



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
FACOLTÀ DI AGRARIA

## CICLO DELL'ACQUA

Marco Carozzi

# Sommario

---

- Ciclo biogeochimico
- La molecola d'acqua: breve introduzione
- Ciclo dell'acqua ed elementi del ciclo
- evaporazione, evapotraspirazione, condensazione, precipitazioni, infiltrazione e runoff.
- Acqua nella regolazione del clima



# Ciclo Biogeochimico

- E' un processo di circolazione ciclica di un determinato elemento chimico all'interno della biosfera, alimentato da flussi di energia.
  - BIO → indica le componenti biotiche del sistema (biocenosi)
  - GEO → indica le componenti non viventi del sistema (biotopo)
- In ogni ciclo è possibile distinguere due comparti:
  - un pool di scambio, labile, in cui l'elemento è disponibile per gli organismi e gli scambi tra l'ambiente ed essi sono molto più attivi.
  - un pool di riserva, grande e stabile, dove l'elemento non è immediatamente disponibile per gli organismi e gli scambi sono poco attivi.

Tra i due pool avvengono degli scambi di materia, rappresentati da flussi.

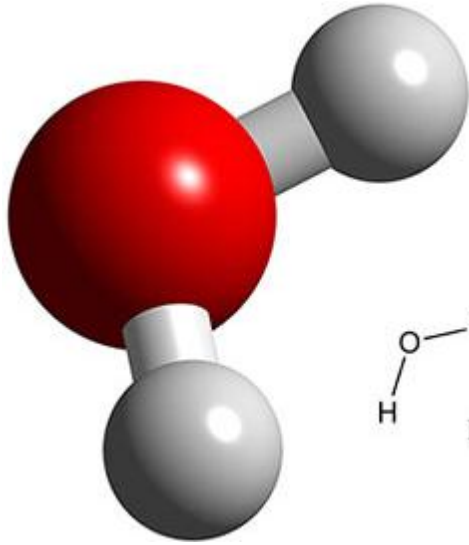


# Ciclo Biogeochimico

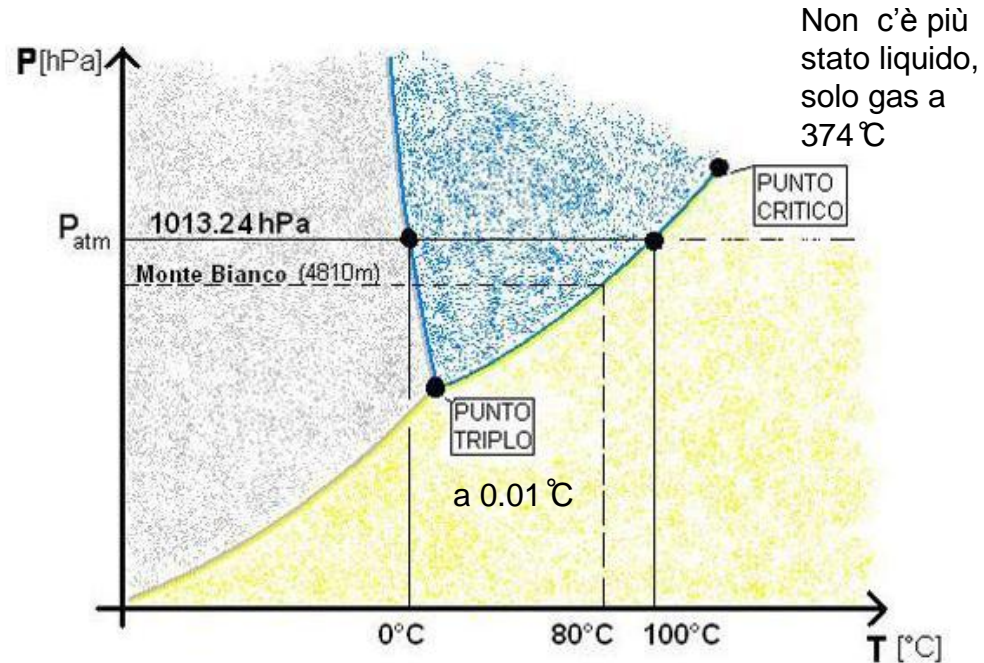
- In funzione del pool di riserva, i cicli si differenziano in:
- **gassosi**, dove il pool di riserva è l'atmosfera o l'idrosfera
    - ciclo dell' N
    - ciclo dell' H<sub>2</sub>O
    - ciclo del C
  - **sedimentari**, dove l'elemento è presente in una riserva localizzata nella litosfera
    - ciclo del fosforo
    - ciclo dello zolfo
    - ciclo del ferro
    - ....



