

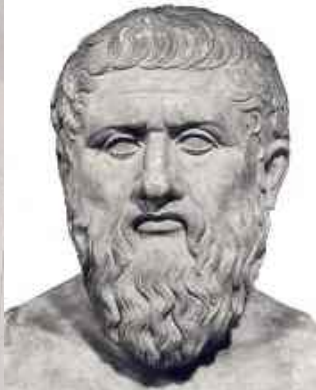


*Le darwinisme peut-il  
tout expliquer ? (\*)*

Denis BAURAIN, ULg

(\*) Oui, mais ce n'est pas nécessairement un bien...

# Penseurs de la Grèce antique



Platon  
(428-348 ACN)

- idéalisme platonicien
- la fonction dicte la forme



Aristote  
(384-322 ACN)

- téléologie
- échelle de la Nature



# Penseurs occidentaux du XVIII<sup>è</sup> (1)



Voltaire  
(1694-1778)

- chaînons manquants
- extinction



Gottfried Leibniz  
(1646-1716)

- extinction
- transformation
- divergence depuis une race originale
- Univers en marche vers la perfection

# Penseurs occidentaux du XVIII<sup>e</sup> (2)



Carl von Linné  
(1707-1778)

- *Systema Naturae* (10<sup>e</sup> édition, 1758)
- conception **essentialiste** de l'espèce
- classification naturelle (hiérarchique)
- nomenclature binomiale (genre + espèce)



Georges Buffon  
(1707-1788)

- *Histoire Naturelle* (1753)
- multiplication de l'âge de la Terre
- conception **biologique** de l'espèce

« C'est en comparant la nature d'aujourd'hui avec celle des autres temps et les individus actuels aux individus passés, que nous avons pris une idée nette de ce qu'on appelle espèce, et la comparaison du nombre ou de la ressemblance n'est qu'une aide accessoire et souvent indépendante de la première, car l'âne ressemble au cheval plus que le barbet au lévrier, et cependant le barbet et le lévrier ne font qu'une même espèce, puisqu'ils produisent ensemble des individus. »

# Transformisme

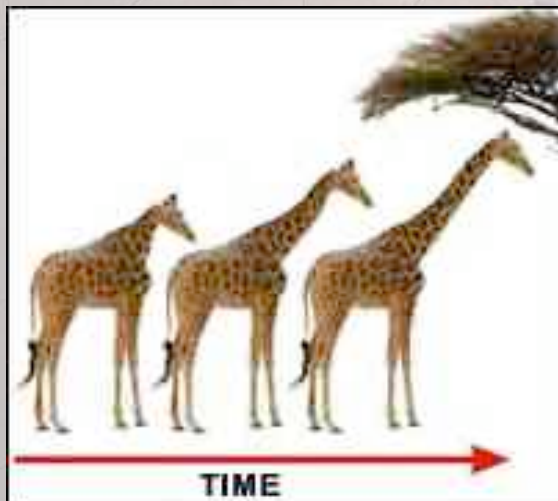


J.-B. de Lamarck  
(1744-1829)

- *Philosophie Zoologique* (1809)
- conception **nominaliste** de l'espèce
- interprétation transformiste (arbre)
- lois de la Nature

**Principe de l'usage et du non-usage** — « Dans chaque animal qui n'a pas passé la limite de son développement, a usage plus fréquent et continu d'un organe donné a pour effet de graduellement le renforcer, le développer, l'agrandir et lui conférer un puissance proportionnelle à la durée durant laquelle il a été utilisé; à l'inverse, le non-usage permanent d'un organe conduit imperceptiblement à son affaiblissement, à sa détérioration et à la réduction progressive de sa capacité fonctionnelle, jusqu'à son ultime disparition. »

**Hérédité des caractères acquis** — « Toutes les acquisitions ou pertes imposées par la Nature aux individus, à travers l'influence de l'environnement où leur race a été placée pendant longtemps, et donc par le biais de l'influence de l'usage prédominant ou le non-usage permanent d'un organe quelconque; toutes sont préservées par la reproduction dans les nouveaux individus qui apparaissent, à condition que la modification acquise soit commune aux deux sexes, ou à tout le moins aux individus qui produisent les jeunes. »



# Homologie et anatomie comparée

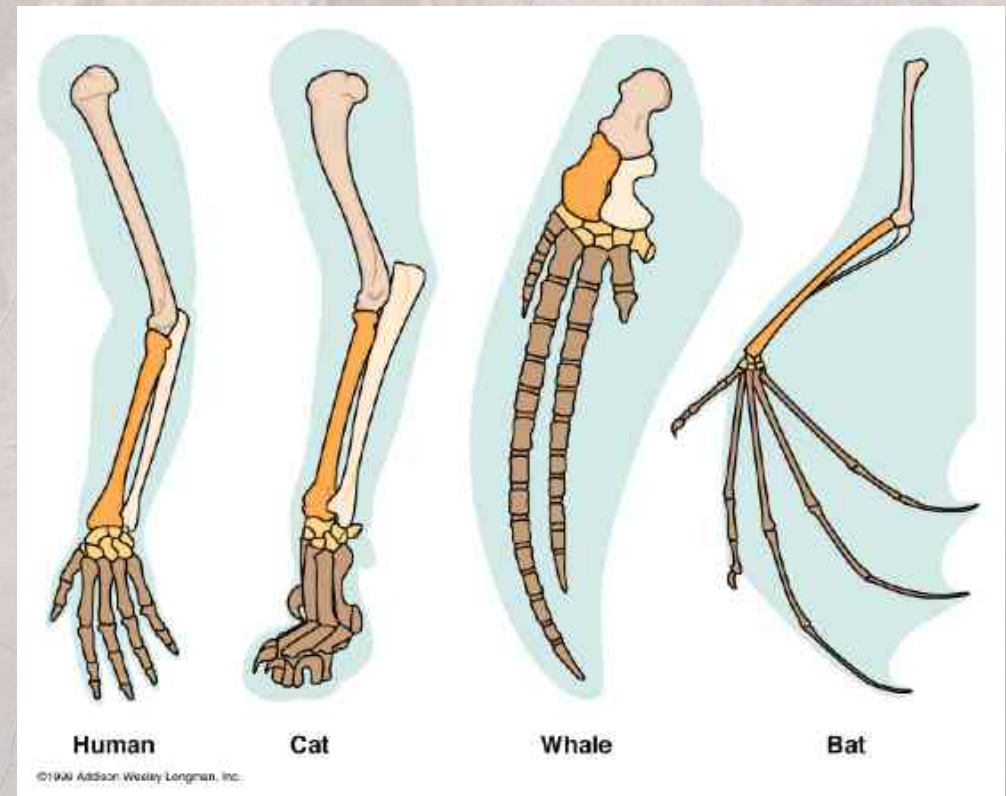


E.-G. Saint-Hilaire  
(1772-1844)

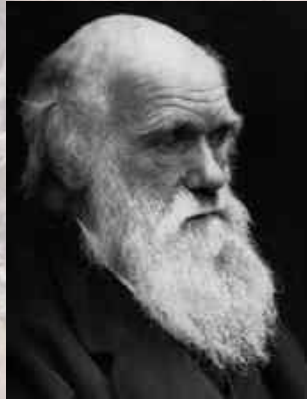


K.-E. von Baer  
(1792-1876)

« Sont **homologues** deux organes qui ont la même situation dans un plan d'organisation, c'est-à-dire la même origine embryonnaire. Homologie n'implique pas ressemblance, car deux organes homologues peuvent n'avoir ni la même taille, ni la même forme, ni la même fonction: ainsi la patte antérieure du cheval [chat], l'aile de la chauve-souris et la palette natatoire de la baleine sont homologues. »



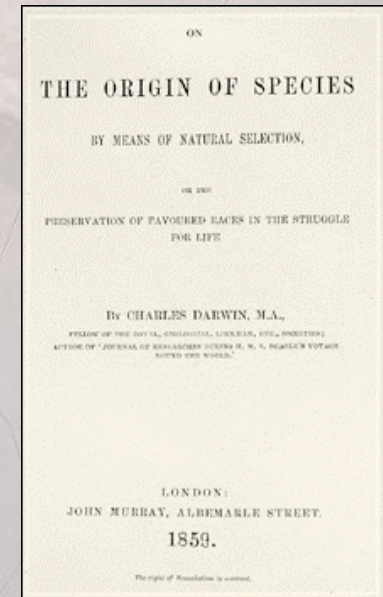
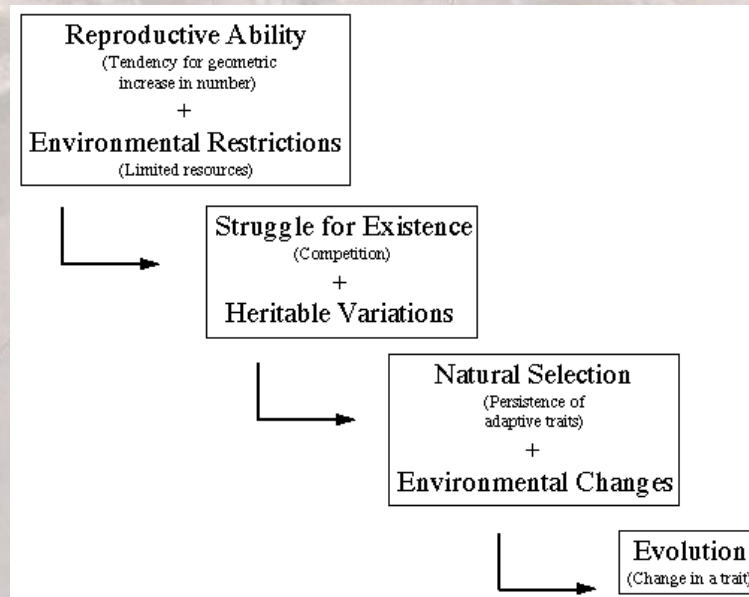
# Charles Darwin (1809-1882)



- *L'Origine des Espèces* (1859)
- descendance avec modification
- sélection naturelle (adaptation)



Thomas Malthus  
(1766-1834)

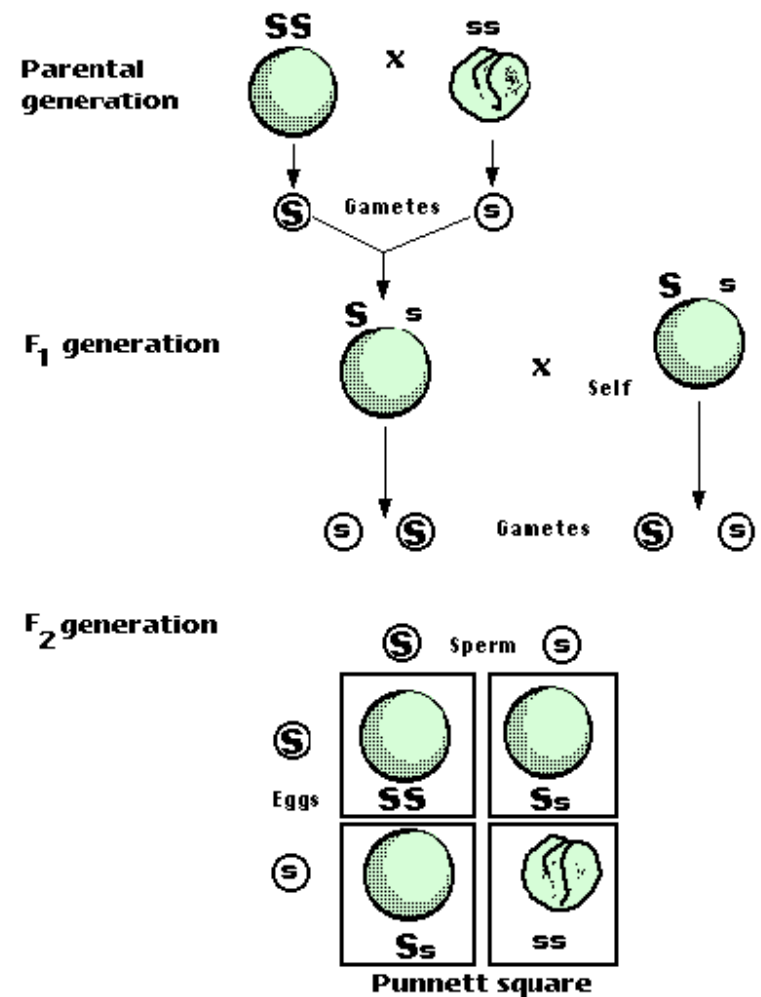


# Génétique mendélienne



Gregor Mendel  
(1822-1884)

