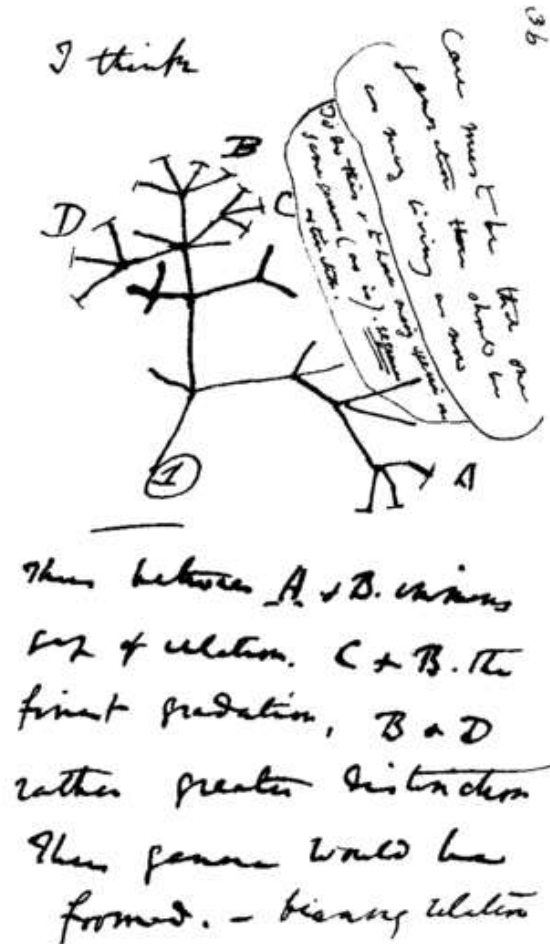
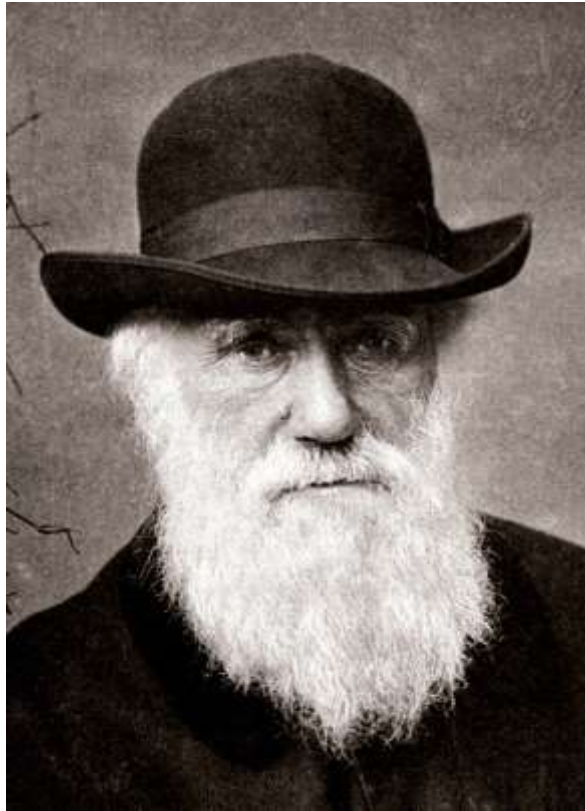


B10 Les mécanismes de l'évolution



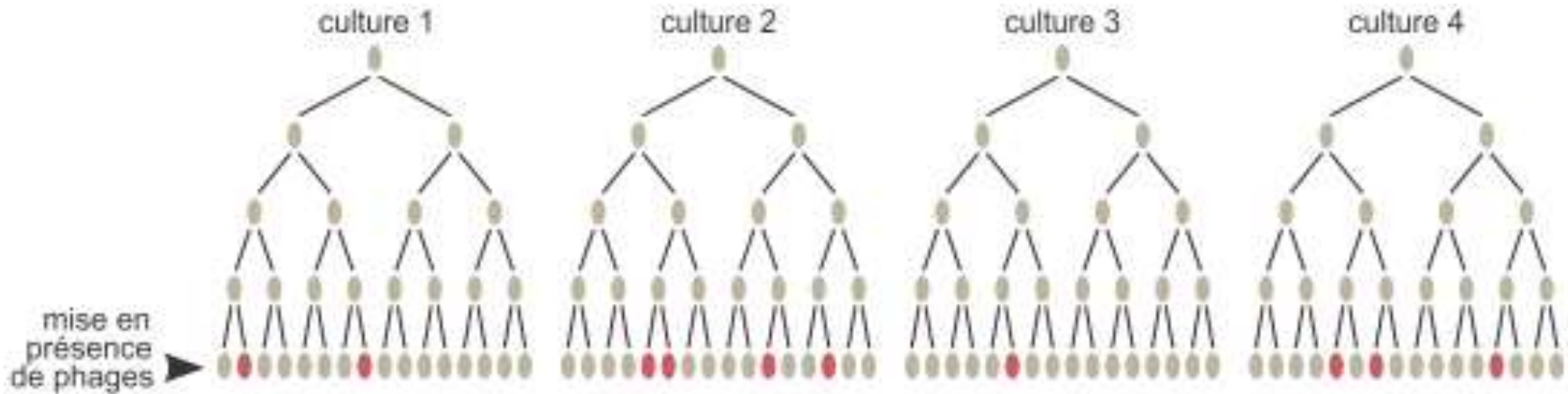
Par Elliott & Fry — Swarthmore.edu (1st version); Flickr (second version), original source Corbis Images, Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=443325>

La première esquisse de Darwin d'un arbre phylogénétique tirée de son First Notebook on Transmutation of Species (1837).

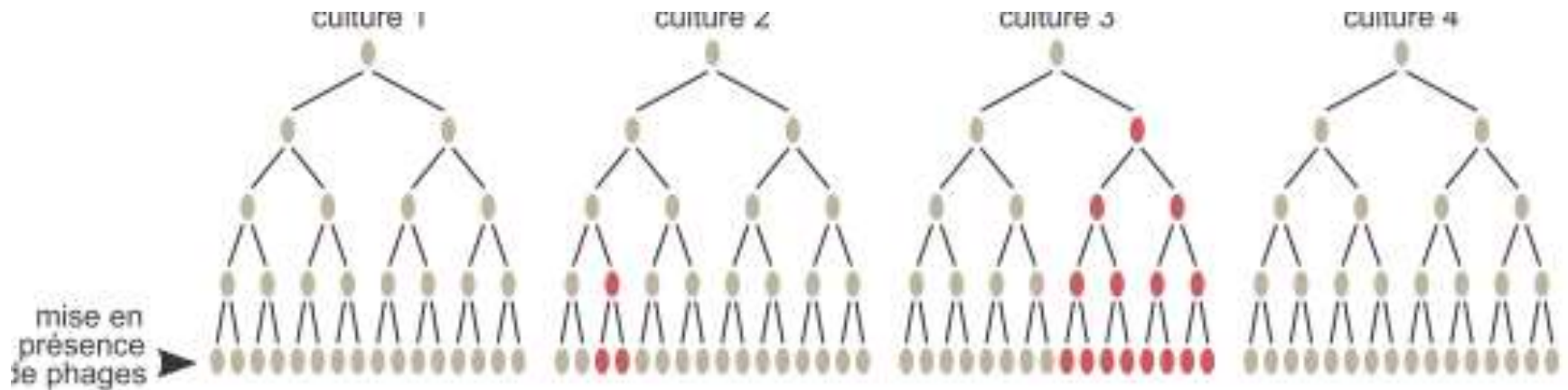
Doc 1- Acquisition de la résistance de bactéries à des phages

Biologie BCPST2. Peycru & al. Dunod 2014

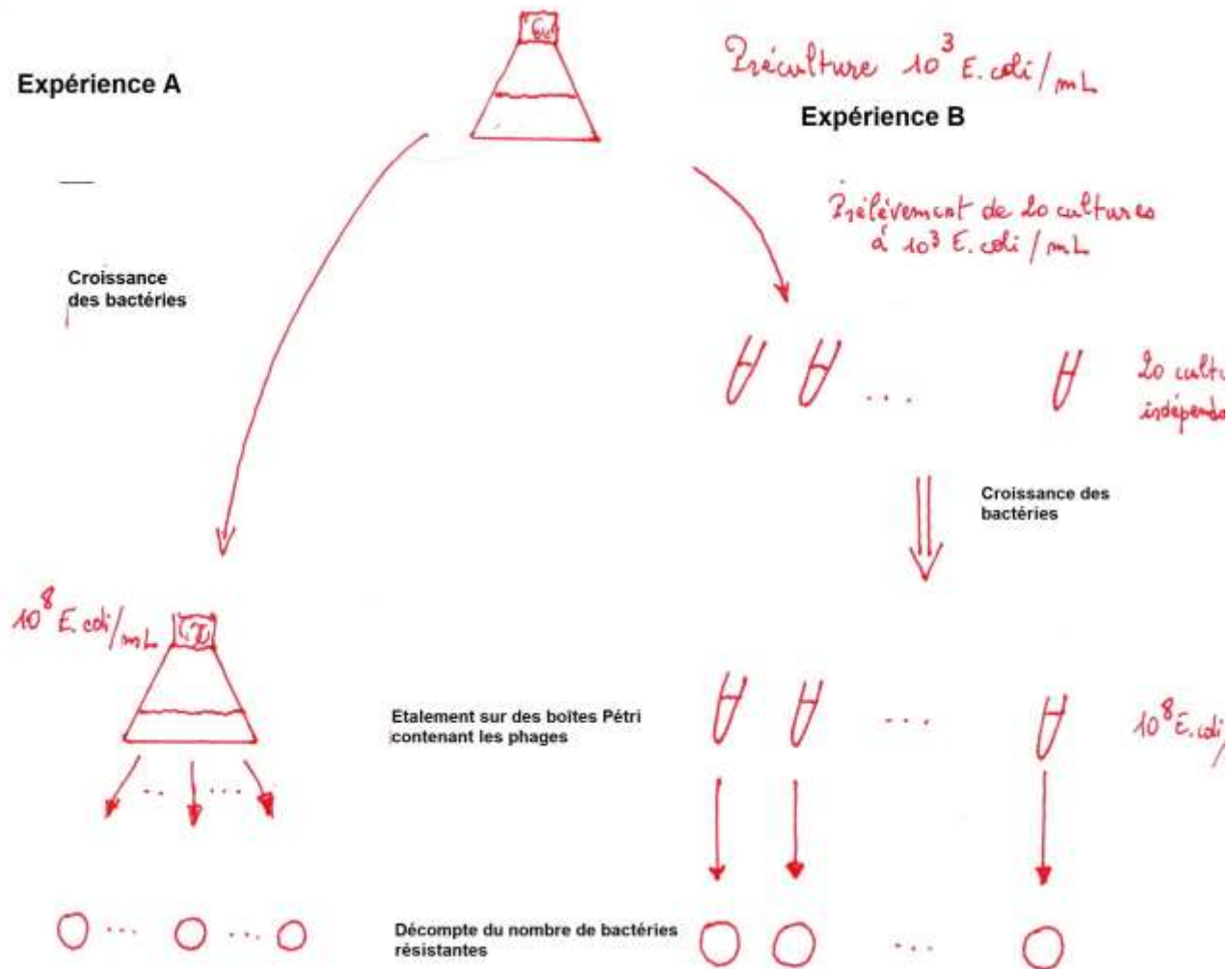
Hypothèse adaptative : induction des mutants par contact avec le phage



Hypothèse mutationnelle : apparition spontanée et aléatoire des mutants



Doc 2 Le test de fluctuation de Luria et Delbrück. Protocole



B10.1 c Nombre de colonies résistantes

	Culture unique de grand volume Expérience A	Cultures indépendante de petit volume Expérience B
moyenne	16,7	11,3
variance	15	752

Le test de fluctuation de Luria et Delbrück. Protocole

2 hypothèses { mutationnelle : les mutations sont aléatoires
adaptative : les mutations sont induites par la présence des phages

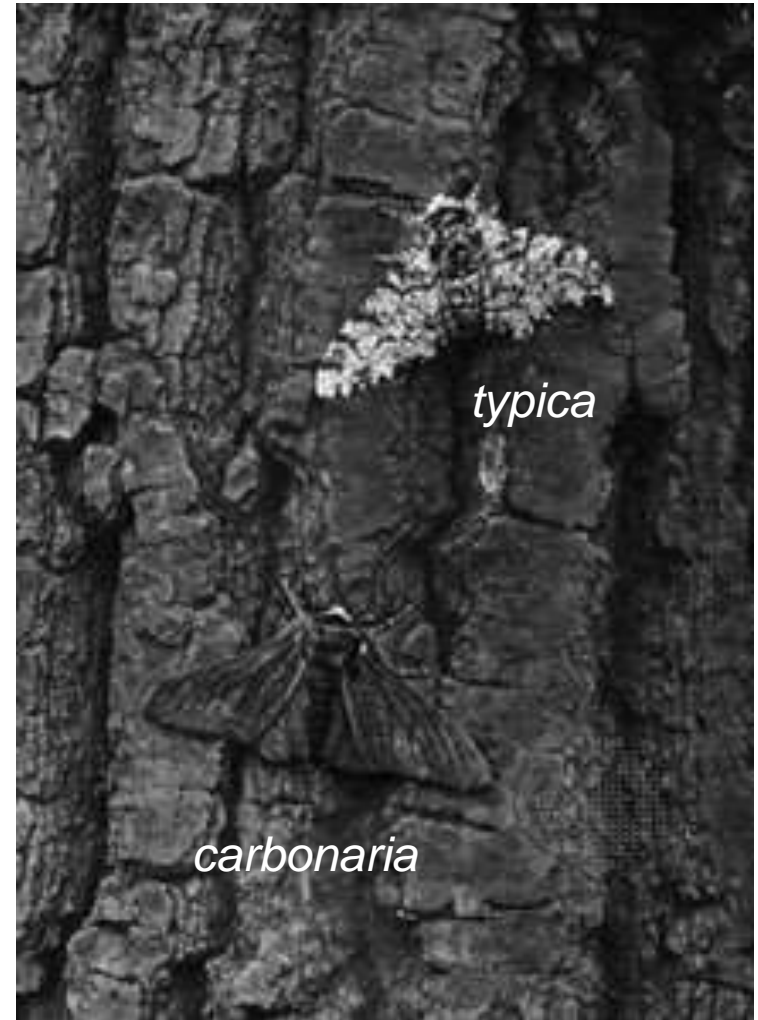
Protocole : deux situations



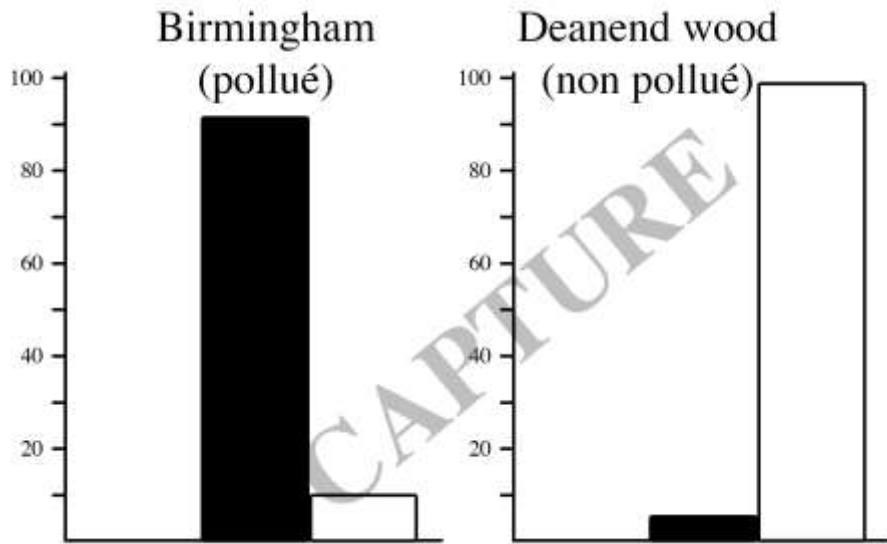
Variabilité phénotypique de la phalène du bouleau



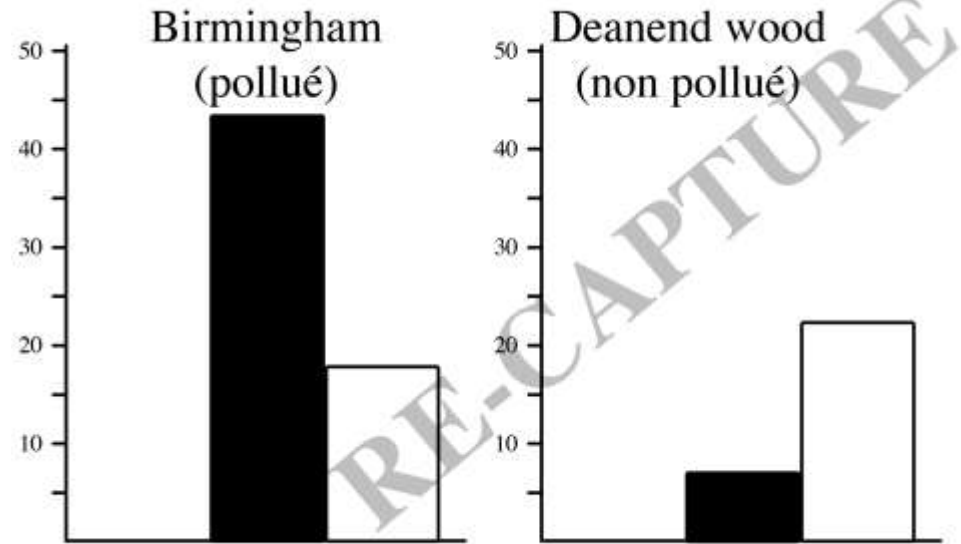
Morphe *typica* Sur un tronc couvert de lichens.



