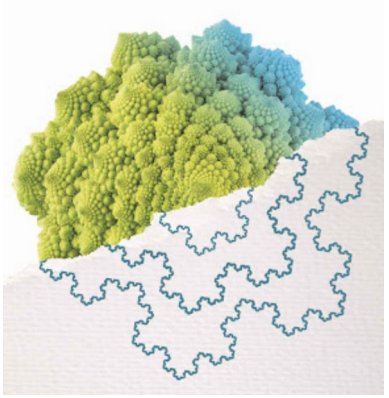
Biodiversité

Virginie Courtier-Orgogozo (virginie.courtier@ijm.fr)
Institut Jacques Monod, Université Paris Cité, CNRS

Objectifs du module

Quels sont les principaux concepts en biologie ?



Comment étudier le vivant ?

Ecosystèmes > espèces > individus > cellules > molécules

Cours 1

Qu’est-ce que le vivant ?

La biodiversité et son déclin

Pourquoi s’intéresser à l’écologie, l’évolution et la biodiversité ?

Le feu
Le soleil
Un virus
Un virus d’ordinateur
Une mule (hybride stérile)
Un fœtus dans le ventre de la mère
Un spermatozoïde
Une spore qui ne va pas germer
Un oocyte d’oursin qui ne sera pas fécondé
Une mitochondrie
La Terre

Propriétés du monde vivant

Métabolisme
Capacité à se reproduire
Propriétés auto-organisatrices

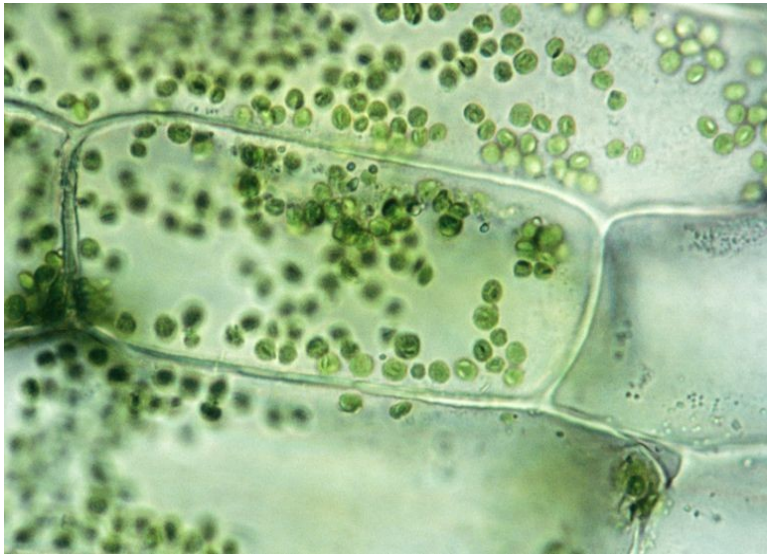
Délimité par une membrane
Constitué de cellules
Contient des acides nucléiques
Peut muter
Dérive d'un autre être vivant
A besoin d'une source d'énergie
Est un système hors équilibre

Theodore Schwann, 1839

"*Tous les êtres vivants sont composés de cellules*"

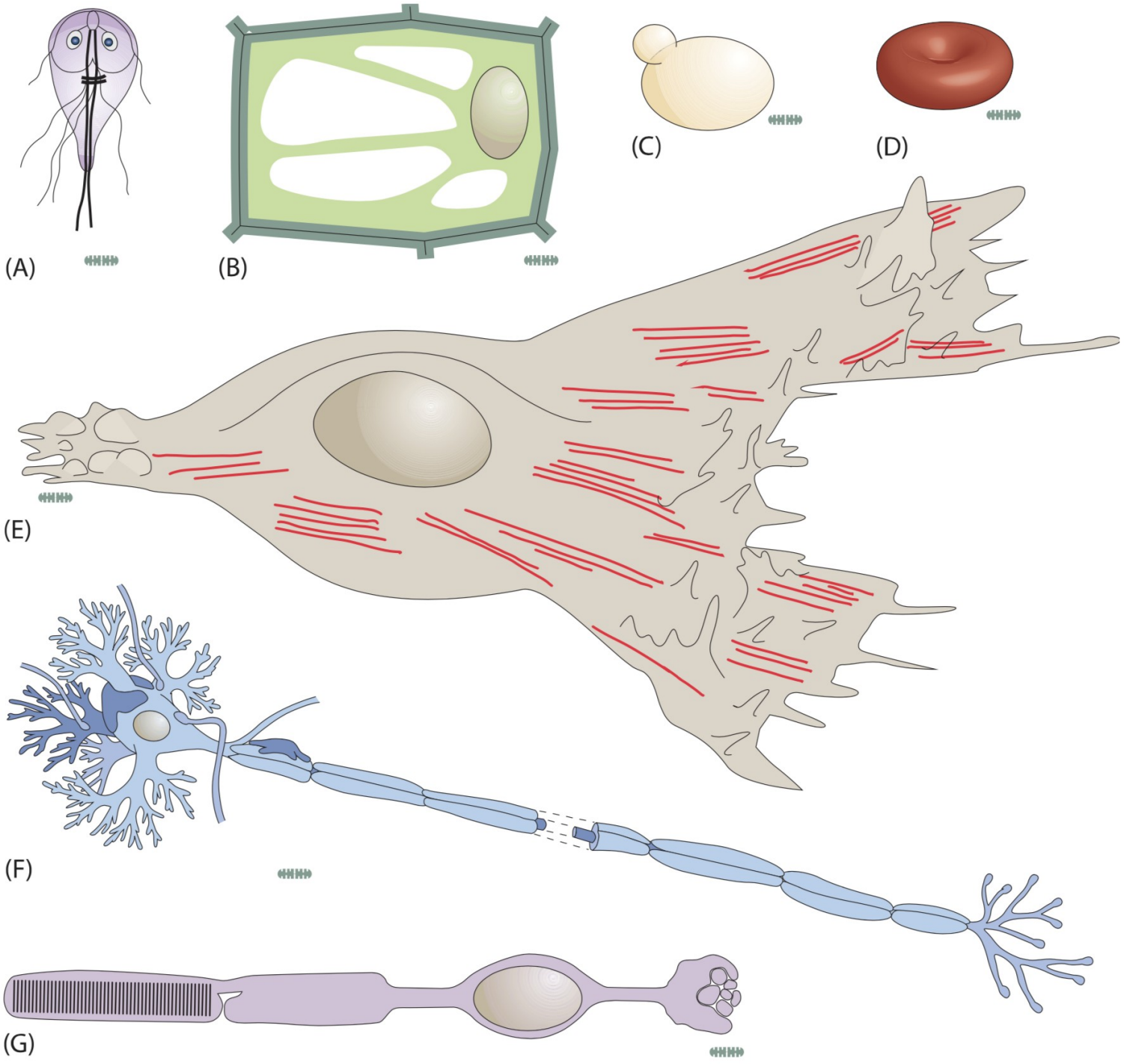
1) La cellule est l'unité de structure, de physiologie et d'organisation des êtres vivants.

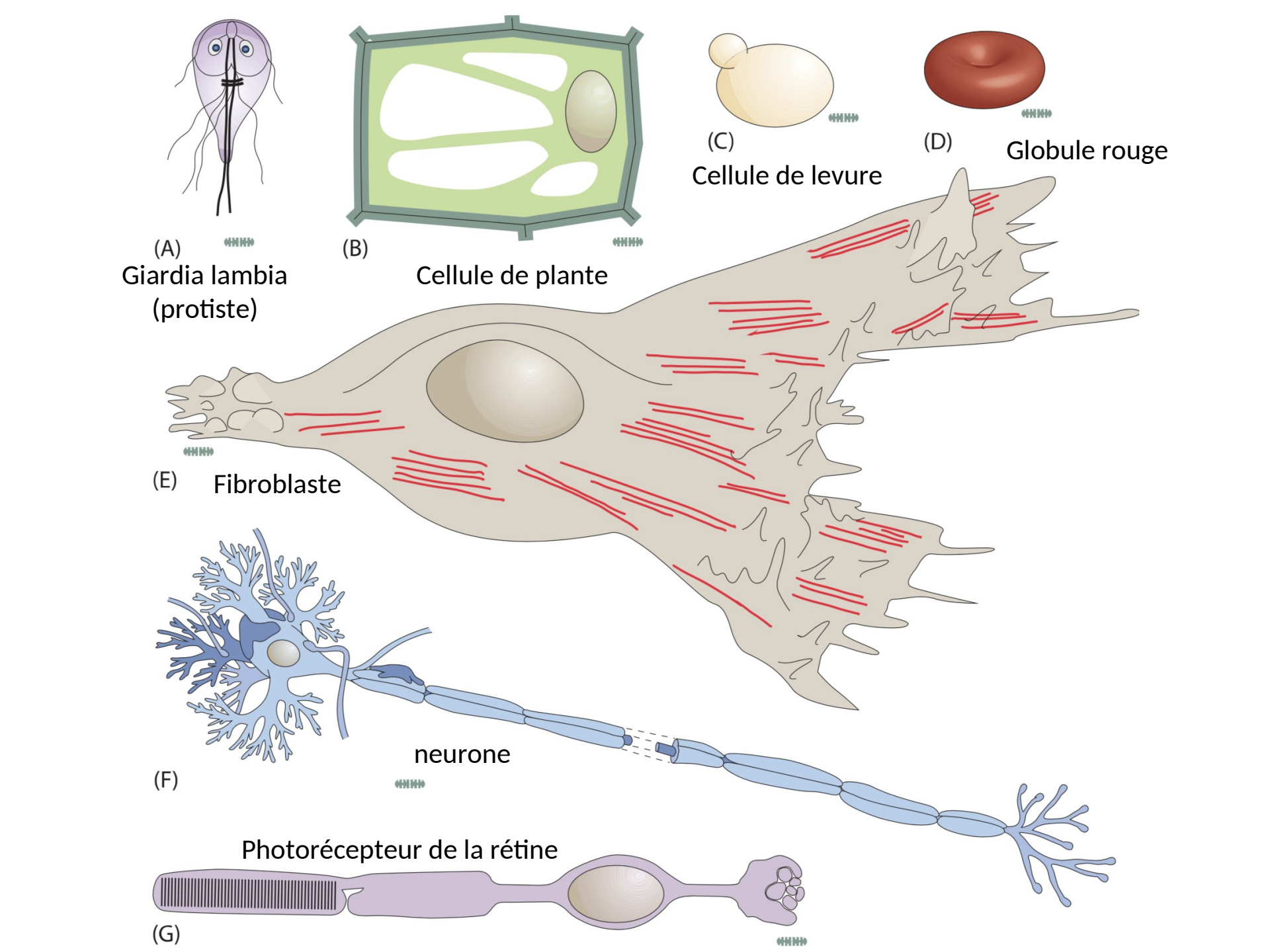
2) La cellule a une existence duale comme entité distincte et comme élément constitutif de la construction des organismes.