- gène, allèle (dominant/récessif)
- homozygote et hétérozygote
- lois de Mendel (1865-1866)



**Mendel: Experiment 1**

# Théorie synthétique de l'évolution (1)



August Weissman  
(1834-1914)

- distinction *germen* et *soma* (1883-1888)
- sélection naturelle créatrice
- néo-darwinisme (1898)



Th. Dobzhansky  
(1900-1975)



Ernst Mayr  
(1904-2005)



George Simpson  
(1902-1984)

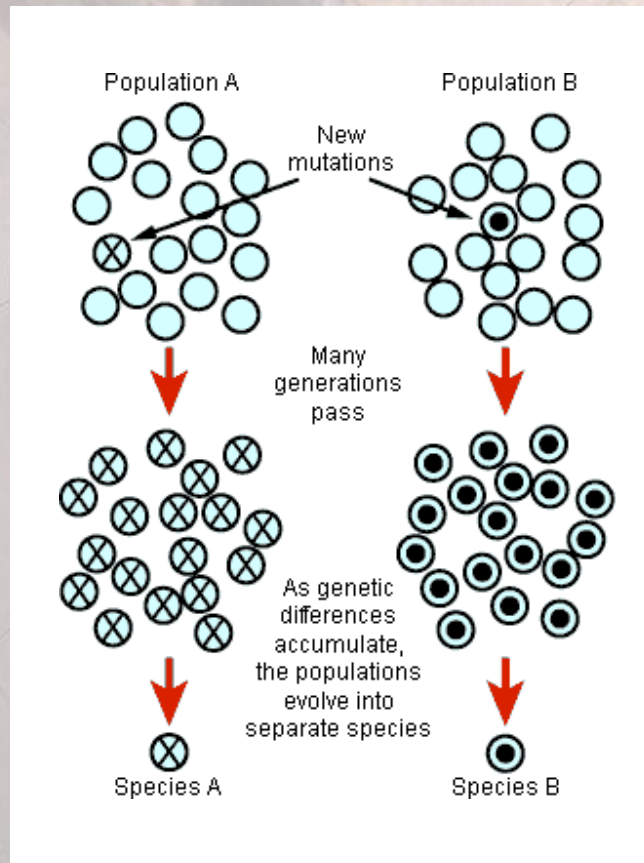
- intégration génétique, biologie des populations et néo-darwinisme
- théorie synthétique de l'évolution (1937-1944)

# Théorie synthétique de l'évolution (2)

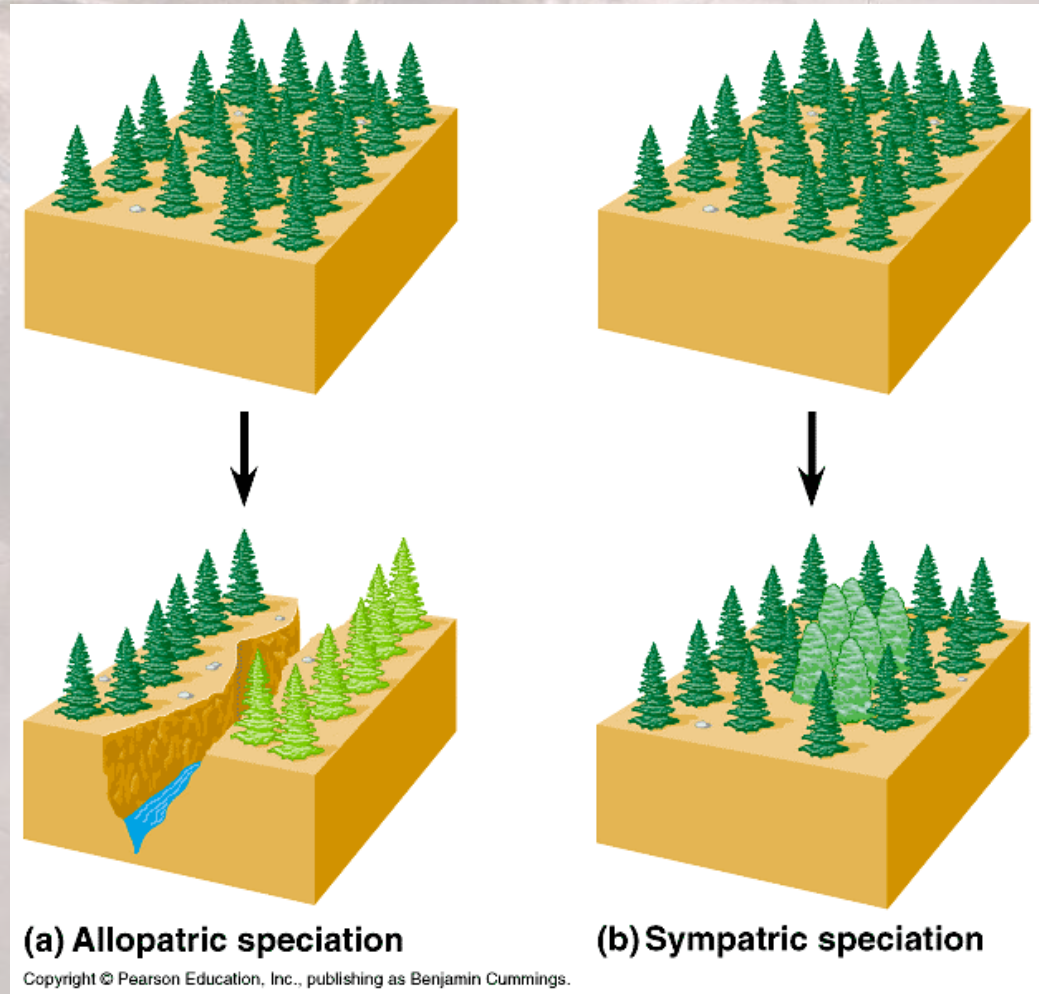
- les mutations des gènes présents dans une population sont la source de la **variabilité** héréditaire
  - la **transmission** se conforme aux mécanismes de l'hérédité chromosomique
  - la **sélection naturelle** altère les fréquences des gènes dans la population
  - à la longue, cette évolution conduit à des phénomènes de **spéciation**
- il s'agit de la version **classique** de la théorie synthétique ; à présent, elle est un peu plus sophistiquée et admet de **nouveaux mécanismes** (en dehors de la sélection naturelle) capables d'altérer les fréquences des gènes (ex: dérive génétique)

# Spéciation

« Des espèces se forment lorsque ce qui était jusqu'alors un ensemble de populations aptes à l'inter-croisement se scinde en au moins deux ensembles génétiquement isolés. Les espèces sont donc des groupes de populations entre lesquels les échanges génétiques sont rendus impossibles par des mécanismes d'isolement reproductif. »

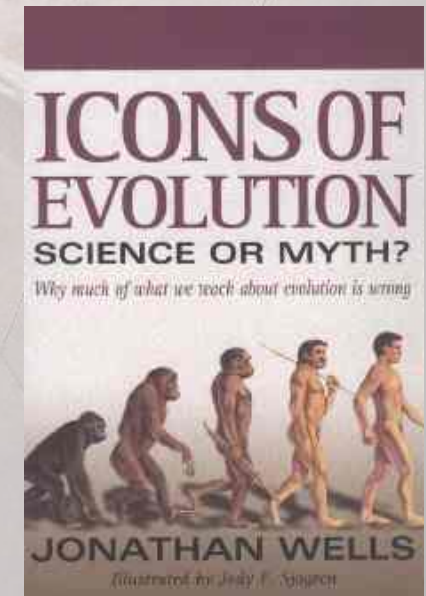


Dobzhansky (1951)



# Icones de l'évolution

- défauts des arguments classiques en faveur de l'évolution et de la sélection naturelle : peu nombreux, pas toujours très fiables, rabâchés dans les *text-books*
  - homologie des membres antérieurs des tétrapodes
  - ressemblance des embryons de vertébrés
  - *Archaeopteryx*, le chaînon manquant idéal
  - mélanisme industriel chez la phalène du bouleau
  - pinsons de Darwin aux îles Galapagos
- cibles des attaques des créationnistes et des défenseurs de sa variante plus récente : *l'Intelligent Design* (Wells, 2000)



# Embryons de vertébrés

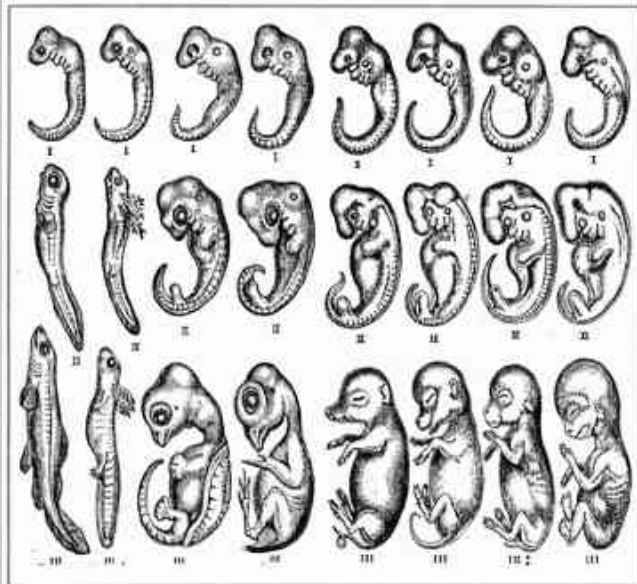


FIGURE 5-1 Haeckel's Embryos.

The embryos are (left to right) fish, salamander, tortoise, chick, hog, calf, rabbit, and human. Note that only five of the seven vertebrate classes are represented, and that half the embryos are mammals. This version of Haeckel's drawings is from George Romanes's 1892 book, *Darwinism Illustrated*.

toutefois, plus des organismes sont proches phylogénétiquement, plus leurs embryons se ressemblent (évolution)

loi de recapitulation de Haeckel (1874, démontrée fausse) :  
« *l'ontogenèse récapitule la phylogenèse* »