Sur un tronc dépourvu de lichens.



Proportion d'individus *B. carbonaria* (histogramme noir) plus grande en milieu pollué plus faible en milieu non pollué

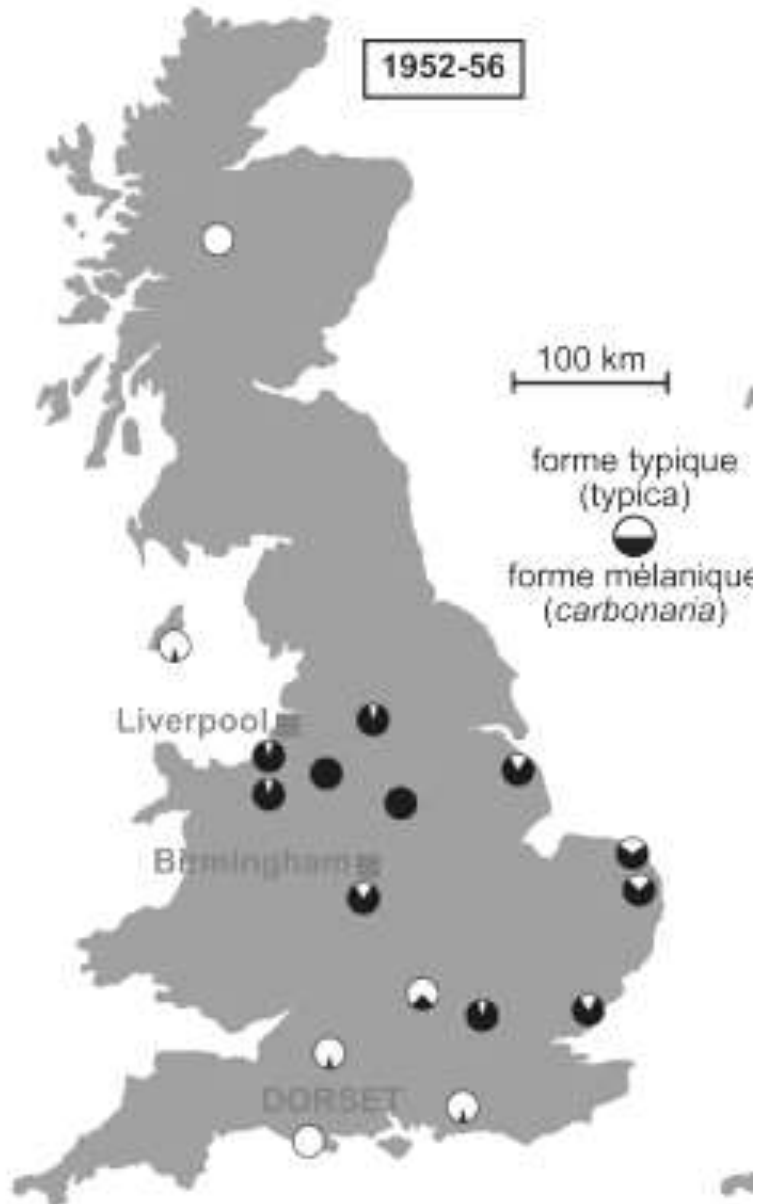


La forme carbonaria est bien avantagée en milieu pollué en termes de survie. (les 2 formes ont des longévités similaires)

Doc 4

Évolution de la distribution géographique des variants au Royaume-Uni

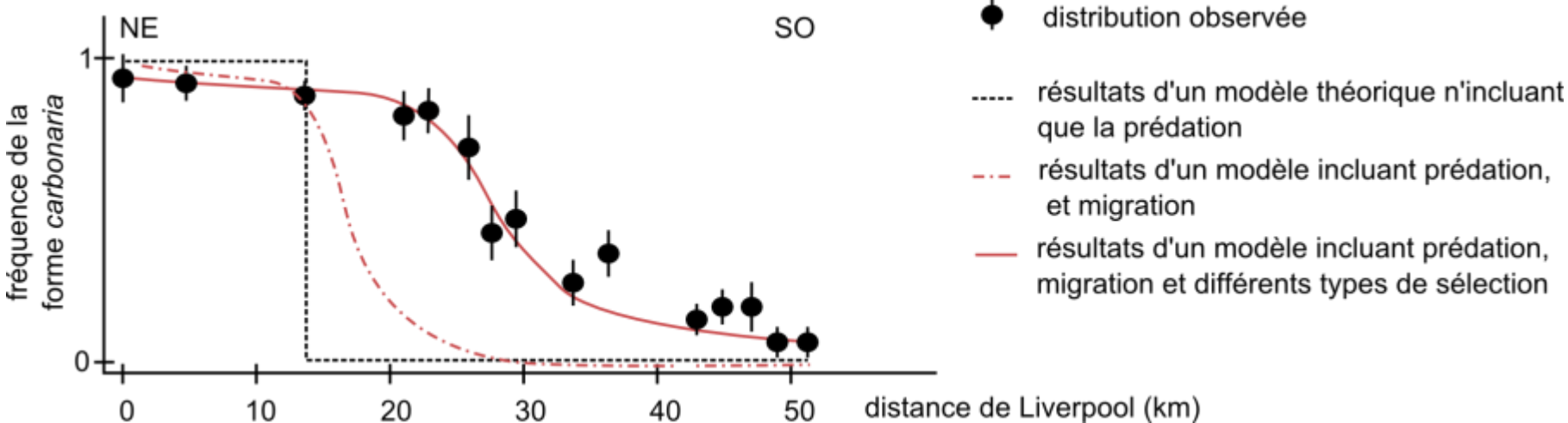
Biologie BCPST2. Peycru & al. Dunod 2014



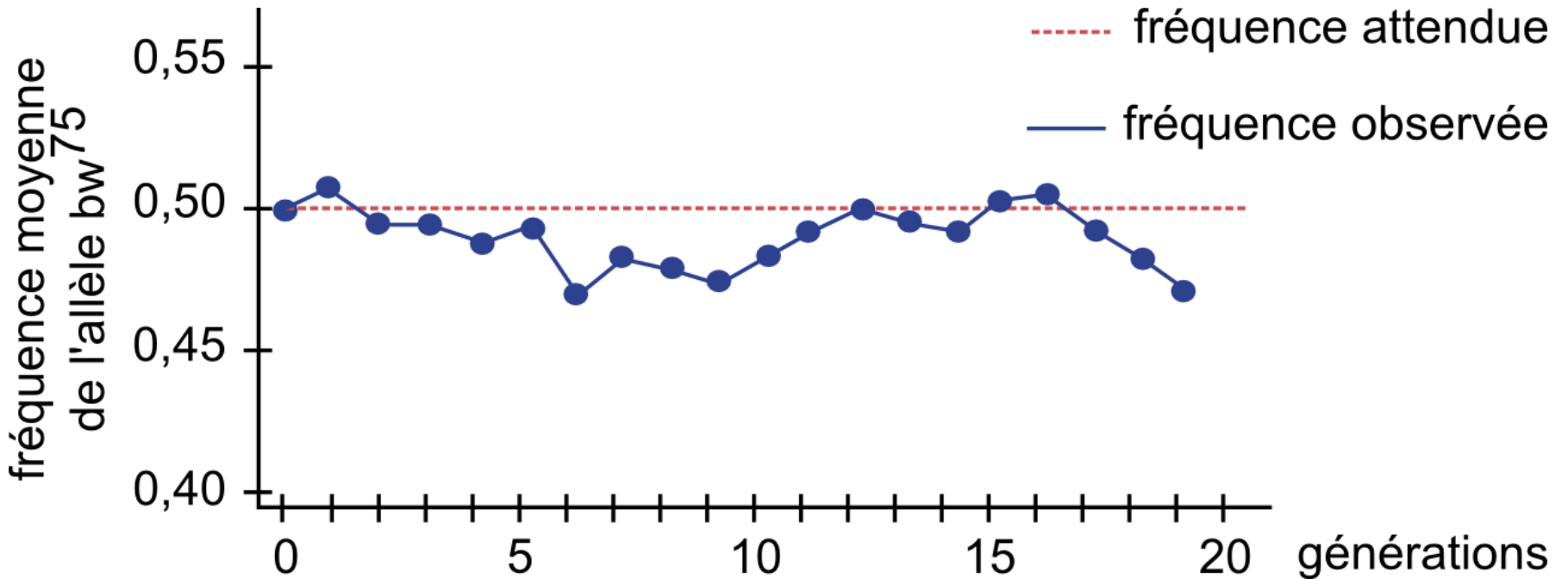
Effectifs et mortalité des deux morphes

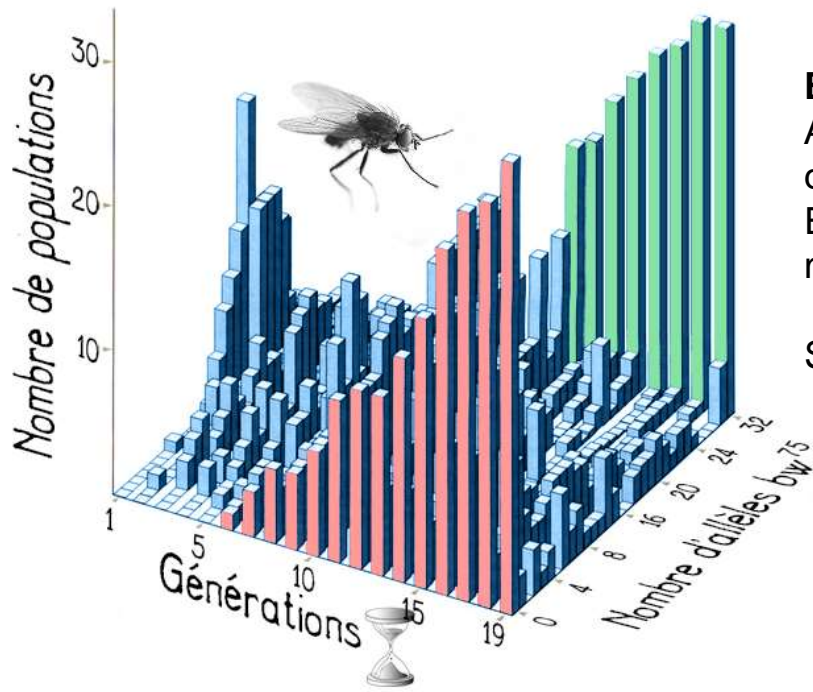
	région de Birmingham	Dorset
% carbonaria	85-87 %	2-3 %
Mortalité de carbonaria / typica	1/2	2

Doc 5 Évolution de la fréquence des phalènes *carbonaria* le long d'un transect entre Liverpool (z. industrielle) et le nord du pays de Galles (z. rurale)



Doc 6. Évolution de la fréquence allélique dans une population d'effectif fini illustrée par l'expérience de Buri (1956)



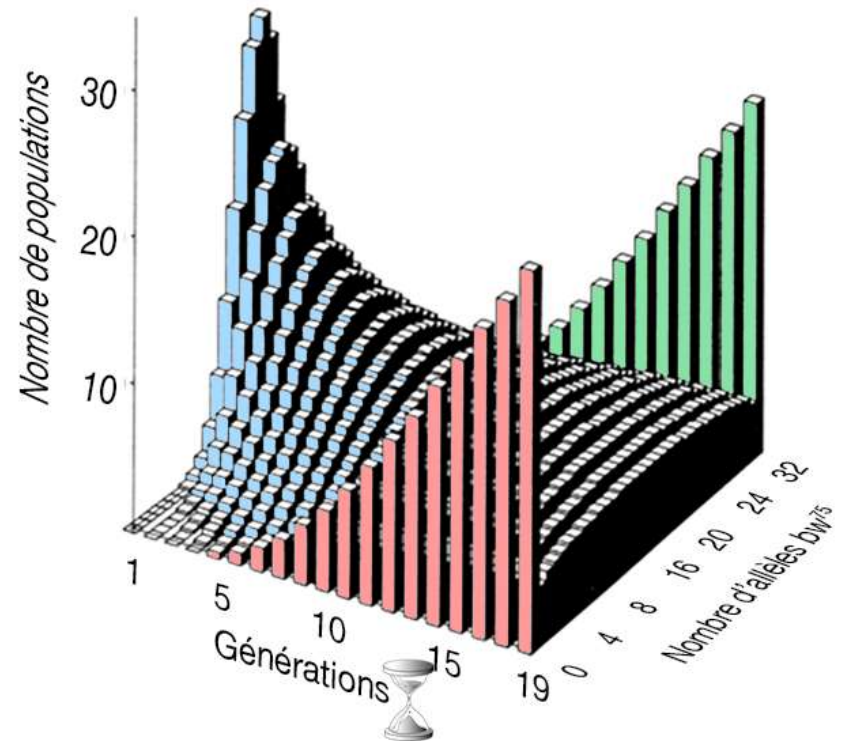


Expérience de Buri:

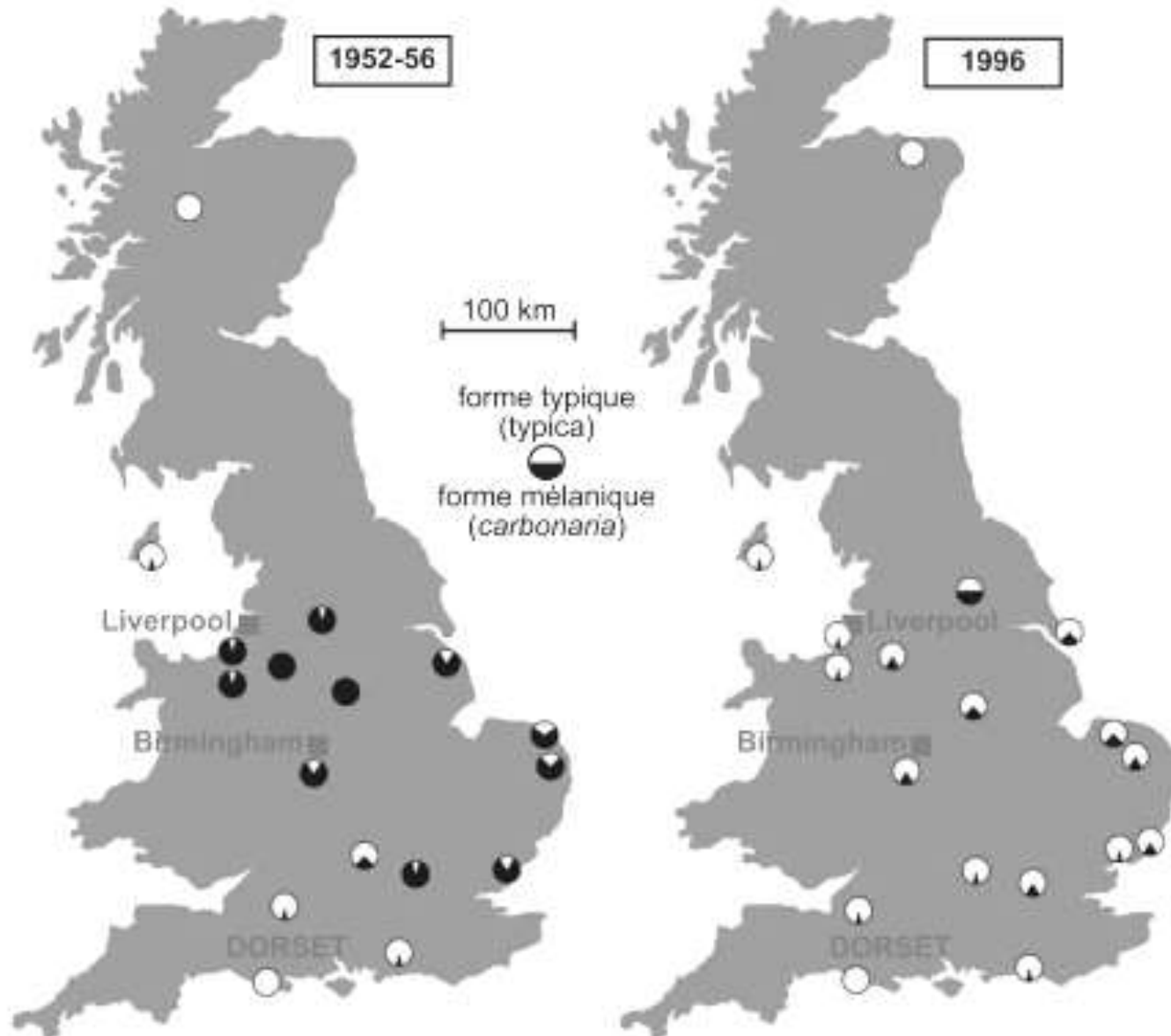
A gauche: les résultats de l'expérience montrant la fixation de l'allèle bw^{75} au bout de 19 générations

En dessous : résultat théorique comparable par modélisation numérique

Source: Anselme B, Biomathématiques, Dunod



Évolution de la distribution géographique des variants au Royaume-Uni.





Parade nuptiale chez les Tétrax des armoises

mons.wikimedia.org/w/index.php?curid=42087592



Dimorphisme sexuel chez le Lucane cerf volant

Le **principe de Fisher** explique pourquoi, pour la plupart des espèces, le sexe-ratio est approximativement de 1:1.

Il suppose que le « coût de production » soit identique pour produire un mâle ou une femelle.

Supposons que les naissances mâles soient moins fréquentes que les naissances femelles. La population comprend moins de mâles que de femelles.

Un nouveau-né mâle a alors des chances d'accouplement plus élevées qu'une nouveau-née femelle. Par conséquent il peut s'attendre à avoir plus de descendants (qu'une femelle).

Donc les parents génétiquement disposés à produire des mâles ont tendance à avoir un nombre de petits enfants plus élevé que la moyenne.

Par conséquent, les gènes qui tendent à produire des mâles se répandent, et les naissances mâles deviennent plus fréquentes.

Lorsque le sexe-ratio s'approche de 1:1, l'avantage donné à la production de mâles diminue jusqu'à disparaître complètement.

Ce raisonnement est identique si les rôles des femelles et des mâles sont inversés.

Le sex-ratio 1:1 est donc la stratégie évolutivement stable, c'est-à-dire la valeur d'équilibre du sexe-ratio.

Extrait de Wikipédia : *Fisher 1930 The Genetical Theory of Natural Selection*

Maintien de l'anémie falciforme



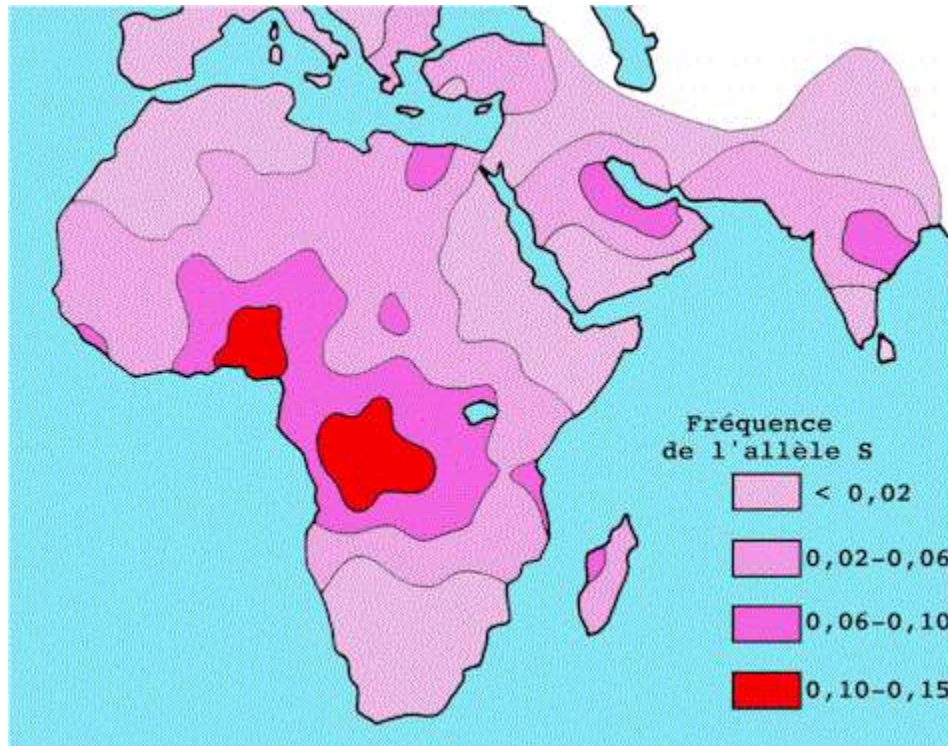
HbS//HbS : espérance de vie diminuée

HbA//HbS : peu de symptômes

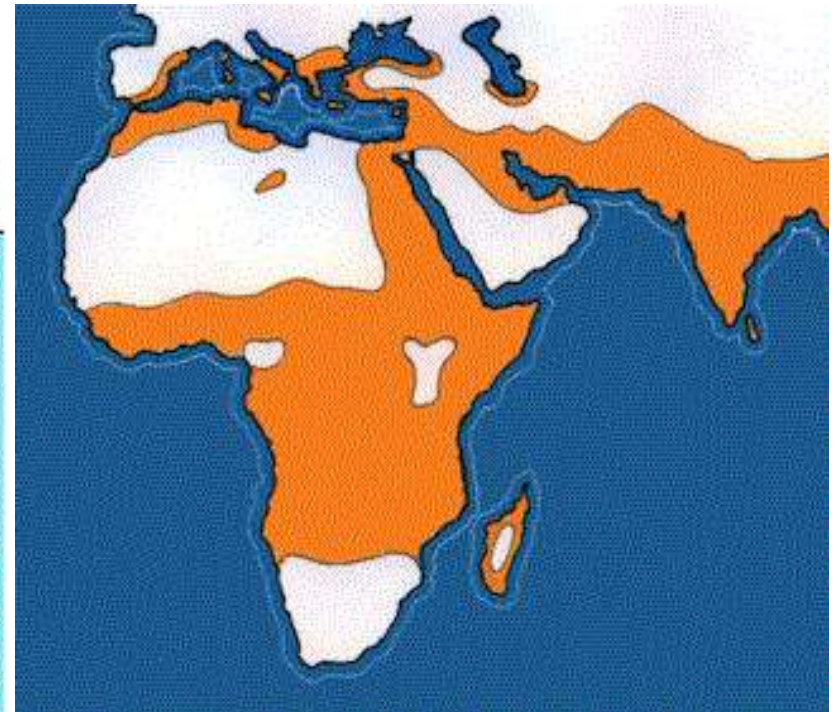
HbA//HbA : sains

Répartition géographique

De l'anémie



Du paludisme



Maintien de l'anémie falciforme



Pas de multiplication de l'agent du paludisme

{	HbS//HbS : espérance de vie diminuée
	HbA//HbS : peu de symptômes
	HbA//HbA : sains

Îles Galapagos





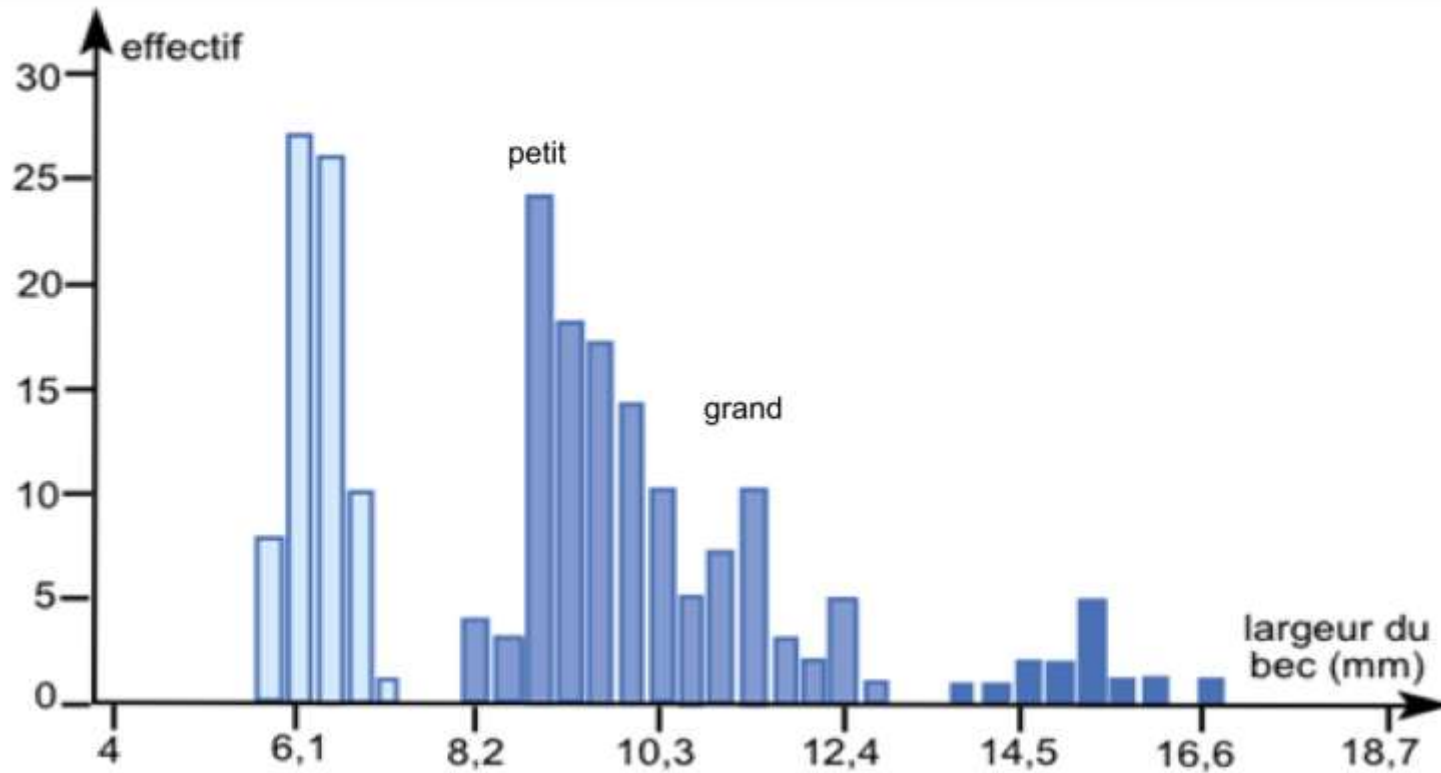
G. fuliginosa



G. fortis



G. magnirostris



Yucca sp. (Agavacées)

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/arbres/yucca.htm>



Papillons pollinisateurs



Figure 3.1.

Pellmyr O. 2003, ANN. MISSOURI BOT. GARD. 90: 35-55.

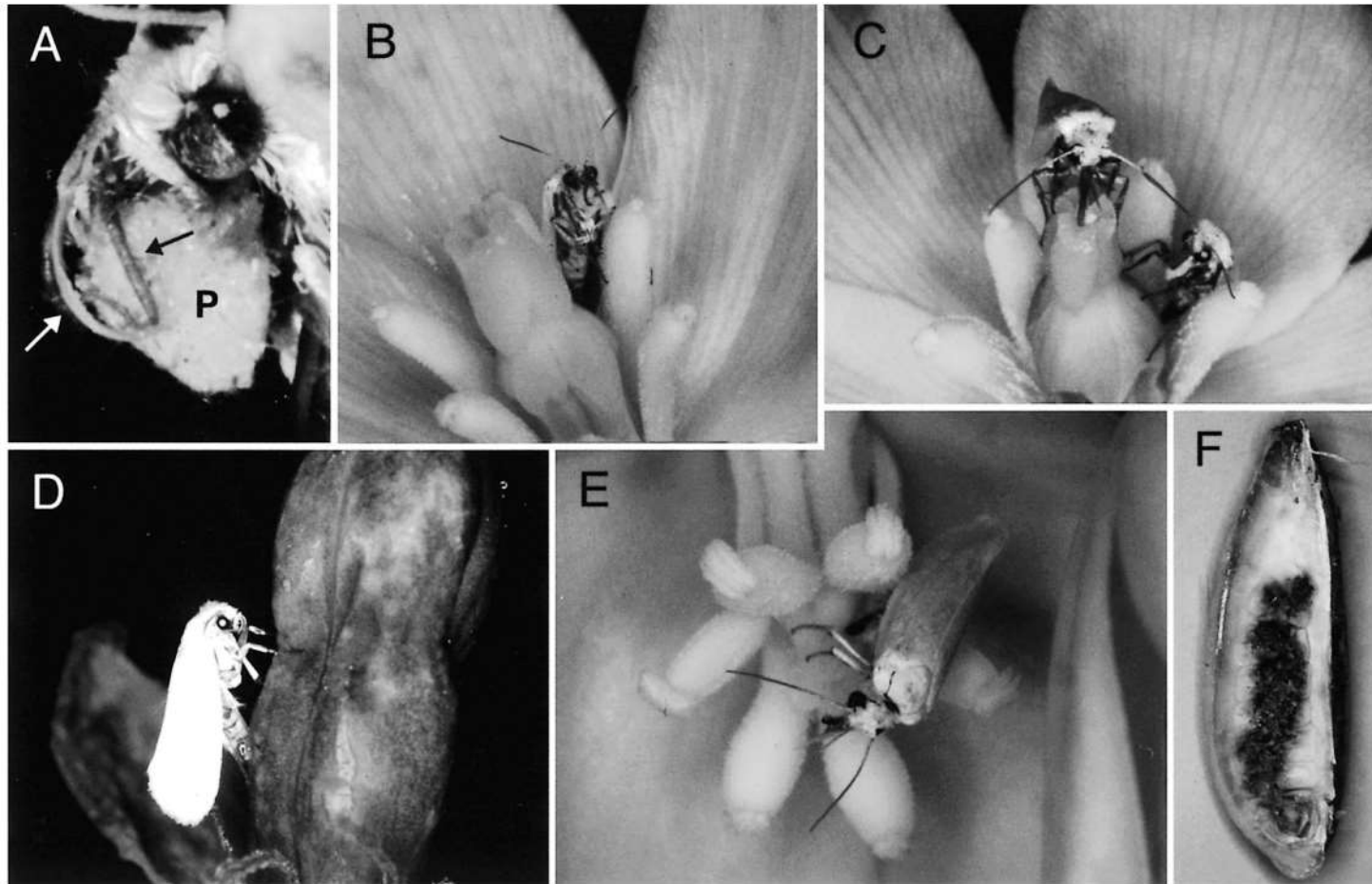


Figure 3.2. Nombre des espèces de yucca (espèces hôtes) recensées pour les différentes espèces de mites du yuccas (genres *Tegeticula* et *Parategeticula*). *Pellmyr O. 2003, ANN. MISSOURI BOT. GARD. 90: 35–55.*