# Ciclo dell'Acqua: la molecola



- Molecola d'acqua:
  - Molecola polare, dove l' atomo di O è legato covalentemente con due atomi di H; l'atomo di O attrae gli e<sup>-</sup> e gli atomi di H sono legati ad esso con un angolo di 104.45° .
  - Densità massima a 3.984° C.



FUSIONE		CONGELAMENTO		GHIACCIO
EVAPORAZIONE		CONDENSAZIONE		ACQUA
BRINAMENTO		SUBLIMAZIONE		VAPORE ACQUEO

Presente in 3 stati: solido, liquido e gassoso:

- stato solido: ghiaccio, neve, grandine e brina.
- stato liquido: (3/4 superficie globo) pioggia e rugiada, oceani, mari, laghi e fiumi.
- stato gassoso: nebbia e vapore acqueo



# Ciclo dell'Acqua: la molecola

- Bassa comprimibilità
- Elevata capacità termica
  - Elevato calore specifico: energia necessaria per aumentare la temperatura ( $1^{\circ}\text{C}$ ) di una sostanza  $\rightarrow$  riscaldamento-raffreddamento laghi
  - Elevato calore latente di fusione: energia necessaria per il passaggio a liquido
  - Elevato calore latente di evaporazione: energia necessaria per il passaggio a vapore
- Alta tensione superficiale: grazie al legame idrogeno  $\rightarrow$  capillarità
- Alta viscosità: resistenza al cambiamento di forma.
- Potere dissolvente molto alto: forte solvente di gas, ioni e molecole con carica polare  $\rightarrow$  elevata forza di lisciviazione e di erosione.



# Ciclo dell'Acqua: la molecola

**Gassoso:** ogni particella si muove ha un comportamento indipendente e si muove ad alta velocità poichè non vi è molta forza di coesione tra le molecole (occupa tutto lo spazio disponibile)

**Vapore acqueo:** gas inodore e incolore e rappresenta fino al 3% del mix gassoso atmosferico, ed è l'elemento più importante per i fenomeni meteorologici.

