


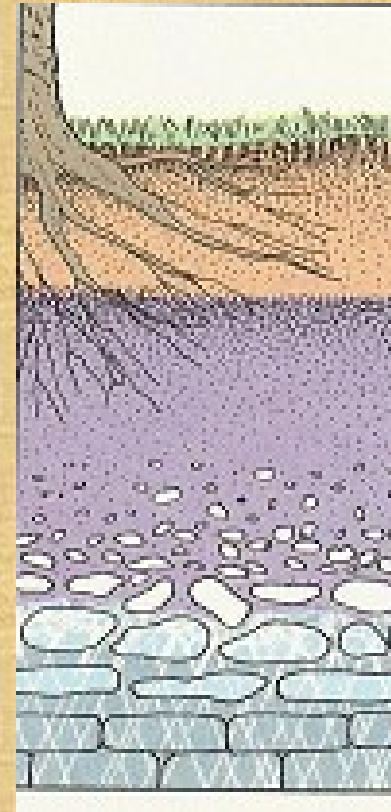
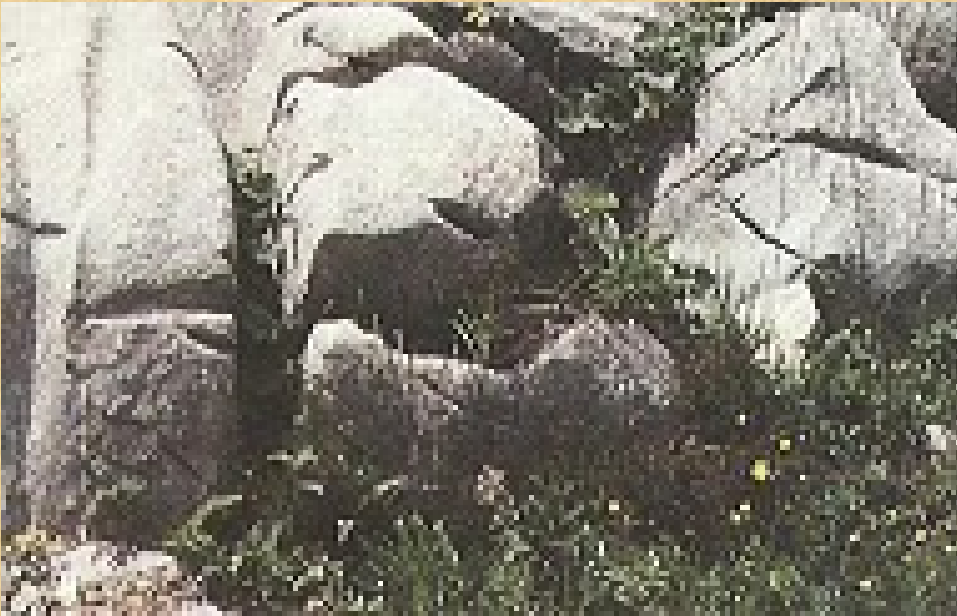
Figura 18-5.

Questi solchi che intagliano la roccia calcarea si sono formati per dissoluzione del carbonato da parte dell'acqua piovana che scorre sulla superficie rocciosa. Sono denominati *caupi soleari* o *carreggiati* per la somiglianza che hanno, a volte, con le impronte lasciate dalle ruote dei carri.

## Degradazione biochimica e fisica

L'azione delle piante nel degradare le rocce è più importante di quanto si possa credere comunemente.

Oltre all'azione biochimica dell'assorbimento dei sali minerali attraverso le radici, vi è la **degradazione meccanica** operata dalle radici che insinuandosi nelle piccole fessure le dilatano penetrando sempre più a fondo.

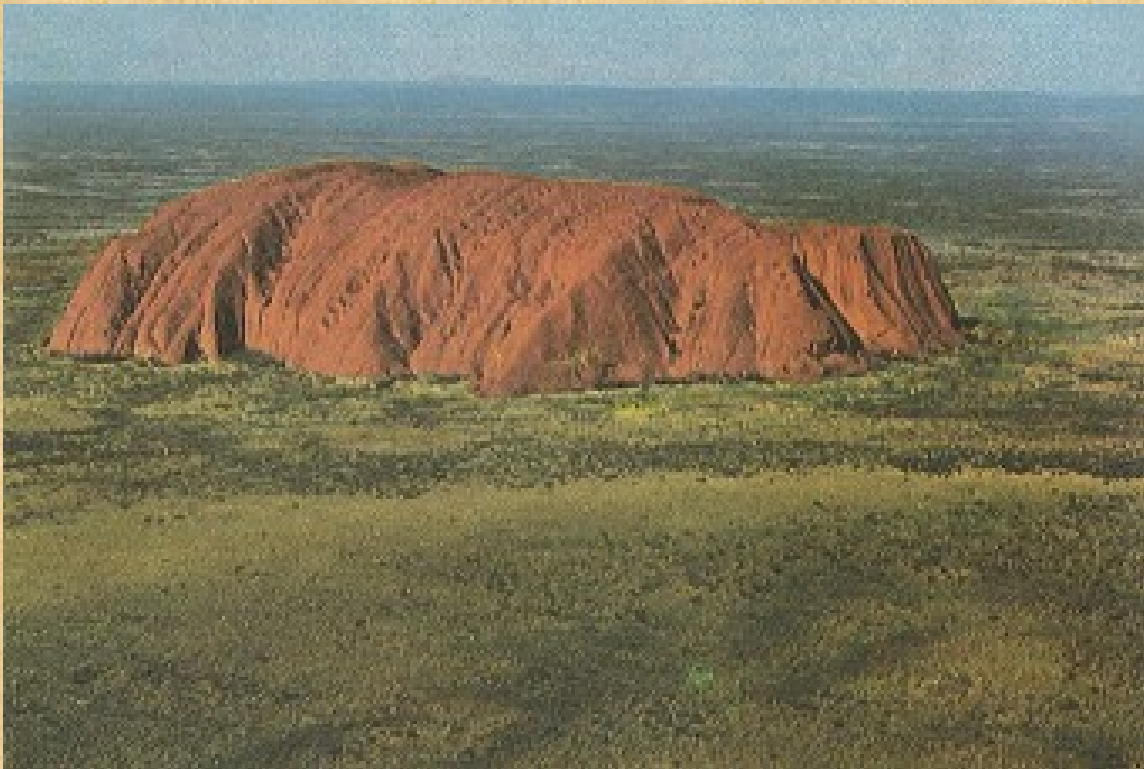




## Erosione e morfogenesi dei paesi caldo umidi

Gli **agenti dominanti** dell'erosione in queste regioni sono **l'acqua e la temperatura elevata**, la loro azione associata determina intensi processi degradazione chimica.

