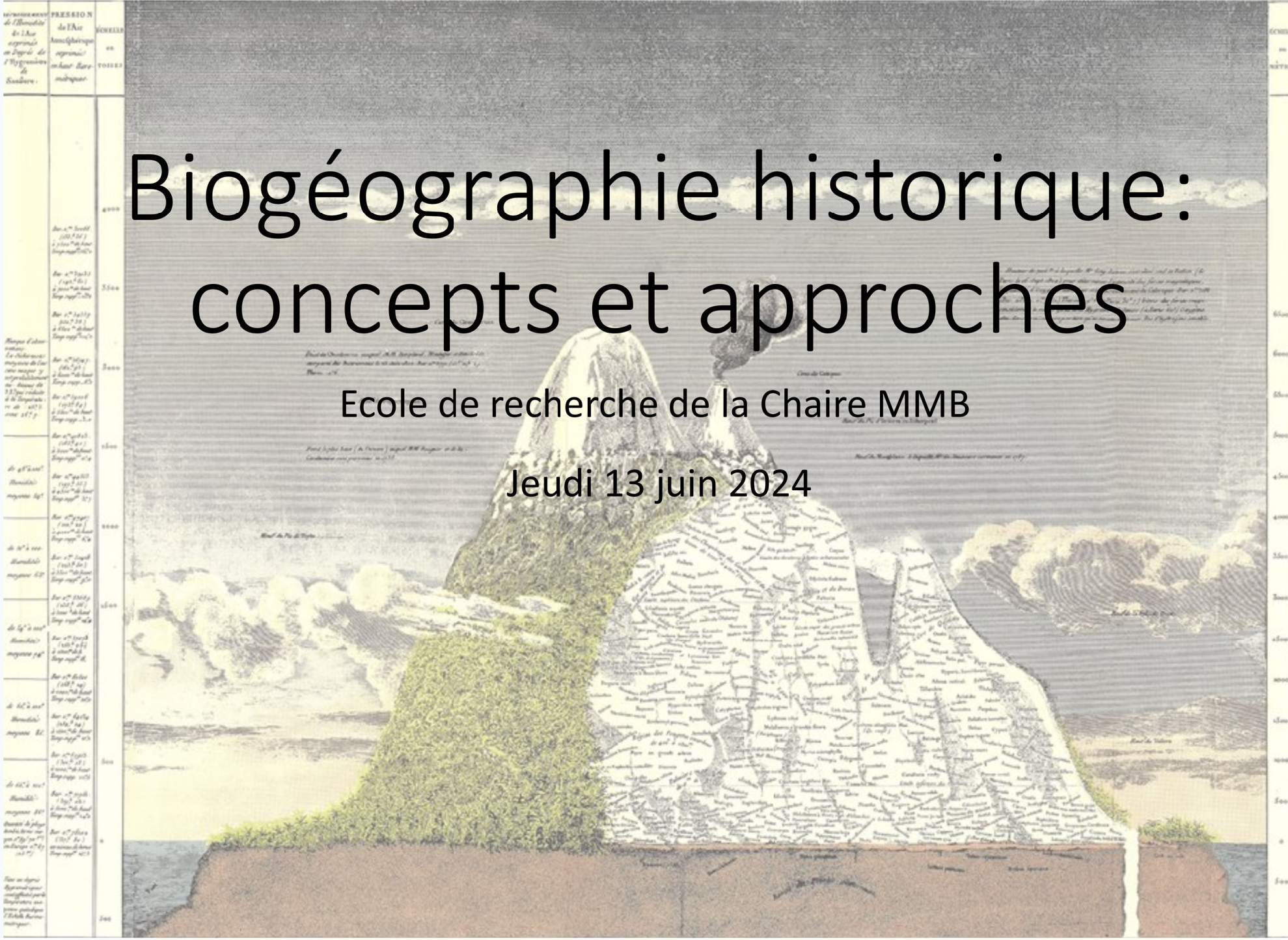


Biogéographie historique: concepts et approches

Ecole de recherche de la Chaire MMB

Jeudi 13 juin 2024

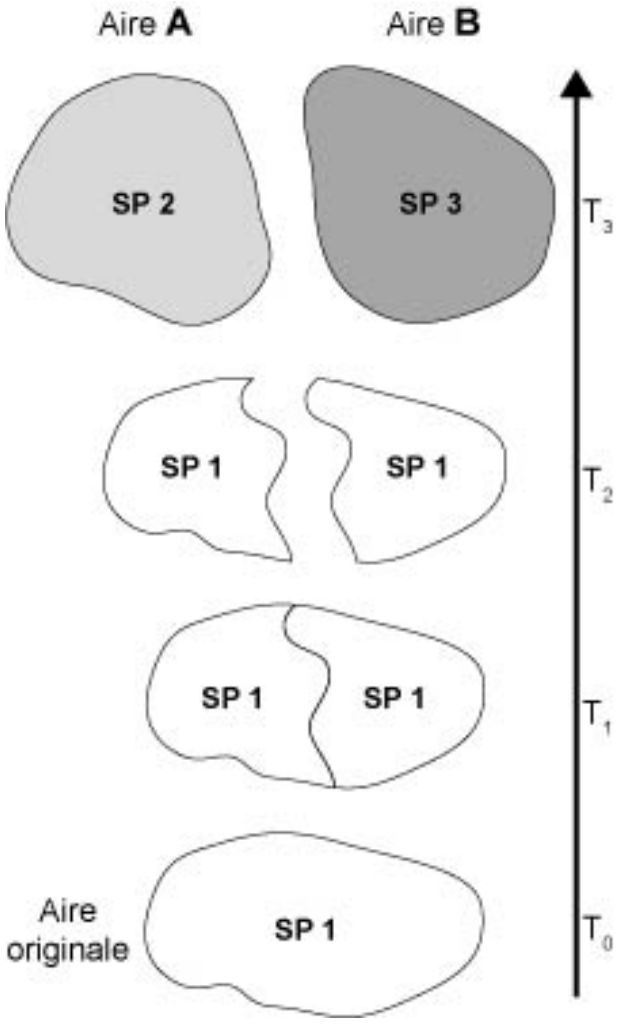
POURQUOI LA BIOGÉOGRAPHIE ?
DEUX RAISONS MAJEURES:

1 - En plus de ses propriétés biologiques intrinsèques, **chaque espèce possède une aire de distribution géographique**.
L'existence des aires de distribution traduit un **isolement reproductif entre les espèces**, donc une absence d'échange génétique qui coïncide avec des barrières.
Ainsi, la distribution géographique des espèces est essentielle aux discours sur les mécanismes de l'évolution.

2 - L'aire de distribution n'est pas un attribut exclusif de l'espèce car elle est partagée avec d'autres espèces qui ont entre elles des relations écologiques qui en permettent l'existence réciproque.
Mais aussi une **histoire biogéographique commune**.

Les distributions biogéographiques des organismes, couplées aux relations phylogénétiques des divers groupes vivants, posent le problème de leur explication à la fois dans le contexte de l'évolution biologique et de l'évolution géologique de la Terre.

Spéciation géographique dite "dichopatriqu

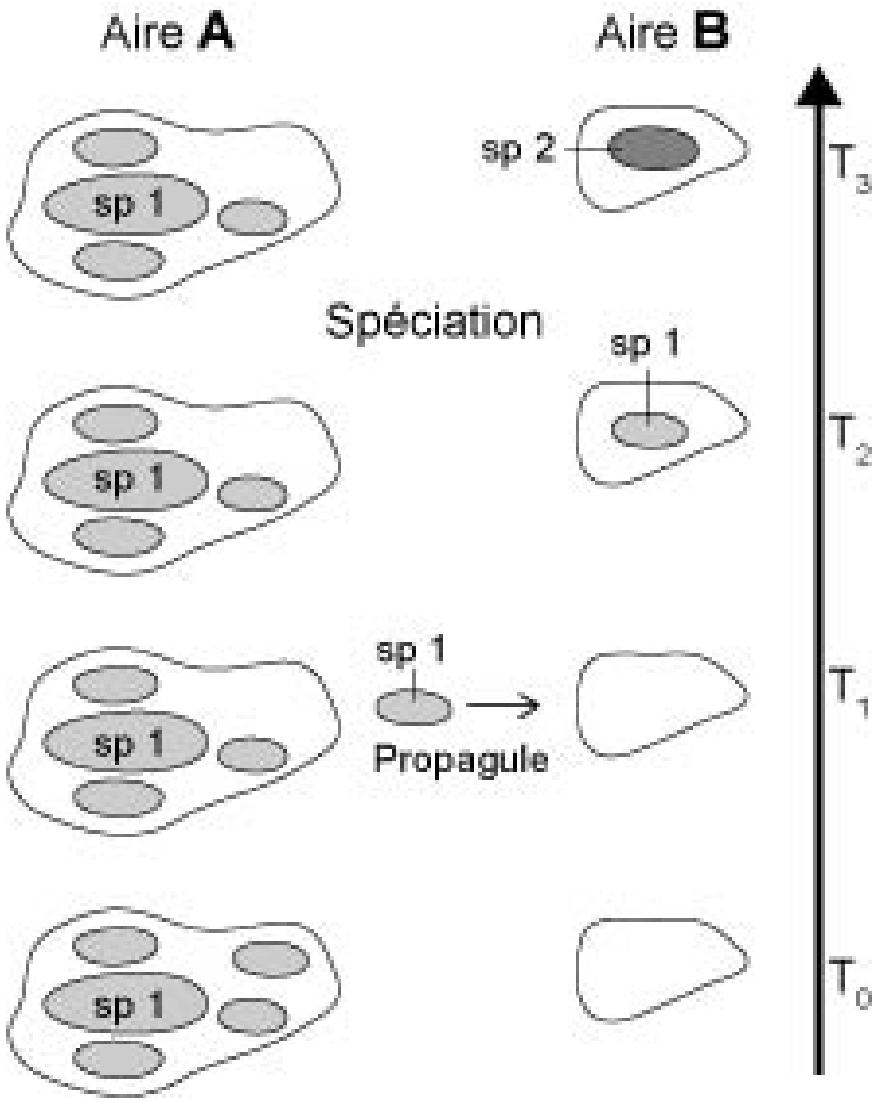


La division de la population originale SP1 à la suite de la formation d'une barrière aboutit à l'isolement reproductif des deux populations.

Au temps T3 nous aurons deux nouvelles espèces, SP2 et SP3, respectivement endémiques à l'aire A et à l'aire B.

Ce modèle correspond à la **vicariance**.
Il faut noter que les populations sont passives par rapport à l'événement qui les subdivisera en les isolant.

Spéciation géographique dite "péripatric



Ce type de spéciation allopatrique se réalise à travers la dispersion d'une fraction (propagule) de la population originale de sp1 de l'aire A vers l'aire B. Après l'installation dans l'aire B, la population de sp1 restera isolée et les échanges avec les populations de l'aire A sont interrompus.

La spéciation se produit et à la fin on aura encore deux espèces endémiques.

Il faut noter que dans ce modèle, qui correspond à l'idée de la **dispersion à partir d'un "centre d'origine"**, la propagule franchit activement une barrière mais dans un seul sens.

Les principaux types de distribution biogéographique

Les **distributions endémiques** sont celles des taxons dont la répartition géographique est e
d'une aire géographique donnée. Cosmopolites sont les taxons ayant une distribution globale.

On parle aussi de **biota endémique**. Un biota est l'ensemble de **tous** les organismes vivant dans ur
géographique et qui ont une **histoire commune d'événements évolutifs qui se sont produits dar
en question.**

Le terme de **distribution disjointe** (ou endémisme disjoint) identifie la distribution géographi
groupe d'espèces apparentées, par exemple deux espèces d'un même genre, occupant d
géographiques séparées.

Les limites des **biotas** correspondent à des barrières naturelles relativement "récentes" qui n'ex
que partiellement les distributions biotiques et ne montrent pas les relations historiques entre
d'endémisme.

Régionalisation biogéographique

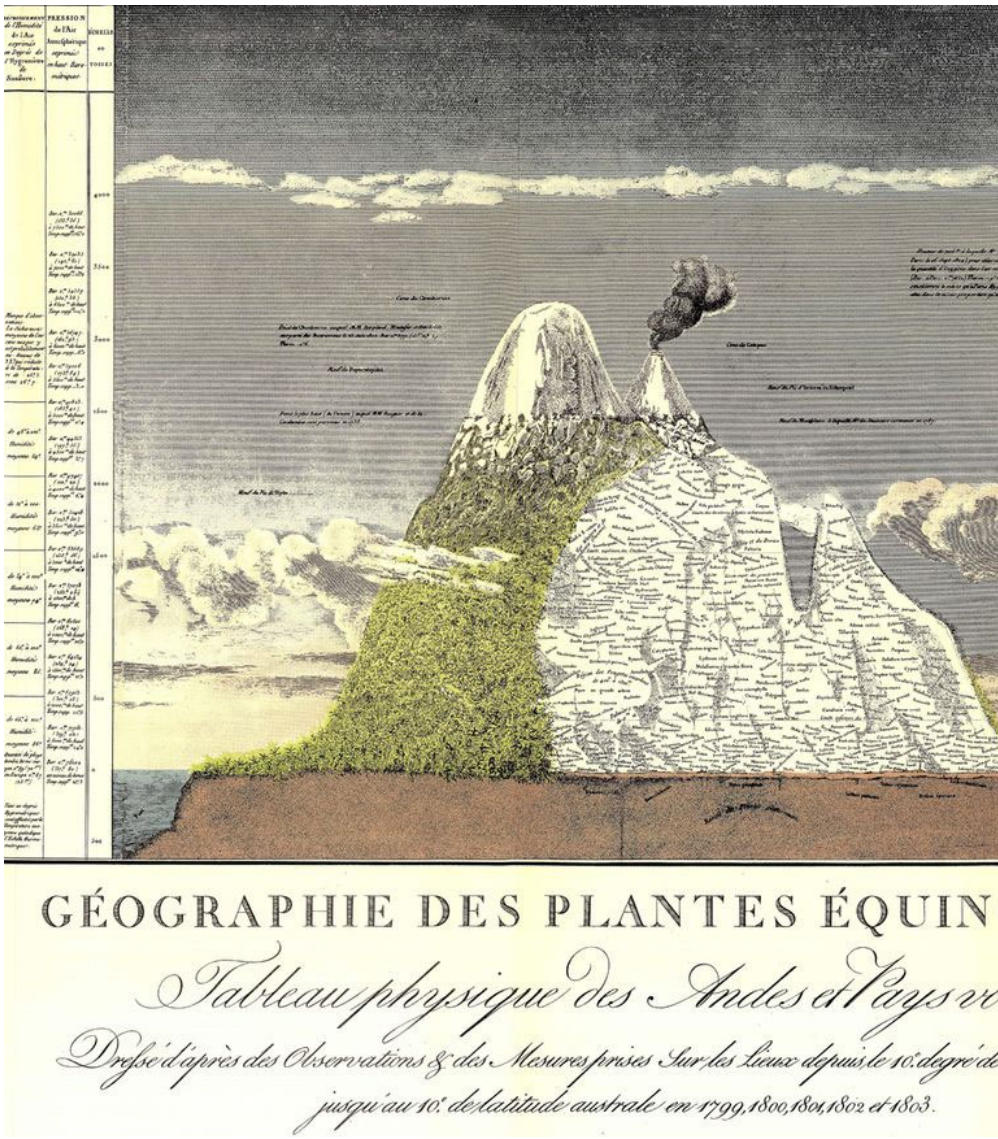
- Phytogéographie

de Humboldt and Bonpland (1805) ,
Essai sur la géographie des plantes

de Humboldt (1769-1859) est à la fois naturaliste, géographe et explorateur. Ses premiers travaux le mènent vers la zoologie, mais surtout la botanique.

