

Les interactions dans le monde vivant

Virginie Courtier
Cours 4 – 6 mars 2023



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

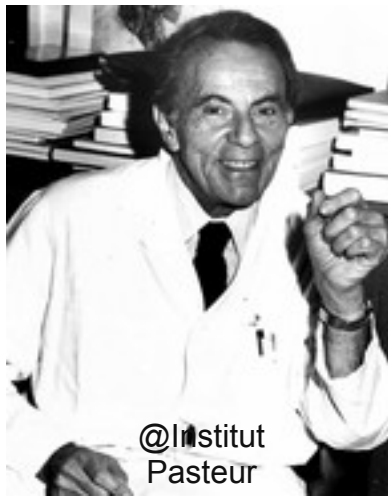


Fondation
Jean-François & Marie-Laure
de Clermont-Tonnerre

L'être humain a tendance à découper le monde en éléments disjoints



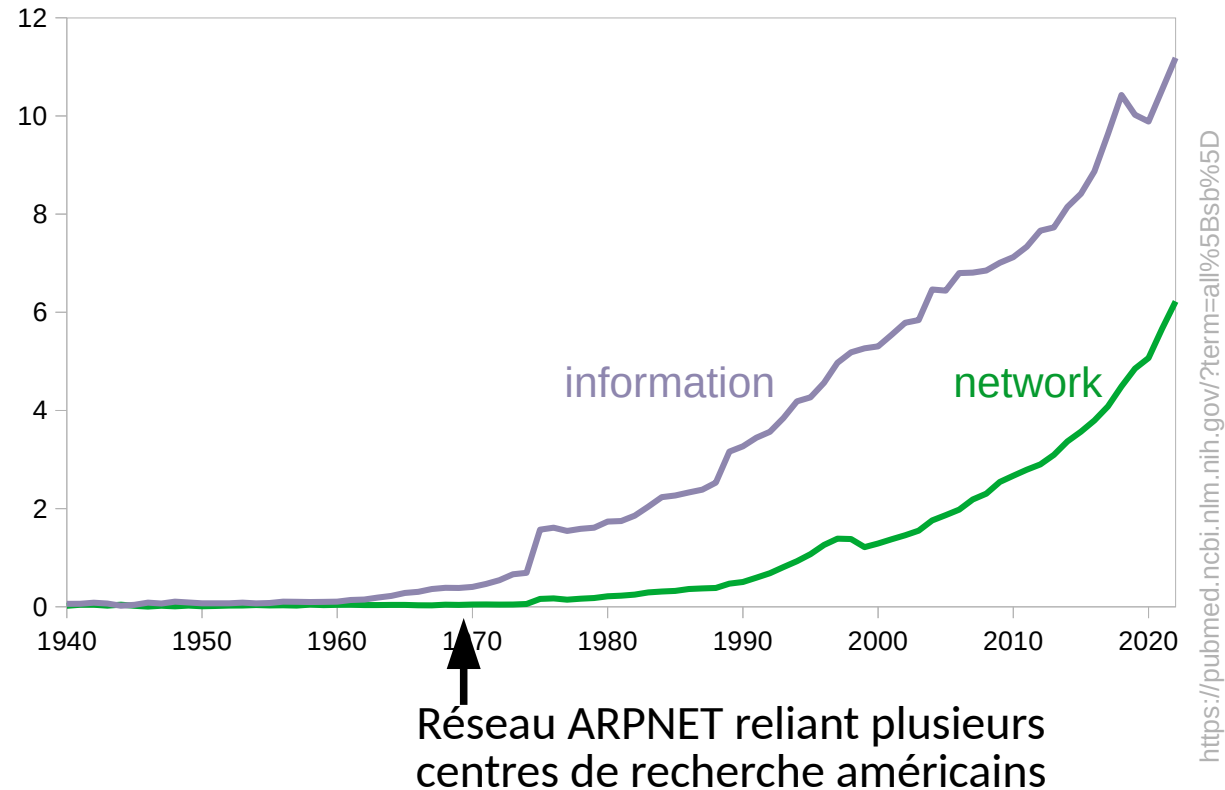
<https://blog.line-perles.fr>



« Aujourd'hui le monde est messages, codes, information. Quelle dissection demain disloquera nos objets pour les recomposer en un espace neuf ? »

Francois Jacob, La logique du vivant, 1970, p. 345

Pourcentage d'articles contenant le mot "information" ou "network" dans PubMed




**Interconnections et échanges
métaboliques
entre individus (symbiose et autres relations)
intracellulaires (Buchnera, mitochondries)
génétiques**

**L'arbre du vivant ressemble plus à un réseau.
Chaque être vivant est une mosaïque.**

Interconnexions et échanges métaboliques

entre individus (symbiose et autres relations)
intracellulaires (Buchnera, mitochondries)
génétiques

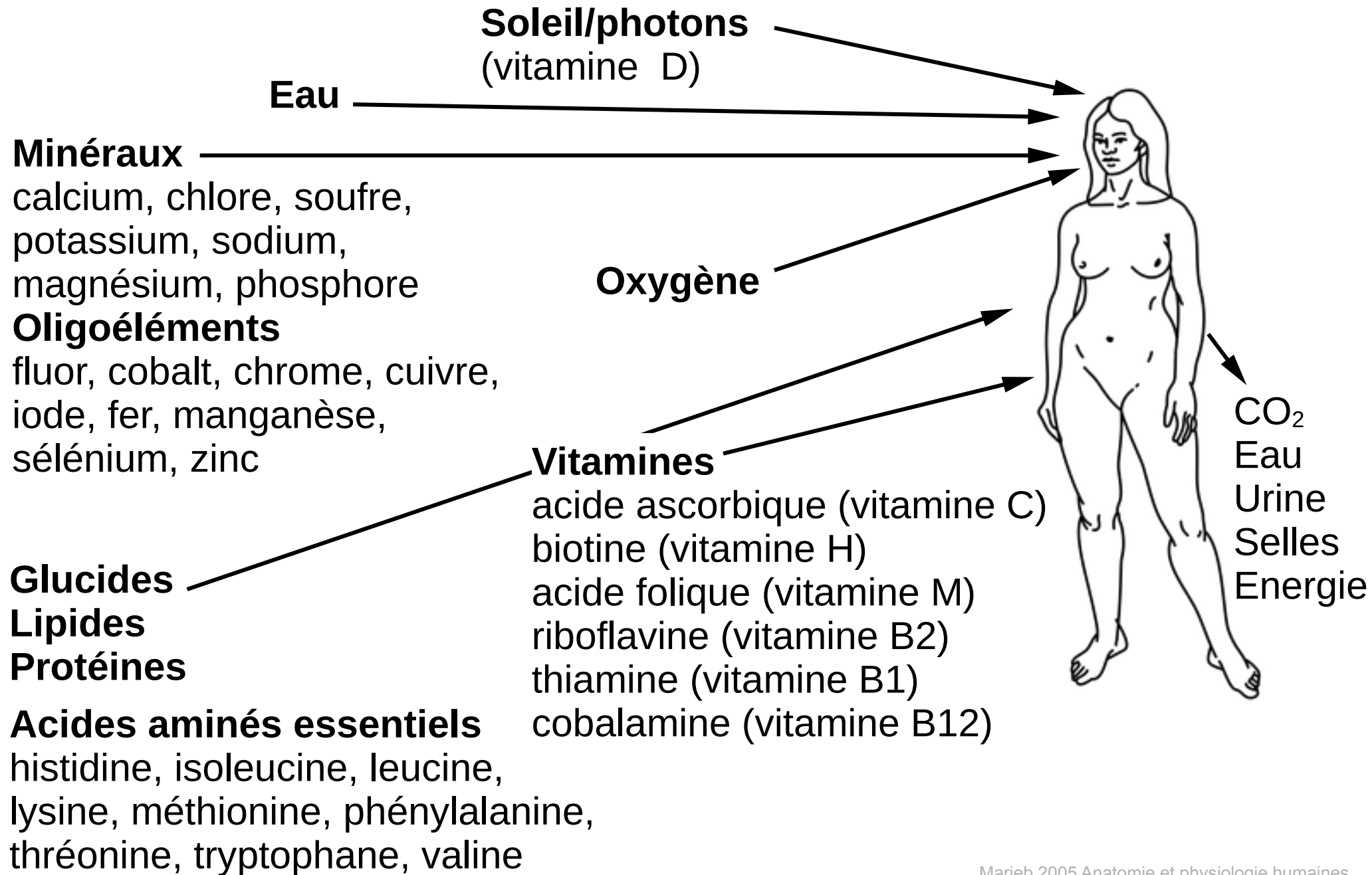
L'arbre du vivant ressemble plus à un réseau.
Chaque être vivant est une mosaïque.



*« Il est intéressant de contempler une berge enchevêtrée, recouverte de nombreuses plantes de toutes sortes, avec des oiseaux qui chantent sur les buissons, des insectes variés qui voltigent, et des vers qui rampent dans la terre humide, et de réfléchir au fait que ces formes élaborées, si différentes les unes des autres, et **dépendant les unes des autres de manière si complexe**, ont toutes été produites par des lois agissant autour de nous. »*

Charles Darwin, 1872, L'origine des espèces, 6^e édition

Éléments nécessaires à l'être humain



Paires alimentaires



Décès d'un bébé de 7 mois

Juin 2014

Décès d'un bébé de 7 mois, nourri exclusivement au lait végétal depuis ses 3 mois

Juin 2017

Parents condamnés à six mois de prison avec sursis pour avoir « causé sa mort sans le vouloir ».



@SoGirly

Les recommandations de l'Anses

Bien choisir le lait

Votre enfant a moins d'un an ? Les boissons courantes, qu'elles soient d'origine végétale ou animale, ne leur conviennent pas : elles ne peuvent se substituer au lait maternel et/ou aux laits infantiles 1^{er} et 2^{ème} âges.

Éléments nécessaires au pissenlit

Soleil/photons

CO₂

Oxygène

Sels minéraux

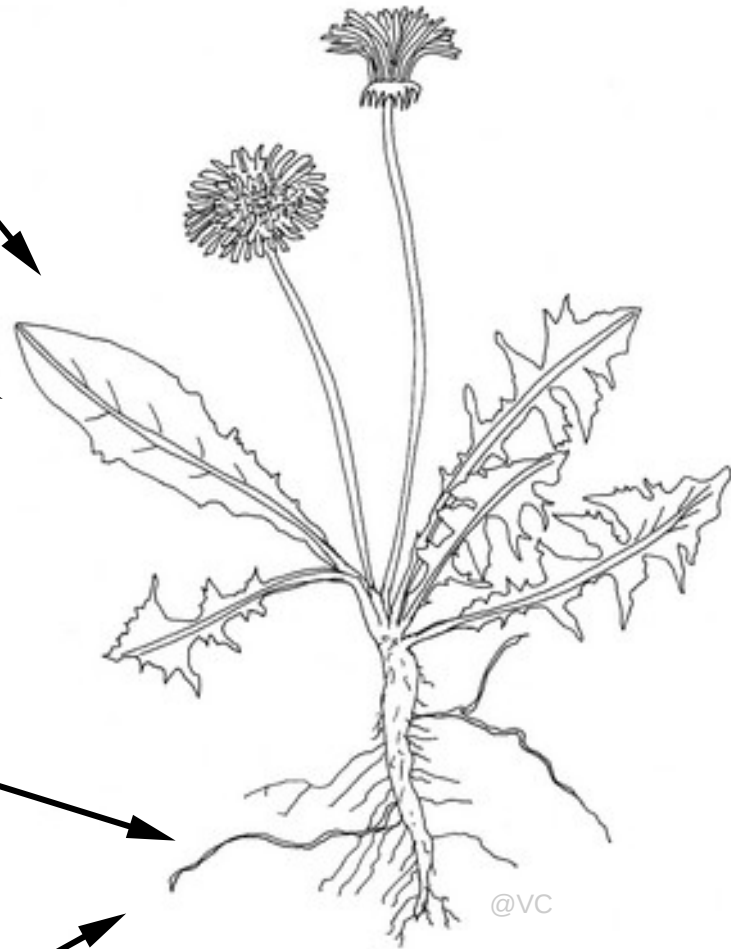
Macronutriments

azote, potassium, calcium,
magnésium, phosphore,
soufre

Oligoéléments

chlore, fer, bore, manganèse,
zinc, cuivre, nickel,
molybdène

Eau



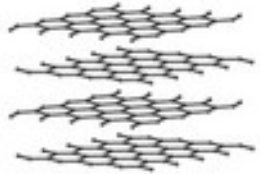
Les minéraux naturels

Substance solide naturelle caractérisée par une composition chimique précise et une structure atomique ordonnée.

5659 espèces minérales recensées par l'Association internationale de minéralogie en 2022



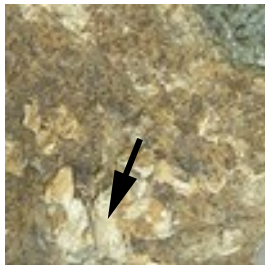
Graphite (C)



Diamant (C)



Hydroxyapatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$)



International Mineralogical Association COMMISSION ON NEW MINERALS, NOMENCLATURE AND CLASSIFICATION



Home

What's new

Commission members

IMA list of minerals

Recent new minerals

The official IMA-CNMNC List of Mineral Names

[Updated list of IMA-approved minerals \(November 2022\)](#)

This list contains names and data for minerals which have been approved, discredited, redefined and renamed and is the new revised master list of all IMA-approved and grandfathered (i.e. inherited from before 1960) minerals.

Difficile de séparer le vivant des espèces minérales

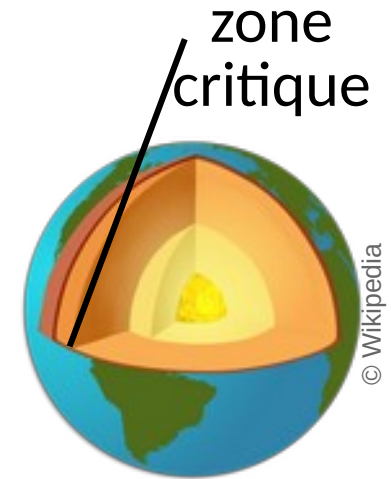
Classification des espèces minérales :

Exclut les substances fabriquées par les humains, issues de la combustion, formées par l'action de l'air ou de l'eau sur des substances anthropiques

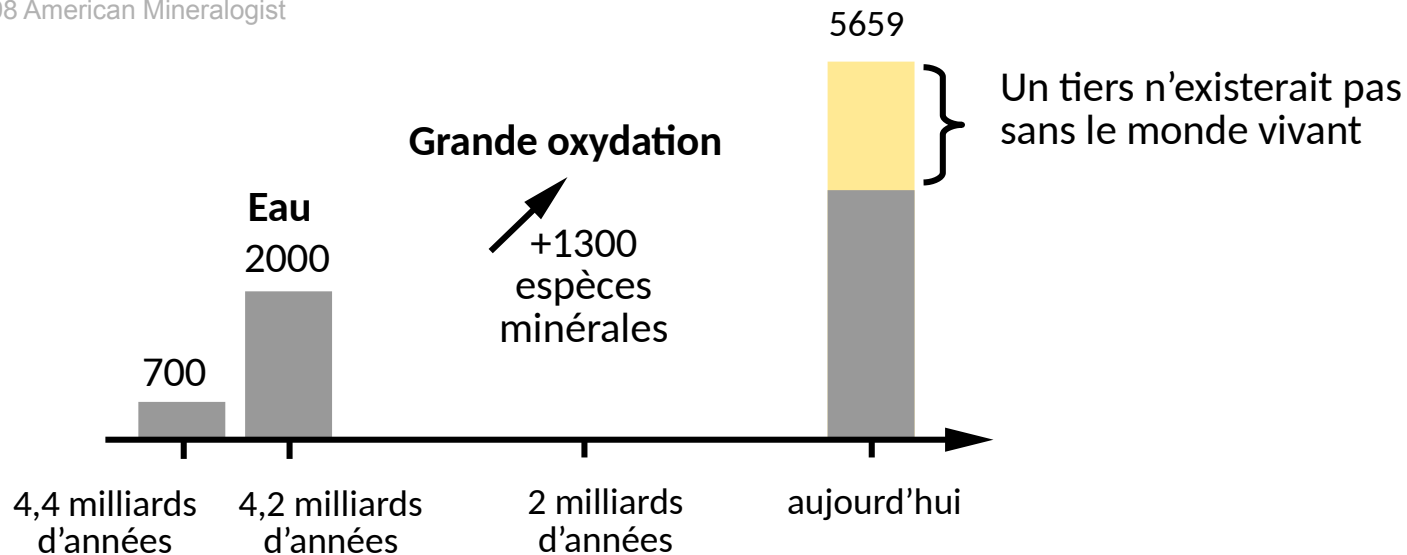
Mais

Inclut exploitation de mines/carrières si formation suite à l'exposition à l'atmosphère ou aux effets des eaux souterraines (~600 espèces minérales).

