

# Utilizzo delle carote di ghiaccio nella caratterizzazione climatica delle Alpi centrali

**Valter Maggi, Barbara Delmonte**



Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio

Università degli Studi di Milano-Bicocca





- Ghiacciai Alpini e carote di ghiaccio
- Perforazioni sul Monte Rosa
- Records climatico-ambientali
- Conclusioni



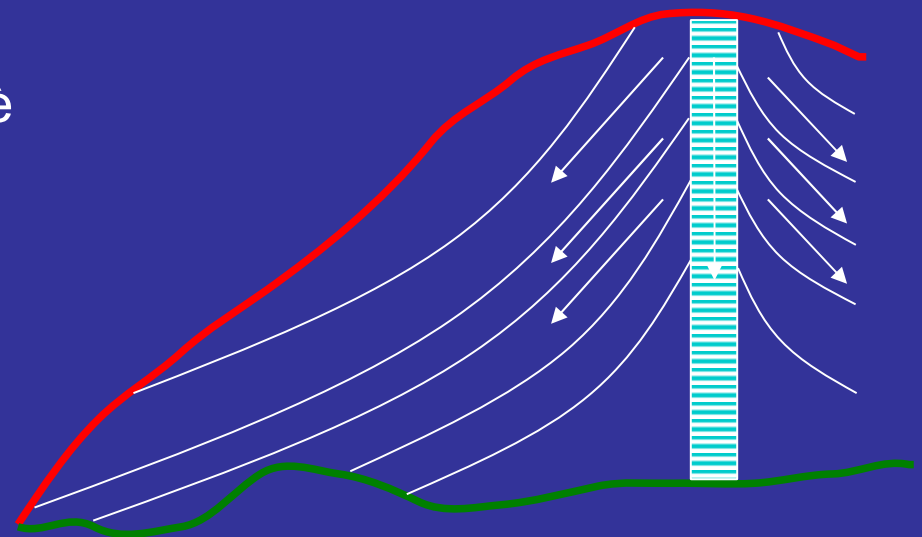
# I Ghiacciai Alpini

I ghiacciai freddi sono archivi naturali che registrano informazioni climatico-ambientali e custodiscono memoria inalterata delle variazioni climatiche del passato

Le carote di ghiaccio possono fornire records climatici continui dalla superficie alla base del ghiacciaio, cioè indietro nel tempo

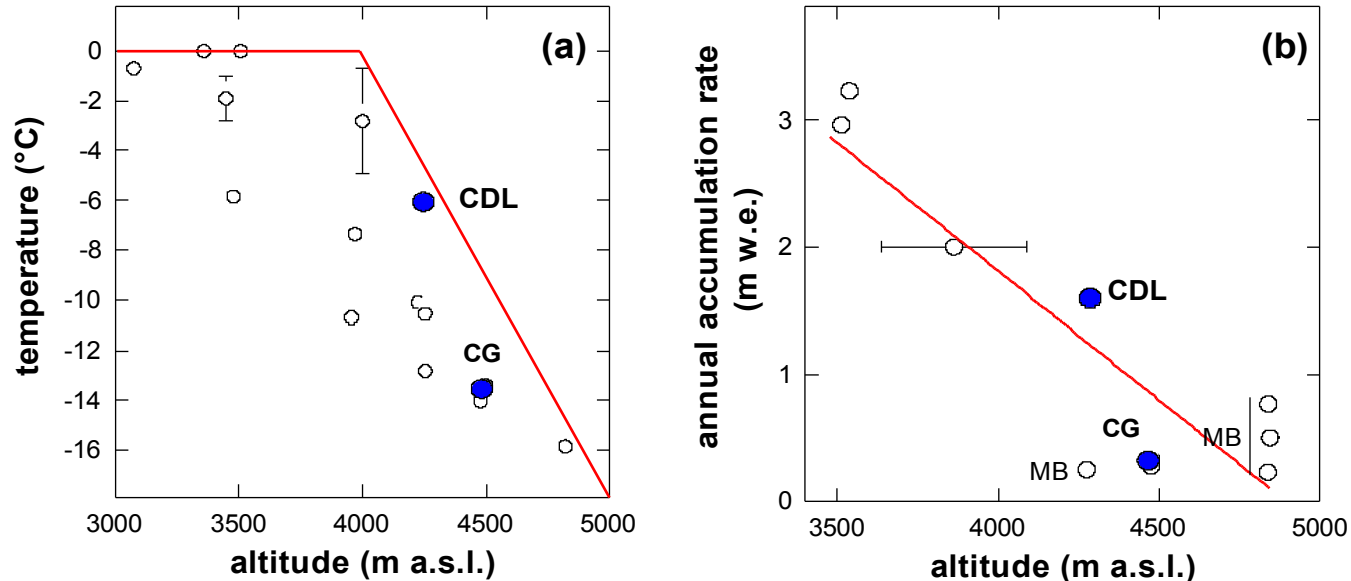
la scelta del sito è importante: non è solo un problema di **quota**, ma di **geometria** e **flusso** del ghiacciaio

Le zone di sella e di calotta sono le migliori, anche se nell'area Alpina sono rare.





# Ghiacciai di alta quota



Relationship between altitude of the drill sites and -10 m temperature (a) and annual accumulation rate (b). CDL: Colle del Lys; CG: Colle Gnifetti; MB: Mont Blanc (from Haeberli, 1983, modify)

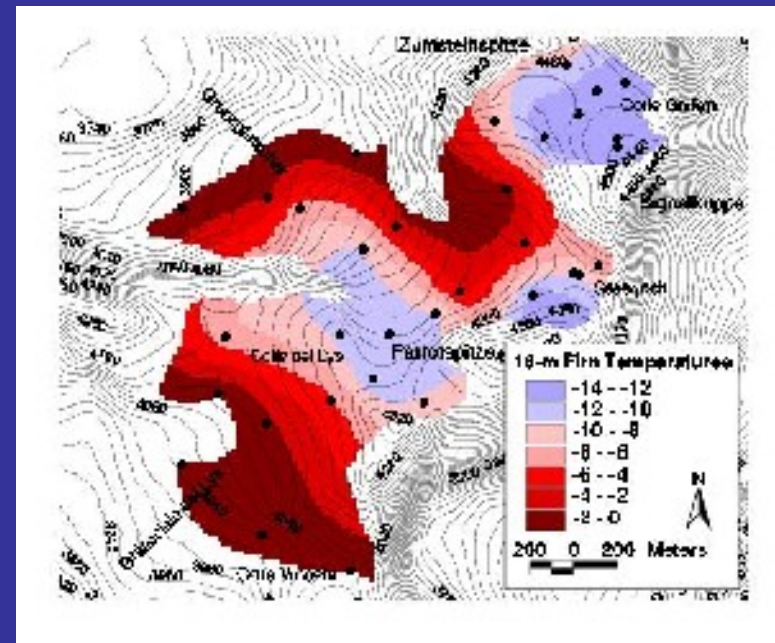
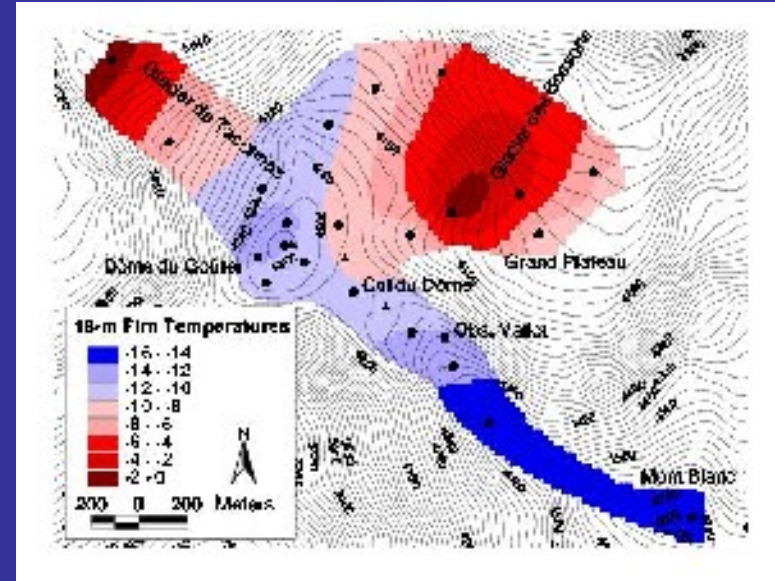
Nell'arco Alpino alcuni ghiacciai >4000 m s.l.m. presentano condizioni termiche ideali alla conservazione di informazioni climatiche

L'accumulo medio annuo di neve diminuisce con la quota

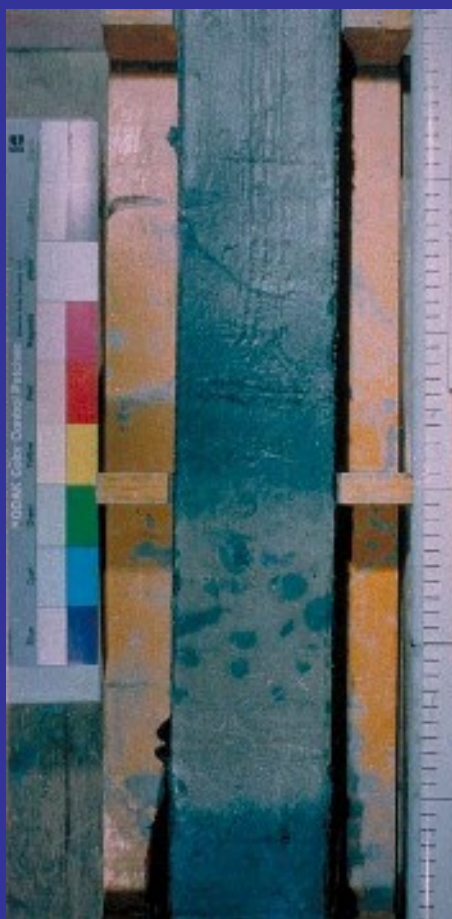


# Siti idonei per perforazioni

Nelle Alpi, le zone idonee alle perforazioni in ghiaccio per ricerche climatiche ed ambientali sono ubicate nel gruppo del Monte Bianco (Col du Dôme, 4250 m s.l.m.) e del Monte Rosa (Colle Gnifetti, Colle del Lys)