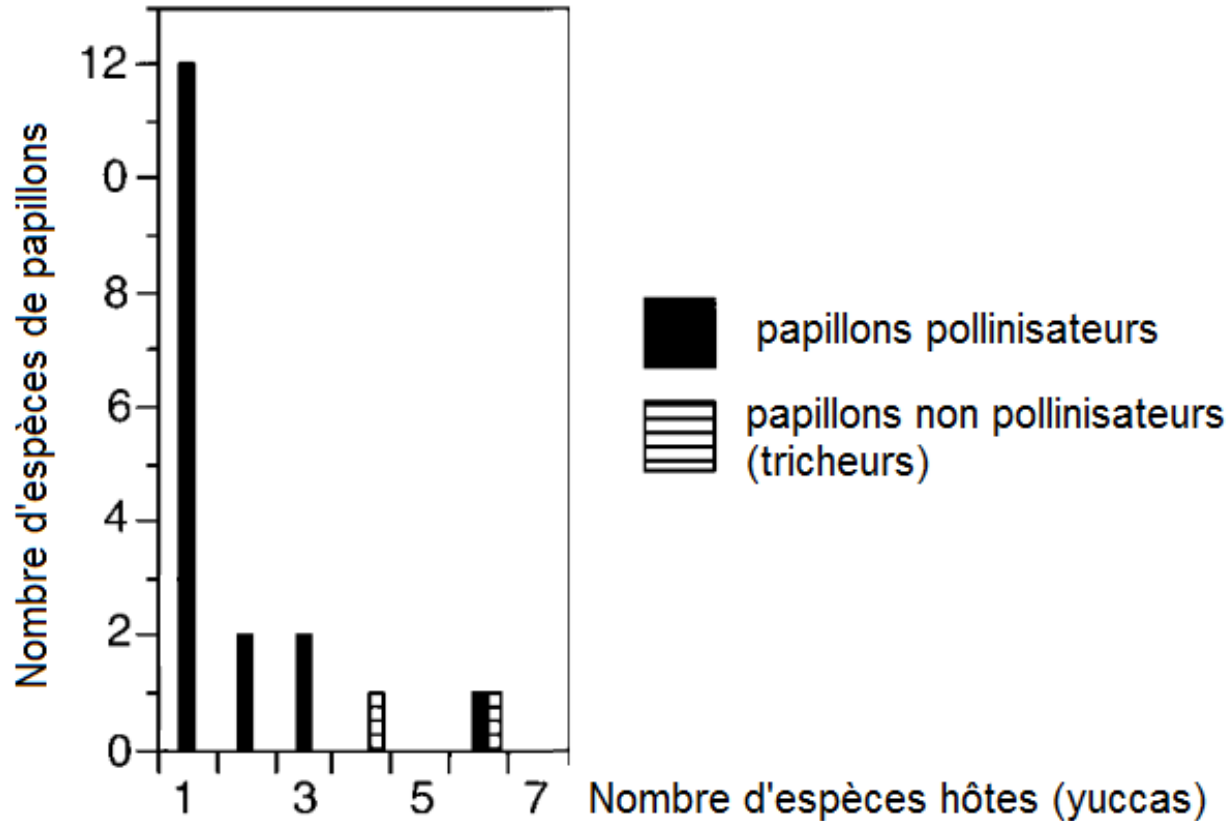


Figure 3.3. Proportion de fleurs donnant des fruits, en fonction du nombre d'œufs pondus par fleur chez un yucca.

Cité par SELOSSE M.A. & TULLY T.2009

Le diamètre des cercles est proportionnel au nombre de cas observé

Proportion de
fleurs donnant
des fruits

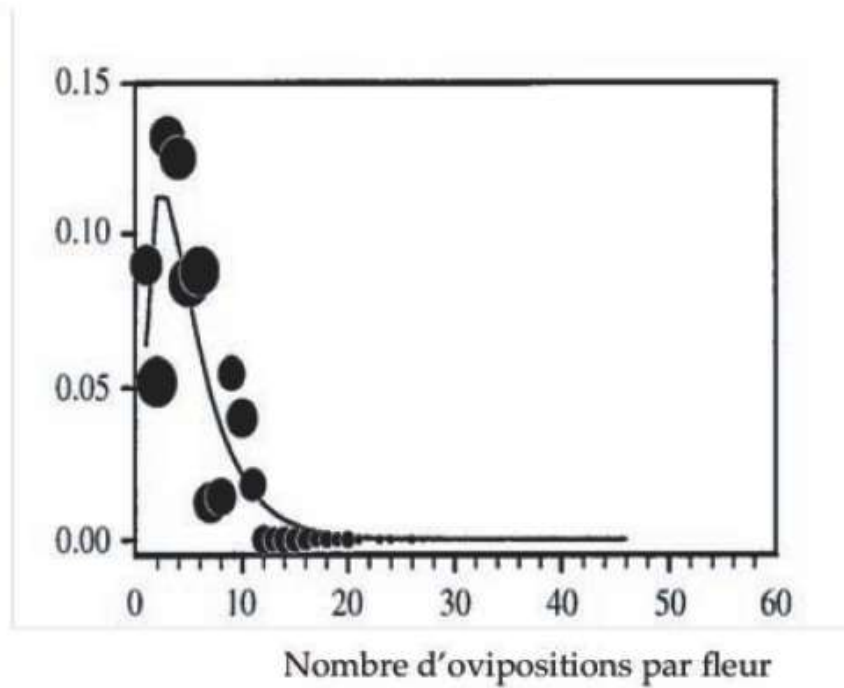
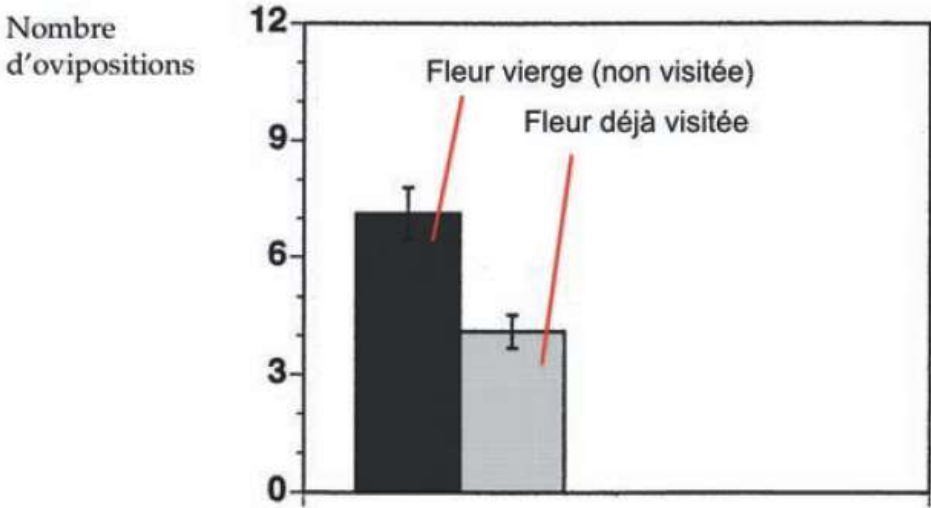
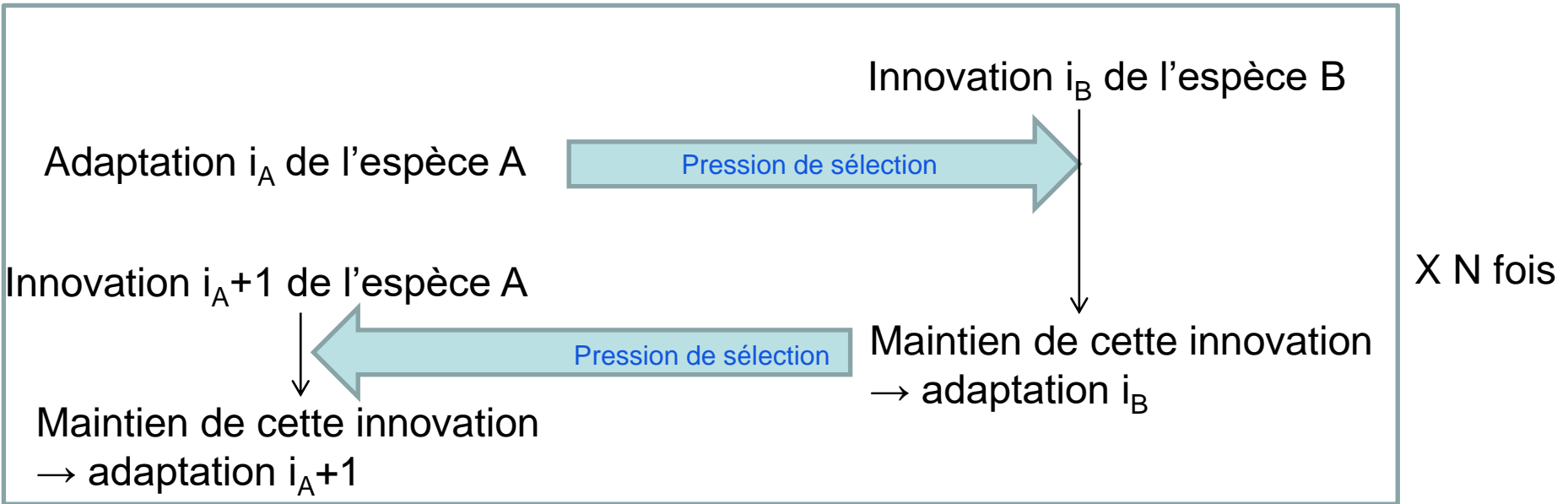


Figure 3.4. Nombre d'ovipositions (moyenne \pm écart standard) effectuées par des femelles de *Tegeticula yuccasella* dans un choix entre fleurs déjà visitées ou non.

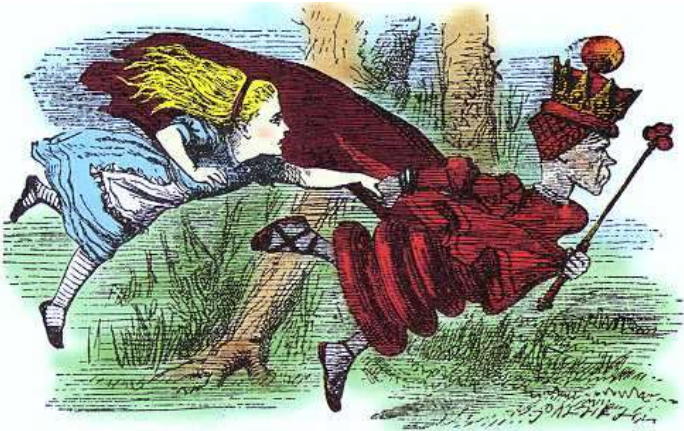
Cité par SELOSSE M.A. & TULLY T.2009



Coévolution (voir TP B10)



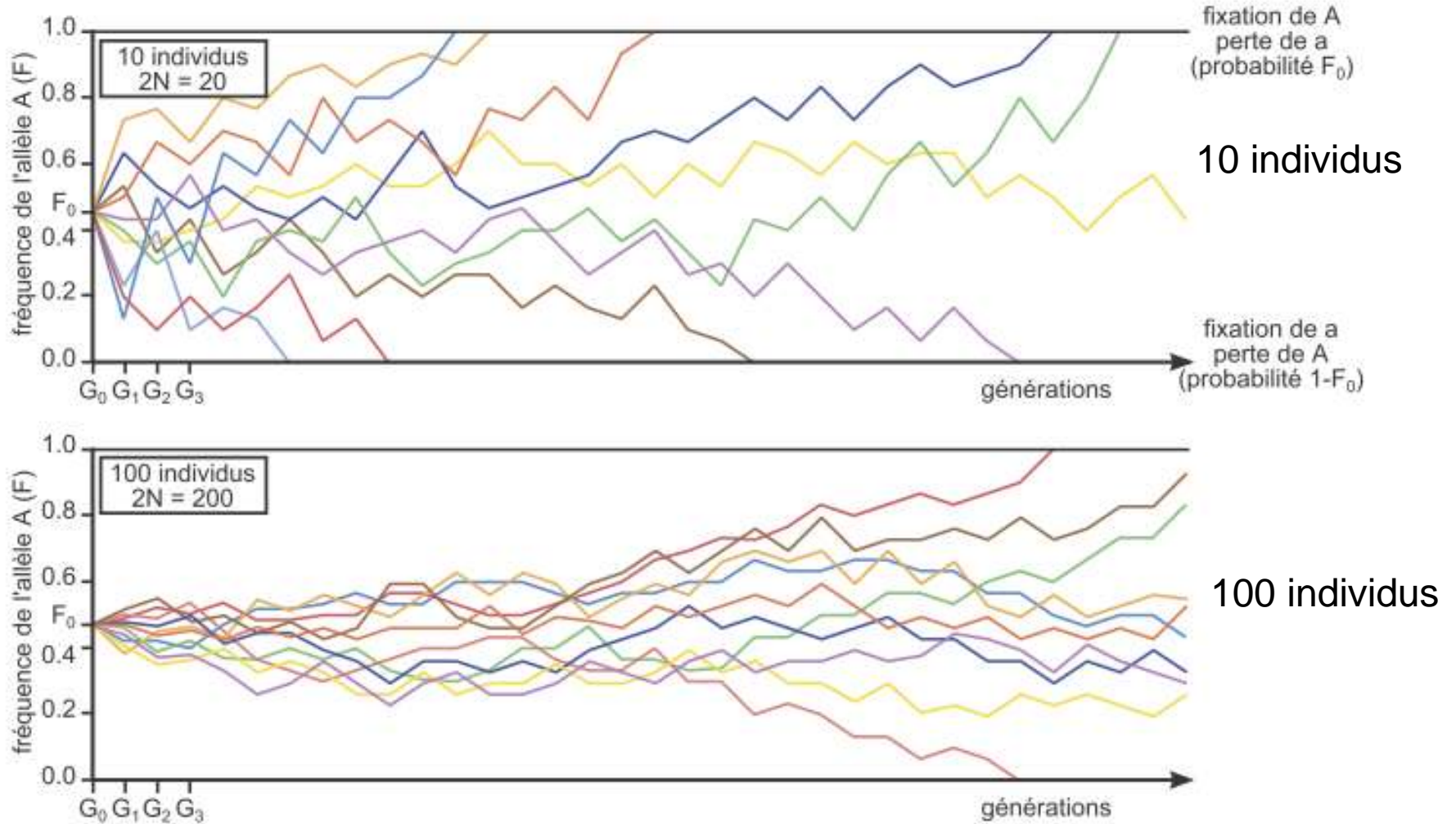
La coévolution peut se traduire par une « course aux armements »
« Théorie de la Reine rouge »