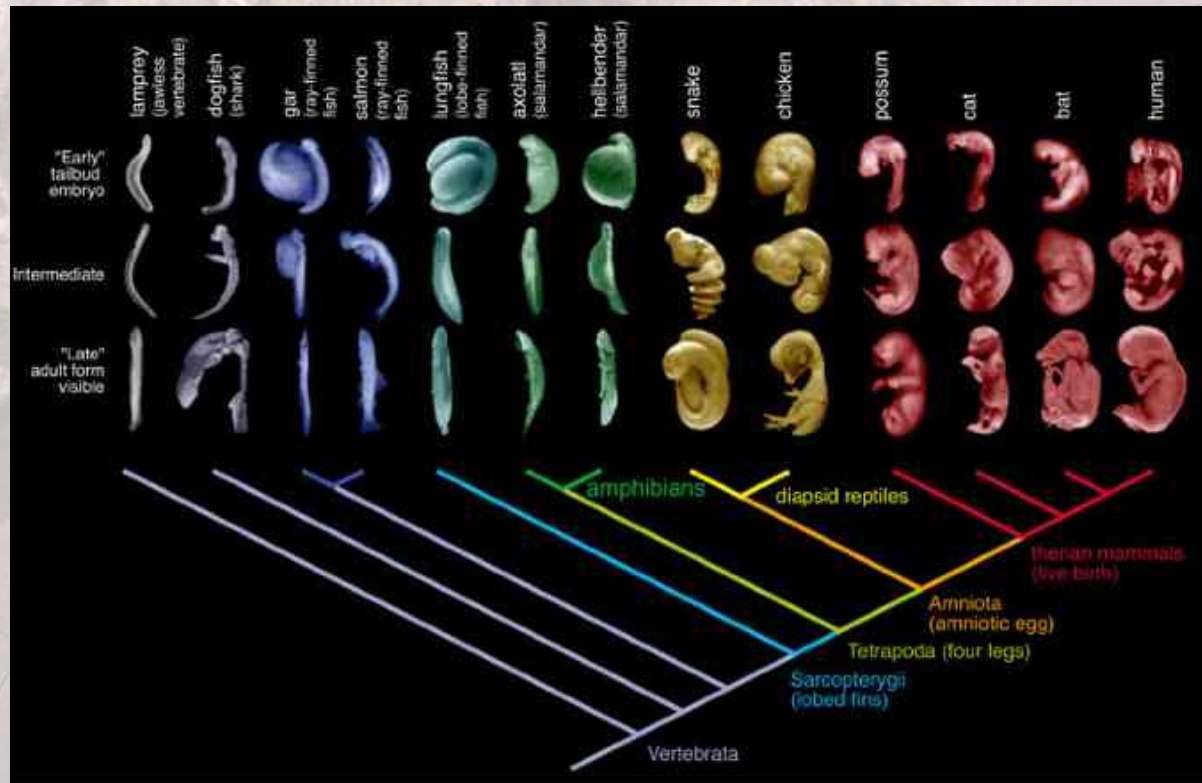
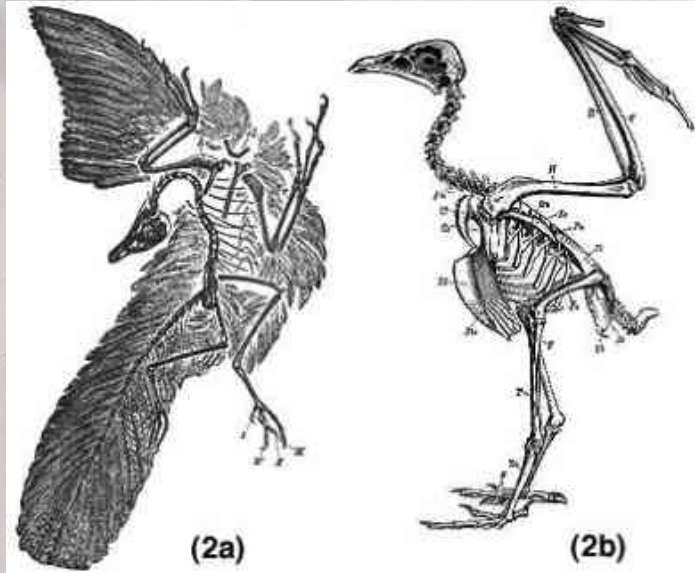


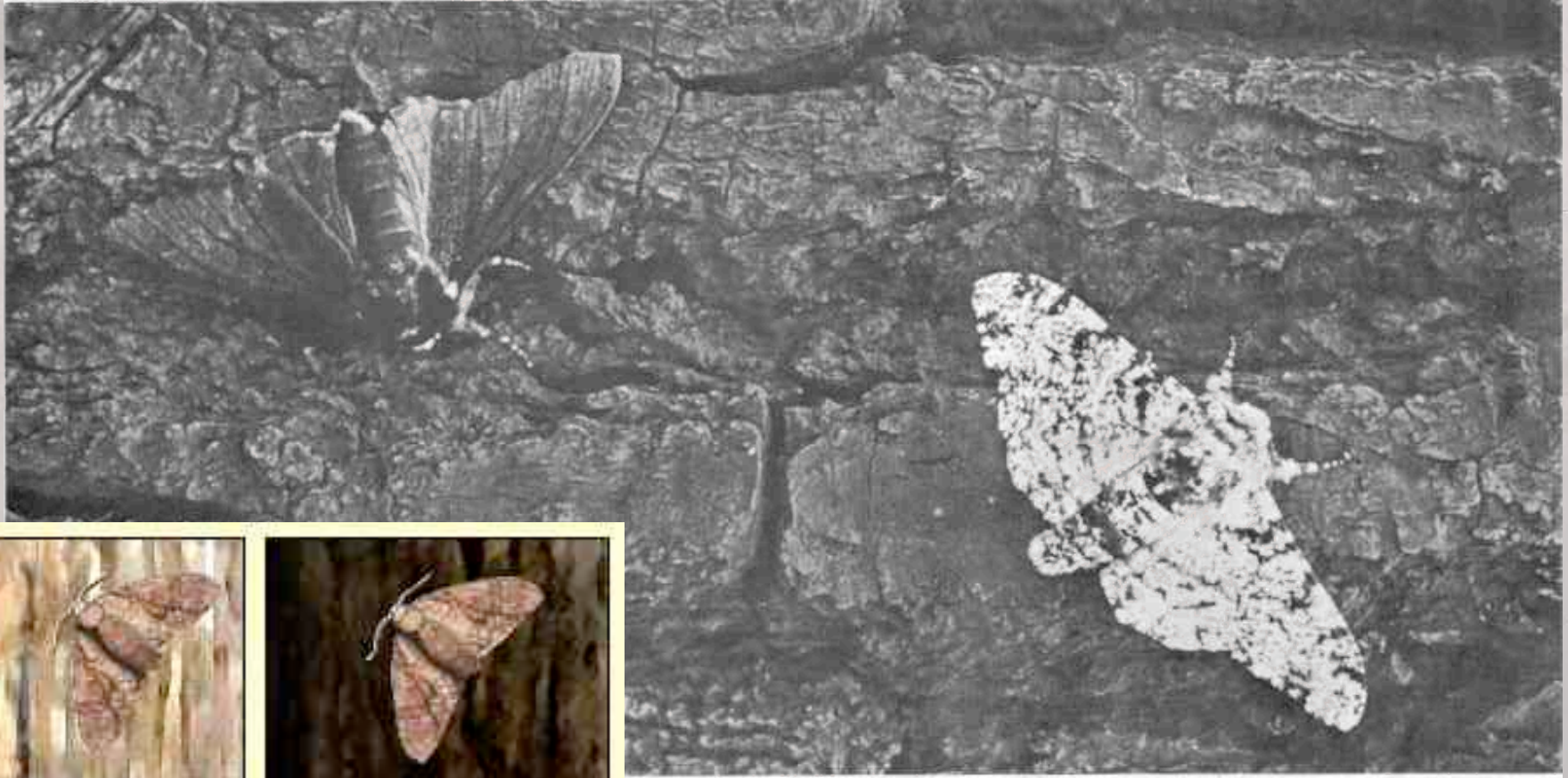
Figure 8. Developmental sequences of various vertebrates shown in phylogenetic context. Note the shared similarities of some closely related taxa, particularly the amniotes (modified from Richardson et al. 1998.)

# Archaeopteryx



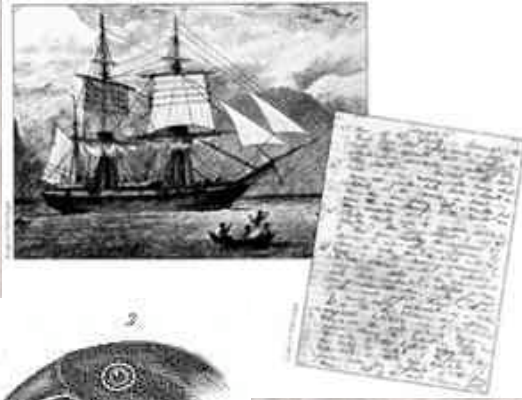
forme intermédiaire (chaînon manquant)

# Mélanisme industriel

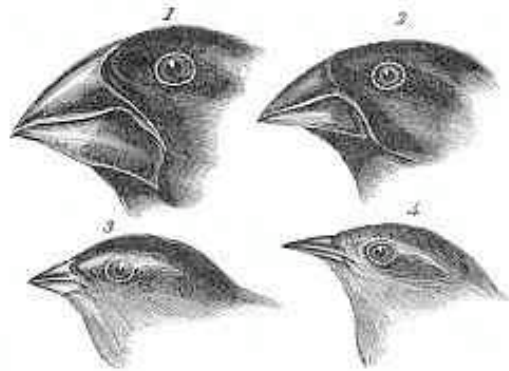


la phalène du bouleau,  
exemple de sélection naturelle

# Pinsons de Darwin



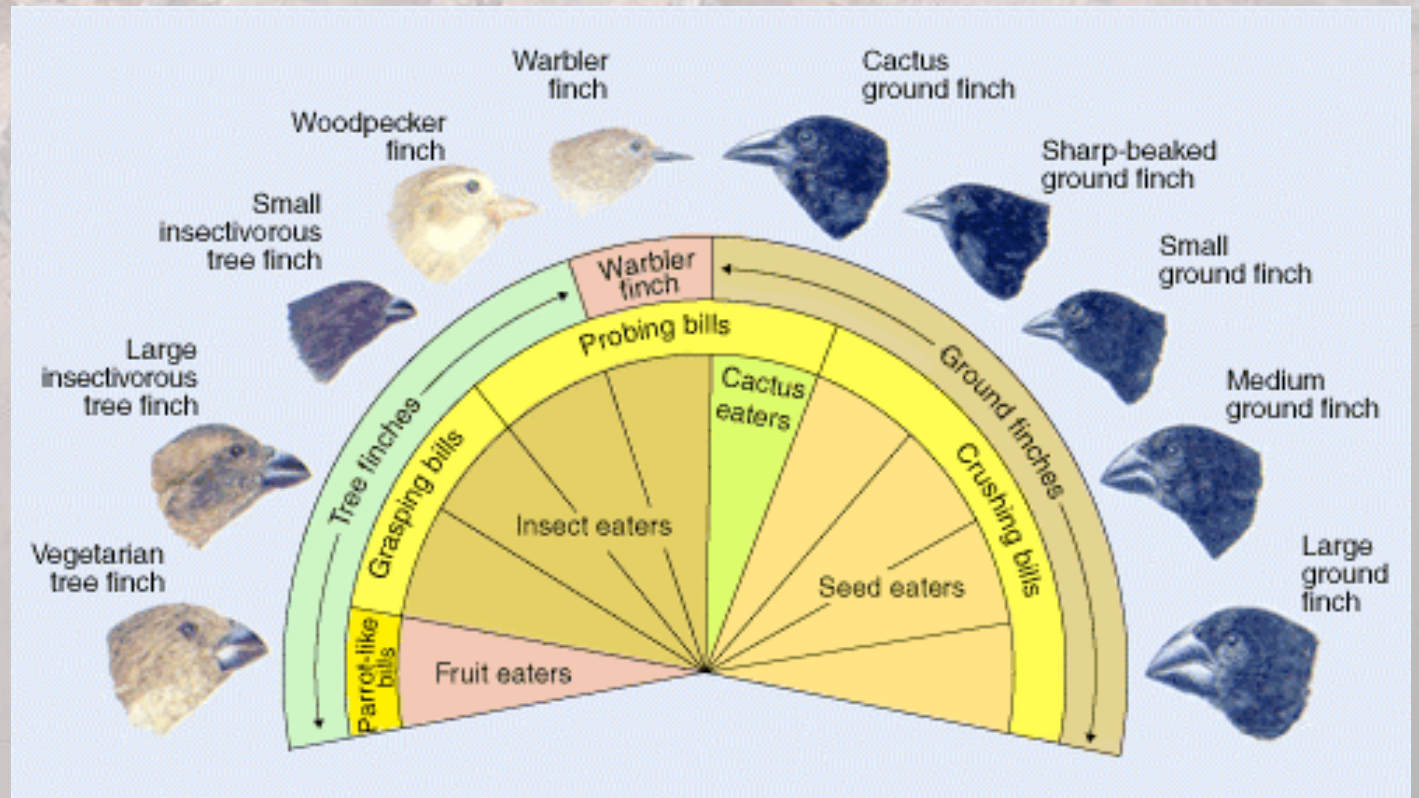
îles Galapagos (1835)



1. *Geospiza magnirostris*  
2. *Geospiza fortis*  
3. *Geospiza parvula*  
4. *Certhidea olivacea*