**Liquido:** ogni particella è rallentata perchè risente delle forze di coesione delle molecole

**Acqua:** è lo stato fisico più diffuso sulla terra

**Solido:** prevalgono le forze di coesione

**Ghiaccio:** il 97% è presente sulle calotte dell'Antartide



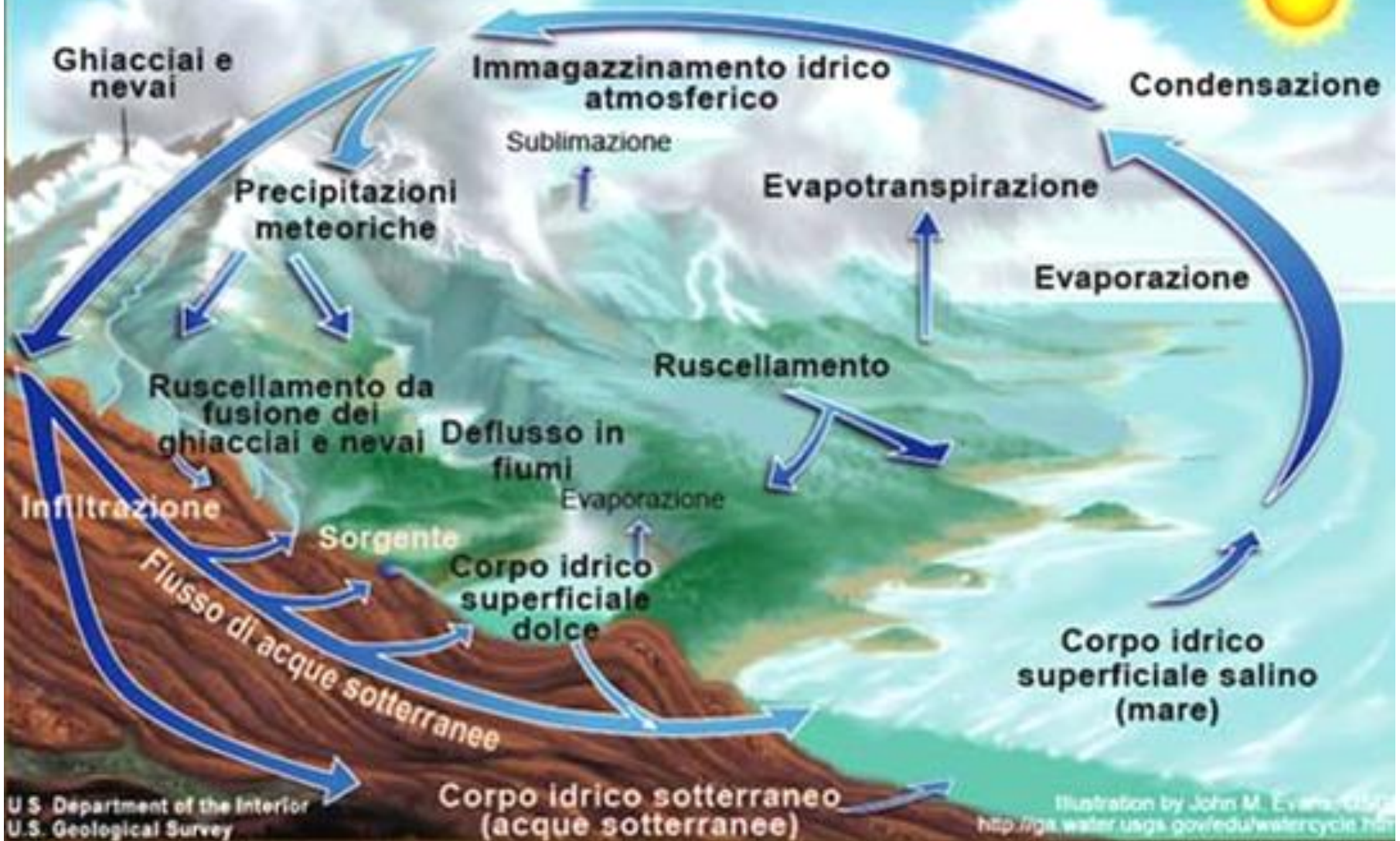
# Ciclo dell'Acqua

- L'acqua del nostro pianeta occupa un volume di  $\sim 1400 \times 10^6 \text{ km}^3$ 
  - 97% acqua salata degli oceani, mari e golfi;
  - 3% acqua dolce, di cui:
    - 68.7% ghiaccio e calotte glaciali
    - 30.1 % acqua sotterranea
    - 0.86 ghiaccio sotterraneo e permafrost
    - 0.3% acqua di superficie (laghi, fiumi, stagni, ecc.)
    - 0.05% umidità del suolo
    - 0.04% acqua distribuita nell'atmosfera.
- Il ciclo dell'acqua è un ciclo gassoso che consiste nella circolazione della molecola tra l'atmosfera, la superficie terrestre, le acque superficiali, le acque sotterranee e gli organismi viventi.
- Il ciclo dell'acqua non comporta trasformazioni chimiche della sostanza, ma solo passaggi di stato.