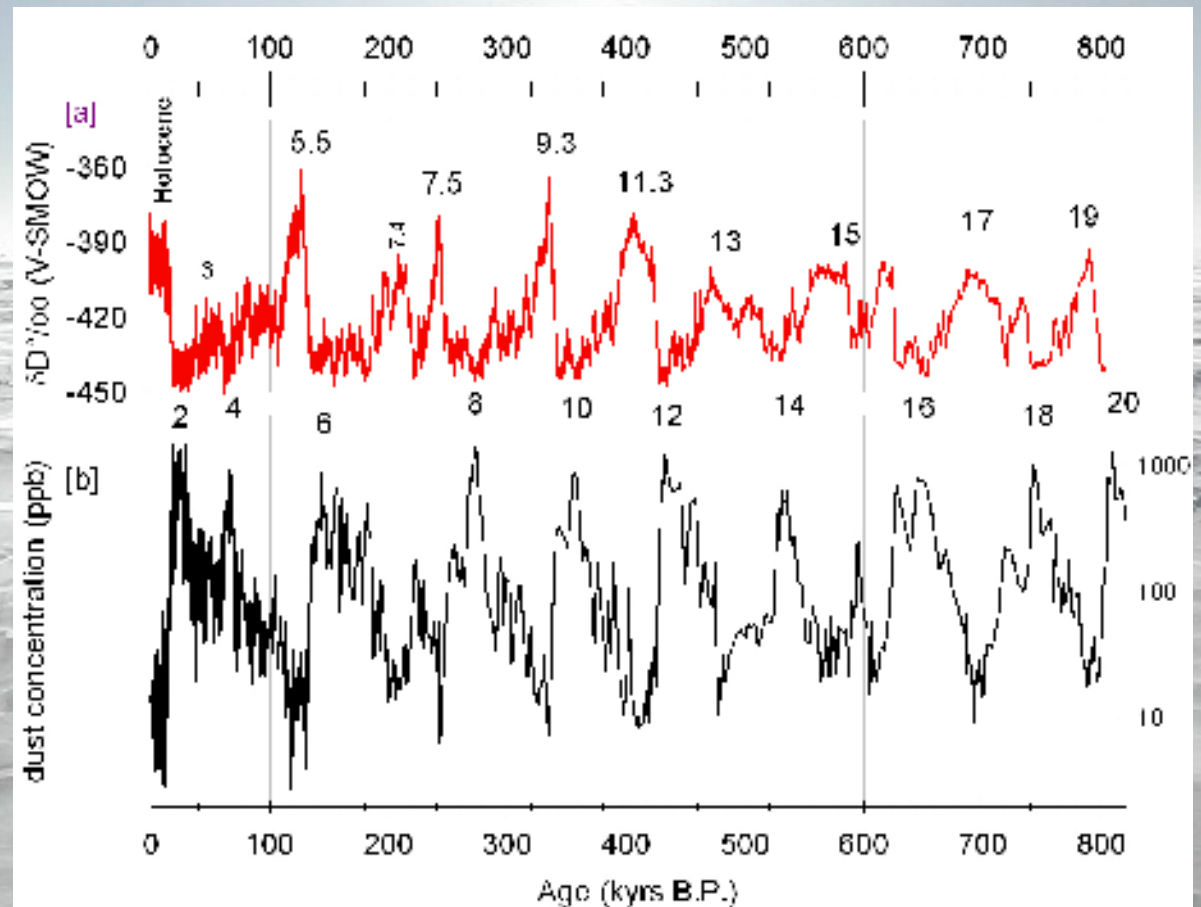
# Archivi naturali del clima





# Carote di ghiaccio e paleoclima

Nelle regioni polari della Groenlandia e dell'Antartide è possibile ricostruire le grandi oscillazioni climatiche avvenute nel passato indietro nel tempo fino a >800.000 anni.





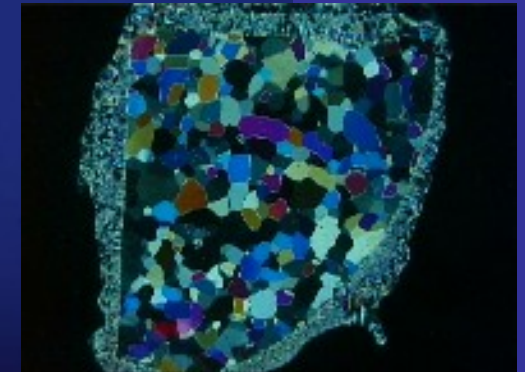
# Le carote di ghiaccio alpine

- I ghiacciai Alpini hanno fornito records fino ad oltre 200 anni dal presente.
- Su una singola carota si possono effettuare quindi numerose misure (chimiche, fisiche, isotopiche...) complementari le une alle altre.
- L'insieme di tutte le misure permette di ricostruire le condizioni dell'atmosfera nel passato.



# Carote di ghiaccio: gli studi

- Stratigrafia Visuale (lenti di ghiaccio, livelli di polveri, livelli vulcanici,....)
- Cristallografia del ghiaccio
- Isotopi stabili ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ,  $d_{\text{excess}}$ )
- Gas Serra
- Isotopi radioattivi ( $^3\text{H}$ , Cs, etc...)
- Anioni e cationi maggiori
- Composti organici
- Elementi in traccia
- Polveri atmosferiche minerali
- Pollini e spore





# Perforazioni d'alta quota sul Monte Rosa > 4000 m s.l.m.



- **Colle Gnifetti** (Confine italo-svizzero, 4454 m a.s.l.),  
tra Punta Zumstein e Punta Gnifetti  
Sito a basso accumulo  
adatto ad ottenere lunghi records  
paleoclimatici (Oeschger et al., 1977)

2) **Colle del Lys** (Monte Rosa, 4250 m a.s.l.)

sella situata alla sommità del Ghiacciaio del Lys  
2 km SW dal Colle Gnifetti



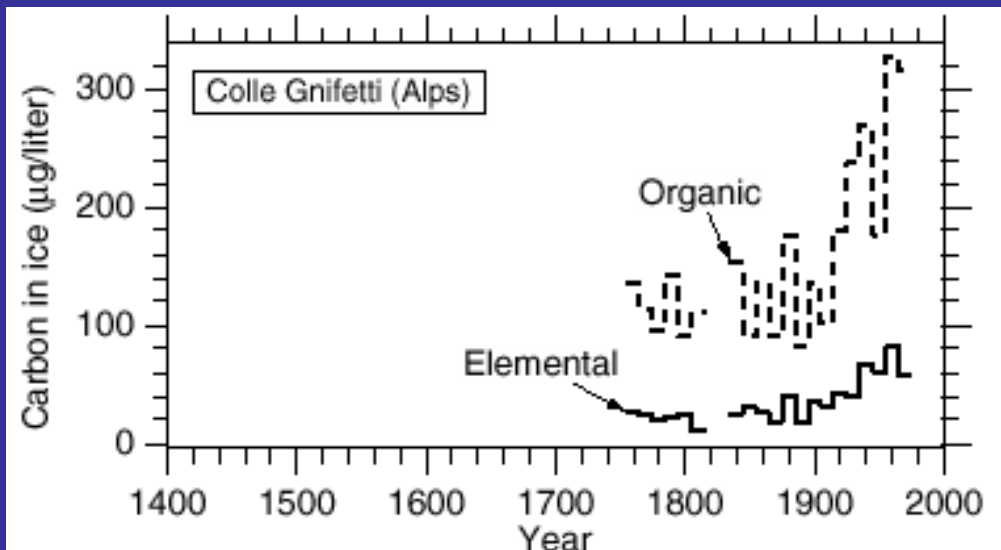
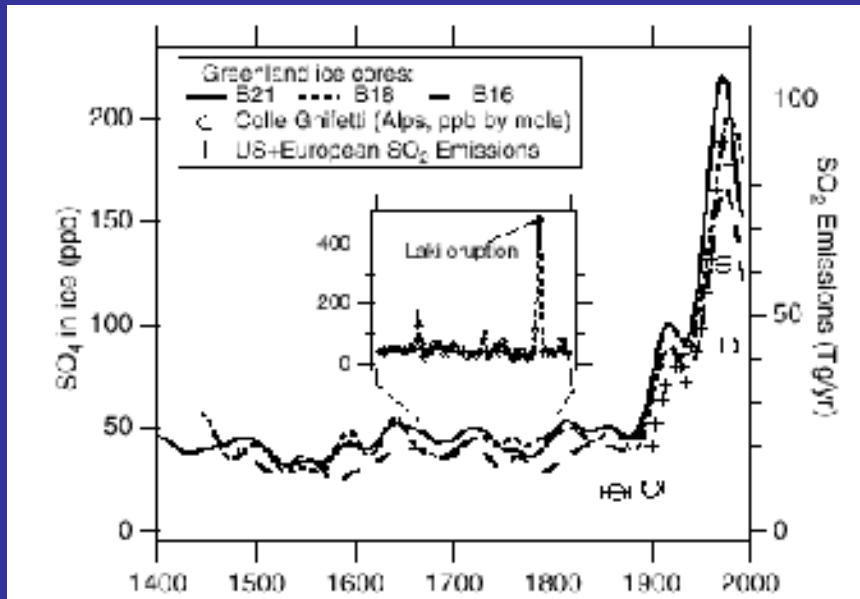
# Siti idonei per perforazioni