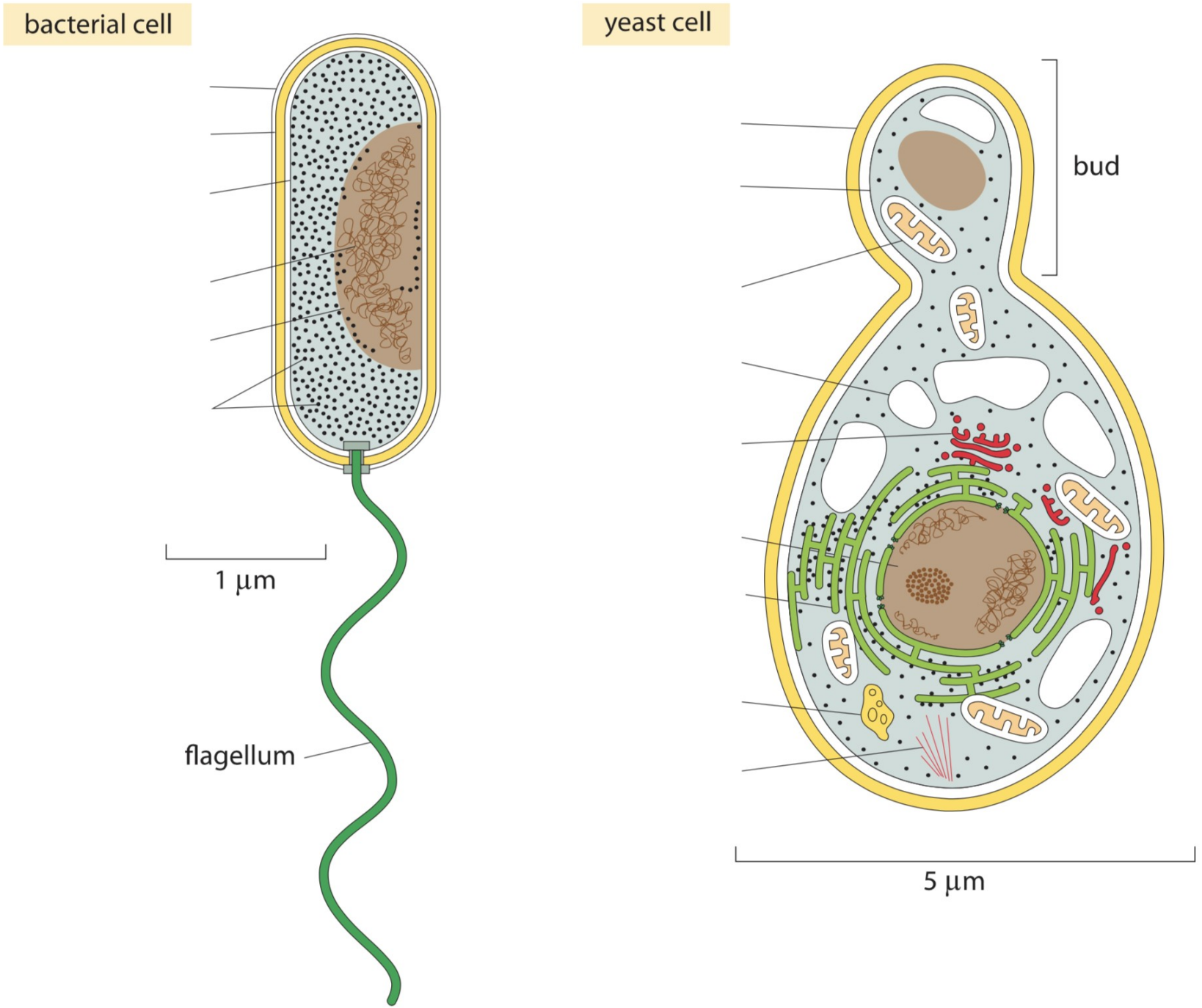
Rudolf Virchow, 1857

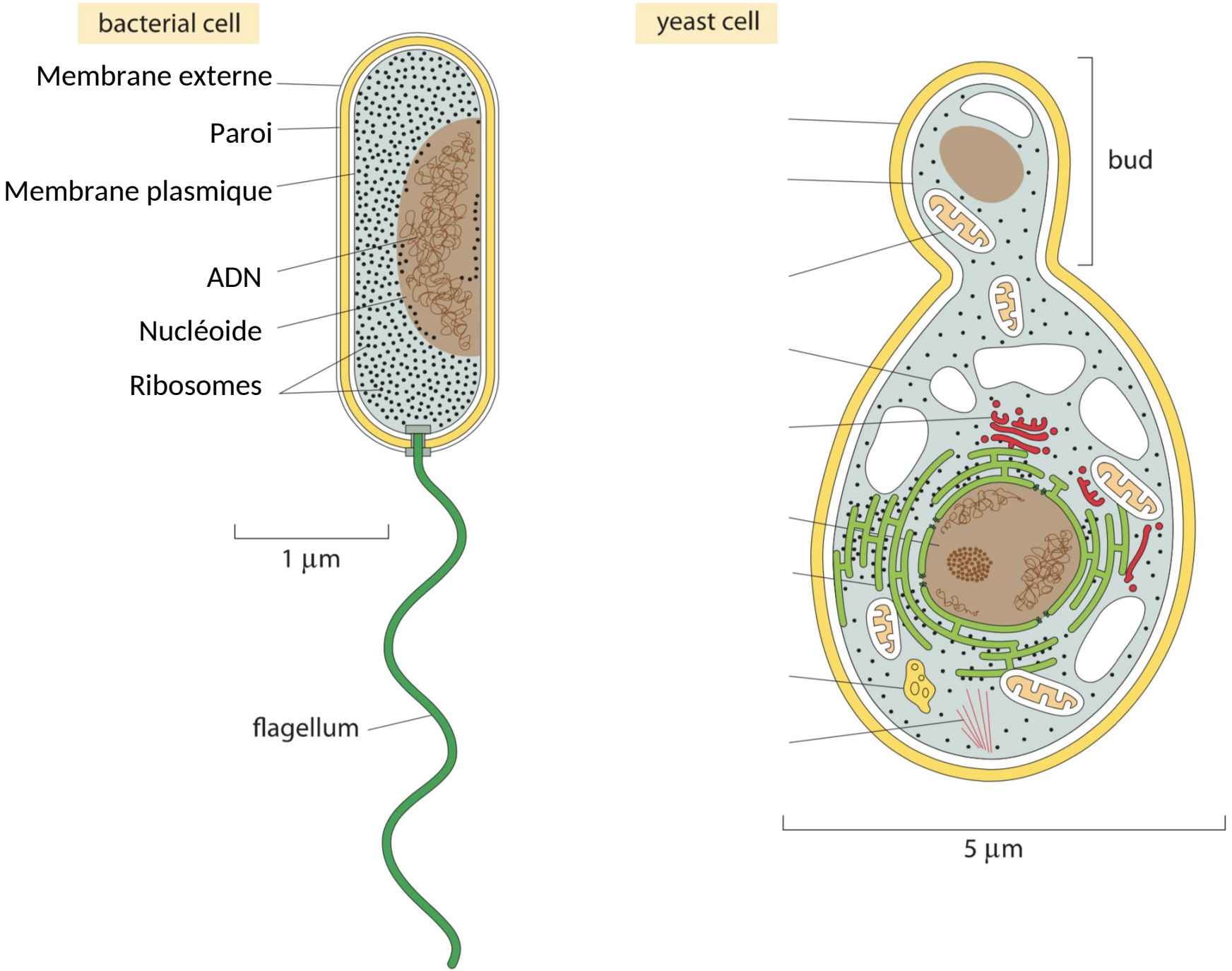
"Chaque cellule est issue d'une autre cellule"

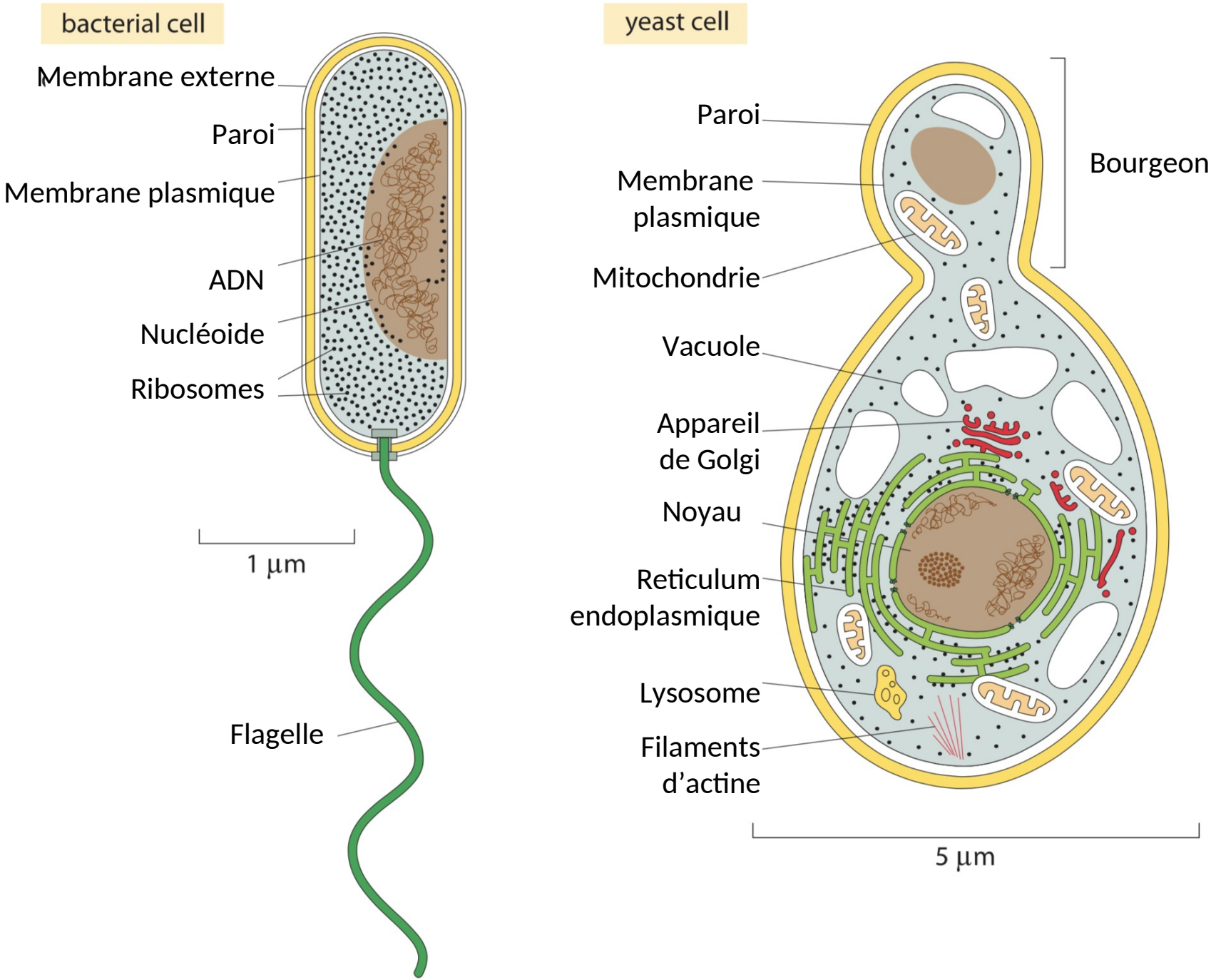

(A)
(B)
(C)
(D)
(E)
(F)
(G)

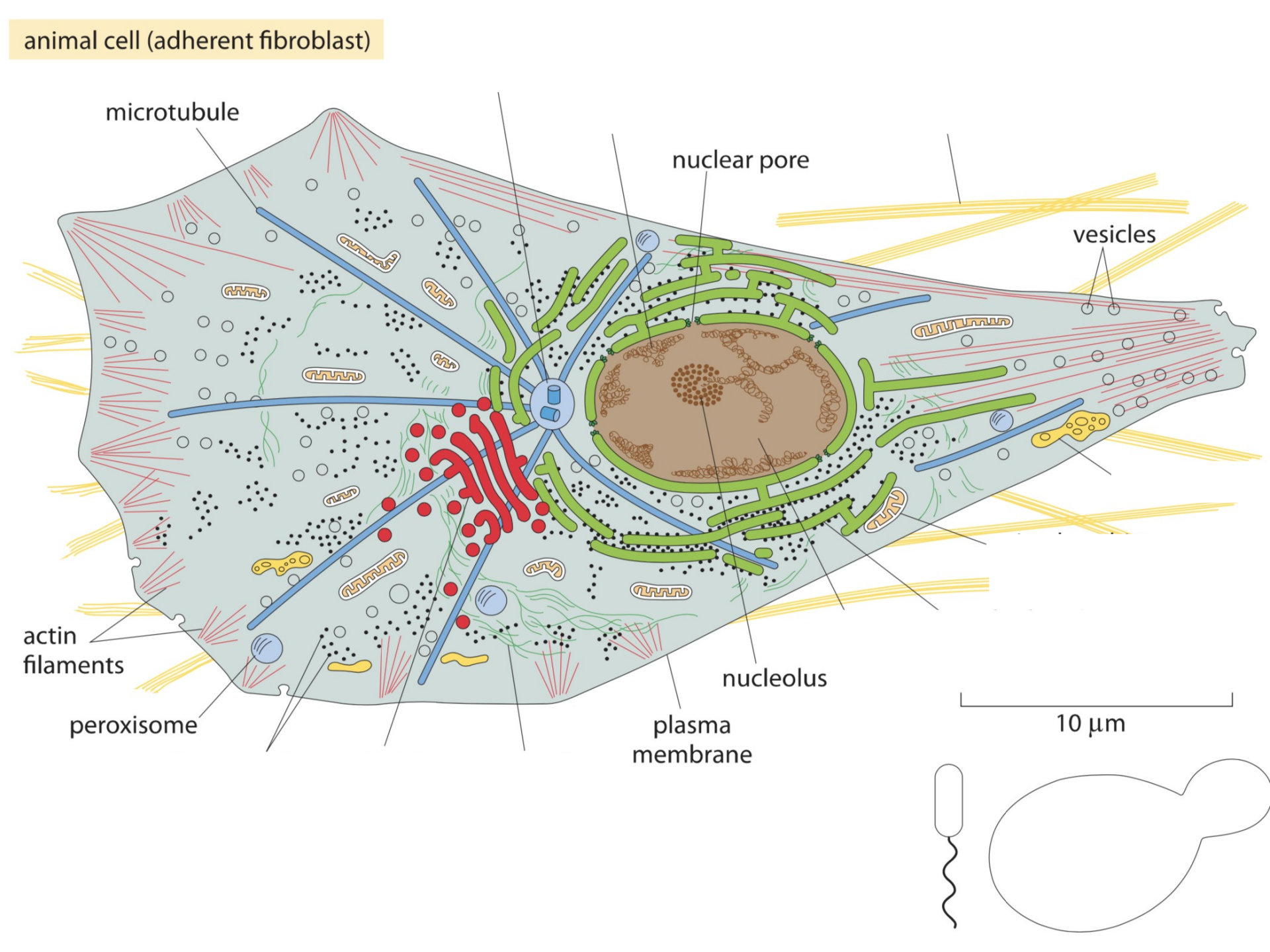

(A)
Giardia lambia
(protiste)
(B)
Cellule de plante
(C)
Cellule de levure
(D)
Globule rouge
(E)
Fibroblaste
(F)
neurone
Photorécepteur de la rétine
(G)