Il s'intéresse aux processus de localisation, de répartition et de déplacement des espèces.

Grand voyageur, il se lance dans de longues expéditions naturalistes. Ainsi, il parcourt entre 1799 et 1804, en compagnie du botaniste Aimé Bonpland, les Amériques et les Antilles.

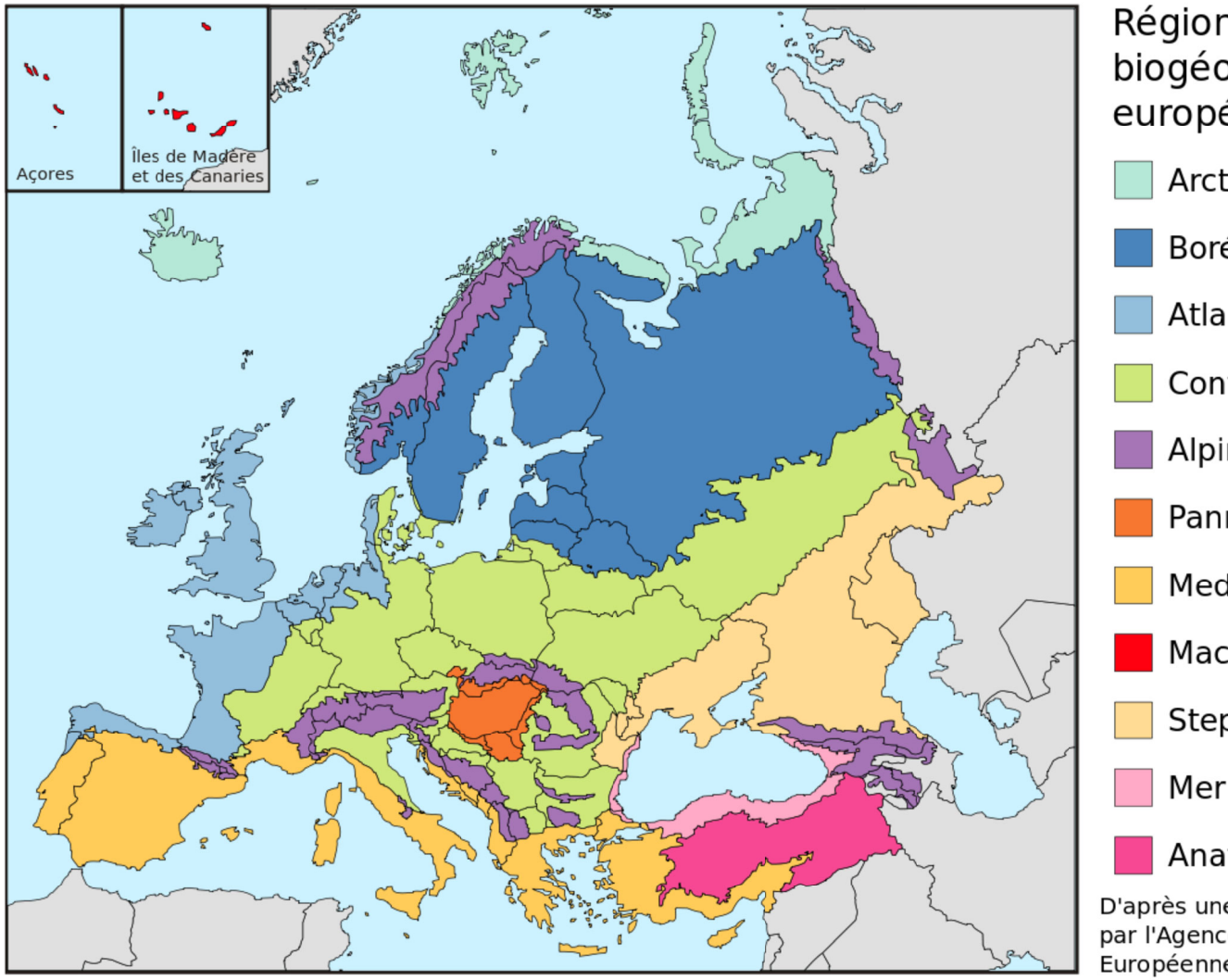


Régionalisation biogéographique

- Phytogéographie

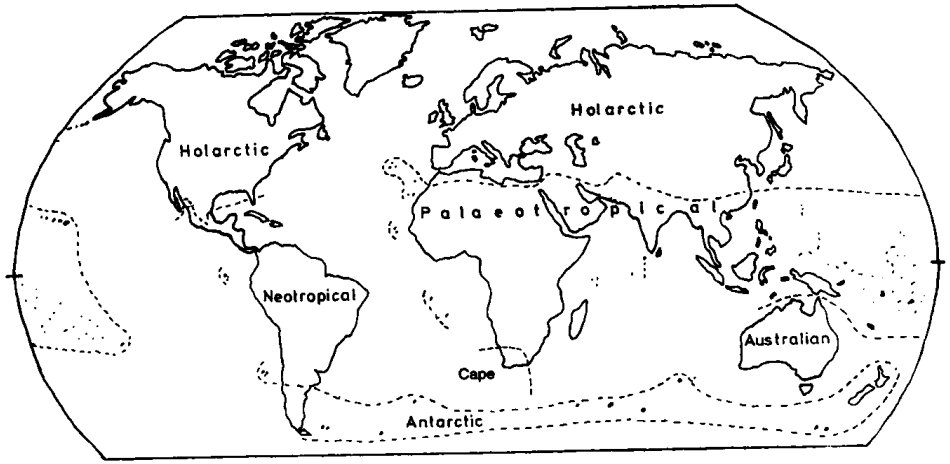
De Candolle (1820) définit 20 régions botaniques

Actuellement on distingue en Europe six grandes zones biogéographiques : atlantique, continentale, méditerranéenne, alpine, macaronésienne et boréale.

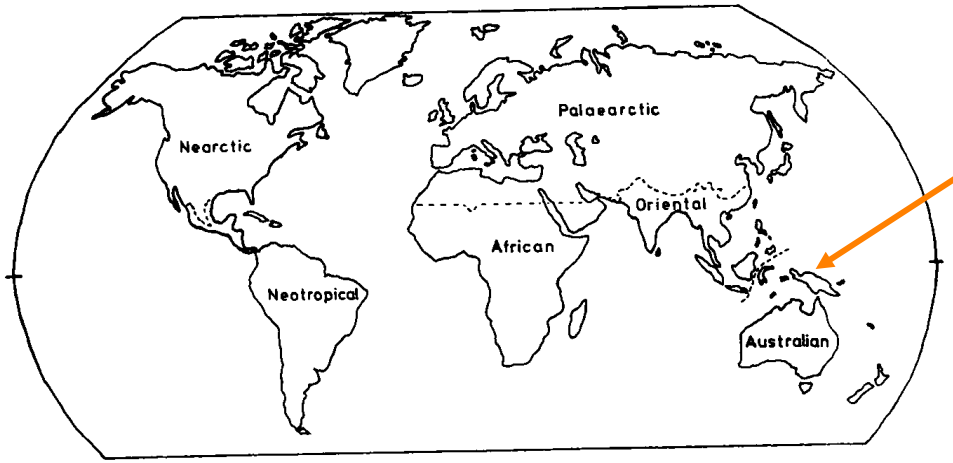


Régionalisation biogéographique

- Régions zoogéographiques



Unités définies en fonction de l'endémisme des flores.