## Monte Rosa:

- Colle Gnifetti
- Colle del Lys

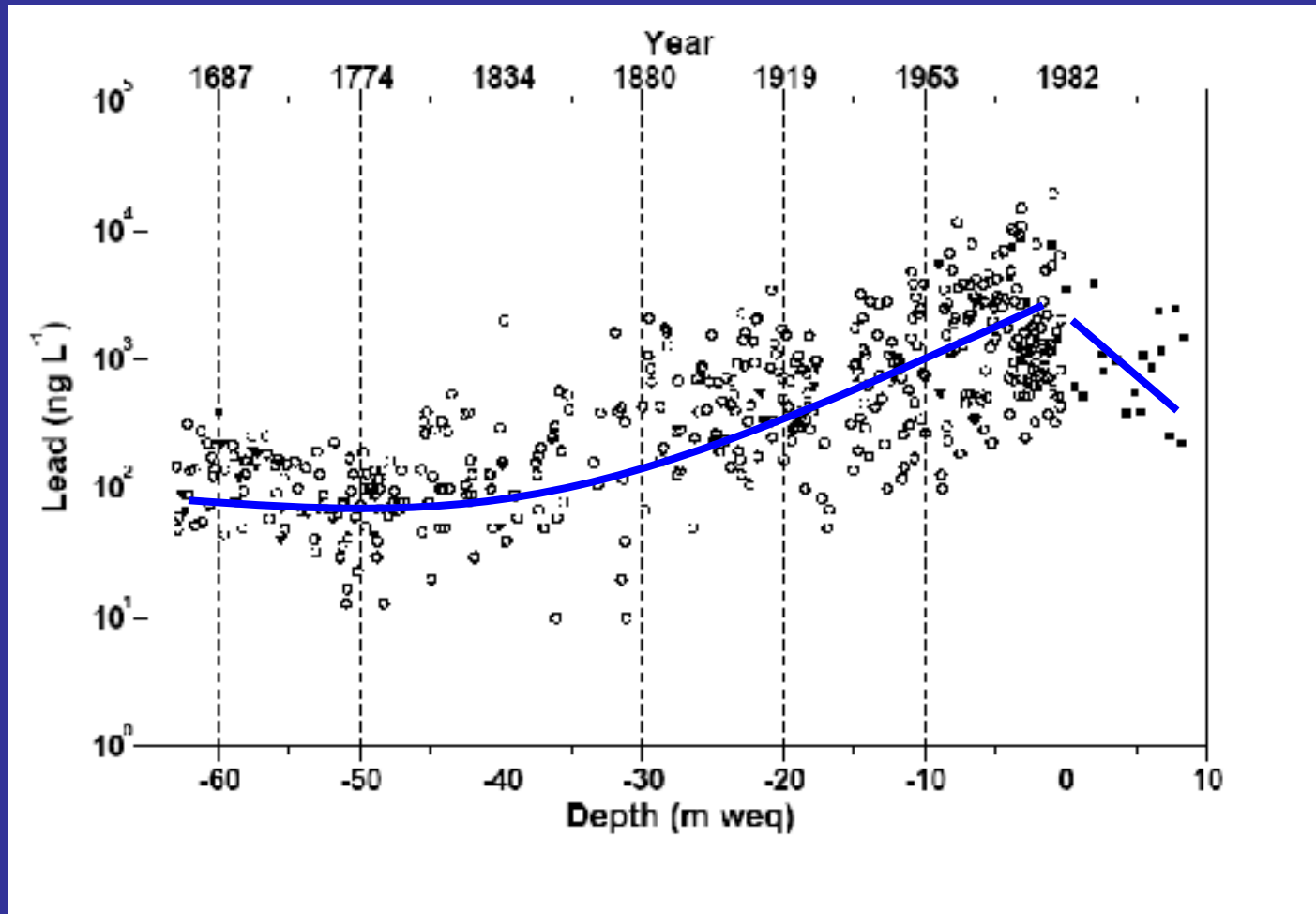


# Carote Alpine d'Alta quota



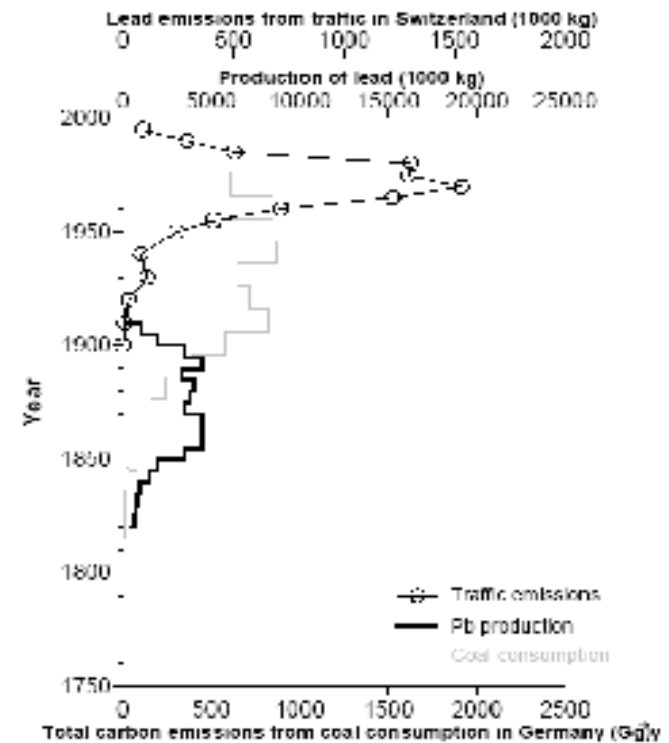
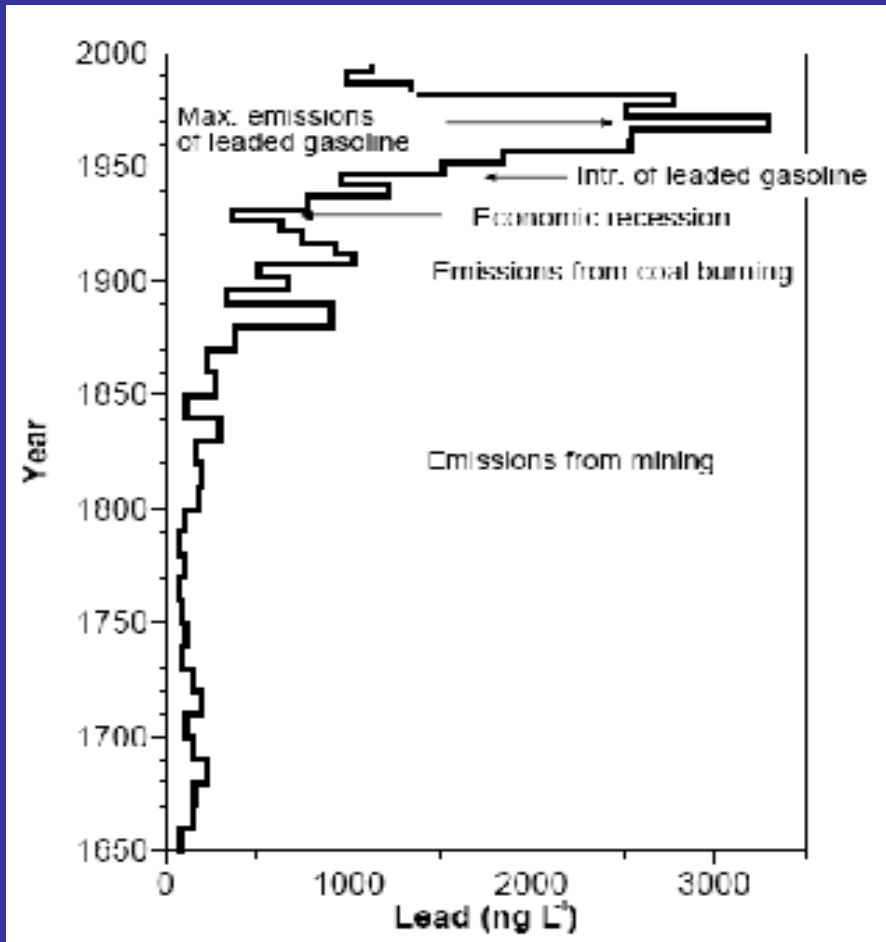
Grazie alla posizione geografica e alla quota, la catena alpina consente di archiviare composti atmosferici provenienti da sorgenti naturali e antropiche

# Lead in Colle Gnifetti



*Adapted from Schwikowski et al. EST, 38, 957-964 (2004)*

# Lead in Colle Gnifetti



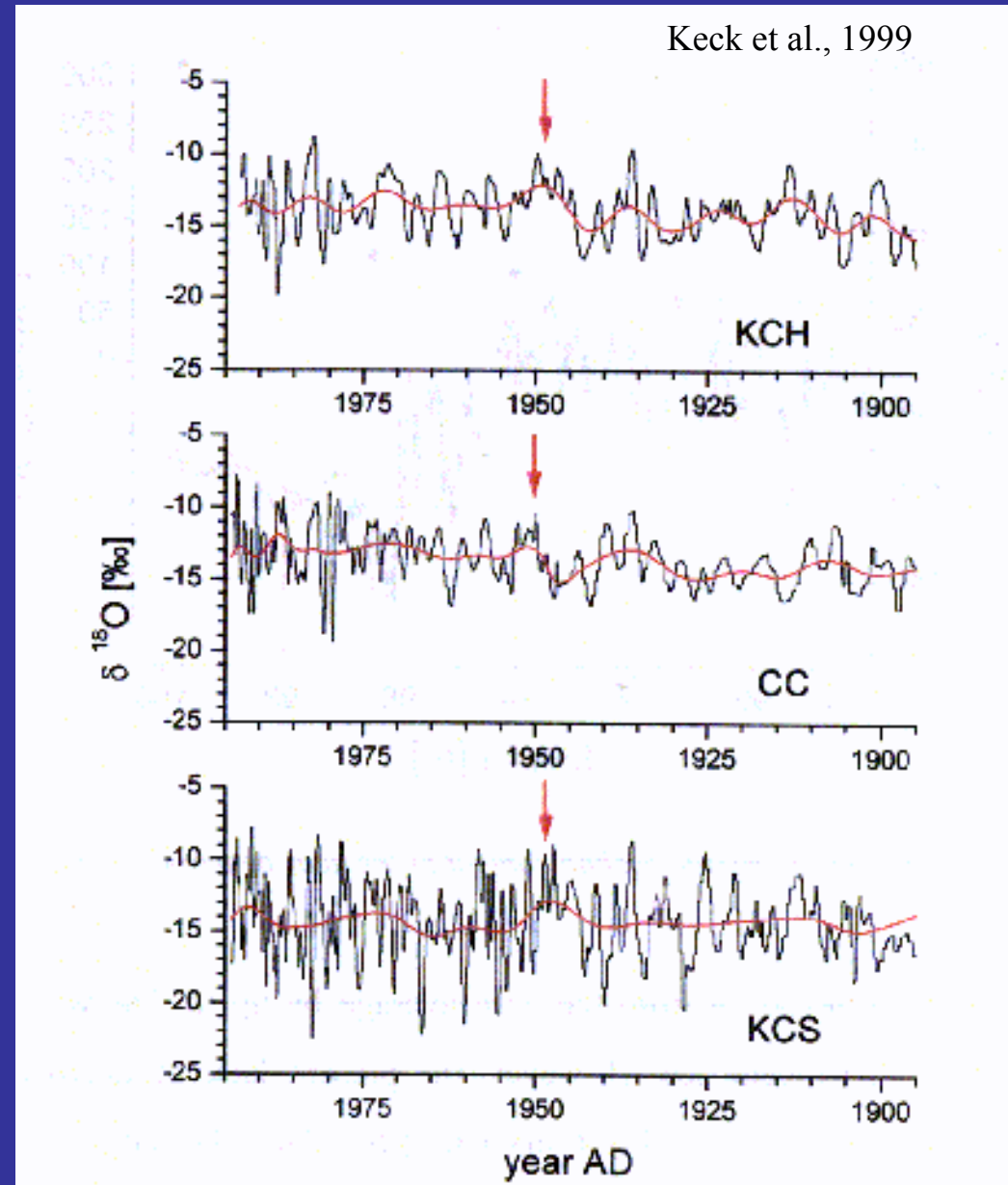
*Adapted from Schwikowski et al. EST, 38, 957-964 (2004)*



# Gli isotopi stabili

Le misure di  $\delta^{18}\text{O}$ , permettono di effettuare considerazioni sulle temperature in gioco sul sito di perforazione.