Inclut les substances produites par des êtres vivants si elles peuvent aussi se former par des processus géochimiques.

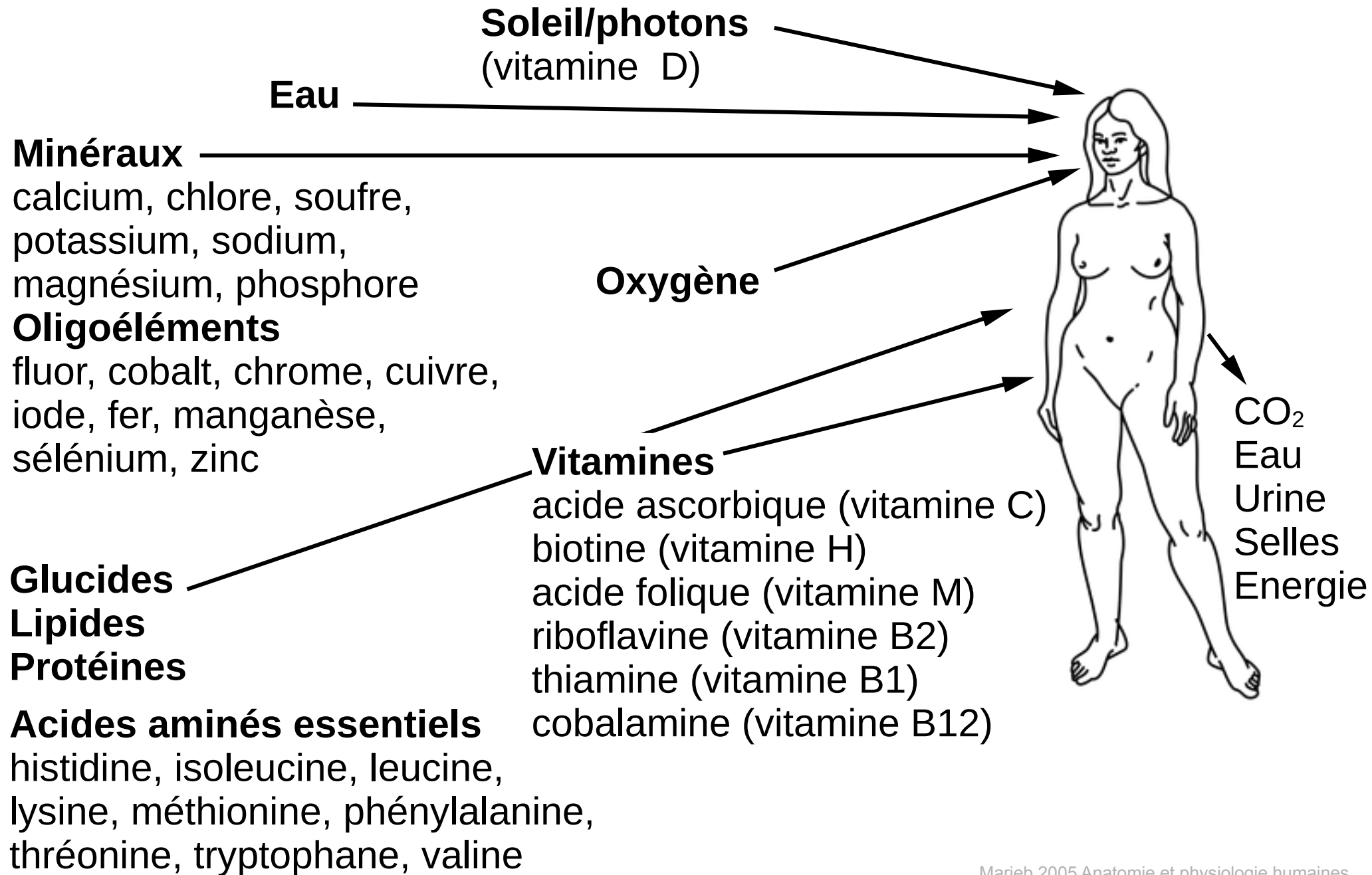


Nickel & Grice 1998 American Mineralogist



Hazen & Morrison 2022 American Mineralogist

Éléments nécessaires à l'être humain



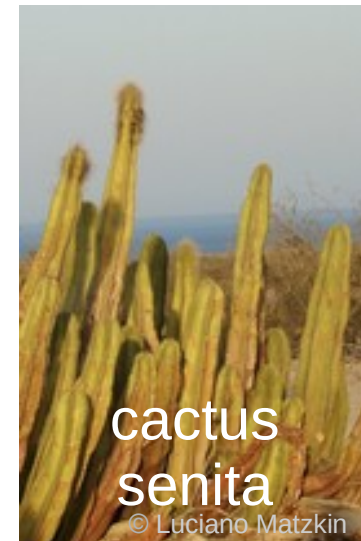
Espèce généraliste

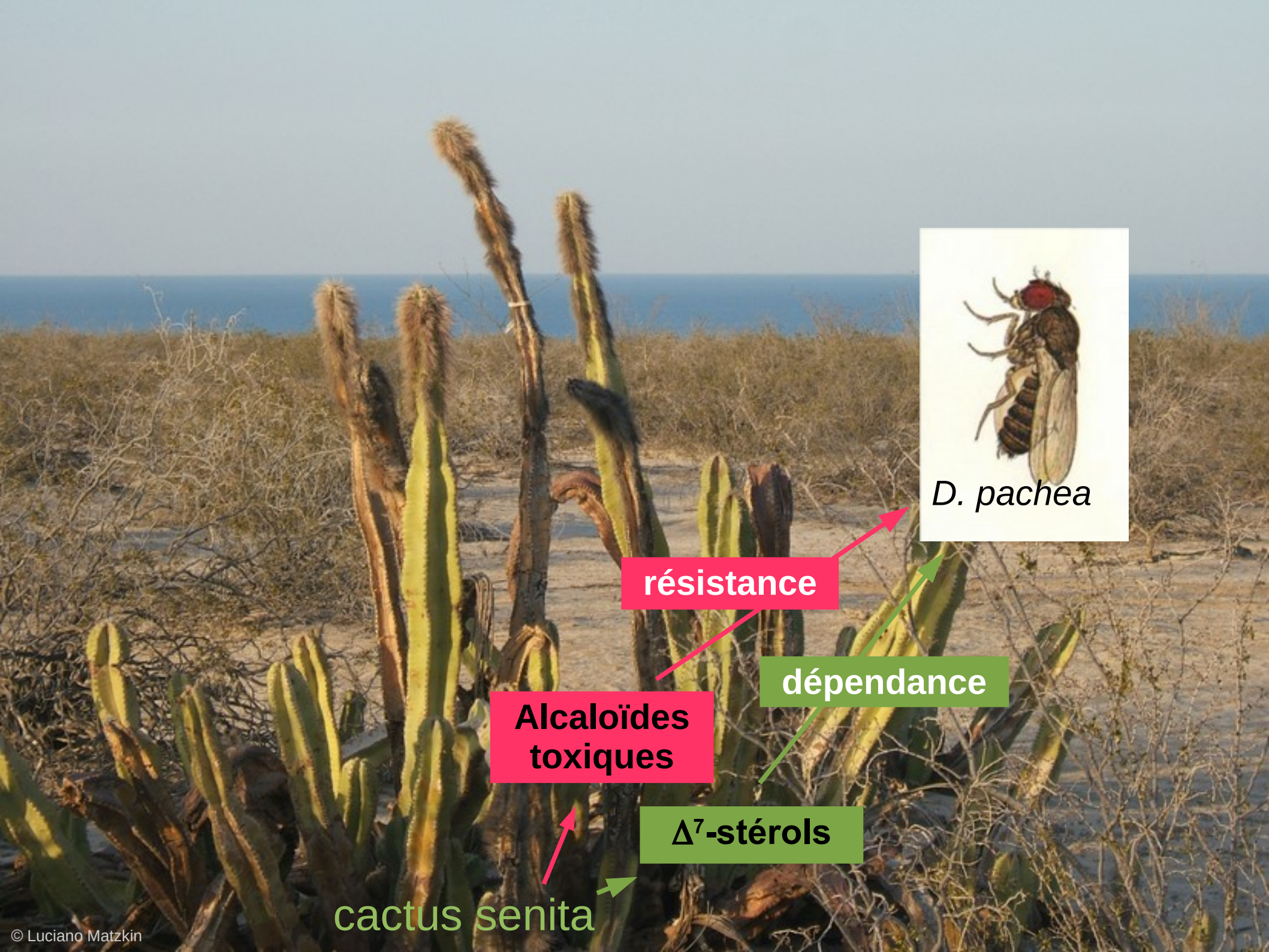


Espèce spécialiste



Espèce spécialiste obligatoire





D. pachea

résistance

dépendance

**Alcaloïdes
toxiques**

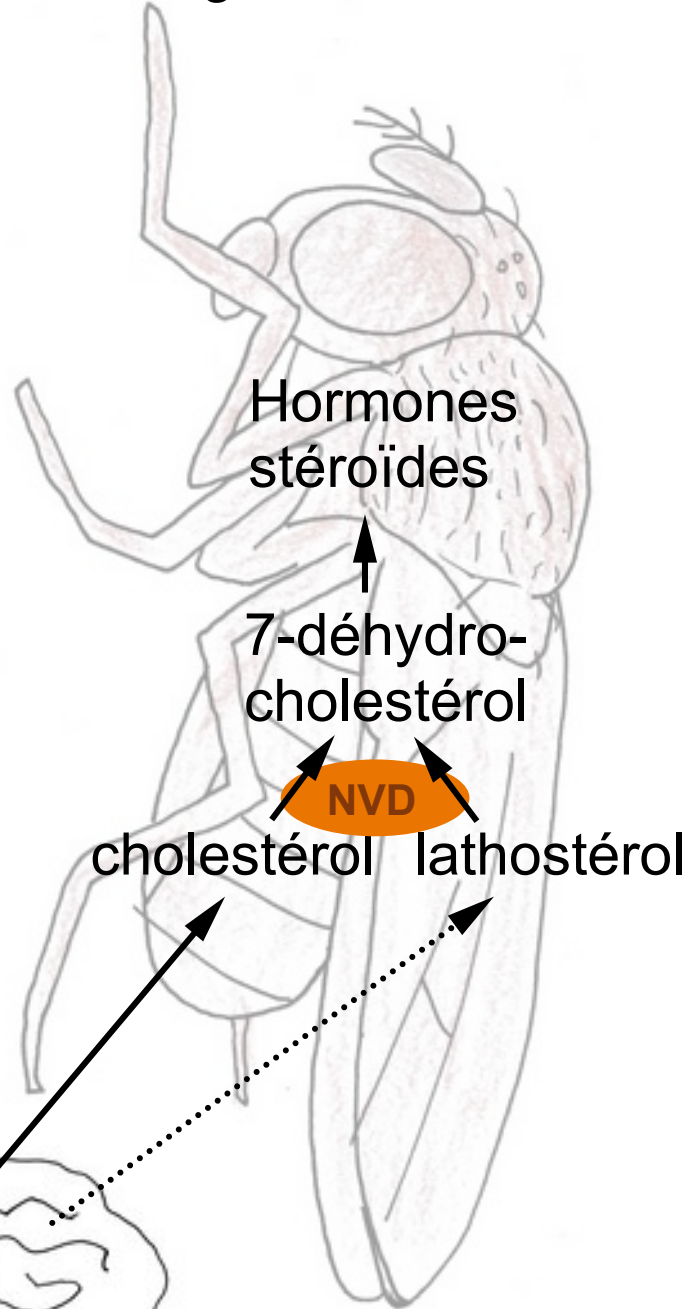
Δ^7 -stérols

cactus senita

Collecte de mouches au Mexique

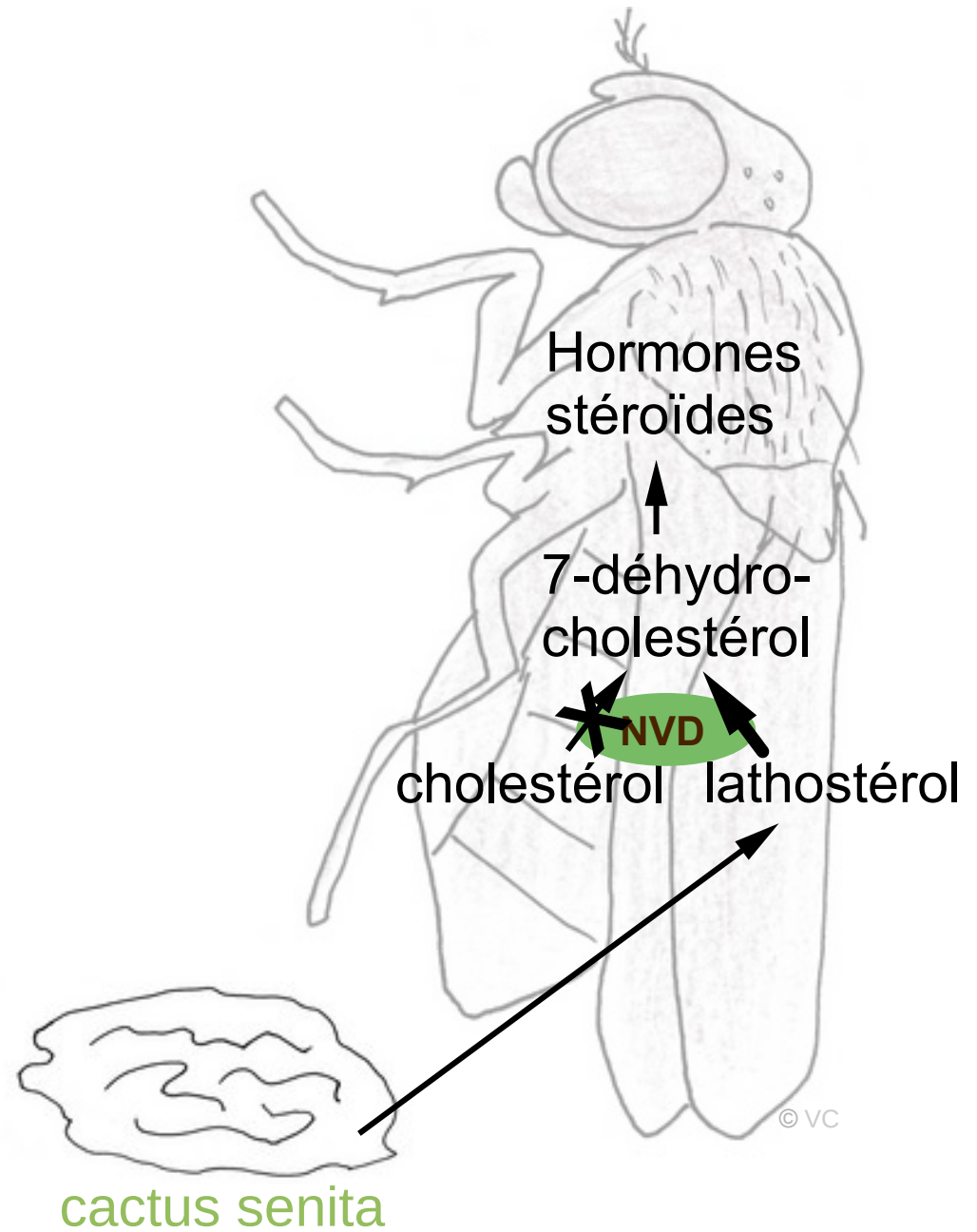


D. melanogaster



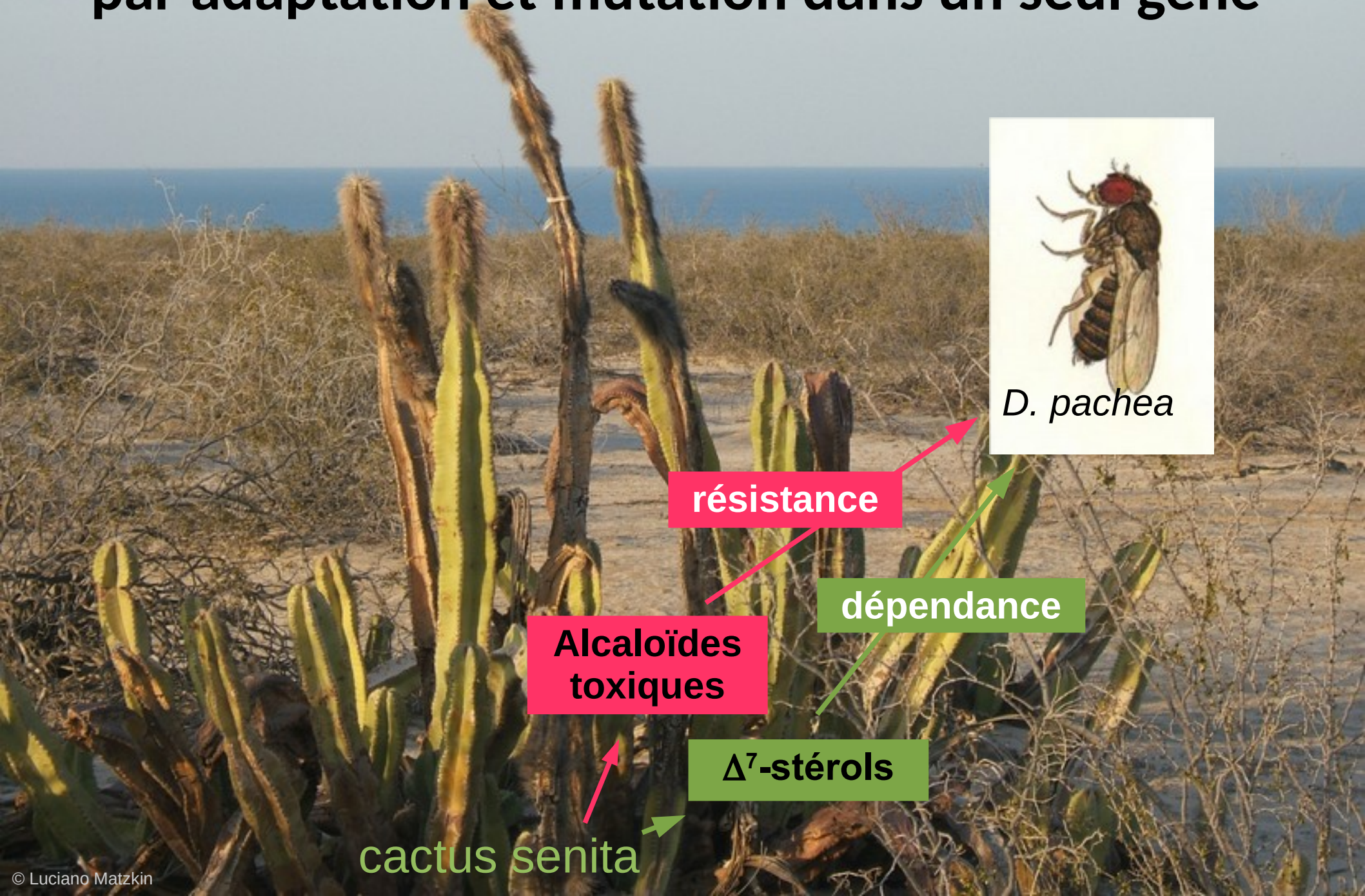
fruits pourris

D. pachea



© VC

Evolution d'une dépendance métabolique par adaptation et mutation dans un seul gène



D. pachea

résistance

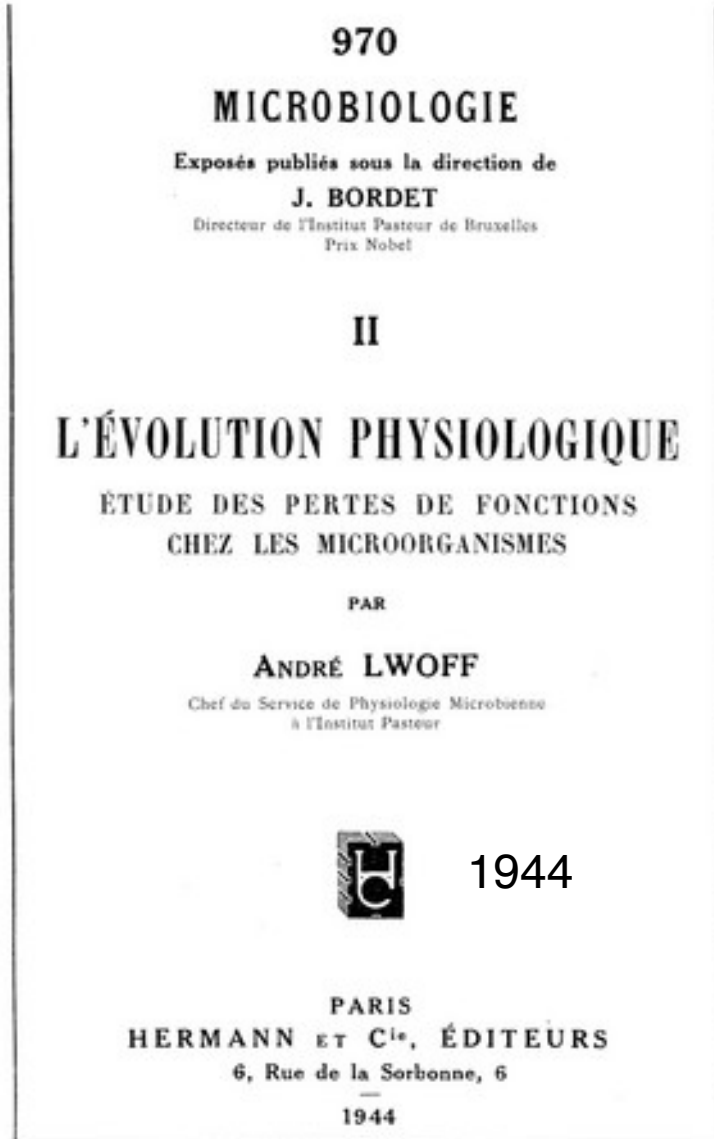
dépendance

Alcaloïdes toxiques

Δ^7 -stérols

cactus senita

Dégradation inéluctable des activités enzymatiques au cours de l'évolution



« Le développement des sciences physiques permettra peut-être un jour d'introduire dans le patrimoine héréditaire un matériel qui contrebalancera la tendance naturelle à la dégradation. »

Interconnections et échanges
métaboliques
entre individus (symbiose et autres relations)
intracellulaires (Buchnera, mitochondries)
génétiques

L'arbre du vivant ressemble plus à un réseau.
Chaque être vivant est une mosaïque.

Facteurs abiotiques

Climatiques

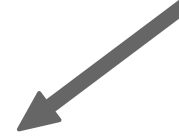
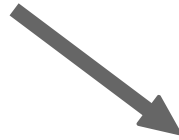
Lumière
Température
Pluviosité, humidité
Vent
Neige
Pression atmosphérique
Champ électrique
...

Topographiques

Altitude

Du milieu aquatique

Du sol



Facteurs biotiques

Intraspécifiques

Compétition
Effet de groupe

Interspécifiques

Compétition
Prédation
Parasitisme
Amensalisme
Neutralisme
Commensalisme
Coopération
Symbiose
...

Facteurs anthropiques

Pollution
Déforestation

Différents types d'interactions entre espèces

Effet de l'interaction sur :

	Espèce A	Espèce B	
Compétition	-	-	
Mutualisme, symbiose	+	+	
Prédation, parasitisme	+	-	
Commensalisme	+	0	Ex : Bactéries de la peau
Amensalisme	-	0	
Neutralisme	0	0	Ex : Mouflons et chamois

Amensalisme

Une espèce indifférente,
l'autre espèce affectée

Coexistence entre arbres et plantes herbacées

Symbiose

Association intime et durable entre deux organismes, qui bénéficie aux deux.



Les lichens

Recouvrent 8% de la surface terrestre.