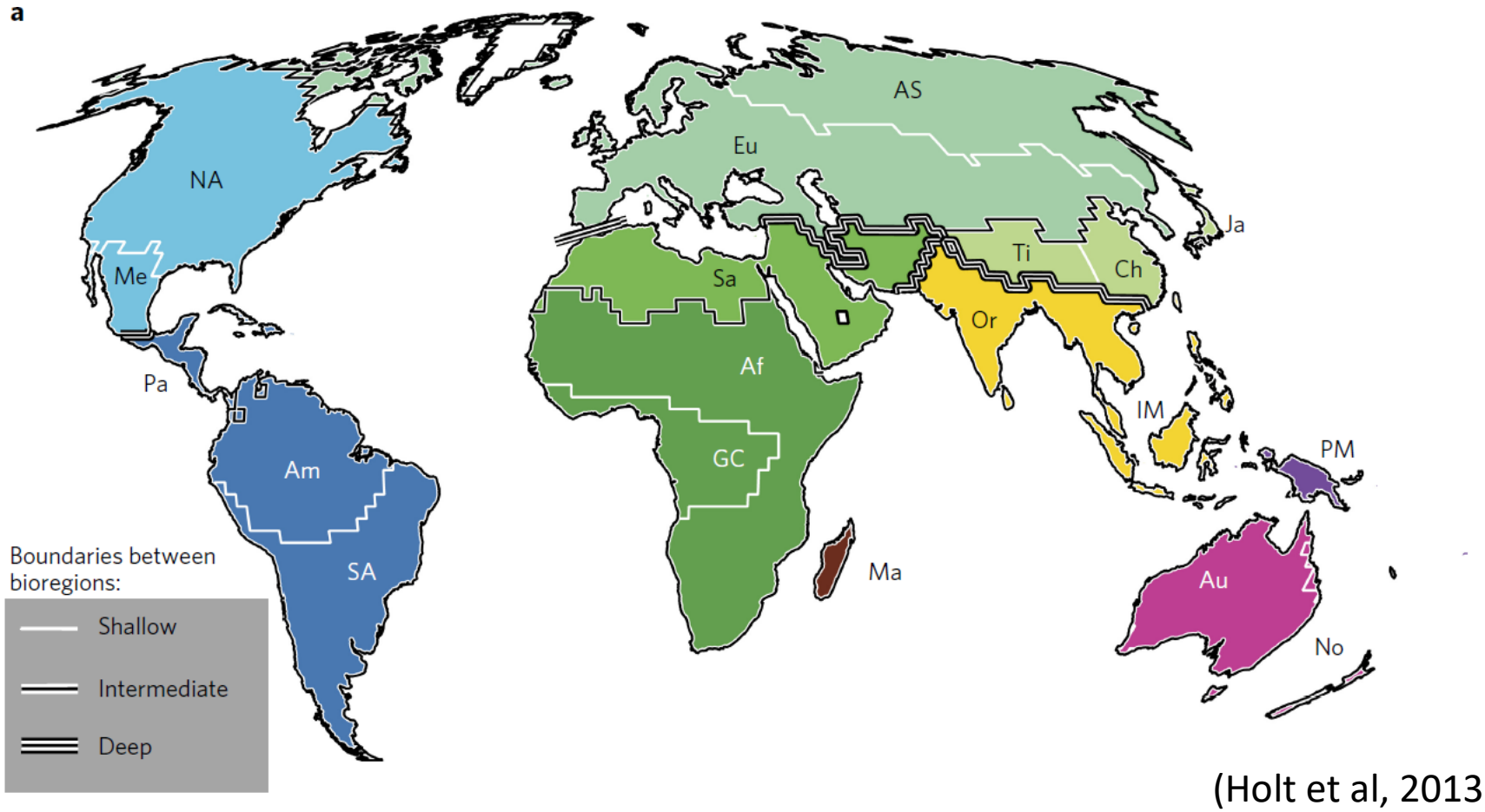
Ligne de Wallace

Unités définies sur la base de faunes endémiques

d'après Cox, 2001

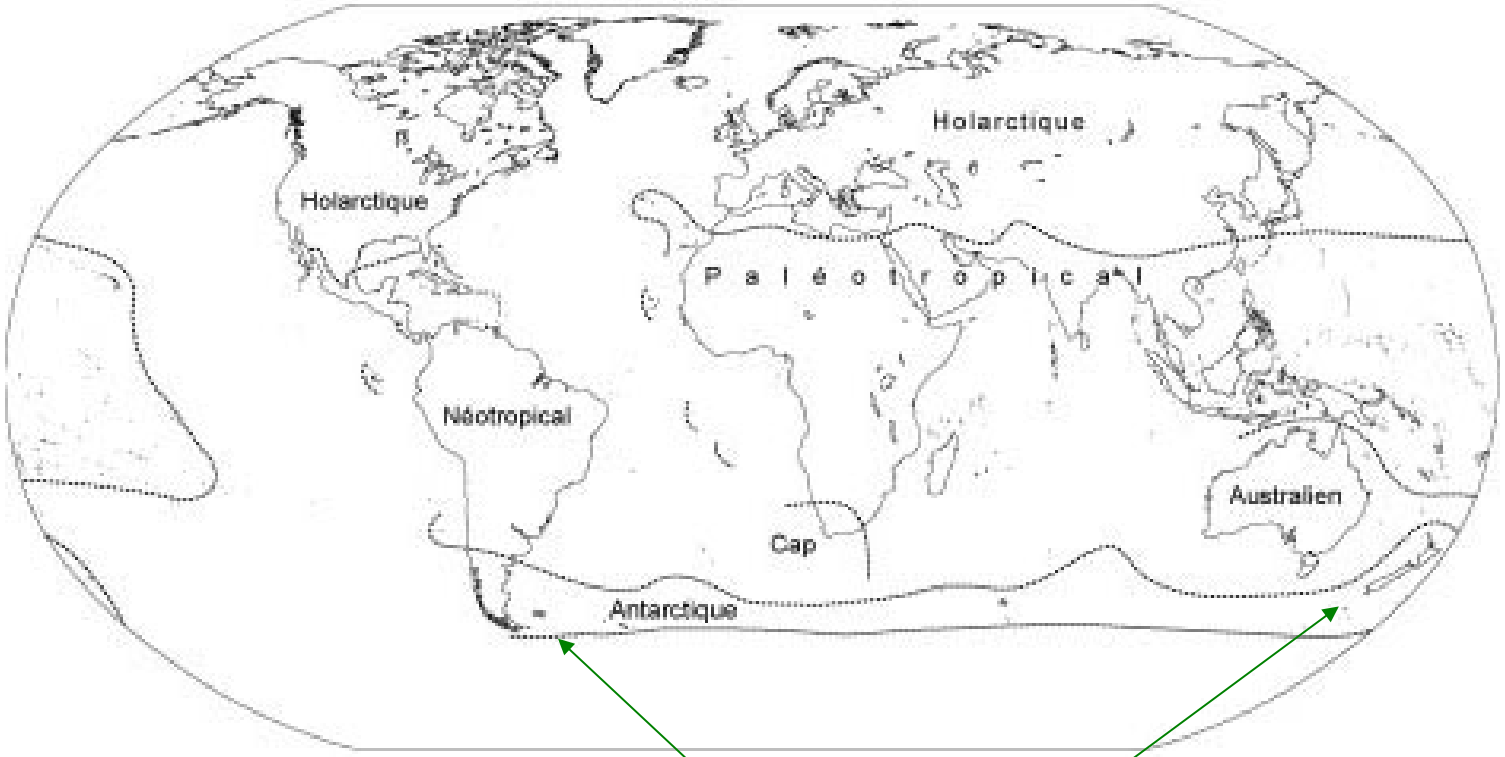
Régionalisation biogéographique

- Régions zoogéographiques



(Holt et al, 2013; Ficetola et

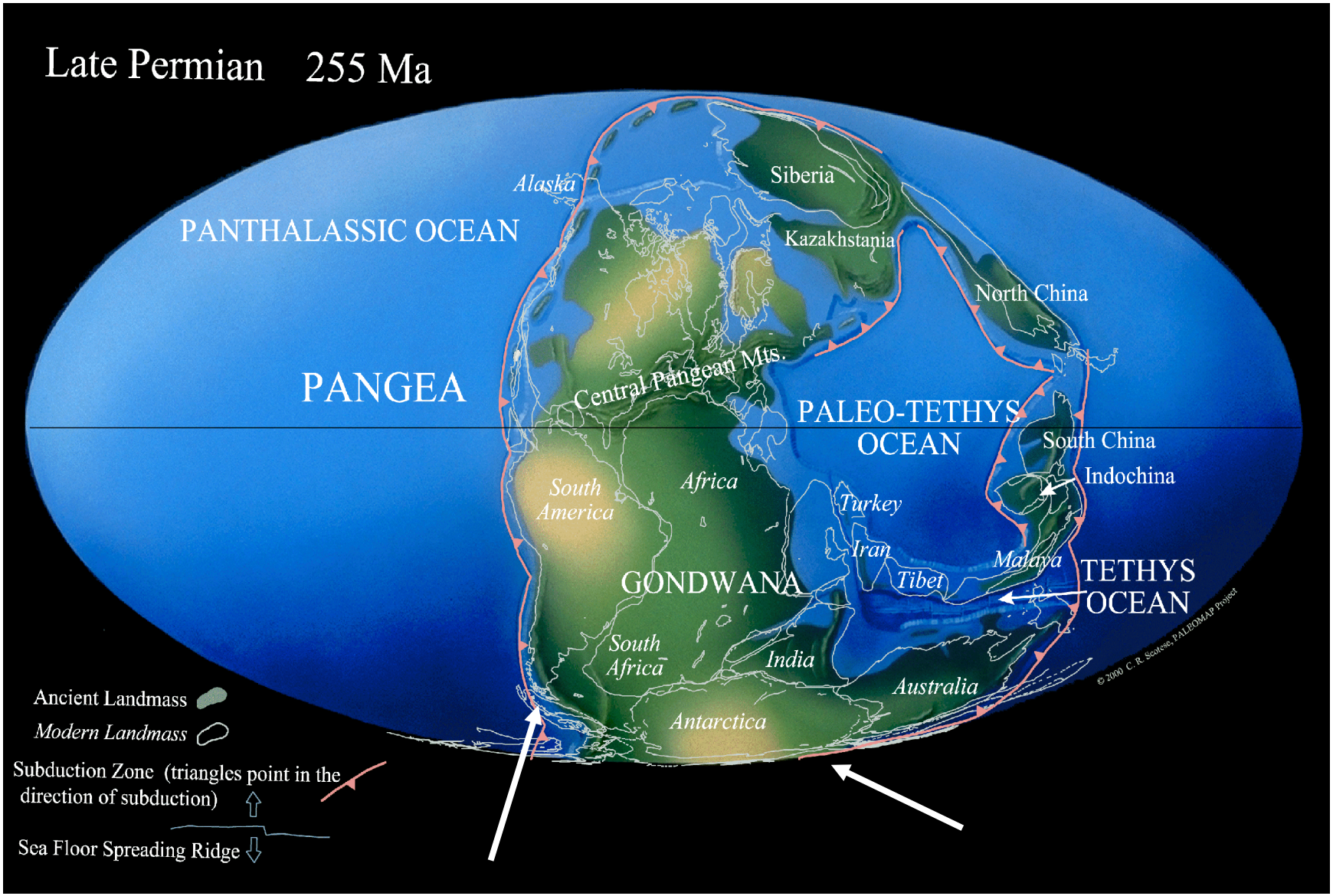
Distribution disjointe:
les flores de la Région Antarctique



Ces flores endémiques sont pourtant séparées par un océan. Pourquoi?

Le caractère disjoint est remarquable et reflète la fracturation de la Pangée.

La Pangée


Late Permian 255 Ma
PANTHALASSIC OCEAN
PANGEA
Alaska
Siberia
Kazakhstania
North China
Central Pangean Mts.
PALEO-TETHYS OCEAN
South China
Indochina
South America
Africa
Turkey
Iran
Tibet
Malaya
GONDWANA
TETHYS OCEAN
South Africa
India
Australia
Antarctica
Ancient Landmass
Modern Landmass
Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)
Sea Floor Spreading Ridge
© 2000 C. R. Scotese, PALEOMAP Project

La ligne de Wallace

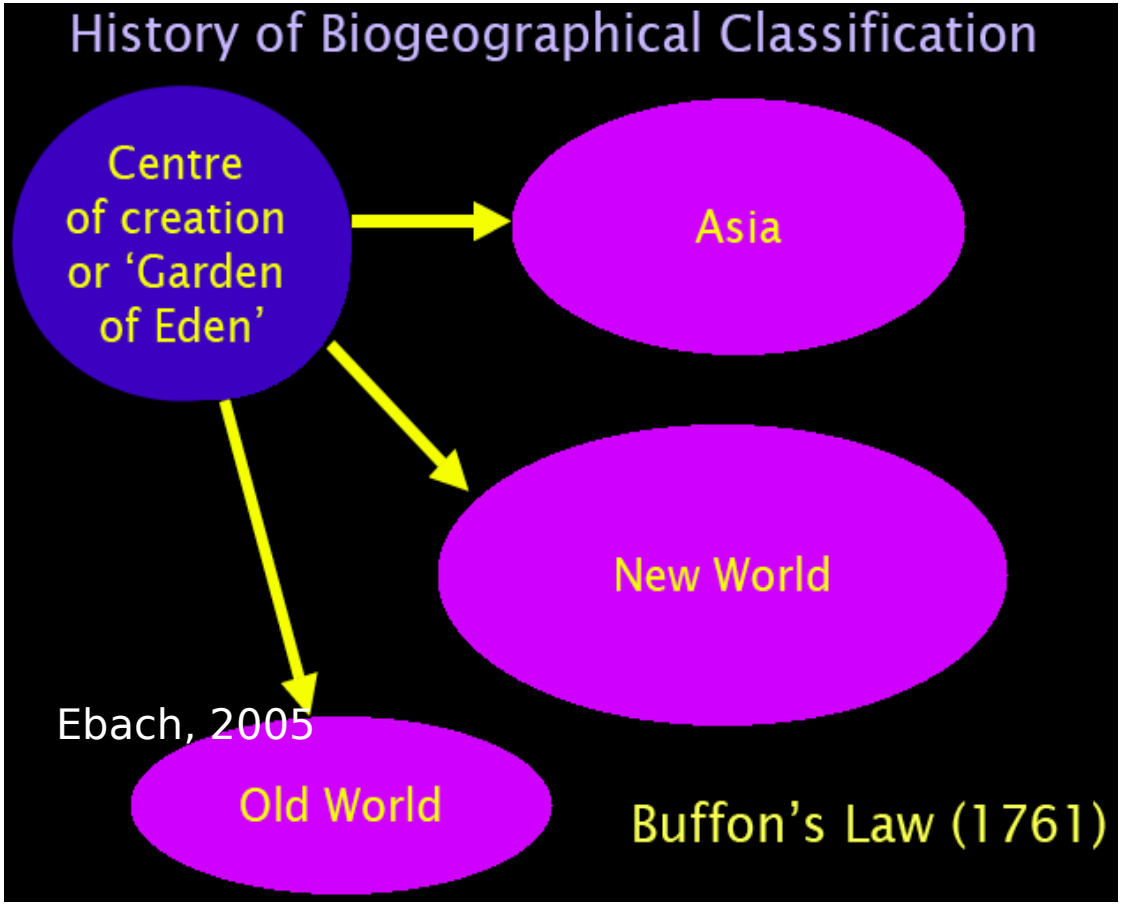
Cette ligne n'est pas une discontinuité biogéographique vaste et visible comme d'autres limites entre provinces. C'est la signature d'une ancienne barrière qui n'a pas laissé une trace facilement interprétable.

située en zone de collision entre le SE de l'Asie et le bloc Australie-Nouvelle Guinée.

Les aires géographiques ont évolué au cours des temps géologiques et ont gardé une "signature" biogéographique qui se traduit par une discontinuité avec les biotas géographiquement proches, **en dépit** des barrières que l'on observe aujourd'hui.

L'explication dispersaliste

Depuis le début des idées évolutionnistes, les divers auteurs ont imaginé des mécanismes pour expliquer les distributions.



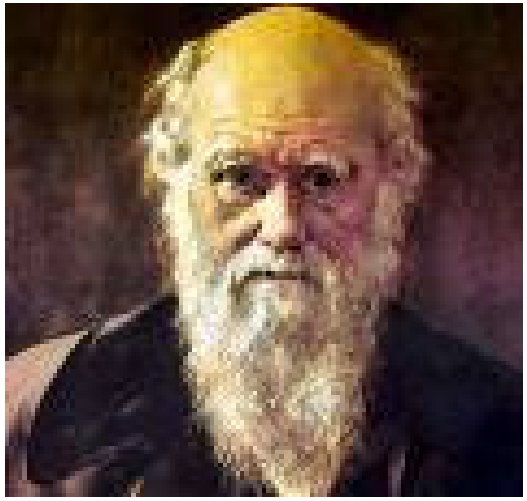
Buffon (1761) classifia le monde en «Vieux Monde» et «Nouveau Monde», dont les biotas provenaient d'un «Centre de Création».

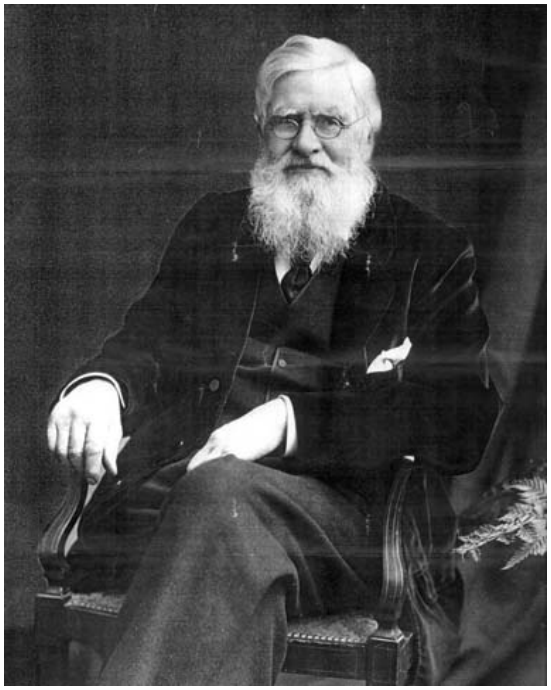
Cette idée fut soutenue par les évolutionnistes.

Il y a une analogie avec les modèles actuels de dispersion.