# Il ciclo idrologico



# Evaporazione

- L'evaporazione è il modo principale in cui l'acqua si muove verso l'atmosfera.
- La quantità di acqua che evapora è circa uguale a quella che ritorna sulla Terra come precipitazione. Sui mari, l'evaporazione supera le precipitazioni, mentre sulle terre emerse le precipitazioni superano l'evaporazione.
- La maggior parte dell'acqua evapora dai mari (84%) e ritorna ad essi come precipitazione; solo circa il 16% dell'acqua evaporata dai mari è trasportata sulla terra ferma e vi precipita. [Una volta evaporata, una molecola d'acqua permane, in media, per circa 12 giorni nell'atmosfera prima di condensarsi e precipitare nuovamente. Quando una molecola d'acqua arriva nel mare, in media ci mette 2.000 anni ad evaporare nuovamente].



# Evapotraspirazione

- Evapotraspirazione: il processo attraverso il quale il vapore acqueo è disperso nell'atmosfera attraverso l'evaporazione dalla superficie suolo e attraverso la traspirazione della vegetazione.
- Influenzata da:
  - **Radiazione solare: è il fattore principale che regola il processo di evapotraspirazione e le altre variabili.**
  - **Contenuto idrico del suolo: l'assenza di acqua limita l'evapotraspirazione.**
  - Temperatura: la traspirazione aumenta se la temperatura aumenta, specialmente durante la stagione vegetativa estiva, quando l'aria è più calda e le piante sono in crescita.
  - Umidità relativa: quando l'umidità relativa dell'aria intorno alle piante aumenta, la traspirazione diminuisce.
  - Vento e moti dell'aria: l'aumento del moto dell'aria intorno alle piante fa aumentare la traspirazione.
  - Tipo di pianta e stagione: le piante traspirano con diversa intensità in base alla stagione e alle proprie caratteristiche.



# Condensazione

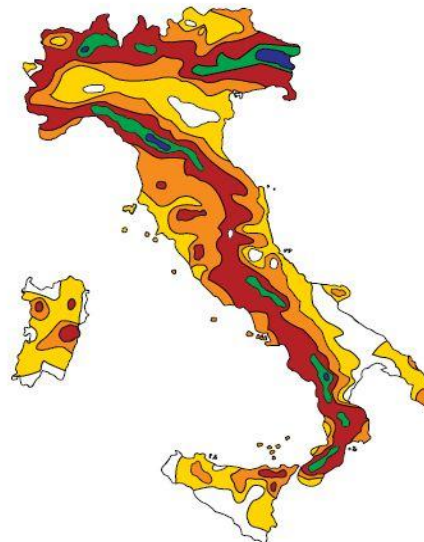
- La condensazione è il processo con cui il vapore acqueo è trasformato in acqua liquida. E' un processo che libera calore.
- Da origine alle nuvole, ma anche nebbia.
- Le molecole d'acqua atmosferiche aderiscono alle piccolissime particelle di polvere, sale e fumo presenti nell'atmosfera (nuclei di condensazione) e formano goccioline che crescono e si moltiplicano, formando le nuvole. Quando queste goccioline si combinano tra di loro, e si accrescono, può avvenire la precipitazione.
- Le nuvole si formano per raffreddamento delle masse d'aria umida: il sole riscalda l'aria, l'aria diventa più leggera e sale verso le zone dove la temperatura è inferiore. Mentre l'aria si raffredda, avviene un'ulteriore condensazione, e si possono formare le nubi.