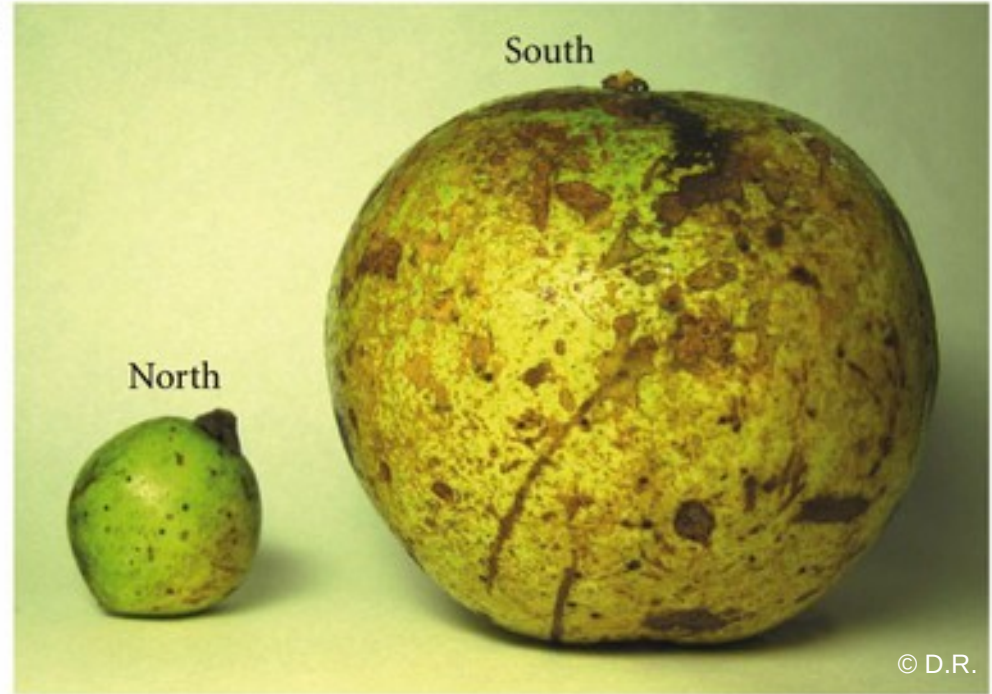


Algues
vertes

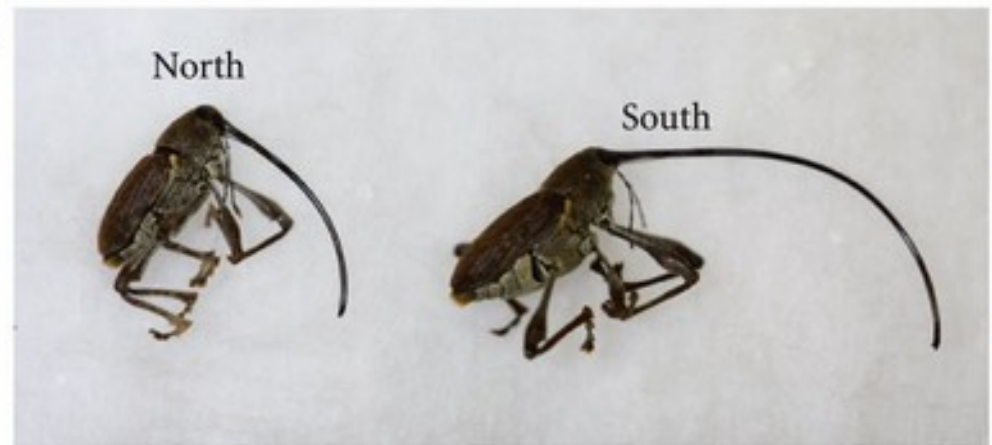
Filaments de
champignon



Coévolution plante/herbivore

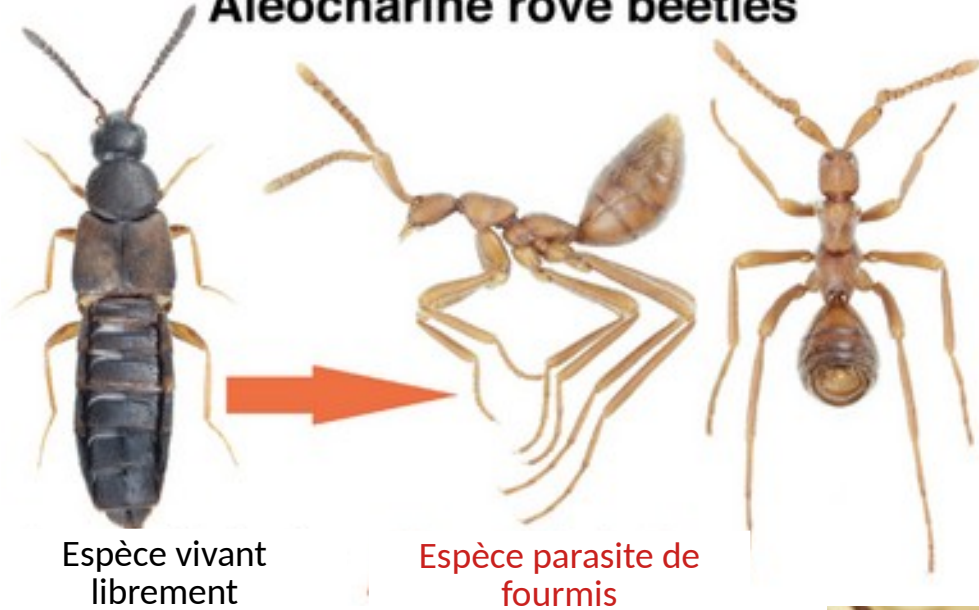


Insecte mangeur de
graines au Japon

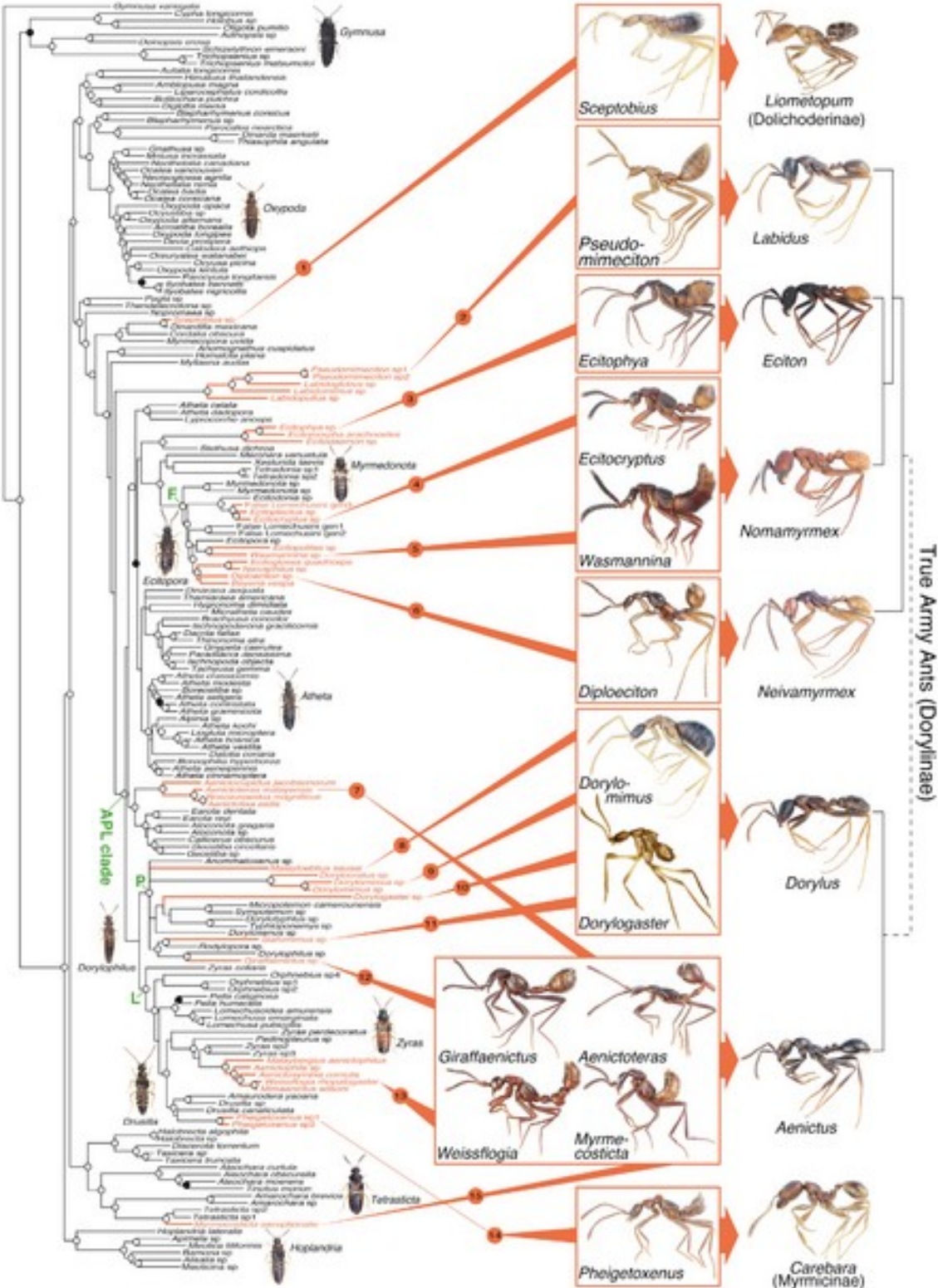


Les coléoptères myrmécophiles

Aleocharine rove beetles



Evolution répétée 12 fois



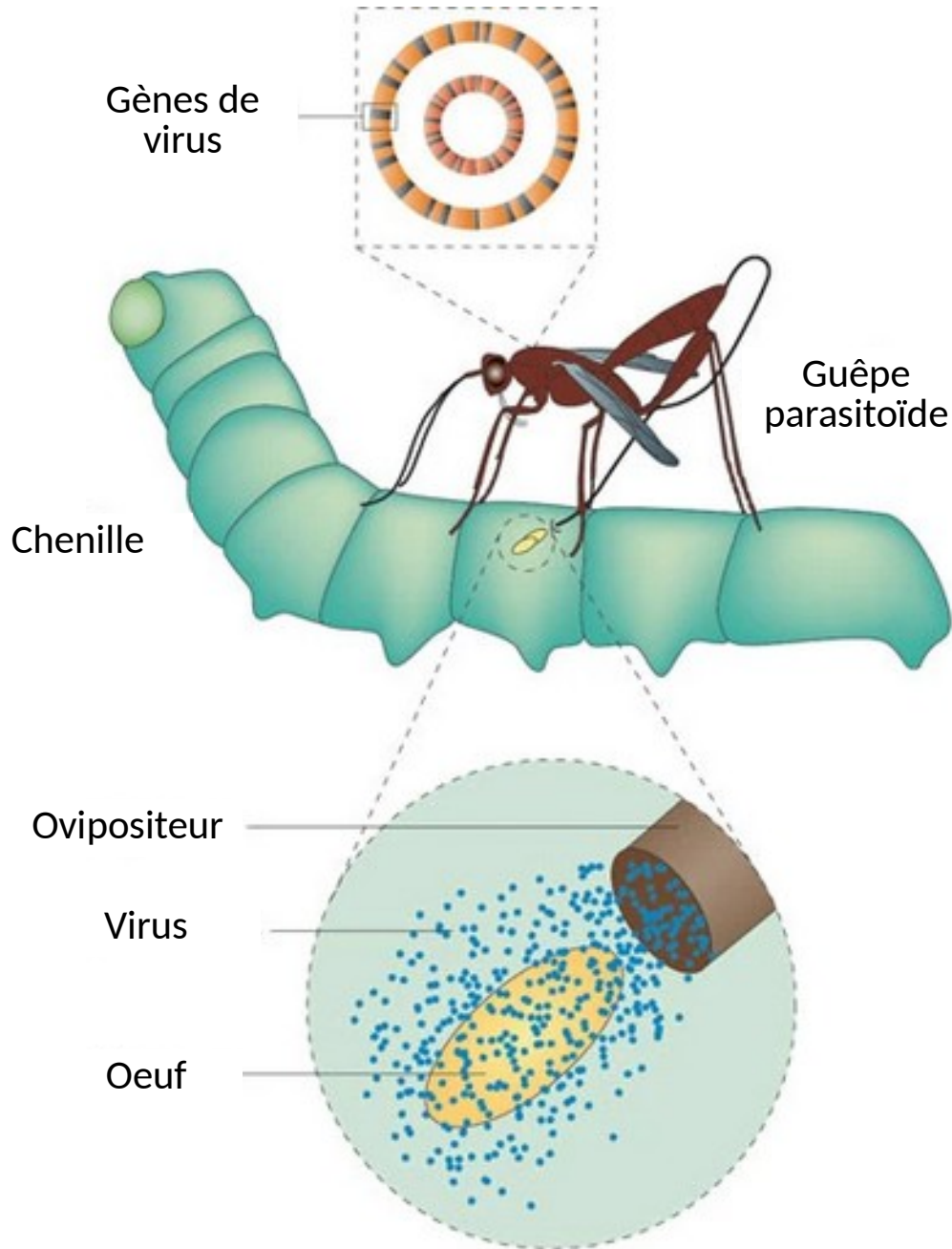
La mouche zombie

Entomophthora muscae
Parasite de
Musca domestica



© D.R.

Les guêpes parasitoïdes et leurs virus



Une espèce est souvent importante pour d'autres espèces



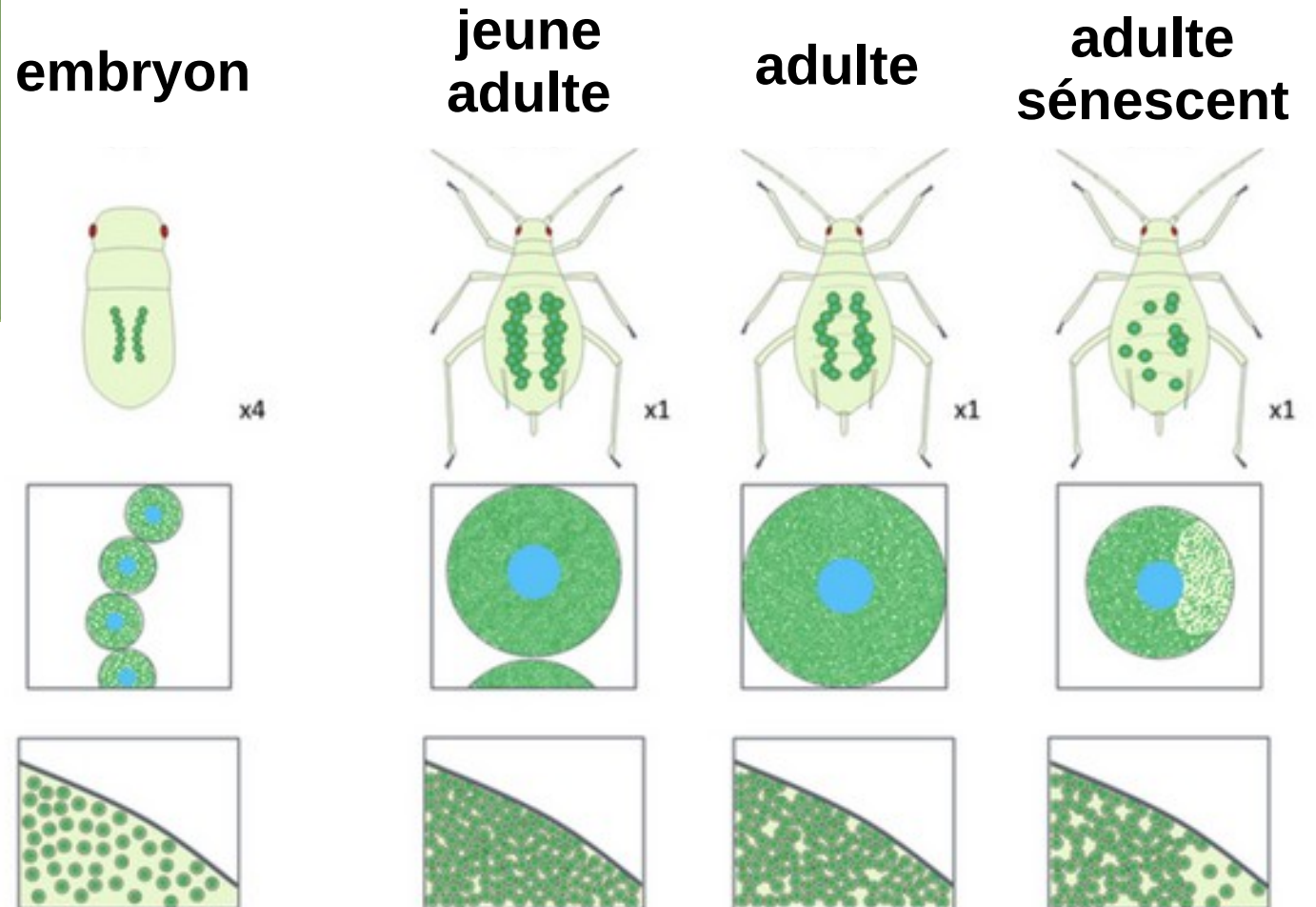
Plante épiphyte
contenant de l'eau
hébergeant
