Le rôle de la biogéographie dans l'évolution de la Vie

- **Fabrizio Cecca**
- **Université Pierre et Marie Curie**
- *Centre de Recherches sur la Paléobiodiversité et les Paléoenvironnements (CR2P)*
  UMR 7207 du CNRS, Paris

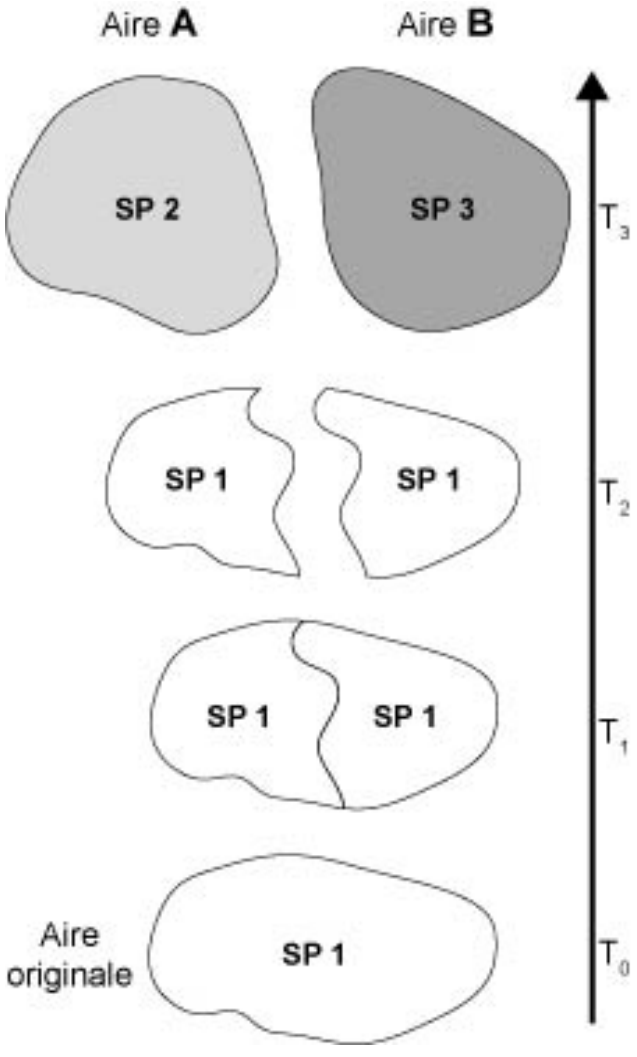
POURQUOI LA BIOGÉOGRAPHIE ? DEUX RAISONS MAJEURES:

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.

La spéciation géographique dite "dichopatrique"

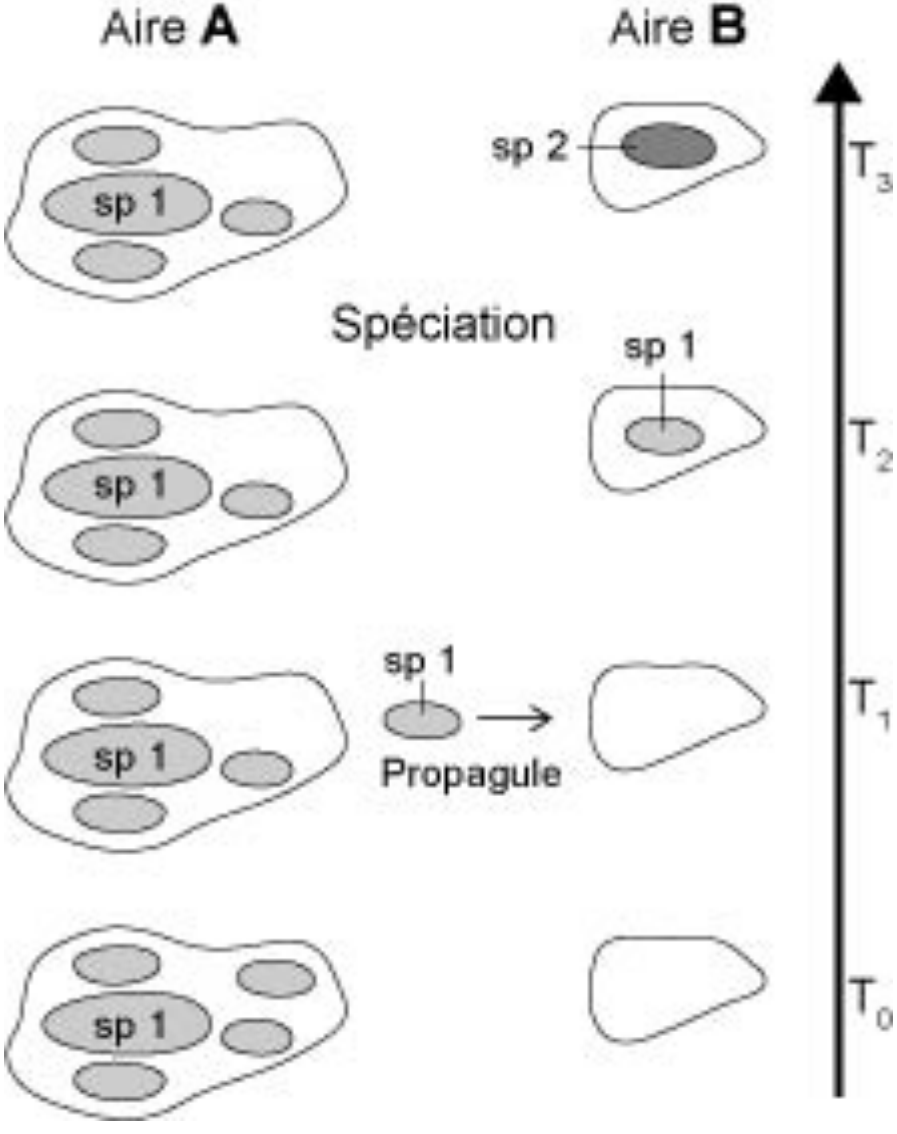


La division de la population originale SP1 à la suite de la formation d'une barrière aboutit à l'isolement reproductif des deux populations.

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 "péripatrique"



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.

Quelques notions de Biogéographie

La biogéographie débute avec Alphonse de Candolle

De Candolle (1820) a reconnu 20 régions botaniques différentes sur la base des flores actuelles, en introduisant ainsi la notion d'**endémisme**.