“ Now, here, you see, it takes all the running you can do, to keep in the same place”

. Effet de la dérive génétique sur la fréquence des allèles d'un même locus

Biologie BCPST2. Peycru & al. Dunod 2014



- Influence de la sex - ratio sur l'effectif efficace d'une population d'effectif constant

$$N_e = 4N_m.N_f / (N_m + N_f)$$

Effectif des mâles N_m	Effectif des femelles N_f	Effectif total N	Effectif efficace N_e
500	500	1000	1000
400	600	1000	960
200	800	1000	640
100	900	1000	360
10	990	1000	40
1	999	1000	4

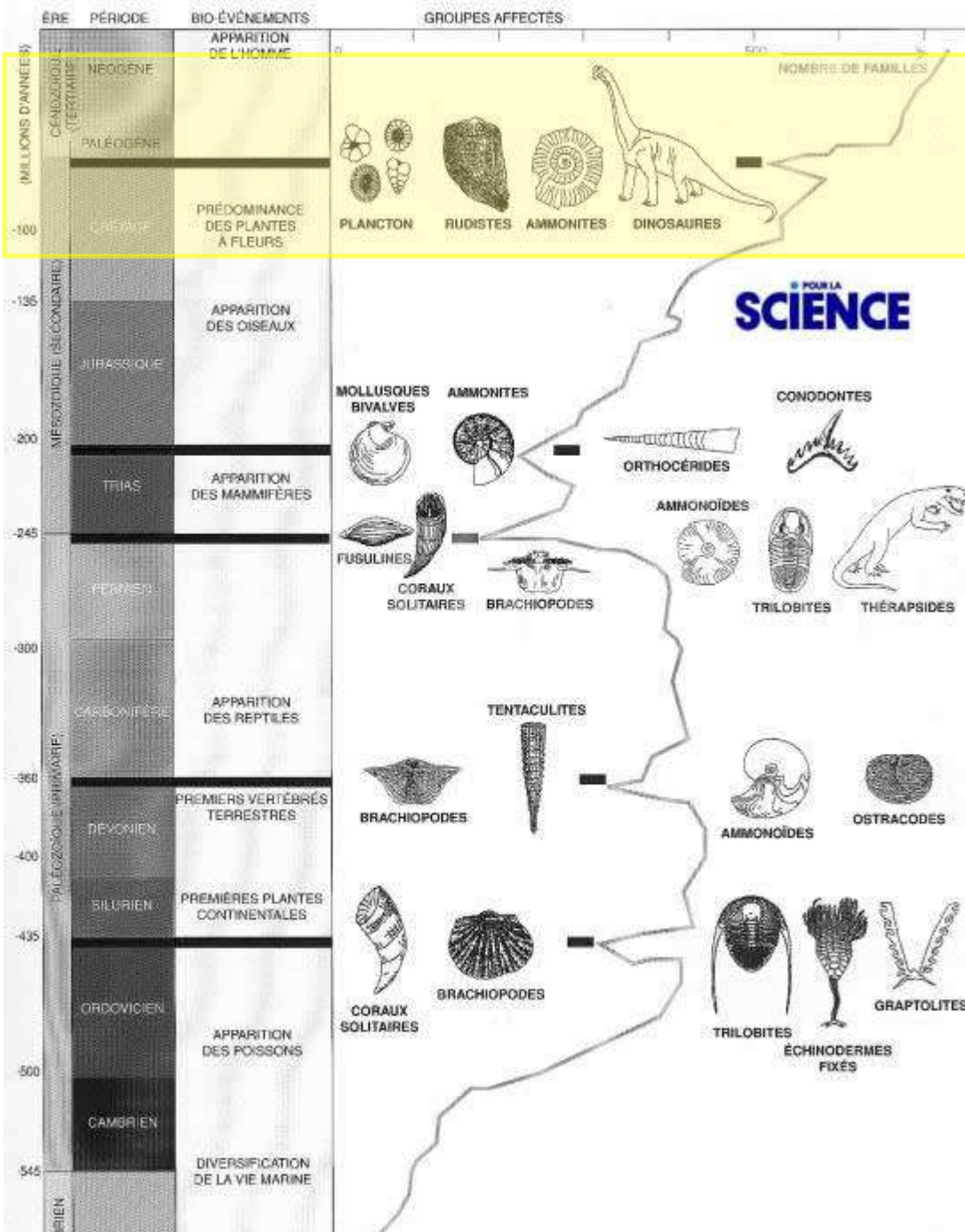
Tristan da Cunha

Peuplée à partir de 1817

27 habitants en 1827

261 membres en 1961, tous issus de 19 ancêtres

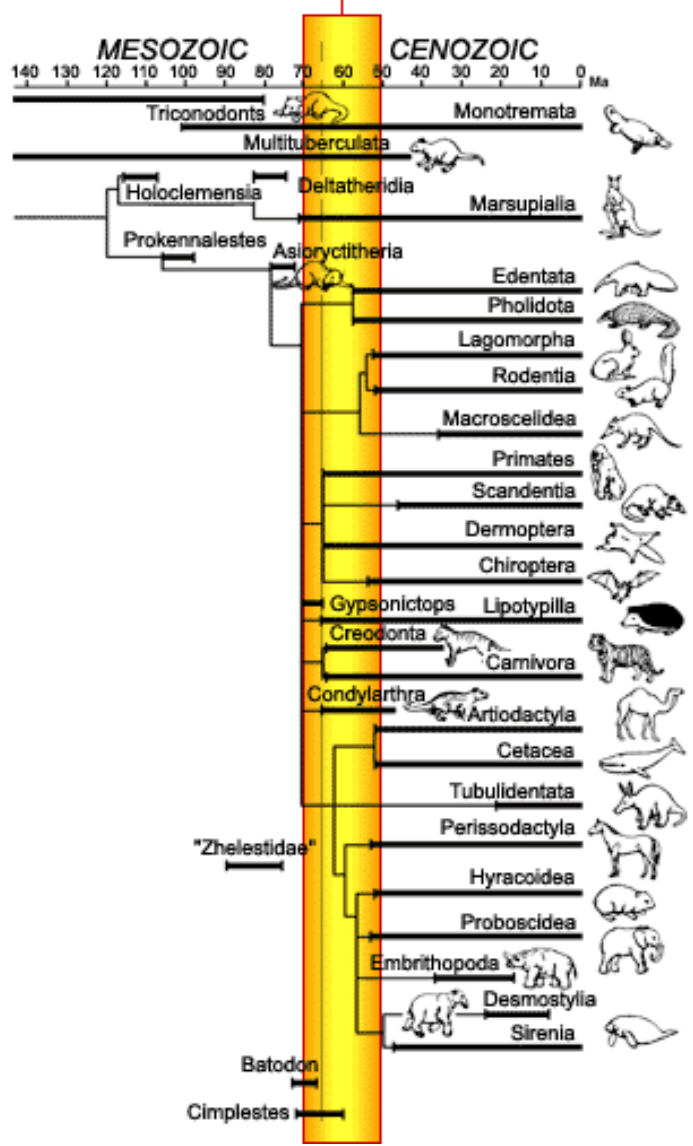
Fréquence d'asthme et de glaucome plus élevée que pour la moyenne des populations humaines



Les crises biologiques au cours du Phanérozoïque

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/limite-cretace-tertiaire.xml>

20 million years of rapid diversification



La radiation des Mammifères

<http://acces.ens-lyon.fr/acces/terre/limites/Temps/allee/comprendre/terre-moderne>

Lors des 15 derniers Ma du Crétacé
Diminution de la diversité des Dinosaures grands herbivores



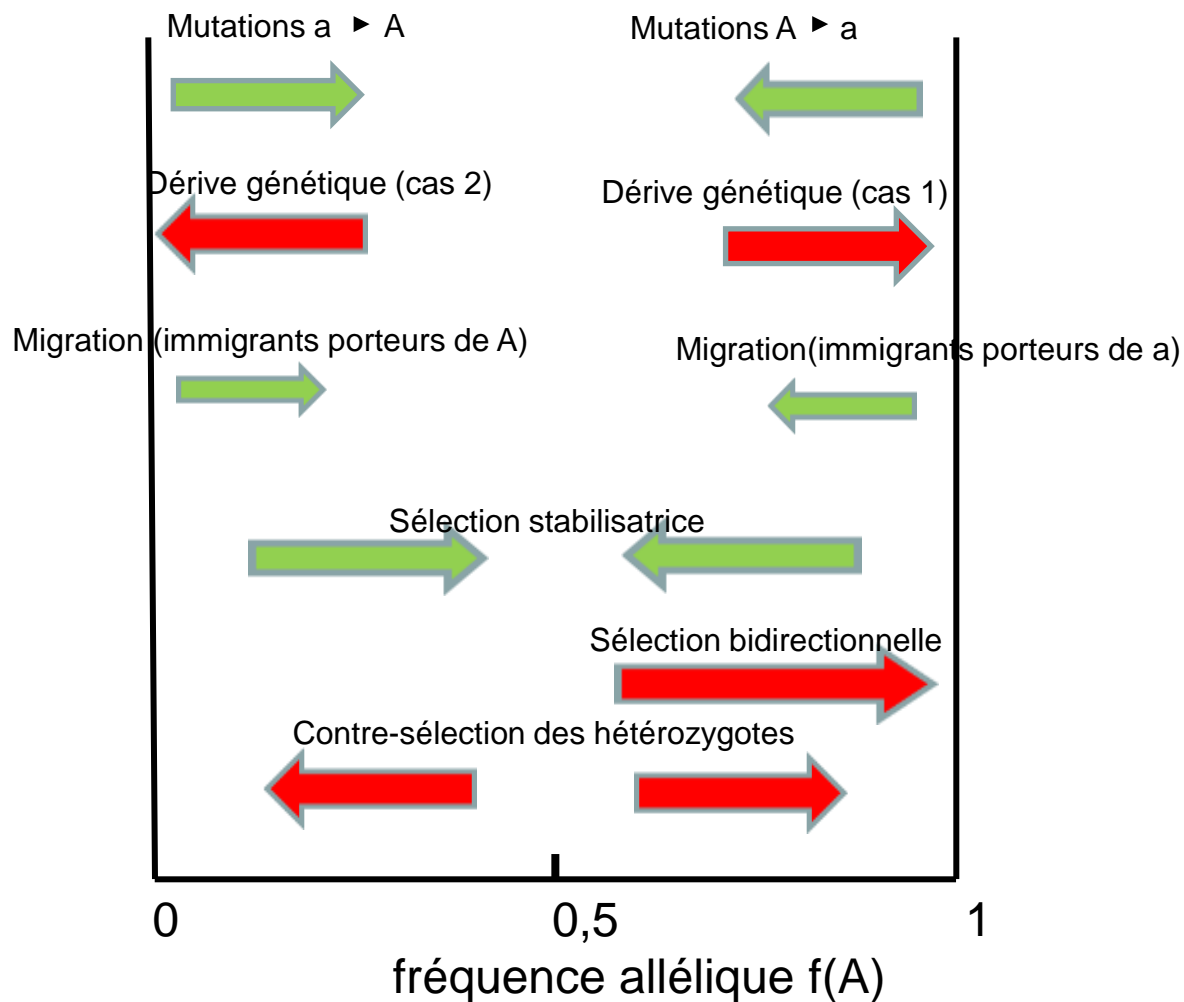
Triceratops




Edmontosaurus



Bilan : Effet des forces évolutives sur les fréquences alléliques d'une population (cas d'un couple d'allèles A et a)

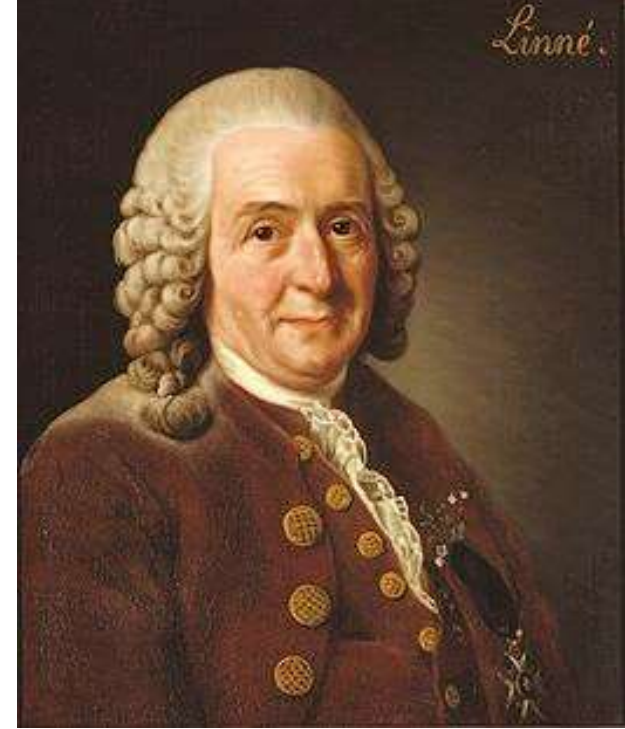


 Tend à augmenter la diversité allélique

 Tend à diminuer la diversité allélique

Carl von Linné (1707-1778)

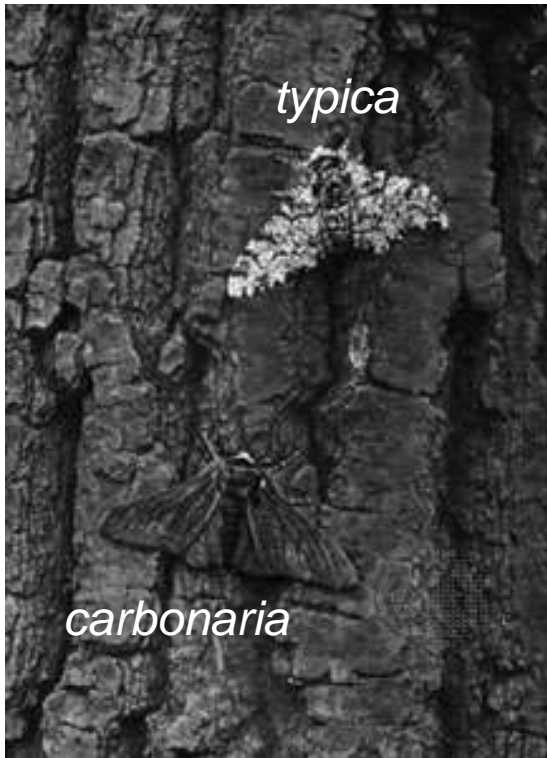
Père du concept de biodiversité par son identification de près de 6 000 espèces végétales et 4 400 animales



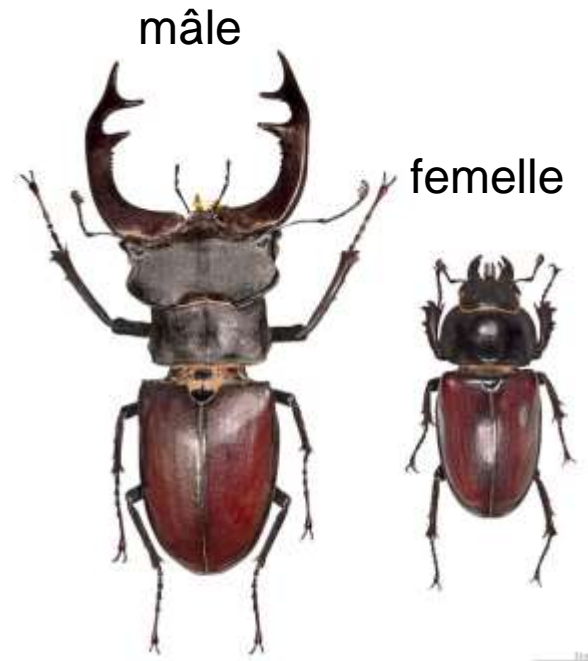
C'est une définition basée sur la morphologie, l'espèce est définie par comparaison avec un individu de référence conservé en muséum et qui a servi à décrire l'espèce, c'est le type d'où le nom d'espèce typologique.

