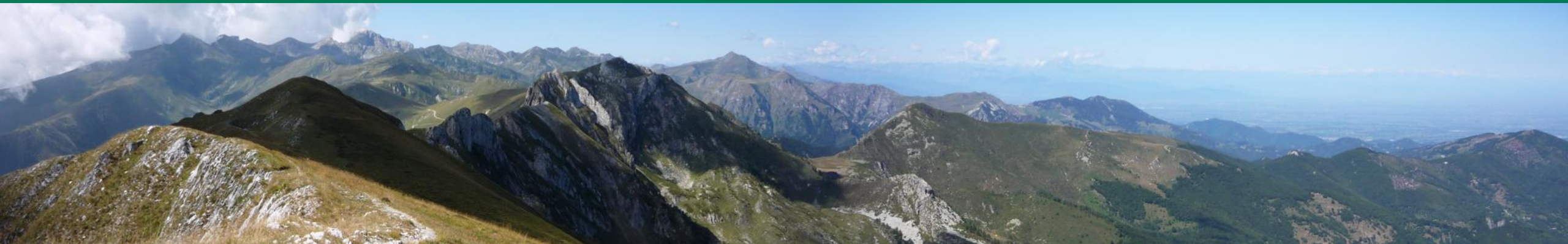
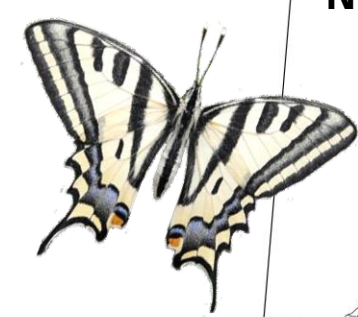
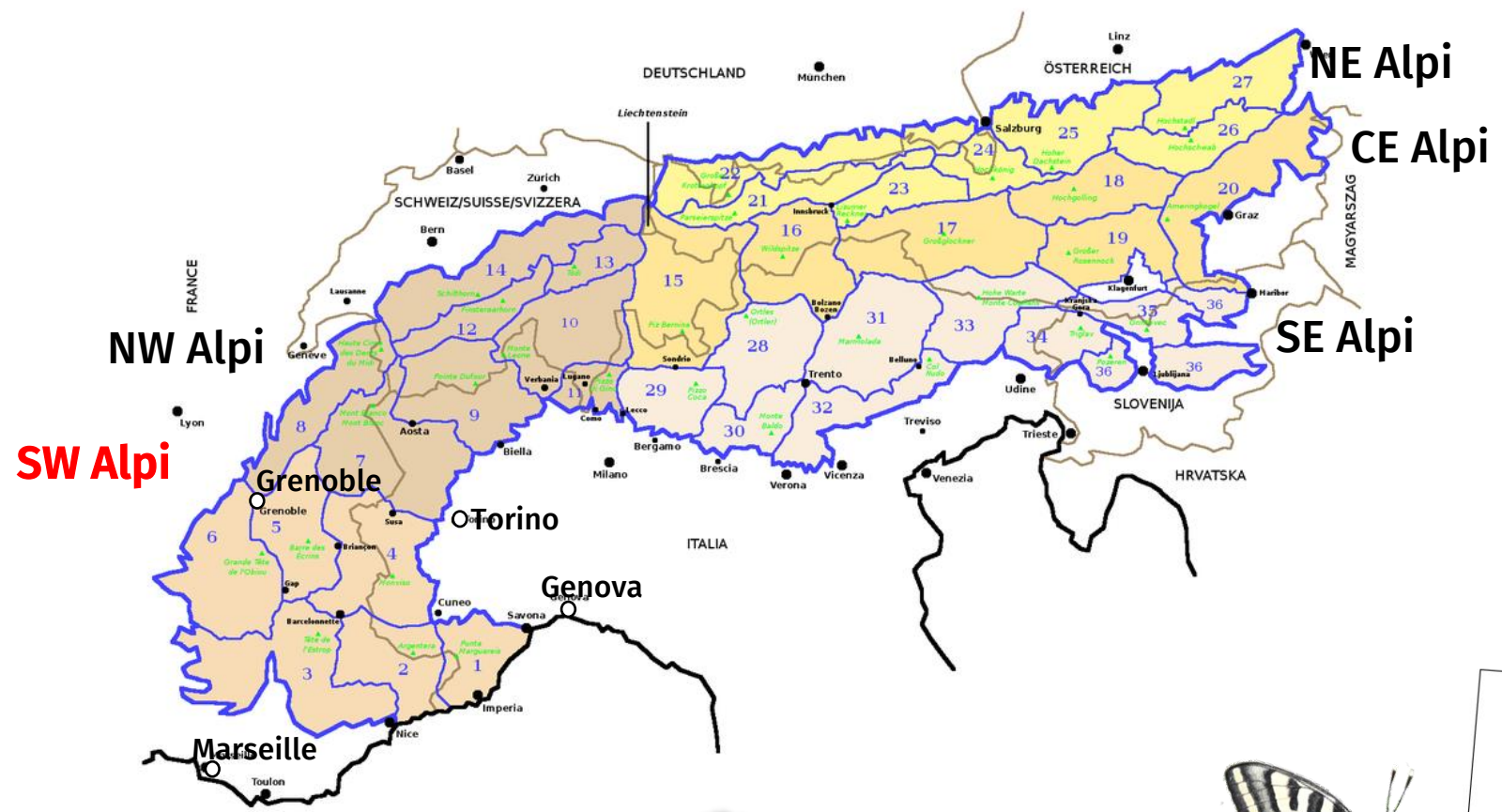


Effetti dei cambiamenti climatici passati e futuri nelle Alpi sudoccidentali

Gabriele Casazza (gabriele.casazza@unige.it)



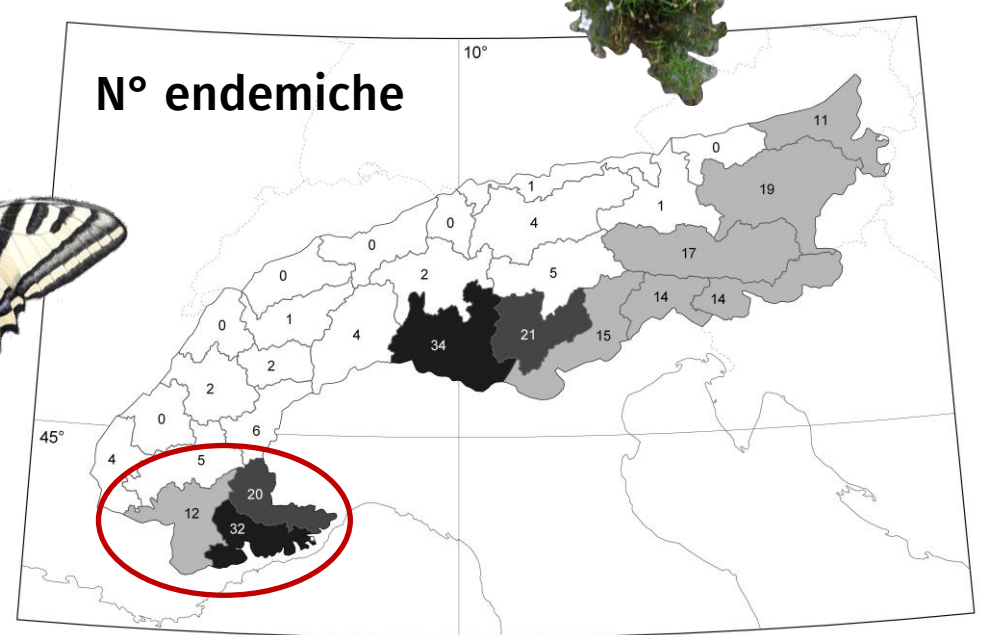
Società Botanica Italiana – Sez. Piemonte e Valle d'Aosta e Orto Botanico dell'Università di Torino



SW Alpi

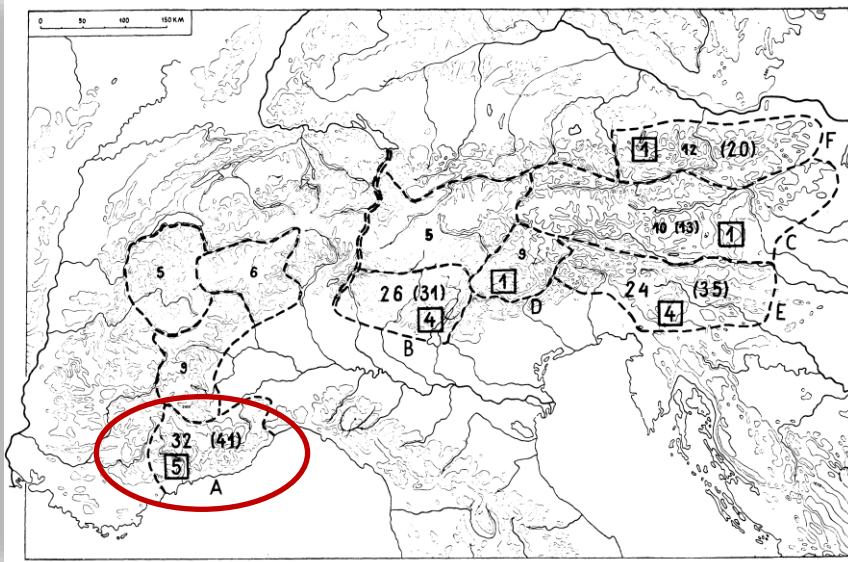
Superficie	14%
Taxa	70%
Endemiche	40%

Aeschimann et al 2011



Aeschimann et al 2011

Principale centro d'endemismi nelle Alpi

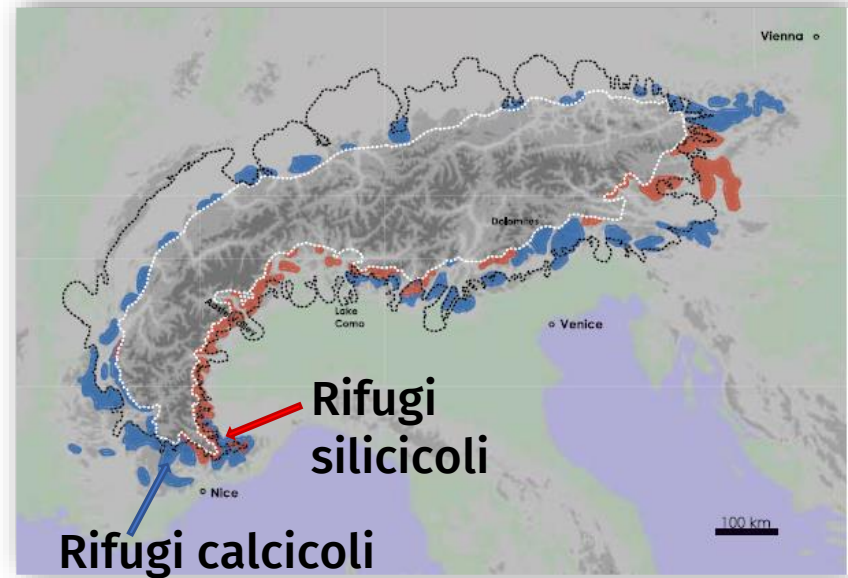


Pawłowski 1970

Alpi Marittime e Liguri
 ≈ 9500 Km²
 ≈ 3600 taxa
 ≈ 110 taxa subendemici
 ≈ 30 taxa endemici