En 1859 Darwin ne pouvait pas croire à la mobilité continentale

Ces idées furent reprises par Darwin et Wallace

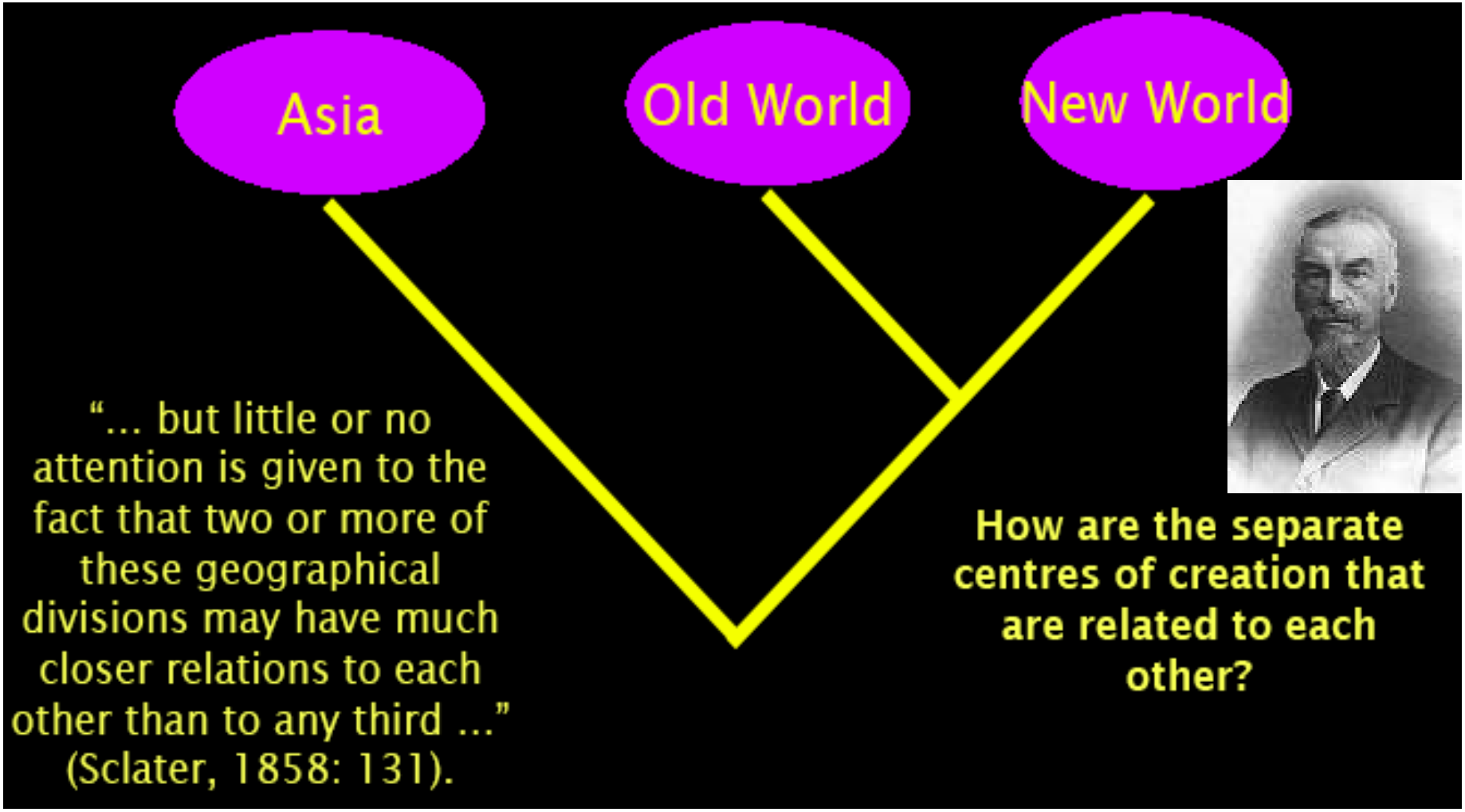




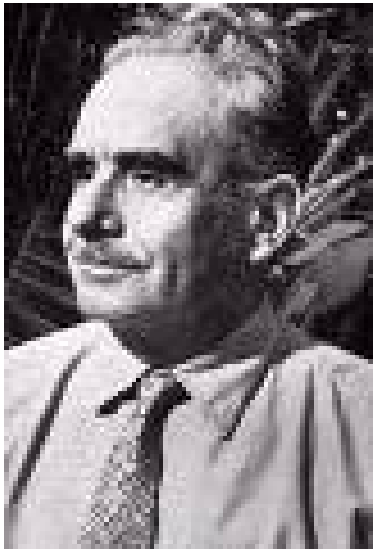
It is obvious that the individuals of the same species….must have proceeded from ***one spot***, where their parents were first produced……Undoubtedly there are many cases of **extreme difficulty in understanding how the same species could possibly have migrated from some *one point*** to the several distant and isolated points, where now found. Nevertheless the ***simplicity of the view*** that each species ***was first produced within a single region captivates the mind***. He who rejects it, rejects the vera causa of ordinary generation with subsequent migration, and calls in the agency of a miracle.

(Darwin, 1859, p. 352)

En 1858 Philip L. Sclater (1829–1913) posa le problème des relations entre les biotas.



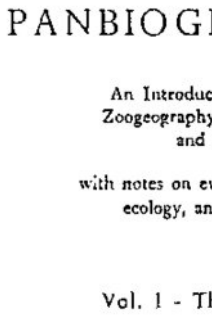
La vicariance



Léon Croizat (1894-1982)

Le concept de vicariance s'oppose à la théorie de la dispersion et considère que les distributions géographiques des organismes peuvent être expliquées par la la subdivision d'un biota ancestral cosmopolite en biotas dérivés et géographiquement disjoints par subdivision d'une aire géographique initiale à travers la mise en place de barrières.

La reconnaissance des vicariances est basée sur les distributions disjointes et Léon Croizat a ainsi démontré la dérive continentale avant la démonstration géophysique de l'expansion des fonds océaniques.


PANBIOG

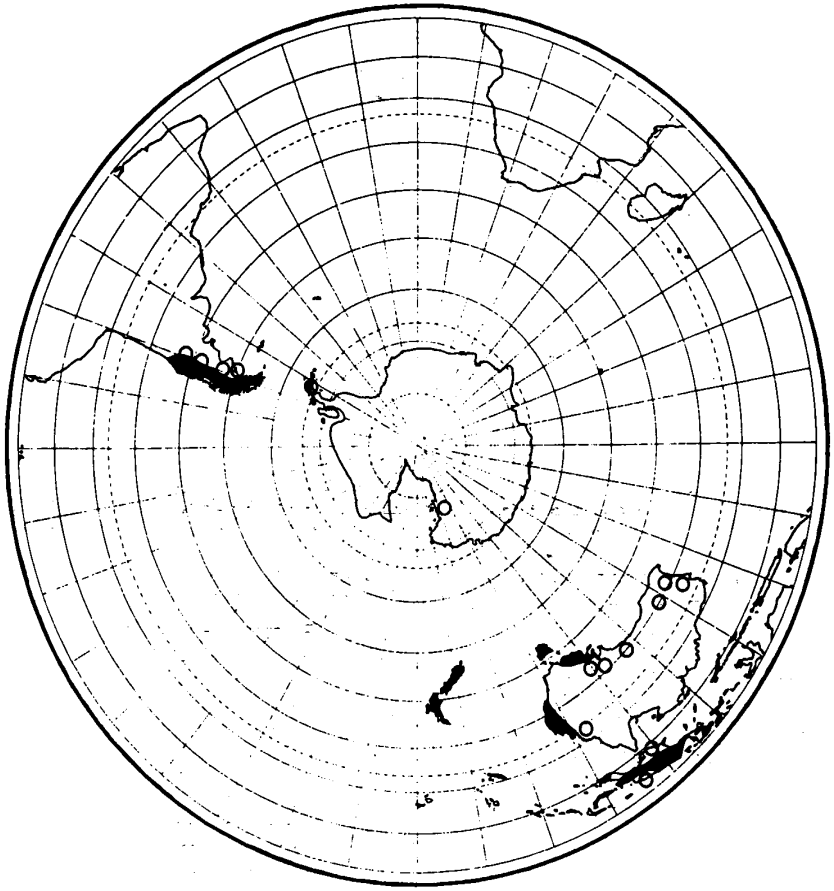
An Introduc
Zoogeography
and

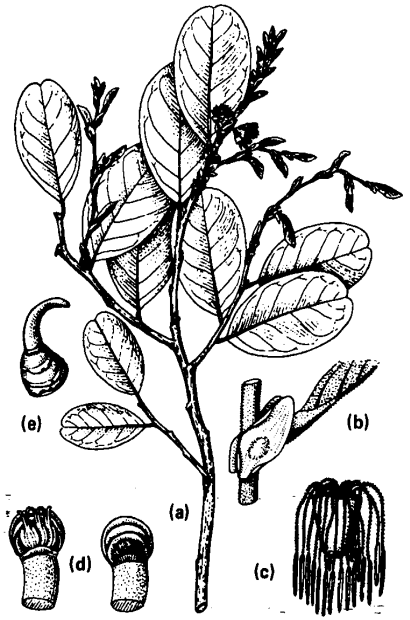
with notes on e
ecology, an

Vol. I - T

L'exemple classique est celui de l'éclatement de la Pangée à partir du Trias supérieur résultant en l'identification des masses continentales et des biotas que l'on connaît actuellement.

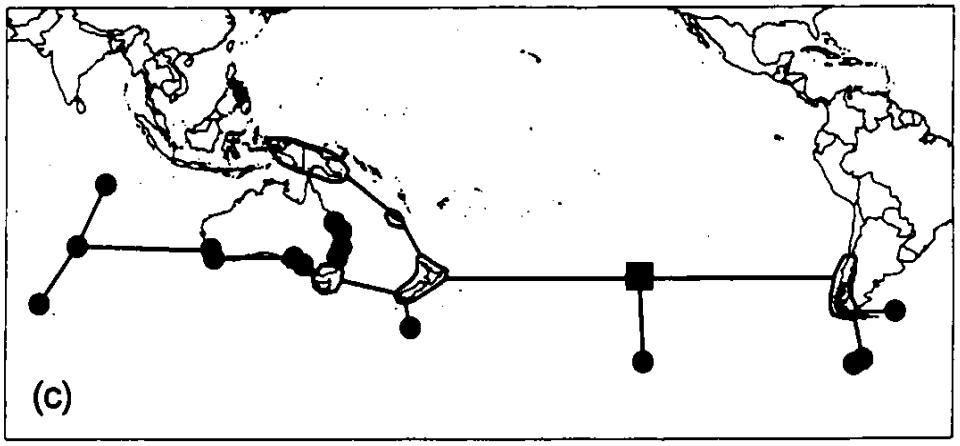
Nothofagus





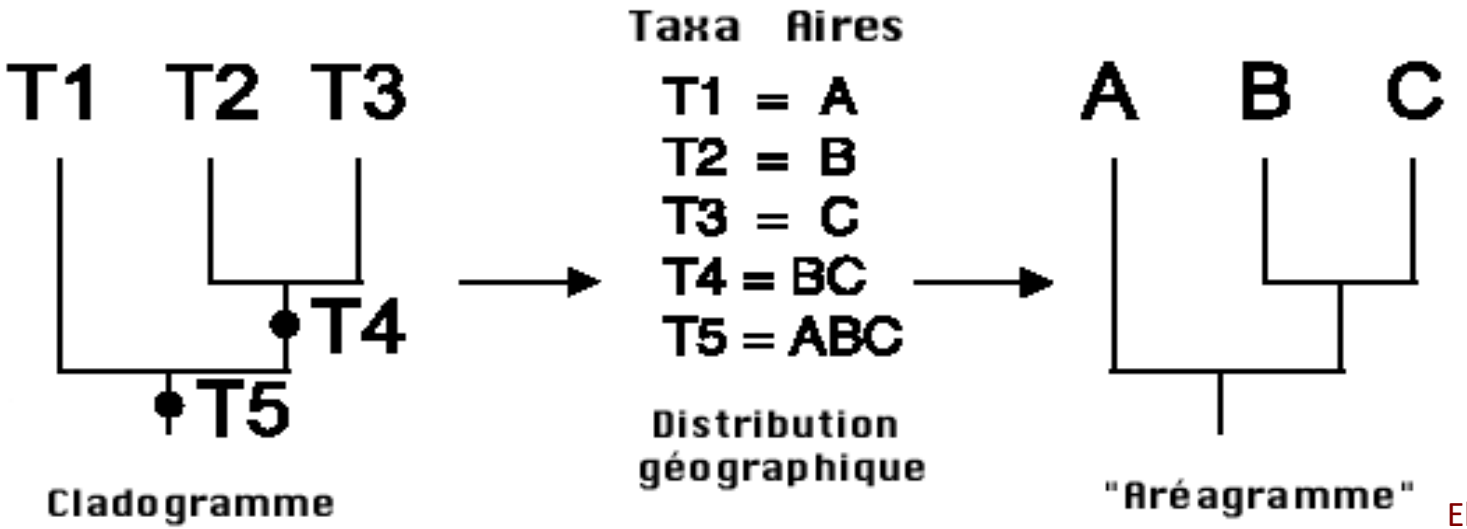
Cercles blancs: fossiles
En noir: formes vivantes

Figures tirées de Humphries & Parenti, 1986



Carte panbiogéographique (Croizat, 1962-1964)

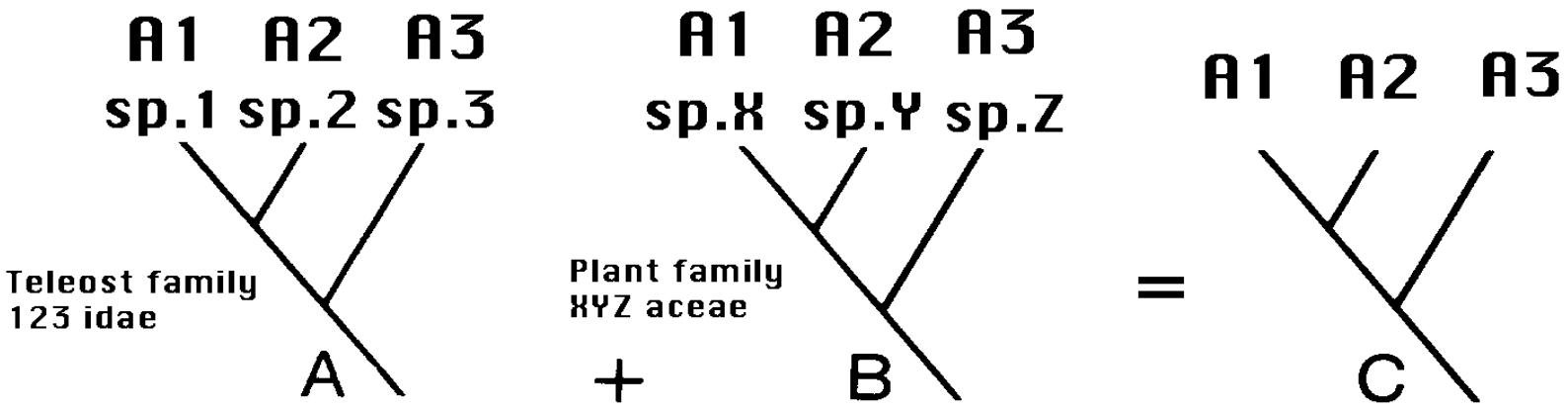
Le principe de la biogéographie cladistique



Ebach et al., 2003

- La subdivision de l'aire "ancestrale" "A+B+C" en deux portions "A" et "B+C" est congruente avec la distribution géographique de T_1, endémique à l'aire A et de T_4, endémique à "B+C". Une séparation ultérieure de "B+C" en deux aires distinctes, B et C, est congruente avec la distribution endémique à ces deux aires de T_2 et T_3 respectivement.
- La vicariance explique parfaitement ce pattern. La distribution "cosmopolite" du taxon basal T_5 est incompatible avec l'idée de la dispersion.