# Precipitazioni

- La precipitazione è l'acqua rilasciata dalle nuvole sotto forma di pioggia, pioggia gelata\*, neve, o grandine. Rappresenta il modo principale in cui l'acqua atmosferica ritorna sulla Terra.
- Perché la precipitazione si verifichi, bisogna che prima si condensino le goccioline d'acqua e poi che queste si uniscano per formare gocce più grandi e pesanti a sufficienza per cadere come precipitazione. Ci vogliono milioni di micro goccioline in una nuvola per formare una goccia di pioggia.
- La pioggia cade per il 77% sugli oceani e per il 23% sui continenti.

\* Caduta di piccoli granelli di ghiaccio non cristallini, o pioggia che gela a contatto con le superfici (gelicidio)



#### Territorio nazionale

Pioggia annua:  
300 miliardi di m<sup>3</sup>

**Nord:** 11200 mm/anno

**Centro:** 980 mm/anno

**Sud:** 949 mm/anno

**Isole:** 750 mm/anno



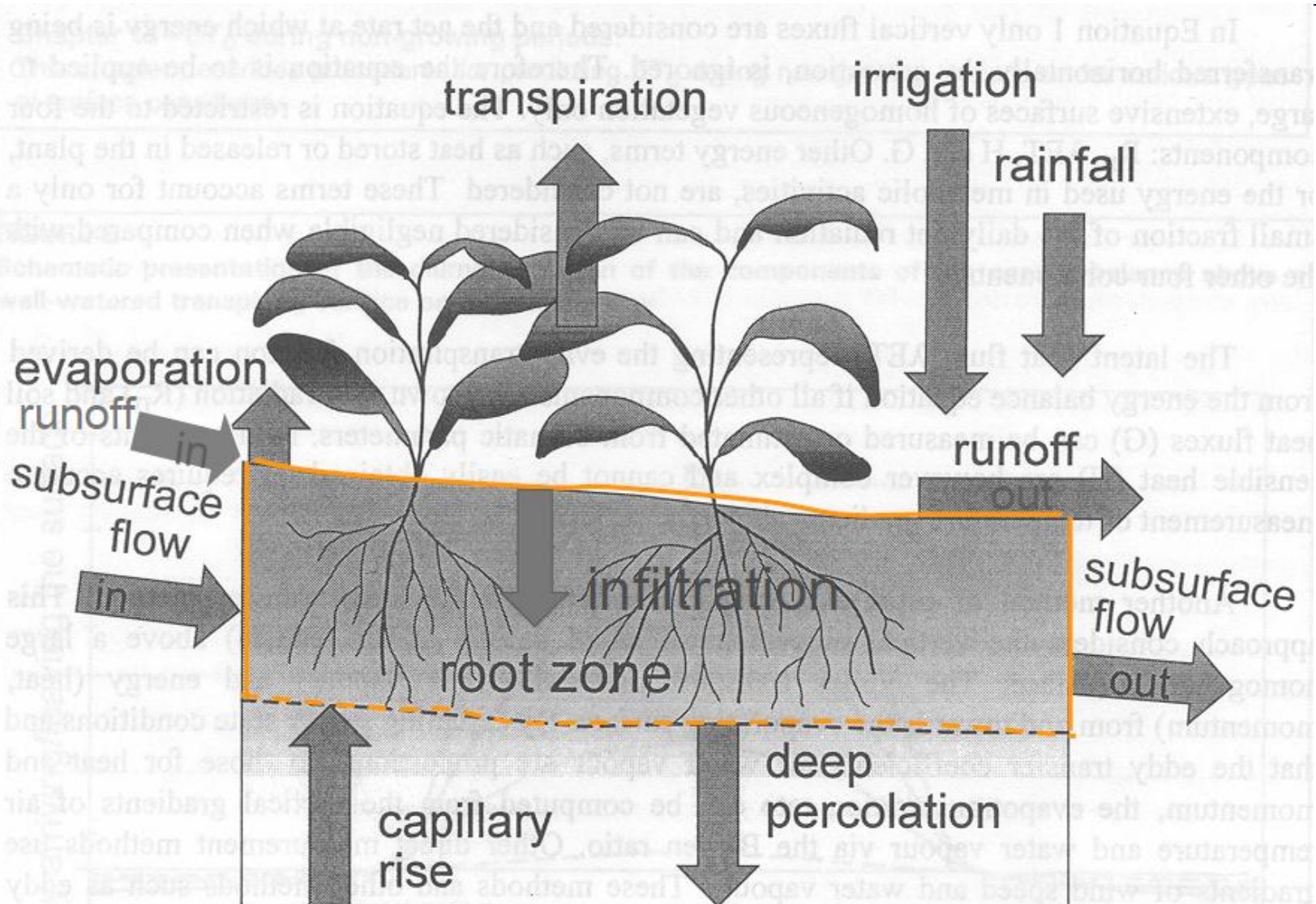


# Ghiacci - infiltrazione - deflusso superficiale

- L'immagazzinamento dell'acqua è nel ghiaccio, nei ghiacciai e nella neve. I ghiacciai coprono il 10-11 % di tutte le terre emerse.
- La quantità di acqua che arriva ad infiltrarsi nel terreno dipende principalmente dalla permeabilità del suolo o della roccia. Le acque sotterranee tendono a muoversi molto lentamente, così l'acqua può ritornare alla superficie anche dopo 10.000 anni.
- Deflusso superficiale (*runoff*): gli oceani producono l'84% dell'acqua atmosferica ma ne ricevono direttamente come pioggia il 77% -> il restante 7% ritorna attraverso il runoff (che coinvolge terreni, fiumi, laghi).