Casazza et al 2005

Rifugio glaciale



Schönswetter et al 2005

Hotspot di diversità del Bacino del Mediterraneo



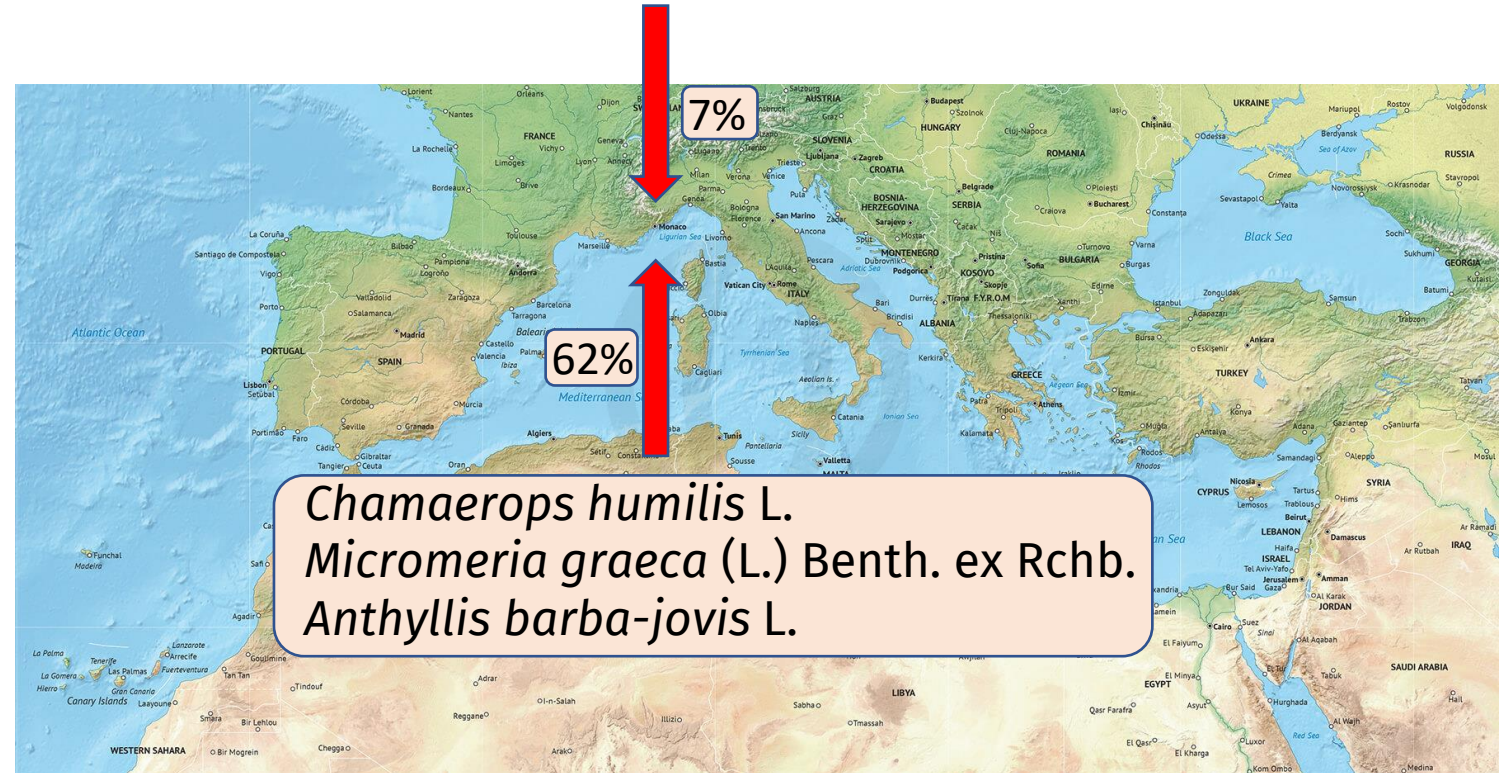
Médail & Quézel 1997

Crocevia di biodiversità

Molte piante hanno il loro limite di distribuzione nelle Alpi sud occidentali (~130):
62% hanno il loro limite Nord,
7% hanno il loro limite Sud.



Carex atrofusca Schkuhr
Tofieldia pusilla Pers.



Crocevia di biodiversità

Molte piante hanno il loro limite di distribuzione nelle Alpi sud occidentali (~130):
62% hanno il loro limite Nord,
7% hanno il loro limite Sud,
28% hanno il loro limite Ouest,
3% hanno il loro limite Est.



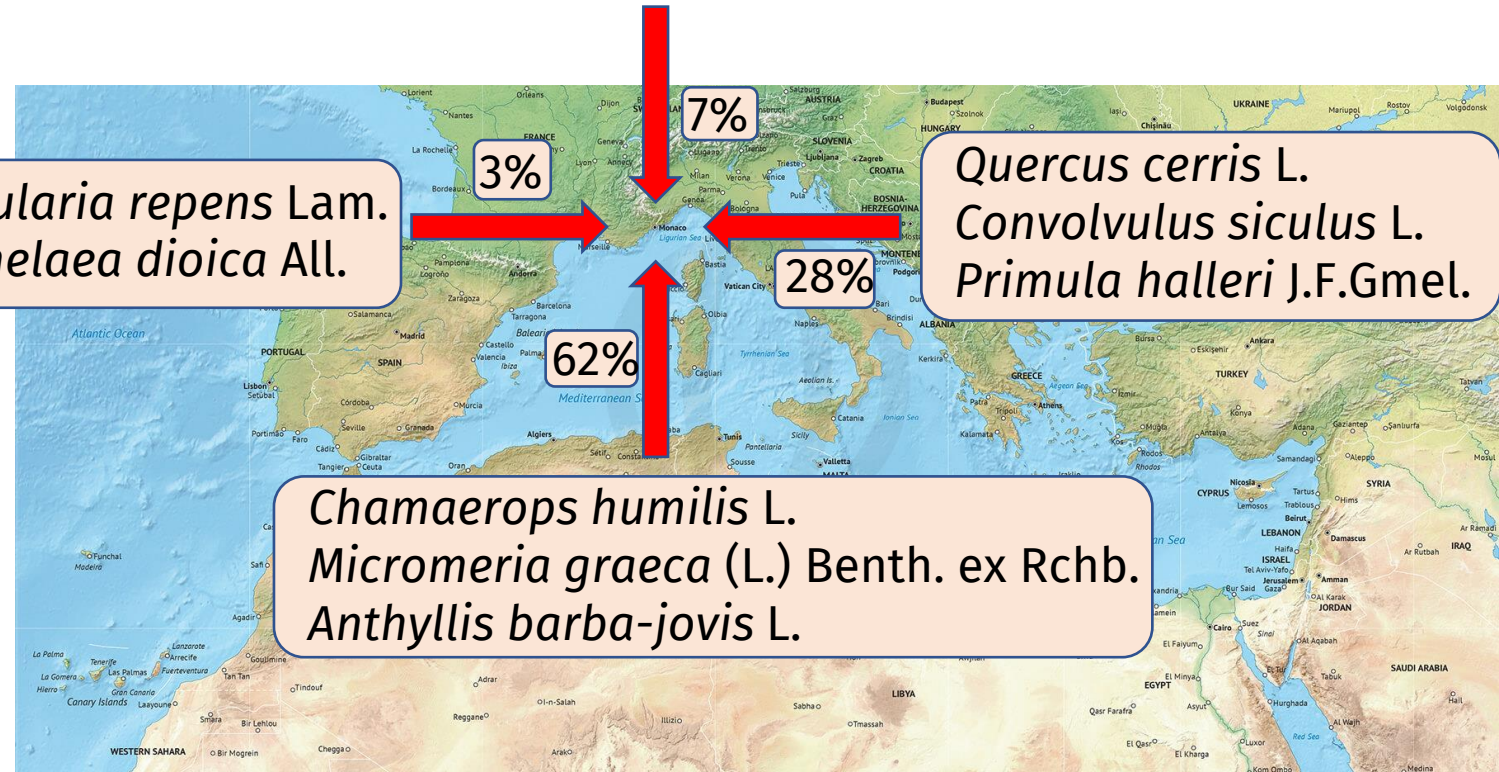
Carex atrofusca Schkuhr
Tofieldia pusilla Pers.



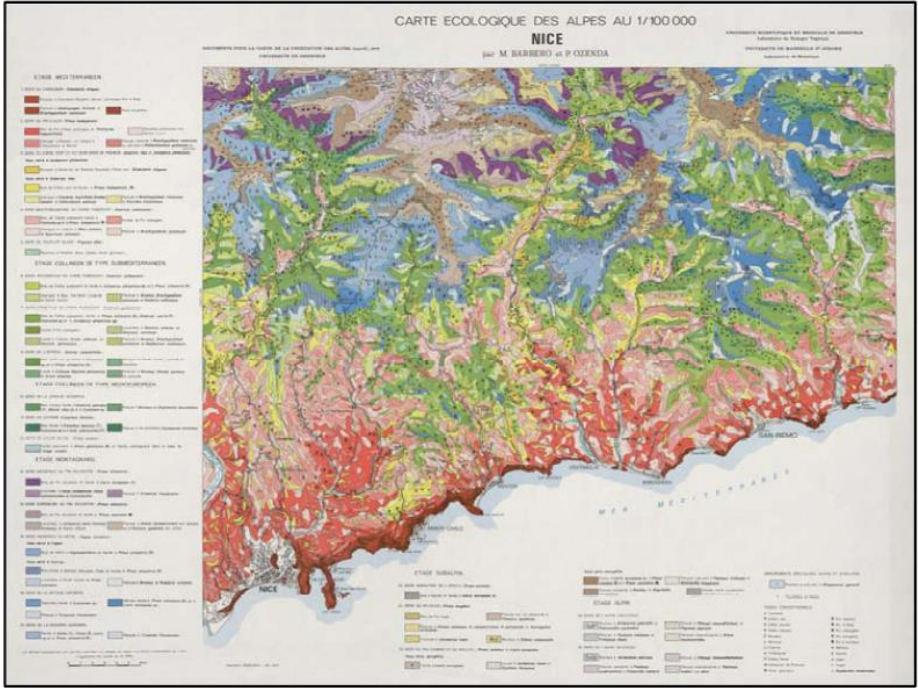
Globularia repens Lam.
Thymelaea dioica All.



Chamaerops humilis L.
Micromeria graeca (L.) Benth. ex Rchb.
Anthyllis barba-jovis L.



Alta diversità di habitat

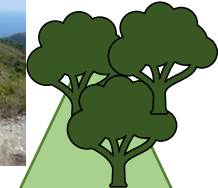


67 habitats secondo EUNIS

13 habitat costieri



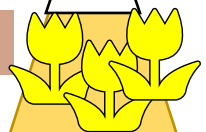
16 habitat collinari



20 habitat montani



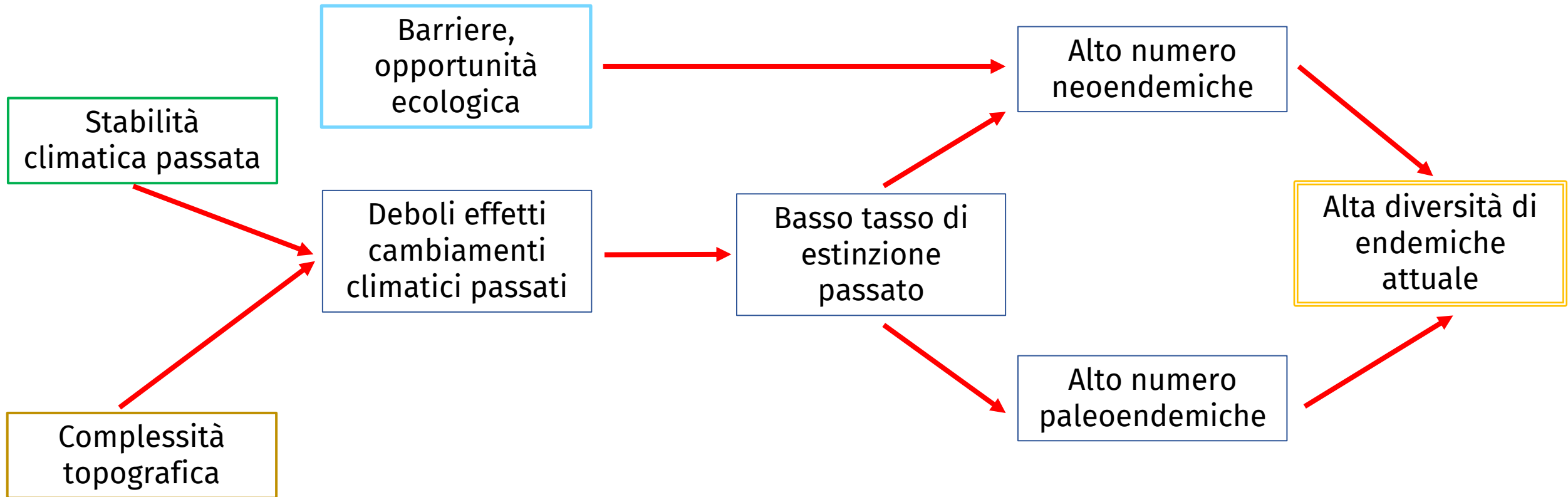
16 habitat subnivali



2 habitat nivali

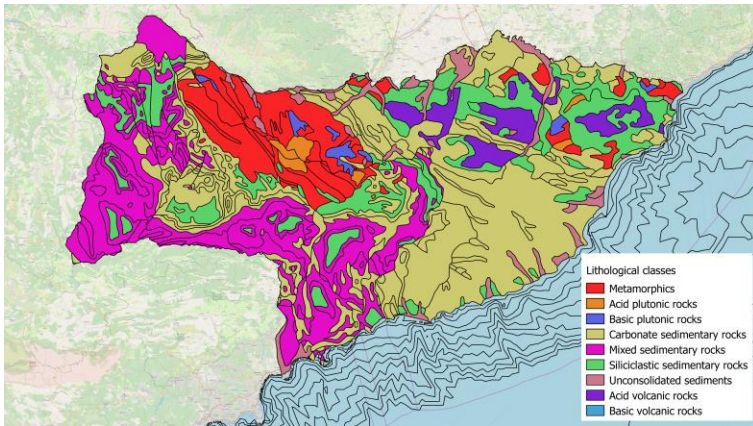


Relazioni ipotetiche fra clima e biodiversità presente e futura nei centri di endemismo



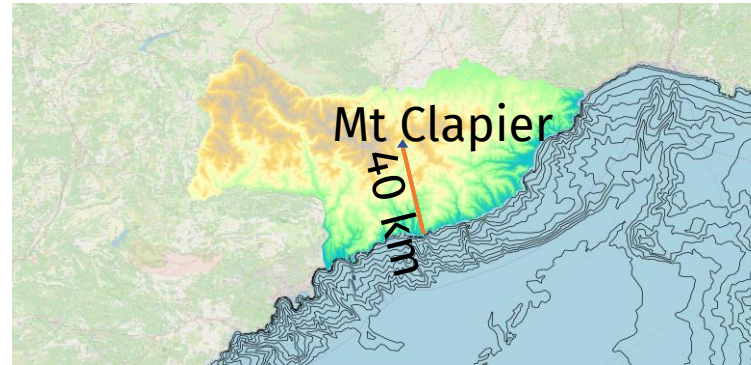
Sopravvivenza di liniaggi antichi e diversificazione di nuovi liniaggi