Finches from Galapagos Archipelago

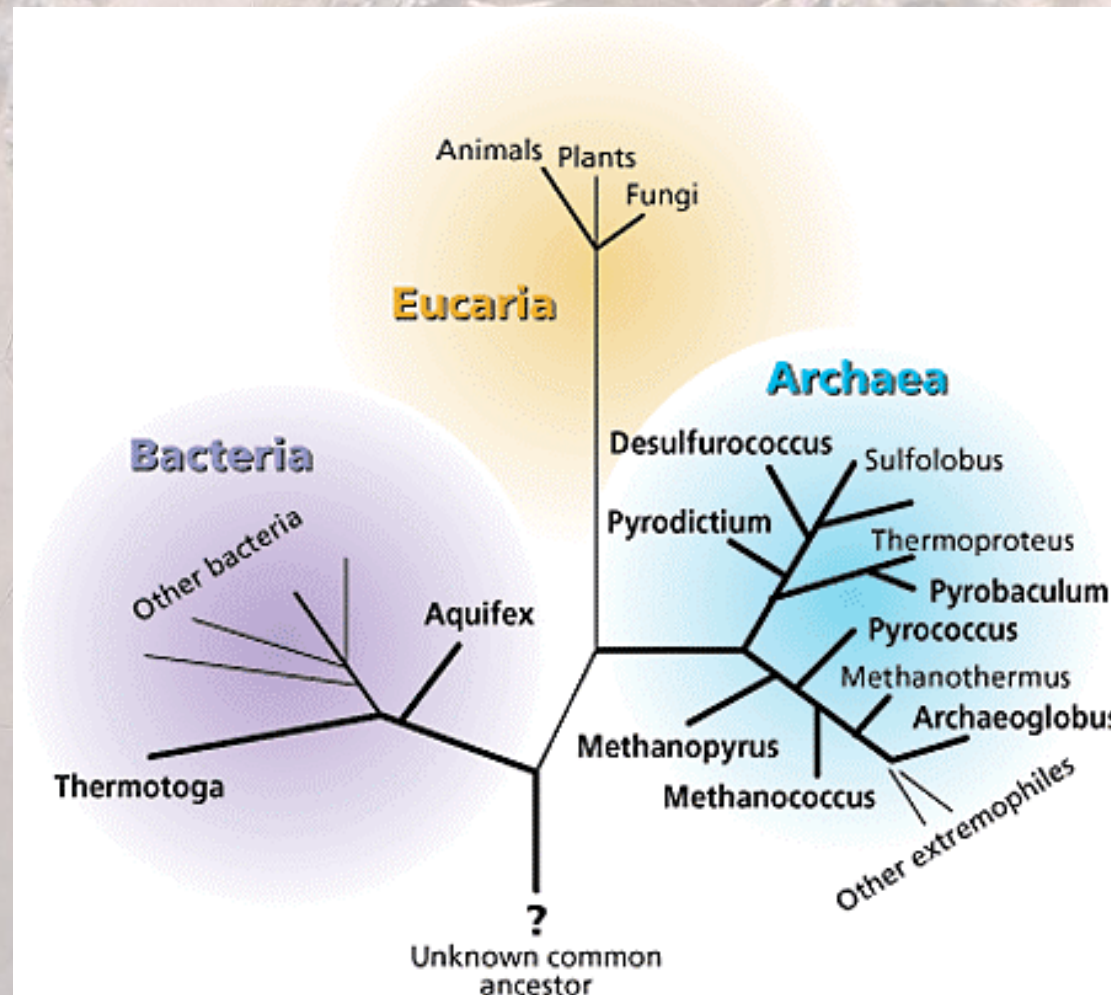
spéciation et  
radiation adaptative  
(sélection naturelle)



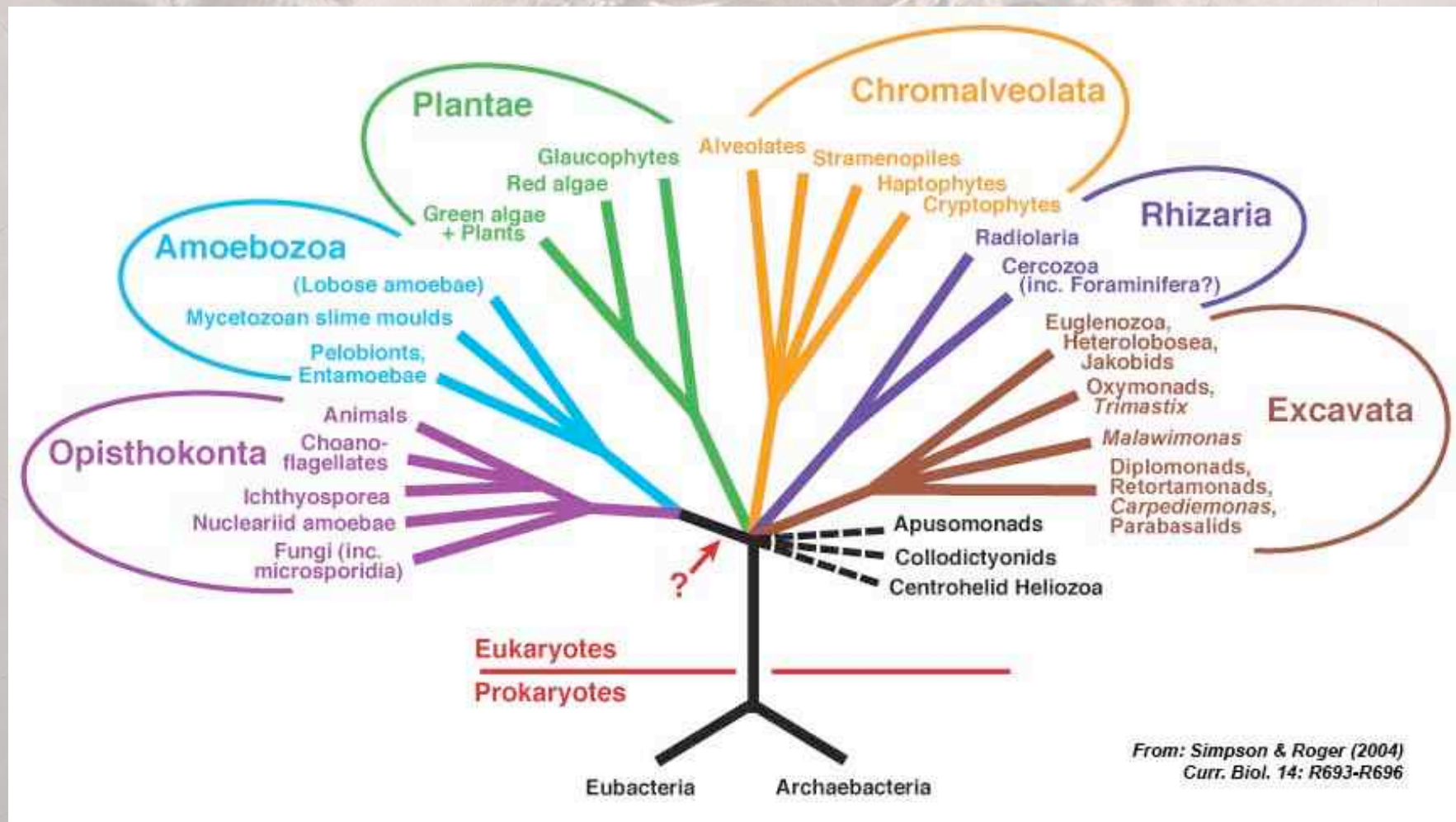
# Attaques de la théorie de l'évolution

- contre le *volet évolutif*  
« descendance avec modification »
  - pas conforme à la Bible
  - preuves irrecevables
  - notion de structure de complexité irréductible (Intelligent Design)
  - déni de l'évolution au-delà de l'espèce ou du genre
  - Dieu a créé la Terre et la Vie telle qu'elle est aujourd'hui
- position a-scientifique absolument intenable
- contre le *volet mécanistique*  
« variation héréditaire / sélection naturelle »
  - preuves trafiquées ou non-convaincantes
  - **micro-évolution** (variations au sein d'une même espèce) peut-être, mais certainement pas **macro-évolution** (sauts entre espèces, genres, etc)
- source de discussion (entre biologistes orthodoxes et plus nuancés)

# Diversité du Vivant (1) : 3 empires

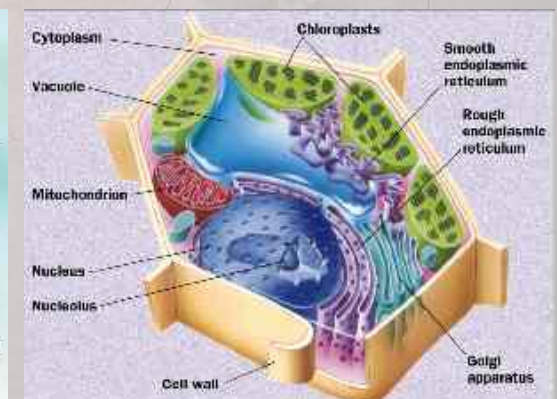
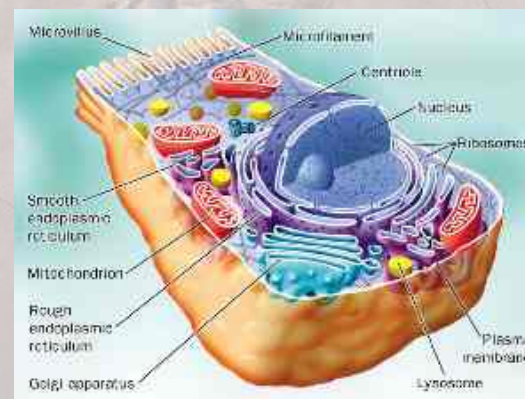
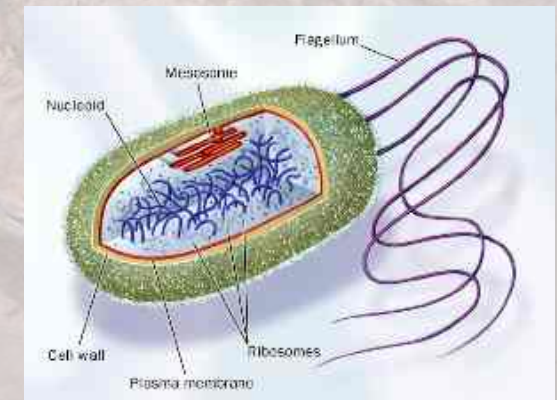
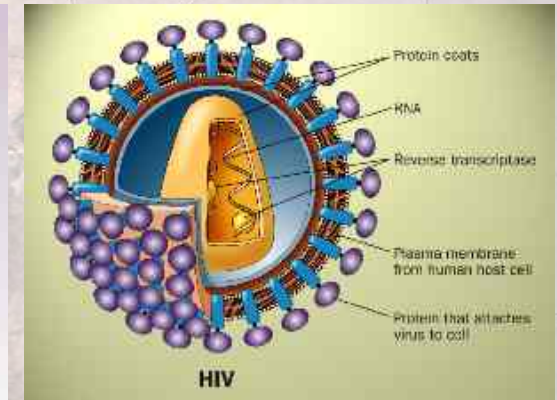
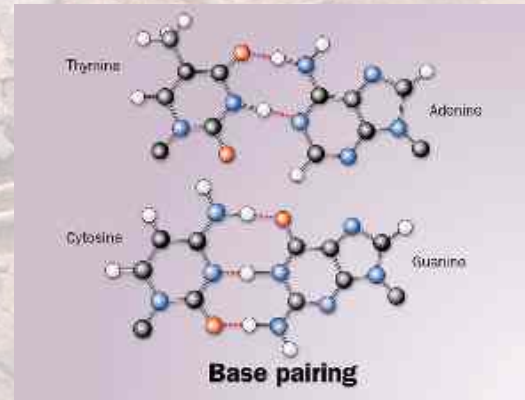