Les principaux types de distribution biogéographique

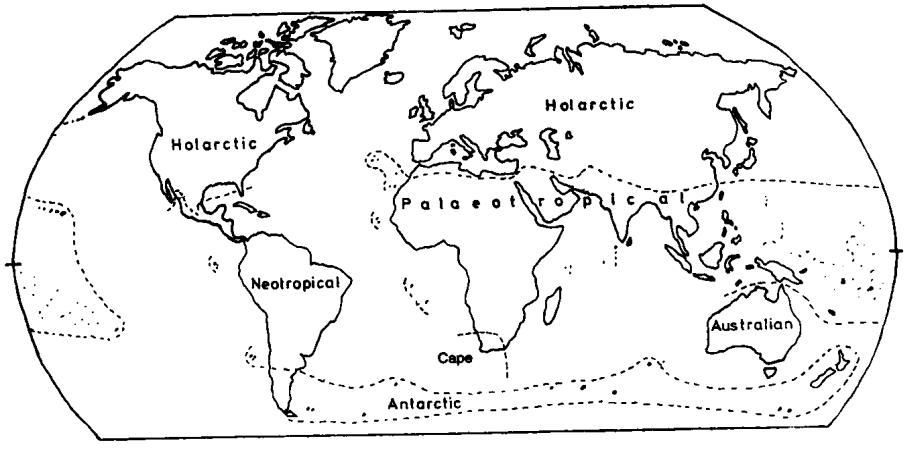
Les **distributions endémiques** sont celles des taxons dont la répartition géographique est exclusive d'une aire géographique donnée. Cosmopolites sont les taxons ayant une distribution globale.

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

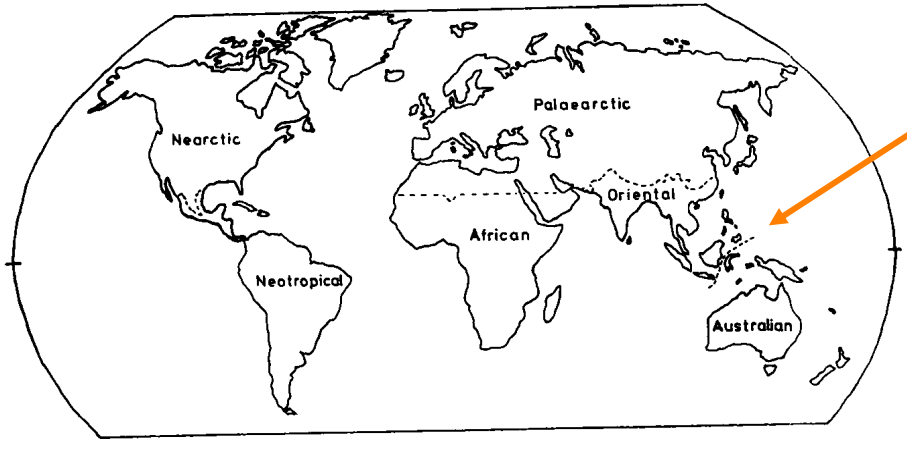
Le terme de **distribution disjointe** (ou endémisme disjoint) identifie la distribution géographique d'un groupe d'espèces apparentées, par exemple deux espèces d'un même genre, occupant des aires géographiques séparées.

L'origine du groupe d'espèces, maintenant disjointes, s'est faite par dispersion à partir d'un lieu unique (le "centre d'origine") ou par isolement de fractions diverses d'une seule et même population ancestrale cosmopolite, donc par vicariance ?

Les provinces biotiques actuelles



Unités définies en fonction de l'endémisme des flores.