Eterogeneità litologica



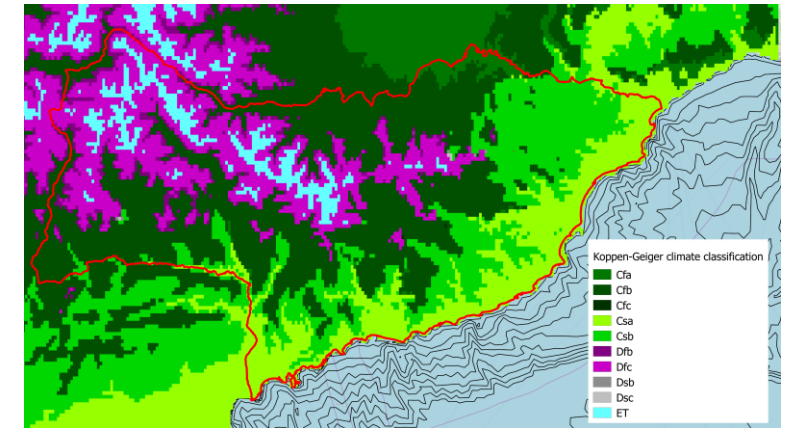
≈ 60% di tutte le classi litologiche
≈ 70% delle classi litologiche delle Alpi

Eterogeneità topografica



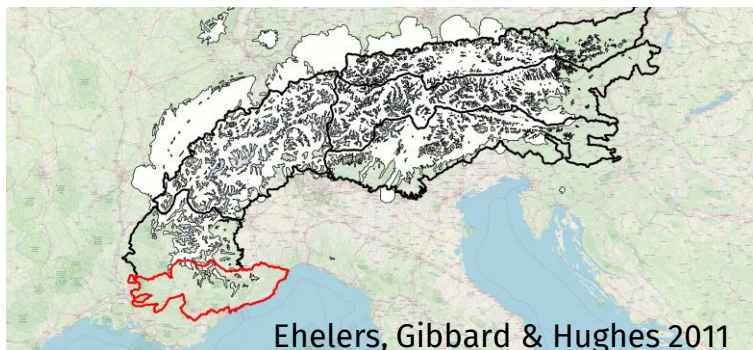
Breve distanza fra costa e montagne
≈ 5 km da 0 a 1000 m d'altitudine
≈ 40 km da 0 m ai ghiacciai

Eterogeneità climatica



10 classi climatiche differenti *sensu* Köppen-Geiger

Bassa copertura dei ghiacci



Debole impatto delle glaciazioni

Temperature medie annuali 3°C superiori che nel resto delle Alpi durante LGM



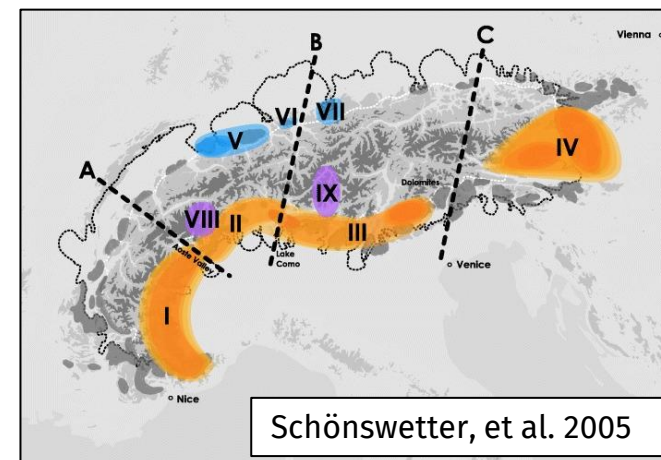
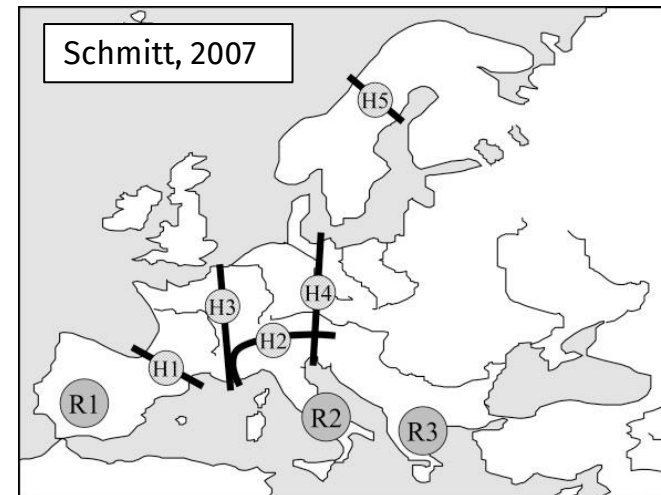
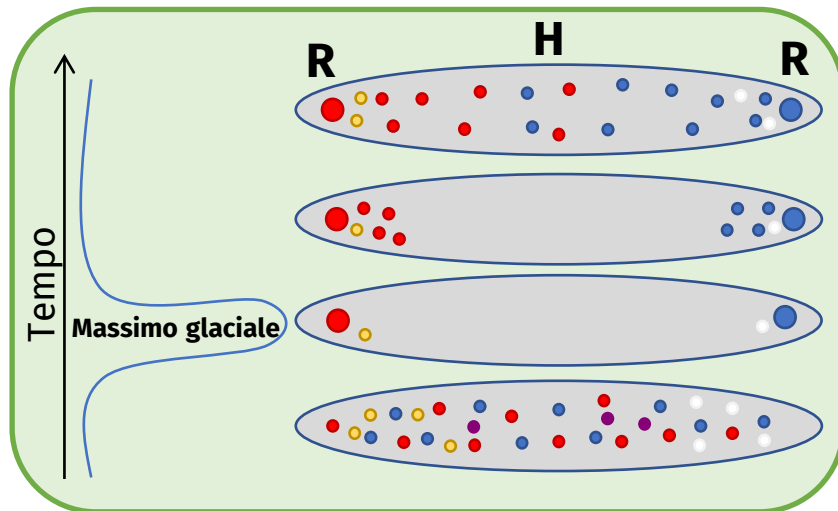
Cosa è successo nelle Alpi Sudoccidentali?



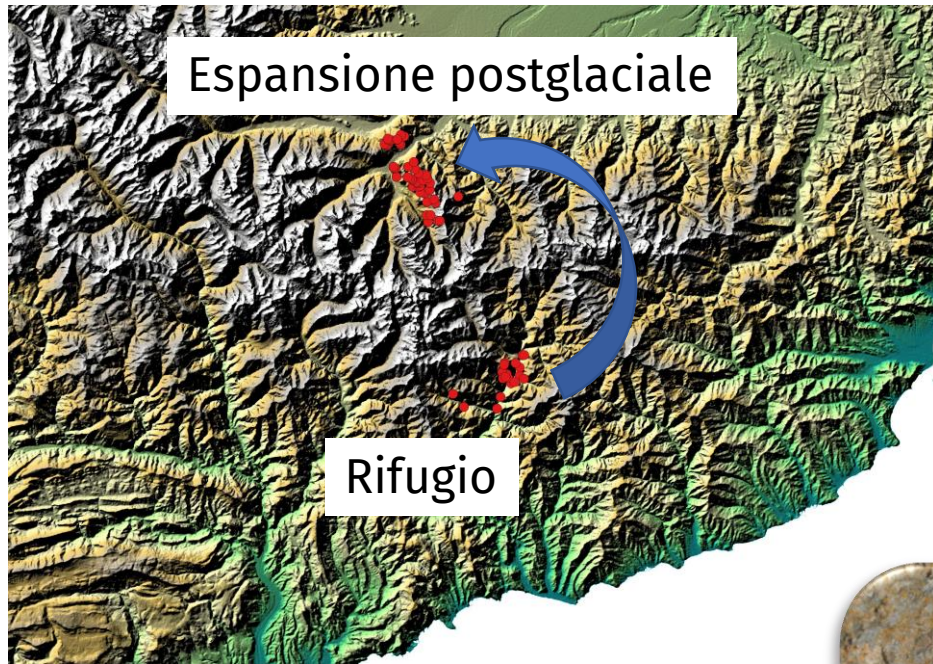
Il paradigma clasisco

Modello contrazione-espansione predice cambiamenti demografici e di distribuzione di specie temperate durante le glaciazioni

Specie sono sopravvissute in rifugi glaciali e successivamente hanno ricolonizzato le aree nuovamente disponibili



Primula allionii Loisel.

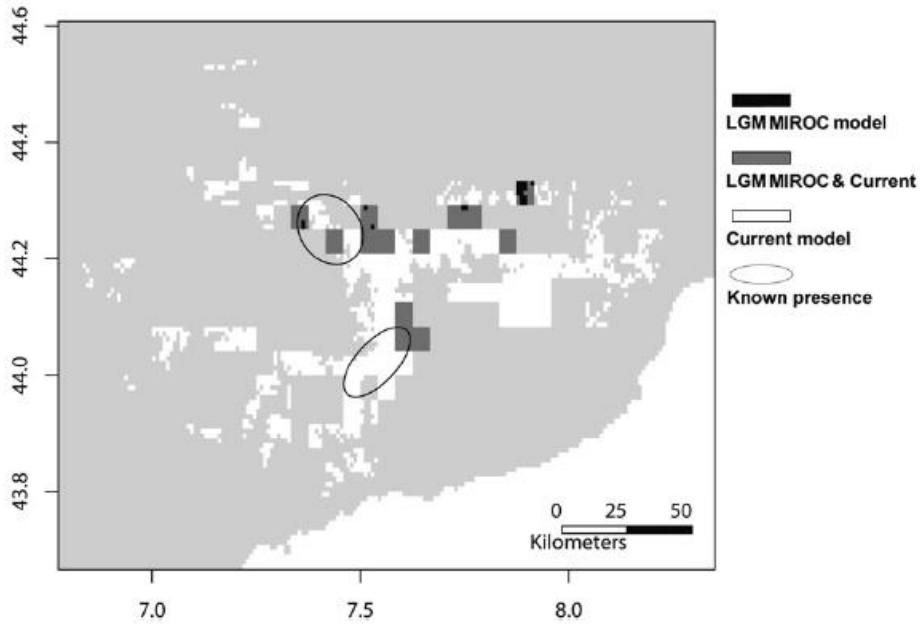


Primula allionii è una specie di montagna con un areale di distribuzione tra i più ristretti delle Alpi Marittime.

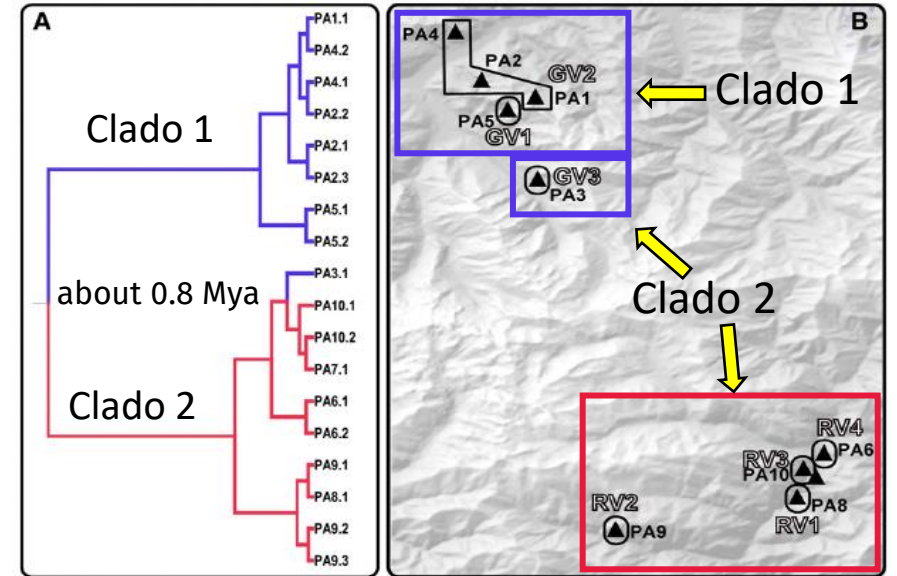
Martini (1982) ha suggerito che la specie sia sopravvissuta alla glaciazione nella parte meridionale e abbia poi colonizzato l'area settentrionale durante l'espansione del suo areale post-glaciale.