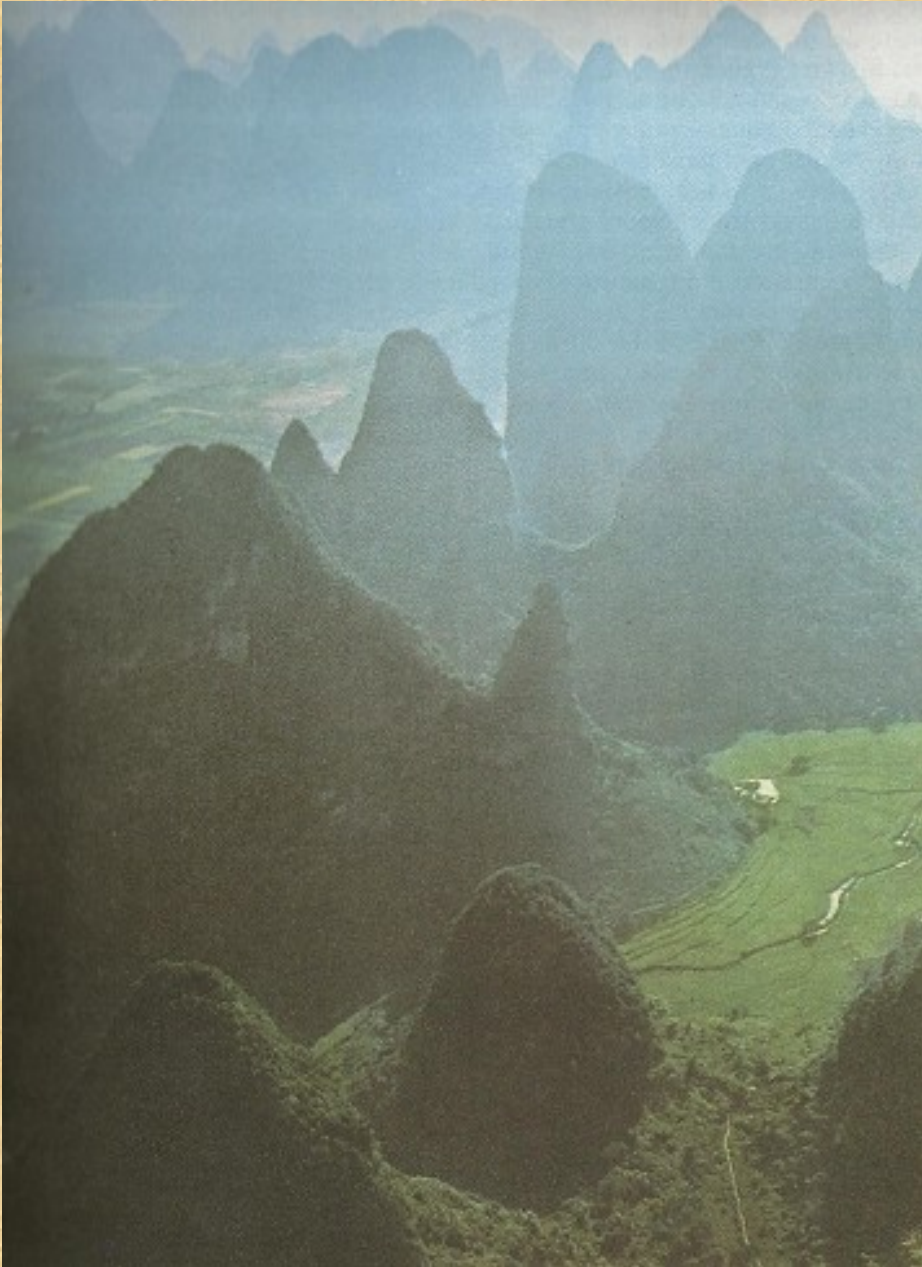
**L'estesa vegetazione e l'abbondanza dei residui organici vegetali e animali in decomposizione determinano la produzione di acidi umici che intaccano la roccia**



In mezzo alla vegetazione emergono bruscamente dei rilievi di roccia granitica, a forma di cupola, detti **Monti-isola** (inselberg)

Inselberg situato nel centro del Australia, lungo 2,5 Km alto 335 m

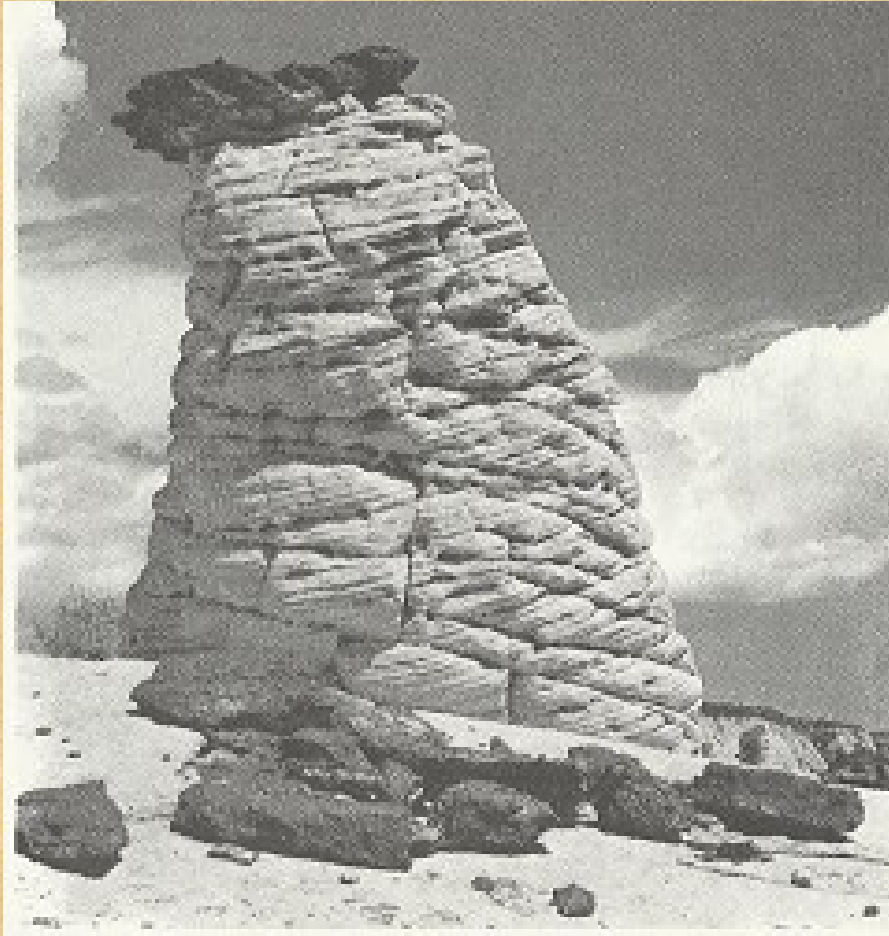
## **Erosione e morfogenesi dei paesi caldo umidi**



**Il suggestivo paesaggio carsico  
nei pressi della città di Guilin,  
Cina meridionale.**

## **Erosione e morfogenesi dei paesi aridi**

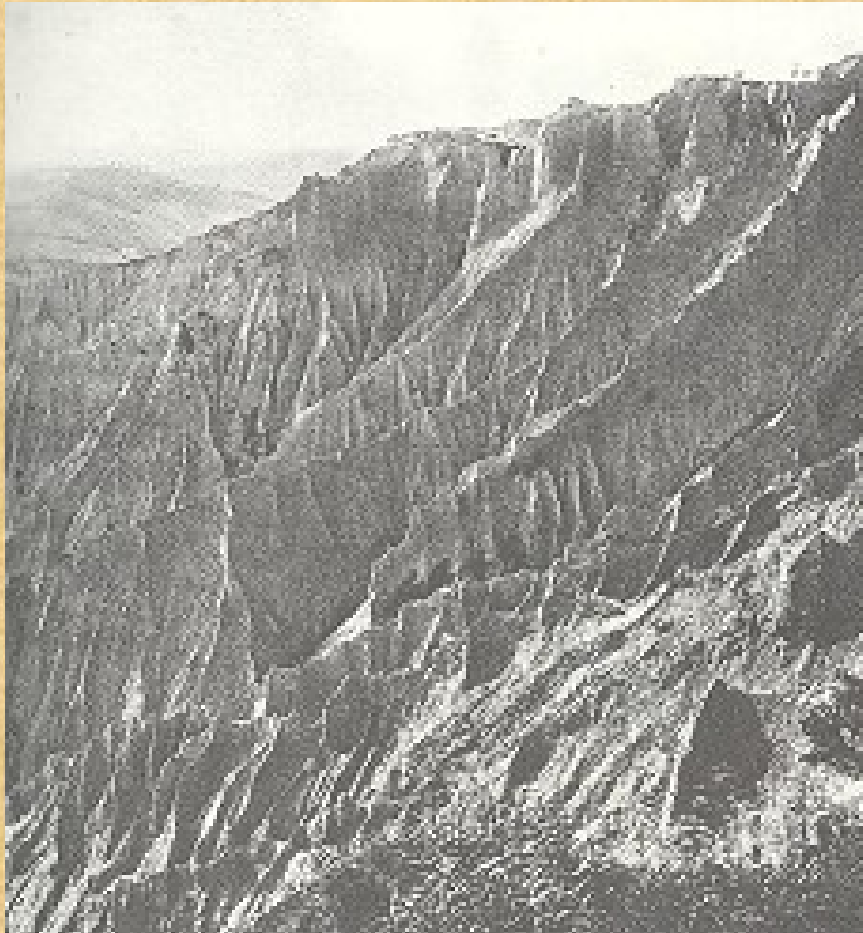
**Nei deserti tropicali e delle savane, la forte escursione termica, la scarsità delle precipitazioni e l'assenza di vegetazione sono i fattori climatici che determinano il tipo di erosione.**