La notion de congruence

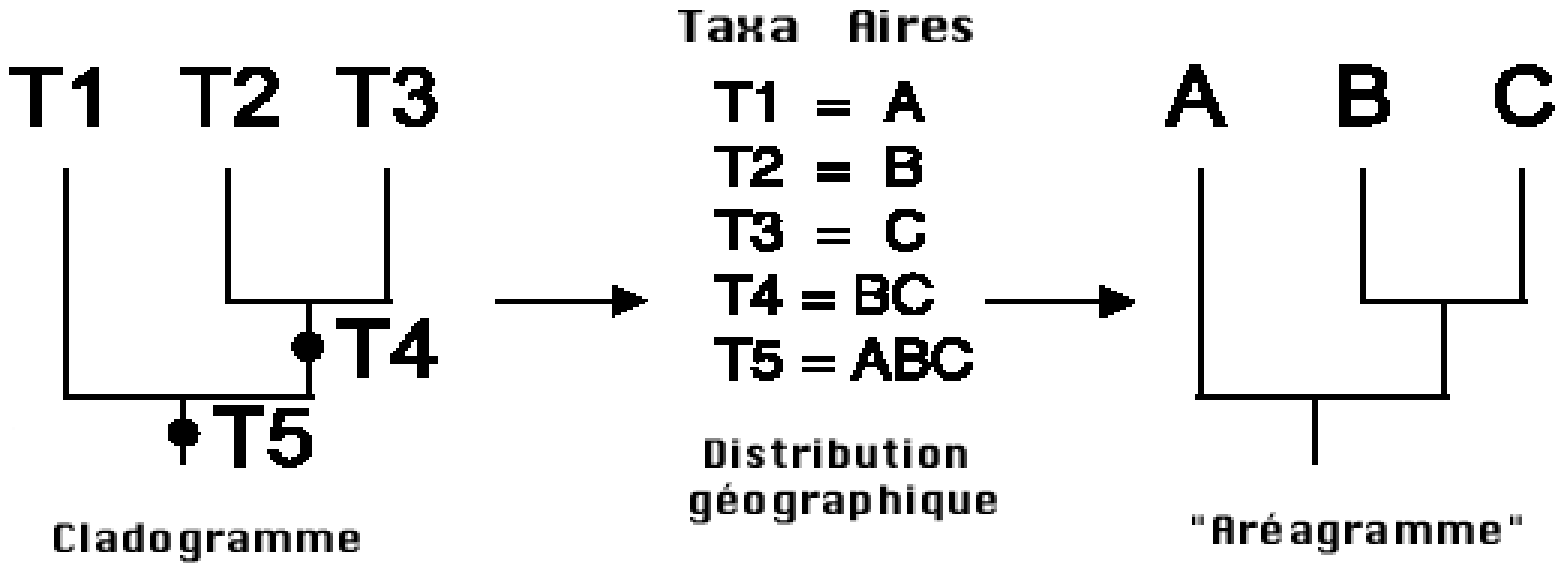


Aréagramme C basé sur les relations phylétiques (A et B)

d'après Grande, 1985

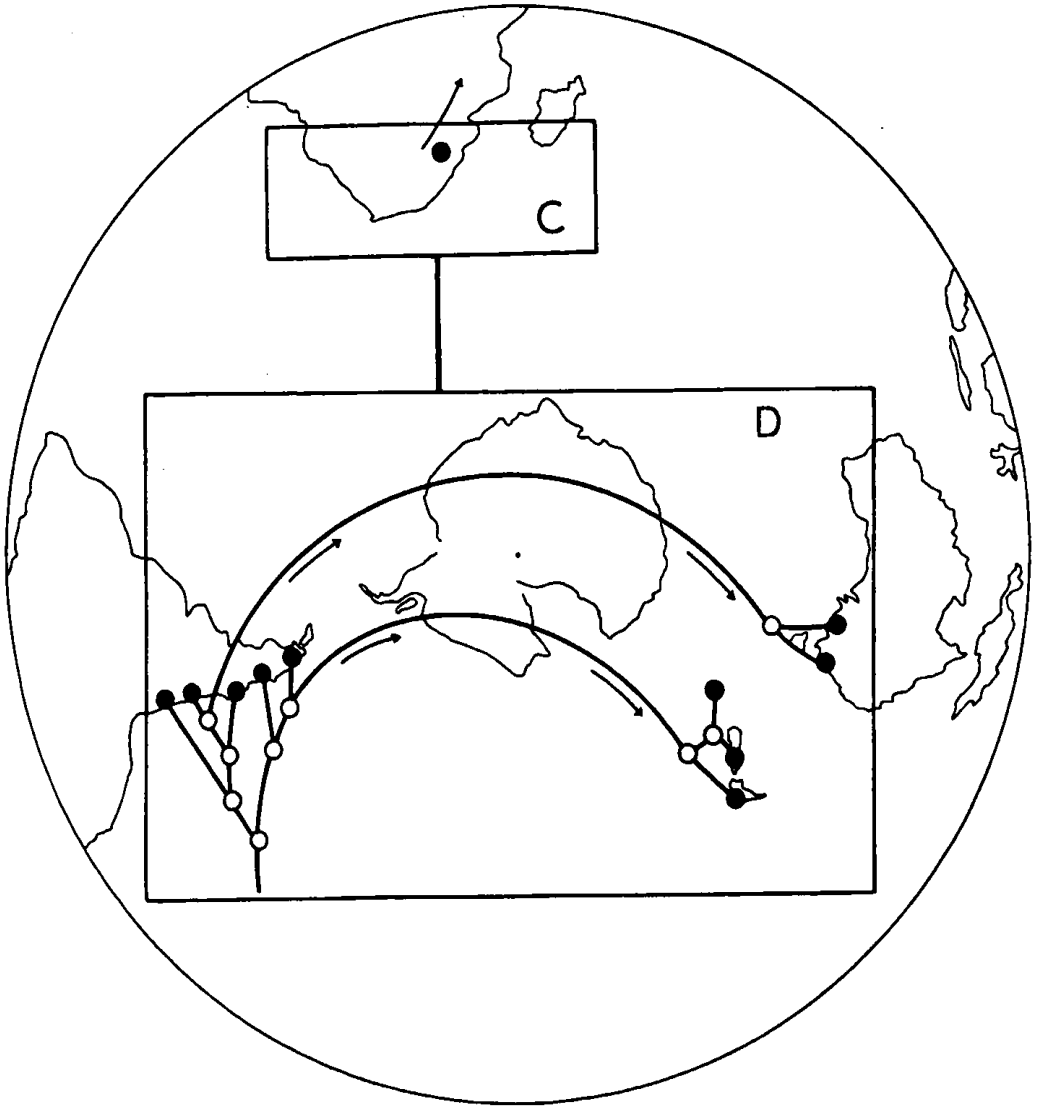
- Topologies identiques des cladogrammes: répétions de patterns identiques chez des groupes d'organismes phylogénétiquement éloignés qui forment les biotas
- Information cohérente (non « ambiguë »)
- **<u>Les dispersions sont aléatoires et ne peuvent produire la congruence</u>**
- Seuls les phénomènes à grande échelle (ex. tectonique des plaques) peuvent produire la congruence. La vicariance explique ces patterns biogéographiques.

La vicariance explique parfaitement la distribution "cosmopolite" du taxon basal T_5 , incompatible avec l'idée de la dispersion.



Ebach et al., 2003

La règle de progression



Brundin, 1966

Distribution des Diamesinae, Chironomidae
C: Diamesae; D: Heptagyiae

Y-a-t-il des distributions géographiques du taxon "ancestral" d'un clade plus restreintes que la distribution totale de l'ensemble des taxons terminaux ?

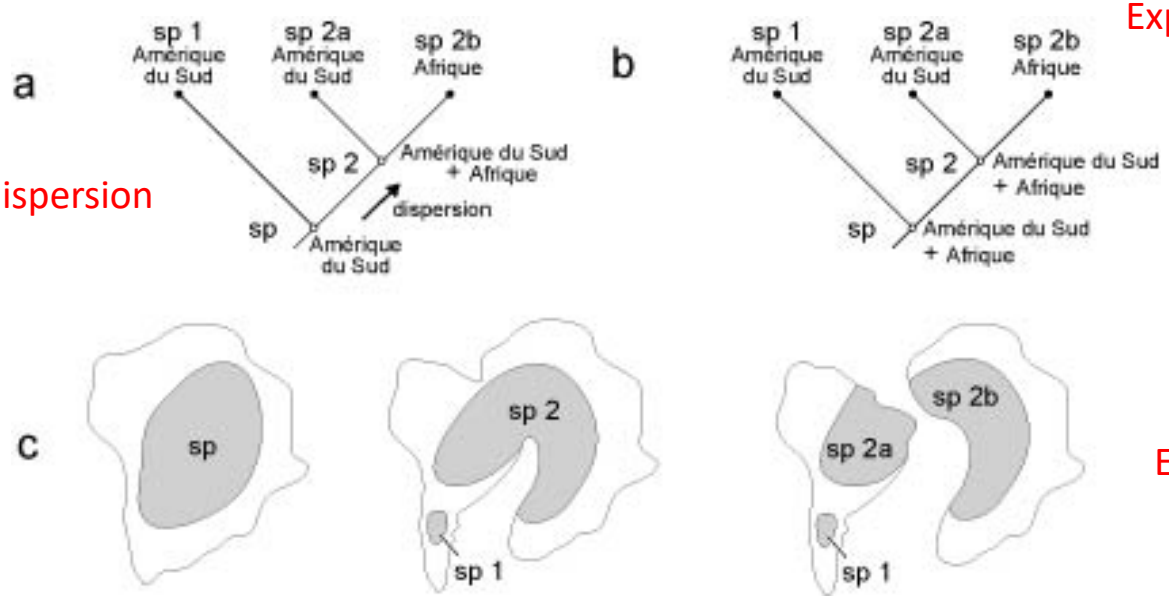
La "distorsion" du cladogramme veulent souligner les dispersions supposées.
Il est à noter que cette figure fut dessinée en 1966, avant l'acceptation de la tectonique des plaques par la communauté scientifique.

La règle de progression pose problème

La distribution de trois espèces endémiques montre que l'espèce basale sp1 est plus restreinte que la distribution totale des taxons terminaux. Ceci peut être expliqué par la règle de progression qui suggère une "dispersion".
Mais la notion d'aire ancestrale est un simple artefact si la définition de l'aire de distribution du taxon basal est imprécise.

Explication par vicariance

Hypothèse de dispersion

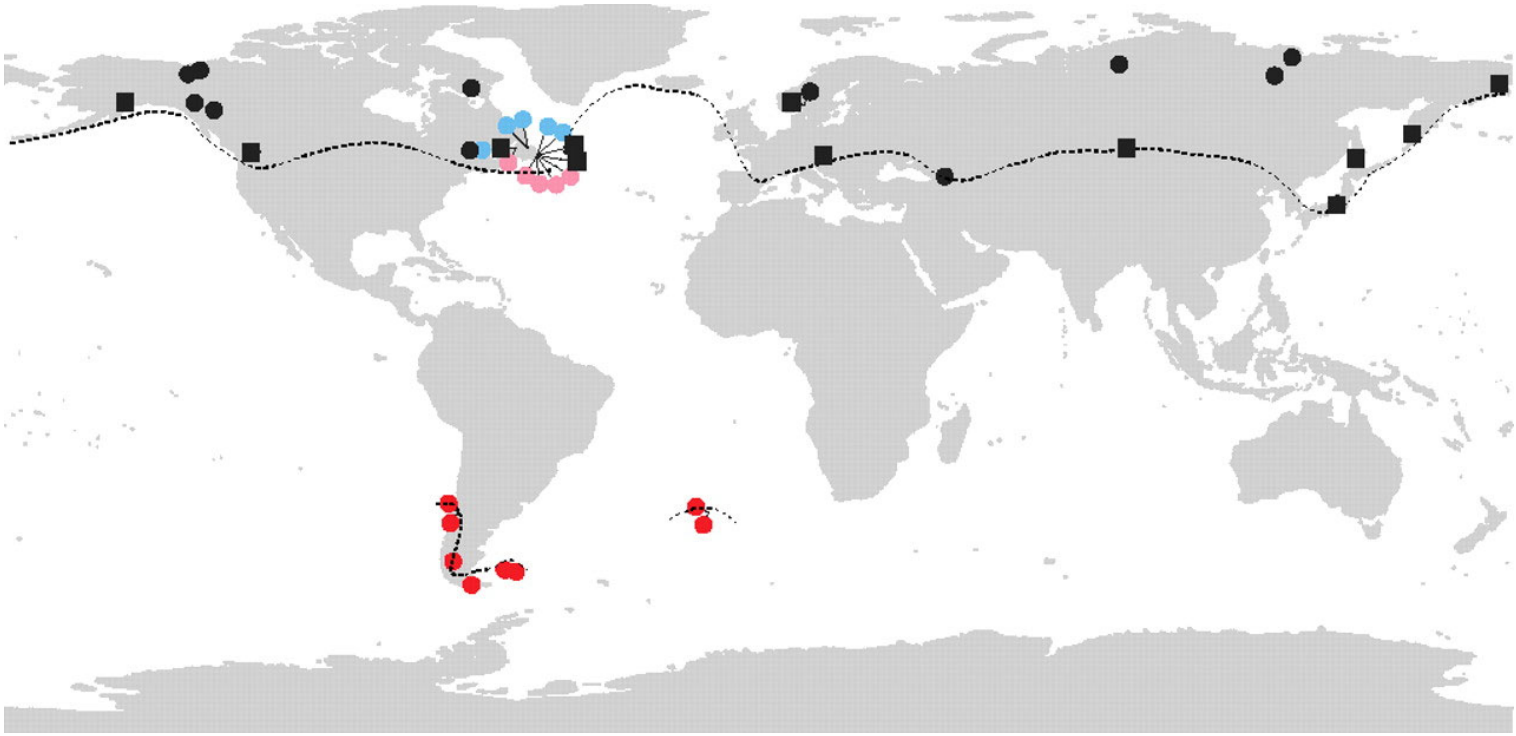


Evolution des aires

Parler d'Amérique du Sud ou d'Afrique pour sp, sp1 ou sp2 n'a pas la même signification que lorsque nous étudions la distribution de sp2a et sp2b. En d'autres termes, les aires d'endémisme sont les mêmes seulement en apparence car elles ont changé au cours du temps tout comme les biotas dont les espèces étudiées font partie.