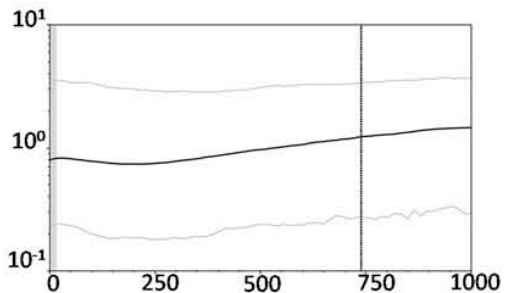
**Ipotesi
espansione
postglaciale**



Divergenza allopatrica durante la transizione medio-pleistocenica senza cicli di ricolonizzazione

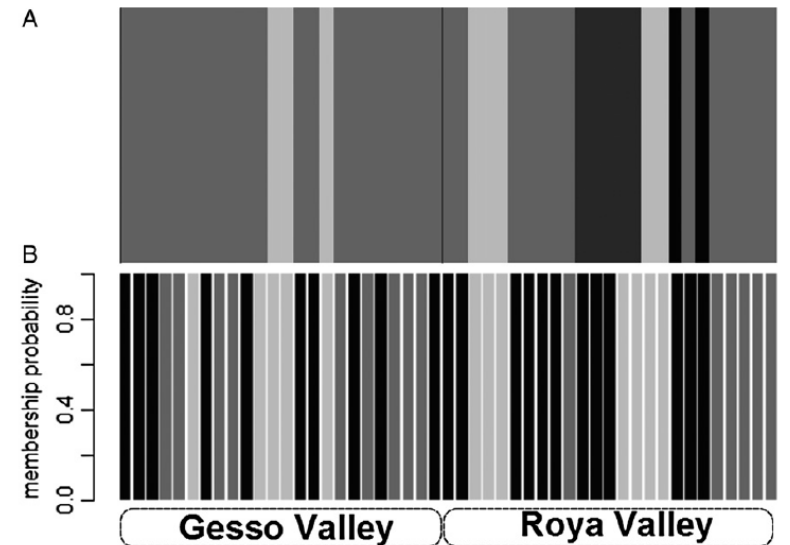


Le dimensioni delle popolazioni di *Primula allionii* sono rimaste piuttosto stabili dal Pleistocene

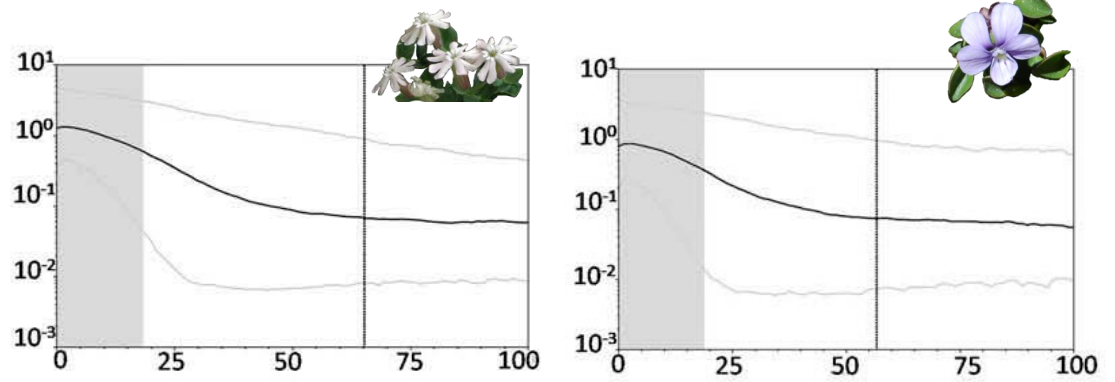


Cluster genetici condivisi tra le Valli Gesso e Roya. Flusso genico via polline.

nDNA



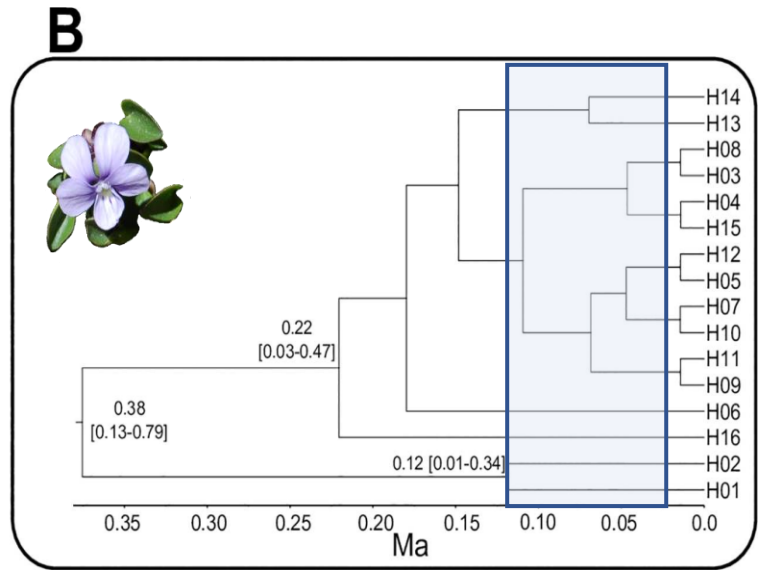
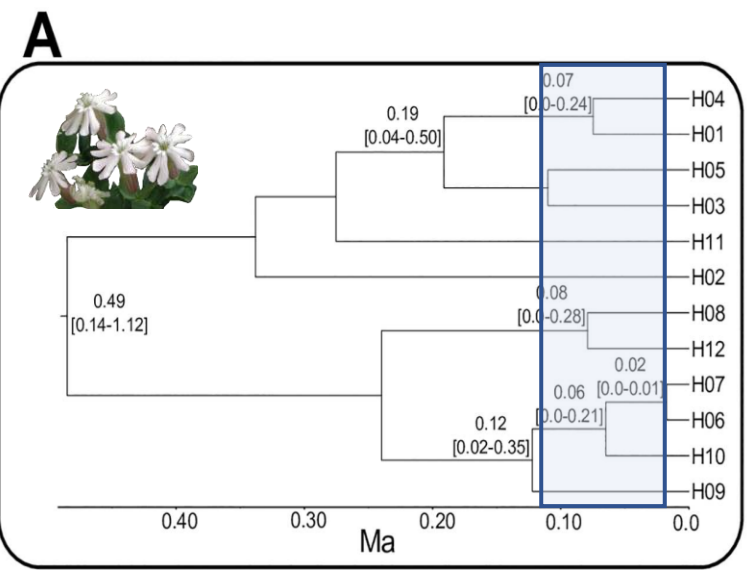
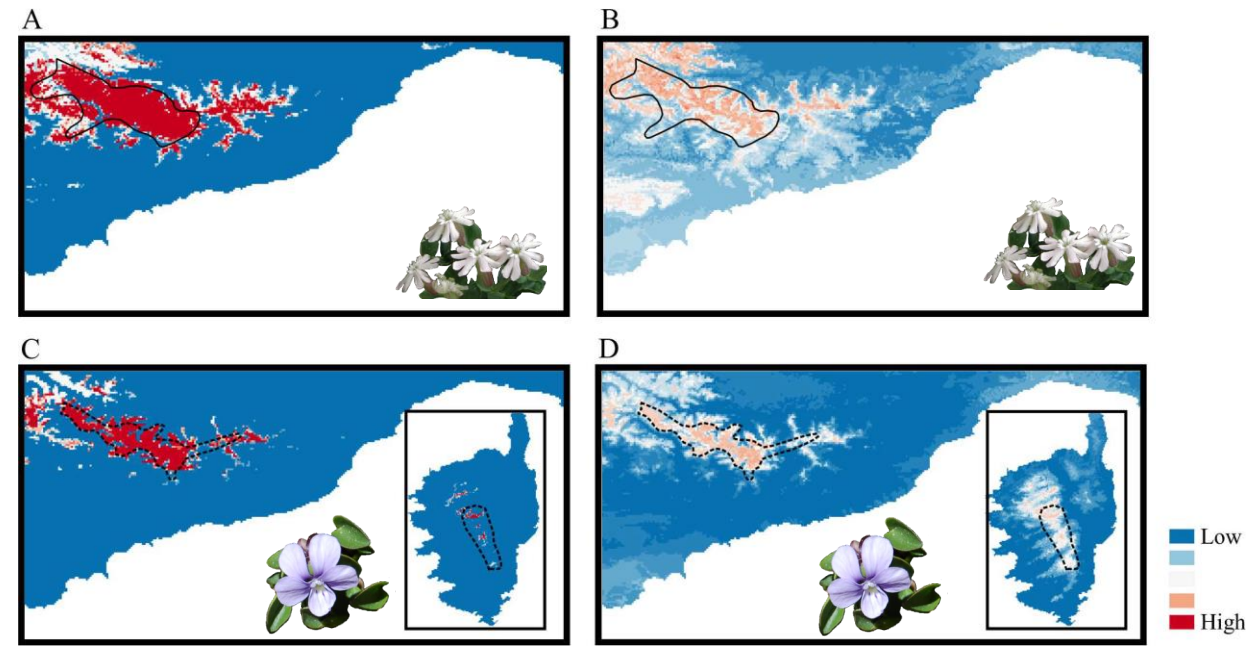
 *Silene cordifolia*  *Viola argenteria*



Hanno iniziato ad espandersi durante la glaciazione e non sono stati sostanzialmente influenzati dalla deglaciazione.

Present

LGM



Gli SDM indicano la presenza di aree idonee nell'attuale areale di distribuzione

La separazione dei cladi principali è antecedente all'LGM e i successivi periodi glaciali e interglaciali possono essere stati il motore di una marcata differenziazione.

***Berardia subacaulis* Vill.**



- Ampiamente distribuita nelle Alpi SW;
- Genere monospecifico ;
- MRCA data nel tardo Oligocene (Herrando-Moraira et al., 2019);
- Ghiaioni calcarei fra 1700 and 2700 m.

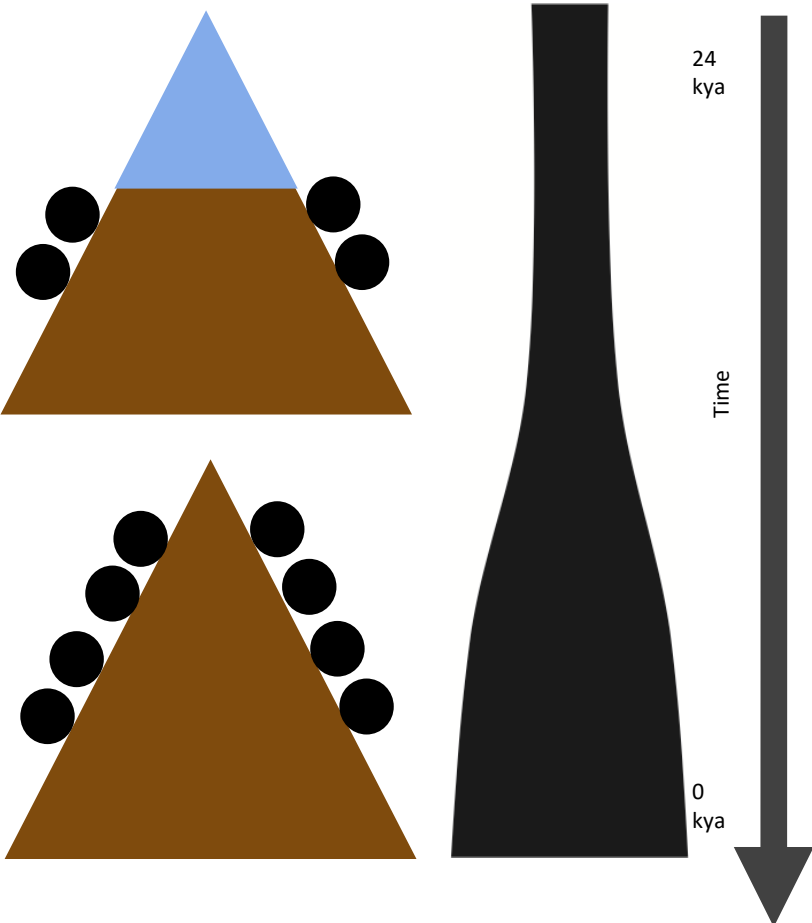
Quale risposta demografica?