de nombreux
Invertébrés et un
site de ponte pour
des grenouilles

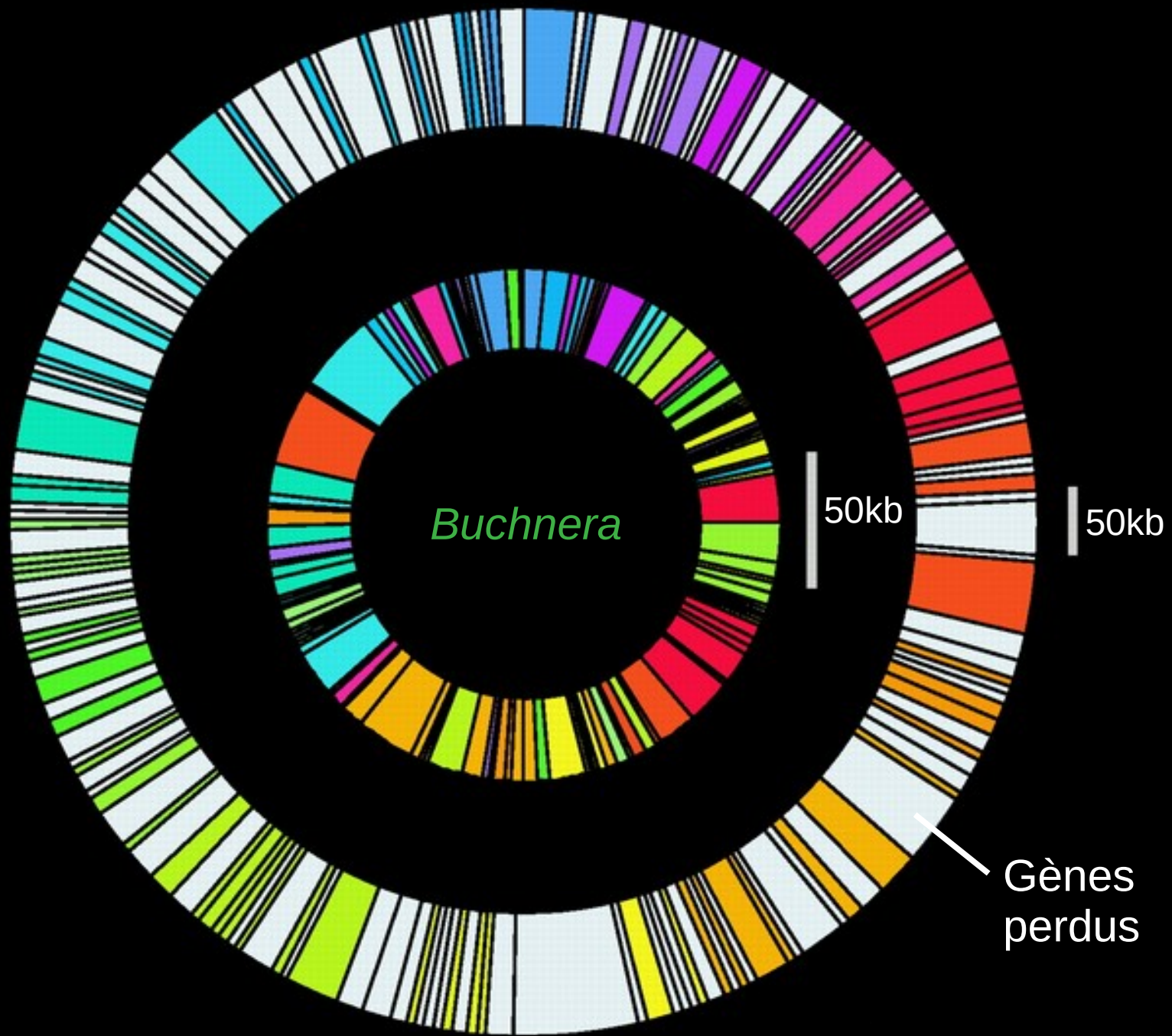
Interconnections et échanges
métaboliques
entre individus (symbiose et autres relations)
intracellulaires (Buchnera, mitochondries)
génétiques

L'arbre du vivant ressemble plus à un réseau.
Chaque être vivant est une mosaïque.

Buchnera : un symbionte obligatoire

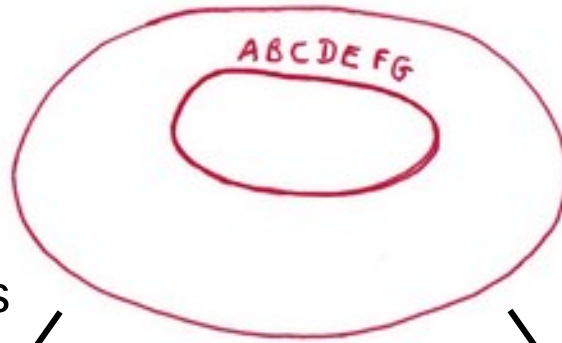
La sève est riche en sucres mais dépourvue des acides aminés essentiels.





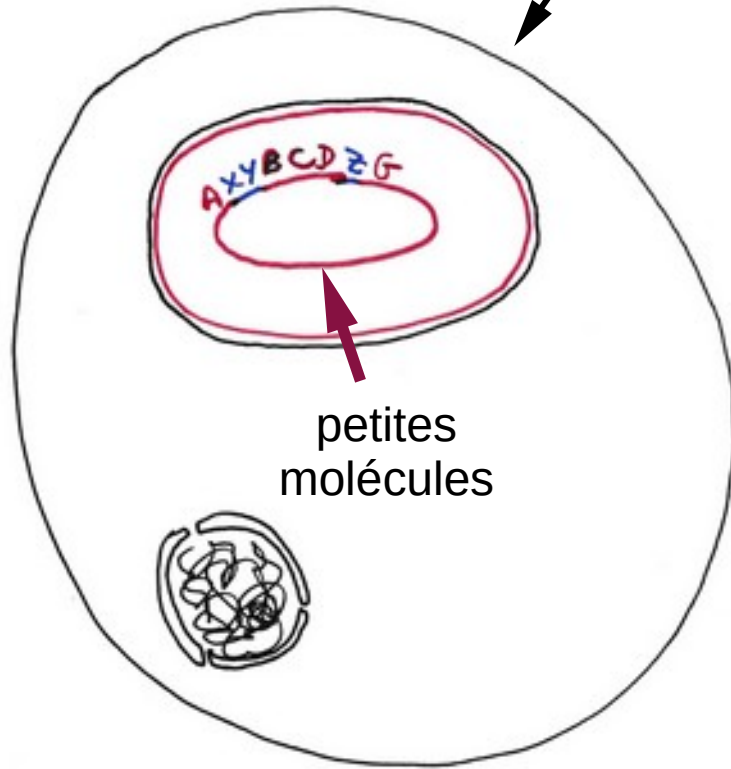
Génome reconstitué de la bactérie ancêtre

bactérie libre



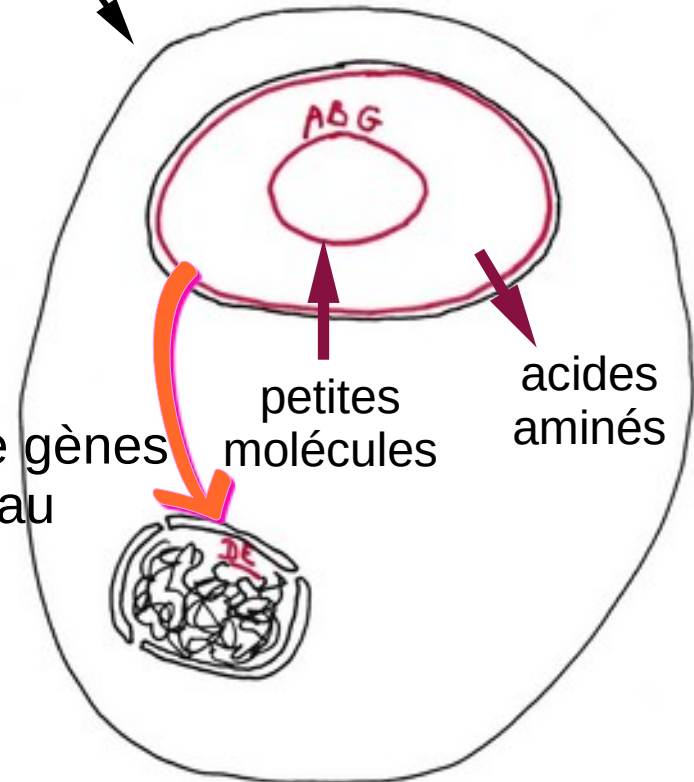
Perte de quelques gènes
Gain de quelques gènes