**L'azione termoclastica (azione fisica) e l'azione erosiva del vento, nonché la presenza di rugiada o umidità che sottopongono fenomeni di idrolisi le rocce granitiche, producono forme suggestive e bizzarre.**

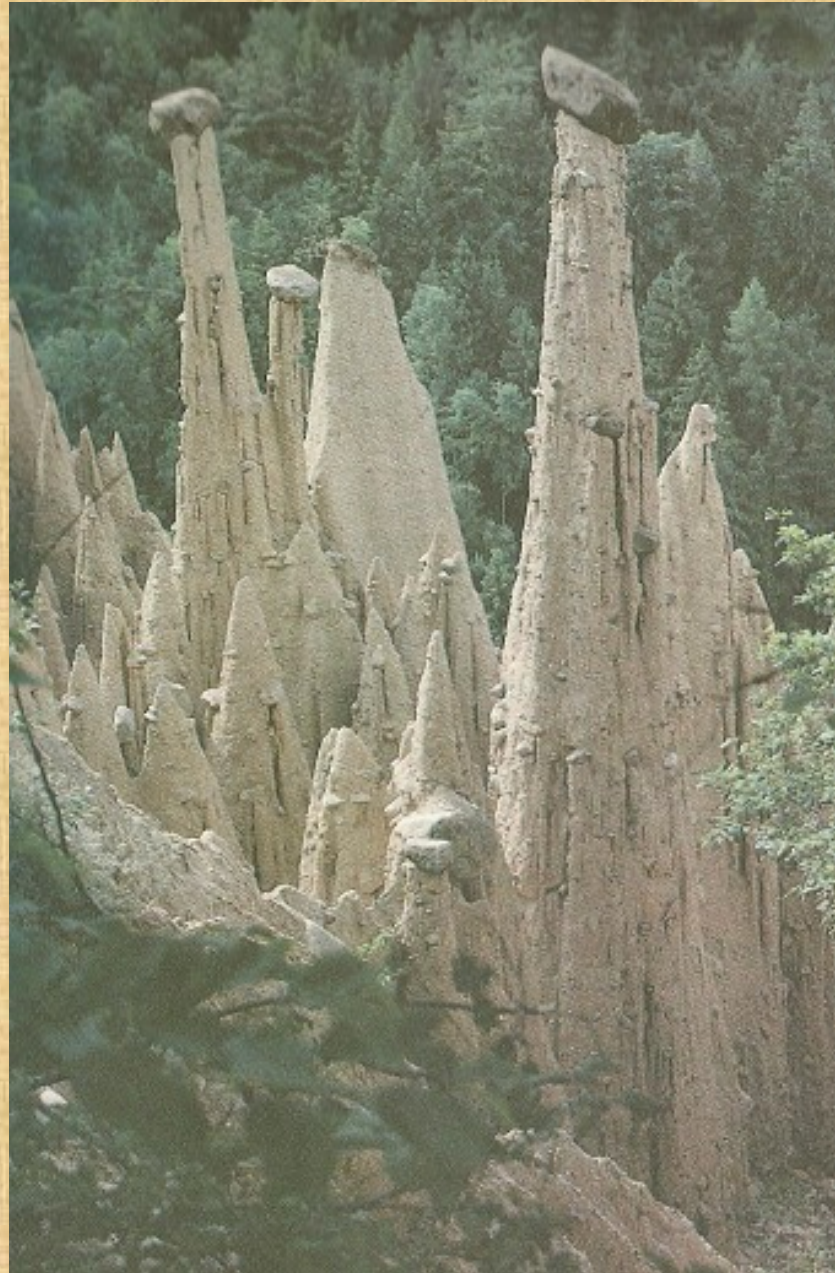
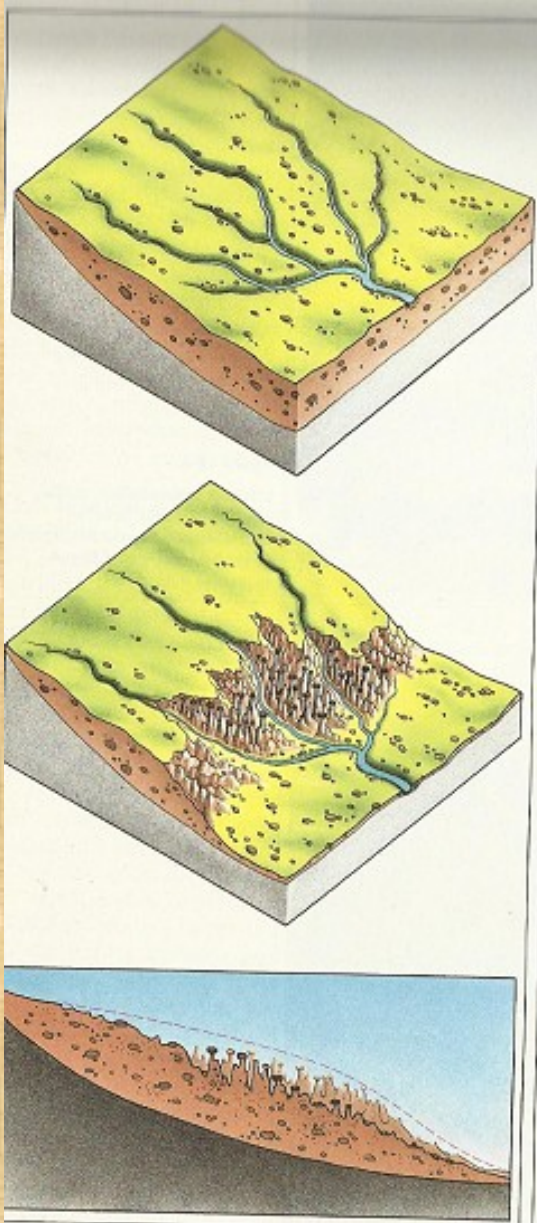
## Erosione e morfogenesi nelle fasce temperate

In queste zone ( **regioni umide oceaniche e regioni mediterranee** ) **le acque piovane** , che cadono e **scorrono dapprima diffuse sui rilievi** e **via via si raccolgono in corsi d'acqua**, hanno effetti erosivi differenti, a seconda dell'intensità delle precipitazioni e del tipo di copertura vegetale



Erosione dovuta all'azione di ruscellamento delle acqua piovane, questa erosione si verifica quando i versanti hanno una notevole pendenza ed il terreno impermeabile ma tenero ed omogeneo come le argille

# Erosione e morfogenesi nelle fasce temperate



Azione erosiva dell'acqua di ruscellamento sui depositi morenici che crea le **piramidi di terra**