# Diversité du Vivant (2) : Eucaryotes

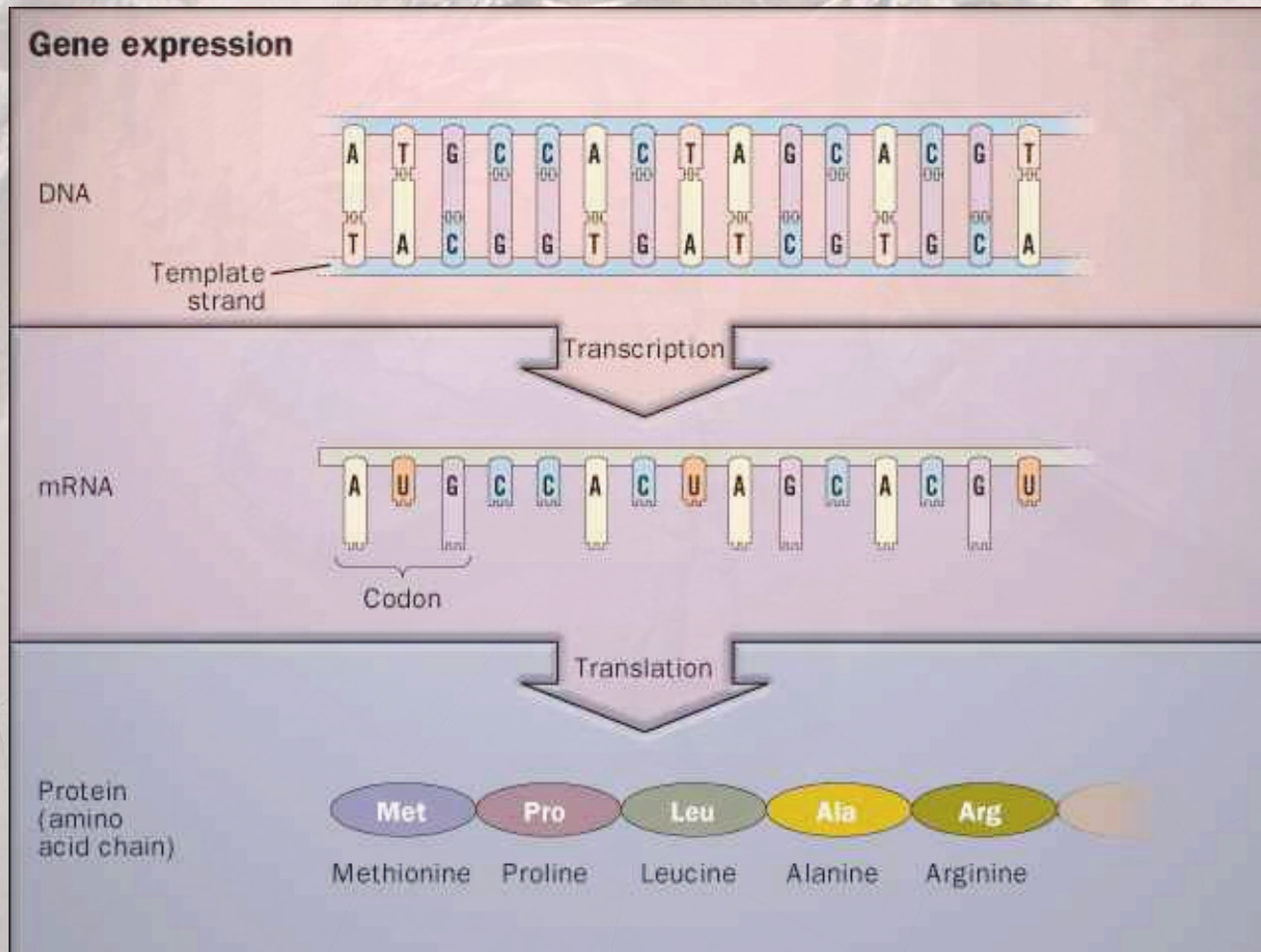


# Universalité des briques du Vivant

- acides nucléiques
  - ADN (T, C, A, G)
  - ARN (U, C, A, G)
- protéines
  - 20 acides aminés
- membranes
  - bicouche lipidique
- grandes voies métaboliques
  - catabolisme des sucres
  - photosynthèse
- ...



# Universalité du dogme de la génétique



# Universalité du code génétique

## DEGENERACY OF THE GENETIC CODE

Number of codons:



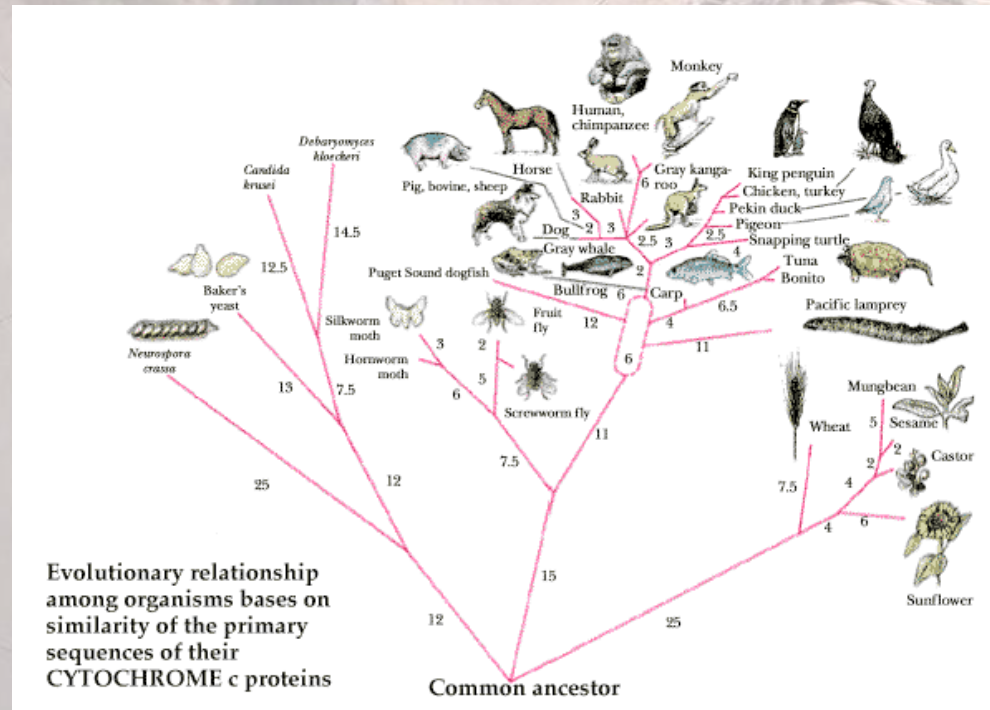
		Second base				Third base
		U	C	A	G	
U	U	UUU <b>Phe</b>	UCU <b>Ser</b>	UAU <b>Tyr</b>	UGU <b>Cys</b>	U
		UUC	UCC	UAC	UGC	C
	A	UUA <b>Leu</b>	UCA <b>Ser</b>	UAA <b>Stop</b>	UGA <b>Stop</b>	A
		UUG	UCG	UAG <b>Stop</b>	UGG <b>Trp</b>	G
C	U	CUU <b>Leu</b>	CCU <b>Pro</b>	CAU <b>His</b>	CGU <b>Arg</b>	U
		CUC	CCC	CAC	CGC	C
		CUA	CCA	CAA <b>Gln</b>	CGA	A
		CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	U	AUU <b>Ile</b>	ACU <b>Thr</b>	AAU <b>Asn</b>	AGU <b>Ser</b>	U
		AUC	ACC	AAC	AGC	C
		AUA	ACA	AAA <b>Lys</b>	AGA <b>Arg</b>	A
		AUG <b>Met/Start</b>	ACG	AAG	AGG	G
G	U	GUU <b>Val</b>	GCU <b>Ala</b>	GAU <b>Asp</b>	GGU <b>Gly</b>	U
		GUC	GCC	GAC	GGC	C
		GUA	GCA	GAA <b>Glu</b>	GGA	A
		GUG	GCG	GAG	GGG	G

# Phylogénie moléculaire (1)

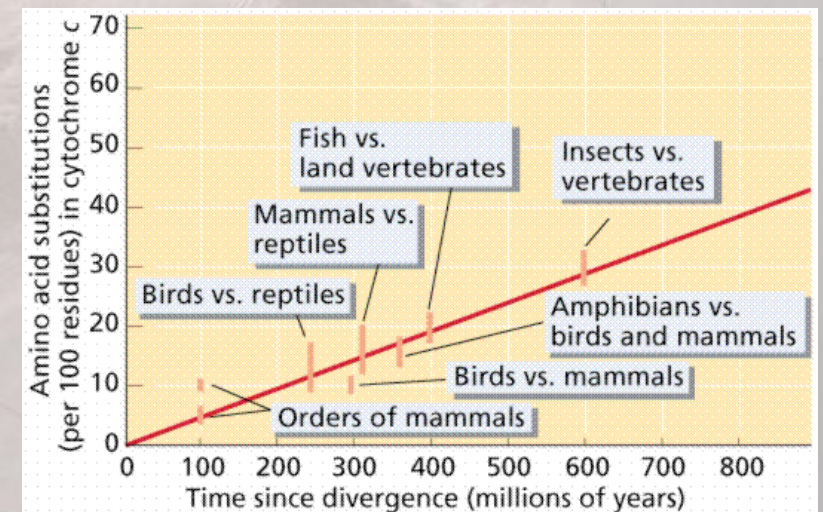
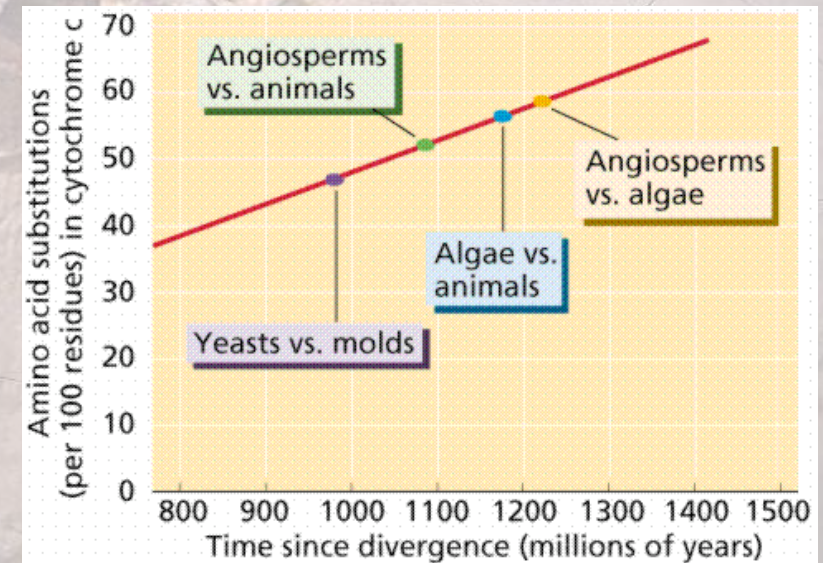
alignement du cytochrome c de nombreuses espèces