Perte de nombreux gènes



petites molécules

bactérie parasite



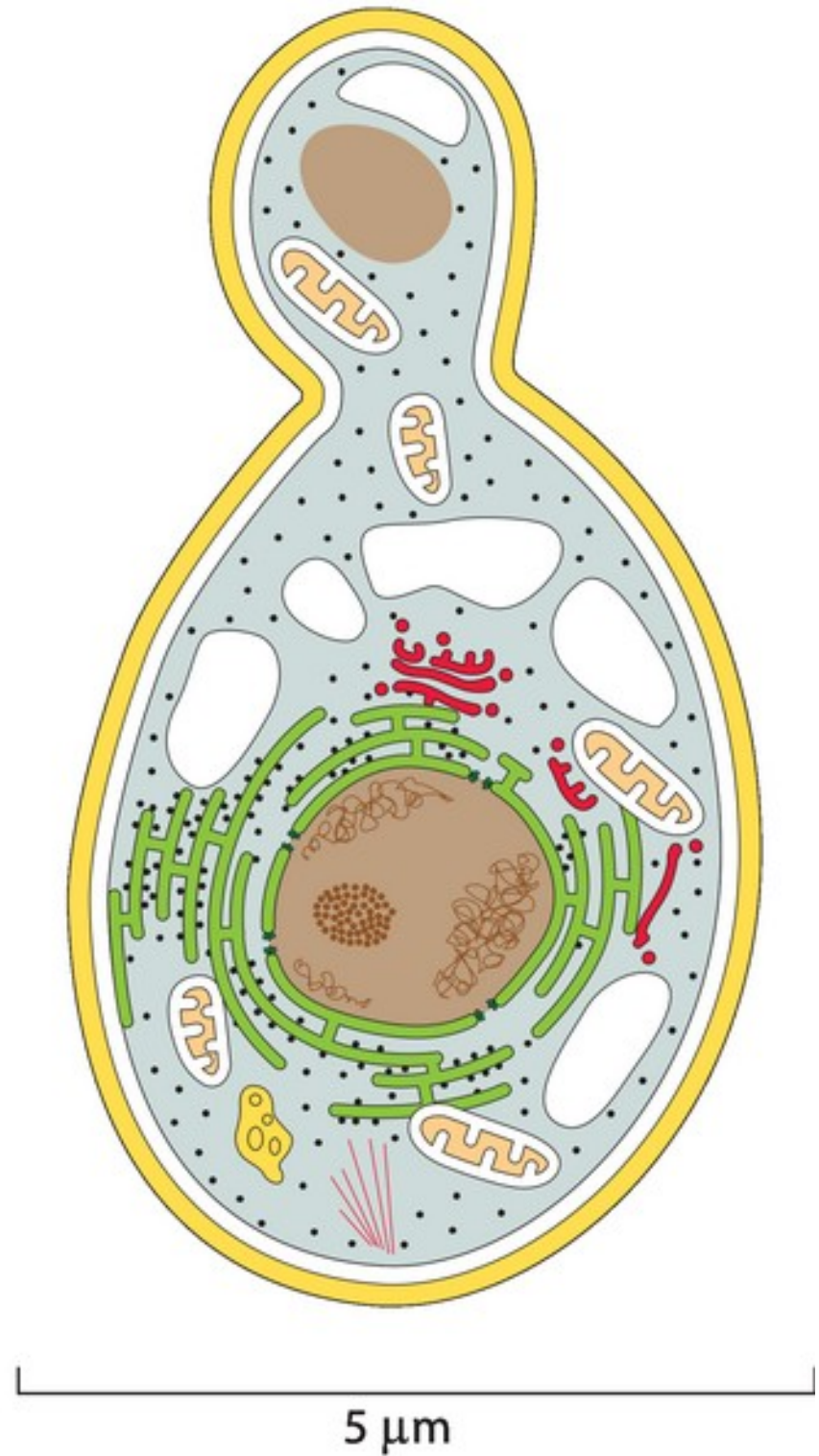
petites molécules

acides aminés

Transfert de gènes dans le noyau

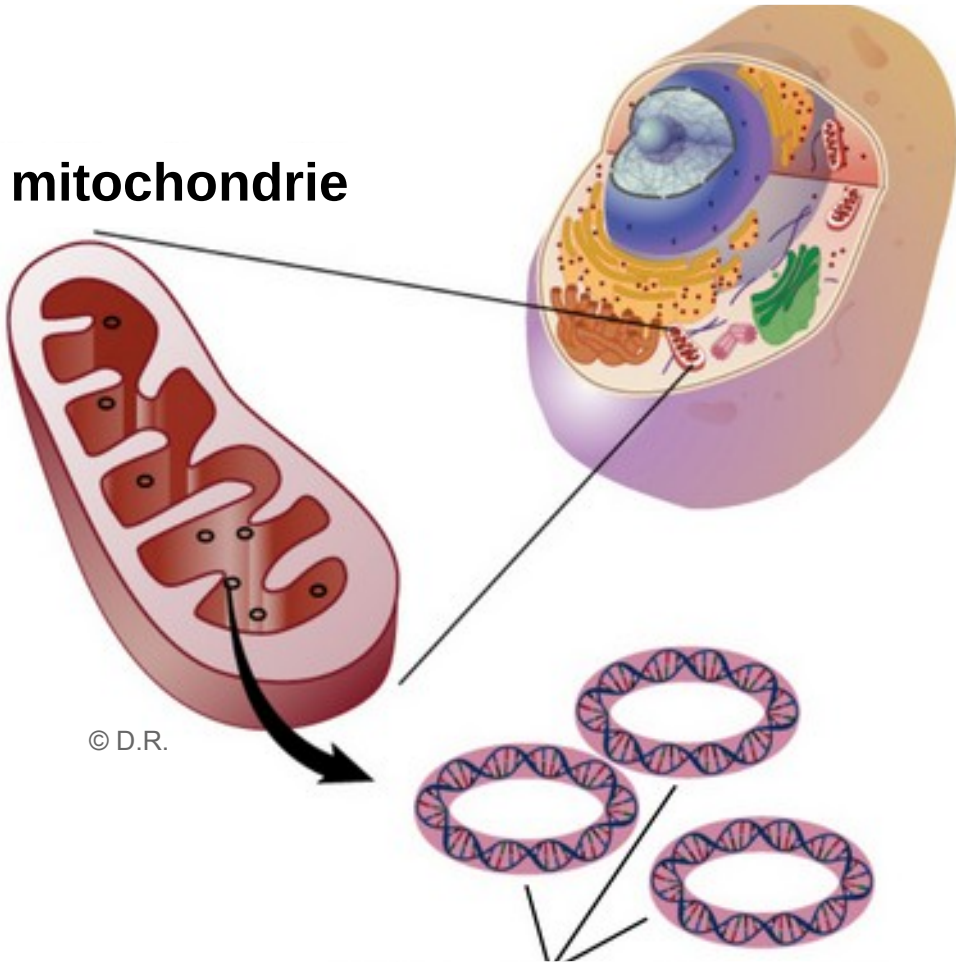
symbionte

Une cellule de levure



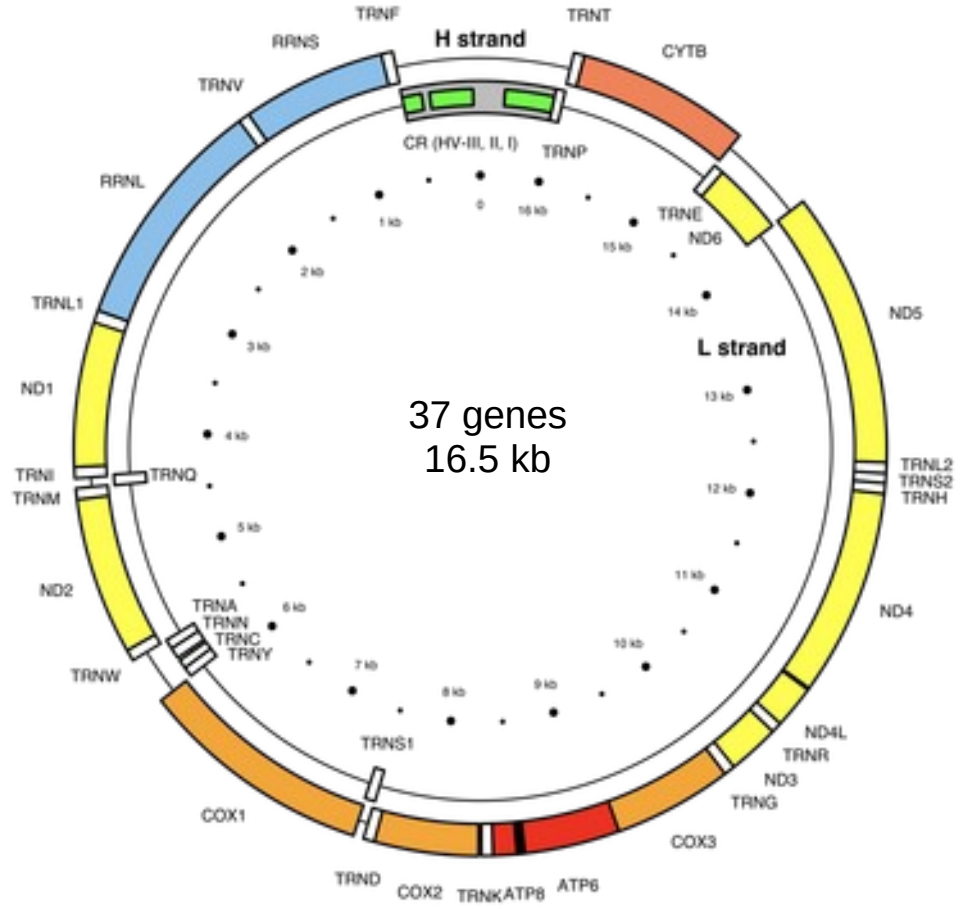
cellule

mitochondrie



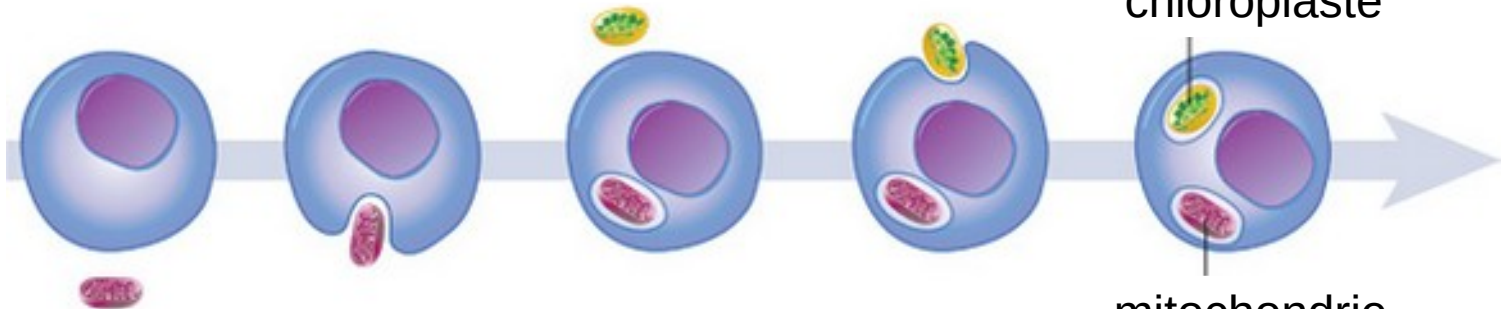
© D.R.