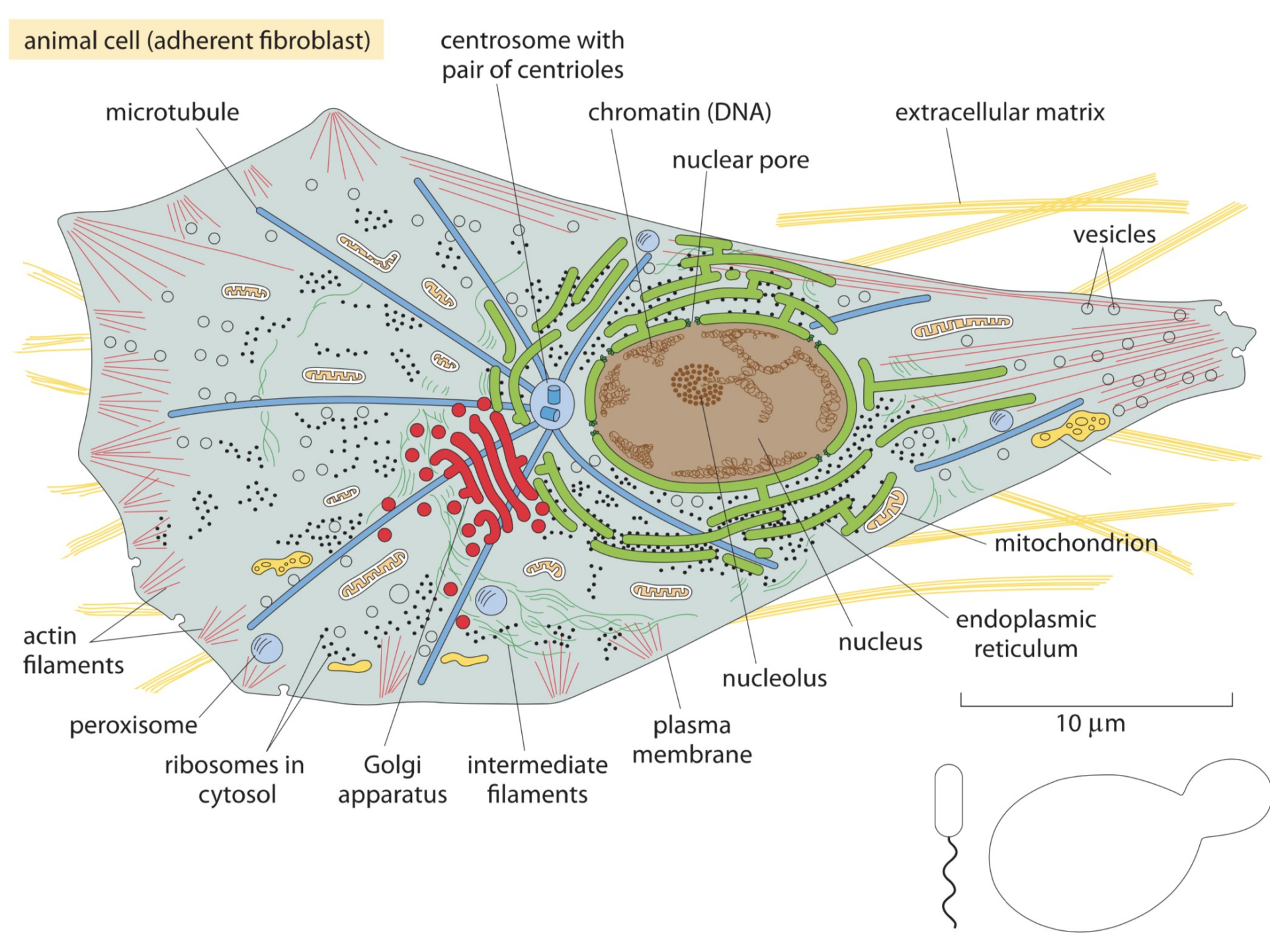
Des cellules aux molécules


bacterial cell
1 µm
flagellum
yeast cell
bud
5 µm

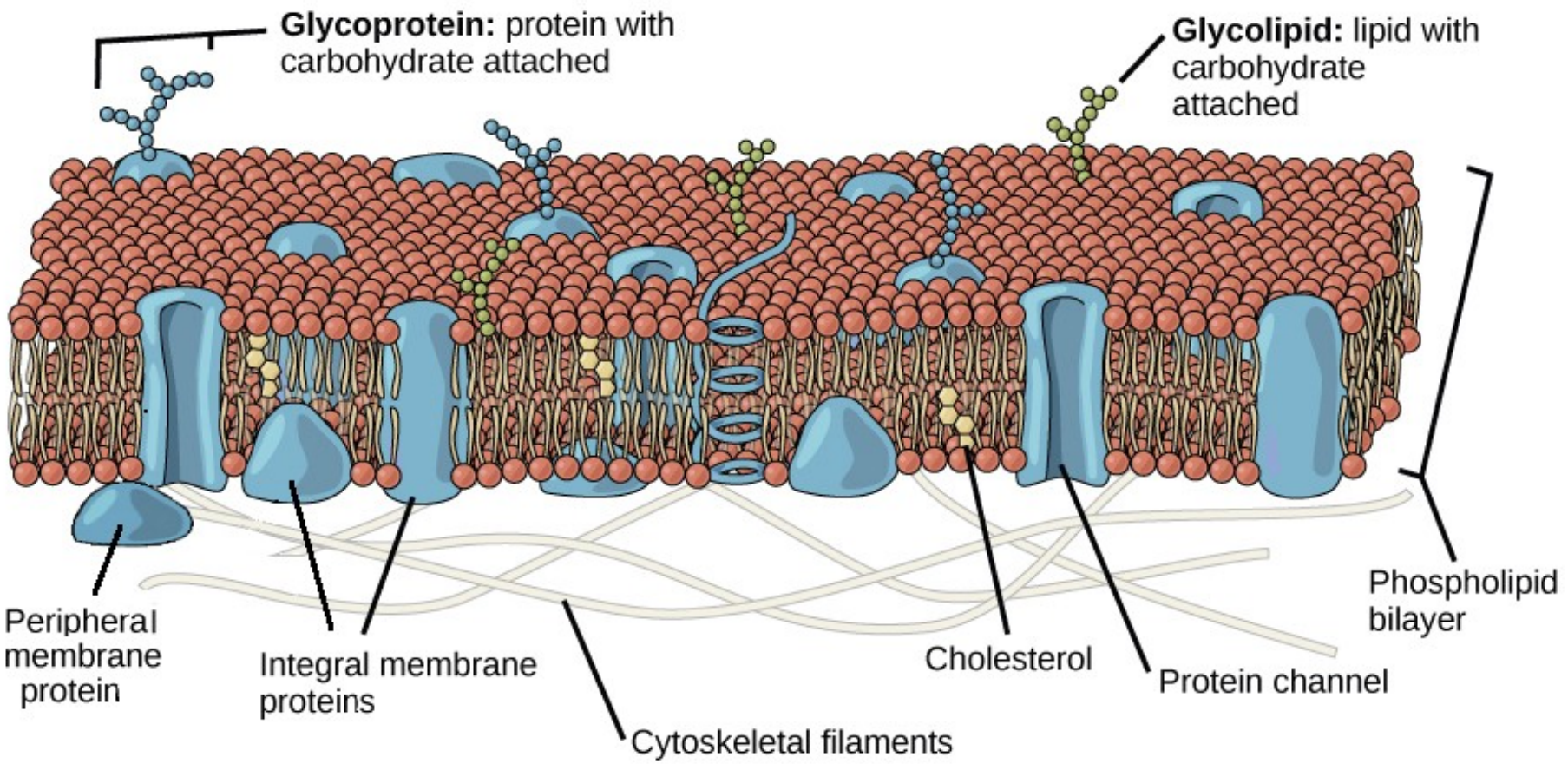

bacterial cell
Membrane externe
Paroi
Membrane plasmique
ADN
Nucléoide
Ribosomes
1 µm
flagellum
yeast cell
bud
5 µm


bacterial cell
Membrane externe
Paroi
Membrane plasmique
ADN
Nucléoide
Ribosomes
1 µm
Flagelle
yeast cell
Paroi
Membrane plasmique
Mitochondrie
Vacuole
Appareil de Golgi
Noyau
Reticulum endoplasmique
Lysosome
Filaments d'actine
Bourgeon
5 µm


animal cell (adherent fibroblast)
microtubule
nuclear pore
vesicles
actin filaments
peroxisome
nucleolus
plasma membrane
10 µm


animal cell (adherent fibroblast)
centrosome with pair of centrioles
microtubule
chromatin (DNA)
extracellular matrix
nuclear pore
vesicles
mitochondrion
endoplasmic reticulum
nucleus
nucleolus
actin filaments
peroxisome
ribosomes in cytosol
Golgi apparatus
intermediate filaments
plasma membrane
10 µm

David Goodsell


Glycoprotein: protein with carbohydrate attached
Glycolipid: lipid with carbohydrate attached
Peripheral membrane protein
Integral membrane proteins
Cytoskeletal filaments
Cholesterol
Protein channel
Phospholipid bilayer

acide nucléique : biopolymère composé de nucléotides, qui sont des monomères constitués de trois composants : un sucre à 5 atomes de carbone, un groupe phosphate et une base azotée. Si le sucre est un composé ribose, le polymère est l'ARN (acide ribonucléique) ; si le sucre est un désoxyribose, le polymère est l'ADN (acide désoxyribonucléique).

protéine : grande biomolécule constituée d'une ou plusieurs longues chaînes de résidus d'acides aminés.

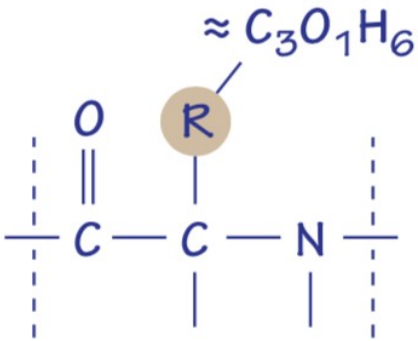
acide aminé : molécule organique qui contient des groupes fonctionnels amine (-NH2) et carboxyle (-COOH), ainsi qu'une chaîne latérale (groupe R) spécifique à chaque acide aminé.

lipide : biomolécule soluble dans les solvants non polaires. Les fonctions des lipides comprennent le stockage de l'énergie, la signalisation et le rôle de composants structurels des membranes cellulaires.

glucide : biomolécule constituée d'atomes de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène (O), dont la formule empirique est généralement Cm(H2O)n. Les glucides permettent le stockage de l'énergie (comme l'amidon et le glycogène) et entrent dans la composition de certains matériaux biologiques (par exemple, la cellulose chez les plantes et la chitine chez les arthropodes).