Dispersion vs. vicariance

- Colonisation à longue distance

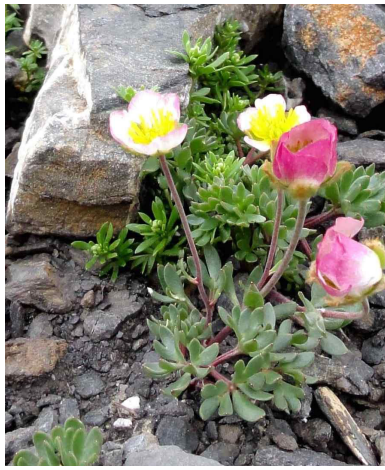


Total geographic range of crowb
genus *Empetrum*) and the origi
accessions included in this stud
squares and black dots indicate
tetraploid *E. nigrum*, and blue,
dots indicate *E. atropurpureum*
and *E. rubrum*, respectively. The
approximate the distribution of
namely north of 40°N in the no
hemisphere and south of 36°S i
America and the Falkland, Trista
and Gough Islands.

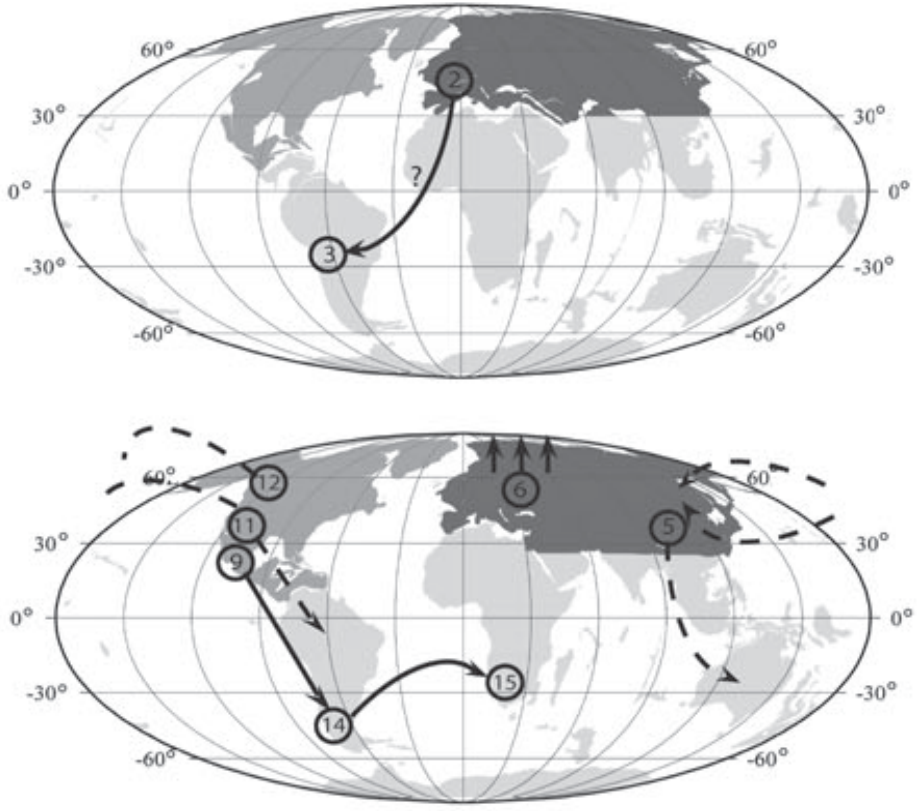
(Popp et al, 20

Dispersion vs. vicariance

- Colonisation à longue distance



Ranunculaceae



Oligocène

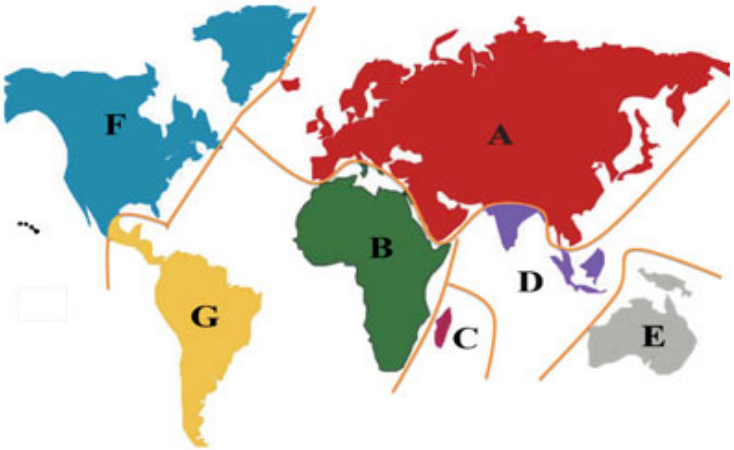
Miocène-Holocène

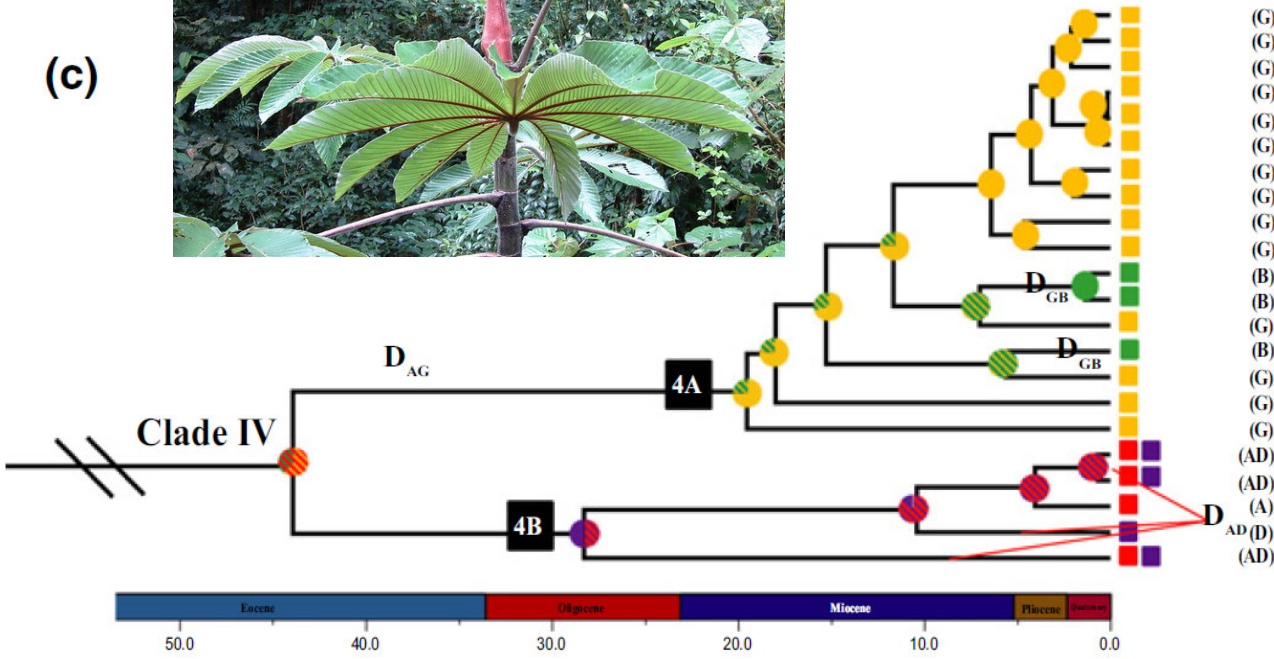
(Emadzade and Horandl 2011)

Dispersion vs. vicariance

- Dispersion transocéanique

Urticaceae





(Wu et al. 2018)

Dispersion vs. vicariance

- Dispersion transocéanique

Journal of Biogeography (J. Biogeogr.) (2014) **41**, 797–809

ORIGINAL ARTICLE

Sapotaceae biogeography supports New Caledonia being an old Darwinian island

Ulf Swenson[1]*, Stephan Nylinder[1] and Jérôme Munzinger[2]

Repeated dispersal is the only mechanism able to explain
range expansion of Sapotaceae into New Caledonia. The f
has successfully colonized the main island nine times sinc
re-emergence in the Eocene.We reject the panbiogeograph
hypotheses that representatives of Sapotaceaein New Cale
originated in the Cretaceous, differentiated due to vicarian
and were of Pacific origin. We therefore argue that New
Caledonia is an old Darwinian island.

Vicariance ou dispersion?

Il s'agit de deux concepts différents qui s'excluent mutuellement lorsqu'on doit expliquer la distribution biogéographique d'un taxon. On ne peut pas concilier ces deux visions de la biogéographie.

Il est plus intéressant de discuter d'un autre aspect du problème, notamment de l'importance relative de ces deux types de processus dans la formation des biotas au cours des temps géologiques. La paléobiogéographie nous aide dans cette perspective.

Dispersion vs. vicariance

- DIVA – DIspersal Vicariance analysis

S-DIVA (Statistical Dispersal-Vicariance Analysis): A tool for inferring biogeographic histories

Yan Yu [a], A.J. Harris [b], Xingjin He [a,*]

[a] College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China
[b] Curriculum for the Environment and Ecology, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC 27599, USA

ARTICLE INFO

Article history:
Received 4 December 2009
Revised 10 March 2010
Accepted 6 April 2010
Available online 22 April 2010

Keywords:
DIVA
Biogeographic
Program
Phylogeny
Statistics

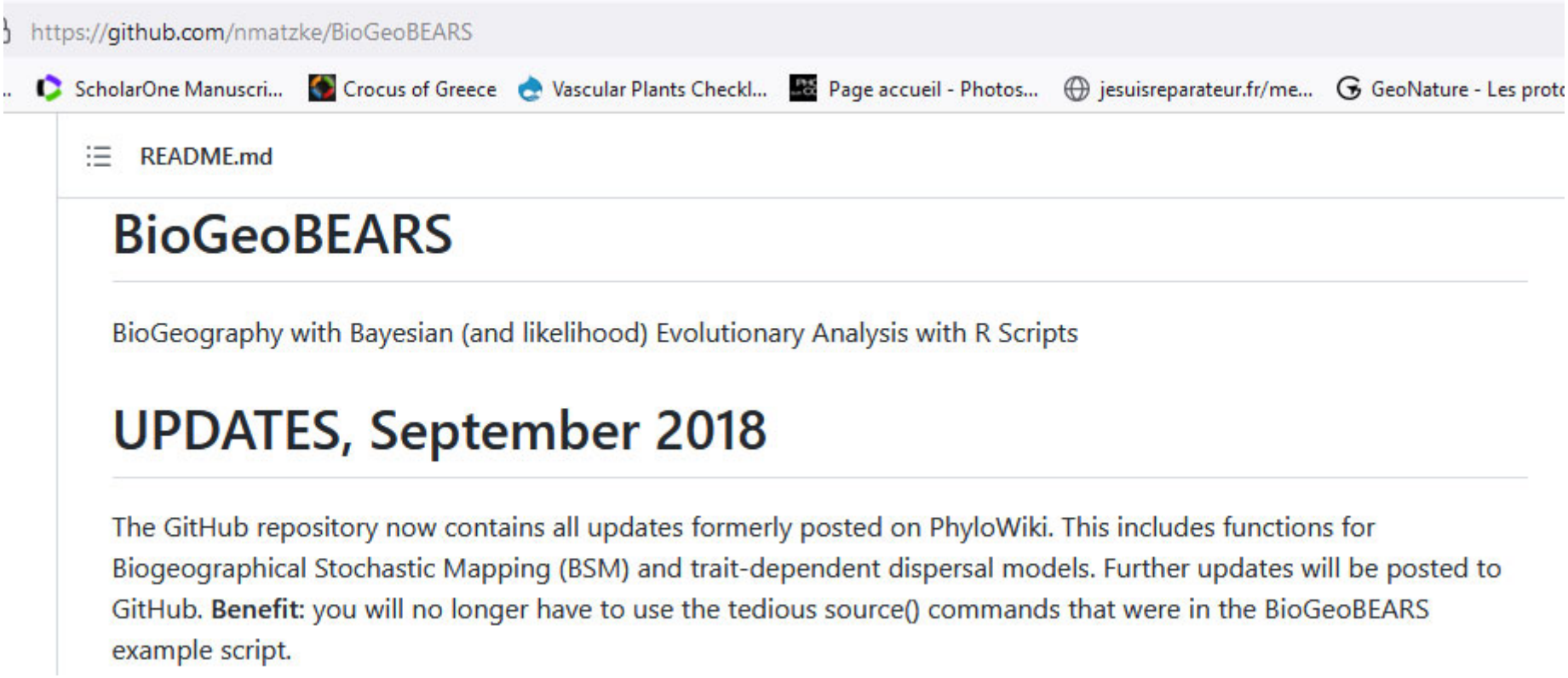
ABSTRACT

Dispersal-Vicariance Analysis (DIVA) is one of the most widely used methods of inferring biogeographic histories. Here we present a simple tool that complements DIVA and uses a Statistical Dispersal-Vicariance Analysis (S-DIVA) to statistically evaluate the alternative ancestral ranges at each node in a tree accounting for phylogenetic uncertainty and uncertainty in DIVA optimization. S-DIVA provides a point-and-click user interface and displays results as, high-resolution, exportable graphics. S-DIVA is freely available for download for Windows at http://mnh.scu.edu.cn/S-DIVA.

© 2010 Elsevier Inc. All rights reserved.