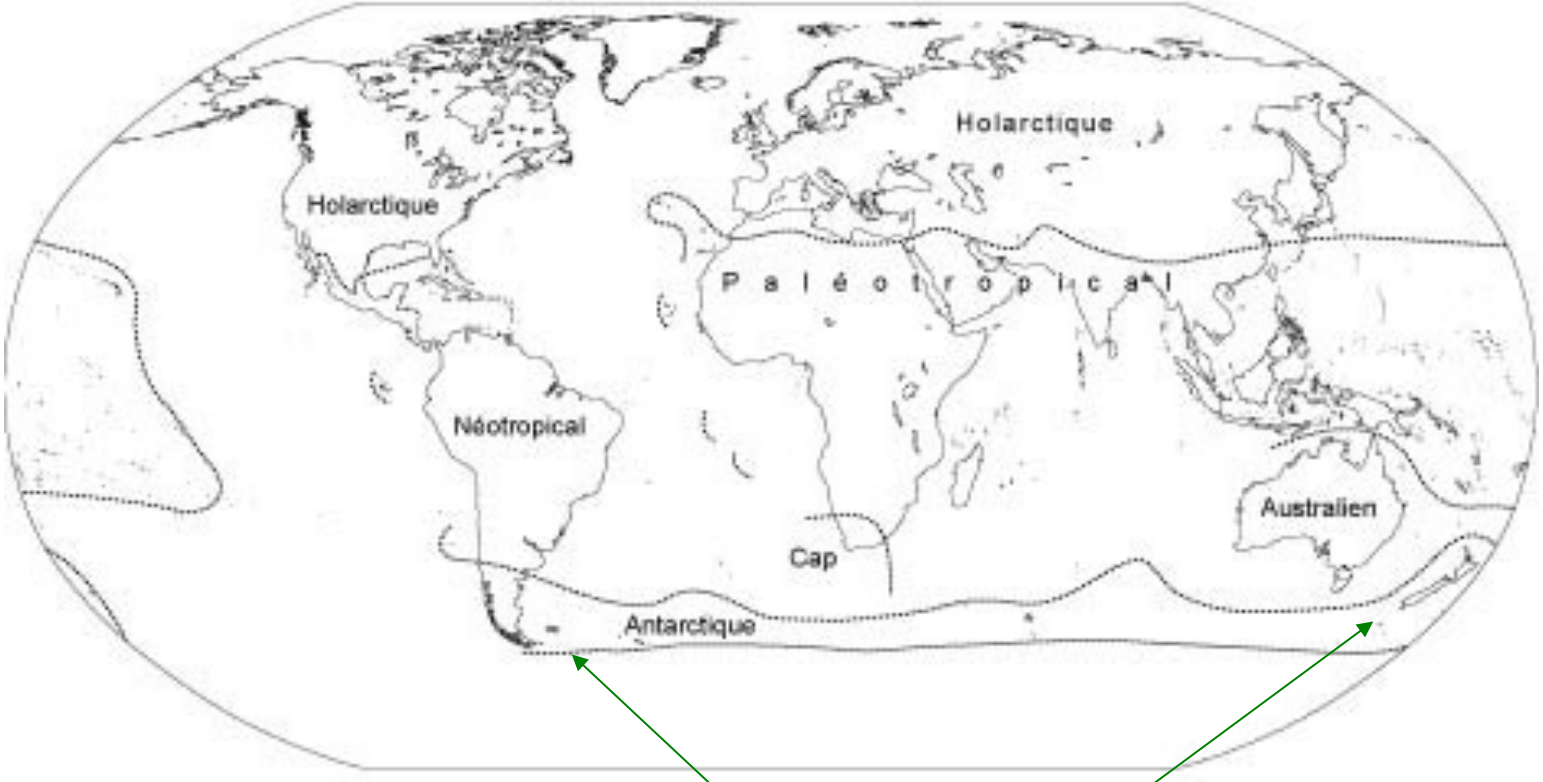
Ligne de Wallace

Unités définies sur la base des faunes endémiques

d'après Cox, 2001

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

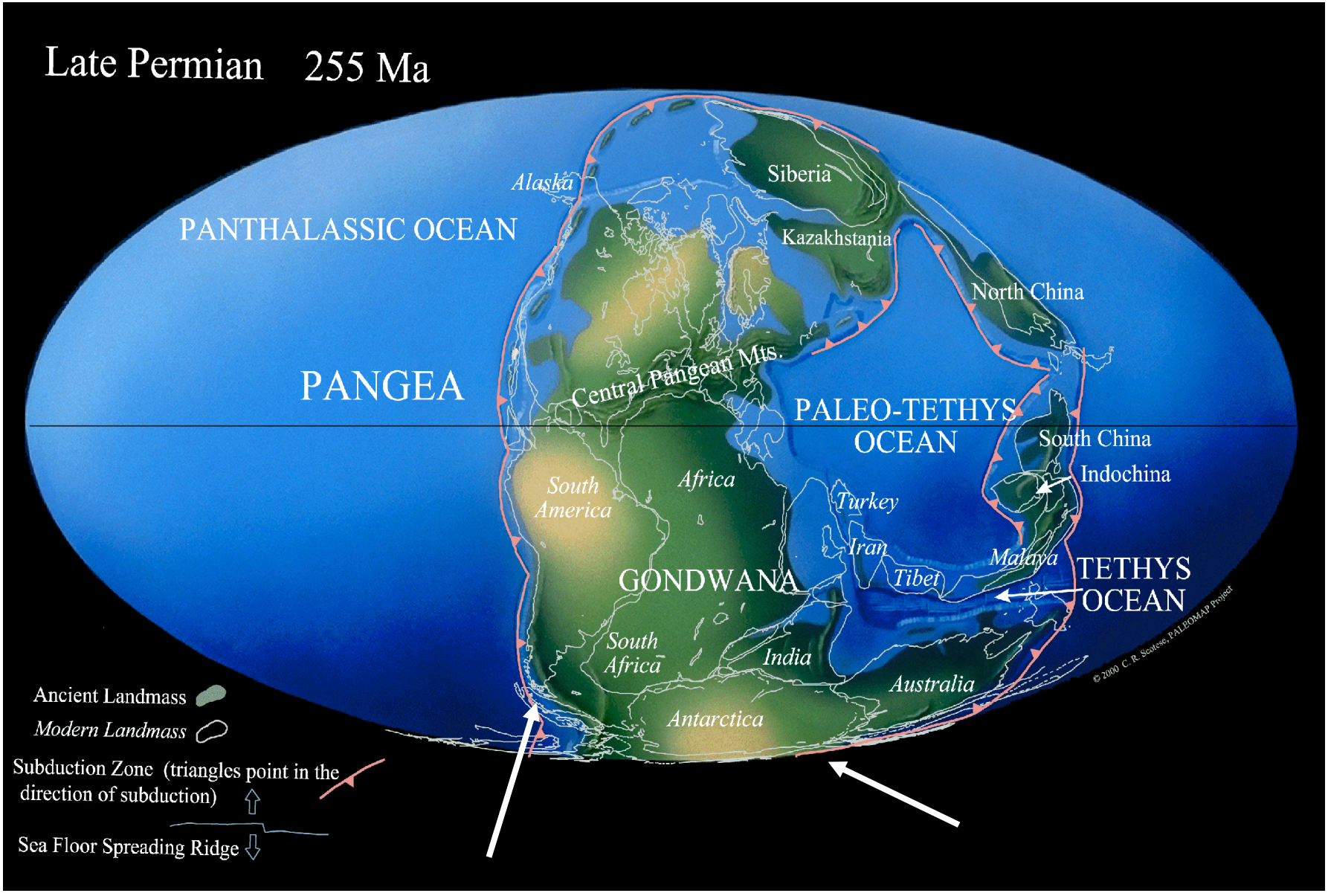
Distribution disjointe: les flores de la Région Antarctique



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
Malaya
Tibet
TETHYS OCEAN
GONDWANA
South Africa
India
Australia
Antarctica
© 2000 C. R. Scotese, PALEOMAP Project
Ancient Landmass
Modern Landmass
Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)
Sea Floor Spreading Ridge

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.