Les constituants principaux de la cellule

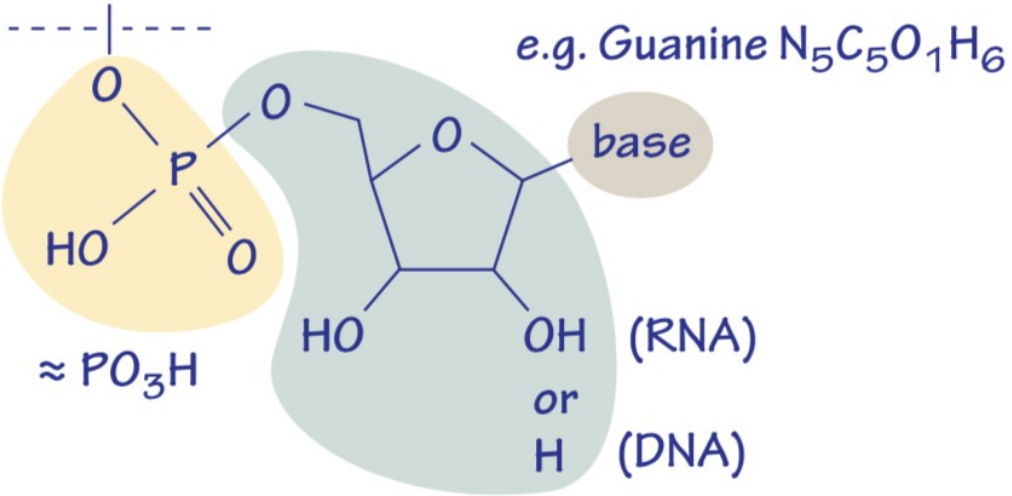
Acide aminé



≈ $N_1C_5O_2H_8$

≈ 110 Da

Nucléotide

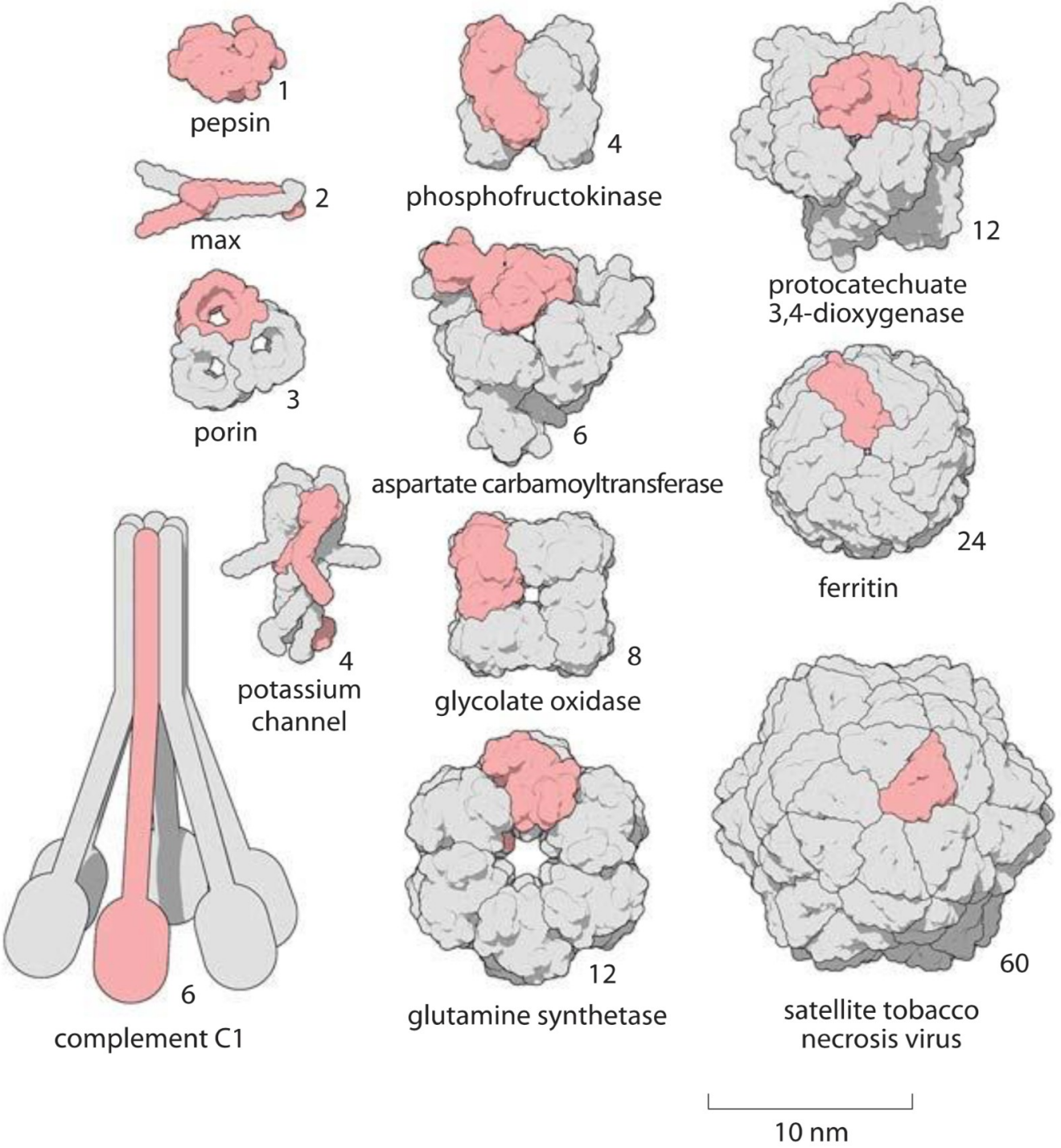


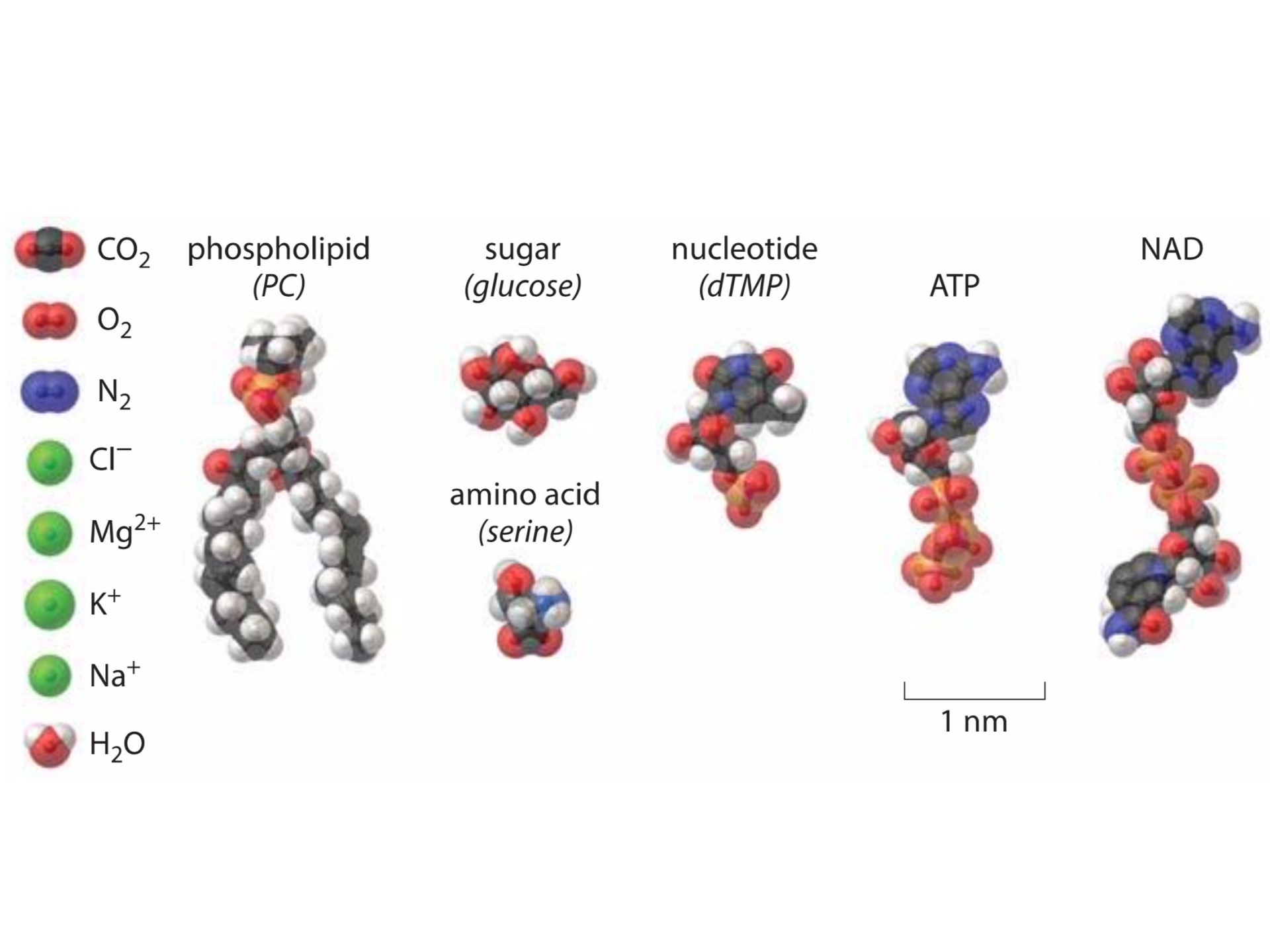
≈ $C_5H_8O_2$

≈ $P_1N_5O_7C_{10}H_{14}$

≈ 350 Da

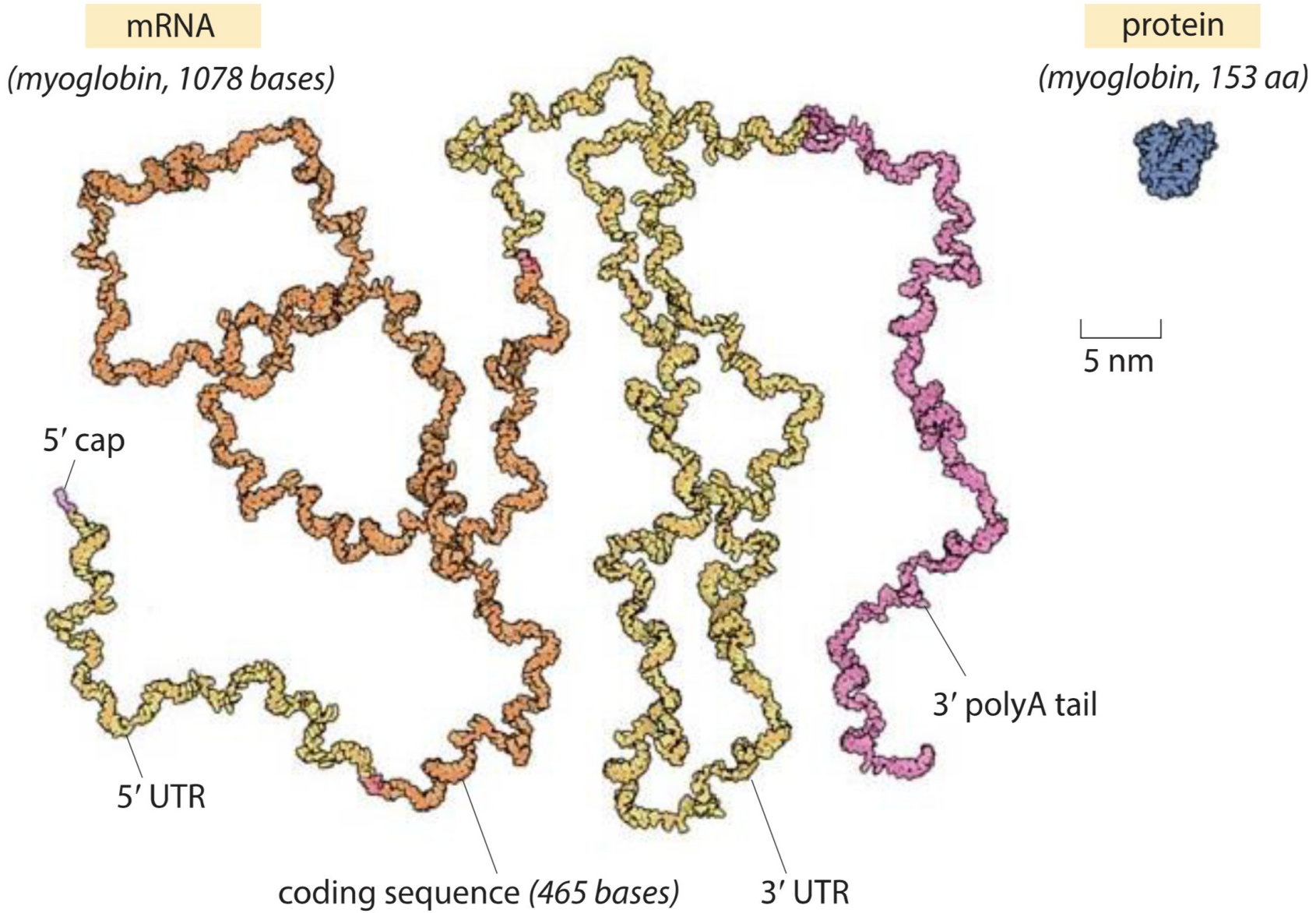
Homo-oligomères




CO_2
O_2
N_2
Cl^-
Mg^{2+}
K^+
Na^+
H_2O
phospholipid
(PC)
sugar
(glucose)
amino acid
(serine)
nucleotide
(dTMP)
ATP
NAD
1 nm

Which is larger:
mRNA or the protein it codes for?

Which is larger: mRNA or the protein it codes for?