ADN mitochondrial



bactérie photosynthétique

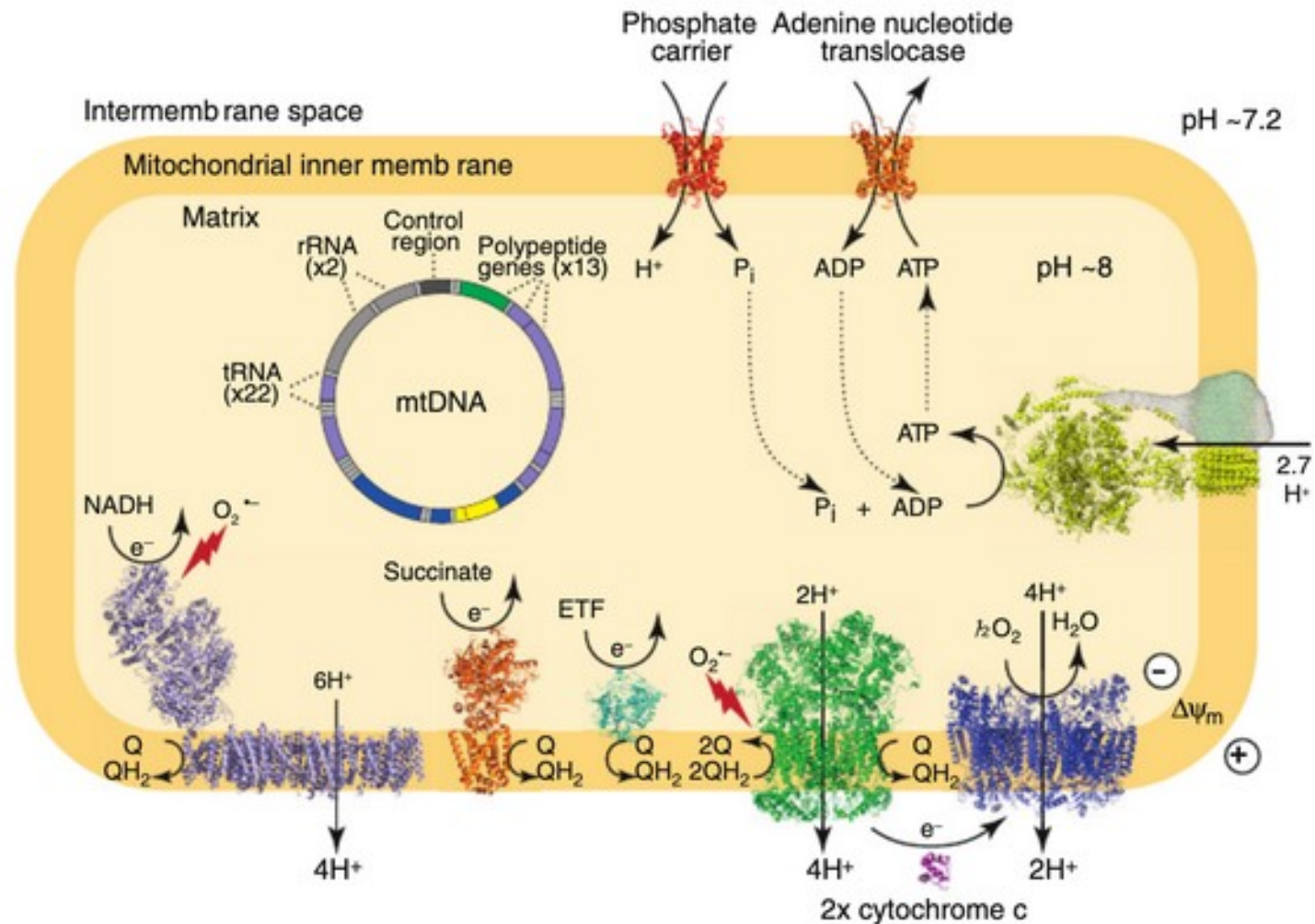
chloroplaste



Bactérie aérobie

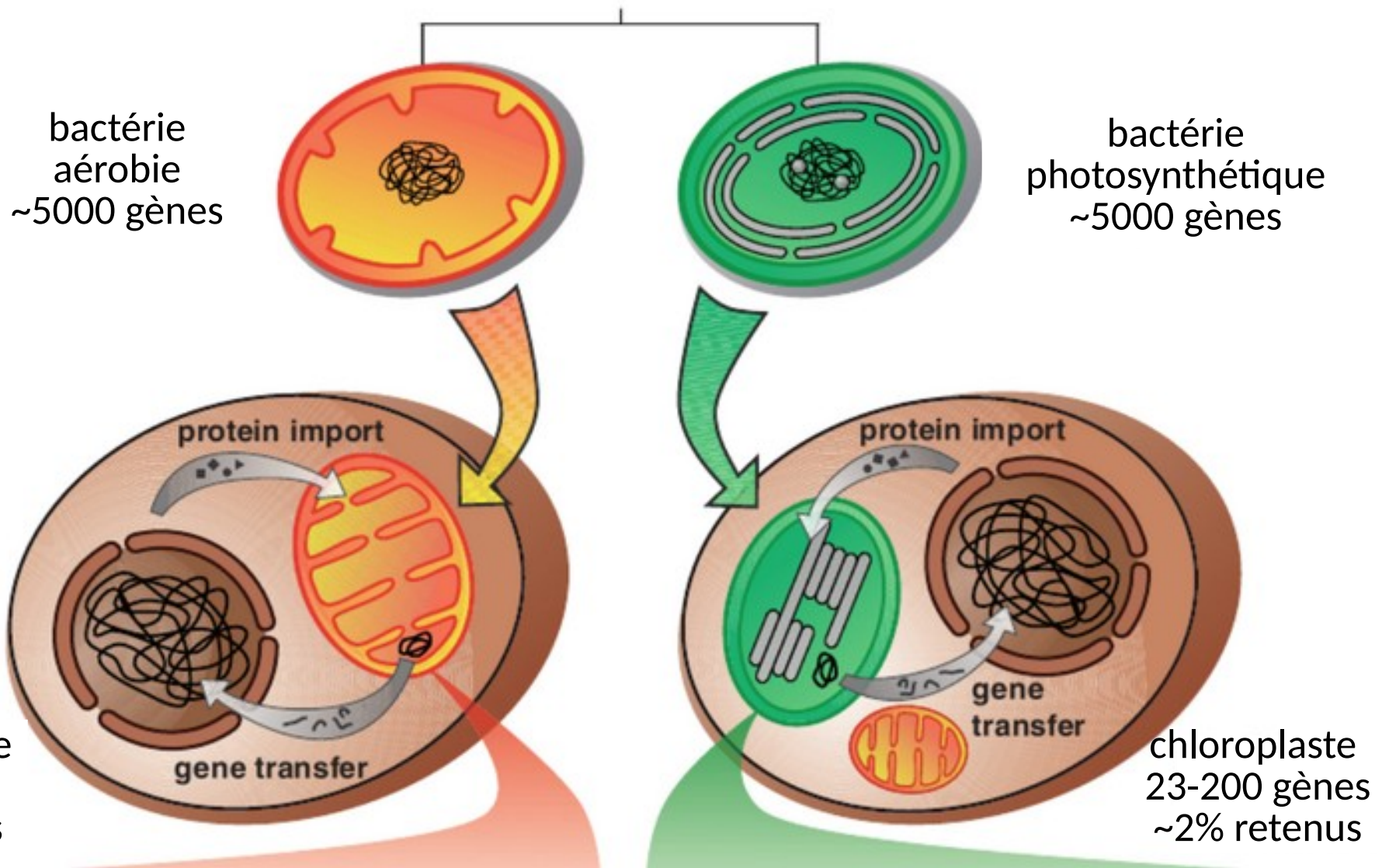
mitochondrie

La fonction principale des mitochondries est la production d'ATP



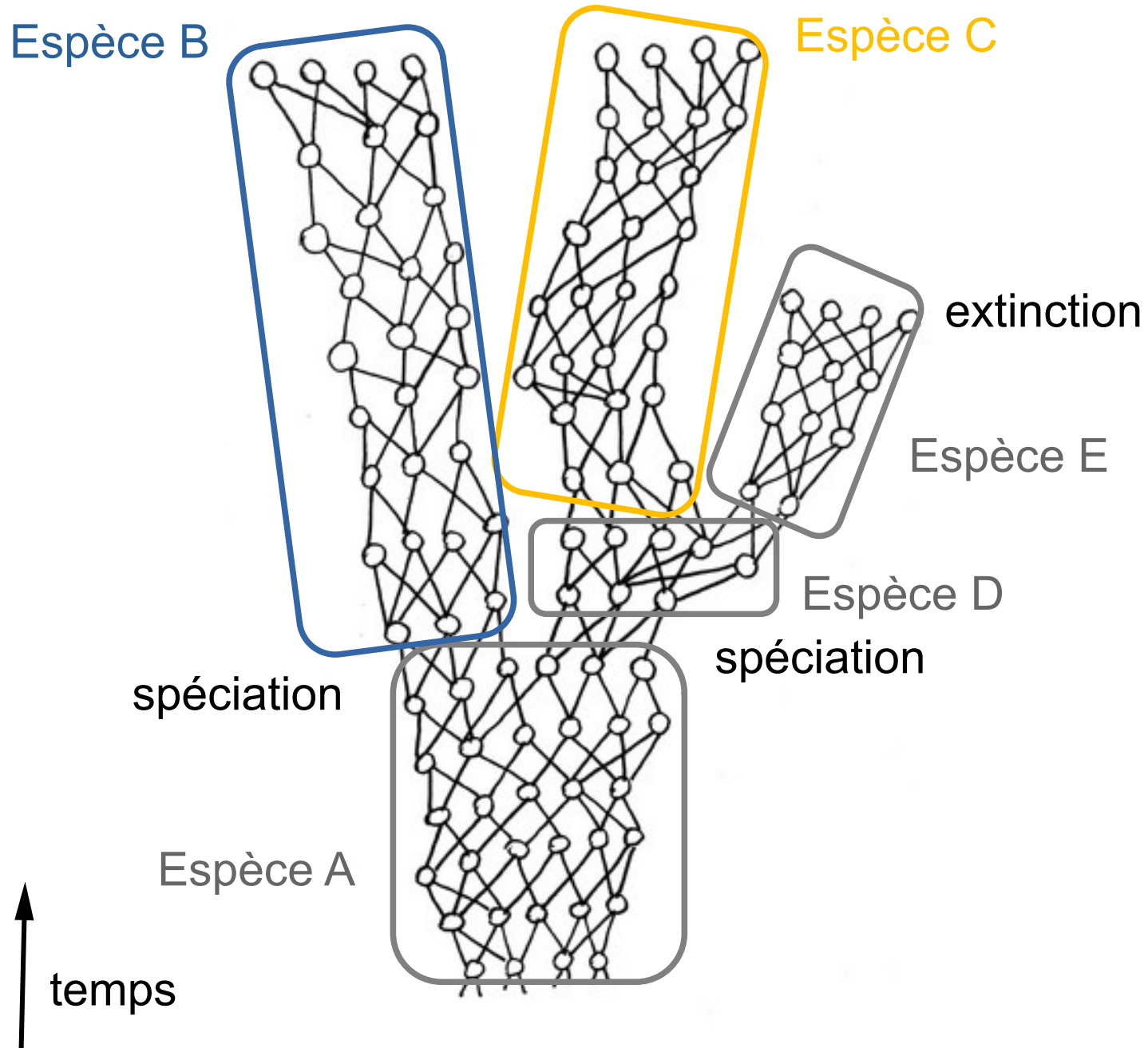
	Complex I	Complex II	ETF:Q oxidoreductase	Complex III	Complex IV	ATP synthase
Total number of subunits	45	4	1	11	13	16
Subunits encoded by mtDNA	7	0	0	1	3	2

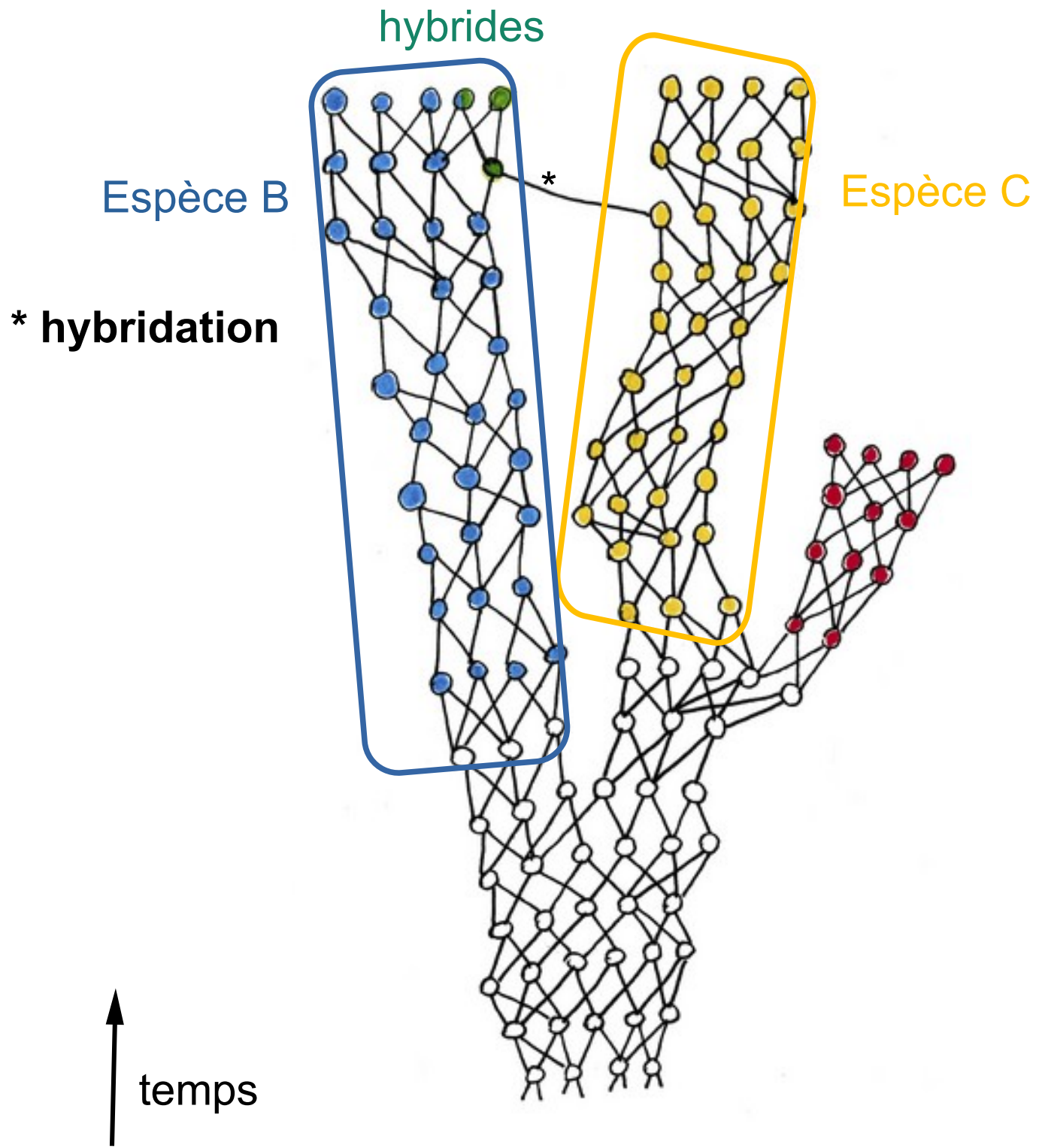
Mitochondries et chloroplastes



Interconnexions et échanges
métaboliques
entre individus (symbiose et autres relations)
intracellulaires (Buchnera, mitochondries)
génétiques

L'arbre du vivant ressemble plus à un réseau.
Chaque être vivant est une mosaïque.





Peau, cheveux, santé...

Voici ce que Neandertal nous a vraiment légué

Si notre génome a conservé la trace de notre cousin, comment s'incarne cet héritage au niveau de nos gènes? Deux études américaines viennent de répondre. Avec quelques surprises à la clé...

Par Emilie Rauscher

En 2010, les rumeurs de leur union avaient défrayé la chronique scientifique... Le scandale était venu des laboratoires de paléogénétique du Max-Planck Institut (Allemagne), qui avaient fait d'une pierre deux coups : ils liaient pour la première fois l'ADN de notre cousin perdu, Neandertal, et, par ricochet, en découvraient des traces dans notre propre génome, pourtant estampillé sapiens. La conséquence d'une relation forcement sexuelle. D'autres travaux avaient suivi, pour approfondir le sujet : il y

avait eu relations, certes, mais il y a 47 000 à 65 000 ans, à notre sortie d'Afrique, et l'hypothèse d'une ogie généralisée était écartée puisque seul un faible pourcentage d'ADN néandertalien survit en nous. Assez toutefois pour aiguiser la curiosité des biologistes : de lui à nous, qu'est-ce qui était passé? "Jusqu'ici, nous cherchions plutôt à confirmer qu'il y avait bien eu échange... Maintenant, nous traquons ces fragments à travers tout notre génome!", s'enthousiasme Joshua Akey, généticien à l'université de Washington.

Chronologie

Le dernier ancêtre commun à Neandertal et *Homo sapiens* est vieux de 500 000 ans. Puis, ces deux groupes ont évolué chacun de leur côté : en Europe et en Asie pour le premier, en Afrique pour le second. Si bien que quand ils se sont "retrouvés" il y a 40 000 ans au Moyen-Orient, ils avaient accumulé de nombreuses différences.

Le cas particulier du chromosome X

Il compte 5 fois moins d'apports néandertaliens que les autres chromosomes. Ces fragments ont disparu sous l'effet de la sélection naturelle, sans doute parce qu'ils diminuaient la fertilité des hybrides mâles Neandertal/Sapiens.

■ ADN sapiens
■ Séquences d'ADN néandertalien

Formation des cellules de la peau

Des séquences de régulation néandertaliennes ont été gardées par les Asiatiques de l'Est (66 %) pour le gène *POU2F3*, qui dirige la multiplication des principales cellules de l'épiderme.

Un héritage réparti sur nos 23 chromosomes

Les populations européennes et asiatiques ont conservé des fragments différents de l'ADN de Neandertal. En les rassemblant sur les 23 chromosomes d'un être humain type, il apparaît que près de 40 % de l'ADN de notre cousin est passé dans celui de notre espèce. Et de premières séquences de gènes ont été identifiées, dévoilant les fonctions sous influence de Neandertal.



Dégradation des lipides

Chez les Européens, 38 gènes sur 19 de nos chromosomes, impliqués dans l'utilisation des lipides par le cerveau, possèdent des apports néandertaliens.

Constitution de la peau, des ongles, des cheveux

Plusieurs gènes *KRT* liés à la production de protéines fibreuses (les kératines) ont un fort apport néandertalien.

Développement des maladies auto-immunes

Des variants néandertaliens sur les chromosomes 7, 9, 10, 11 pourraient être associés à un risque de maladies auto-immunes (lupus, cirrhose biliaire, maladie de Crohn...).

Pigmentation de l'épiderme

Certaines séquences néandertaliennes sont conservées par les Européens (70 %) pour réguler l'expression du gène *MC2*, qui influe sur le niveau de pigmentation de la peau.

Renforcement du système immunitaire

Les variations apportées par Neandertal y ont été conservées par les 200 gènes *HLA* de notre système immunitaire. Cette diversification est particulièrement utile pour reconnaître un maximum de pathogènes.

Altération de la spermatogénèse

Le gène *SPATA18* est un des rares gènes actifs lors de la spermatogénèse à avoir un apport néandertalien.

Protection contre les UV

Dix-huit gènes importants dans la protection contre les UV, dont *H19L2*, sont touchés chez les Asiatiques. Il y a 49 % de séquences d'origine néandertalienne chez les Japonais et 66 % chez les Chinois du Sud.

Modification du métabolisme

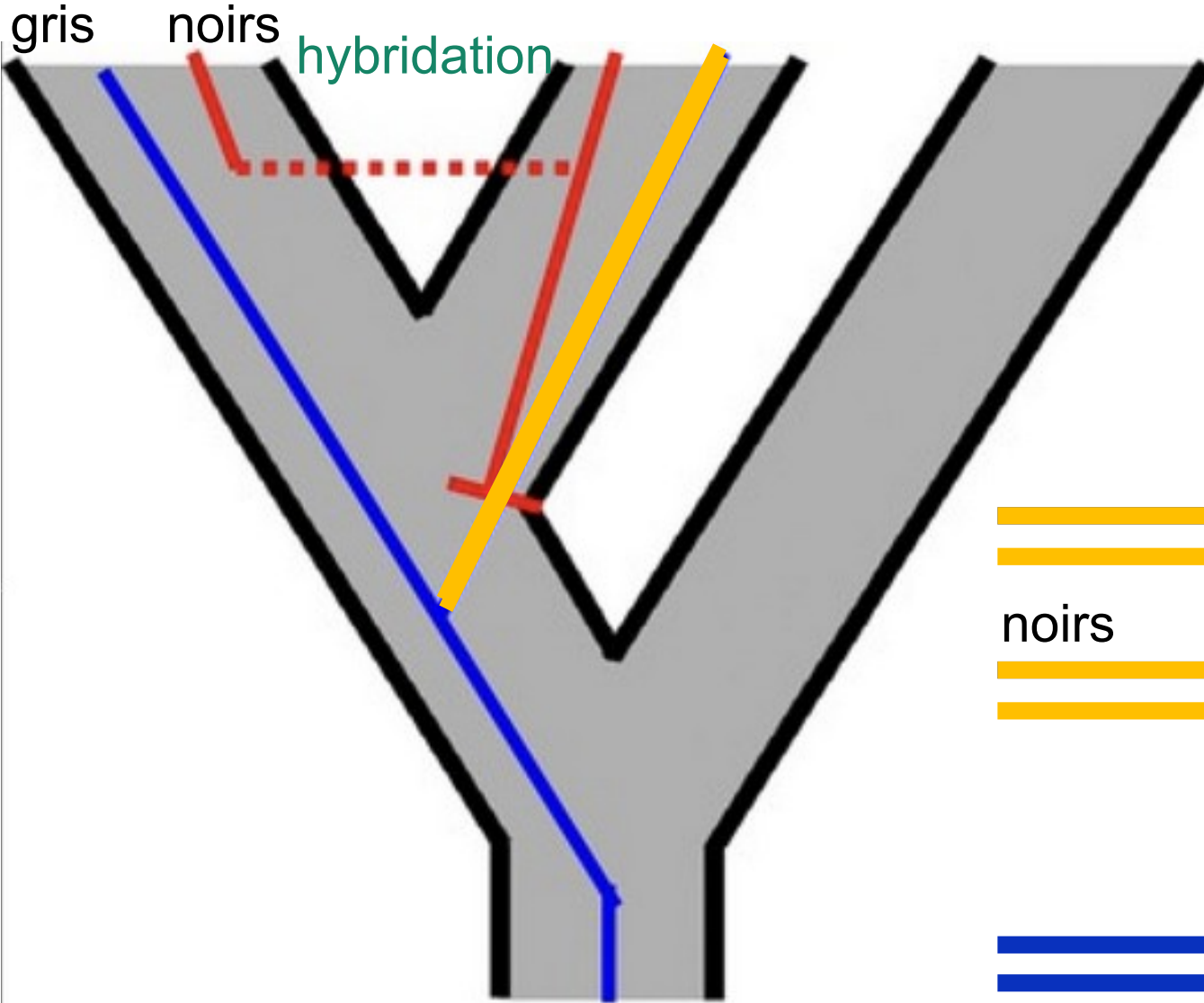
Certains processus métaboliques cellulaires, comme ceux dirigés par le gène *SPAT12*, sont modifiés par des variants néandertaliens.