Sequence ID	start	end	weight	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	11								
<a href="#">CY22_RHOPA</a>	10	74	1.20	.....FKQCMTCHRAD--KN-IV	.....GPA	LGVVGAKAGTAGF	---TVSPLNHNSGEAG	---LVH	ITADNI	INVLNDPNAFL	.....	.....	.....	.....								
<a href="#">CY2_RHOVI</a>	24	118	1.70	.ASGEQVFKQCLVCHS	IGPGAKN	---KVG	PVLNGLFGRHSGT	IEGF	---RVS	DANKN	---SG	---ITW	TVEVFREY	IRDPKAKI	---PGTKM	---IFAG	---VK	DEQKVS	DLI	IAV	IK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	17	100	1.57	.....CHSSQKGV-N	.....STG	PALVGVVGR	TSQTVPGV	---RVS	NANKN	---AA	---IVH	EEESLNK	FLENPKKVV	---PGTKM	---AFAG	---IK	AKKDR	ADLI	IAV	MKTL		
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	17	100	1.32	.....CHSAQKGV-N	.....STG	PSLNGVYGR	TSQSVPGV	---RVS	NANKN	---AA	---IVH	EEETLHK	FLENPKKVV	---PGTKM	---AFAG	---IK	AKKDR	ADLI	IAV	MKTL		
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	111	1.49	.....GAAQCHTGA	KGAN	---GVG	PNLFGIVNAH	SGTVEGF	---RVS	KANAD	---SG	---VW	TPEVLDVY	LENPKKFM	---PGTKM	---SFAG	---IK	KQER	ADLI	IAV	LENL	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	111	1.49	.....GAAQCHTAN	QGGAN	---GVG	PNLVGLVGR	HSGTIEGY	---RVS	KANAE	---SG	---VW	ITPDVLDVY	LENPKKFM	---PGTKM	---SFAG	---MK	KQER	ADV	IAV	LETL	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	19	103	2.46	.....CLMCHVV	SDKA	---KSG	PSLNGIFGSS	AGTVKGV	---DYS	NANKN	---AN	---IVH	TKETMFDVY	LANPKKYM	---PGSKM	---IFAG	---L	KKVED	ADLI	IAV	IE..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	30	114	1.24	.....CEQCHVV	NLSLT	---KTG	PTLHGVI	GRQSGVAGF	---DYS	AANKN	---KG	---VW	DRATLFDVY	LADPKKVI	---PGTKM	---VFAG	---L	KKADER	ADLI	IAV	IE..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	20	104	0.58	.....CLQCHVV	DSTAT	---KTG	PTLHGVI	GRQSGVAGF	---DYS	AANKN	---KG	---VW	TRETLEFY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFAG	---L	KKADER	ADLI	IAV	IE..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	19	103	0.58	.....CLQCHVV	DSTAT	---KTG	PTLHGVI	GRQSGVAGF	---DYS	AANKN	---KG	---VW	ITKETLFEY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFAG	---L	KKADER	ADLI	IAV	IE..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	19	103	0.69	.....CLQCHVV	DSKAT	---KTG	PTLHGVI	GRQSGVAGF	---DYS	TANKN	---KG	---VW	TRETLEFY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFAG	---L	KKADER	ADLI	IAV	IE..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	23	100	0.89	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	TANKN	---MA	---VH	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PETKM	---VFPG	---L	KNHRSV	.....			
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.27	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	TANKN	---MA	---VH	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.16	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VH	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	23	108	0.29	.....CAQCHT	VEKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKS	---MA	---VH	IEEKLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.17	.....CAQCHT	VEKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VH	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.28	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VH	IGVNTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.19	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VQ	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.14	.....CAQCHT	VEKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VQ	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.23	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KEG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VH	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.20	.....CAQCHT	VEKGAGH	---KEG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VH	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.18	.....CAZCHT	VZL	GAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VL	HABBTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.14	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VL	HZZATLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	23	108	0.22	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VH	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.30	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VH	IEEKLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.23	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	TANKN	---MA	---VH	IEEKLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.23	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---AA	---VH	IEEKLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.17	.....CAQCHT	VDKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VE	IEEKLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	23	108	0.29	.....CAQCHT	VEAGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VE	IEEKLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.24	.....CAQCHT	VDA	GAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VE	IEENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	108	0.10	.....CAZCHT	VZK	GAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VH	HZZBLSLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.16	.....CAQCHT	VEKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VW	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	108	0.22	.....CAQCHT	VEKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VH	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.27	.....CAQCHT	VEKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VH	IEESTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.38	.....CAECHT	VDA	GAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VH	HZZKTLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.17	.....CAQCHT	VEKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---MA	---VH	HZZBTLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.46	.....CAQCHT	VDL	GAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VH	ISEDTLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.39	.....CAZCHT	VZB	GAGH	---KZG	PNLHGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VH	IEEKLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.39	.....CAZCHT	VZK	GAGH	---KQG	PNLHGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	TANKN	---KA	---VH	HZZTLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.16	.....CAQCHT	VEKGAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KA	---VH	IENTLYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFPG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	0.64	.....CAZCHT	VDA	GAGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---SYS	AANKN	---KT	---AD	HZZBTLTYDY	LLNPKKVI	---PGTKM	---VFAG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..
<a href="#">CY2_RHOFI</a>	22	107	1.03	.....CAQCHV	AEKGGH	---KQG	PNLNGLFGR	QSGTTPGV	---RVS	KANKE	---AA	---VH	IGESTLYDY	LLNPKKYM	---PGNKM	---VFAG	---L	KKQER	ADLI	IAV	SVLK..	

# Phylogénie moléculaire (2)



arbre inféré à partir de l'alignement  
 les relations concordent avec la morphologique  
 les différences entre les gènes reflètent le temps  
 écoulé depuis la divergence des organismes  
 (**horloge moléculaire**, souvent prise en défaut)



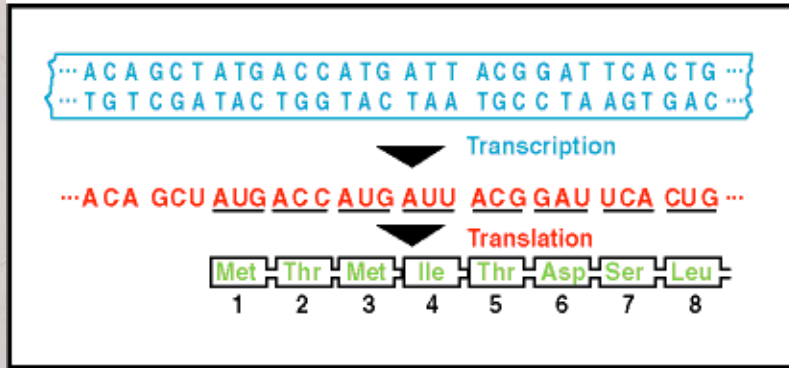
# Couple mutation / sélection naturelle

« La complexité du Vivant ne peut être expliquée qu'au travers de la sélection [naturelle] et ne requiert aucune autre catégorie d'explication. (...) Lorsque la sélection est décrite, elle est souvent traitée comme l'un des différents mécanismes possibles de l'évolution. Dans le meilleur textbook disponible, par exemple, le changement génétique aléatoire se voit accorder le même nombre de pages que la sélection, et il est assez courant de voir la théorie neutre de l'évolution moléculaire recevoir une attention comparable à la théorie de la sélection naturelle. Cela est certainement injustifiable. L'évolution est le développement et la maintenance d'organisations complexes qui fonctionnent de manière appropriée à des conditions données. Il y a beaucoup de forces qui entravent l'évolution — mutations, erreurs d'échantillonnage, immigration, etc — mais la sélection est le seul processus qui cause l'évolution. » (Bell, 1997)

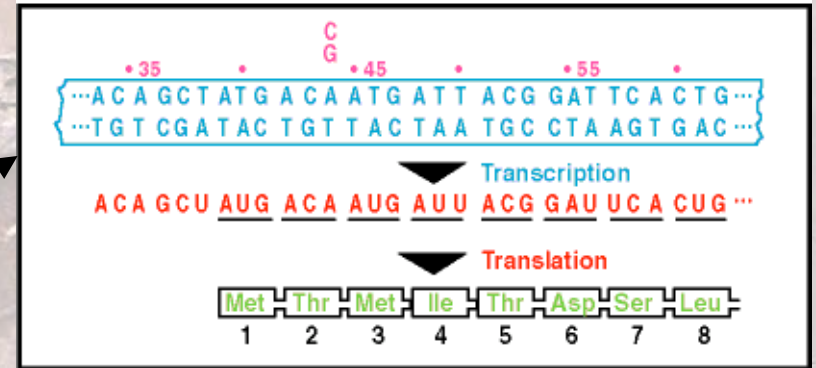
« Dobzhansky nous disait un jour que, en France, nous n'avions jamais compris le rôle de la sélection, car nous l'imaginions toujours sous l'aspect négatif d'un tamis, alors que pour lui, elle avait un rôle positif, créatif. (...) Mais l'évolution peut-elle se réduire à la seule adaptation ? Ne montre-t-elle pas au départ des lignées les plus originales de son histoire des phénomènes imprévisibles, de véritables innovations possibles à réduire au simple développement des formes antérieures et entraînant la mise en place de logiciels radicalement nouveaux ? Le processus adaptatif, malgré son importance, est-il capable d'expliquer les apparitions rapides de nouveautés originelles, la mise en place de programmes vraiment inédits ? C'est là un tout autre problème dont l'importance ne saurait être négligée. (...) [Cela] nous conduit à tempérer la proposition de la Théorie synthétique, selon laquelle « l'adaptation est le moteur de l'évolution ». Elle est l'un de ses moteurs; l'innovation, dont l'origine, le conditionnement ne paraissent pas être de nature sélective, en est un autre. » (Devillers et Tintant, 1996)