Relations avec l'Evolution de la Vie

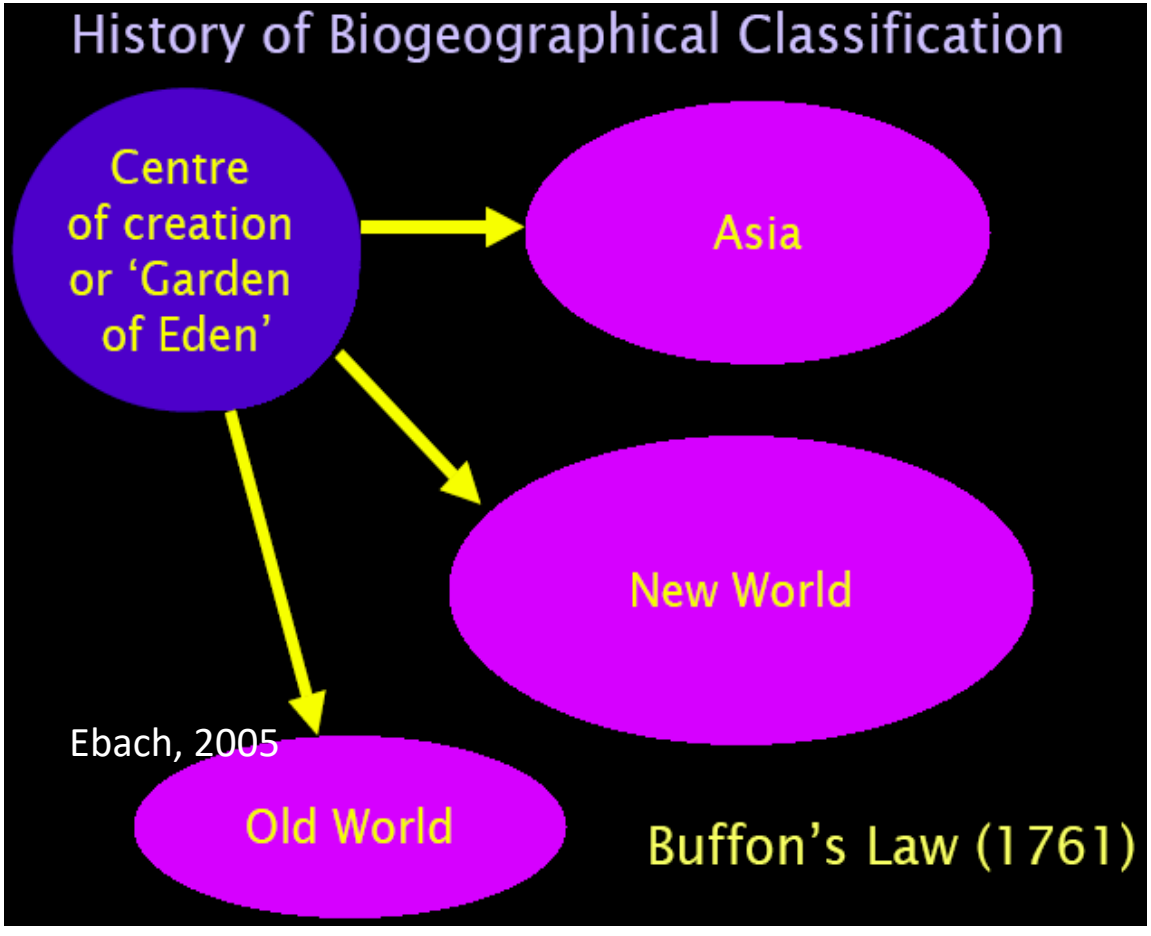
La spéciation géographique est l'un des moteurs de l'évolution.

Le débat sur la dispersion et la vicariance est donc pertinent dans le contexte de l'évolution.

L'analyse biogéographique des divers biotas met en évidence l'existence de barrières anciennes et récentes qui sont en relation avec l'évolution.

L'explication dispersaliste

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



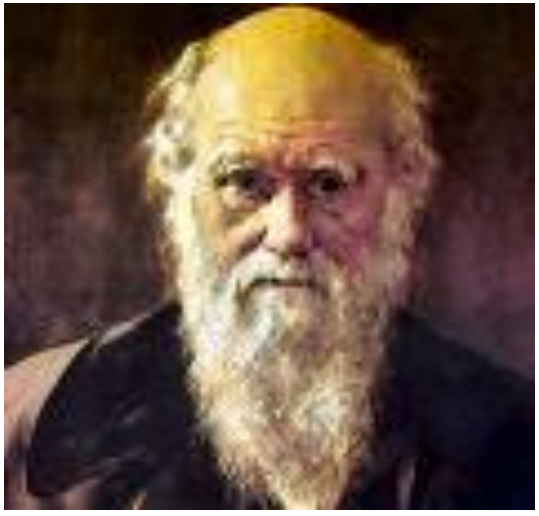
Buffon (1761) classifia le monde en «Vieux Monde» et «Nouveau Monde», dont les biotas provenaient d'un «Centre de Création».

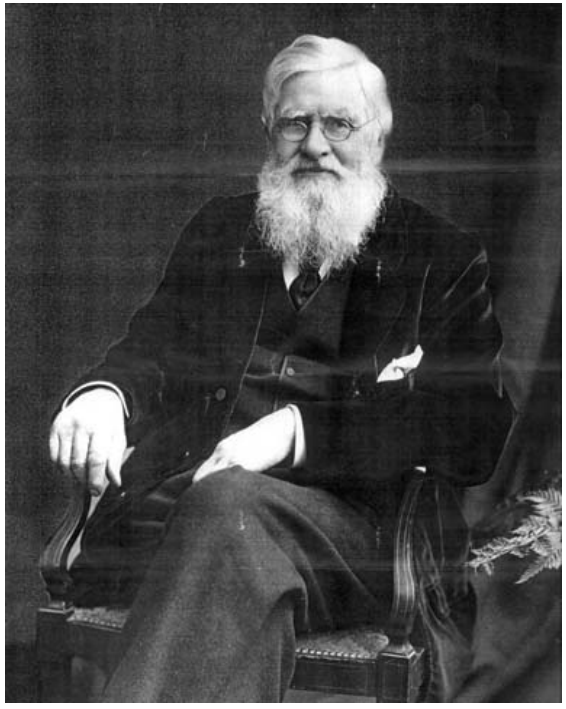
Cette idée fut soutenue par les évolutionnistes.