Difficultés d'application du critère de ressemblance

Polymorphisme au sein d'une espèce



Phalène du bouleau



Lucane cerf-volant

Difficultés d'application du critère de ressemblance

Ressemblances entre deux espèces



Monarque (*Danaus plexippus*)



Vice-roi (*Limenitis archippus*)

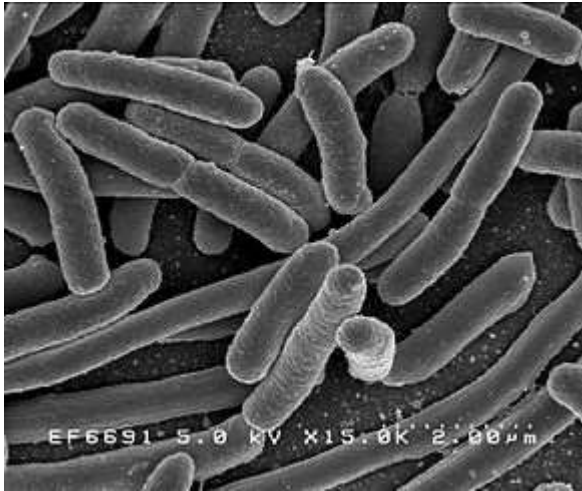
<http://www.butterfliesandmoths.org>

Apparentées : espèces jumelles

Non apparentées : convergence

Difficultés d'application du critère de ressemblance

Les bactéries



Colibacilles



Pseudomonas

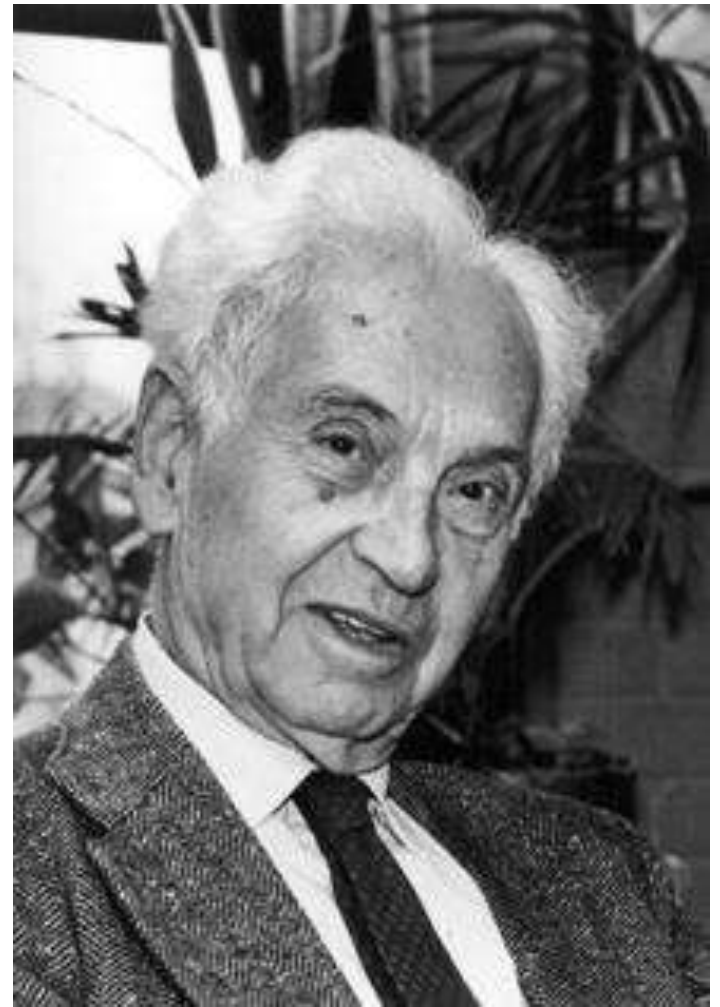
Mais possibilité de comparer des séquences d'ADN

Définition **biologique** de l'espèce



Mayr (1904-2005), définition de **1942** : « Les espèces sont des groupes de populations dont les membres peuvent se croiser entre eux et qui sont reproductivement isolés d'autres groupes ».

Définition **écologique** de l'espèce



Définition de Mayr de **1982**:

Une espèce est une communauté reproductrice de populations, reproductivement isolée d'autres communautés, et qui occupe une niche particulière dans la nature.

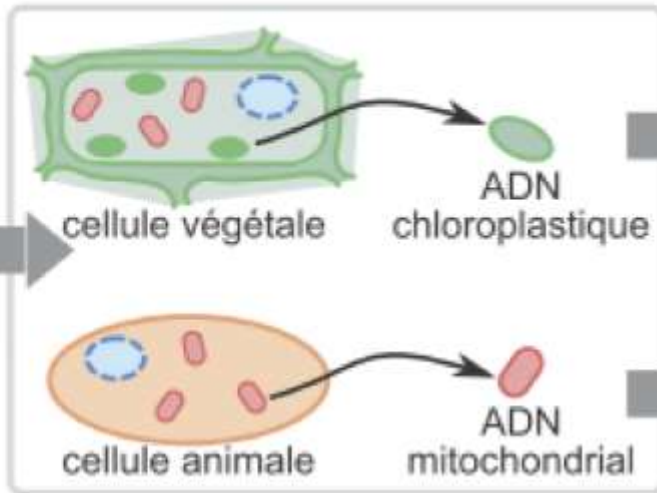
Doc 14. La procédure du barcodage

Biologie BCPST2. Peycru & al. Dunod 2014

COLLECTE DE SPECIMEN



EXTRACTION D'ADN

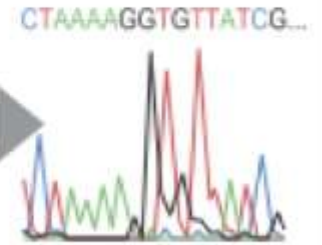


AMPLIFICATION

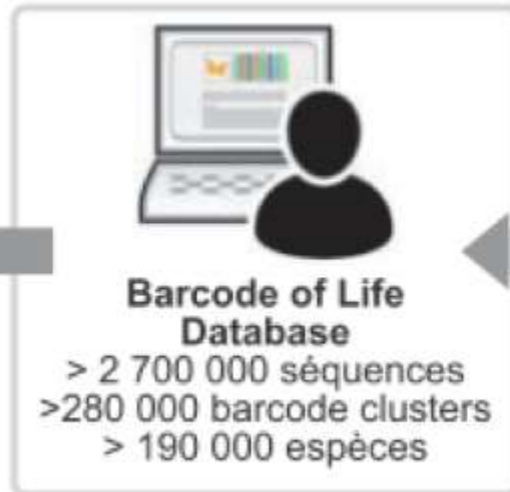
gènes
rbcL
matK

gène
COI

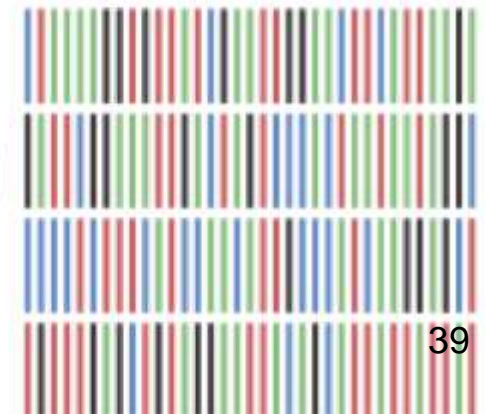
SÉQUENÇAGE



BASES DE DONNÉES

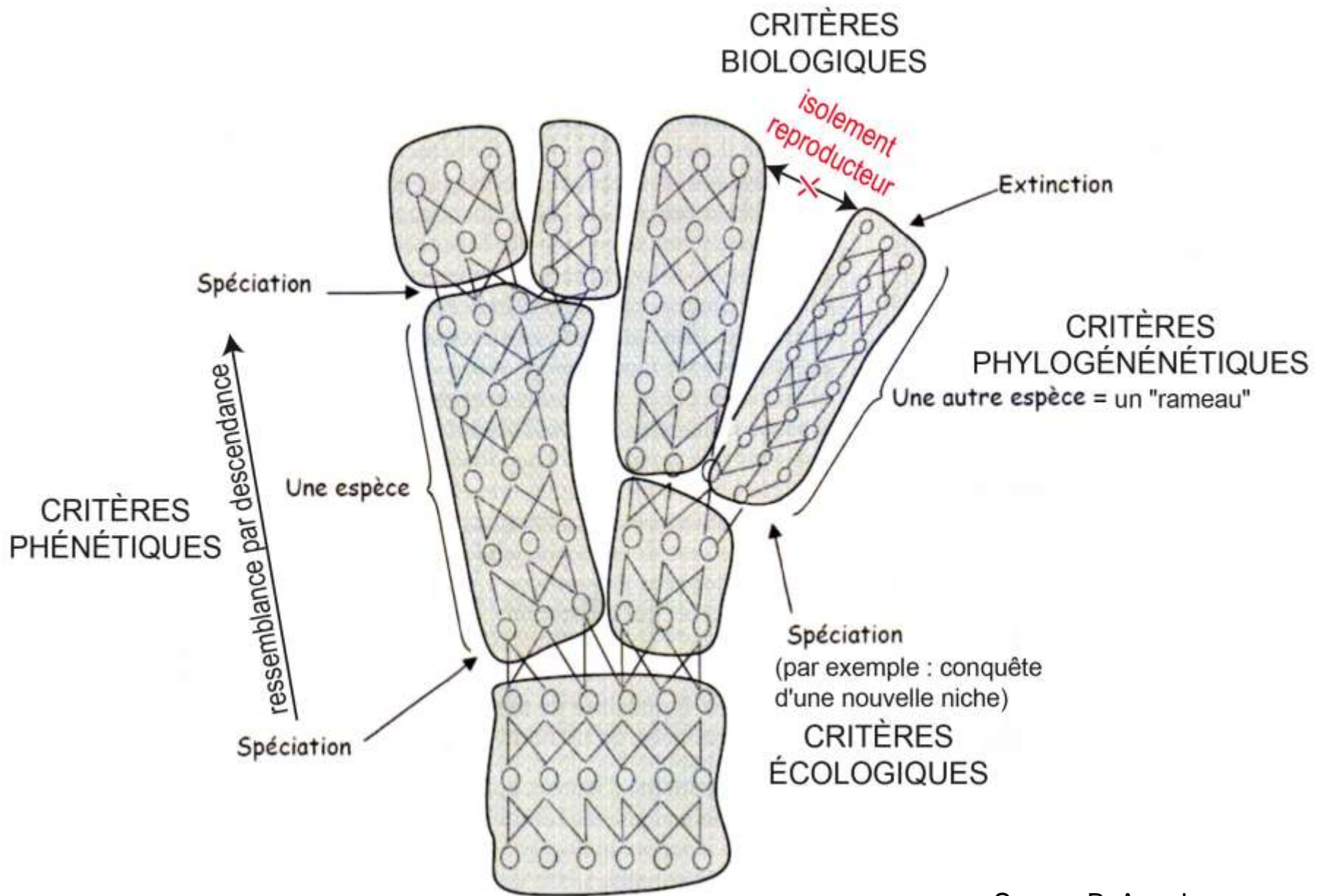


BARCODE



IDENTIFICATION

AJOUT DE DONNÉES
séquences, images,
localisation...



Approche intégrative de la notion d'espèce

Source B. Anselme
 Professeur BCPST 2 Fénelon

Étude de 2597 guêpes parasitoïdes d'une forêt du Costa Rica.

M.A. Smith & al (PNAS 2008)

Cocons des
parasitoïdes



Chenille = hôte

*Euglyphis maria*DHJ03 caterpillar
(05-SRNP-35240) adorned with white cocoons of
Cotesia Whitfield25 (DHJPAR0002235,

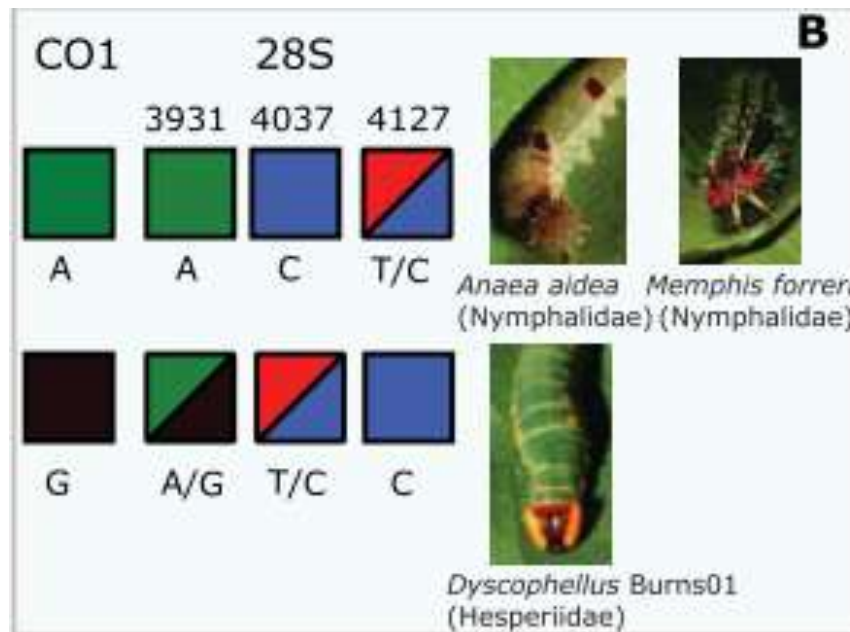
Étude de plus de 2500 spécimens

- Données morphologiques → 171 « espèces »
- Données phylogénétiques : le barcode → 142 espèces de plus
- Données écologiques : spécificité d'hôte très importante : environ 90 % des guêpes n'attaquent qu'une ou deux espèces hôtes.

Étude de 2597 guêpes parasitoïdes d'une forêt du Costa Rica.