Modelli demografici di risposta alle glaciazioni

ESPANSIONE POST-GLACIALE

DISTRIBUZIONE

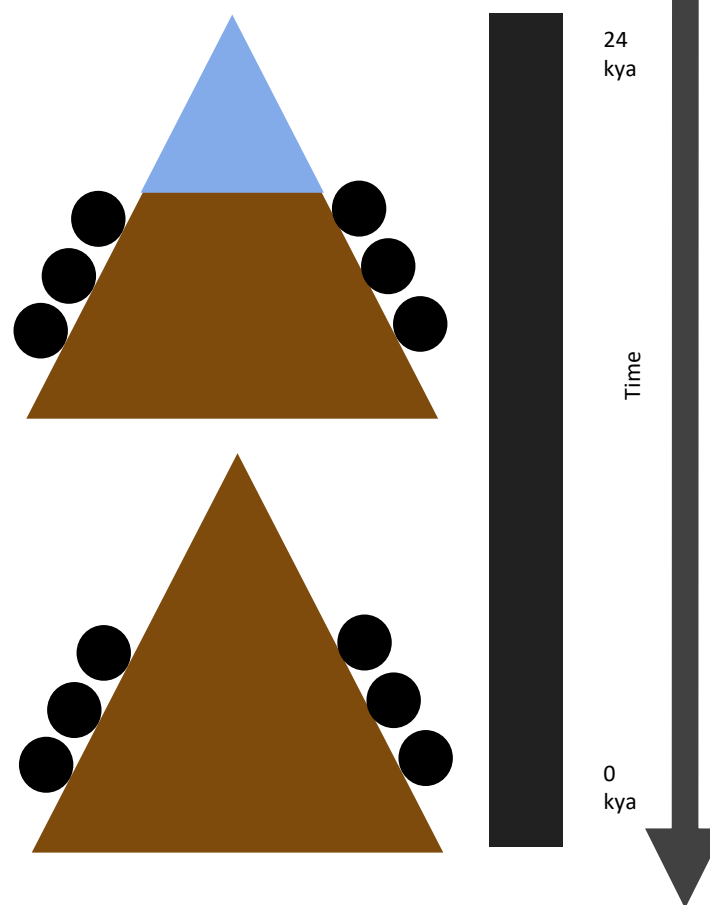
DEMOGRAFIA



STABILITA' NEL TEMPO

DISTRIBUZIONE

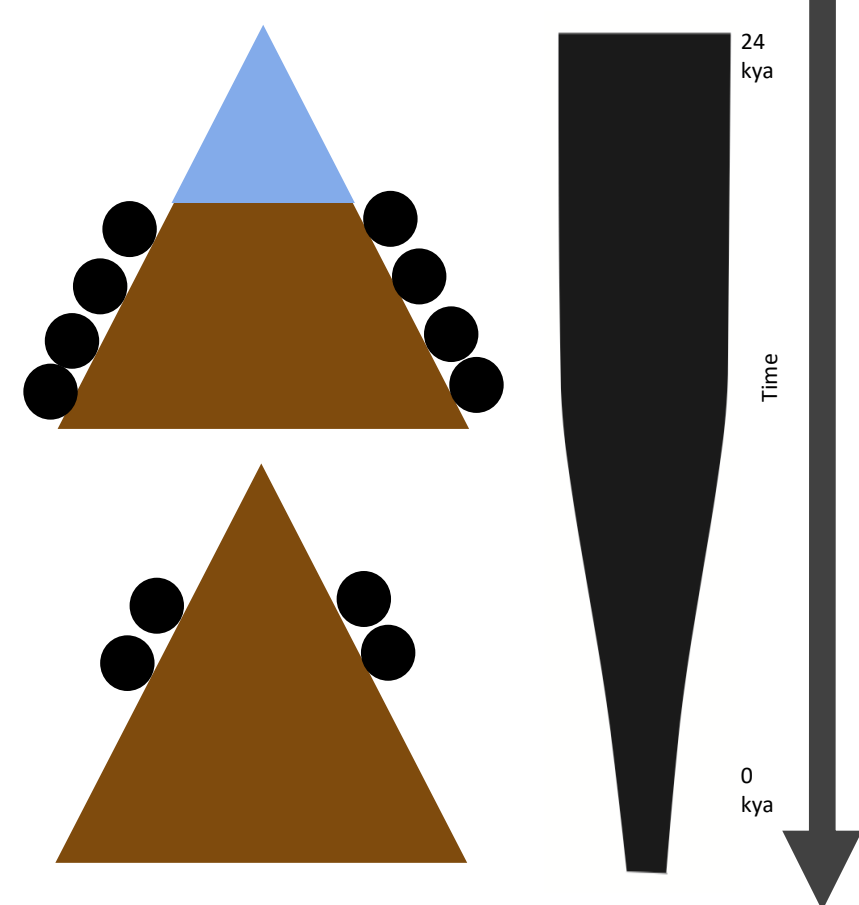
DEMOGRAFIA



CONTRAZIONE POST-GLACIALE

DISTRIBUZIONE

DEMOGRAFIA



Modelli di distribuzione delle specie

Periodi:

Intervallo 1 ka tra 1-21 ka BP

Intervallo 4 ka tra 24-28 ka BP

Algoritmi:

CTA-FDA-GBM-GLM-MAXENT

Dati molecolari

Genotyping By Sequencing (GBS)

95 campioni da 19 popolazioni

presso Cornell Institute for Genomic Diversity



Modelli demografici
basati su SDM e GBS

MODELLI DEMOGRAFICI

ABC modelling framework

Valuta adattamento tra dati **osservati** e **simulati** in base ai modelli demografici ipotizzati. Scelta del modello migliore in base alla probabilità posteriore

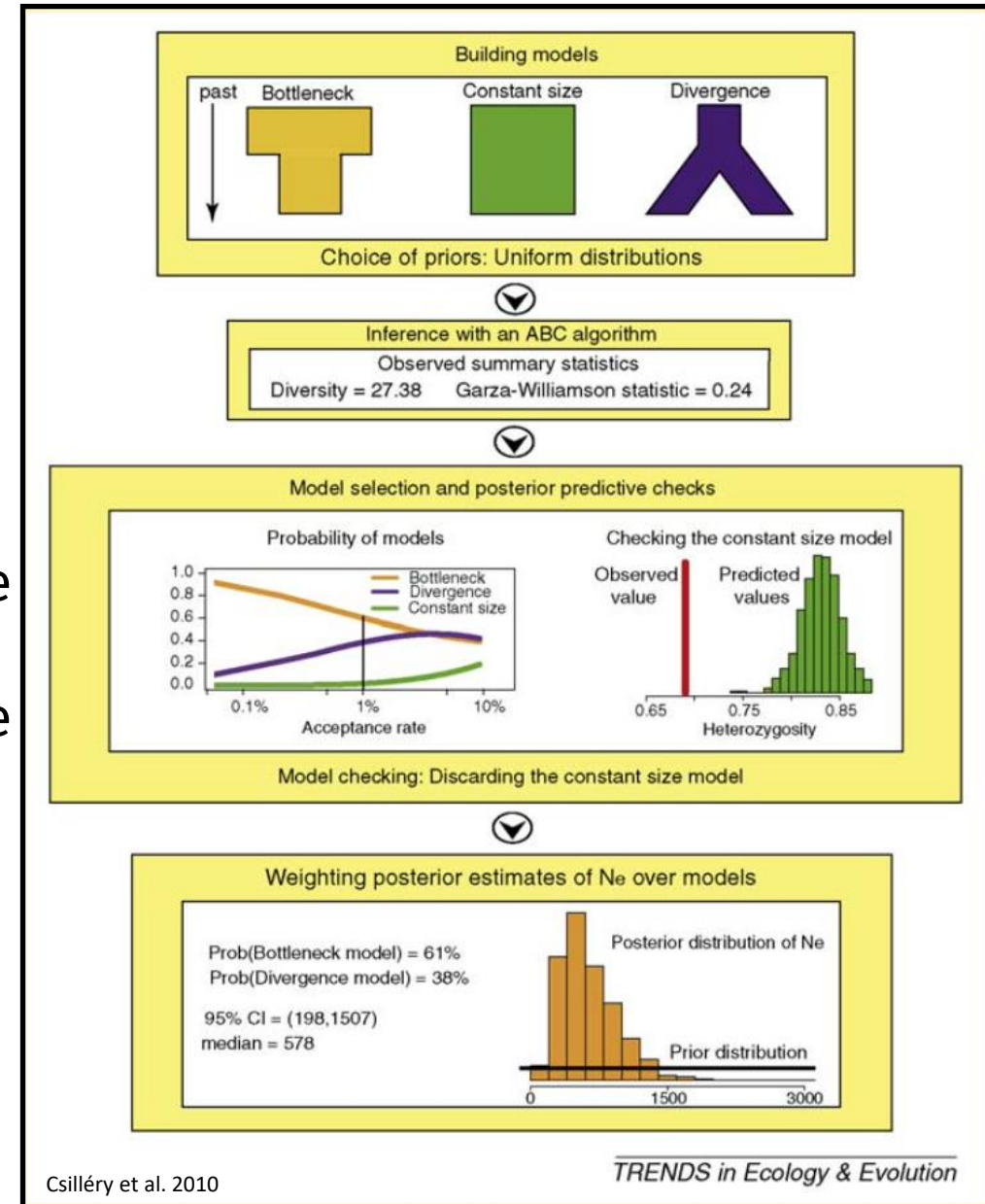
5 modelli demografici testati

- ❖ Contrazione post-glaciale
- ❖ Espansione post-glaciale
- ❖ Stabilità nel tempo

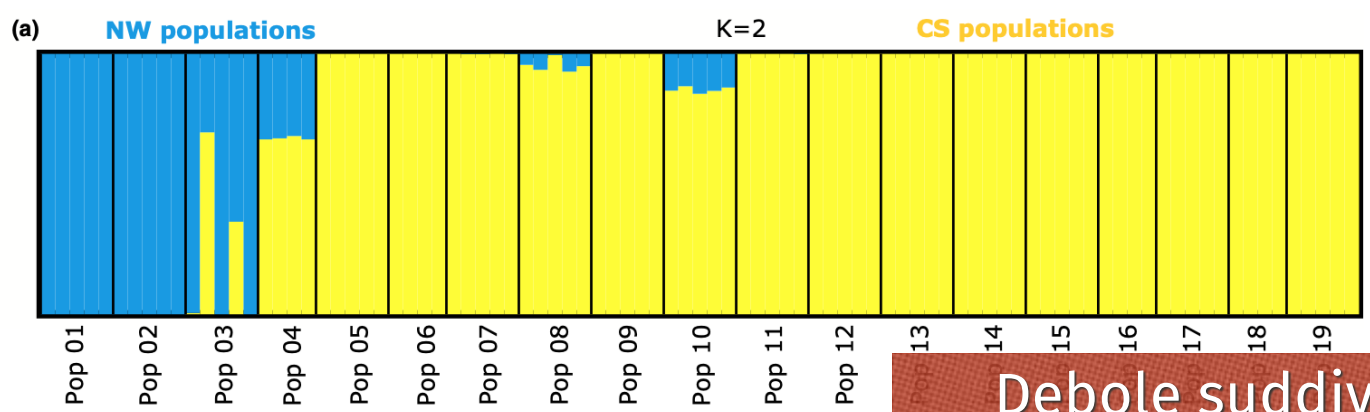


Divisione recente
Divisione antica
Divisione recente
Divisione antica

- Divergenza recente modellata tra 11 and 0 Kya
- Divergenza antica modellata tra 120 and 24 Kya



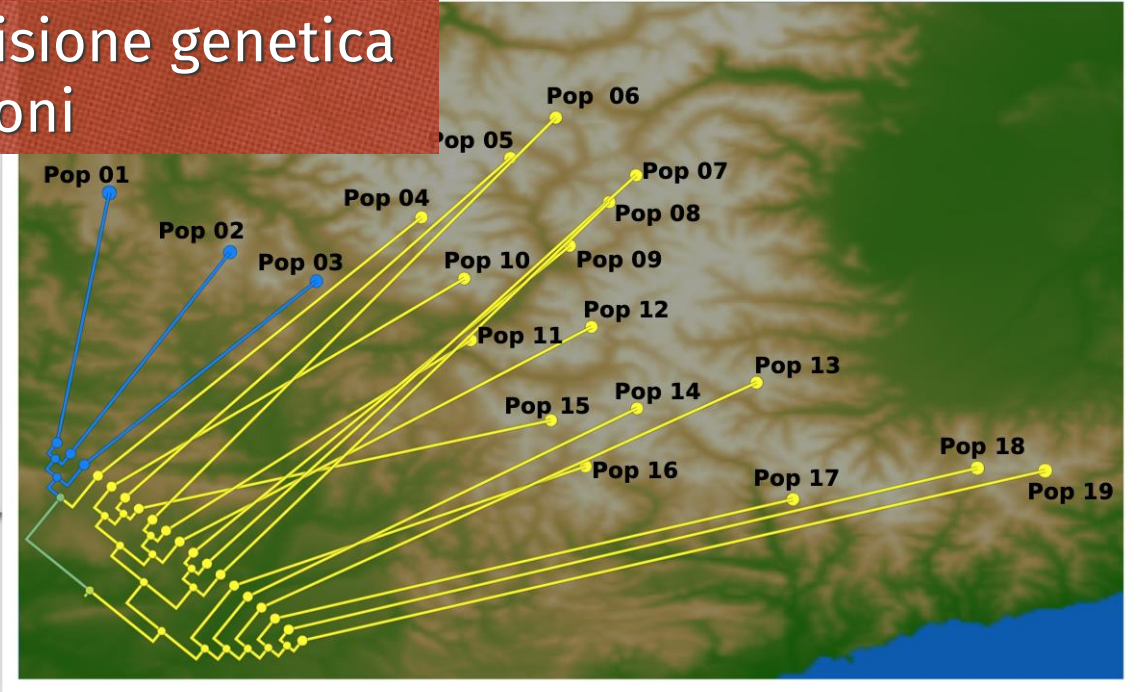
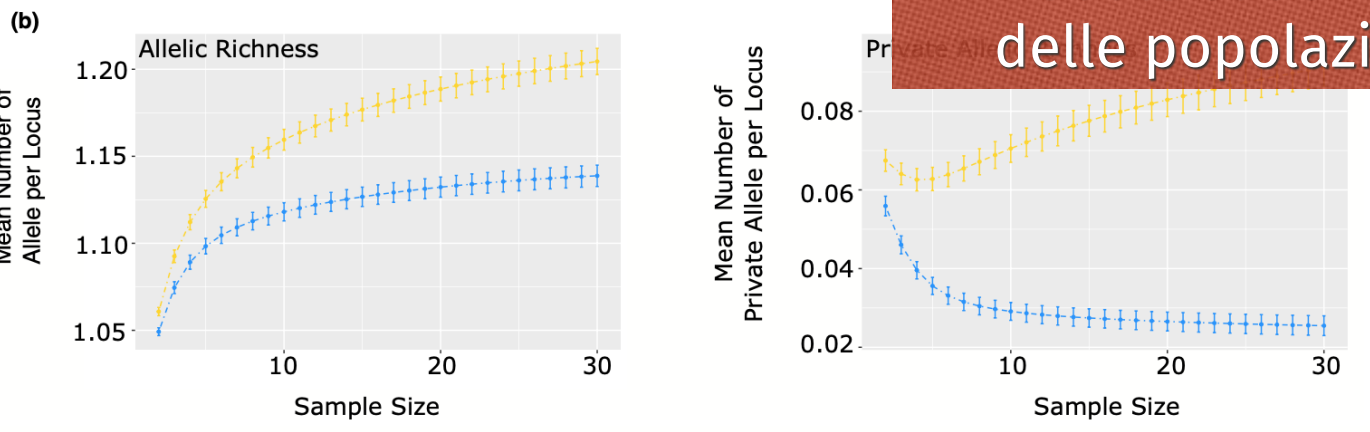
Struttura genetica delle popolazioni