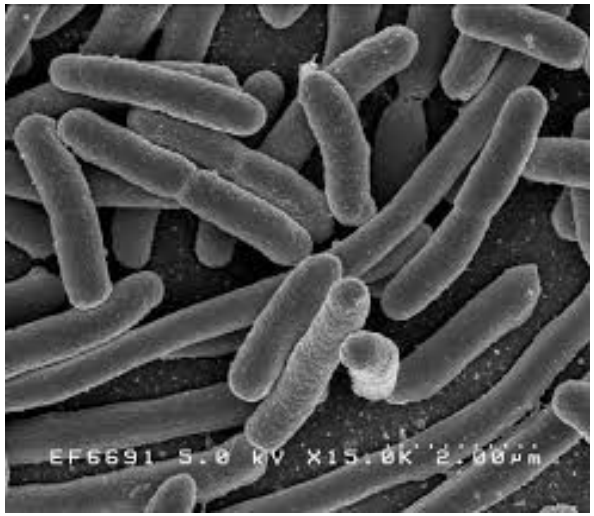


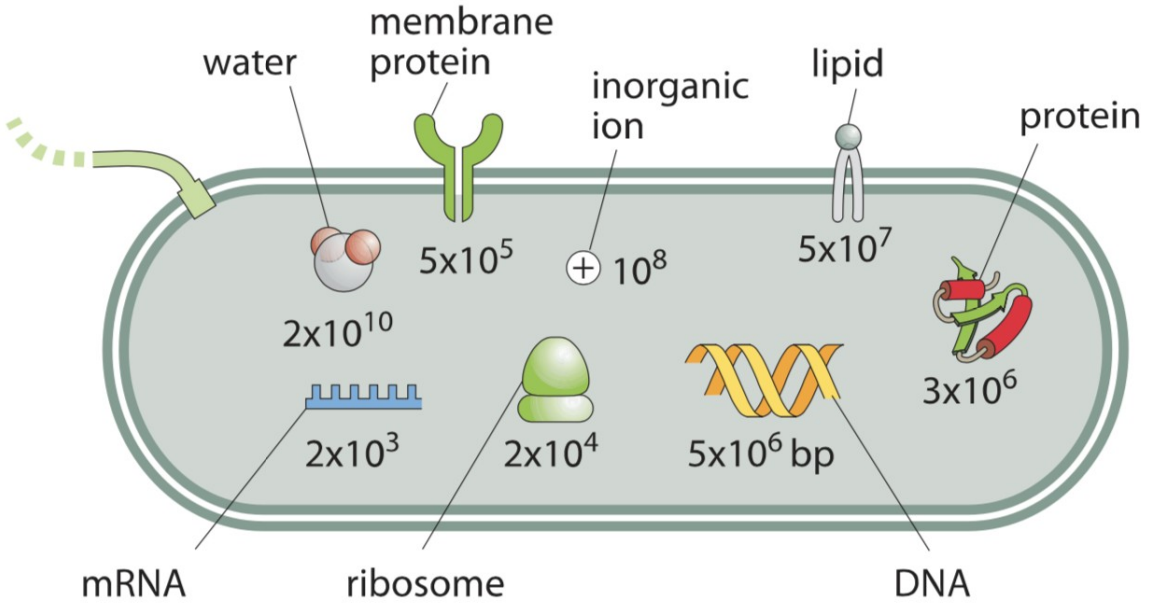
Taille médiane des protéines

organism	median protein length (amino acids)
H. sapiens	375
D. melanogaster	373
C. elegans	344
S. cerevisiae	379
A. thaliana	356
5 eukaryotes (above)	361
67 bacteria	267
15 archaea	247

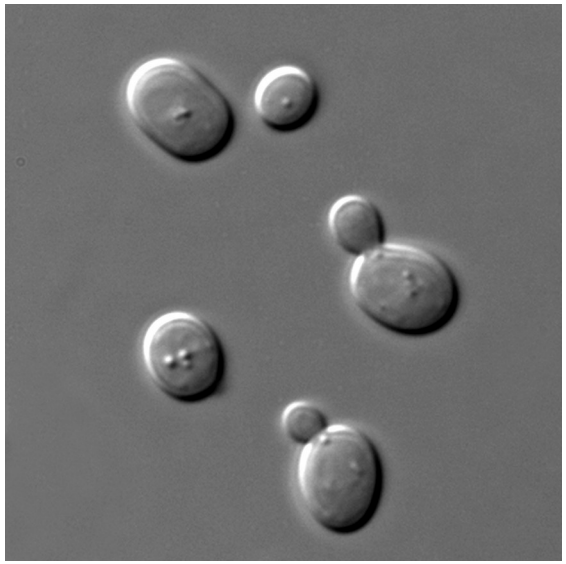
property	*E. coli*	budding yeast	mammalian (HeLa line)
cell volume	0.3–3 μm^3	30–100 μm^3	1,000–10,000 μm^3
proteins per μm^3 cell volume		$2–4\times10^6$	
mRNA per cell	10^3-10^4	10^4–10^5	10^5–10^6
proteins per cell	~10^6	~10^8	~10^{10}
mean diameter of protein	4–5 nm		
genome size	4.6 Mbp	12 Mbp	3.2 Gbp
number protein coding genes	4300	6600	21,000
regulator binding site length	10–20 bp		
promoter length	~100 bp	~1000 bp	~10^4–10^5 bp
gene length	~1000 bp	~1000 bp	~10^4–10^6 bp (with introns)
concentration of one protein per cell	~1 nM	~10 pM	~0.1–1 pM
diffusion time of protein across cell ($D \approx 10\ \mu m^2/s$)	~0.01 s	~0.2 s	~1–10 s
diffusion time of small molecule across cell ($D \approx 100\ \mu m^2/s$)	~0.001 s	~0.03 s	~0.1–1 s
time to transcribe a gene	<1 min (80 nts/s)	~1 min	~30 min (incl. mRNA processing)
time to translate a protein	<1 min (20 aa/s)	~1 min	~30 min (incl. mRNA export)
typical mRNA lifetime	2–5 min	~10 min to over 1 h	5-100 min to over 10 h
typical protein lifetime	1 h	0.3–3 h	10–100 h
minimal doubling time	20 min	1 h	20 h
ribosomes/cell	~10^4	~10^5	~10^6
transitions between protein states (active/inactive)	1–100 µs		
timescale for equilibrium binding of small molecule to protein (diffusion limited)	1–1000 ms (1 µM–1 nM affinity)		
timescale of transcription factor binding to DNA site	~1 s		
mutation rate	10^{-8}–10^{-10}/bp/replication		

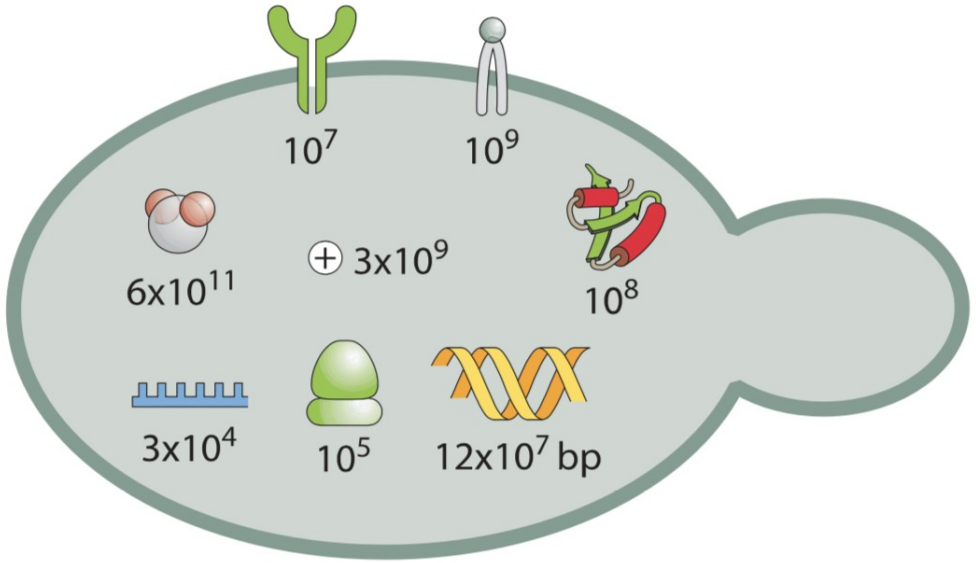
(A) bacterial cell (specifically, *E. coli:* $V \approx 1\ \mu m^3$; $L \approx 1\ \mu m$; $\tau \approx 1$ hour)



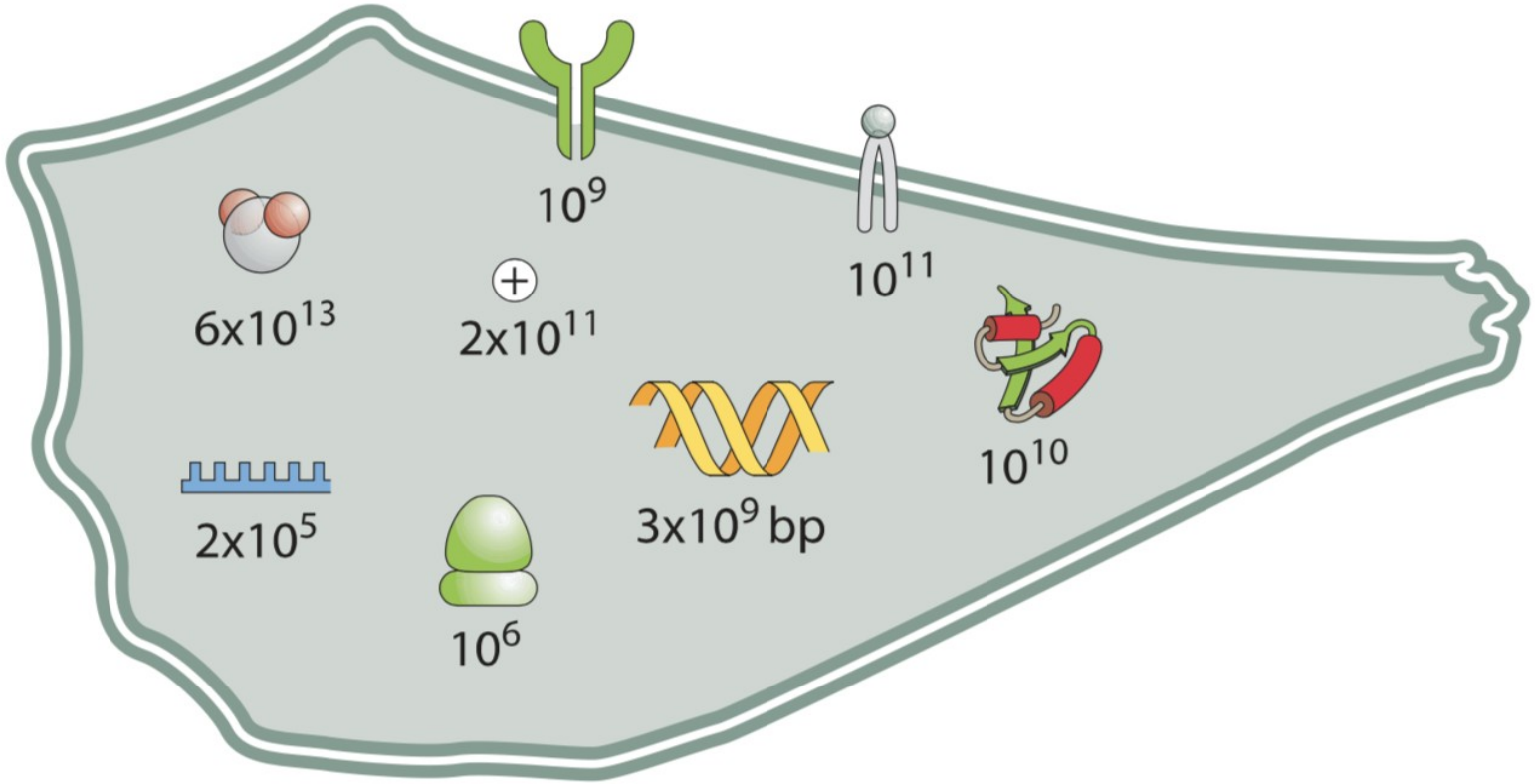


(B) yeast cell (specifically, *S. cerevisiae:* $V \approx 30\ \mu m^3$; $L \approx 5\ \mu m$; $\tau \approx 3$ hours)