# Erosione e morfogenesi periglaciale



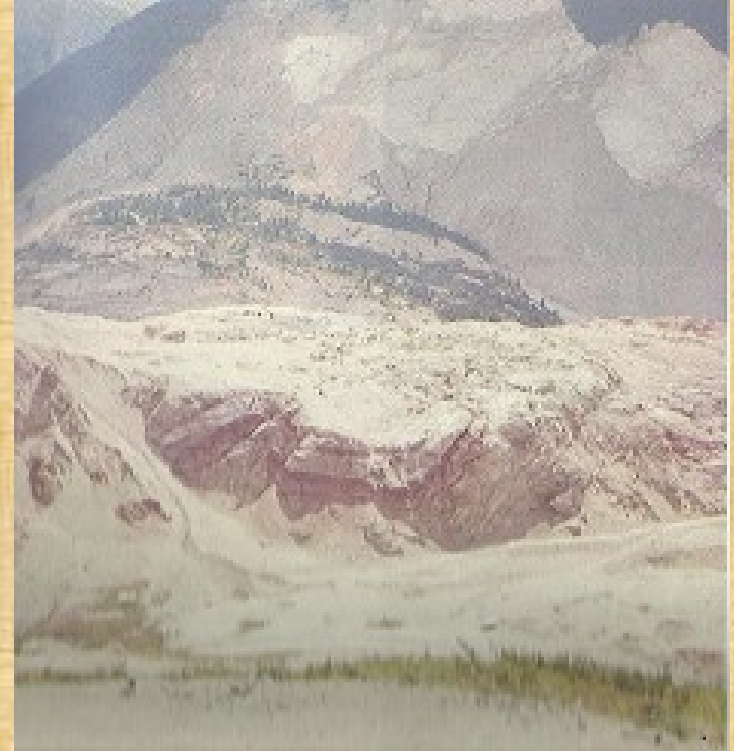
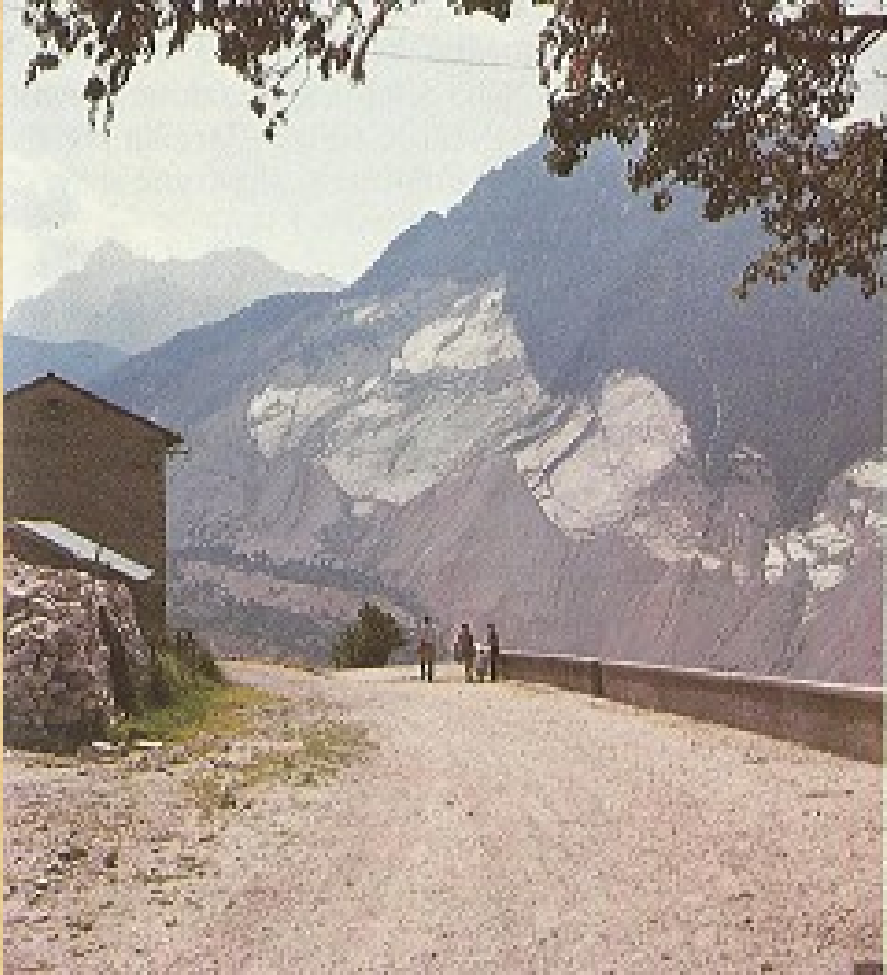
Distribuzione del **permafrost**



**Permafrost** presso la torbiera di Storflaket nel nord della Svezia

## Movimenti di versante

Tutti gli spostamenti di rocce e detriti che avvengono a causa della gravità sono detti **movimenti di massa**; più in particolare quelli che si verificano sui pendii montagnosi sono detti **movimenti di versante**.



Grande frana che il 9 ottobre 1963 si staccò dal monte Toc ( Vajont )

## **Movimenti di versante**



**Grande frana che il 9 ottobre 1963 si staccò dal monte Toc ( Vajont)**



# Movimenti di versante

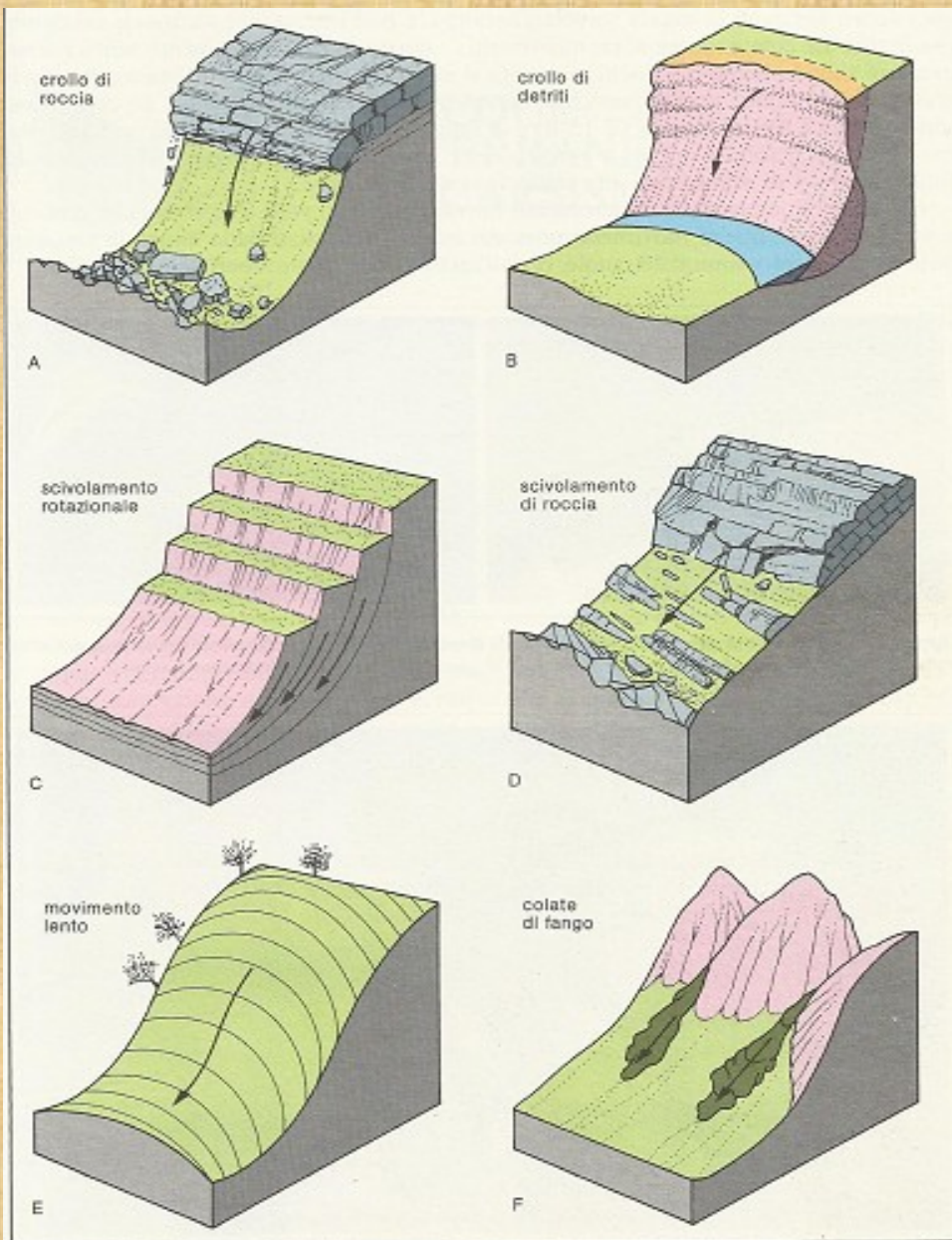


Figura 18-14. - Vari tipi di frane. A, crollo di roccia; B, crollo di detrito; C, scivolamento rotazionale; D, scivolamento di roccia; E, movimento lento (smottamento); F, colata di fango e detrito.