# Mutations

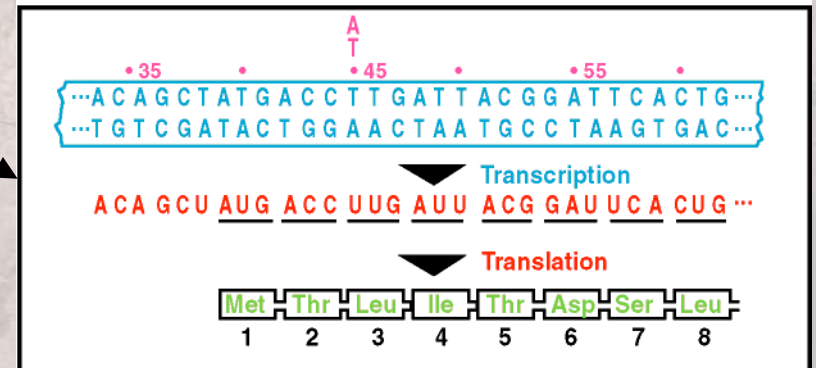
## WILD TYPE



## SILENT MUTATION

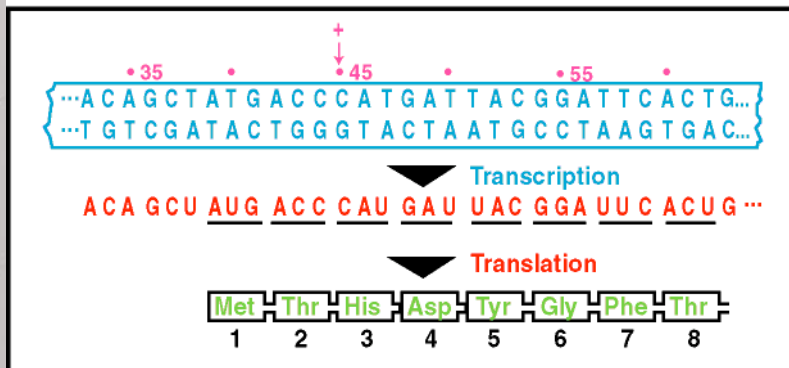


## MISSENSE MUTATION



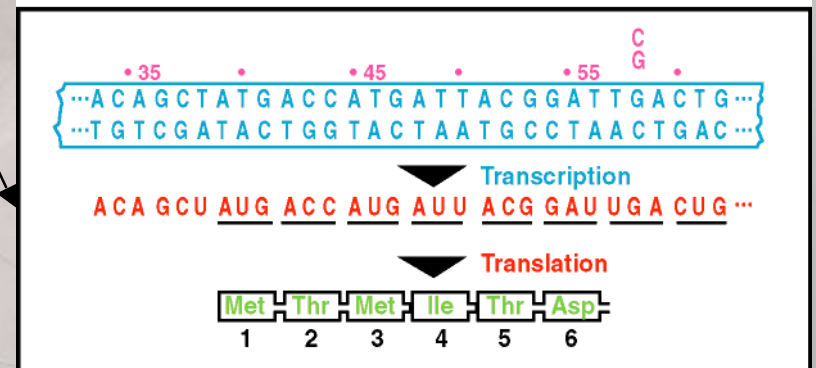
## FRAMESHIFT

-insertion  
 -deletion

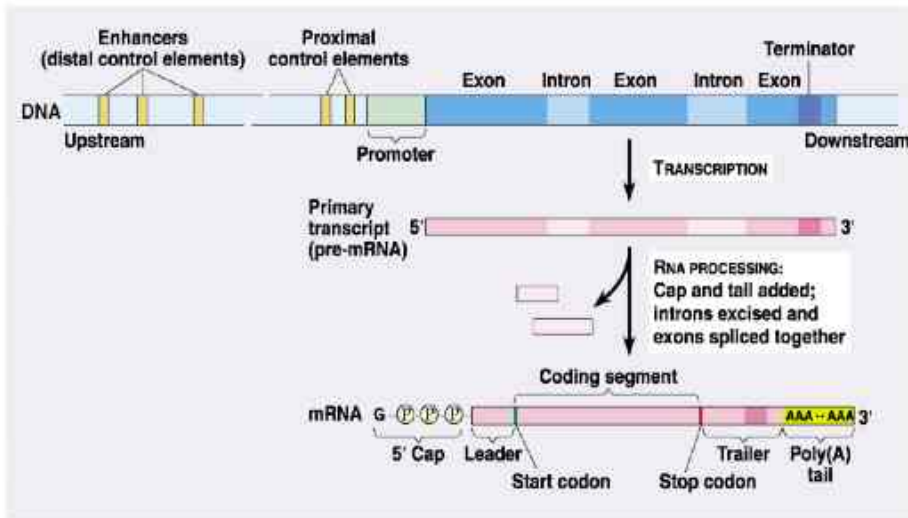


## NONSENSE MUTATION

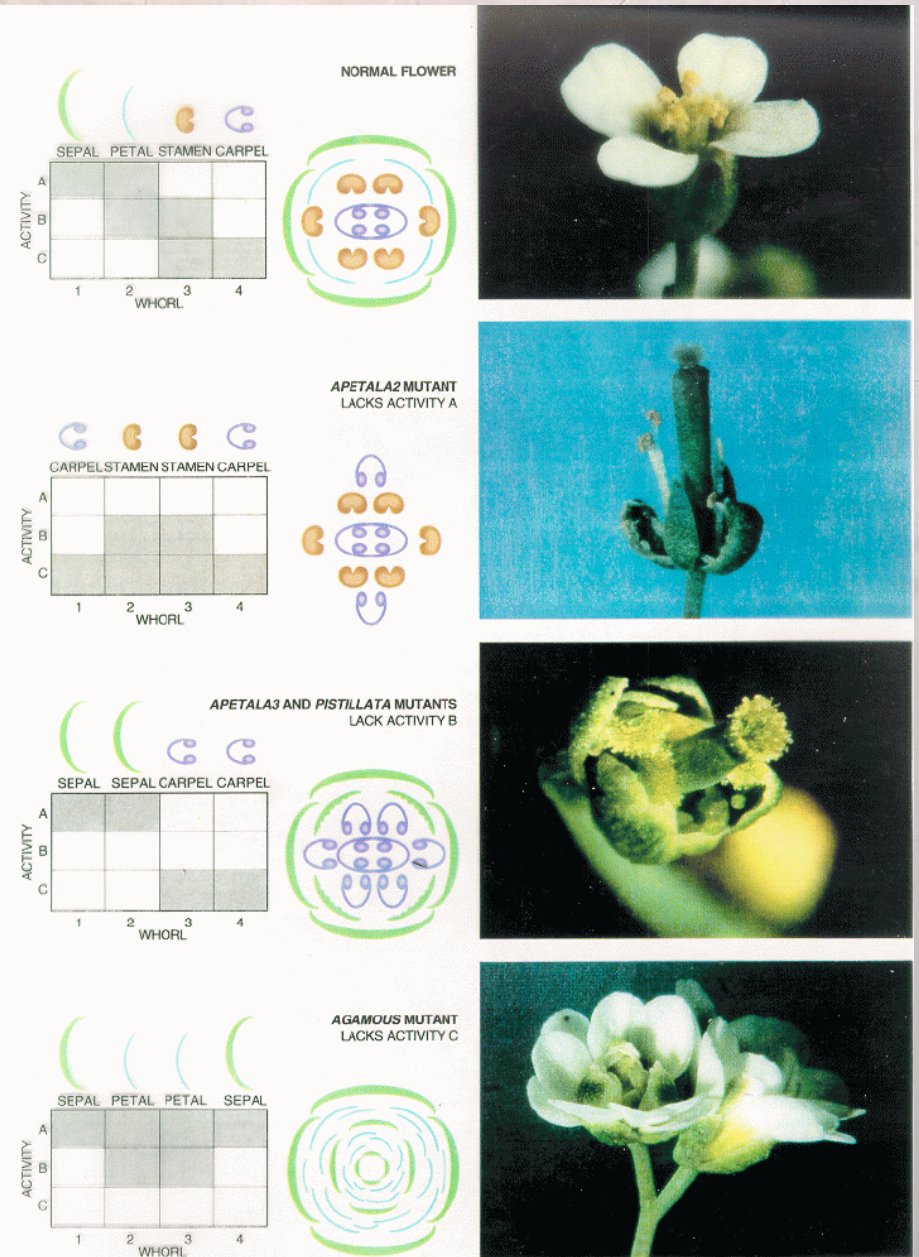
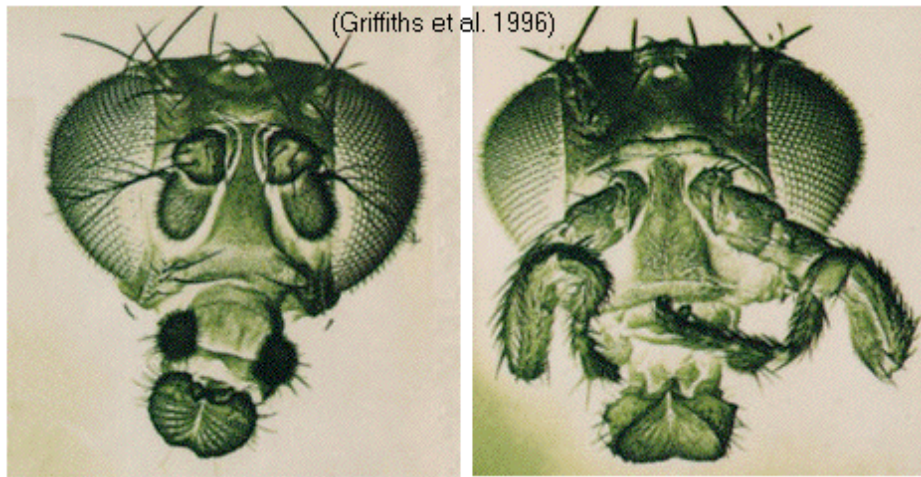
-truncation  
 -polarity



# Promoteurs et gènes architectes



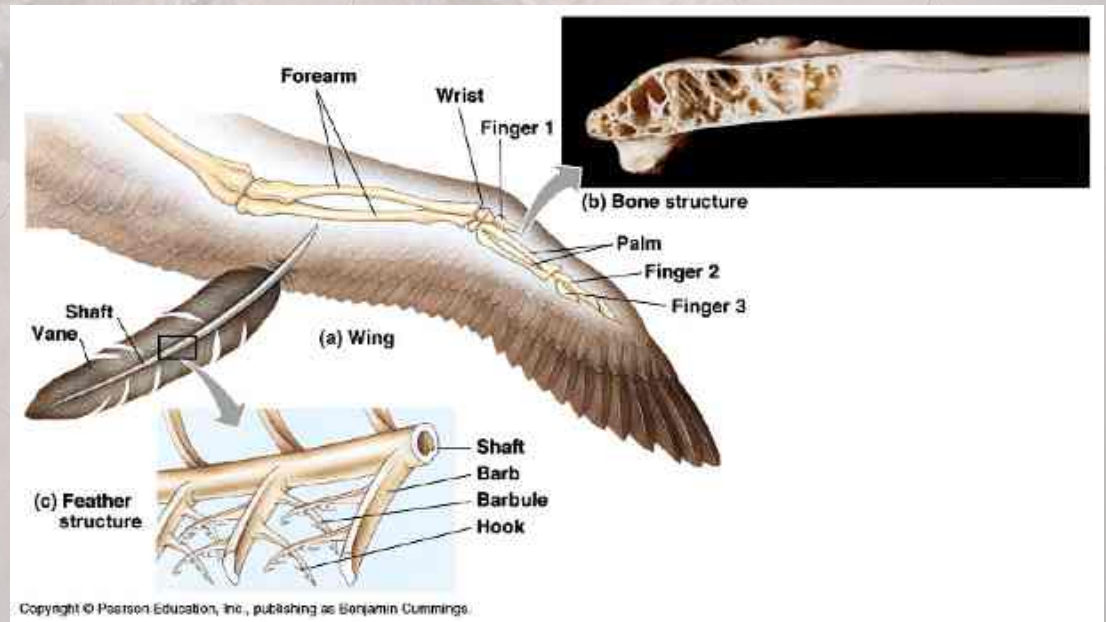
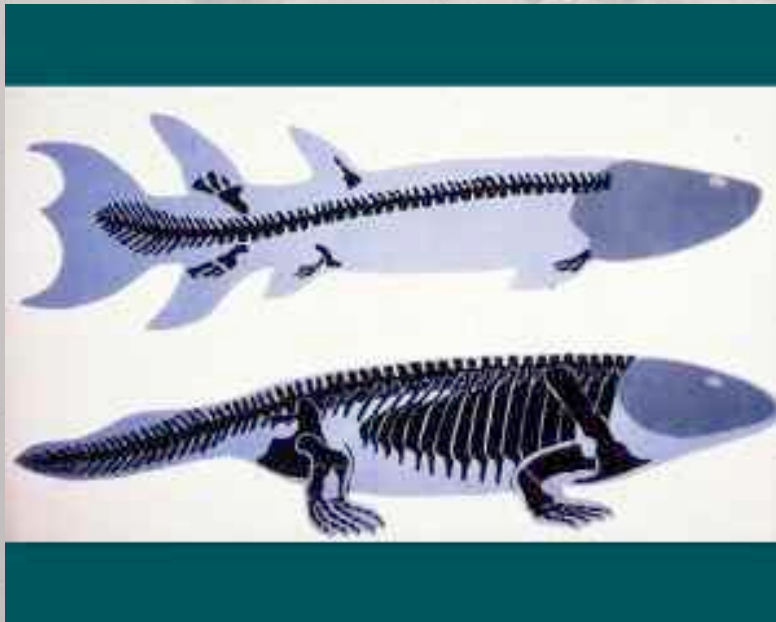
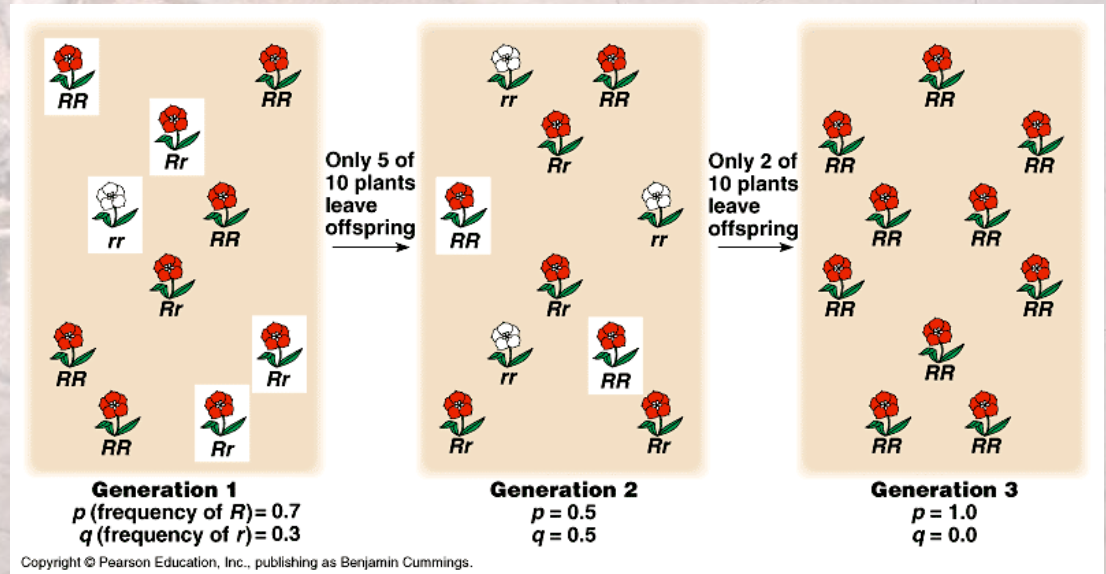
©1994 Addison-Wesley Longman, Inc.