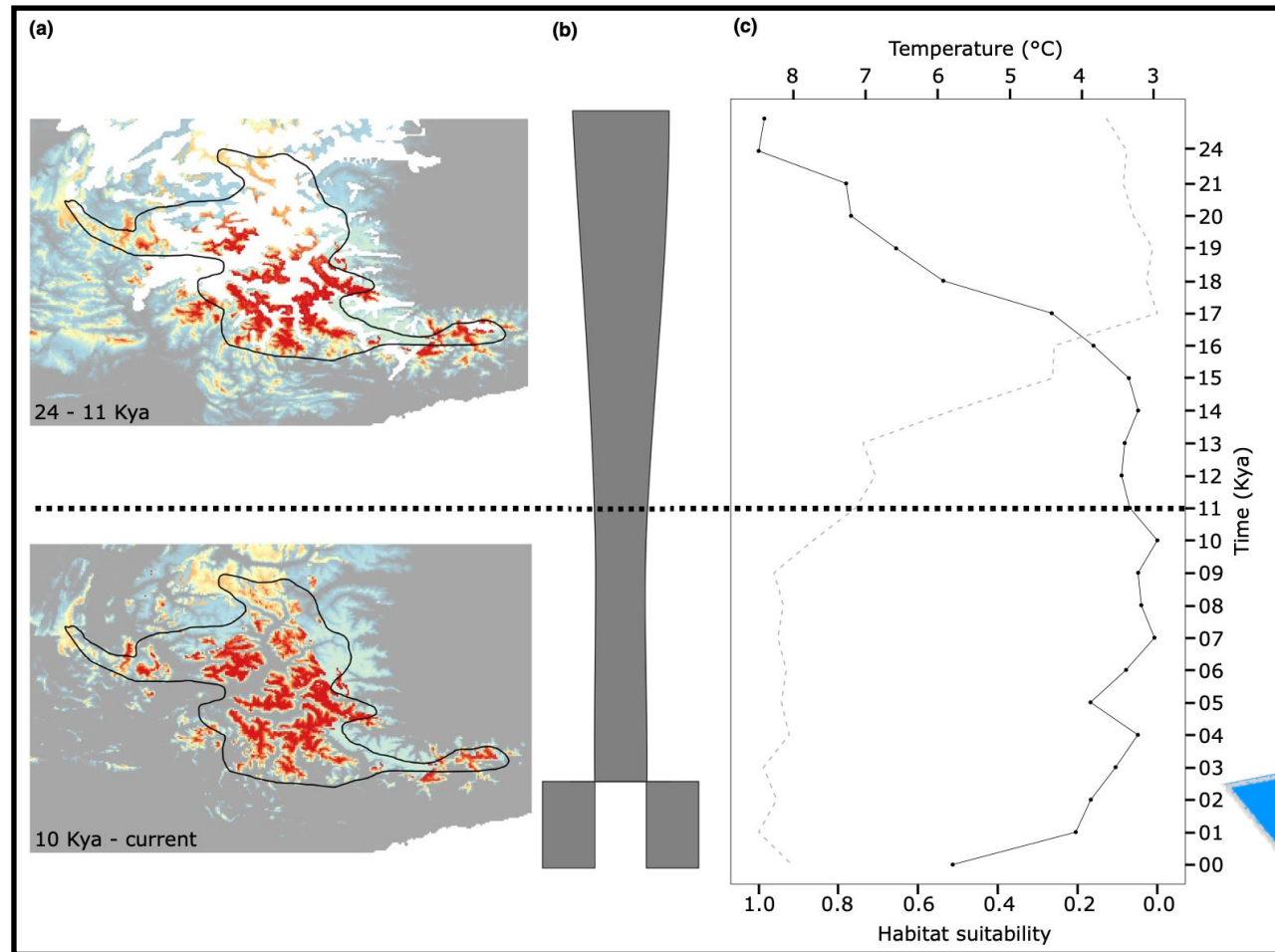
	Source of variation	df	Sum of squares	Variance components	Percentage of variation
k = 2	Among groups	1	955.855	13.13308	18.59
	Among populations within groups	17	4889.752	26.89926	38.07
	Within populations	163	4993.025	30.63206	43.35
Total		181	10838.632	70.66440	
Fixation index Fst			0.50070**		

** Indicate a significant difference $P \leq 0.001$.

Debole suddivisione genetica delle popolazioni



MODELLI DEMOGRAFICI



Model	Posterior Probability
contraction recent divergence	0.38
expansion recent divergence	0.33
long-term stability	0.20
contraction old divergence	0.09
expansion old divergence	0

Forte supporto per una divergenza recente fra i gruppi genetici

Parameter	Priors	Estimated values [95% HPD interval]
Time of the split (kya)	11:0	2.46 [2.07:2.81]
Mutation rate ($\times 10^{-8}$)	0.05:10	4.2 [3.9:4.4]
Contraction rate ($\times 10^{-4}$)	0.71: 1.49	1.07 [0.78:1.35]

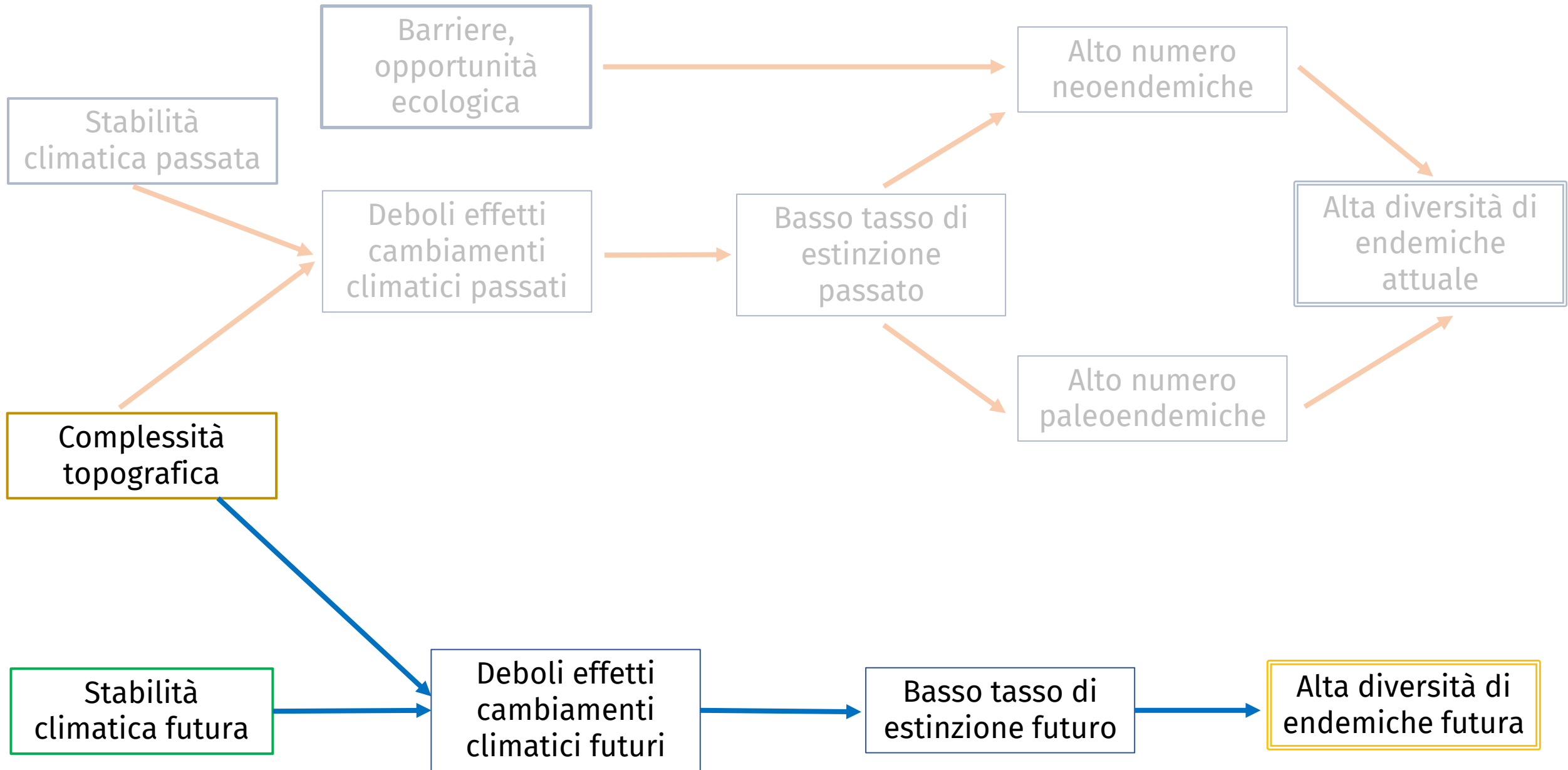
SDMs mostrano una riduzione in aree potenzialmente idonee durante il periodo post-glaciale

Il pattern osservato in *B. subacaulis* può essere dovuto a vari fattori:

1. Disponibilità di terreno **libero dai ghiacci**
2. Precipitazioni relativamente **alte** (Janská et al., 2017)
3. Nessuna espansione post-glaciale verso Nord (dove ci potevano essere aree idonee) a causa di **bassa capacità di dispersione** (~ 15 m per year - Vittoz & Engler, 2007), **bassa velocità di crescita**, e specifiche **preferenze di microhabitat** (i.e. ghiaioni calcarei)

Prima evidenza di contrazione postglaciale in un endemismo alpino

Relazioni ipotetiche fra clima e biodiversità presente e futura nei centri di endemismo





Cosa succederà in futuro?

1. Quali sono i potenziali effetti dei cambiamenti climatici sulle piante endemiche o subendemiche delle Alpi occidentali in diversi scenari di cambiamento climatico, considerando le loro capacità di dispersione?
2. I potenziali cambiamenti di areale e il rischio di estinzione cambiano a seconda delle fasce di vegetazione?
3. Quali sono le relazioni tra la potenziale perdita di areale e le proprietà della nicchia (ad esempio, marginalità della nicchia, ampiezza della nicchia, fascia altitudinale e areale potenziale attuale)?

ENVIRONMENTAL LAYERS

ENVIRONMENTAL VARIABLES

First two axes of an environmental PCA, using nineteen bioclimatic variables

N° of environmental datasets

TIME SLICES

Current (1979 - 2013) Future (2061 - 2080)

1 for current

REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAYS (RCPs)

RCP 2.6 (optimistic scenario) RCP 8.5 (pessimistic scenario)

10 for future (5 for optimistic, 5 for pessimistic)

GENERAL CIRCULATION MODELS (GCMs)

CESM1-CAM5 FIO-ESM IPSL-CM5A-MR MIROC5 MPI-ESM-MR

100 specie endemiche e
subendemiche delle Alpi
sudoccidentali

MODEL PROJECTIONS

Model techniques (n° of runs)

Pseudo-absences: n°, criterion of selection and n° of replicates

N° of projections for each taxon

Ensemble modeling method

N° of ensemble projections for each taxon

CTA (10)



n°: equal to the n° of occurrences if the n° of occurrences is > 100, otherwise 100; criterion: climatic exclusion; replicates: 10

500 for current scenario



Mean of projections (for each combination of model techniques and environmental datasets)

5 for current

GBM (10)

RF (10)

GLM (10)

MARS (10)

n°: 1000; criterion: random; replicates: 10

5000 for future scenarios (2500 for optimistic, 2500 for pessimistic)

50 for future (25 for optimistic, 25 for pessimistic)