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

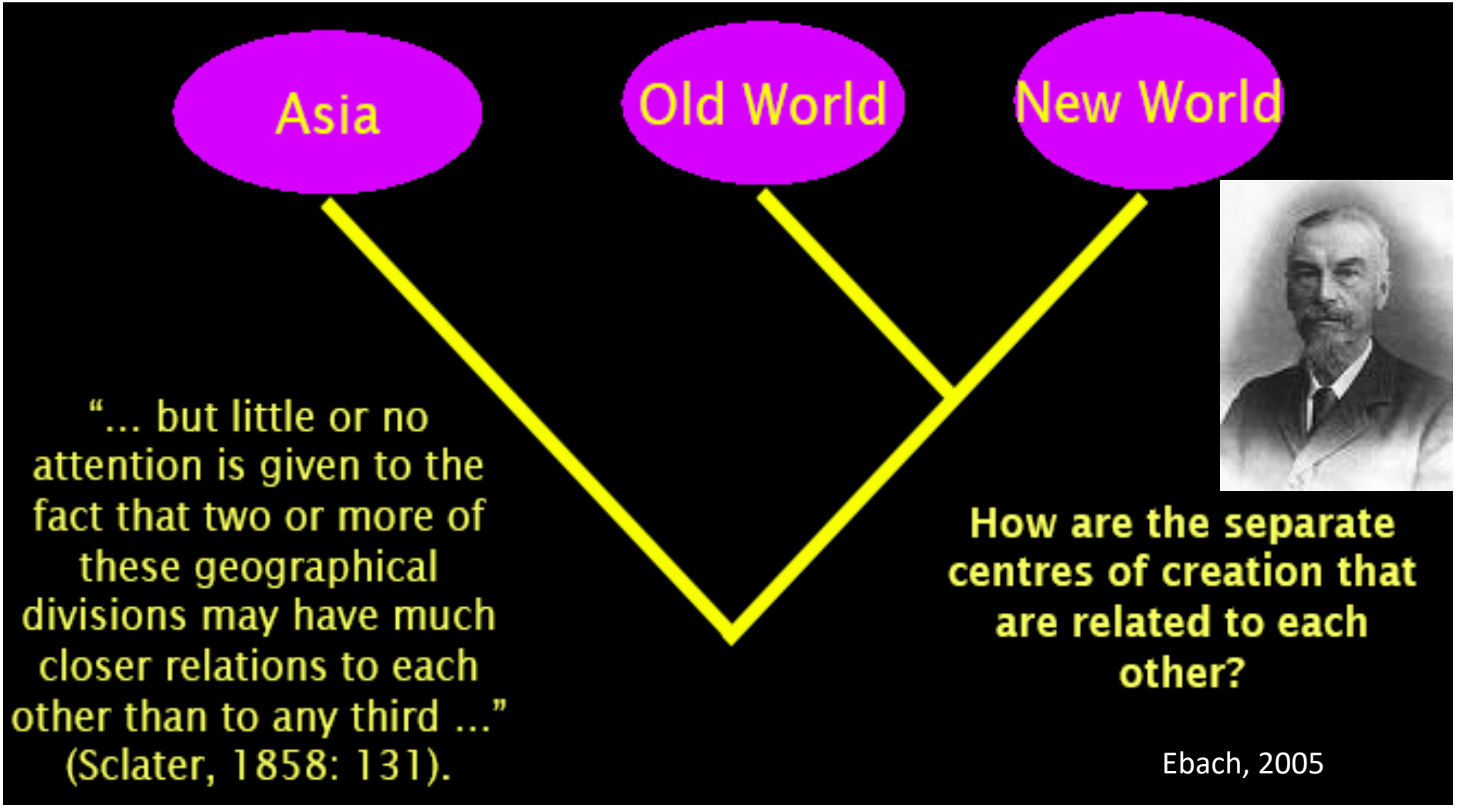




It is obvious that the individuals of the same species….must have proceeded from ***one spot***, where their parents were first produced……Undoubtedly there are many cases of **extreme difficulty in understanding how the same species could possibly have migrated from some *one point*** to the several 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.



Darwin et Wallace ont gagné

Mais au cours des années '50…..

La vicariance

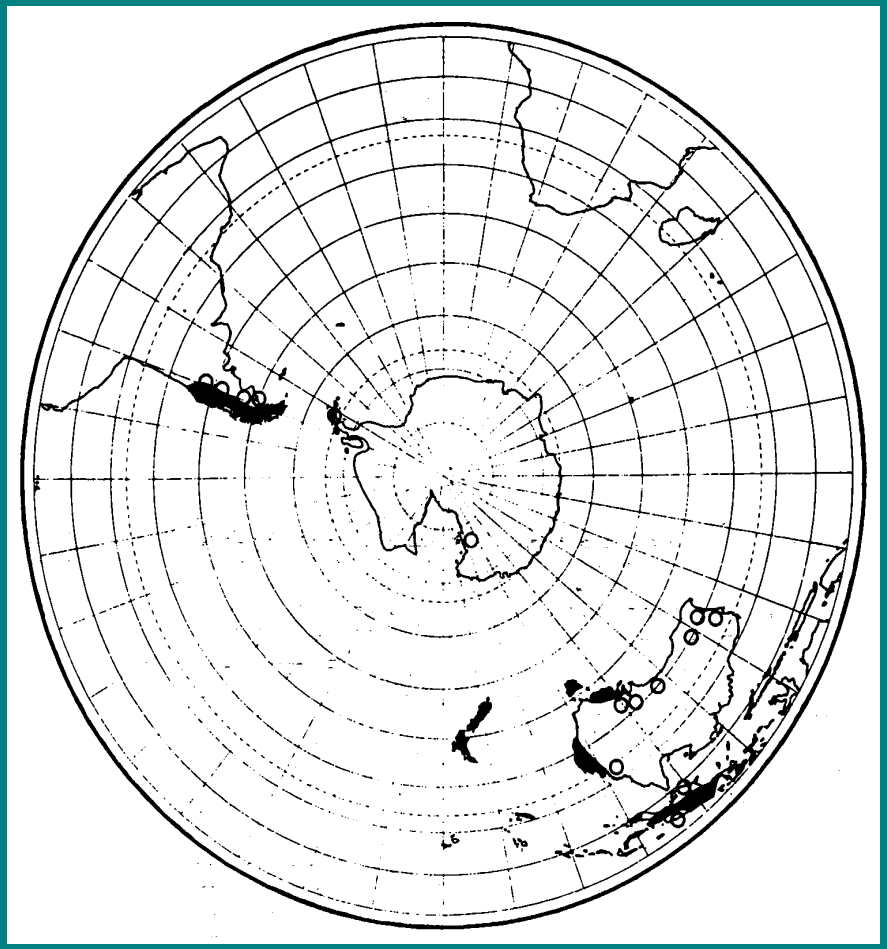
Léon Croizat (1894-1982)

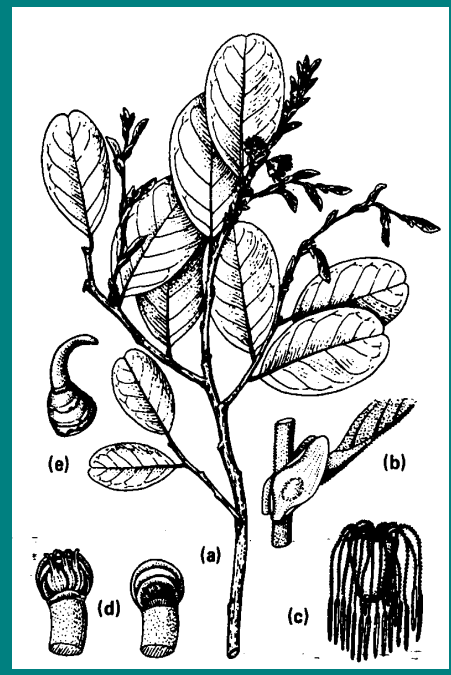
Le concept de vicariance s'oppose à la théorie de la dispersion et considère que les distributions géographiques des organismes peuvent être expliquées par la la subdivision d'un biota ancestral cosmopolite en biotas dérivés et géographiquement disjoints par subdivision d'une aire géographique initiale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

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.