Dispersion vs. vicariance

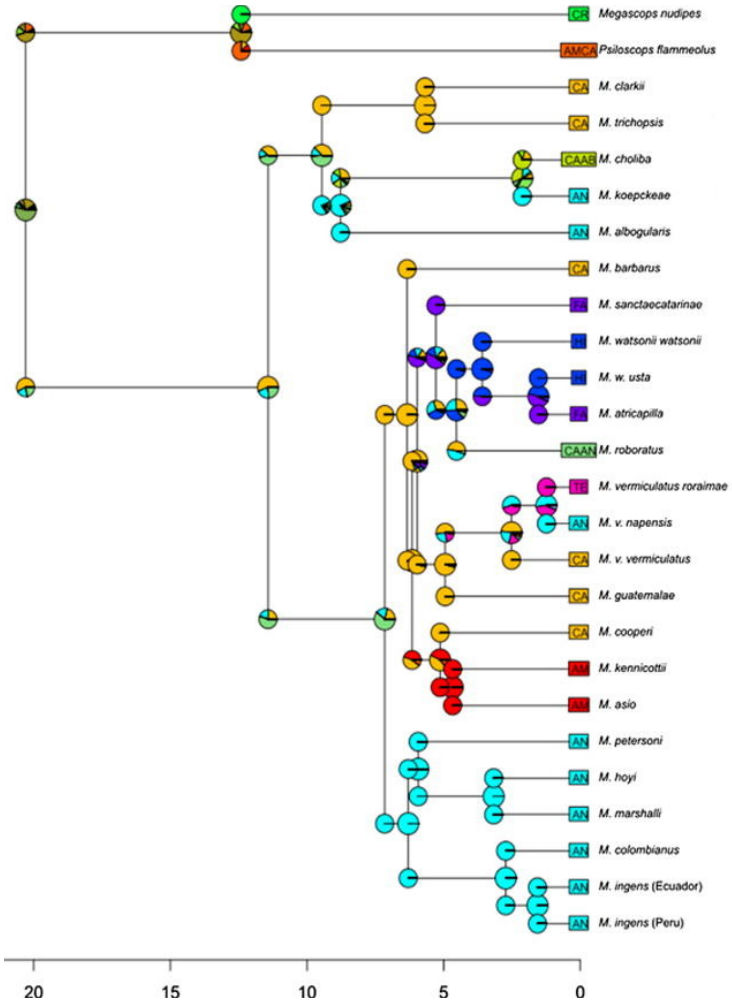
- BioGeoBEARS - BioGeography with Bayesian (and likelihood) Evolutionary Analysis



Dispersion vs. vicariance

- Reconstruction d'aire ancestrale

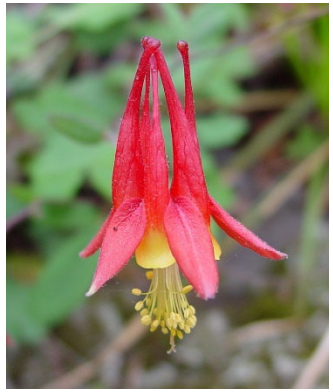
Ancestral area reconstruction from BioGeoBEARS, derived from the Bayesian chronogram. The best-fit model was DIVALIKE+J. Most likely biogeographic areas are shown in the circles, and the colors in the squares indicate the current species distribution. The map shows the location of the areas used. Combinations of two areas (for example CAAN) are not shown on the map. We considered Mexico as Central America for this study.



(Dantas et a

Contingence des processus évolutifs

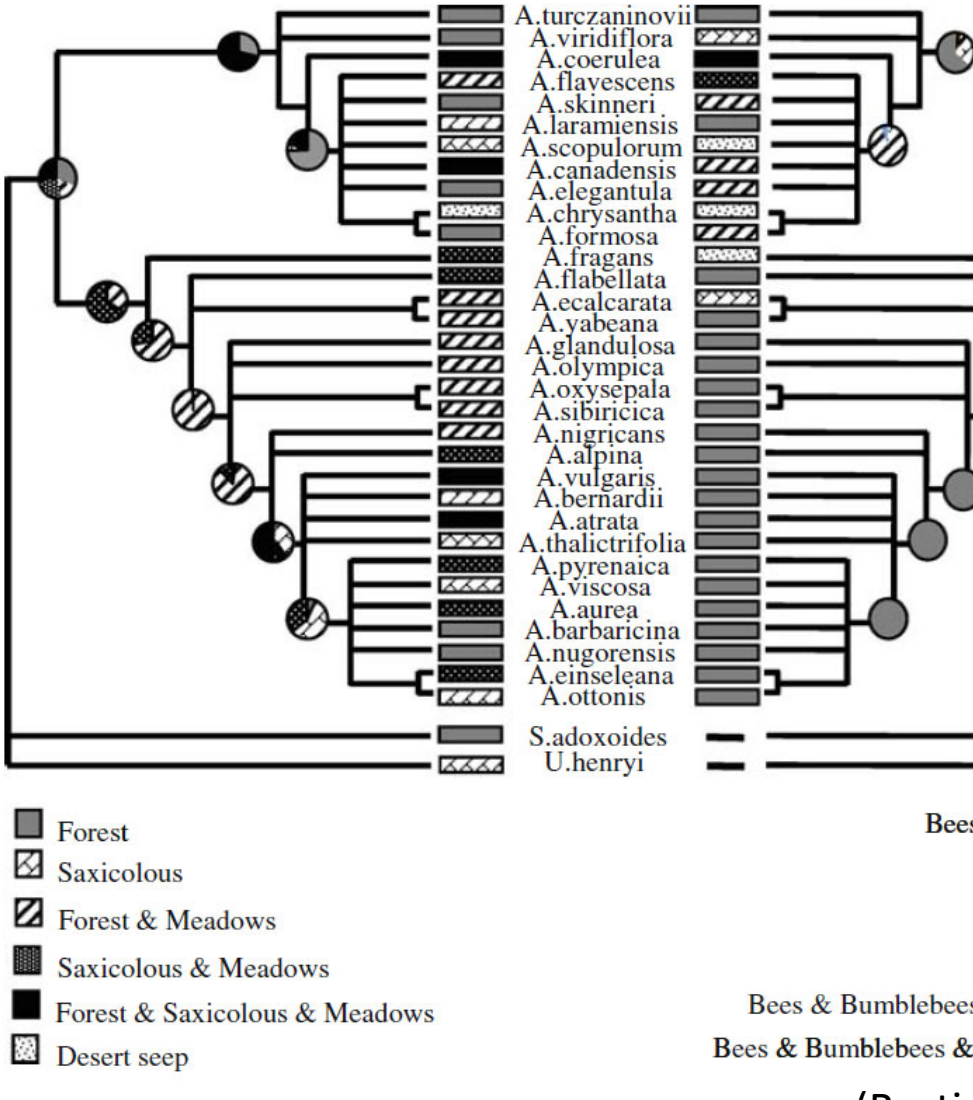
- Diversification géographique vs. diversification écologique



Aquilegia canadensis

A. alpina

Estimation of ancestral states, using the Bayesian mutational mapping approach (SIMMAP), for habitat and pollination syndrome. Each portion in the pie diagrams corresponds to mean posterior probability for each character state,

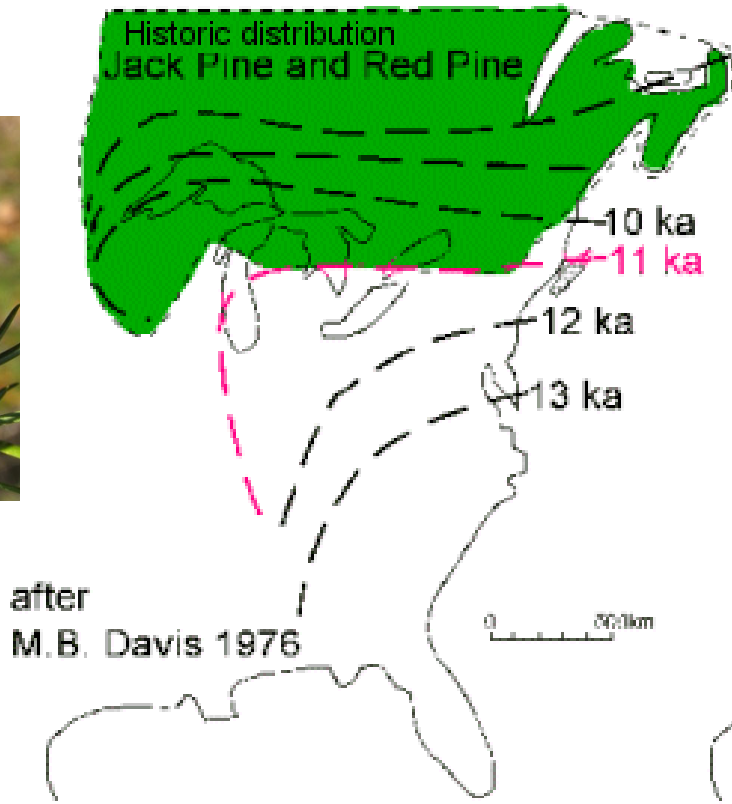


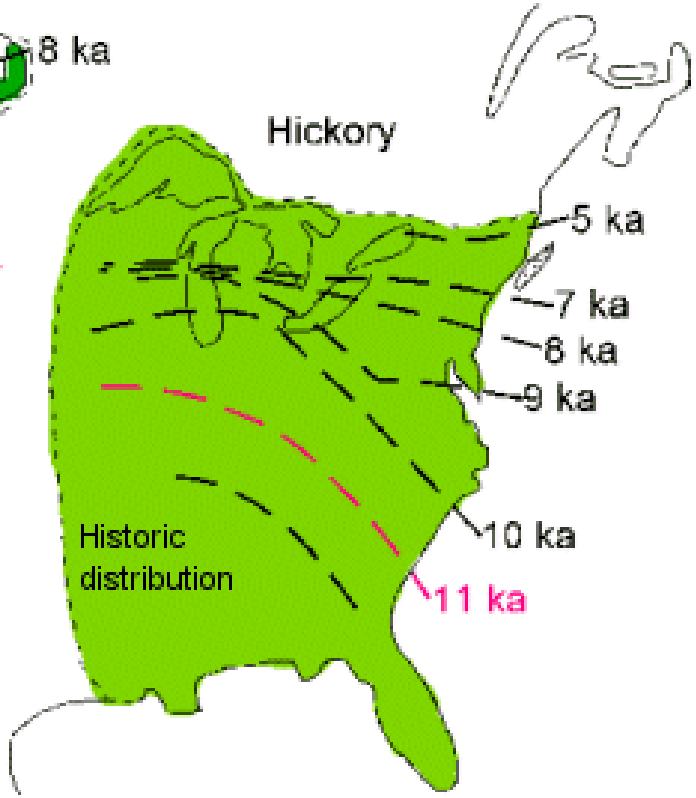
(Bastid

Dynamiques transitoires et non-équilibre

- Refuges et recolonisation post-glaciaire

Pinus banksiana



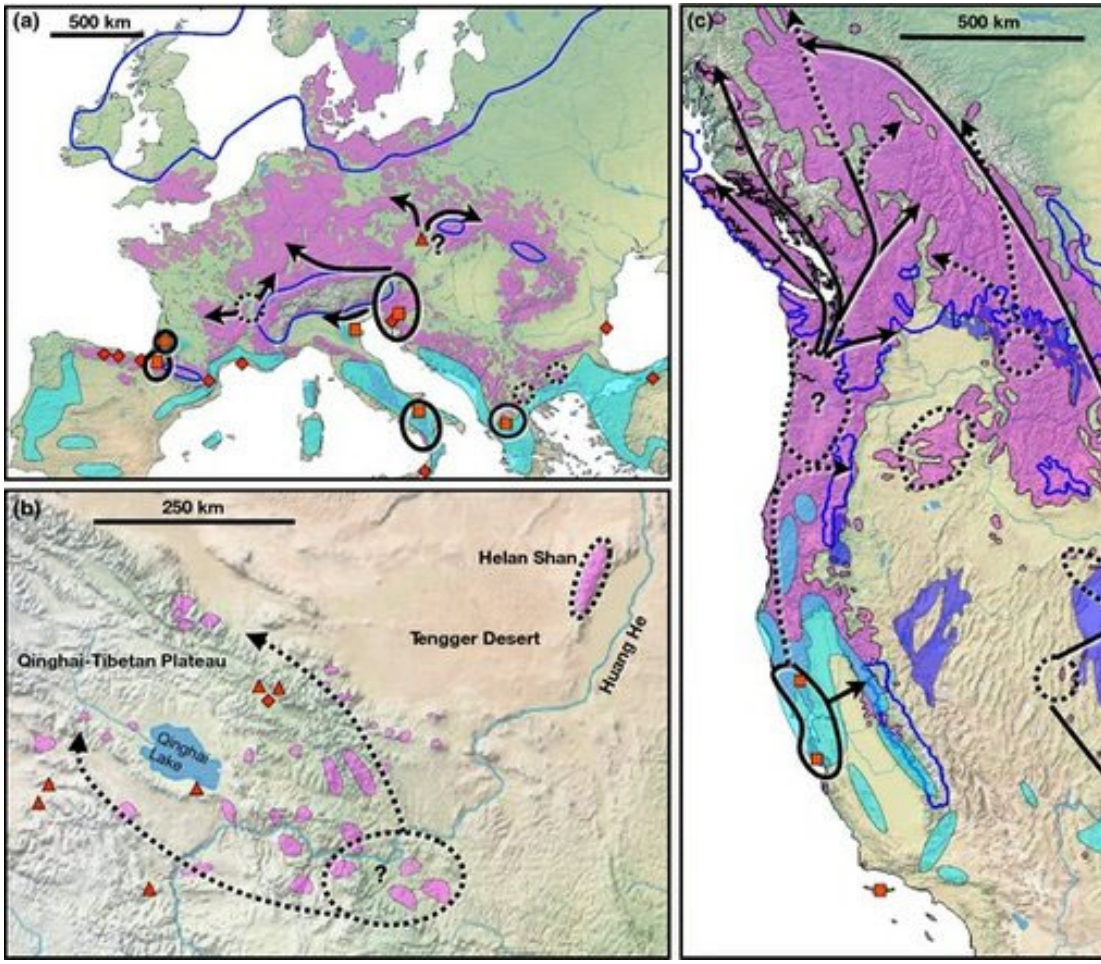


Carya ill

Dynamiques transitoires et non-équilibre

- Refuges et recolonisation post-glaciaire

Reconstructions of Last Glacial Maximum (LGM) refugia and post-LGM dispersal routes of (a) European beech (Fagus sylvatica), (b) Qinghai spruce (Picea crassifolia), and (c) Douglas-fir (Pseudotsuga menziesii). For fossil data, the LGM is merged with the Late Pleniglacial (LPG) period (up to 14 500 yr ago) to encompass the full period of cold and dry climate. Note that fossil locations are limited to the earliest dated fossils, and notably old or disjunct fossils that are relevant to interpreting dispersal history. Pre-LGM fossils are excluded. No paleo-species distribution modeling (SDM) exists for Qinghai spruce.