BINARY PROJECTIONS

THRESHOLDS

Sensitivity equals specificity

Maximizes sum of sensitivity and specificity

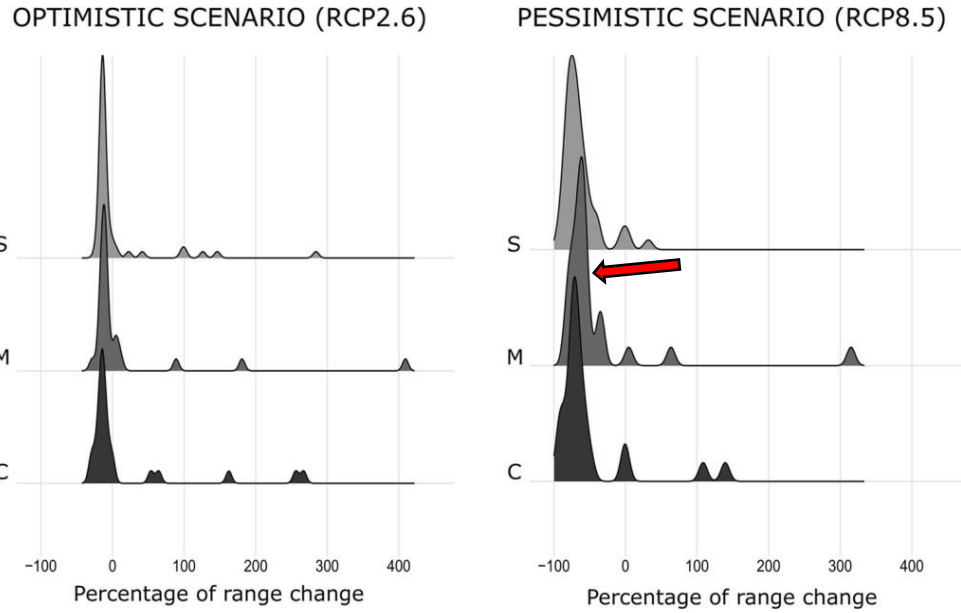
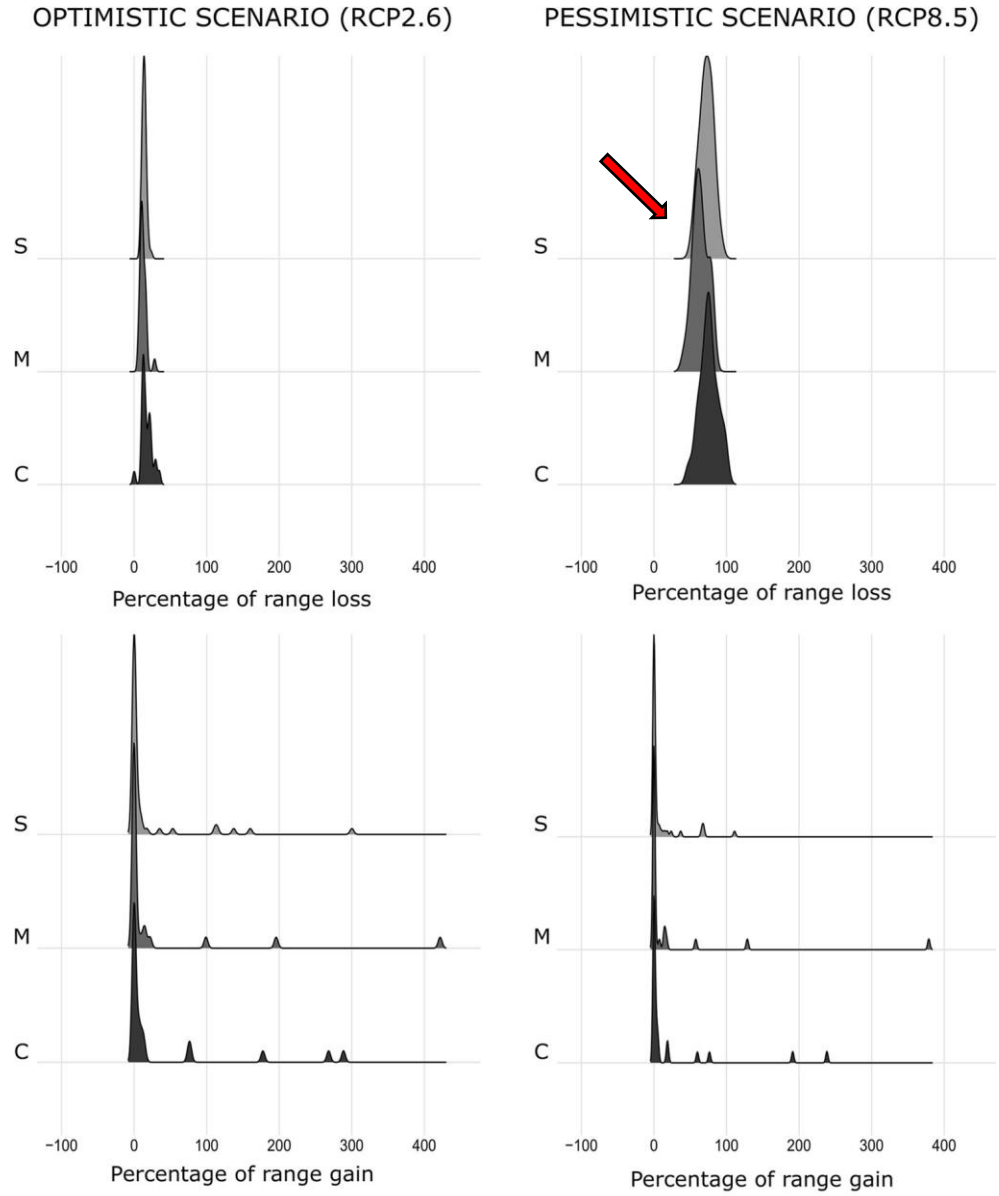
Minimizes the distance between the curve and the upper left corner of ROC plot

N° of binary projections for each taxon

15 for current

150 for future (75 for optimistic, 75 for pessimistic)

The SW Alps



Perdita bassa e variazione leggermente negativa (da 0 a - 20% per la maggior parte delle specie) nello scenario ottimistico, mentre perdita elevata e variazione fortemente negativa (da - 60 a - 80% per la maggior parte delle specie) nello scenario pessimistico.

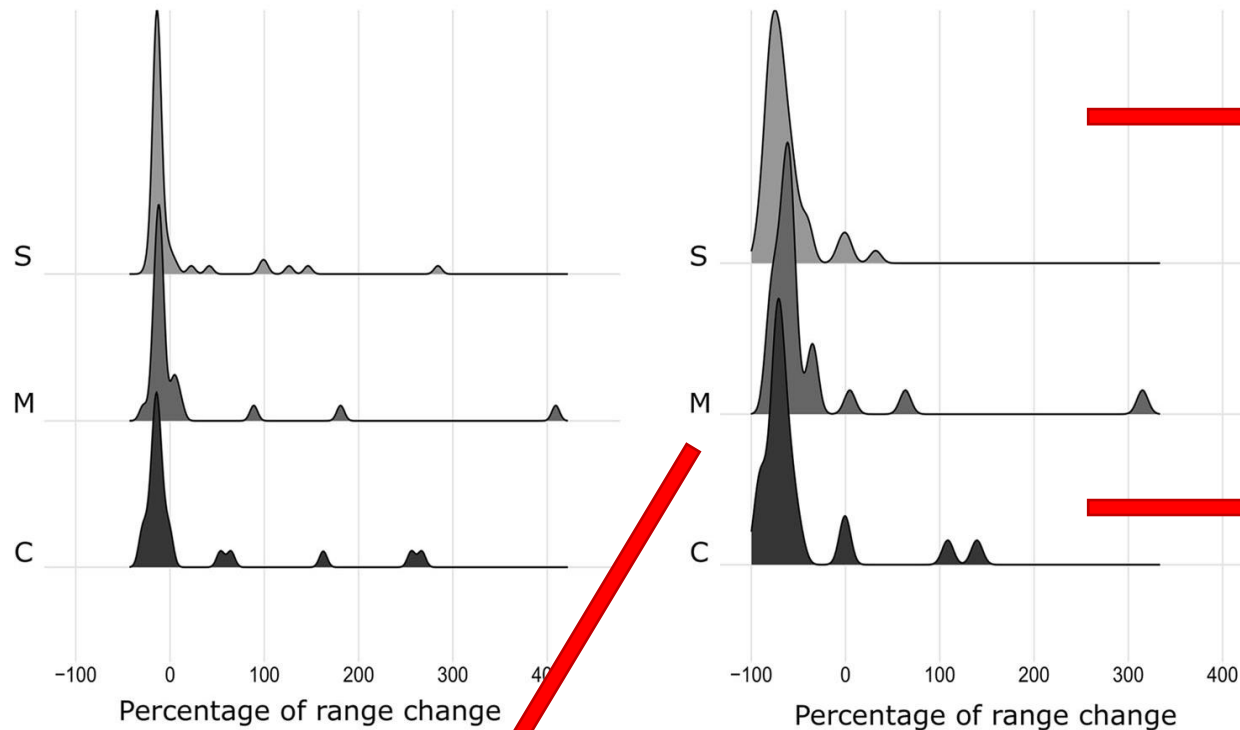
Nessuna differenza tra le tre fasce di vegetazione per quanto riguarda la perdita, la variazione e il guadagno di areale nello scenario ottimistico. Nello scenario pessimistico, le specie montane hanno mostrato una perdita leggermente inferiore e una variazione negativa leggermente inferiore rispetto alle specie collinari e subalpine.

La marcata differenza rilevata tra gli scenari di emissione nella distribuzione delle specie prevista per il 2070 conferma il ruolo cruciale svolto dalla riduzione delle emissioni di CO₂ nei prossimi decenni per assicurare la conservazione complessiva della biodiversità.

Il clima previsto dallo scenario ottimistico dovrebbe rientrare nella variabilità climatica che le specie hanno già sperimentato durante l'Olocene e pertanto le forti contrazioni dell'areale inizieranno probabilmente dopo il 2070.

Anche se si verificheranno forti cambiamenti nella distribuzione delle singole specie, si prevede che poche specie endemiche delle Alpi sudoccidentali si estingueranno. Tuttavia la drastica riduzione dell'areale può favorire l'estinzione delle specie dovuta a eventi stocastici.

Perdita minore nelle montane. Perché?



Non possono più spostarsi verso l'alto ma solo verso nord (se ci riescono).

Più basso è situato l'optimum climatico, più velocemente la specie deve spostarsi verso l'alto.

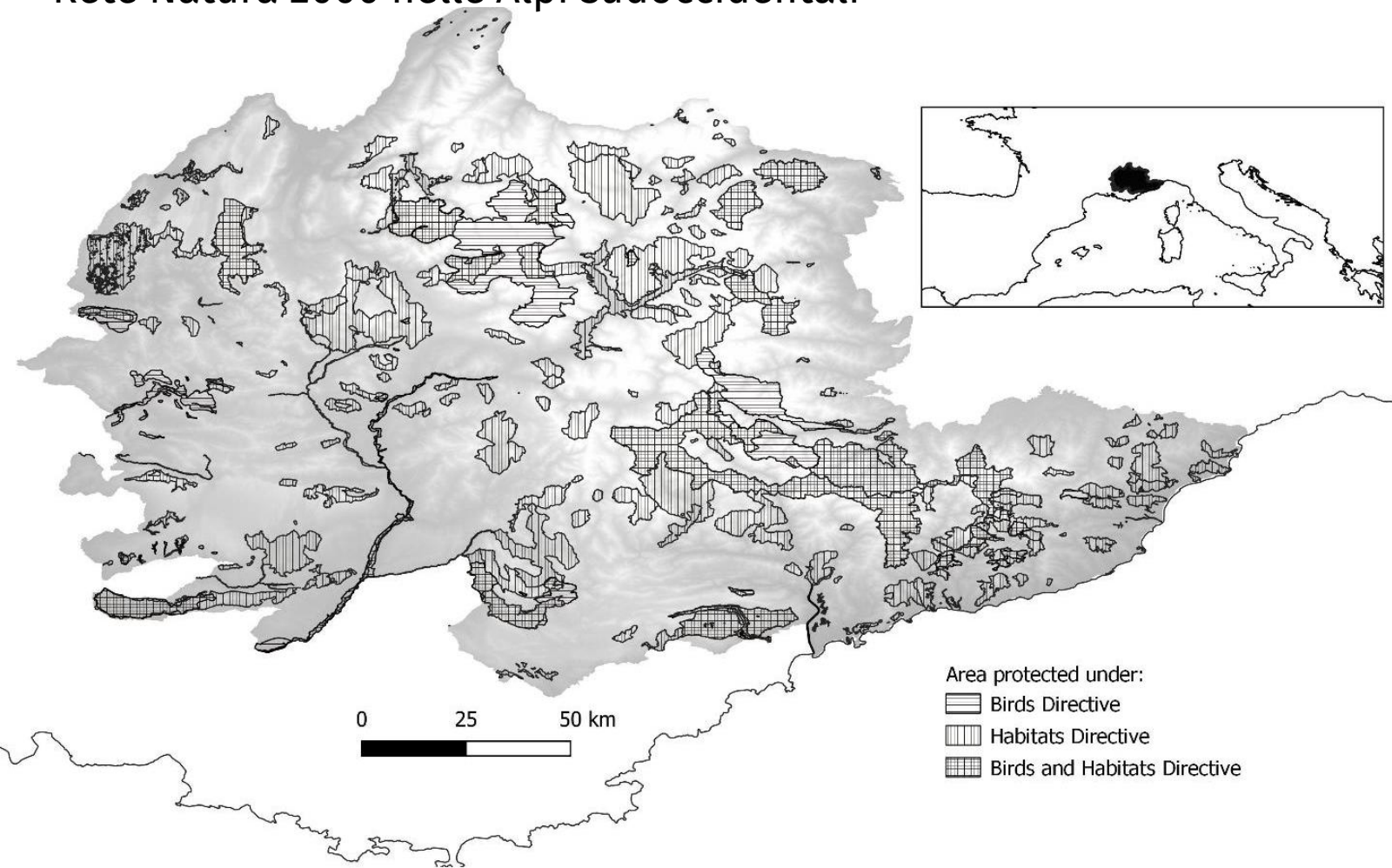
- Nelle montagne del mediterraneo le specie di montagna si trovano in un clima con grandi variazioni stagionali (es. clima meso-mediterraneo, caratterizzato da estati calde e aride e inverno freddo), di conseguenza le condizioni climatiche future probabilmente saranno simile a quelle già provate dalle specie almeno in alcuni periodi dell'anno.
- Maggior possibilità di spostarsi verso l'alto.

In sintesi

- La topografia accidentata e l'eterogeneità ecologica delle Alpi sudoccidentali probabilmente tamponeranno le piante endemiche dai futuri cambiamenti climatici. Tuttavia, capacità di mitigare dipende fortemente dalla capacità di mantenere i cambiamenti climatici entro i limiti già sperimentati dalle specie durante l'Olocene.
- La risposta degli endemismi delle Alpi sudoccidentali ai cambiamenti climatici dipende in larga misura dalla differenza tra il clima attuale in cui le specie crescono e quello futuro.