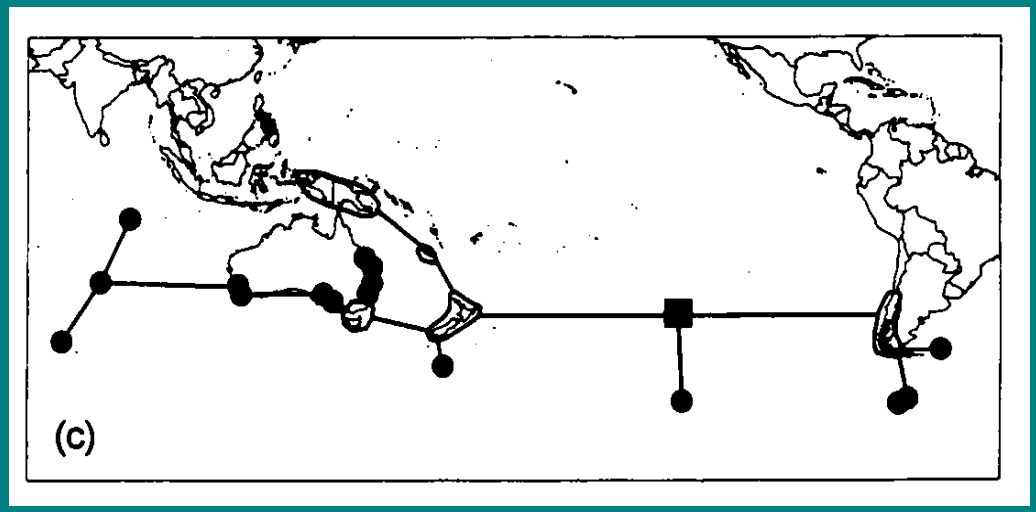
Nothofagus





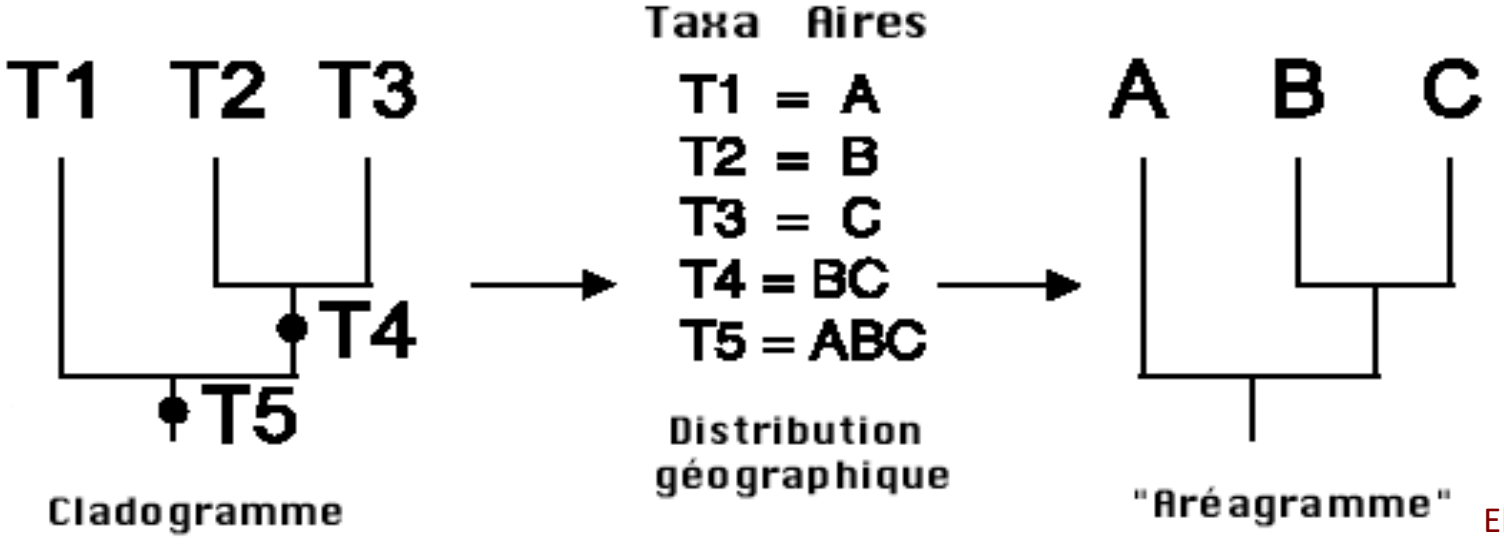
Cercles blancs: fossiles
En noir: formes vivantes

Figures tirées de Humphries & Parenti, 1986



Carte panbiogéographique
(Croizat, 1962-1964)

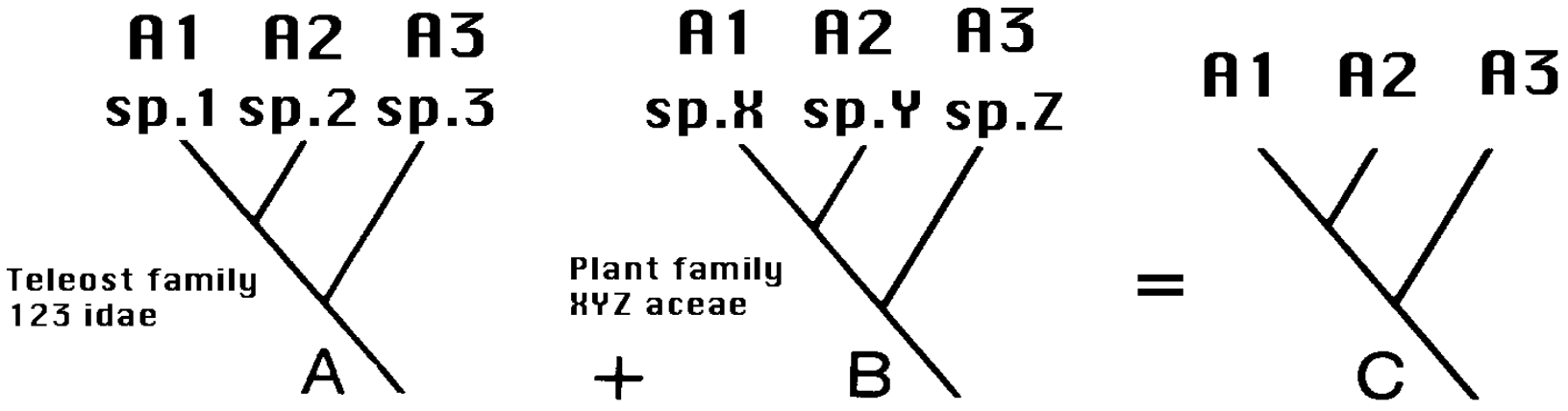
Le principe de la biogéographie cladistique