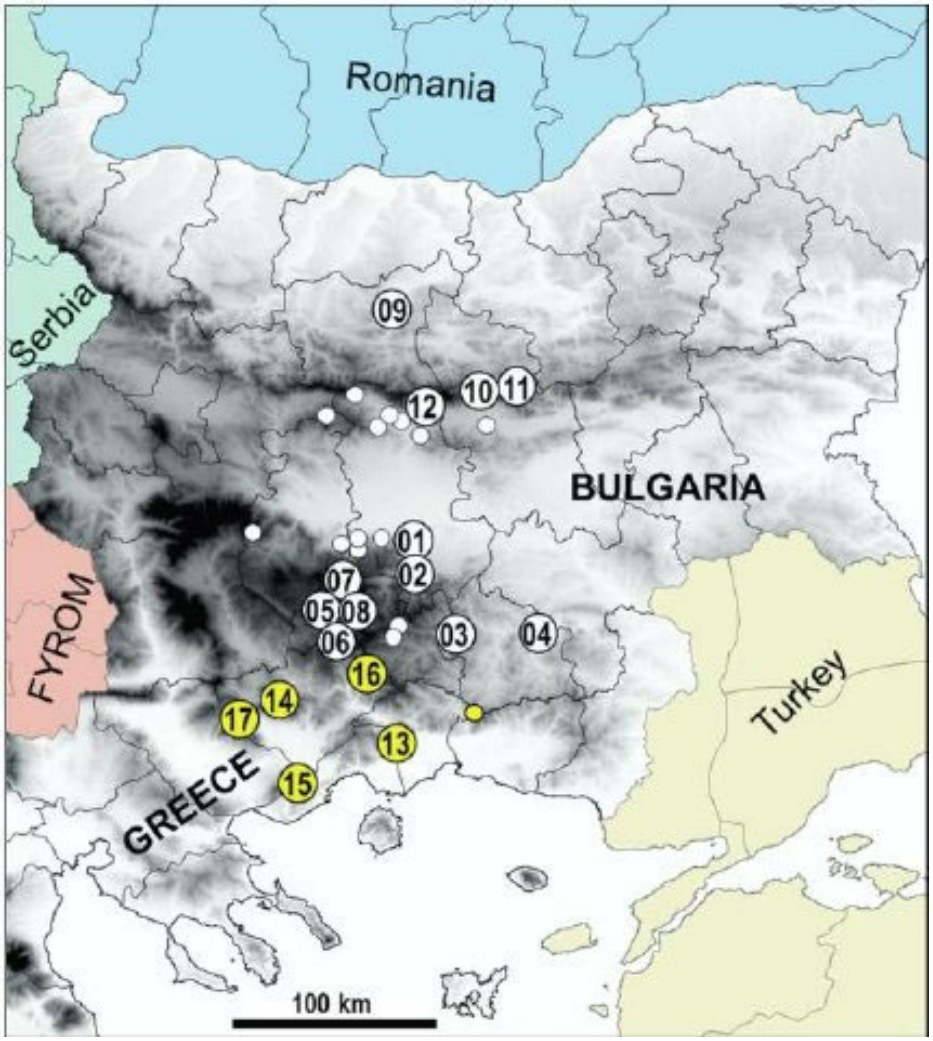


(Gavin et al. 2014

Dynamiques transitoires et non-équilibre

- Reliques pré-glaciaires

Haberlea rhodopensis
Gesneriaceae

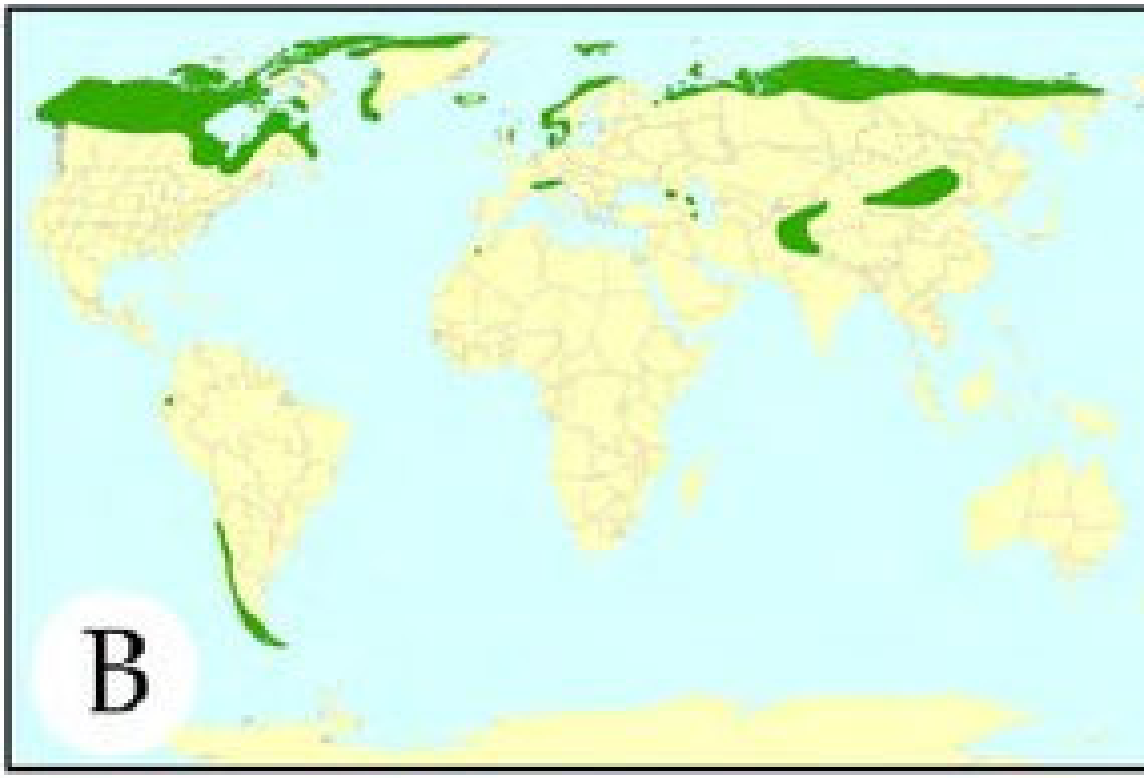


(Petrov

Dynamiques transitoires et non-équilibre

- Reliques glaciaires

Carex maritima

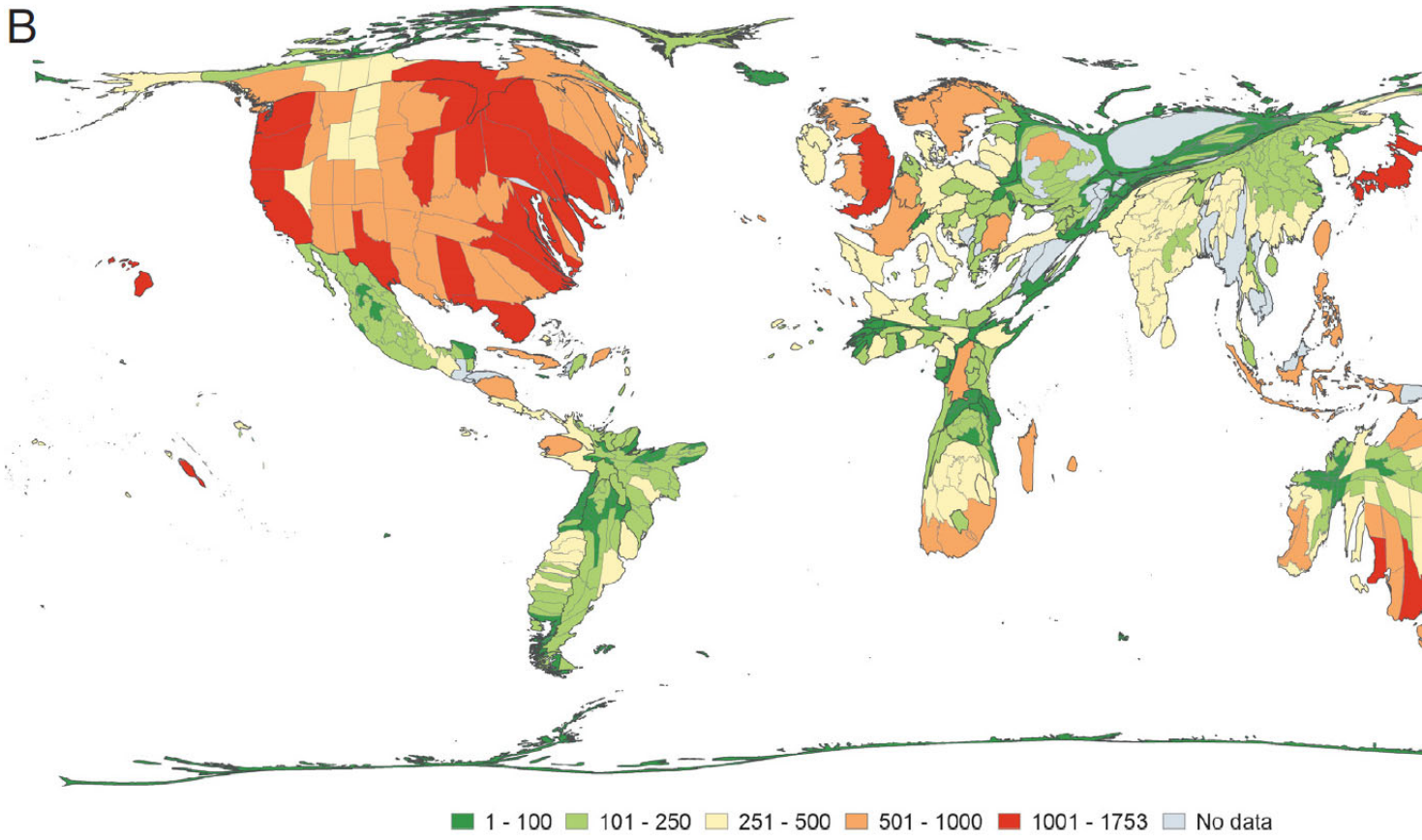


(Martin-Bravo and Escudero 2

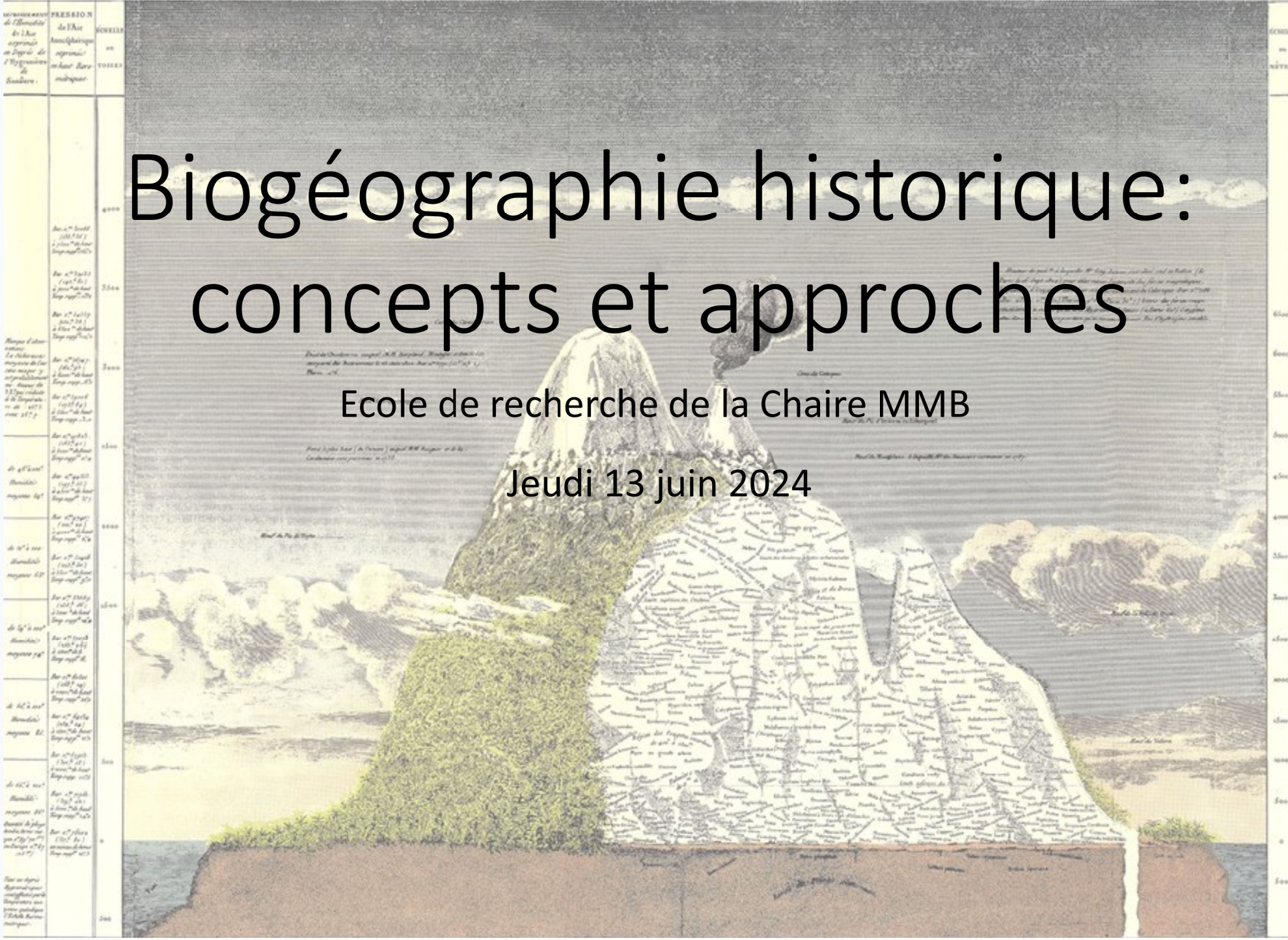
Dynamiques transitoires et non-équilibre

- Naturalisation et influence anthropogénique

Size of the regions are modified to reflect how much the number of naturalized aliens deviates from expectations based on their areas, with those over-represented in aliens displayed larger and vice versa.



(Pyse



Biogéographie historique: concepts et approches

Ecole de recherche de la Chaire MMB

Jeudi 13 juin 2024