La couleur noire des loups de Yellowstone vient des chiens



Loups de Yellowstone

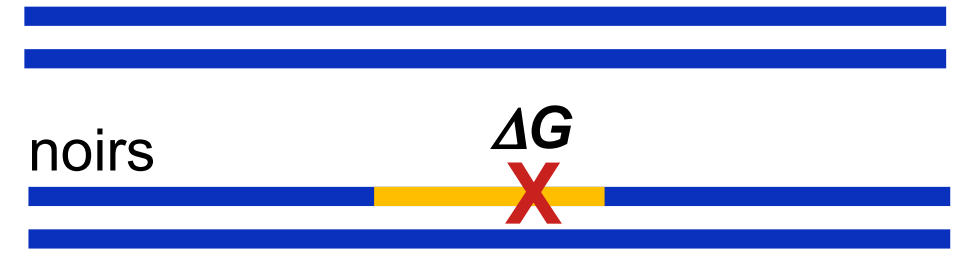
Chiens



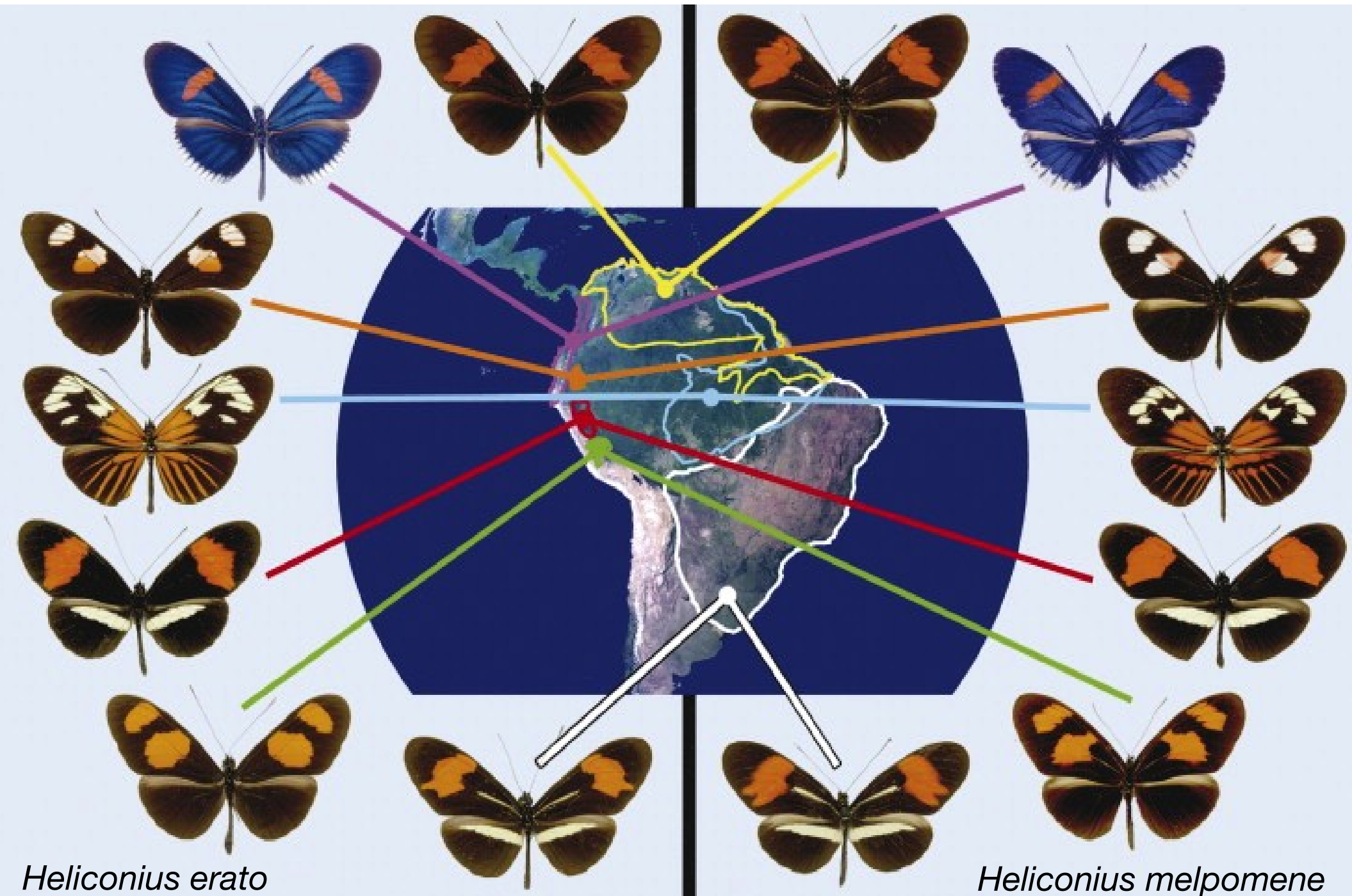
Chiens



Loups



Mimétisme Mullérien



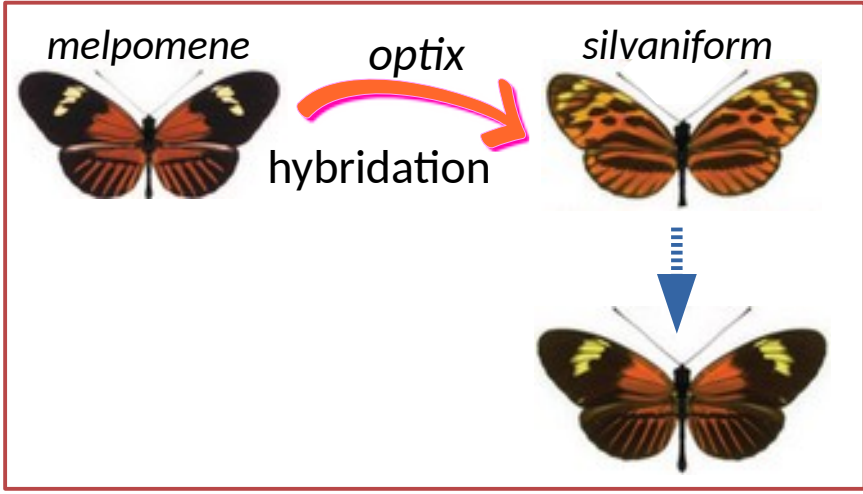
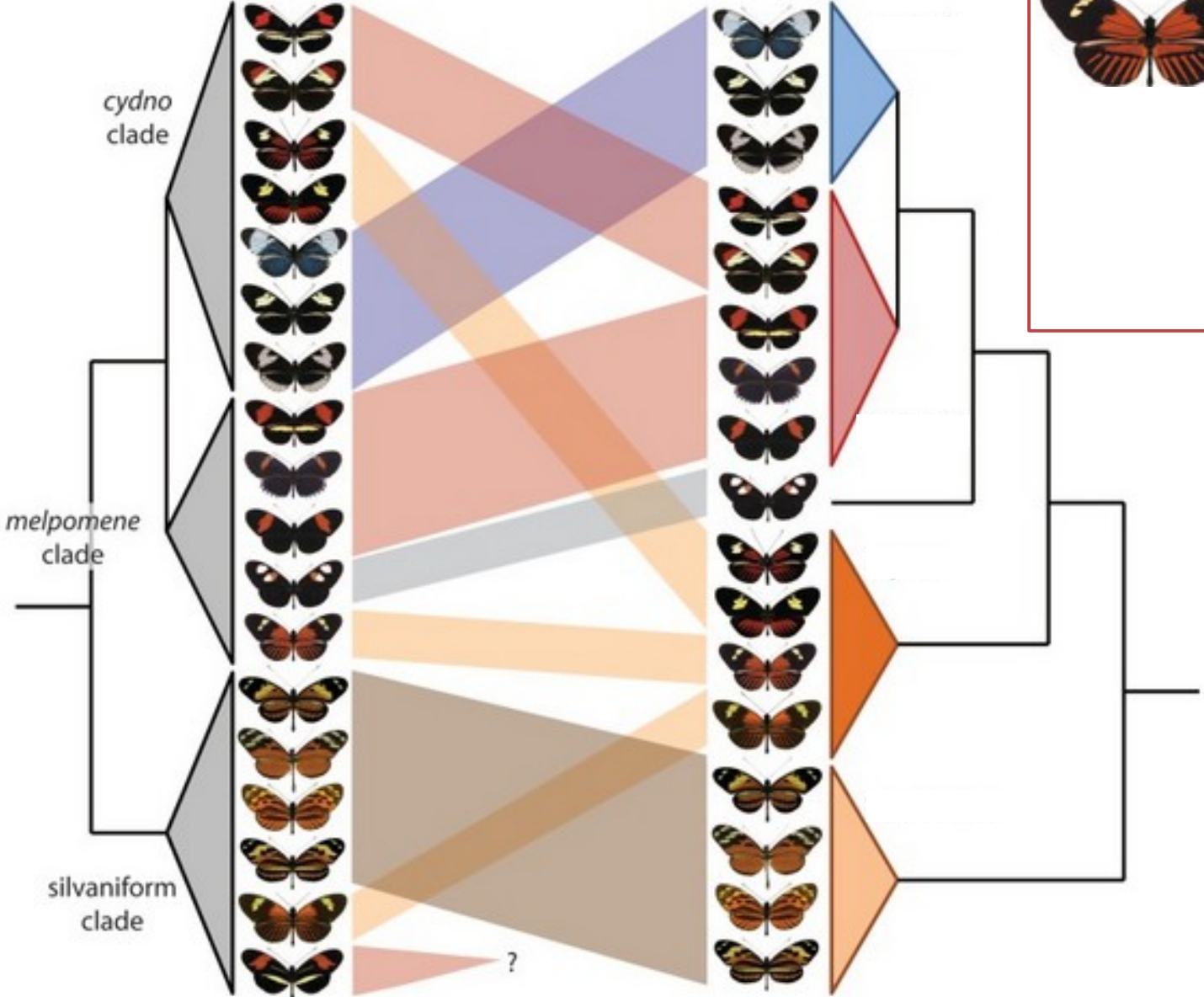
Heliconius erato

Heliconius melpomene

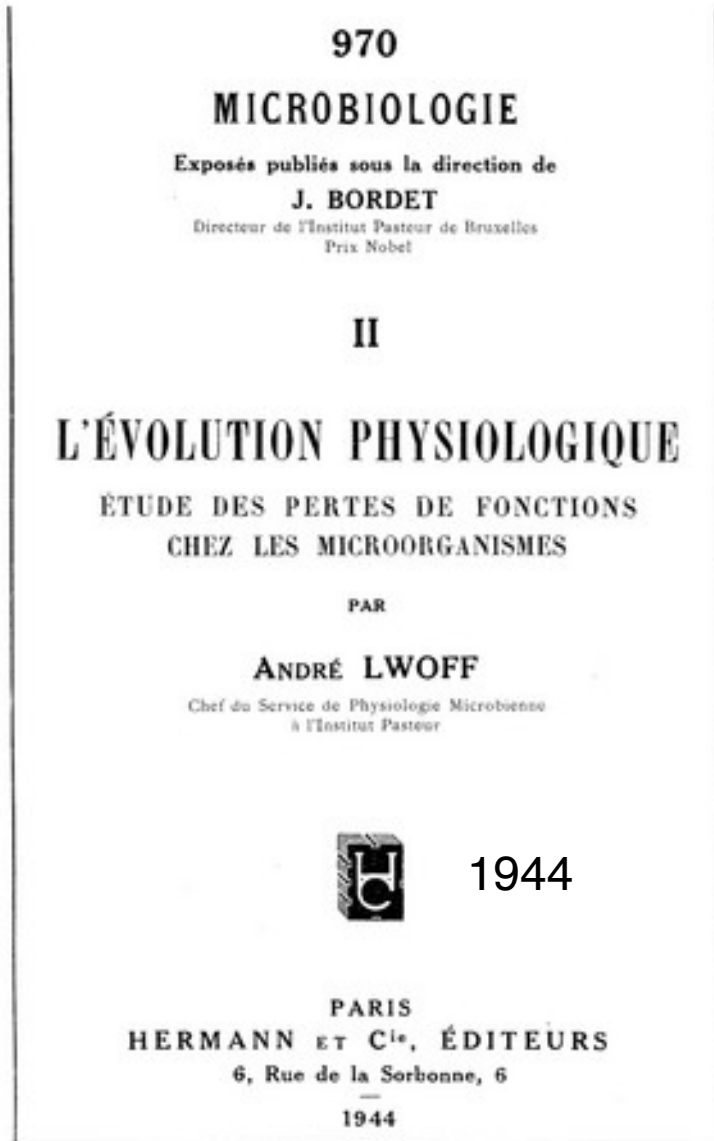
Plagiat génétique

Phylogénie basée sur la totalité du génome

Phylogénie basée sur *optix*

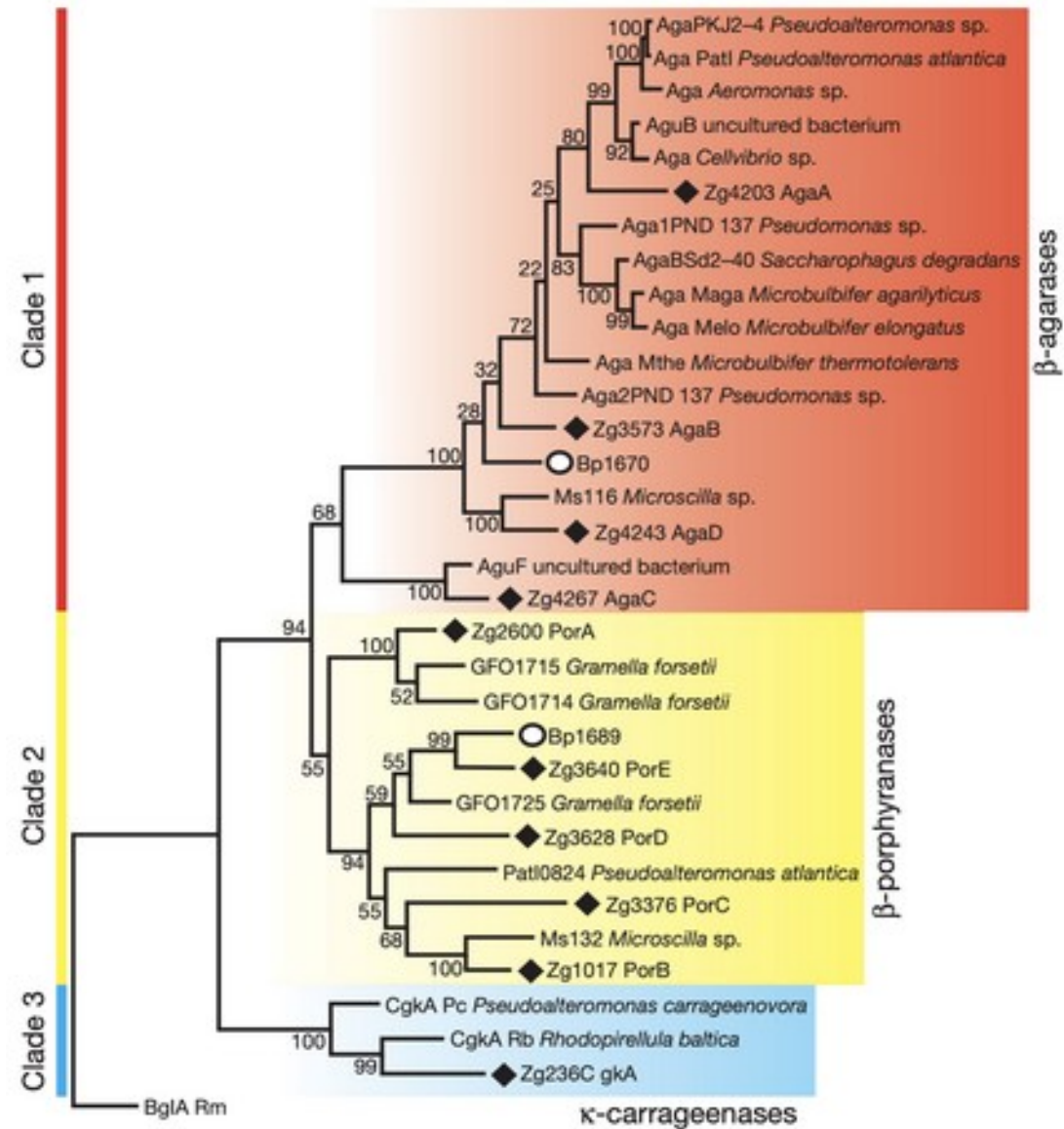
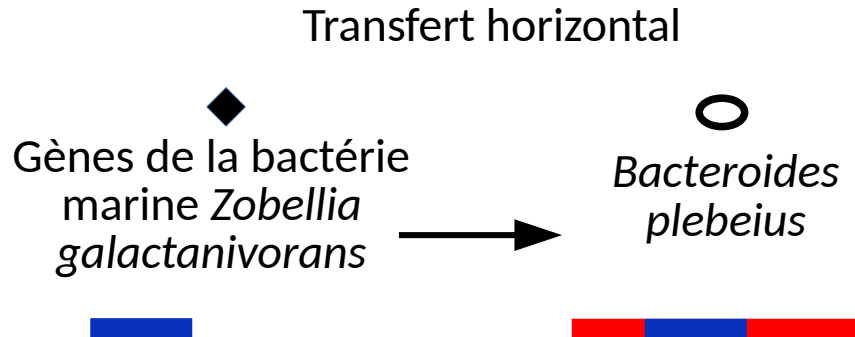