# Paesaggio, clima e degradazione atmosferica

Ogni anno i mezzi di comunicazione ci informano di eventi naturali che colpiscono il nostro territorio: **si tratta in genere di alluvioni e smottamenti che distruggono paesi e città,**



**Santa Croce a Firenze 1966**

**questi fenomeni sono causati dall'erosione chimica e fisica a cui vanno soggette le rocce.**

**Il trasporto a valle dei detriti può causare frane improvvise o piene e alluvioni.**

**Si forma così una continua e lenta mutazione del paesaggio terrestre.**

**I fattori climatici (temperatura e precipitazioni) sono estremamente importanti sia nella degradazione che nel modellamento del paesaggio.**

# **Degradazione atmosferica**

**L'azione del vento e i deserti**

## **L'azione del vento**

**Il vento è un importante agente geologico, responsabile di molte caratteristiche morfologiche.**

**Il vento può avere una velocità di pochi Km/h della brezza, ai 200 Km/h e più degli uragani e dei tifoni.**

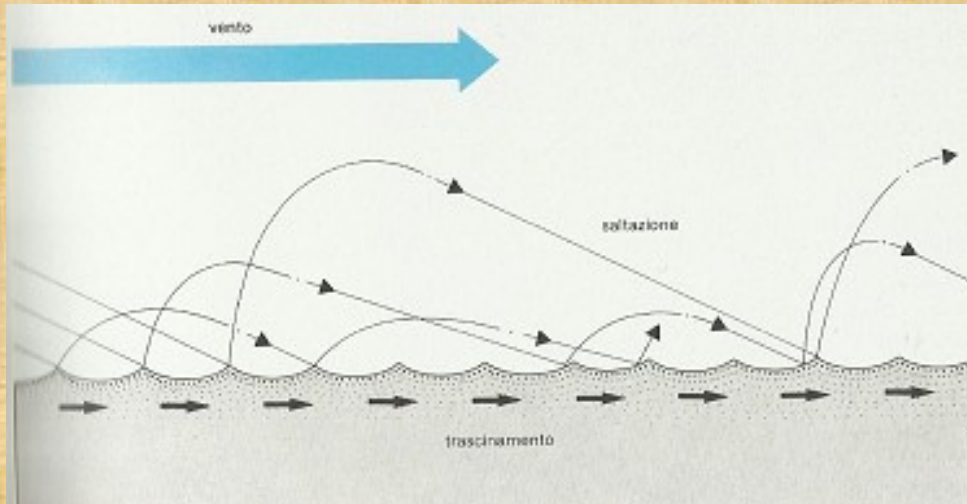


**I venti di una certa forza (oltre 30-40 Km/h ) sono in grado di trasportare, senza alcuna difficoltà, sabbia e polveri.**

**Tempeste di sabbia nel deserto**

## L'azione del vento

I materiali sollevati dal vento si depositano quando il vento cessa oppure quando la sua energia diminuisce al di sotto del limite necessario per il trasporto.

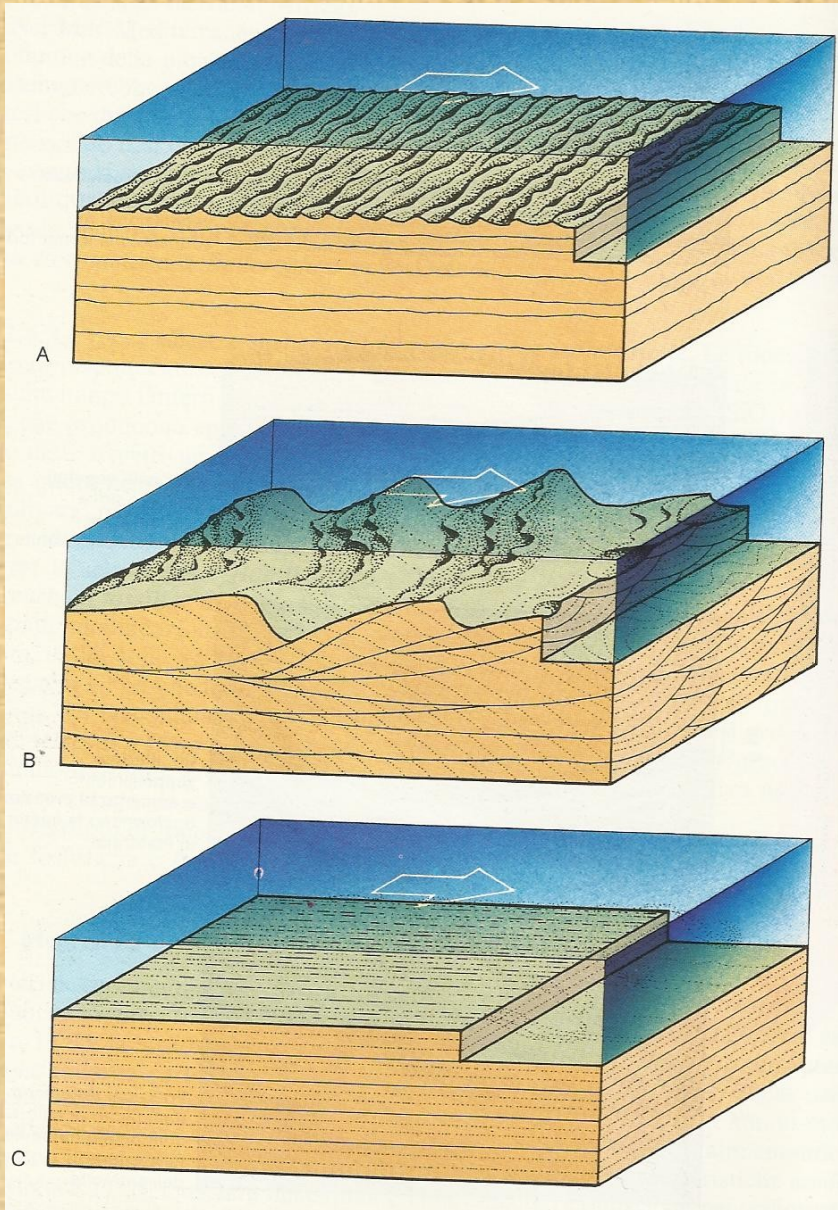


Il movimento della sabbia trasportata dal vento si attua prevalentemente **mediante salti successivi** ; solo una piccola parte viene trascinata o fatta rotolare sul terreno.