Vengono evidenziati i trend a lungo termine, con la possibilità di effettuare considerazioni sull'andamento delle temperature a carattere locale.

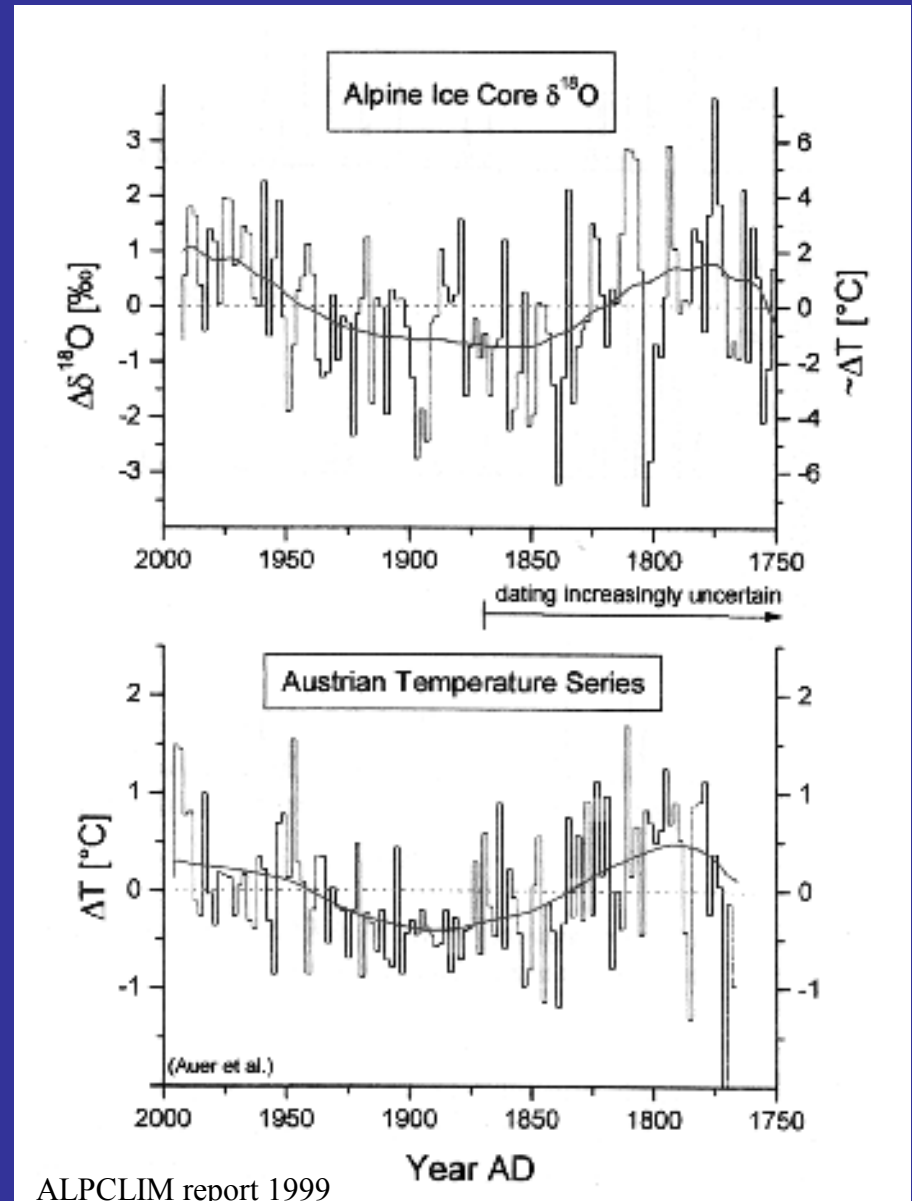




# Isotopi stabili

Esiste un'evidente parallelismo tra le misure degli isotopi stabili ottenuti da carote di ghiaccio e le misure strumentali a carattere regionale.

Non si tratta di valori direttamente convertibili in temperature, ma permettono di ricostruire indietro nel tempo la variabilità climatica.





# Colle del Lys (Monte Rosa, 4240 m s.l.m.)

2 carote di ghiaccio:

- 1996



Environmental and Climate Records  
from High Elevation Alpine Glaciers (ALPCLIM)