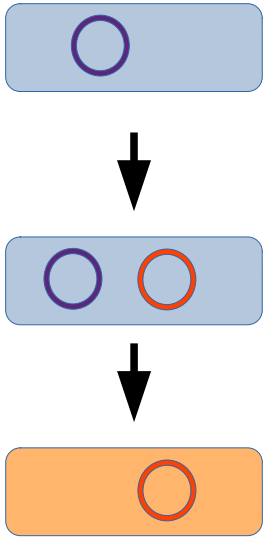
(C) mammalian cell (specifically, HeLa: $V \approx 3000\ \mu m^3$; $L \approx 20\ \mu m$; $\tau \approx 1$ day)



Première cellule “synthétique”

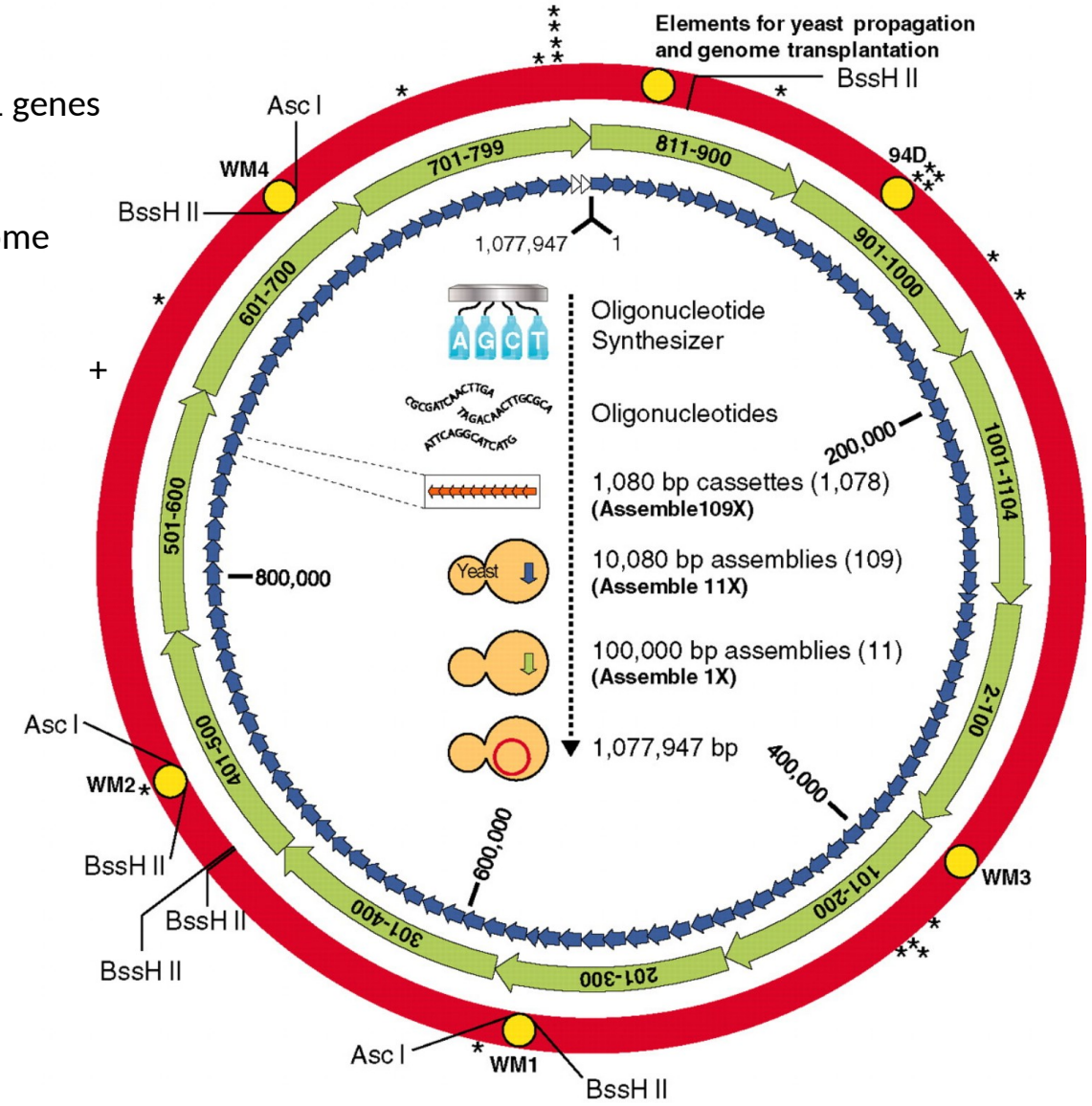
M. mycoides JCVI-syn1.0
1.08 million base pairs and 901 genes

single yeast artificial chromosome



M. capricolum recipient cells

M. mycoides JCVI-syn1.0



Gibson et al. 2016

Première cellule “synthétique”

M. mycoides JCVI-syn1.0
Son génome contient sous forme de code :

une adresse internet à laquelle envoyer un courriel si on parvient à déchiffrer le code,

les noms des 46 auteurs et autres contributeurs,

trois citations célèbres. L'une d'elles, de James Joyce, résume parfaitement le projet qui a duré 15 ans : "Vivre, se tromper, tomber, triompher, recréer la vie à partir de la vie".

Gibson et al. 2008

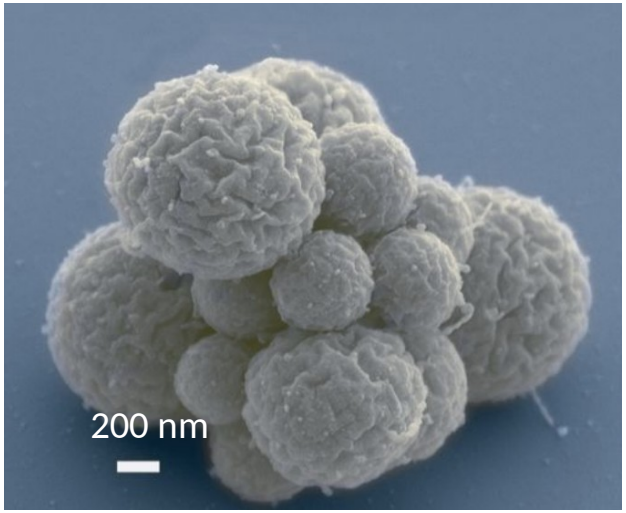
Plus petite cellule “synthétique”

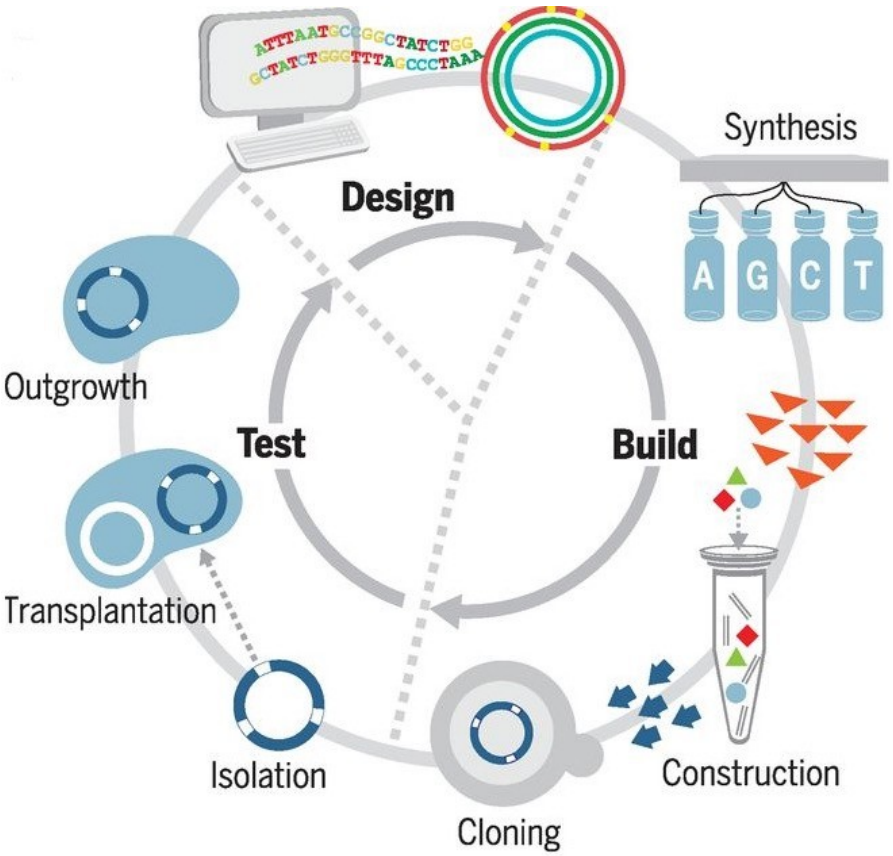
M. mycoides JCVI-syn3.0
531,560 bp, 473 gènes

Conserve les gènes impliqués dans des processus-clés tels que la transcription et la traduction, mais contient également 149 gènes de fonction inconnue

Génome plus petit que celui de toute cellule à réplication autonome trouvée dans la nature.

Temps de doublement de ~180 min
Colonies morphologiquement similaires à celles de JCVI-syn1.0