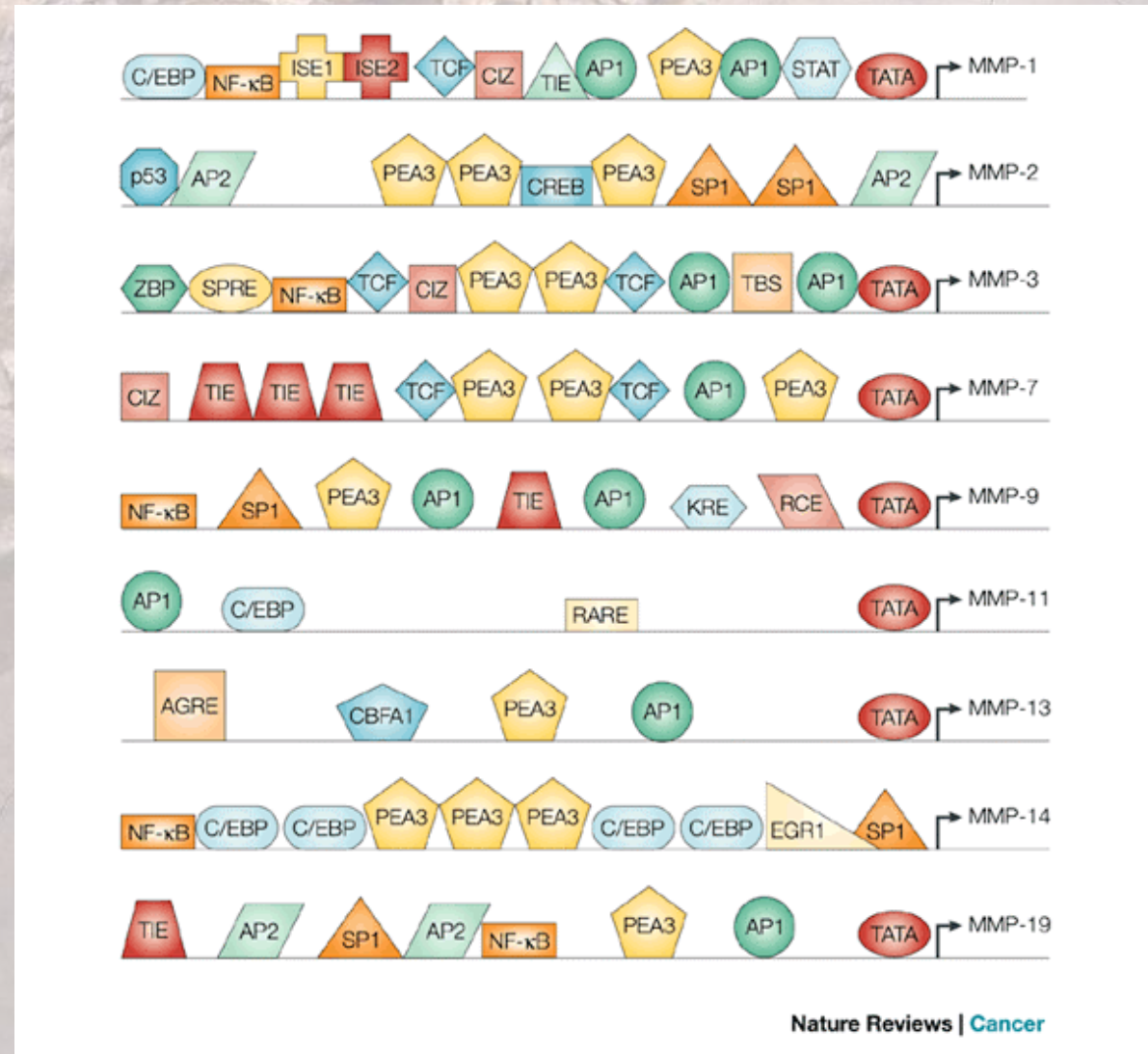
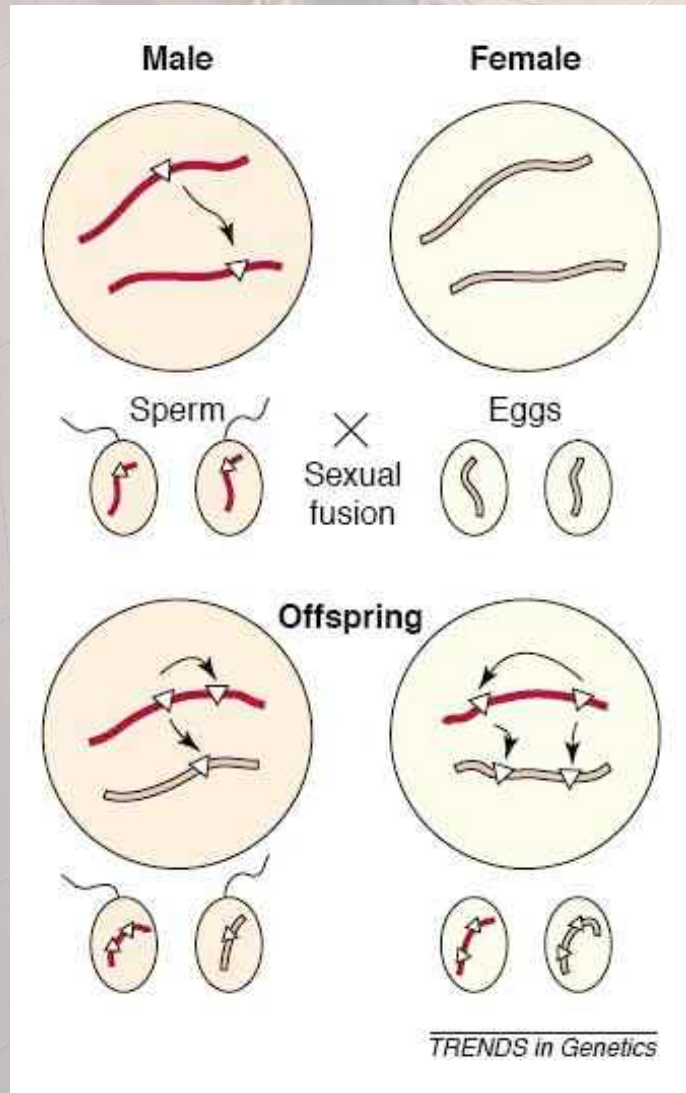
# Sélection naturelle et adaptation

- trois types de sélection
  - **stabilisante** : élimine les individus aux extrêmes de la courbe (adaptation statique)
  - **directionnelle** : retient les individus déviants dans une direction donnée (adaptation dynamique)
  - **diversifiante** : frappe les individus moyens (spéciation rapide)
- deux types d'adaptation
  - **statique** : l'organisme vit en harmonie avec son milieu; il y est adapté et sous le coup de la sélection stabilisante
  - **dynamique** : le milieu changeant, la population peut soit se déplacer, soit s'adapter génétiquement (sélection directionnelle), soit disparaître

# Dérive génétique et exaptation

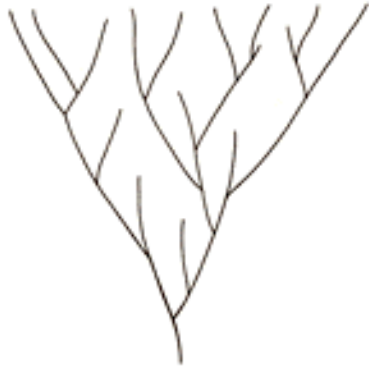


# Molecular drive, adaptation et co-évolution moléculaire

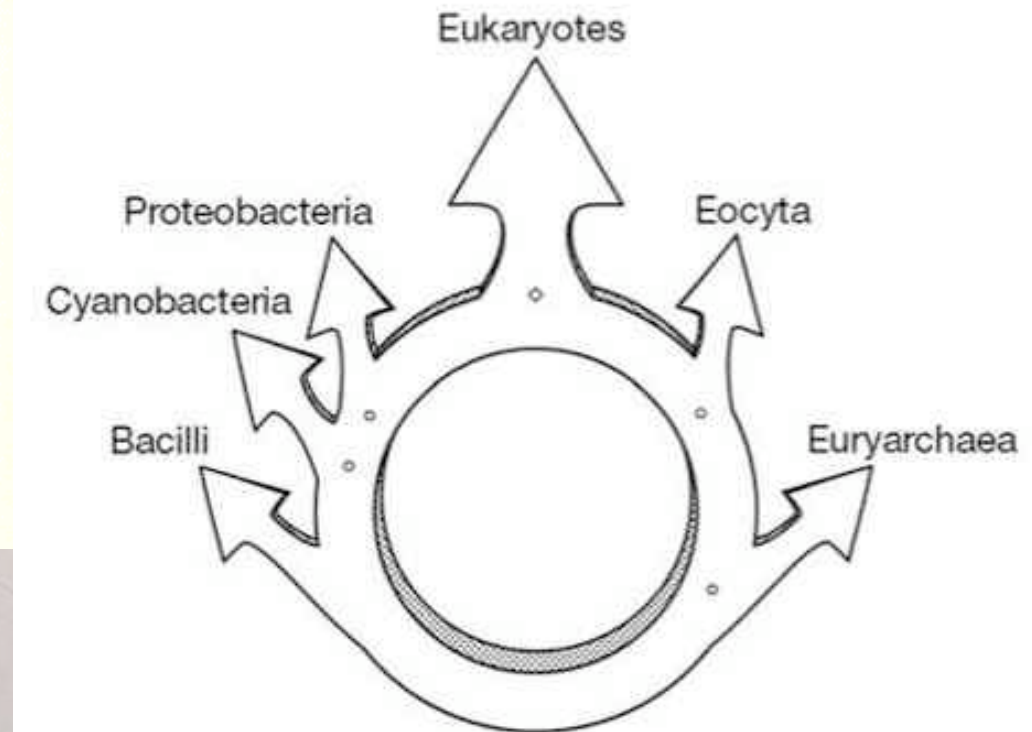
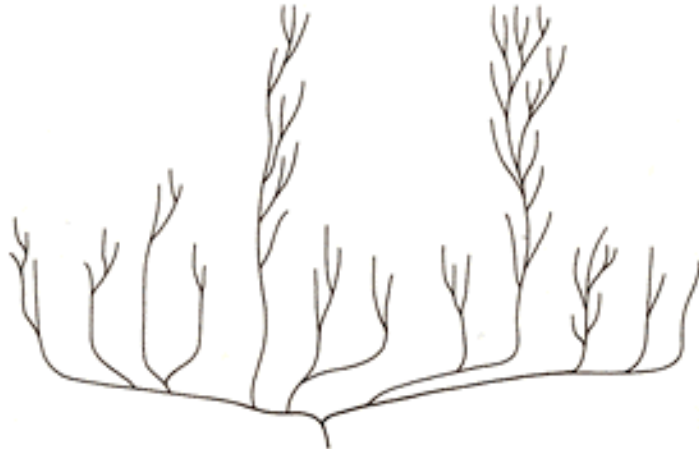


# Contingence et événements très rares

The Cone of Increasing Diversity



Decimation and Diversification



# Conclusions (1)

*« Dans le passé, la plupart des théoriciens de l'évolution ont toujours cherché un processus unique, susceptible de s'appliquer à l'ensemble des cas (...) Cependant, l'examen objectif des faits nous révèle une complexité si grande qu'il est permis de se demander si cette exigence d'un modèle unique est capable de conduire à une compréhension satisfaisante de la totalité du phénomène et si elle ne dérive pas plutôt des structures de l'esprit humain que de la stricte observation de la nature. » (Devillers et Tintant, 1996)*

trois processus, interagissant entre eux, rendent compte du changement évolutif de grande ampleur (innovations biologiques et spéciation) :

- le couple mutation / sélection naturelle (adaptation)
- la dérive génétique (exaptation)
- le molecular drive (adaptation et co-évolution)

Dover (2000)

## Conclusions (2)

La biologie évolutive est une **science historique** : « Ici, plus d'expérimentation possible ; on n'expérimente pas dans le temps (...) Tout au plus peut-on construire, à partir de considérations théoriques et d'expérimentations actuelles, des **modèles** dont on cherchera à établir la validité en les confrontant aux résultats de l'observation. (...) les espèces, les groupes ne sont apparus qu'une seule fois et, même si nous pouvions fabriquer dans nos laboratoires des espèces nouvelles, cela ne prouverait nullement que les espèces passées soient apparues de la même façon. » (Devillers et Tintant, 1996)