- 2003





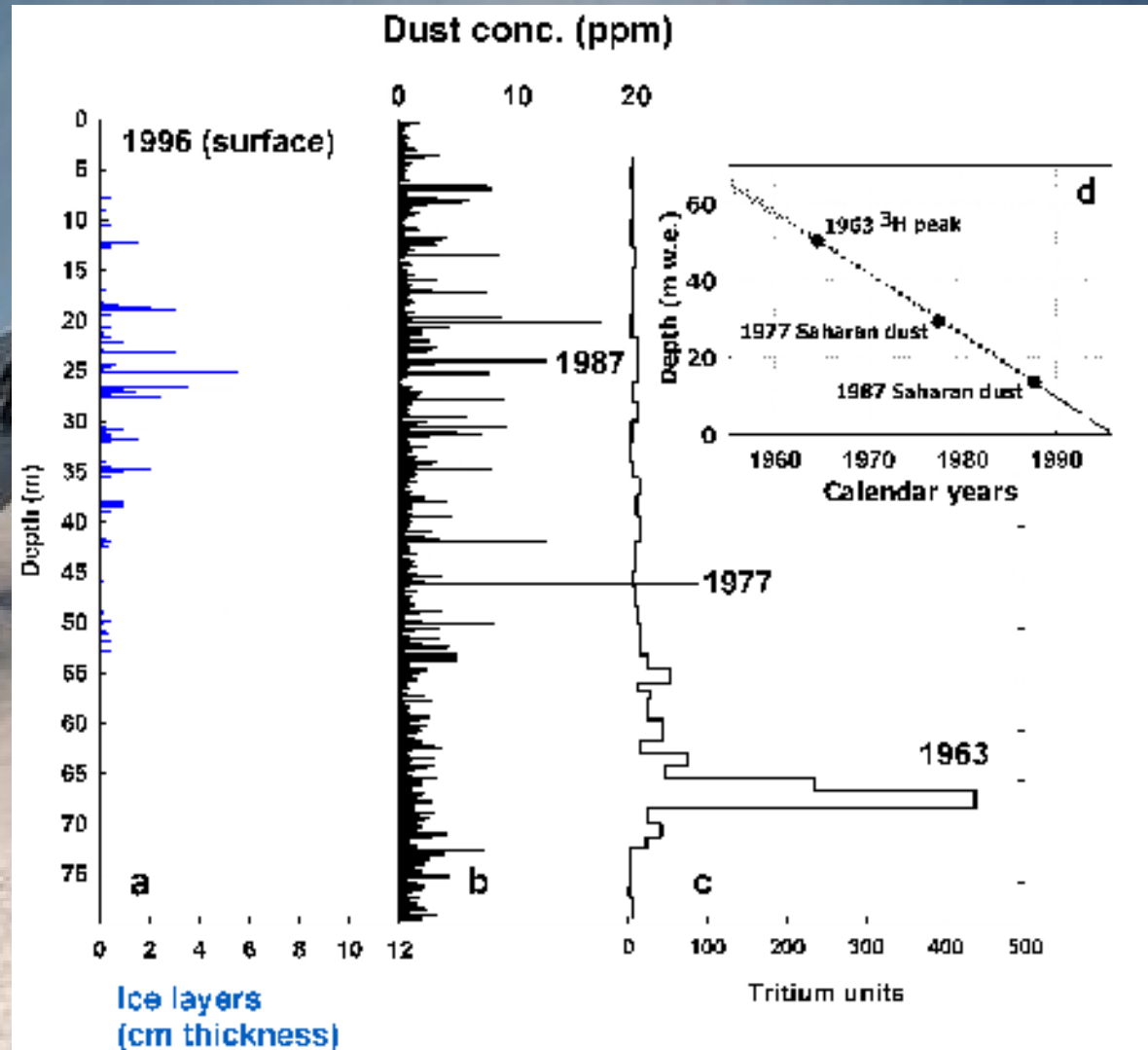
# Carota Colle del Lys (CDL) 1996

Datazione

Stratigrafia lenti di ghiaccio

Glaciochimica

Records di polveri minerali

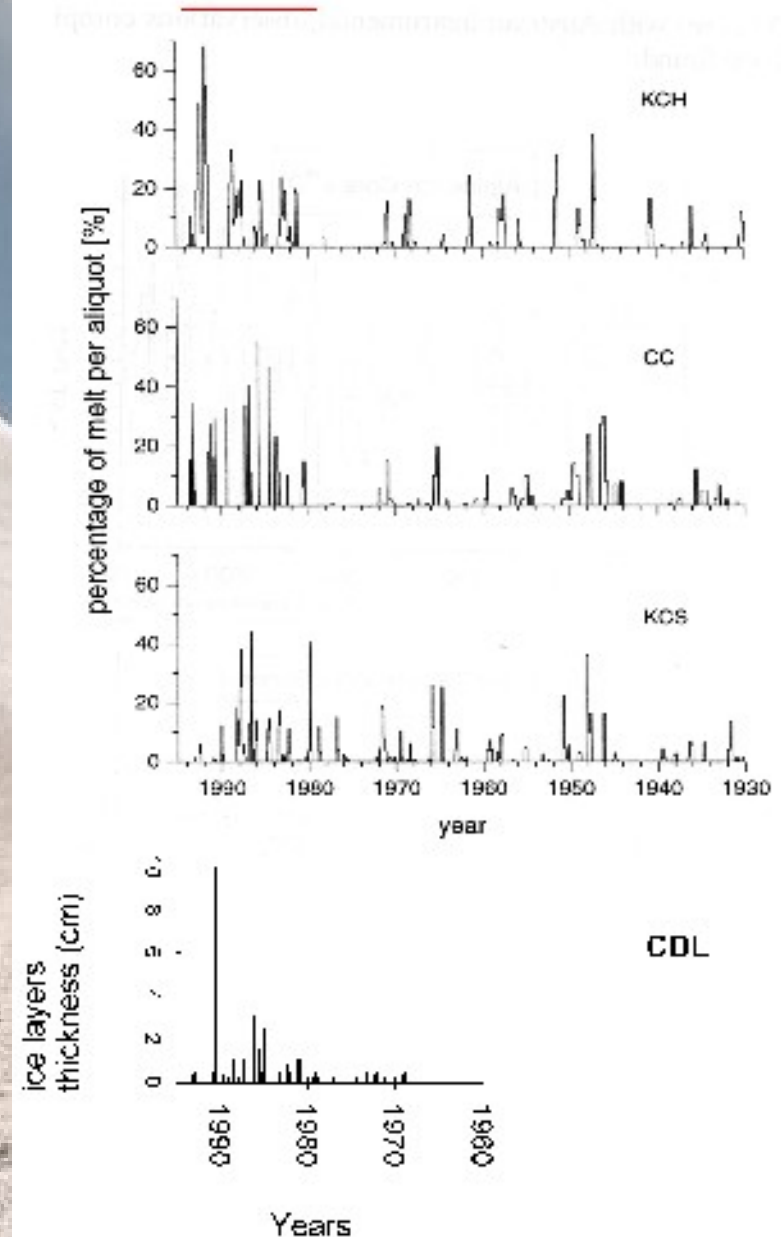




## Carota Colle del Lys (CDL) 1996

La stratigrafia delle lenti di ghiaccio fornisce informazioni su periodi estivi particolarmente caldi caratterizzati da temperature diurne elevate e bassa copertura nuvolosa.

Il confronto tra la stratigrafia delle lenti di ghiaccio del CDL e del Colle Gnifetti evidenzia un aumento generalizzato degli eventi caldi tra il 1980 e il 1990





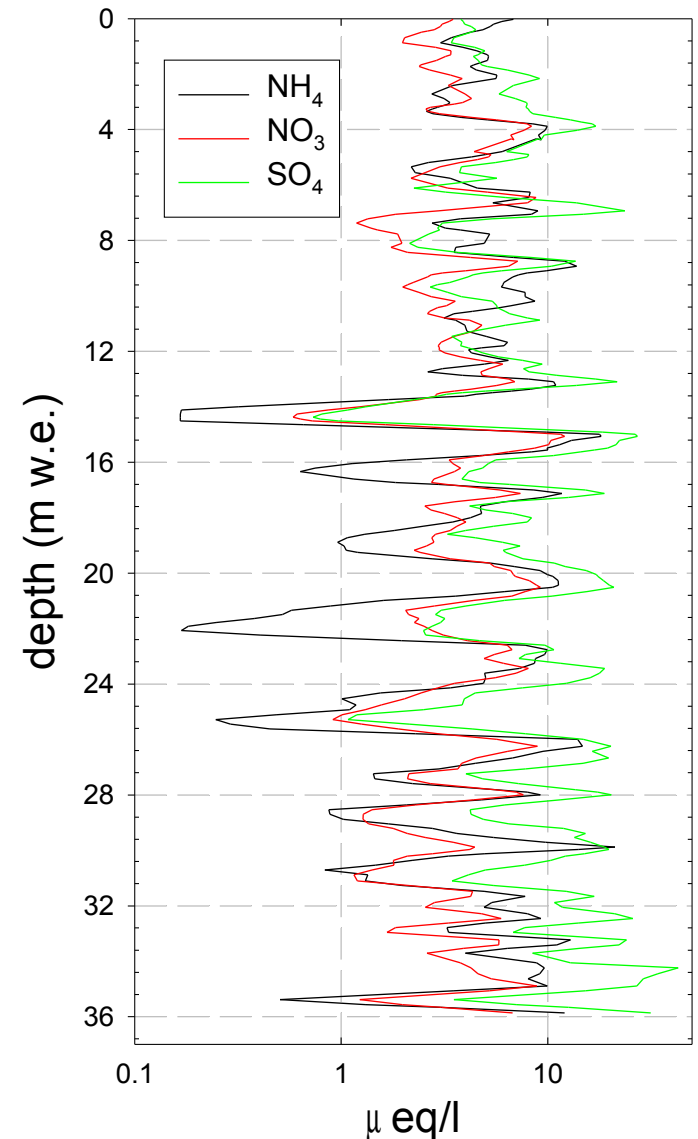
# Carota Colle del Lys (CDL) 1996

## Glaciochimica

Le analisi chimiche permettono di ricostruire l'andamento del carico chimico atmosferico.

Di particolare interesse, ne caso di accumuli elevati, è la possibilità di ottenere un andamento **stagionale** delle principali specie chimiche nell'atmosfera.

Inoltre, questa stagionalità fornisce una base di lavoro per la datazione precisa dei record stessi.





# Carota Colle del Lys (CDL) 1996

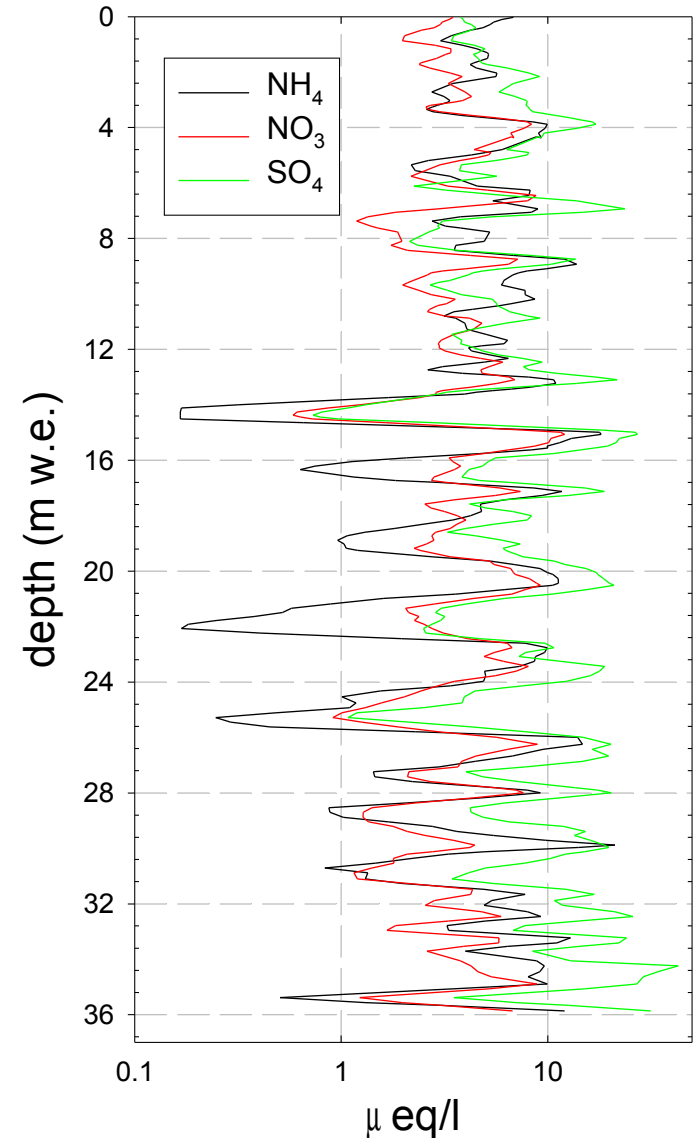
## Glaciochimica

$\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4$  mostrano pronunciate variazioni stagionali