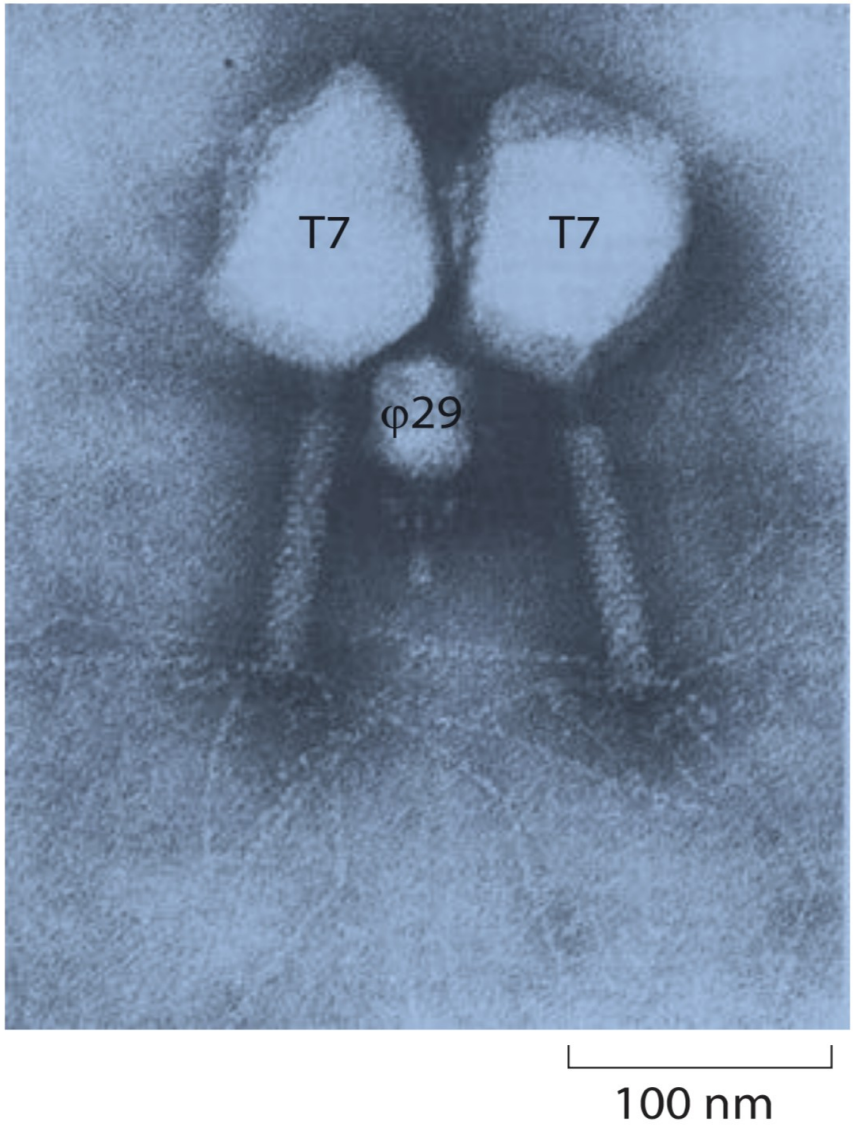


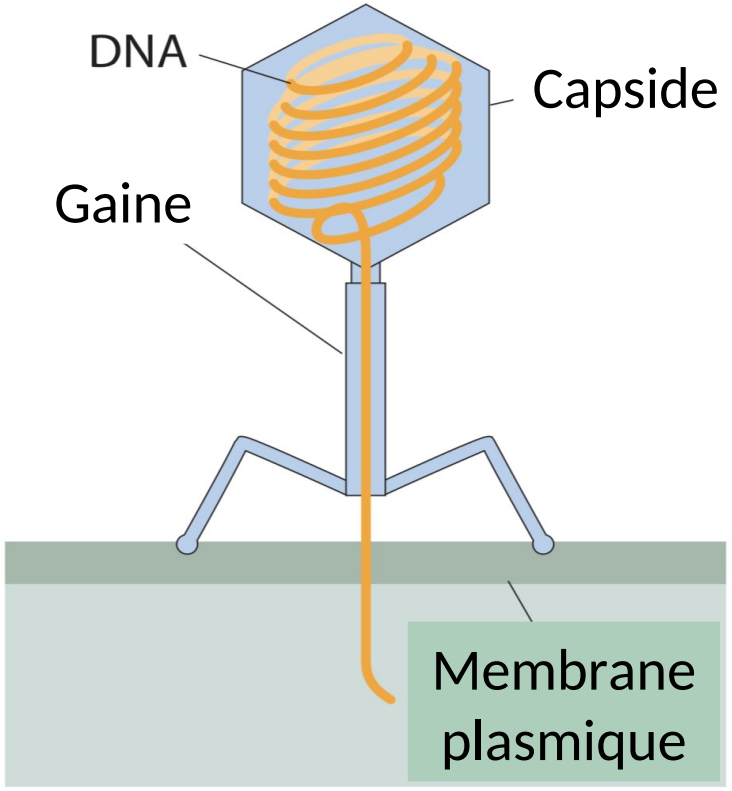


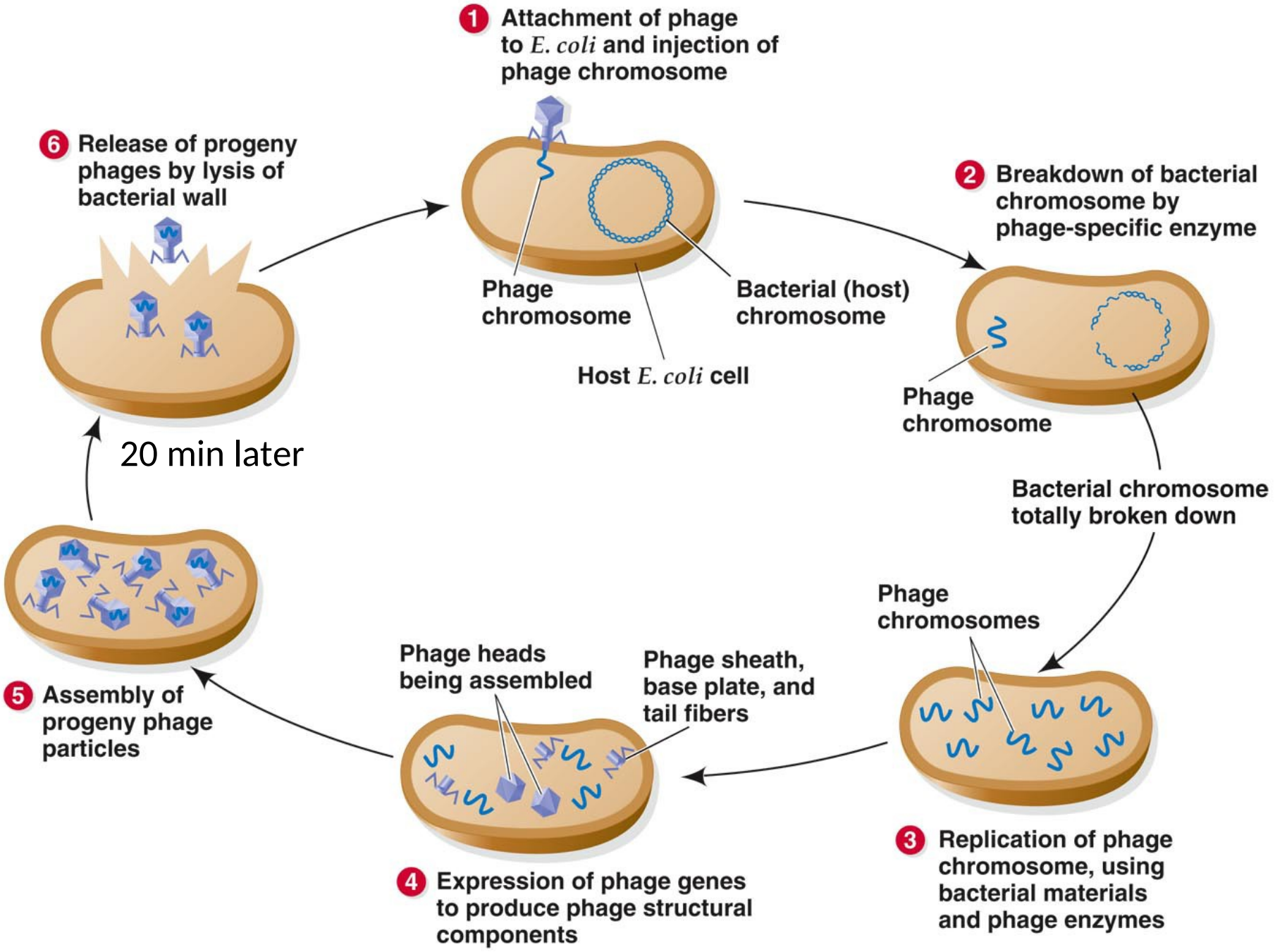
Hutchison III et al. 2016

Virus, cellules, mitochondries

Virus infectant les bactéries = phages

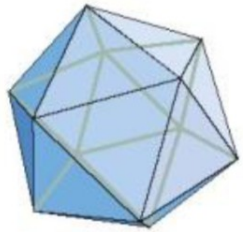






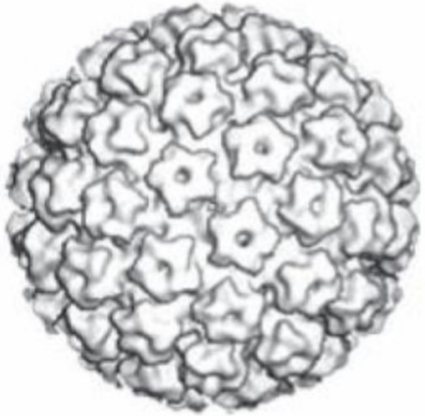
Copyright © 2006 Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