- Quindi sotto l'azione della forza di gravità l'acqua ritorna alla superficie ad altezza inferiore a quella del punto di infiltrazione. Inizia lo scorrimento dell'acqua, tramite il quale l'acqua superficiale si muove in pendenza verso il mare. L'acqua che scorre nei torrenti e nei fiumi può stazionare nei laghi per un certo tempo. Non tutta l'acqua ritorna al mare per scorrimento; gran parte evapora prima di raggiungere il mare



# Ciclo nell'agroecosistema



# Le componenti del ciclo nell'agroecosistema

- **Ruscellamento superficiale:** trasporta terreno e sostanza organica, P, agrofamaci.
- **Percolazione profonda:** trasporta verso la falda nitrati, sali, agrofarmaci; si segnalano in situazioni specifiche e spazialmente limitate, problemi di P trasportato anche verso la falda.
- **Irrigazione:** può ruscellare in superficie e/o superare la profondità utile delle radici, in entrambi i casi oltre alla perdita di efficienza dell'acqua, si perdono nutrienti.
- **Risalita capillare:** dalla falda l'acqua risale per capillarità verso l'area esplorata dalle radici.
- **Franco di coltivazione:** distanza tra falda e piano di campagna. Le radici non respirano se il terreno è saturo d'acqua





# Dati meteo mensili pianura lombarda

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T massima (°C)	6.4	9.9	15.5	19.0	24.6	28.4	30.5	30.2	25.2	18.7	11.5	6.5
T minima (°C)	-1.3	-0.7	3.3	7.2	12.7	15.9	17.6	17.4	13.0	9.3	3.6	-0.3
Pioggia (mm)	51.2	35.1	38.1	70.9	76.1	57.0	40.8	61.9	90.9	100.1	94.1	61.4
ET0 (mm)	12.0	24.5	59.3	100.2	155.1	181.8	194.1	163.7	98.3	41.3	17.0	9.7