Inverno: basse concentrazioni

Estate: alte concentrazioni dovute all'arrivo di masse d'aria inquinate

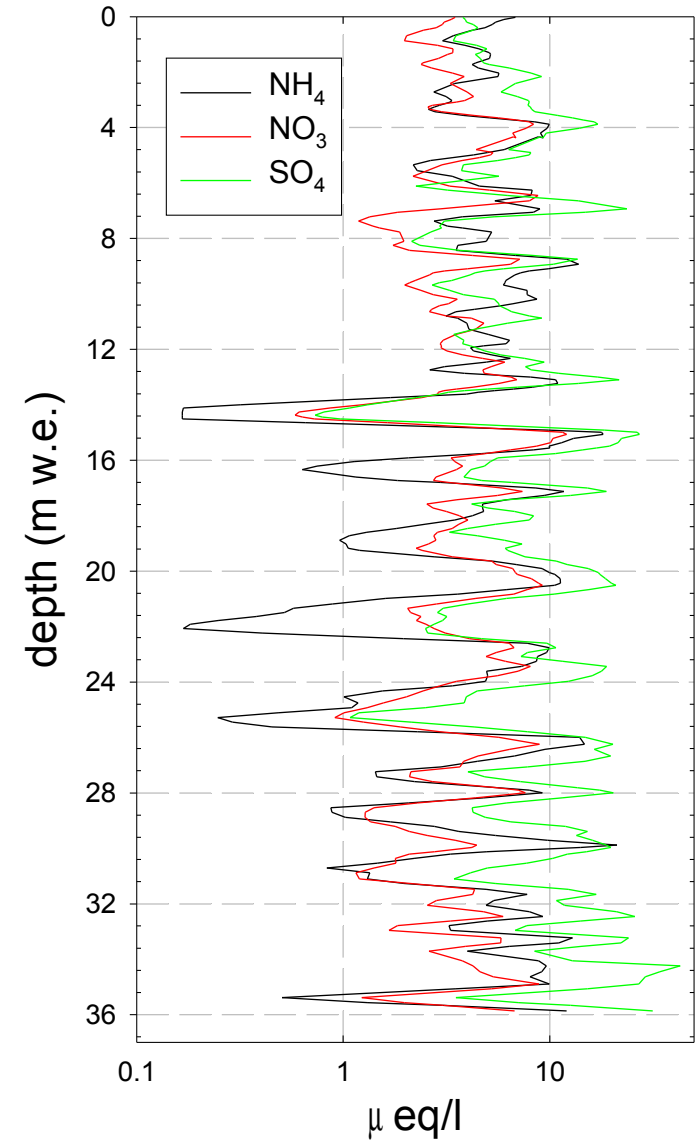
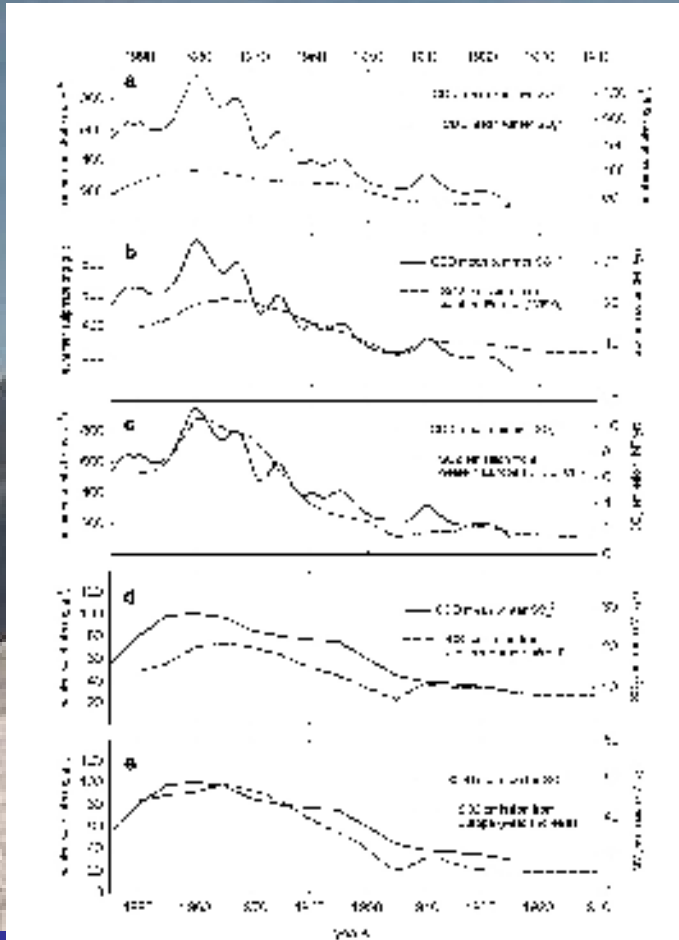
Altri elementi ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,...) sono prevalentemente legati al trasporto di polveri nord africane





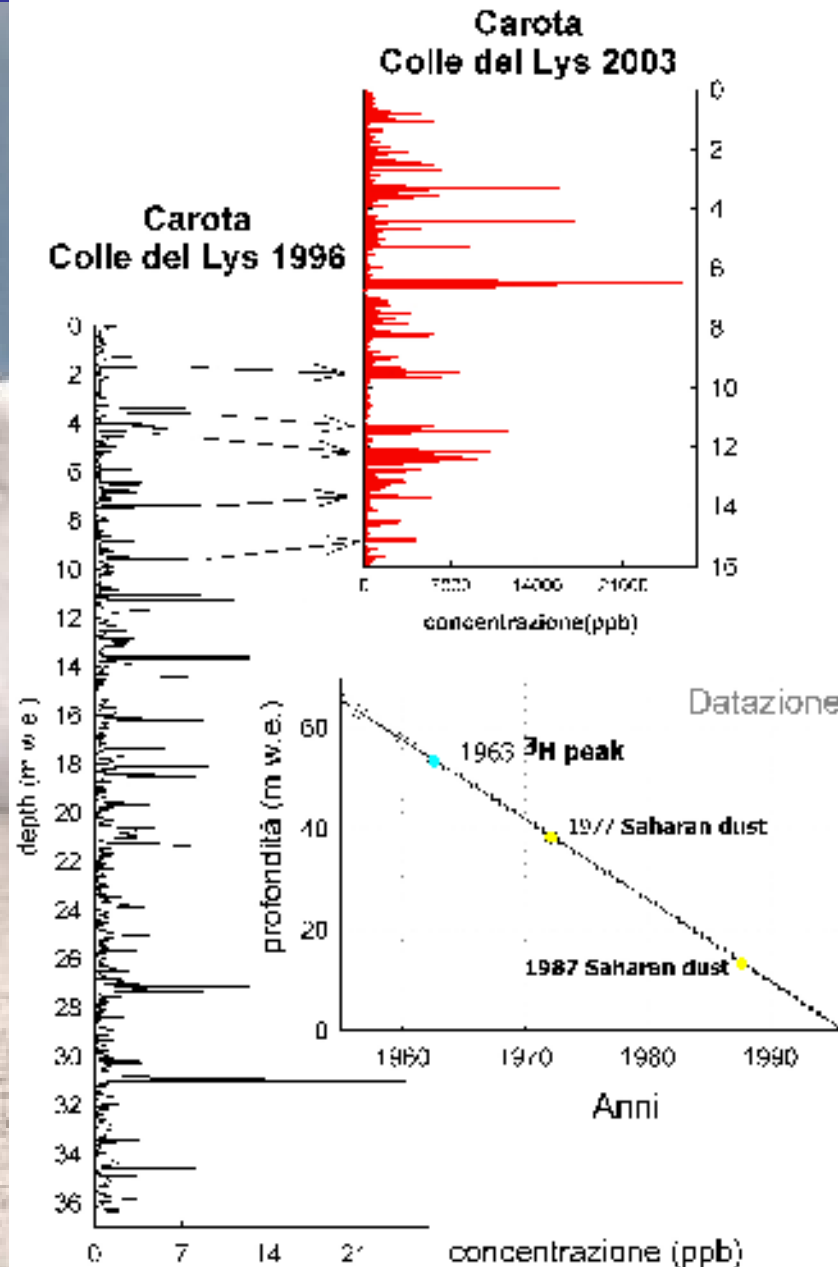
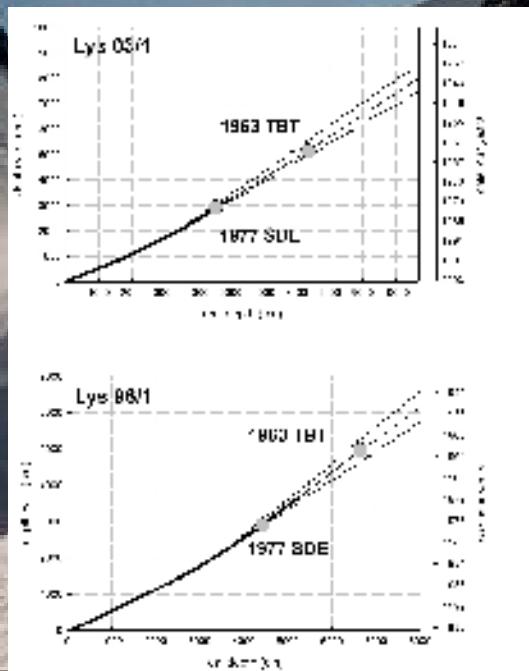
Solfati CDL: Trend in diminuzione dal 1970 in accordo coi valodi di emissione di SO<sub>2</sub> in Europa