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

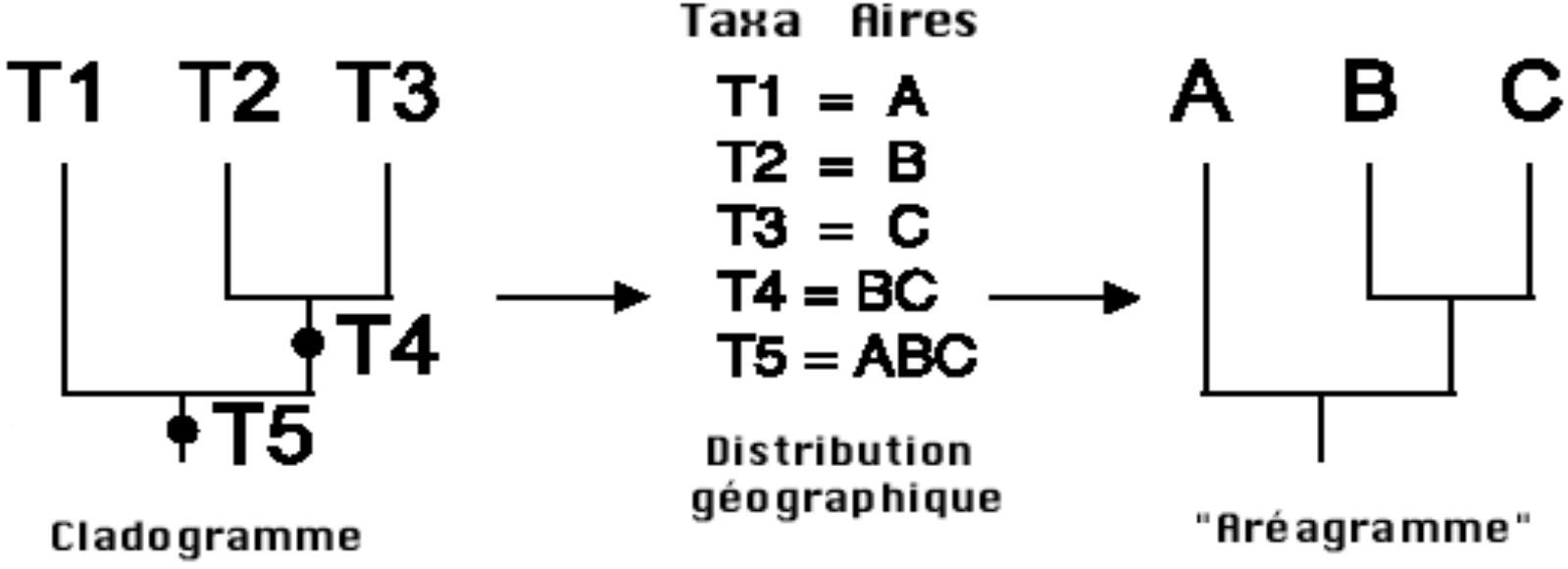


Aréagramme C basé sur les relations phylétiques (A et B)

d'après Grande, 1985

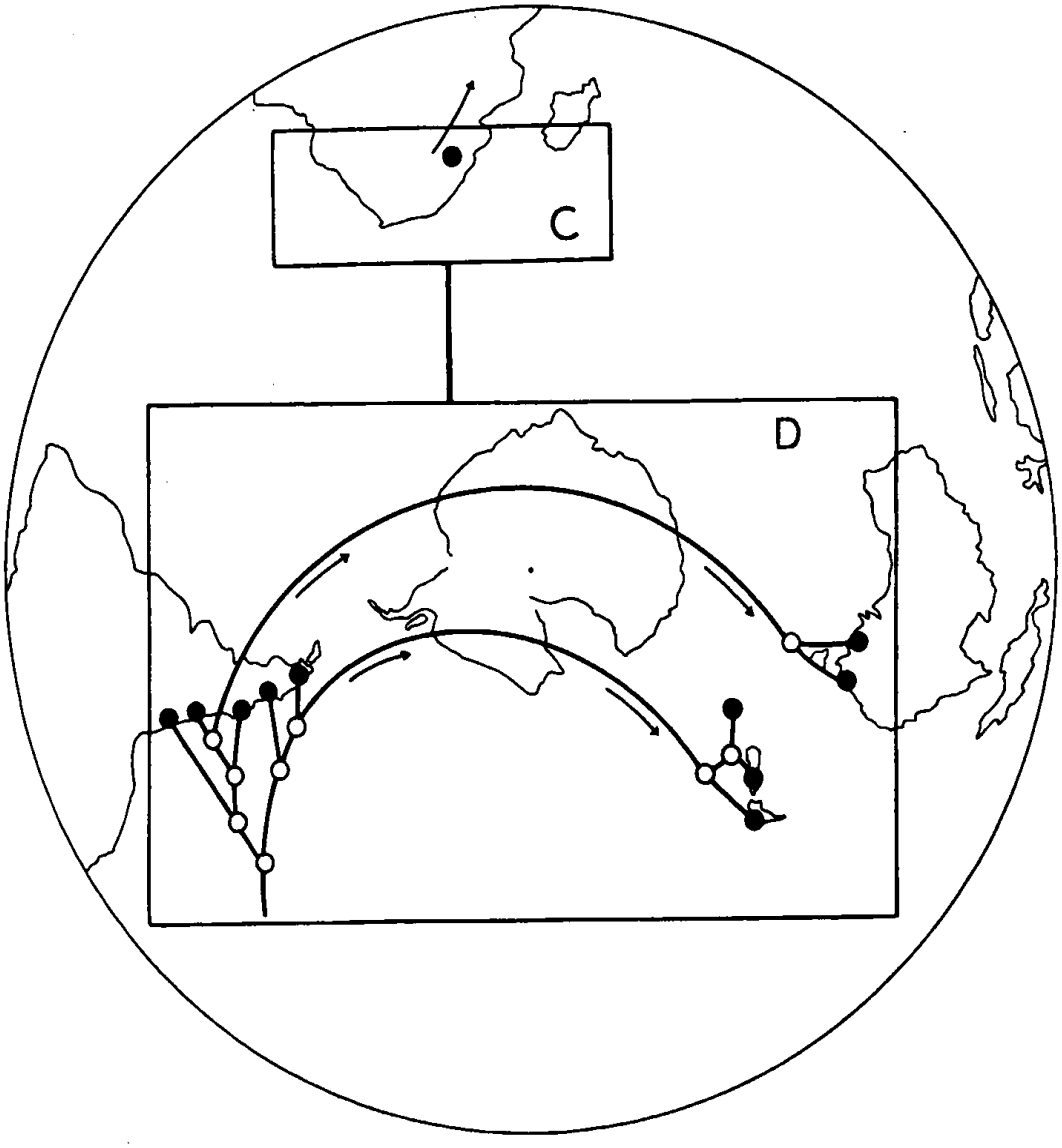
- Topologies identiques des cladogrammes: répétions de patterns identiques chez des groupes d'organismes phylogénétiquement éloignés qui forment les biotas
- Information cohérente (non « ambiguë »)
- **Les dispersions sont aléatoires et ne peuvent produire la congruence**
- Seuls les phénomènes à grande 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 ?