Il pavimento del deserto del Sahara ( superficie denudata dal vento )

# L'azione dell'acqua su di un fondo sabbioso



Facendo scorrere dell'acqua su un fondo sabbioso, ed aumentando a poco a poco la velocità compaiono delle caratteristiche strutture che sono:

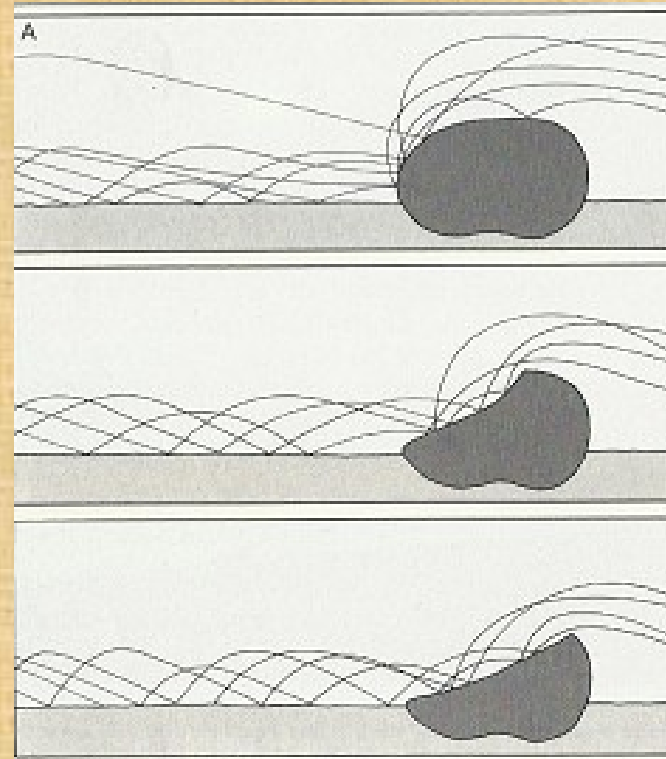
A = crespe

B = dune

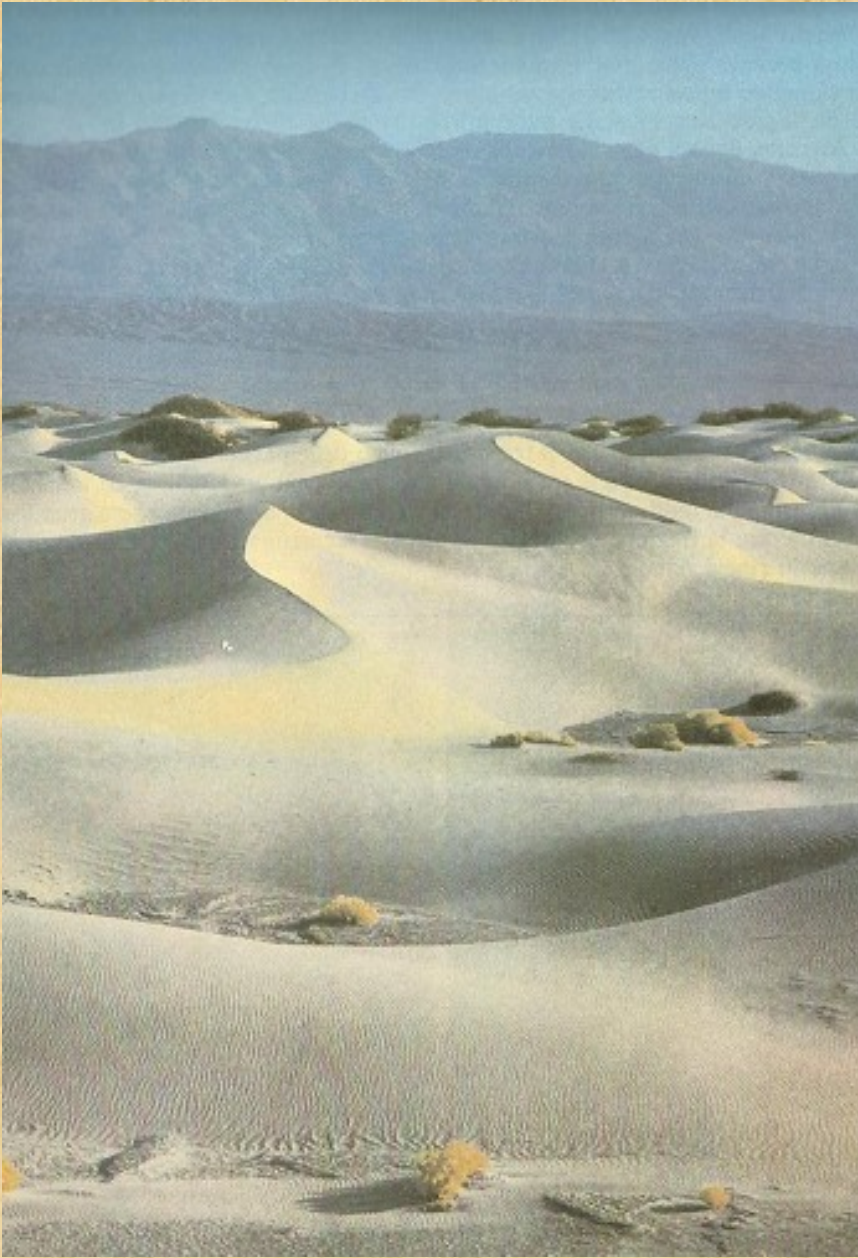
C = fondo piatto

Il risultato della maggiore velocità dell'acqua è una fitta stratificazione parallela, detta laminazione.