Confronto Col du Dome



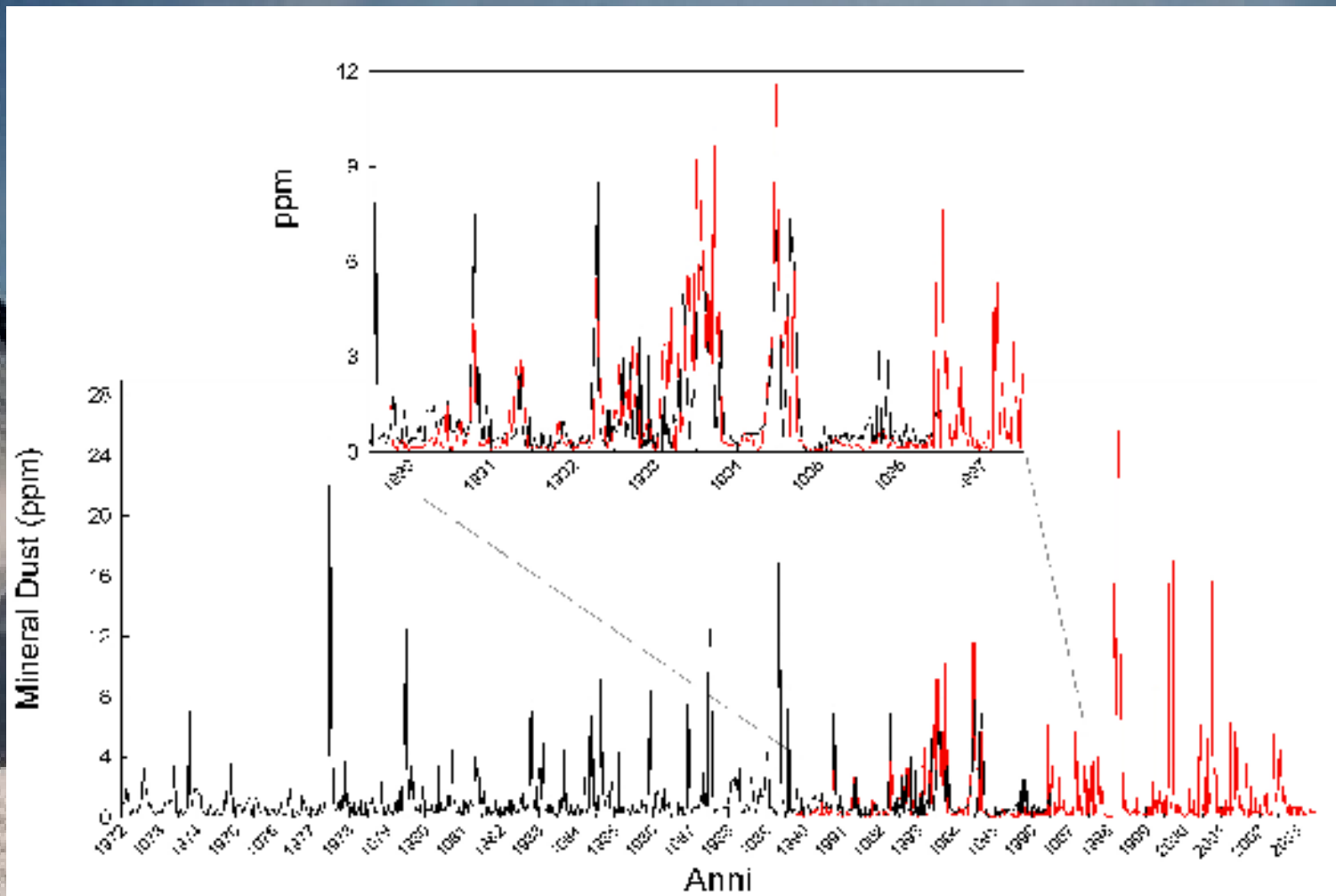


# Confronto fra carote di ghiaccio del Monte Rosa CDL 1996 CDL 2003





# Confronto fra carote di ghiaccio del Monte Rosa CDL 1996 - CDL 2003





## EVENTI "SAHARIANI"

Trasporto polveri dal nord  
Africa all'arco alpino

**Colle del Lys** é particolarmente sensibile  
all'arrivo di masse d'aria mediterranee

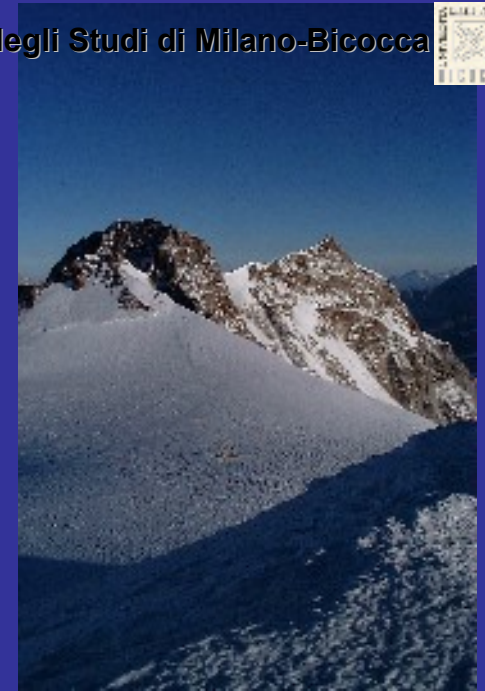




## EVENTI "SAHARIANI"

Importanti dal punto di vista:

- Ambientale (modifica del pH e della composizione chimica e mineralogica delle precipitazioni, trasporto materiale biologico, modifica albedo neve,...)
- Meteorologico (eventi "estremi")
- Climatologico (analisi frequenza eventi, identificazione provenienza, ecc..)
- Importanti per la datazione delle carote e per la stratigrafia relativa

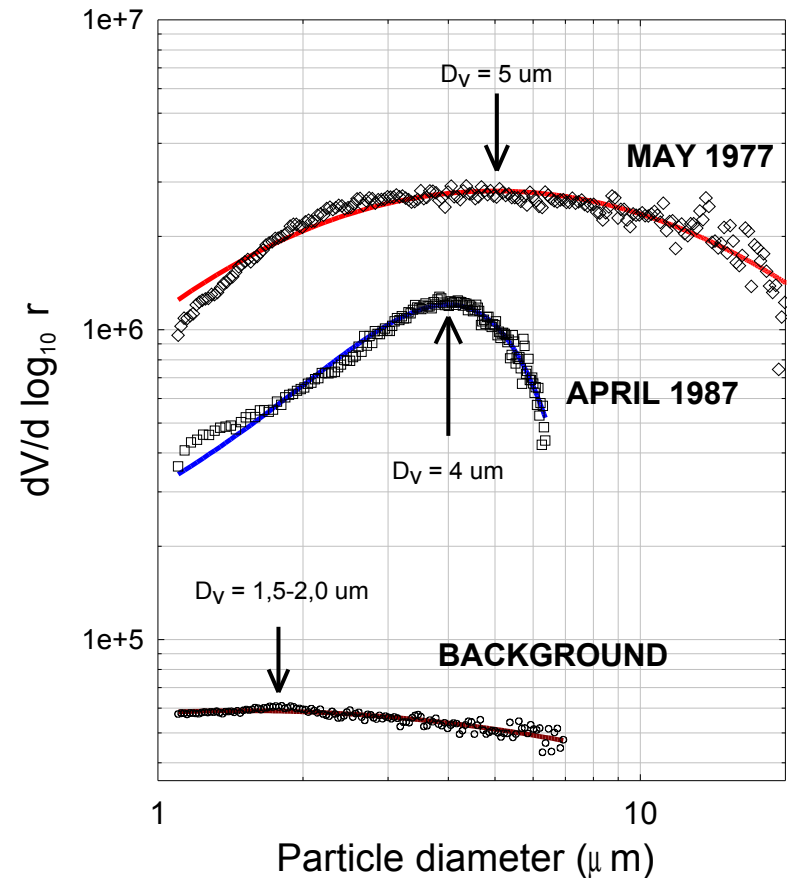




Talvolta i livelli di polvere sahariana sono visibili

In ogni caso, questi eventi sono facilmente riconoscibili:

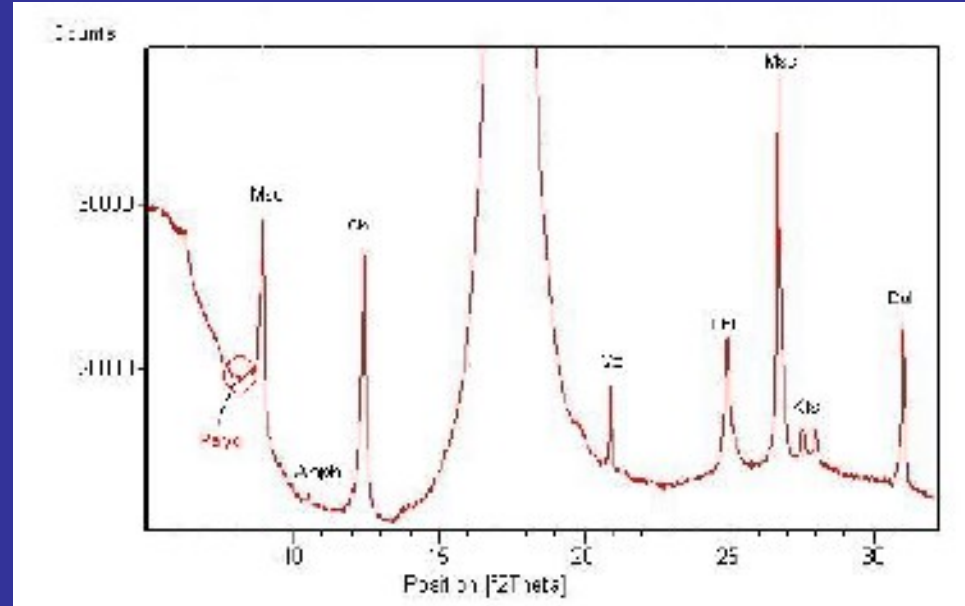
- Granulometria
- Concentrazione
- Mineralogia
- Composizione chimica e pH
- Conducibilità elettrica
- composizione pollinica





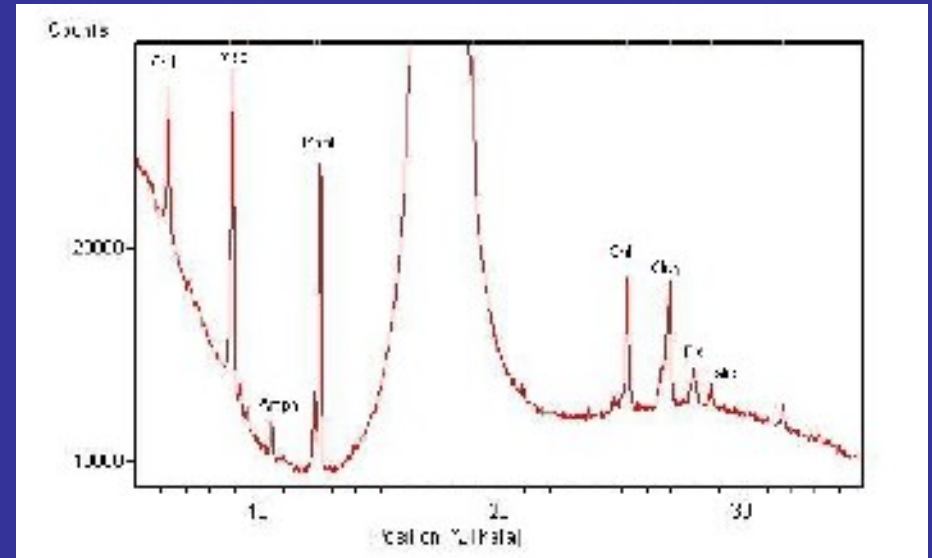
## Mineralogia eventi sahariani

- \*Clorite
- \*Mica chiara
- \*Feldspato potassico
- \*Plagioclasio
- \*Anfibolo
- \*Quarzo
- \*Dolomite
- ? Paligorskite ?