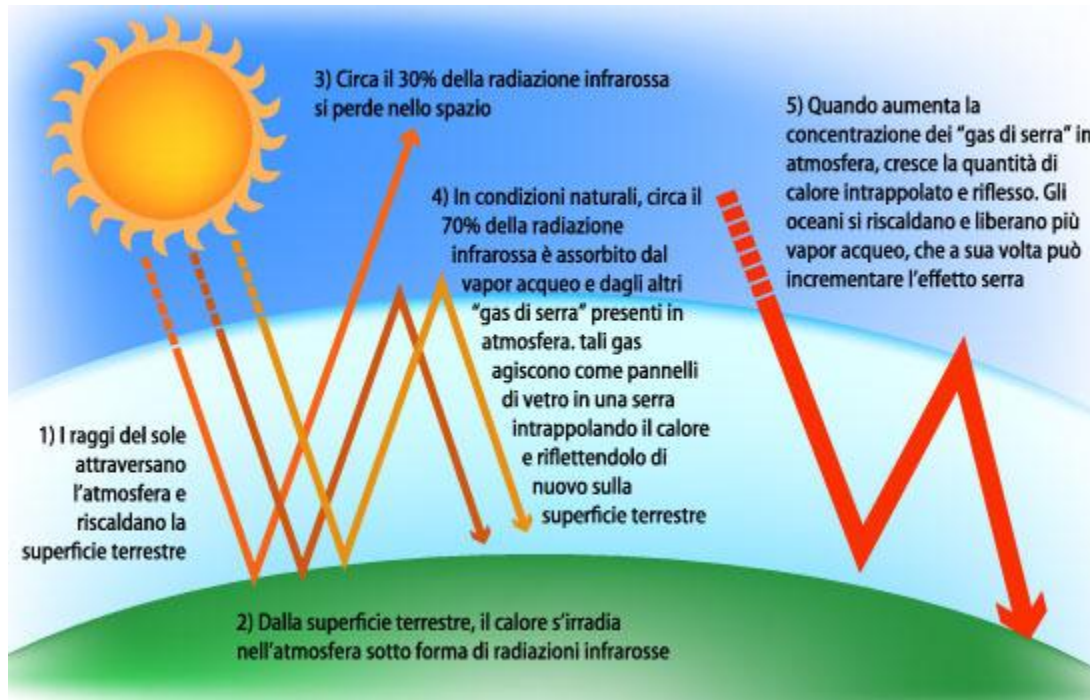
Fonte: ARPA

Dati meteo medi di 4 stazioni della pianura lombarda (Castello d'Agogna, S. Angelo Lodigiano, Soresina e Treviglio) per il periodo 1989-2008. La pioggia e l'evapotraspirazione di riferimento sono valori totali mensili.



# Regolazione del clima

- Il principale gas a effetto serra è il vapore acqueo, responsabile per circa 2/3 dell'effetto serra naturale.
- Nell'atmosfera, le molecole di acqua catturano il calore irradiato dalla terra diramandolo in tutte le direzioni, riscaldando così la superficie della terra prima di essere irradiato nuovamente nello spazio.



- L'aria calda può assorbire molta più umidità e di conseguenza le temperature in aumento intensificano ulteriormente l'aumento di vapore acqueo in atmosfera e quindi il cambiamento climatico.

# Domande

1. Cos'è il calore specifico di una sostanza?
2. Qual è la modalità principale con cui l'acqua si muove verso l'atmosfera?
3. Da dove evapora la maggior parte dell'acqua?
4. Caratteristiche principali della molecola d'acqua.
5. Quali sono i fattori che influenzano l'evapotraspirazione?
6. Cos'è il runoff? Perché è importante dal punto di vista ambientale?
7. Cos'è la condensazione?
8. Cos'è la traspirazione?
9. Valori indicativi di precipitazione nei mesi estivi in pianura lombarda
10. Nel ciclo dell'acqua avvengono trasformazioni cicliche?
11. Evaporazione e precipitazioni sugli oceani
12. Cosa è la percolazione ? Perché è importante dal punto di vista ambientale ?
13. Cosa si intende per deflusso sottosuperficiale ?
14. Cosa è una falda acquifera?
15. Cosa è una falda sospesa?