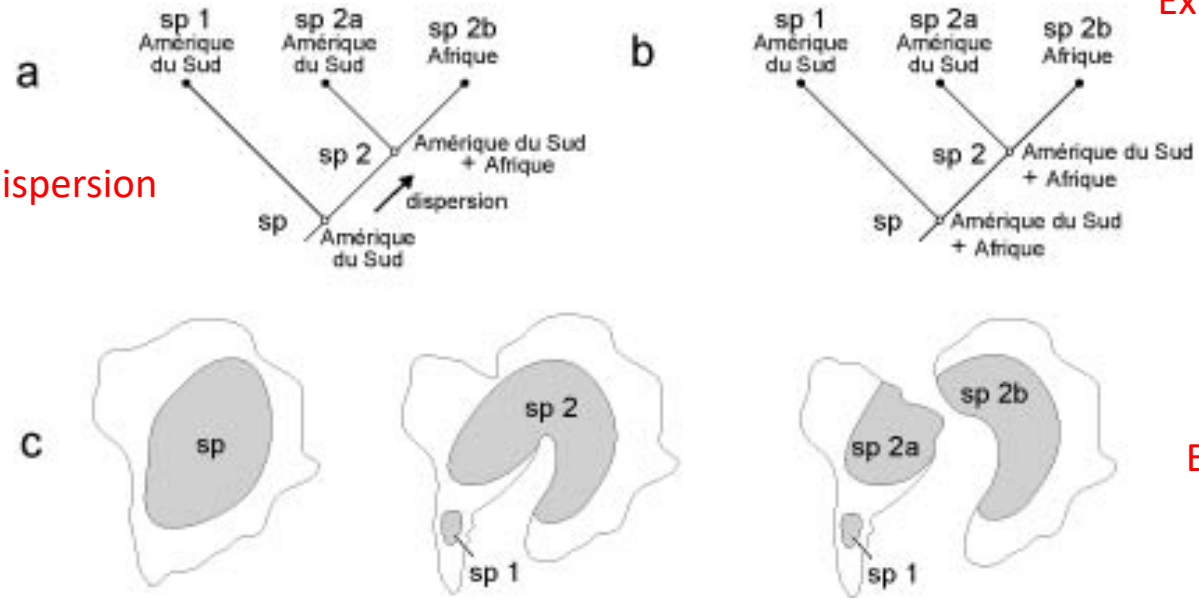
La "distorsion" du cladogramme veulent souligner les dispersions supposées.
Il est à noter que cette figure fut dessinée en 1966, avant l'acceptation de la tectonique des plaques par la communauté scientifique.

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.

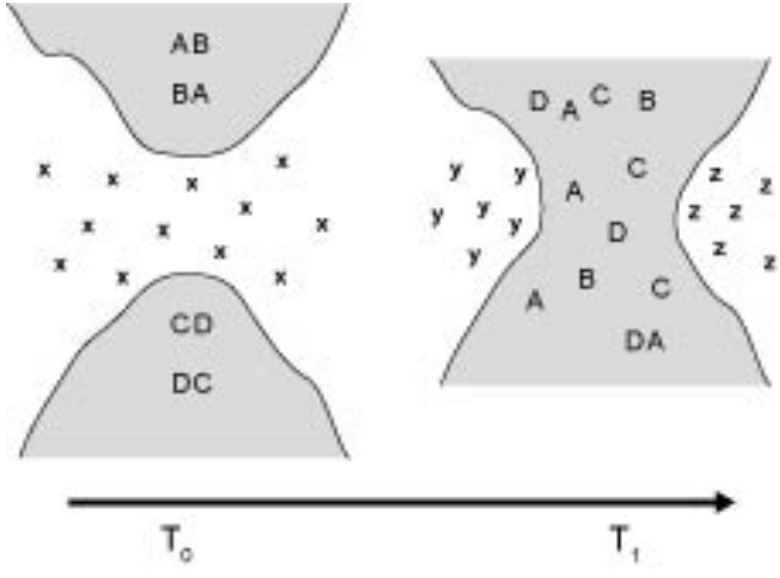
Vicariance ou dispersion?

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.

Divergence et convergence biogéographique

Deux continents séparés par un bras de mer: faunes terrestres éndémiques et faunes marines identiques



Collision continentale et création de deux bras de mer: séparation des faunes marines et mélange de faunes terrestres

Dispersions et vicariances, au moins à l'échelle des biotas, se produisent pendant les phases de convergence et divergence biogéographiques.
L'émergence de l'Isthme de Panamà au Pliocène est un cas d'école très pédagogique car de nombreuses études ont montré à la fois l'échange qui s'est produit chez les faunes de vertébrés autrefois endémiques à l'Amérique du Sud et du Nord et la vicariance des faunes marines.

Conclusions

Le débat autour des modèles biogéographiques classiques ne remet pas en cause la réalité de l'évolution mais clarifie certaines hypothèses sur les mécanismes du processus évolutif.

Le "volet biogéographique" de la théorie de Darwin a été conçu à un moment historique où l'on ne pouvait démontrer la dérive des continents et l'expansion des fonds océaniques. Dans un contexte géographique considéré fixe et immuable il était difficile, voire même impossible, de soutenir de manière crédible et convaincante l'alternative de la vicariance.

La dérive continentale, démontrée depuis Croizat grâce à la biogéographie, est en accord avec l'idée de la vicariance qui apparaît donc un mécanisme évolutif très important.

La biogéographie permet ainsi de mettre en évidence le lien étroit entre l'évolution de la Vie et l'évolution de la Terre.