## Mineralogia "background"

- \*Clorite
- \*Talco
- \*Mica chiara e scura
- \*Plagioclasio
- \*Anfibolo
- \*Quarzo (poco)
- \*Caolinite
- \*Argille disordinate non pure





# Identificazione mineralogica eventi Sahariani\_Sintesi

BACKGROUND	EVENTI SAHARIANI
Talco	
Caolinite	
Argille disordinate	
Mica scura	
Mica chiara	
Clorite	
Quarzo	
Anfibolo	
Plagioclasio	
	K-feldspato
	Palygorskite
	Dolomite

background: clorite+kaolinite  
eventi sahariani : solo clorite

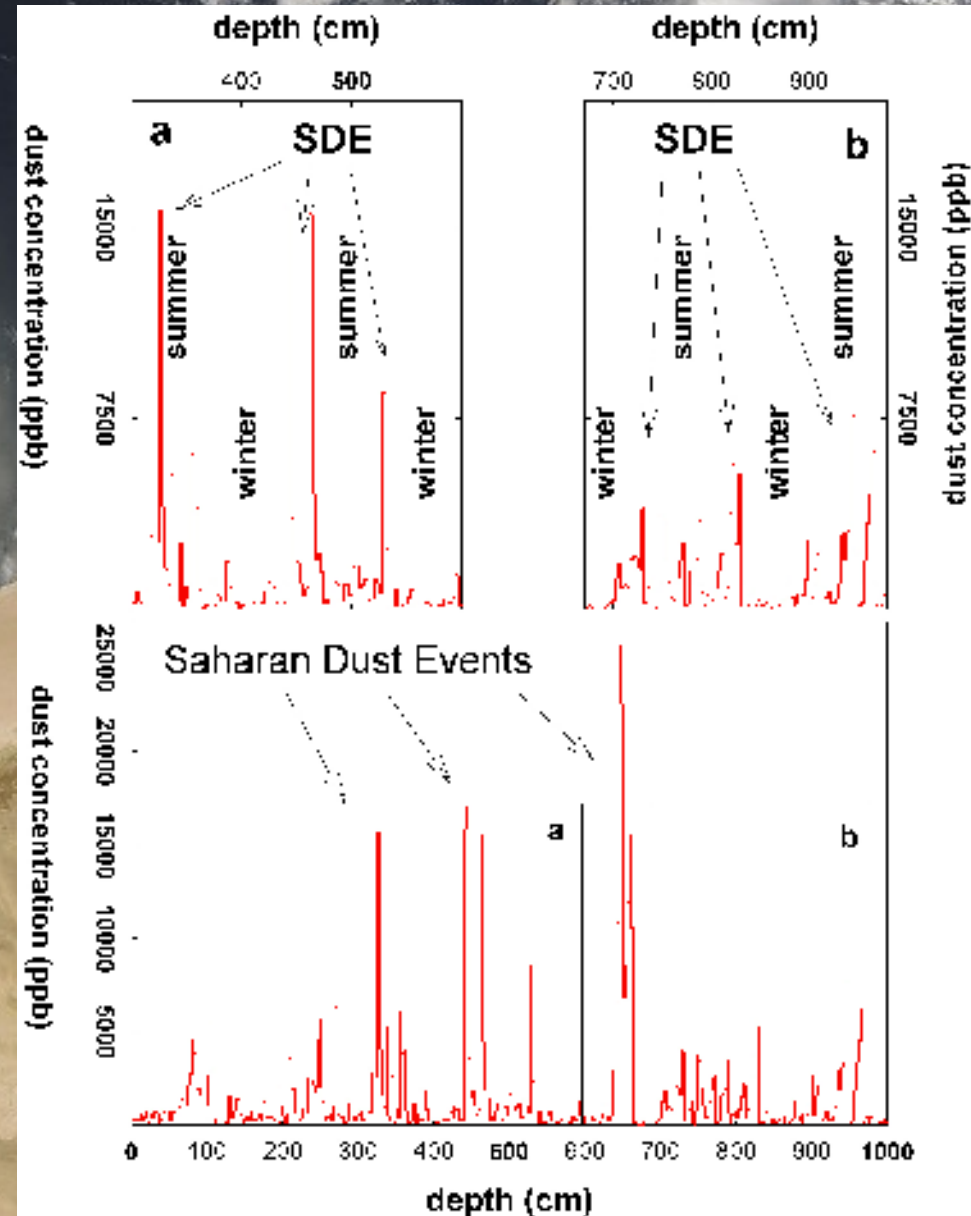
background: plagioclasio  
eventi sahariani: K-feldspato+ plagioclasio

background: talco+anfibolo  
eventi sahariani: anfibolo

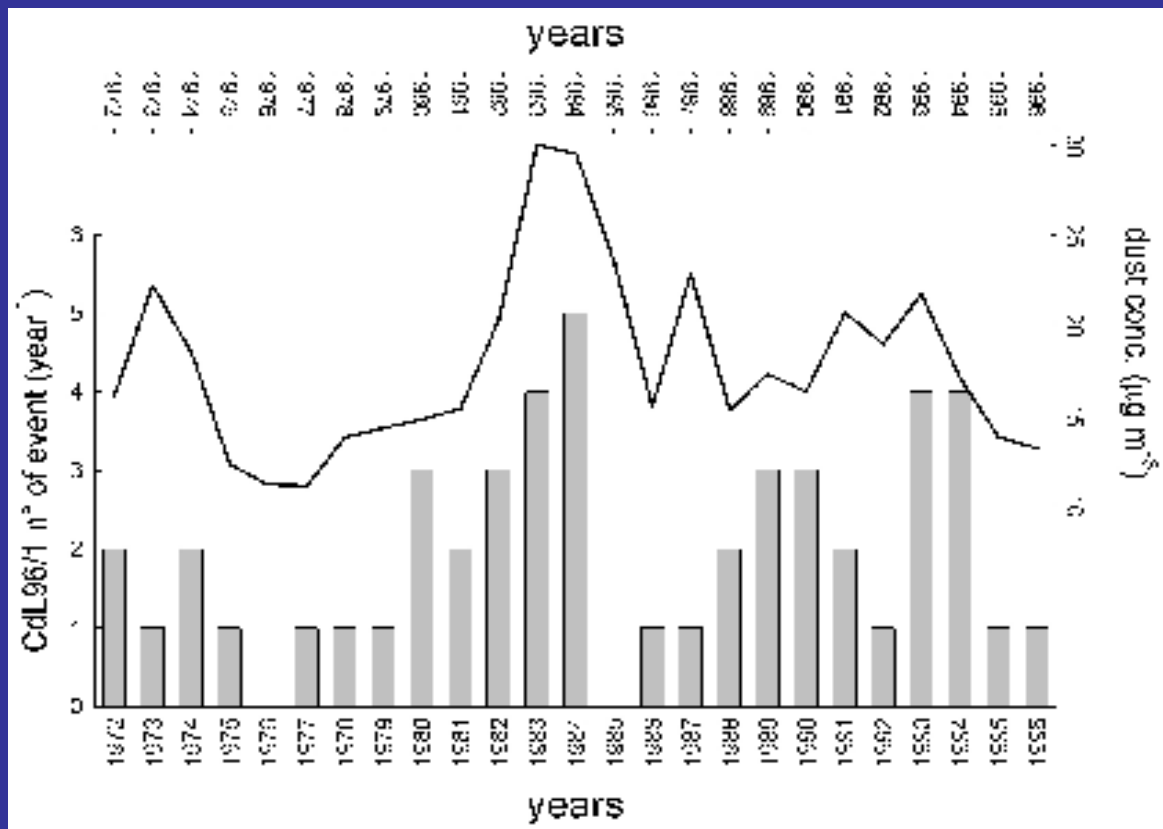
*negli eventi sahariani sembra esserci presenza in tracce di palygorskite (base del picco dell'illite molto allargata e che sembra presentare un picco semi nascosto).*



I livelli di polvere sahariana nella carota del Colle del Lys sono prevalentemente primaverili e autunnali (condizioni meteorologiche favorevoli)



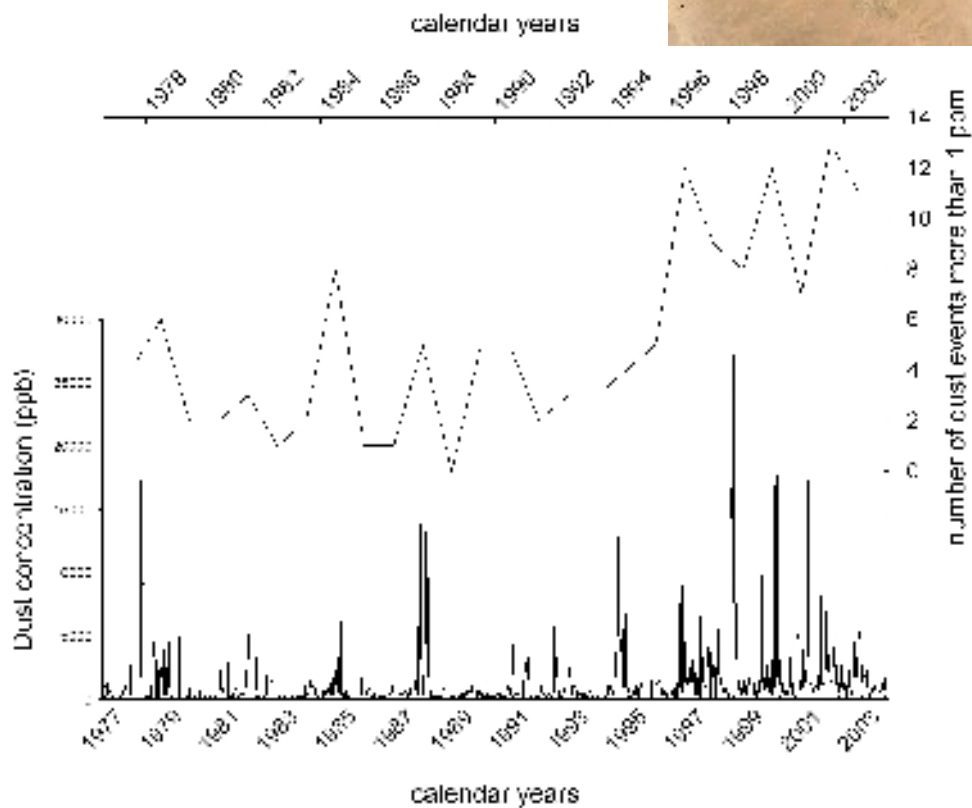
# Colle del Lys: frequenza temporale degli eventi estremi



# Colle del Lys:

## Frequenza degli eventi estremi

1976-2003





## Conclusioni

Le carote di ghiaccio alpine forniscono records climatico-ambientali di notevole importanza

Il del Colle del Lys (Monte Rosa) é un sito ideale per il recupero di sequenze ad alta risoluzione temporale che permettono di stimare l'impatto regionale e globale dei cambiamenti climatici dell'area mediterranea

## **Ringraziamenti**

Hanno collaborato alla presente ricerca:

Dr. M.Sala, Dott.<sup>ssa</sup> C.Mazzola, Dr. S. Albani, Dott.<sup>ssa</sup> A. Castellano, M.Filipazzi