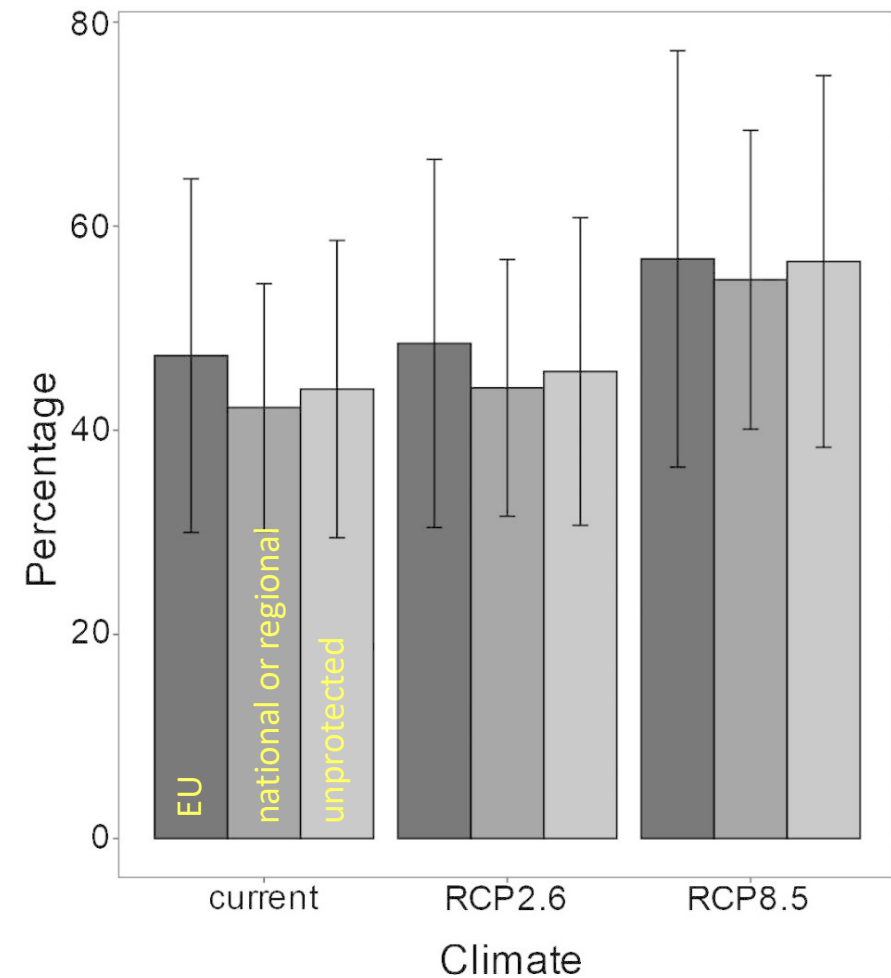
La possibilità di mitigare gli effetti dipende dalla magnitudo degli effetti e quindi dalle nostre scelte

Rete Natura 2000 nelle Alpi sudoccidentali

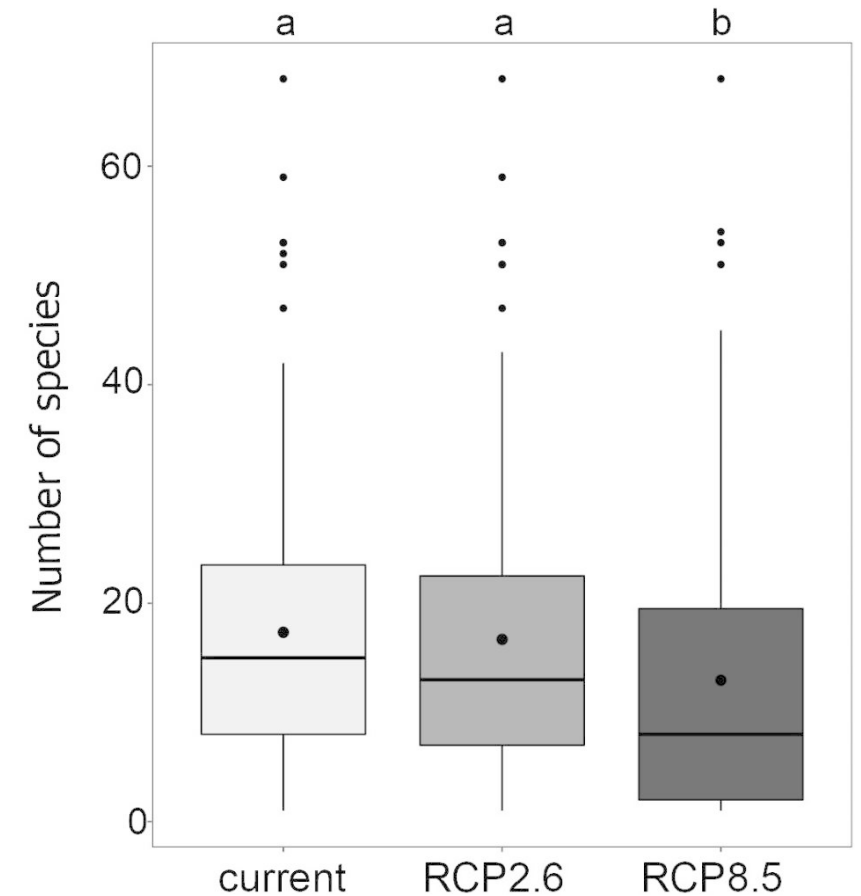


La Rete Natura 2000 copre il 25,47% (8.945 km²) dell'area di studio. In particolare, la rete copre il 26% (~ 6.900 km²) del territorio francese e il 25% (~ 2.050 km²) del territorio italiano. Gli endemismi s.l. sono presenti nel 97,0% dei PA (cioè 161 su 166), che complessivamente coprono meno della metà dell'areale di distribuzione potenziale dei taxa.

Si prevede che il numero di endemismi s.l. presenti nelle PA rimanga costante nell'ipotesi RCP2.6 e che diminuisca nell'ipotesi RCP8.5.

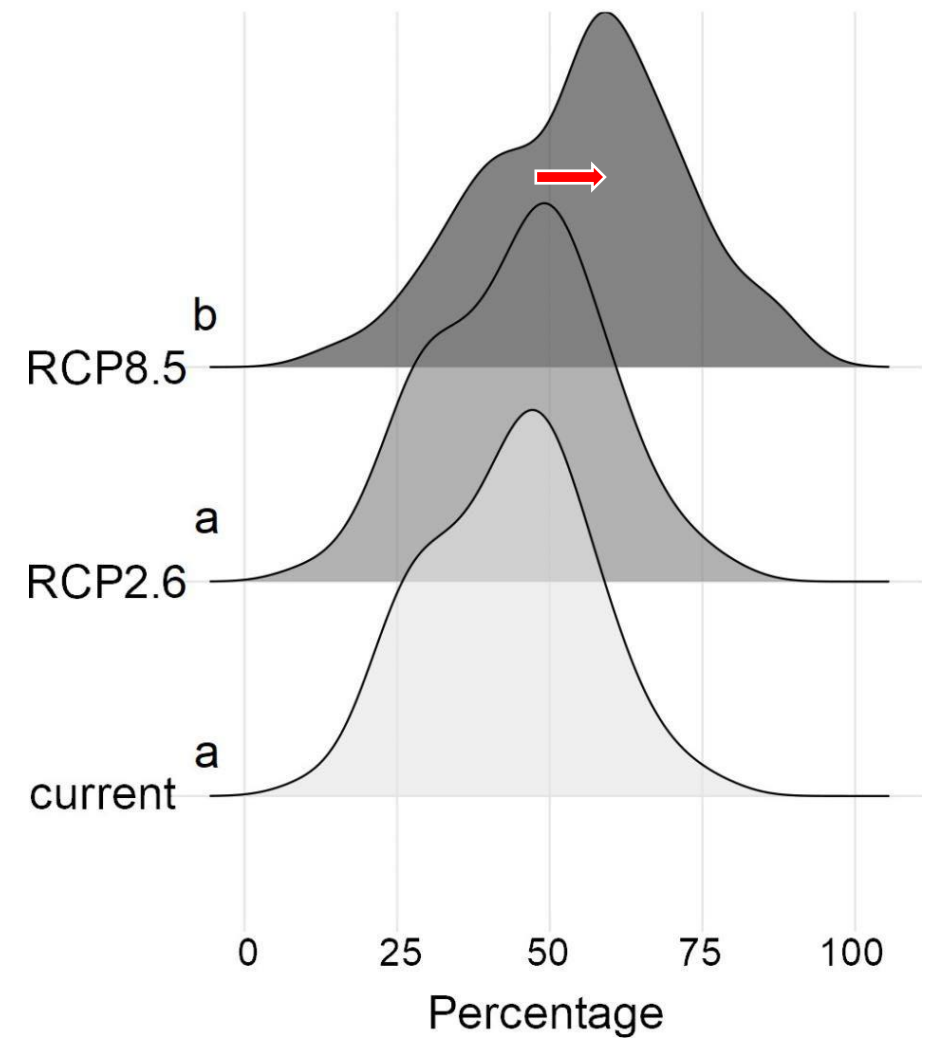
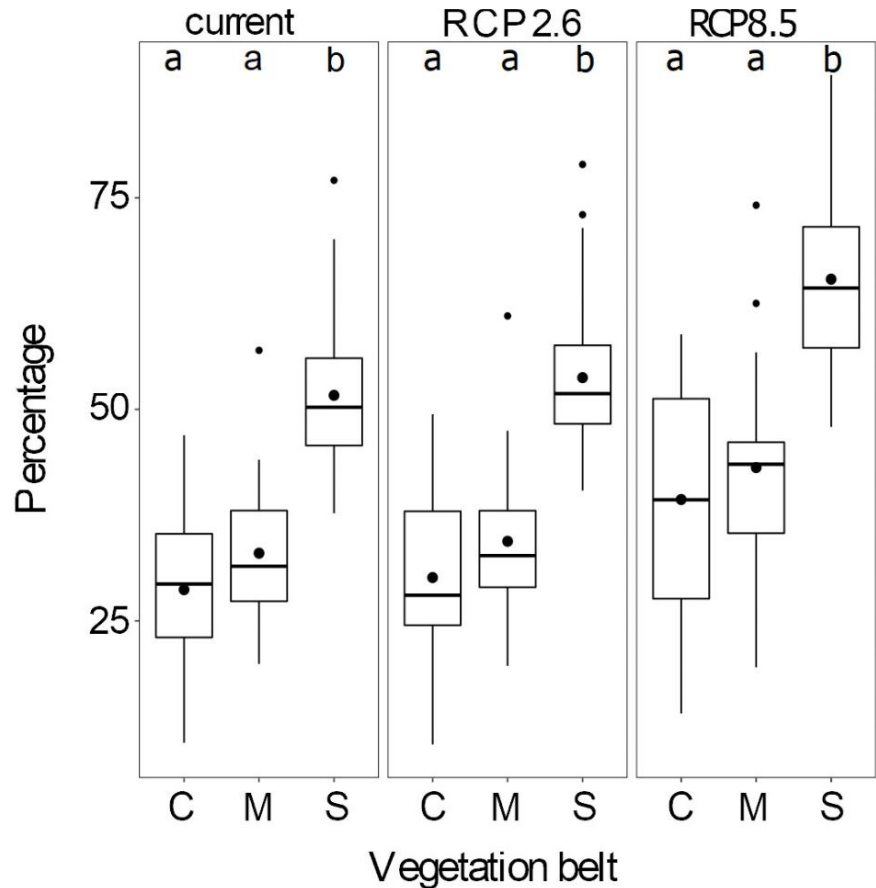


La percentuale dell'areale di distribuzione coperta dalle PA è simile tra i taxa protetti (a livello europeo, nazionale e regionale) e quelli non protetti, sia con il clima attuale sia con quello futuro.



La percentuale di PA che ospitano endemismi s.l. dovrebbe essere leggermente inferiore a quella attuale nell'RCP2.6 (cioè **94,6%**) e si prevede che scenda fino all'**80,7%** nell'RCP8.5.

In tutti i climi, una percentuale maggiore dell'areale distributivo potenziale è coperta da PA nei taxa **subalpini** rispetto a quelli collinari e montani.



La percentuale dell'areale di distribuzione che si prevede rientri nelle PA è simile tra ora e l'RCP2.6. Al contrario, nell'RCP8.5 si prevede un aumento della percentuale di areale all'interno delle PA.

In sintesi

- Le PA ospiteranno un maggior numero di taxa attesi in futuro rispetto a oggi, probabilmente perché si trovano in aree di alta quota ricche di endemismi che sono state aree climaticamente stabili in passato e che probabilmente saranno rifugi per le specie subalpine e aree di migrazione per le specie montane.
- Tuttavia, le PA sono distribuite in modo da coprire scarsamente l'areale previsto per gli endemismi a bassa e media altitudine, che sono minacciati dall'urbanizzazione e dal cambiamento climatico.

Sarebbe utile considerare un'ulteriore protezione alle basse e medie altitudini, considerando la futura idoneità climatica delle specie.



Alpi del Mediterraneo
Alpes de la Méditerranée

KEEP CALM

AND

LOVE

SW ALPS