# L'azione del vento



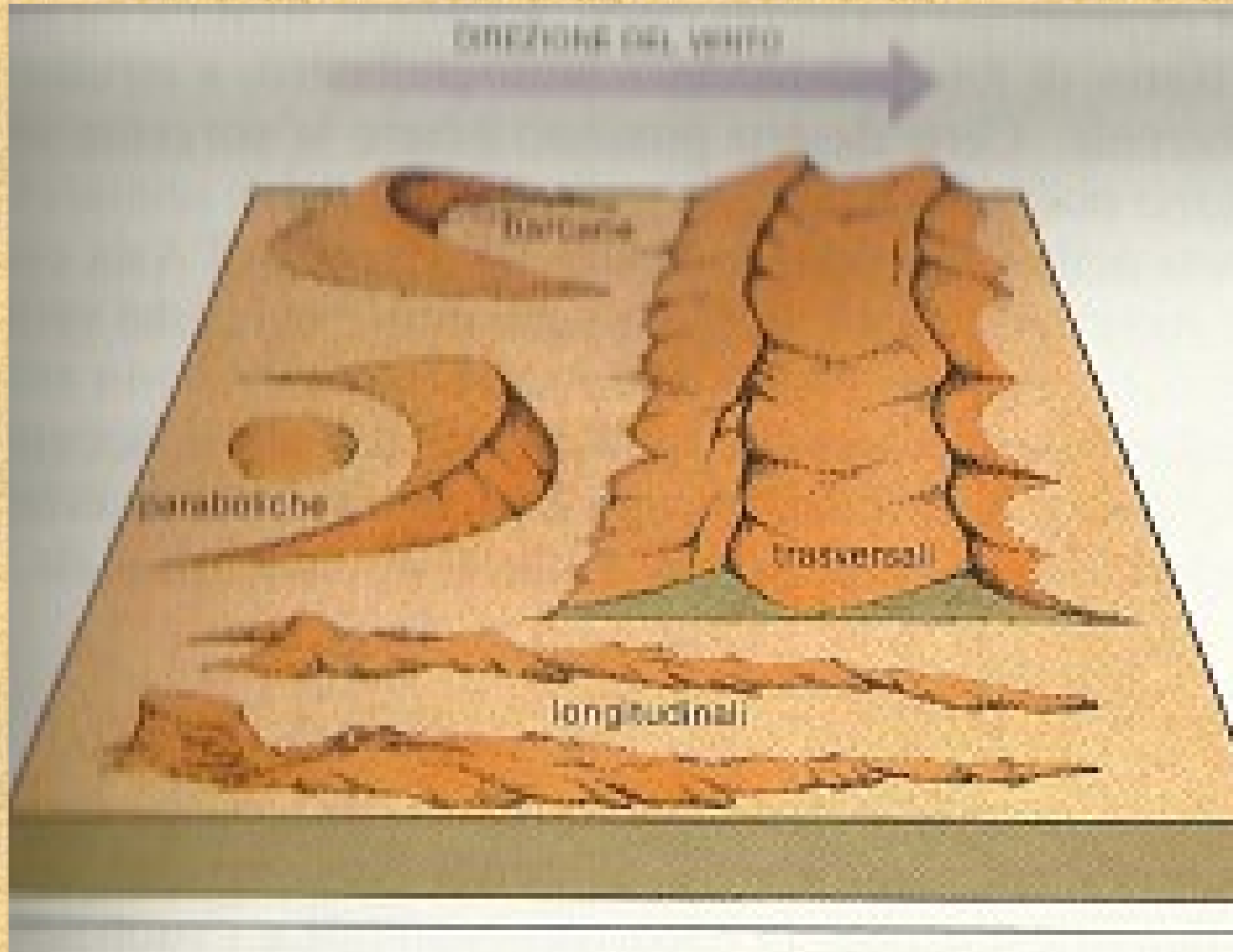
## L'azione del vento



**Le dune sono le tipiche forme di accumulo eolico della sabbia**

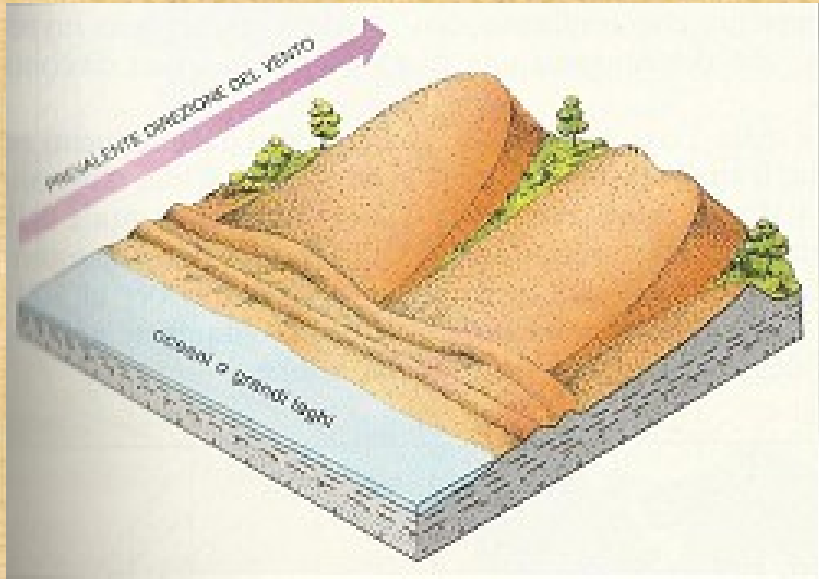


## L'azione del vento



**Morfologia dei vari tipi di dune**

## L'azione del vento

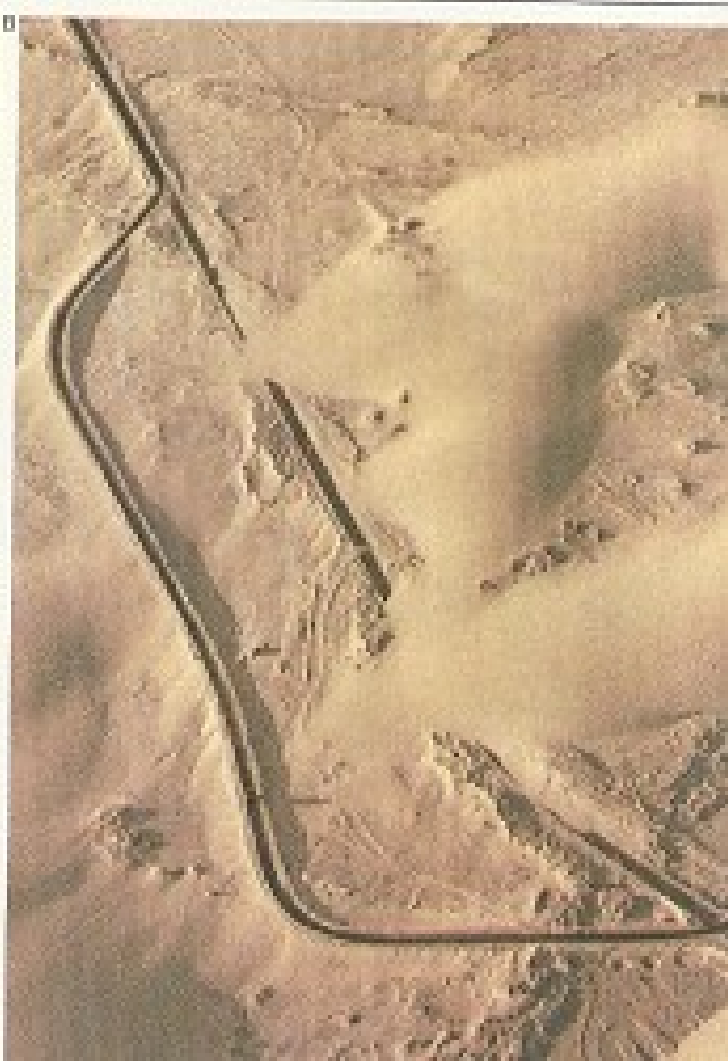


**Le dune a U** sono comuni lungo le coste degli oceani e dei grandi laghi. Si tratta di dune stabilizzate



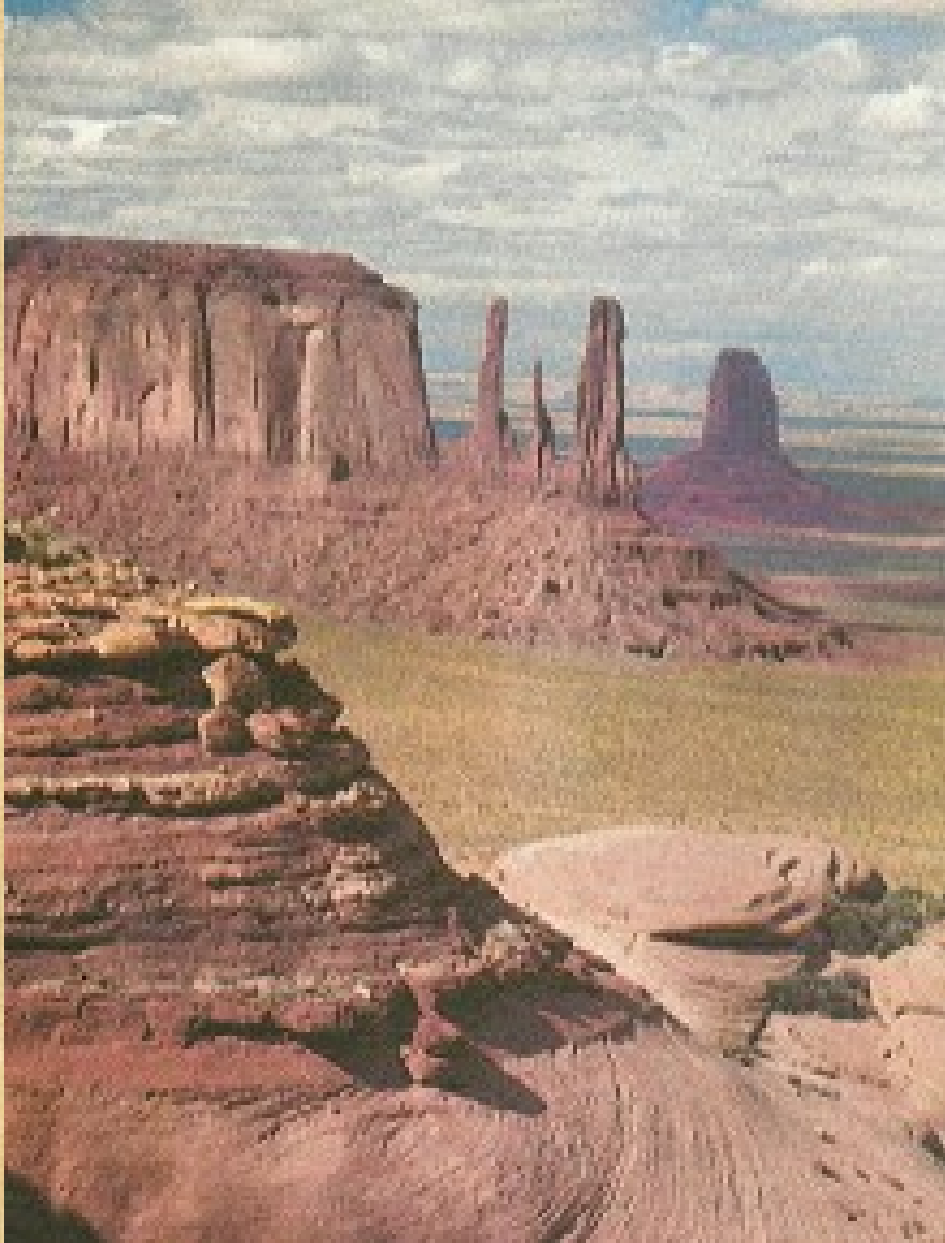
**Dune barcame** nel Sahara. Si tratta di dune mobili e hanno forma di semiluna.