Dégradation inéluctable des activités enzymatiques au cours de l'évolution



« Le développement des sciences physiques permettra peut-être un jour d'introduire dans le patrimoine héréditaire un matériel qui contrebalancera la tendance naturelle à la dégradation. »

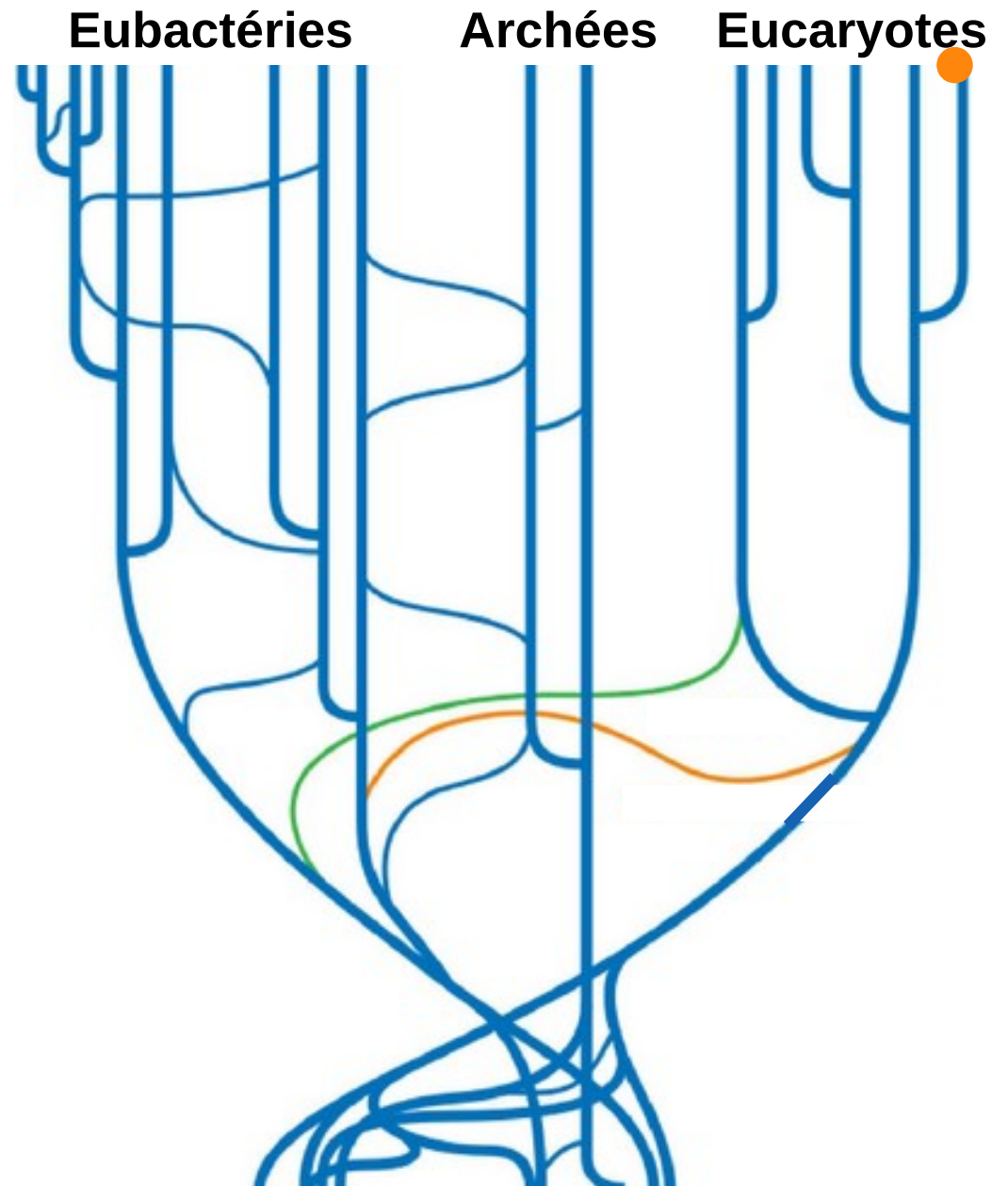
De multiples échanges d'ADN



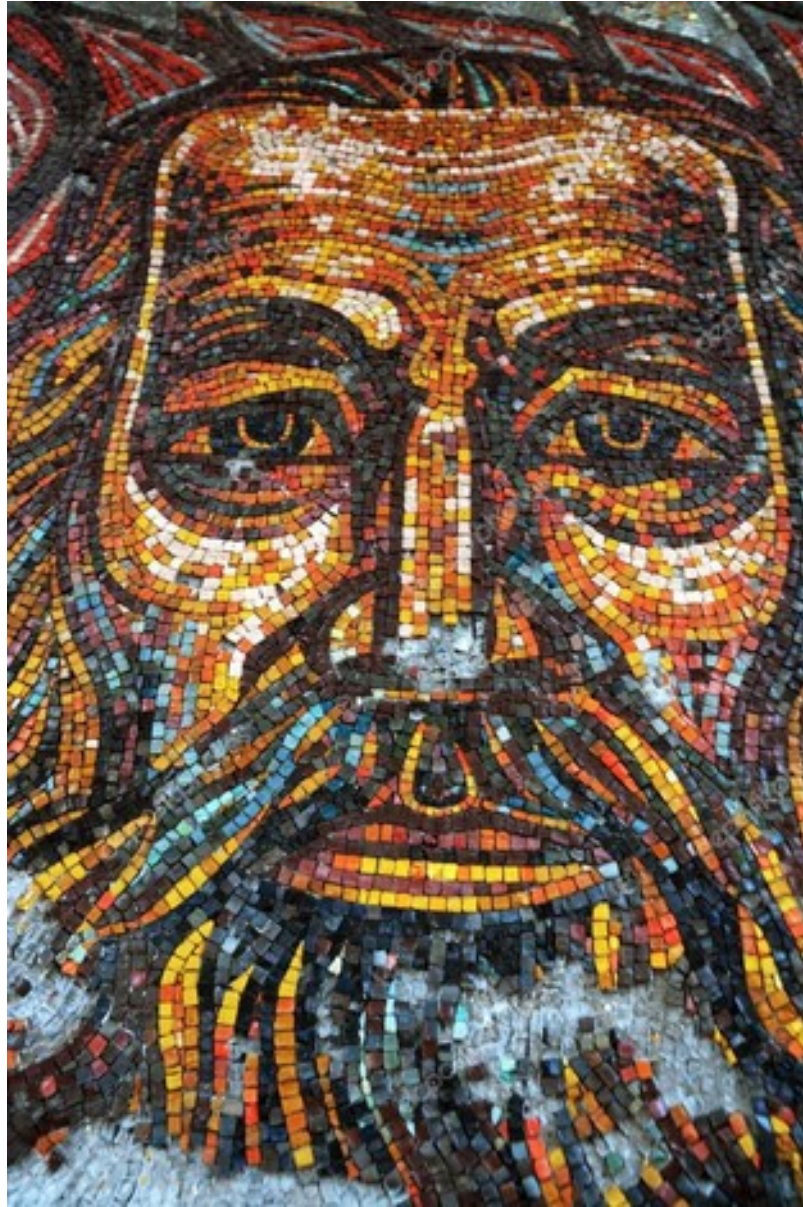
Interconnections et échanges
métaboliques
entre individus (symbiose et autres relations)
intracellulaires (Buchnera, mitochondries)
génétiques

**L'arbre du vivant ressemble plus à un réseau.
Chaque être vivant est une mosaïque.**

**L'arbre de la vie
n'est pas un
arbre**



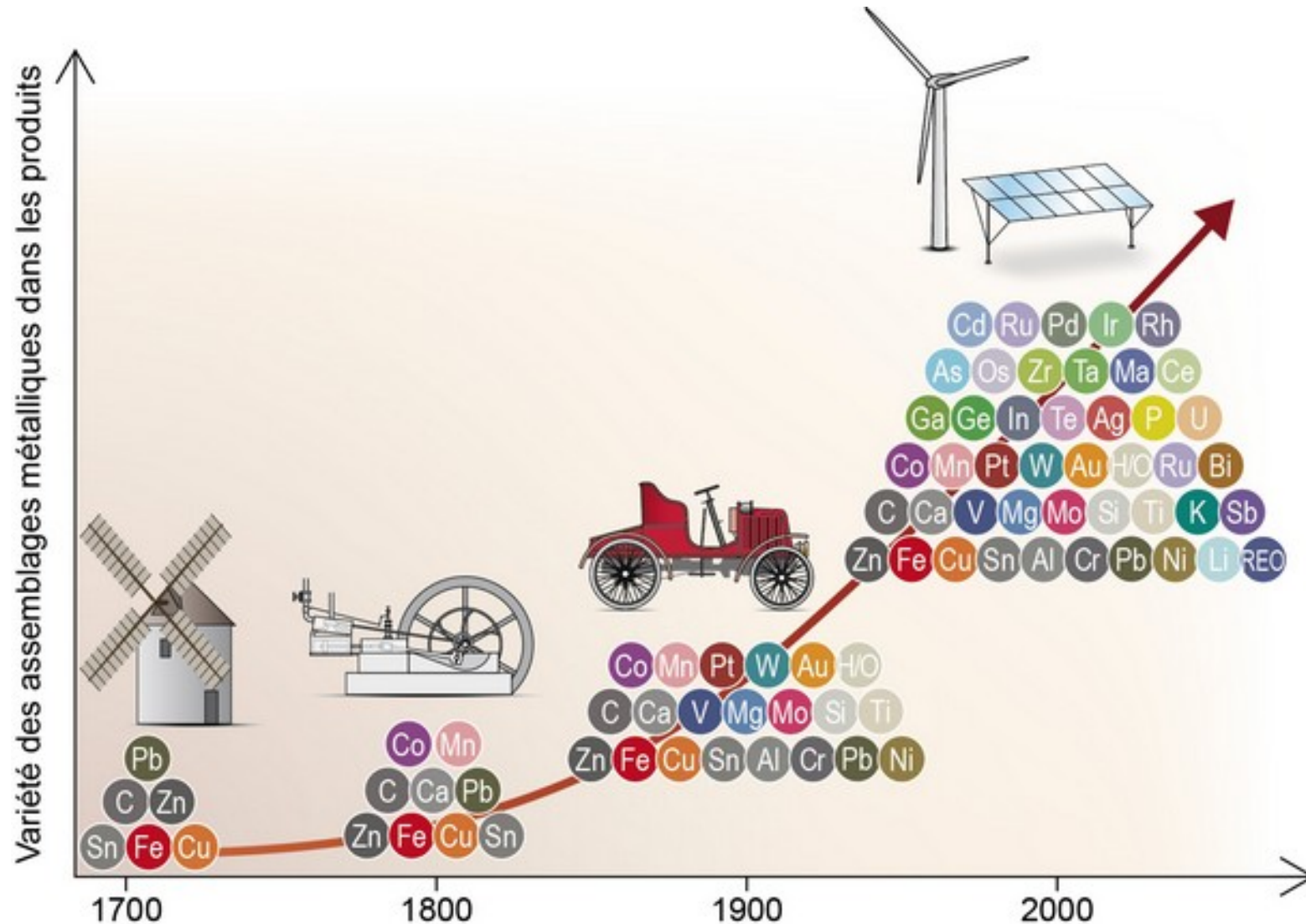
Une entité vivante est une mosaïque



Portrait de Dimitar Blagoev, Bulgarie

Complexification du réseau entre êtres vivants

De plus en plus de molécules différentes.
De plus en plus d'échanges et d'interactions.



Complexification du réseau entre êtres vivants

De plus en plus de molécules différentes.
De plus en plus d'échanges et d'interactions.



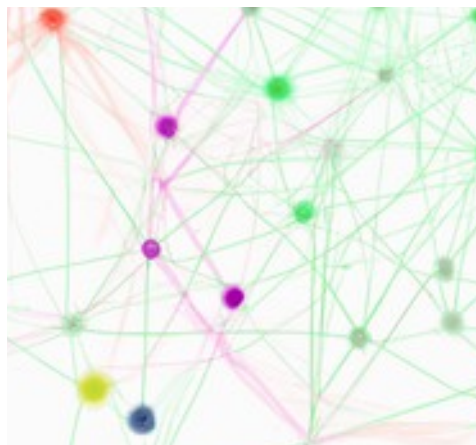
1998

~30 éléments chimiques



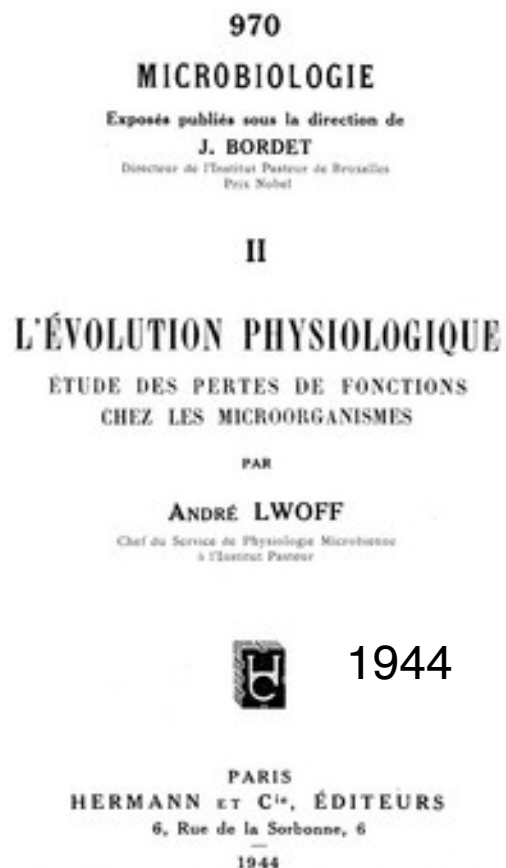
2023

~75 éléments chimiques



Conclusion

L'arbre du vivant est plutôt un réseau.
 De nombreux échanges à divers niveaux :
 métabolique, génétique, cellulaire, entre organismes.
 Interdépendance des êtres vivants.
 Complexification des relations entre êtres vivants.



VOLUME 87, No. 4 *THE QUARTERLY REVIEW OF BIOLOGY* DECEMBER 2012



A SYMBIOTIC VIEW OF LIFE: WE HAVE NEVER BEEN INDIVIDUALS

SCOTT F. GILBERT

*Department of Biology, Swarthmore College
 Swarthmore, Pennsylvania 19081 USA
 Biotechnology Institute, University of Helsinki
 00014 Helsinki, Finland*

E-MAIL: SGILBER1@SWARTHMORE.EDU

JAN SAPP

*Department of Biology, York University
 Toronto, Ontario M3J 1P3 Canada*

E-MAIL: JSAPP@YORKU.CA

ALFRED I. TAUBER

*Department of Philosophy, Boston University
 Boston, Massachusetts 02215 USA*

E-MAIL: AIT@BU.EDU