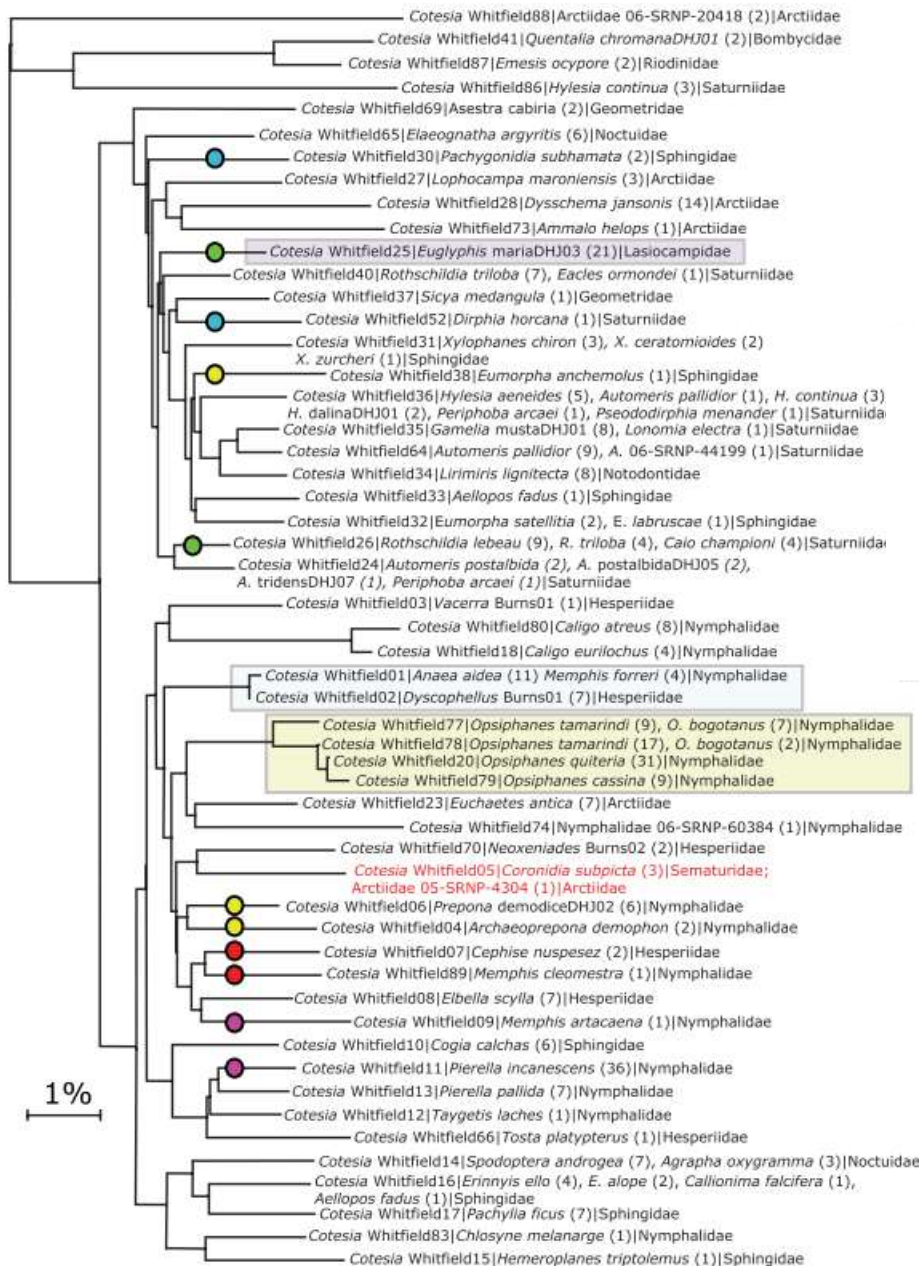
M.A. Smith & al (PNAS 2008)

Exemple de différences entre deux espèces



Étude de 2597 guêpes parasitoïdes d'une forêt du Costa Rica.

M.A. Smith & al (PNAS 2008)



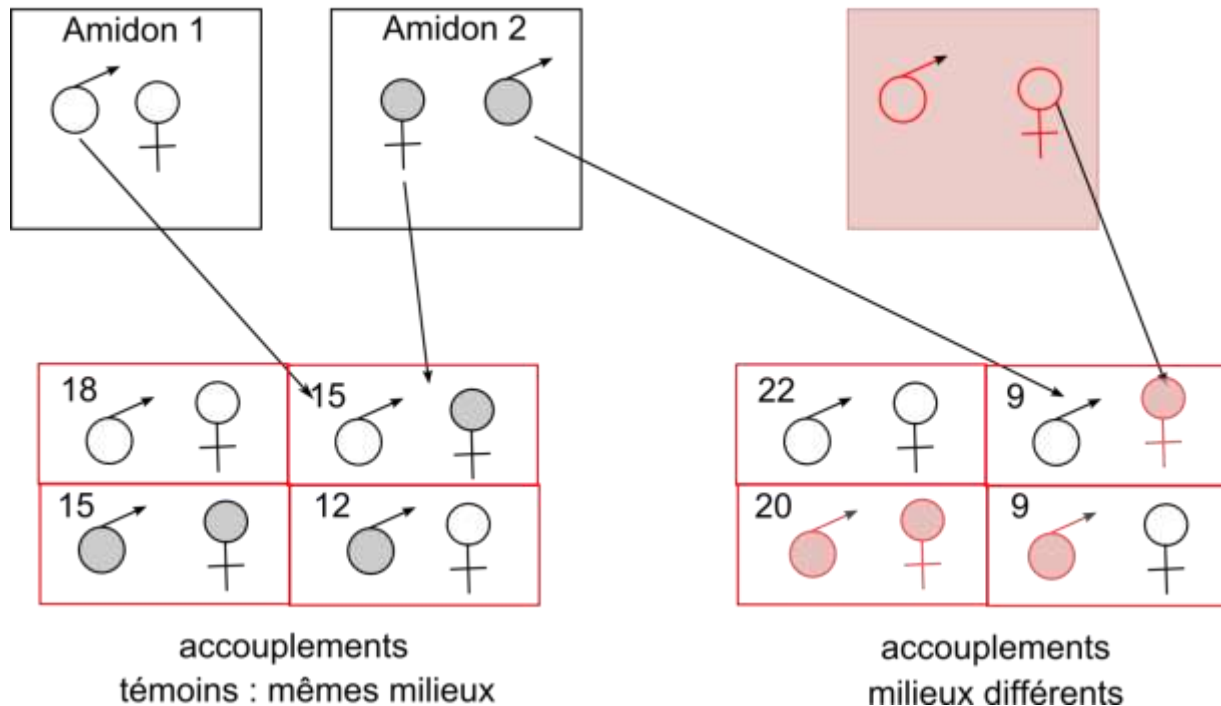
Disques de couleur : espèces qui n'auraient pas été différenciées par l'étude morphologique.
 Texte en rouge : espèce dont la spécificité d'hôte est large, ce qui laisse penser qu'elle est formée de plusieurs espèces non détectées au barcodage.

- Résultats de l'expérience de Dodd et coll. (1989) sur *Drosophila pseudoobscura*

Populations élevées séparément sur des milieux différents				Populations élevées séparément sur un même milieu			
		Femelles				Femelles	
		Amidon	Maltose			Amidon 1	Amidon 2
Mâles	Amidon	22	9	Mâles	Amidon 1	18	15
	Maltose	8	20		Amidon 2	12	15
Indice d'isolement		$(42-17)/59 = 0,42$		Indice d'isolement		$(33-27)/60 = 0,1$	

Amidon

Maltose



Isolement prézygotique

Barrières précopulatoires	Isolement comportemental ou éthologique : les individus des deux espèces ne se reconnaissent pas	
	Isolement écologique	Par l'habitat : espèces dans des habitats distincts Dans le temps : période de reproduction non synchrones Par le vecteur du pollen : vecteurs du pollen différents
	Isolement comportemental : le comportement lors de la copulation empêche la réalisation de la fécondation Isolement gamétique : les gamètes ne réalisent pas la fécondation pour des problèmes de stockage, de transport (avortement de tubes pollinique ou mort des spermatozoïdes dans les voies génitales) ou de non reconnaissance membranaire	
Barrières postcopulatoires, prézygotiques : pas de fécondation		
Barrières postcopulatoires postzygotiques : fécondation possible	Extrinsèques	Non viabilité écologique de l'hybride qui n'est adapté à aucune niche Stérilité comportementale de l'hybride incapable d'attirer un partenaire sexuel
	Intrinsèques	Hybrides non viables Hybrides stériles

Isolement post zygotique

Isolement prézygotique écologique

<http://www.lepinet.fr>



Colias hyale

Prairies grasses



Colias australis

Pelouses sèches

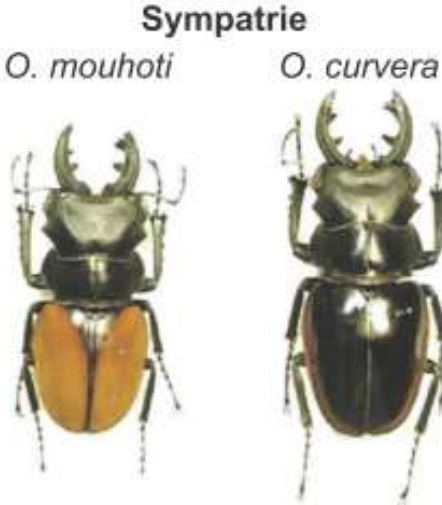
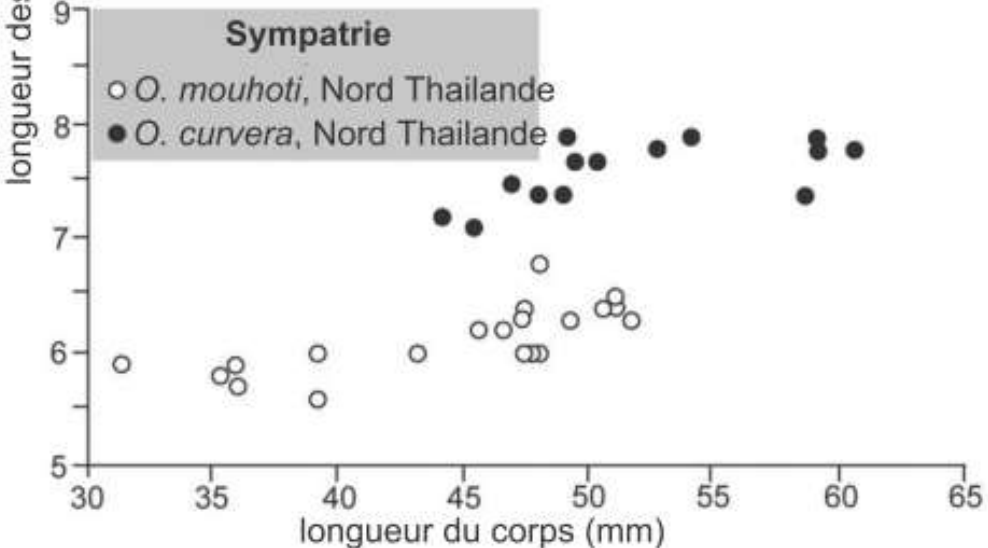
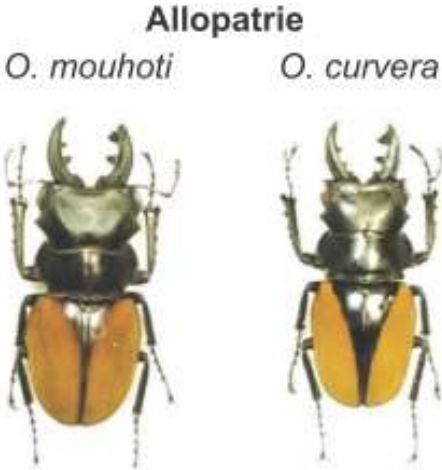
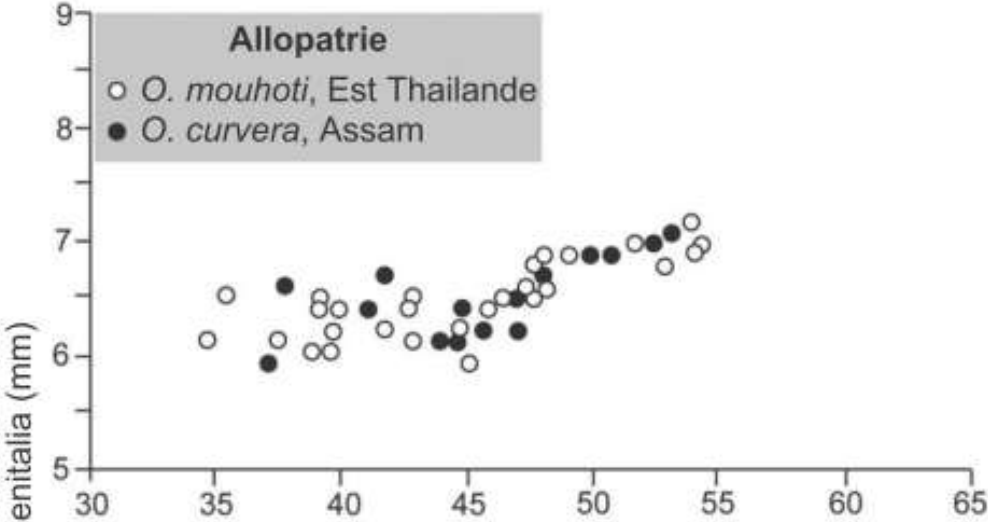
Isolement prézygotique mécanique

<http://www.tela-botanica.org>

Ophrys



Renforcement de l'isolement reproducteur chez deux espèces de Lucanes cerfs-volants.



Isolement postzygotique

Stérilité des hybrides



bardot

étalon x ânesse



mulet

âne x jument

Isolement postzygotique
Dépression hybride



Gossypium hirsutum

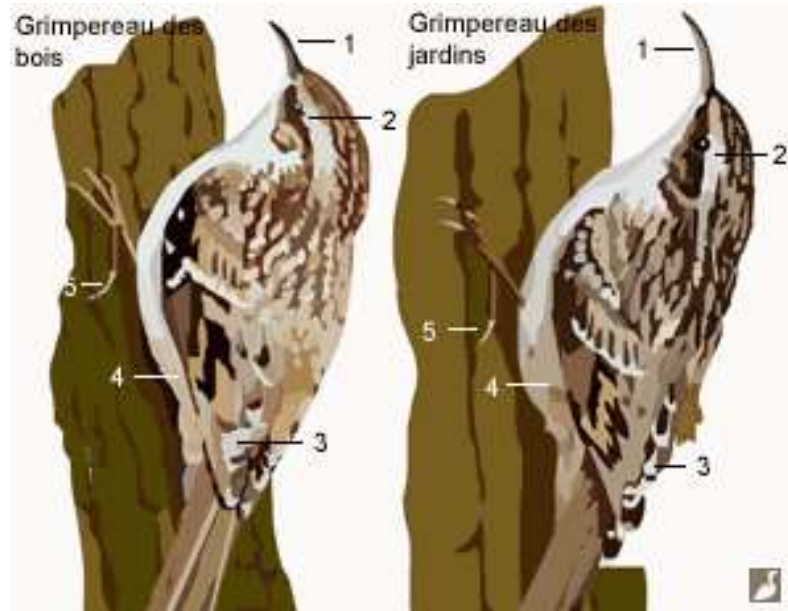


Gossypium tomentosum

F1 = hybrides normaux
F2 très peu fertiles

Isolement prézygotique éthologique

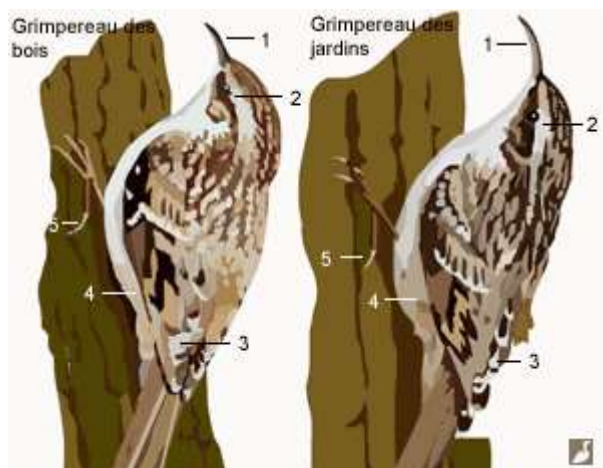
Chants différents



Grimpereaux des bois ou des jardins

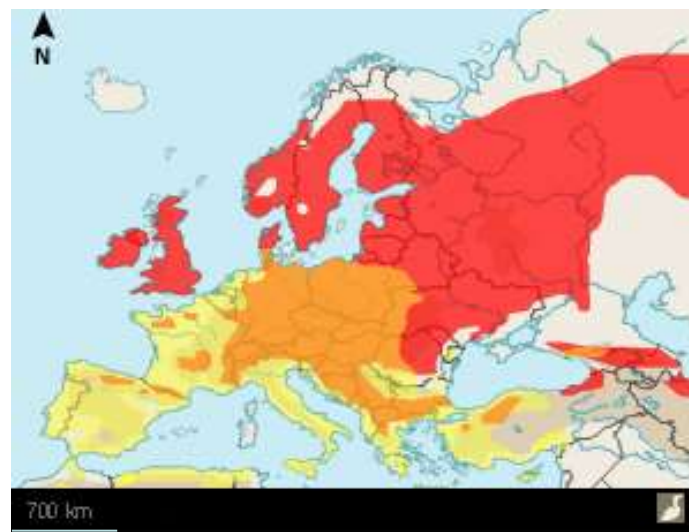
<http://www.ornithomedia.com/pratique/identification/distinguer-grimpereaux-bois-jardins-01297.html>