## L'azione del vento



Le **dune attive** sono dotate di elevata mobilità

## L'azione del vento



**Queste forme desertiche sono dovute alla presenza di rocce più resistenti alla degradazione meteorica.**

**Deserto dell'Arizona**

# Climi aridi

## 1- il clima arido caldo (deserto)

è caratterizzato da fortissime escursioni termiche diurne (di giorno la temperatura può salire fino a 60°C e di notte scendere sotto zero). Quando la falda acquifera è prossima alla superficie si possono verificare le **Oasi**, uniche zone abitate del deserto.



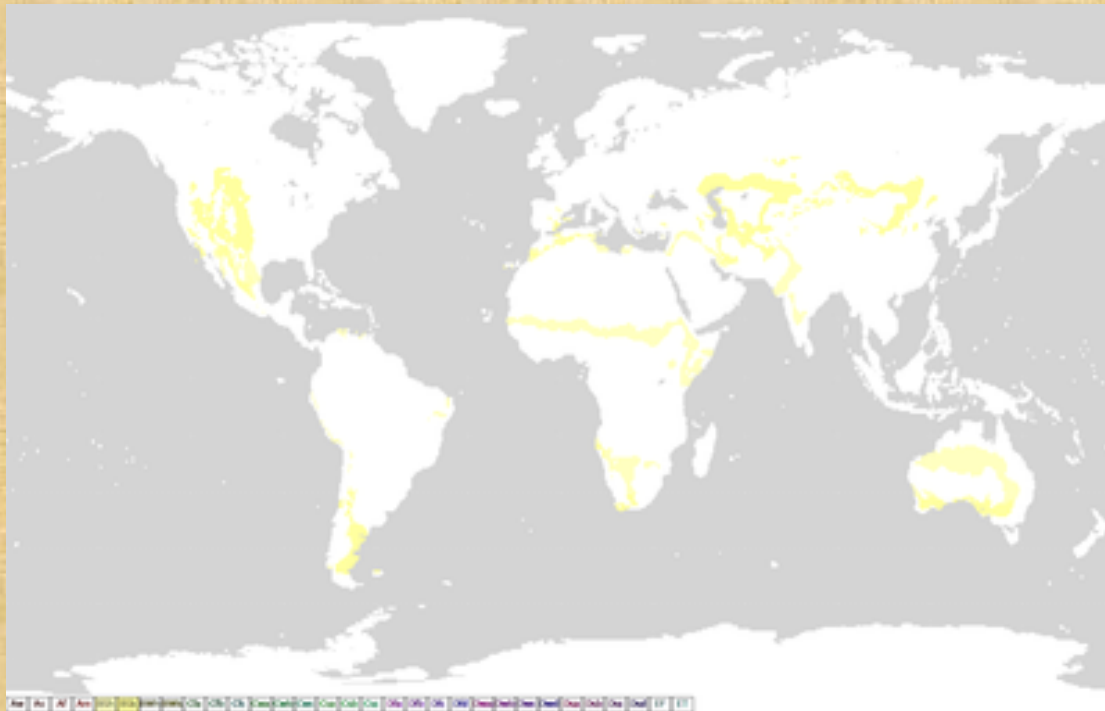
I deserti caldi sono localizzati in corrispondenza dei tropici, in **Africa** (Sahara), in **Arabia, Siria, Iran** in **Australia, in America** (Messico, California, Arizona e in Cile).

# Climi aridi

**2-il clima semiarido caldo o della steppa (predesertico)** fa transizione a quello della savana ed è caratterizzato da estese formazioni erbacee a cespuglietto.

**Il predesertico è presente in Africa, a sud del Sahara e a nord dei desertisudafricani, si estende dalla Somalia al Mozambico.**

**In America si trova attorno alle aree desertiche della California, dell' Arizona, in Cile, in Argentina e in Australia ecc.**



Steppa in Kazakistan

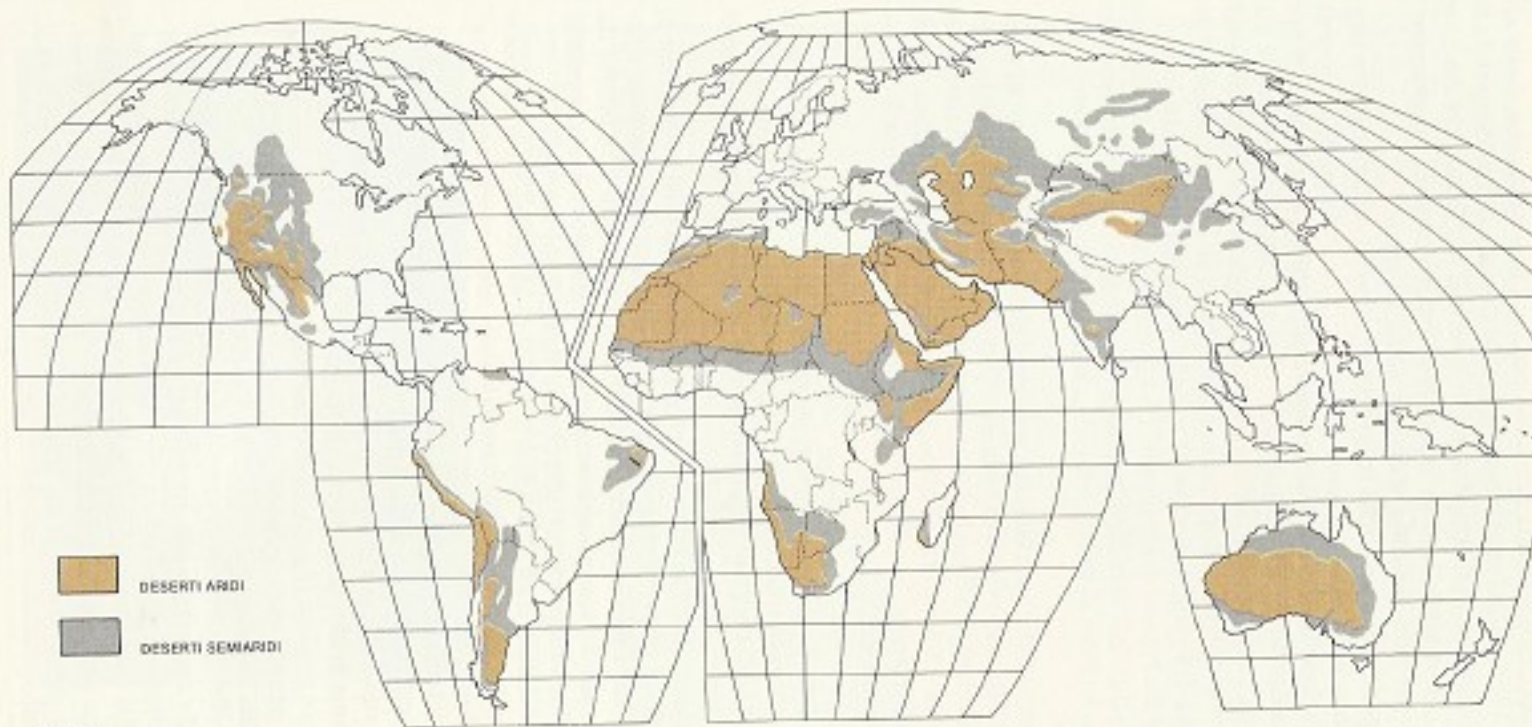


Figura 22-12.  
 La distribuzione globale delle aree  
 desertiche, aride e semiaride.

La distribuzione globale delle **aree desertiche**, aride e semiaride