Aires de répartition des Grimpereaux



Certhia brachydactyla

Certhia familiaris

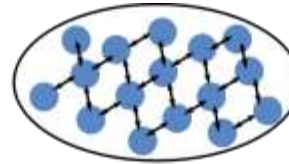


- 1 - bec plus court du Grimpereau des bois,
- 2 - sourcils très similaires chez les deux oiseaux
- 3 - extrémités pâles des ailes plus "individualisées" chez le Grimpereau des jardins et plus diffuses chez le Grimpereau des bois
- 4 - flancs légèrement teintés de chamois chez le Grimpereau des bois (pour la sous-espèce *C. f. macrodactyla*)
- 5 - ongle postérieur plus court chez le Grimpereau des jardins
- 6 – **le chant**

G. des jardins (en jaune)
G; des bois (en rouge).
En orange, la zone de chevauchement.

Modèle de spéciation allopatrique

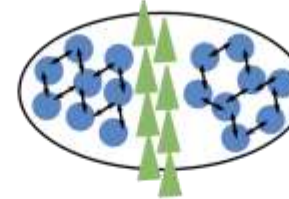
Population initiale



Population sympatrique

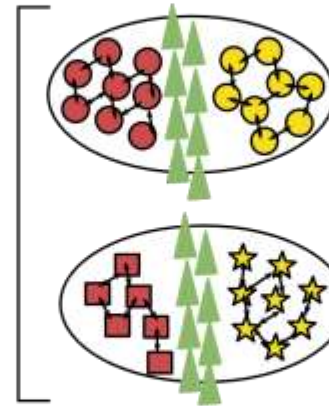
— flux génique

1 - Apparition d'une barrière géographique



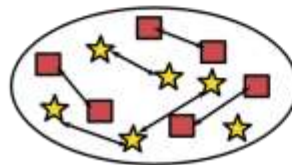
2 populations allopatriques

2 - Différenciation progressive (dérive génétique, sélection naturelle)



2 populations allopatriques

3 - Disparition de la barrière géographique
=> 2 populations sympatriques



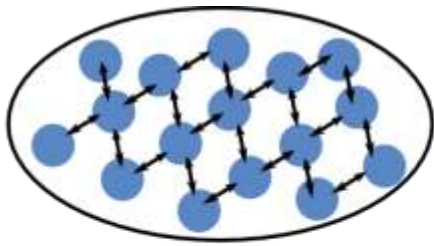
Cas 1 : pas d'hybridation entre les populations
SPÉCIATION



Cas 2 : hybridation entre les populations
PAS DE SPÉCIATION

. Modèle de spéciation sympatrique

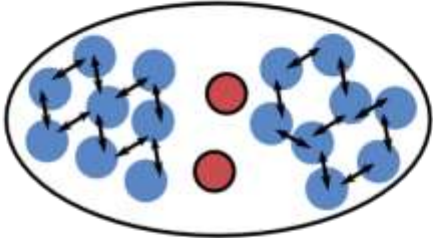
Population initiale



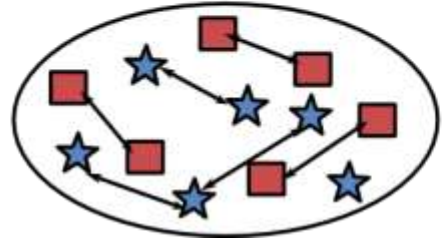
Population sympatrique

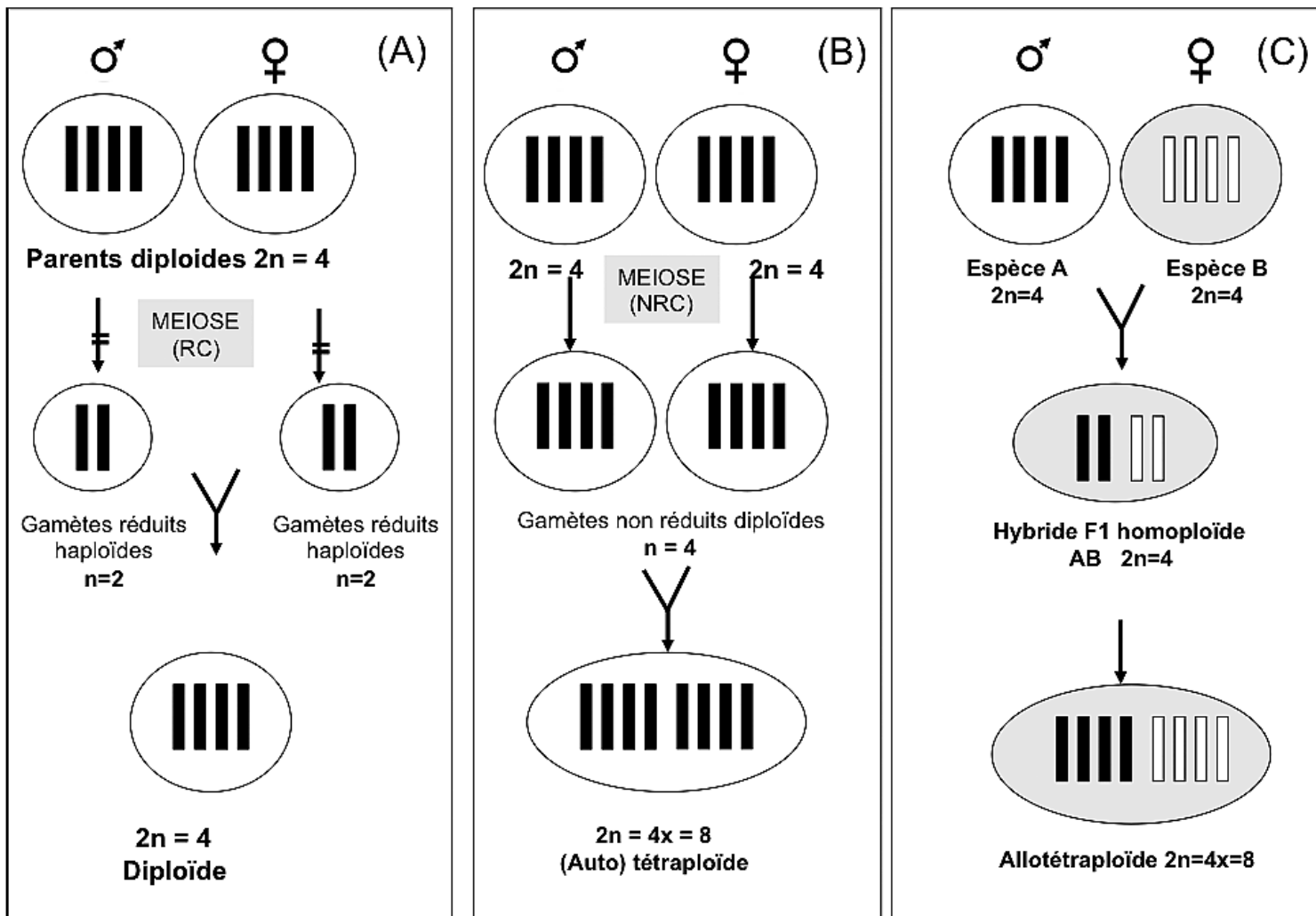
←→ flux génétique

Isolement reproductif entre certains individus



Evolution divergente conduisant à la SPÉCIATION





A. Méiose normale avec réduction de moitié du nombre de chromosomes (RC). L'union de gamètes réduits haploïdes redonne un oeuf diploïde.

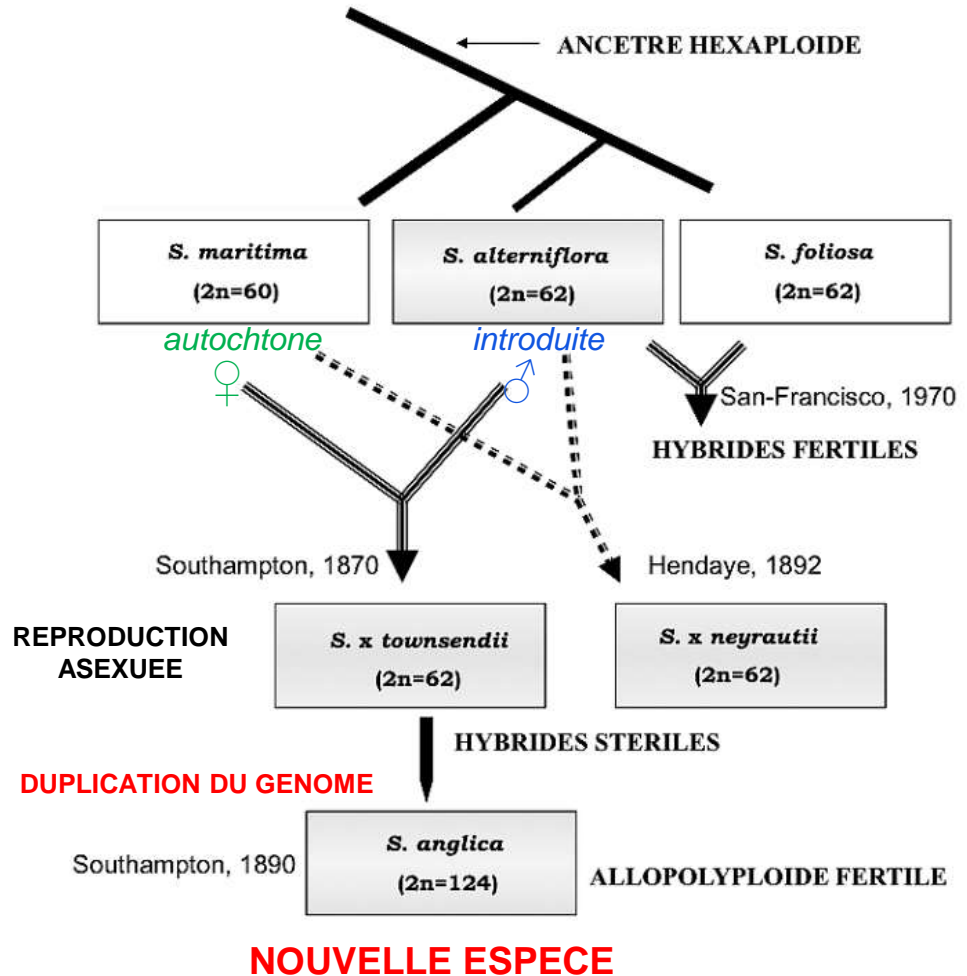
B. Formation et union de gamètes non réduits (NRC) diploïdes de la même espèce et formation d'un autotétraploïde

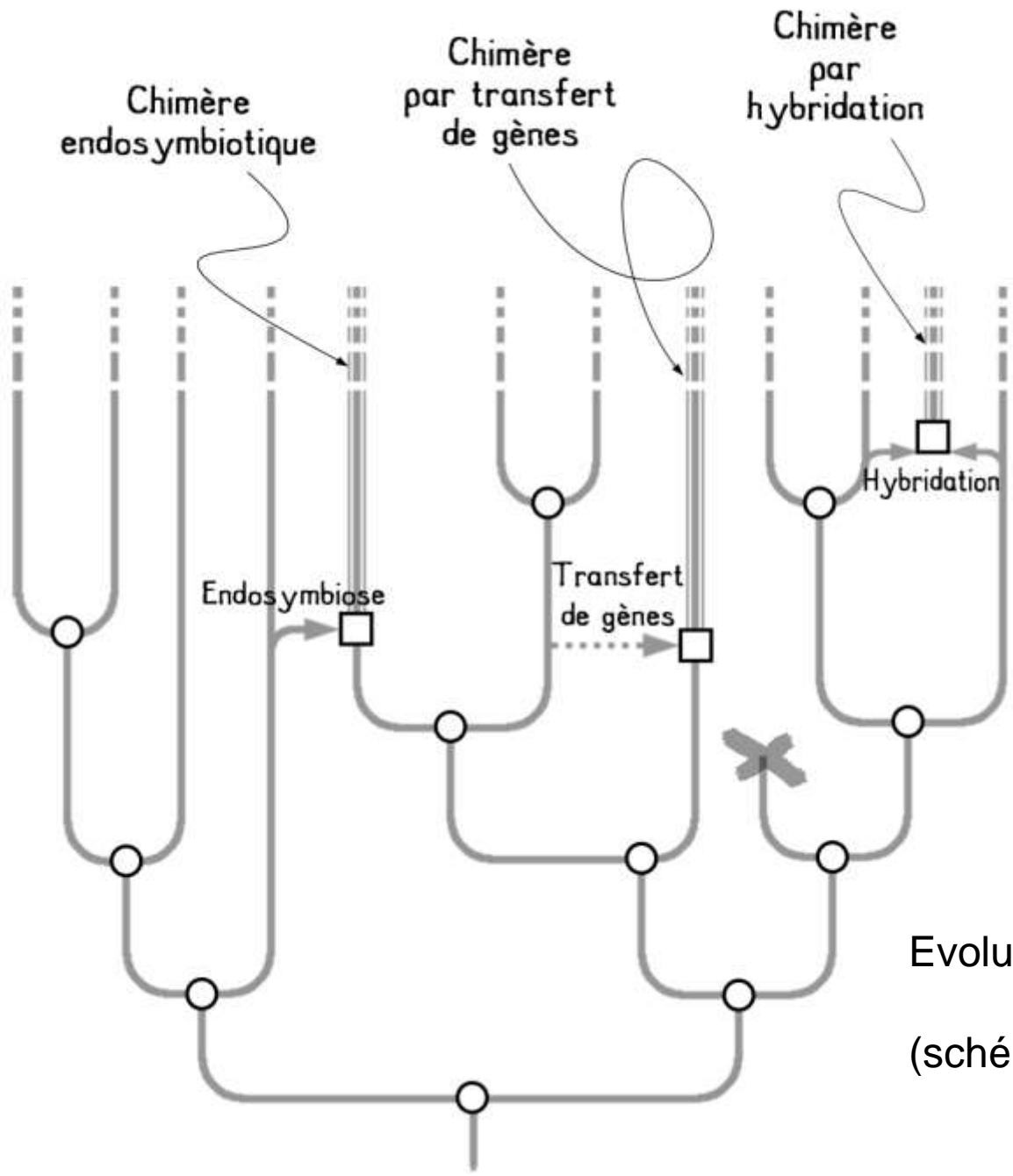
C. Formation d'un hybride interspécifique de même nombre chromosomique que ses parents (homoploïde) et duplication du génome de l'hybride formant un allotétraploïde qui contient deux lots de chromosomes (noirs et blancs) homéologues (provenant de deux espèces différentes). Le fond gris indique le parent maternel (espèce B).

(Hainouche Malika, Évolution réticulée et spéciation allopolyploïde chez les plantes : les enseignements des spartines)

Hybridations interspécifiques chez les spartines et origine de la nouvelle espèce allopolyploïde *Spartina anglica*

Ainouche M. *Atalia* 2012, n°15





Chimère endosymbiotique

Chimère par transfert de gènes

Chimère par hybridation

Endosymbiose

Transfert de gènes

Hybridation

Evolution réticulée

(schéma réalisé par Bruno Anselme)