SYMMETRIC VIRUSES

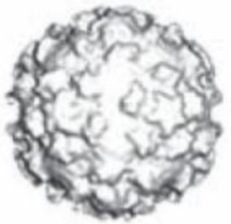


cowpea chlorotic mottle

human papilloma



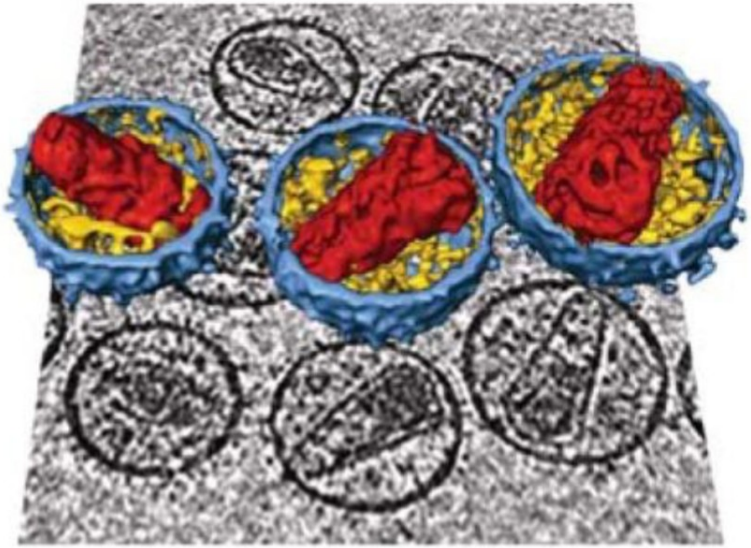
polio



30 nm

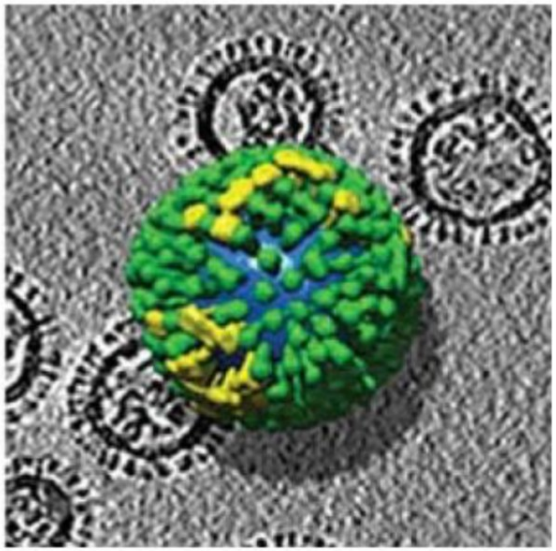
ASYMMETRIC VIRUSES

HIV



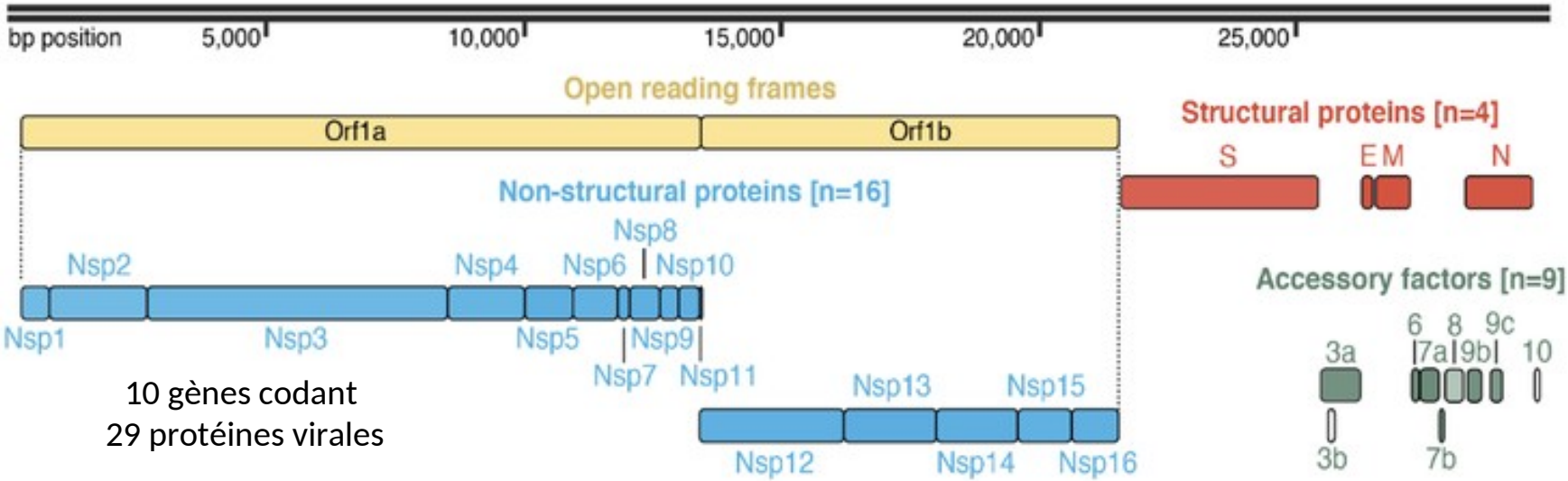
100 nm

Influenza

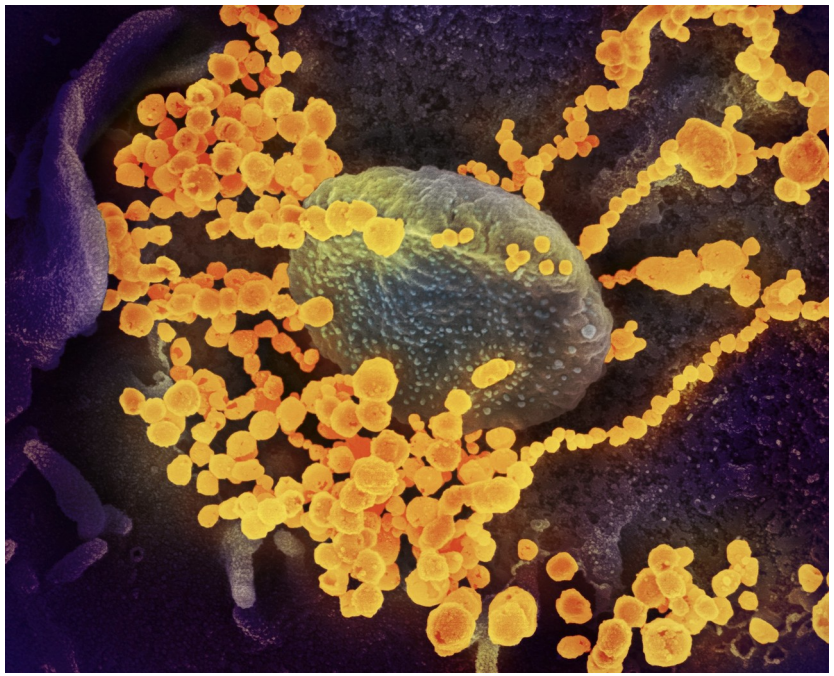


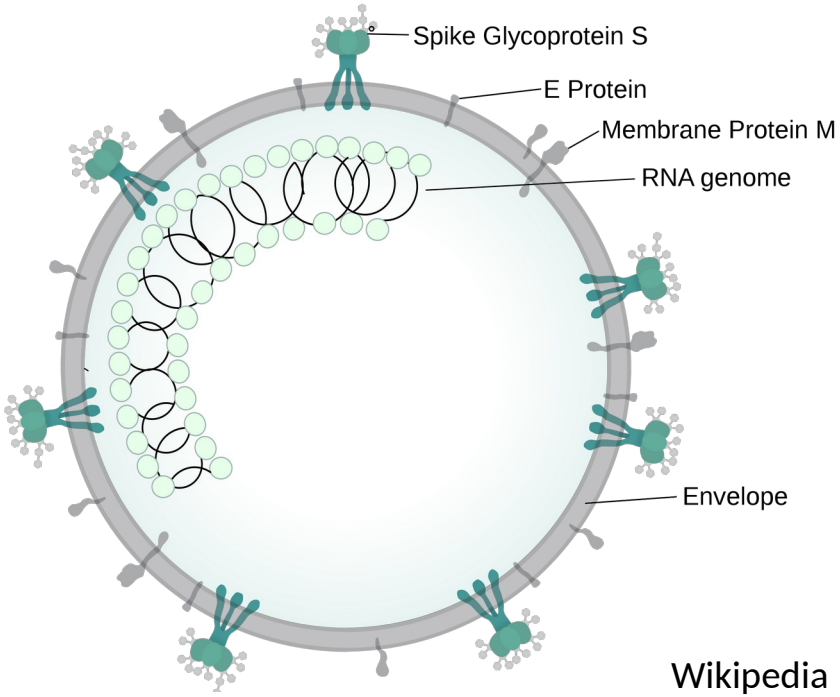
100 nm

Génome de SARS-CoV-2



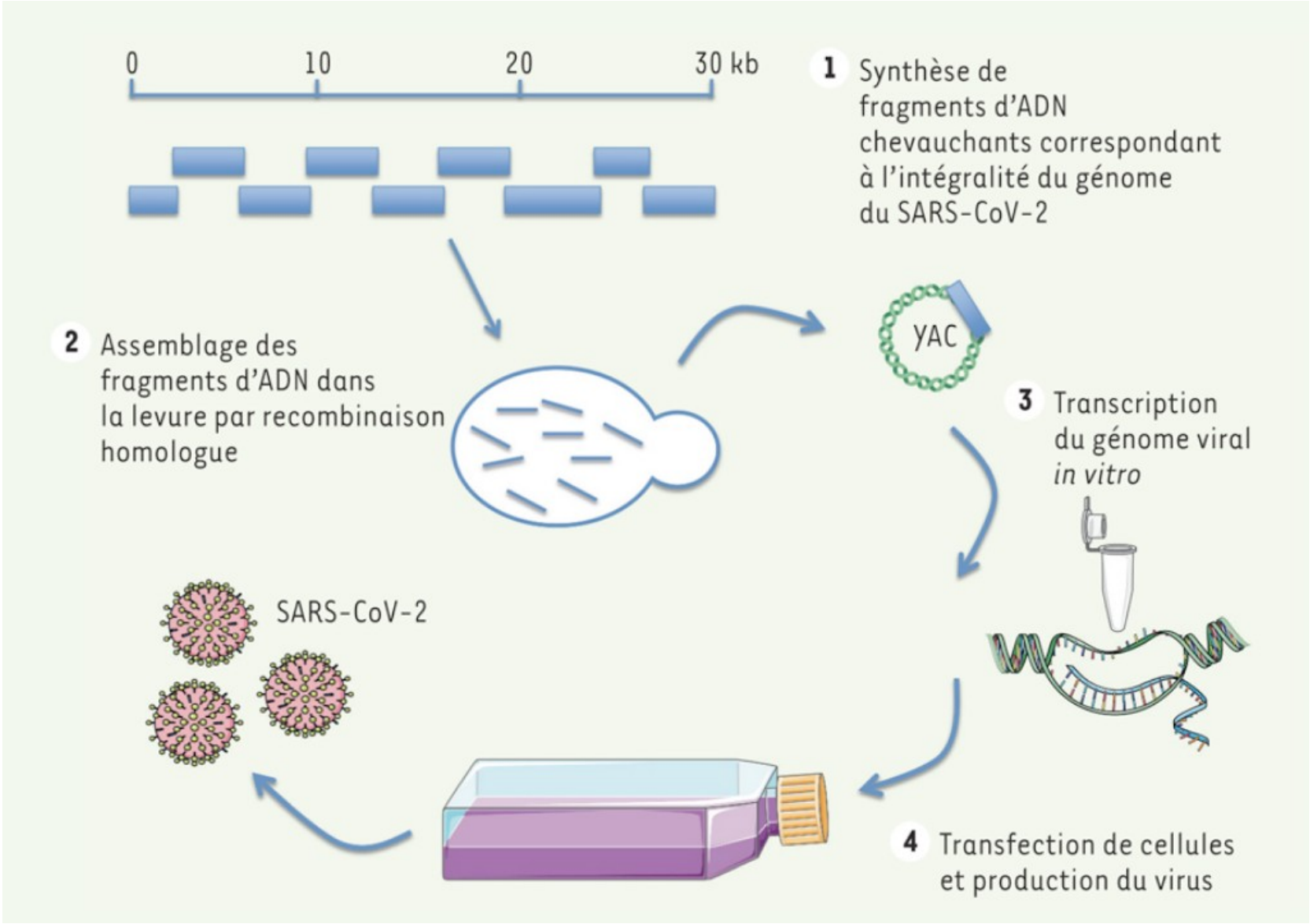
10 gènes codant
29 protéines virales





Wikipedia

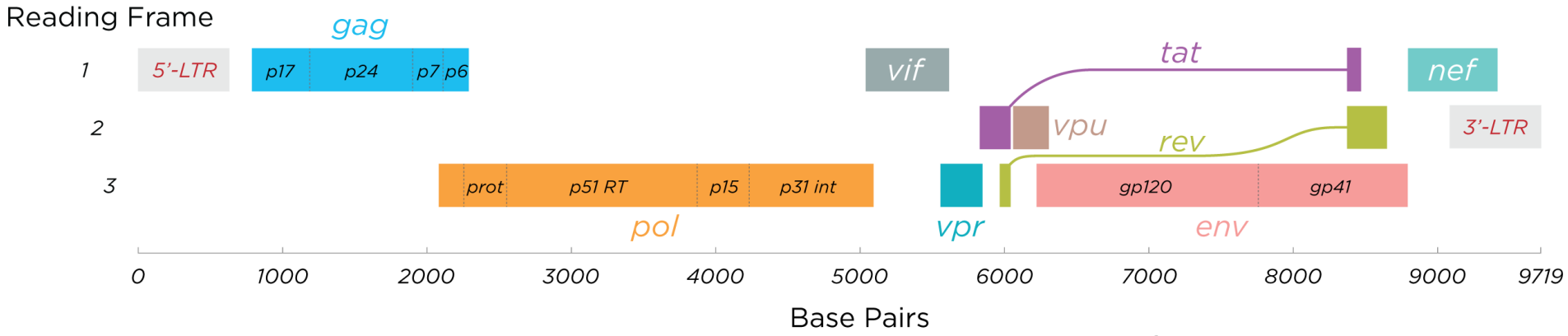
Synthèse de SARS-CoV-2 en un mois

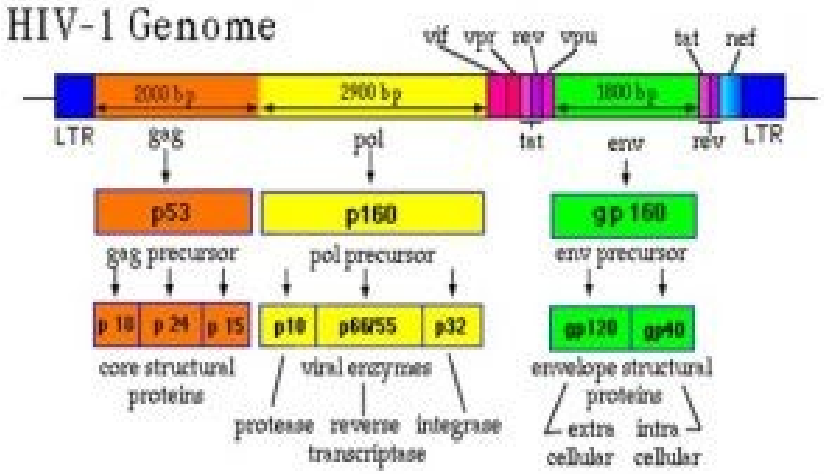


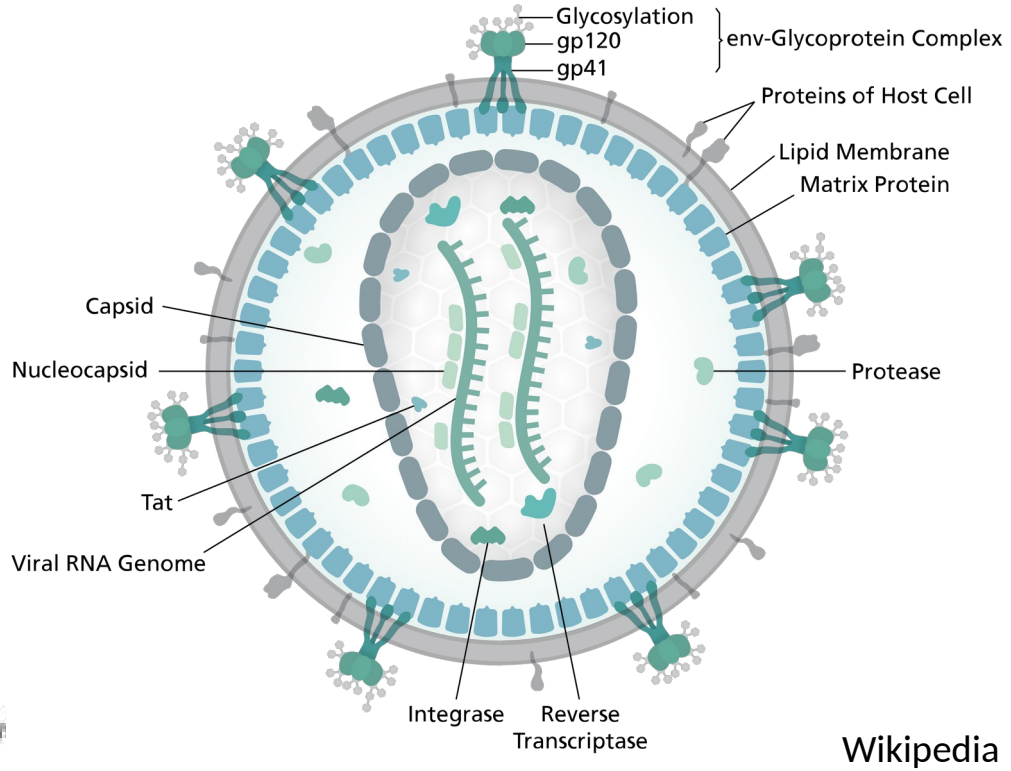
Iseni, Frédéric, and Jean-Nicolas Tournier. 2020. 'Une Course Contre La Montre-Création Du SARS-CoV-2 En Laboratoire, Un Mois Après Son Émergence !' Médecine/Sciences 36 (8–9): 797–802

Génome de HIV

9 gènes codant 15 protéines virales







Wikipedia

virus	size (nm)	genome size (base pairs)
porcine circovirus (PCV)	17	1,760
cowpea mosaic virus (CPMV)	28	9,400
cowpea chlorotic mottle virus (CCMV)	28	7,900
φX174 (*E. coli* bacteriophage)	32	5,400
tobacco mosaic virus (TMV)	40×300	6,400
polio virus	30	7,500
φ29 (*Bacillus* phage)	45x54	19,000
lambda phage	58	49,000
T7 bacteriophage	58	40,000
adenovirus (linear DNA)	88-110	36,000
influenza A	80-120	14,000
HIV-1	120-150	9,700
herpes simplex virus 1	125	153,000
Epstein-Barr virus (EBV)	140	170,000
mimivirus	500	1,200,000
pandora virus	500x1000	2,800,000

Critères pour définir les virus

établis par André Lwolff en 1957

1) ne contient pas de ribosomes (a besoin de la machinerie de l'hôte pour la réplication)

2) ne peut pas se diviser pour produire 2 entités

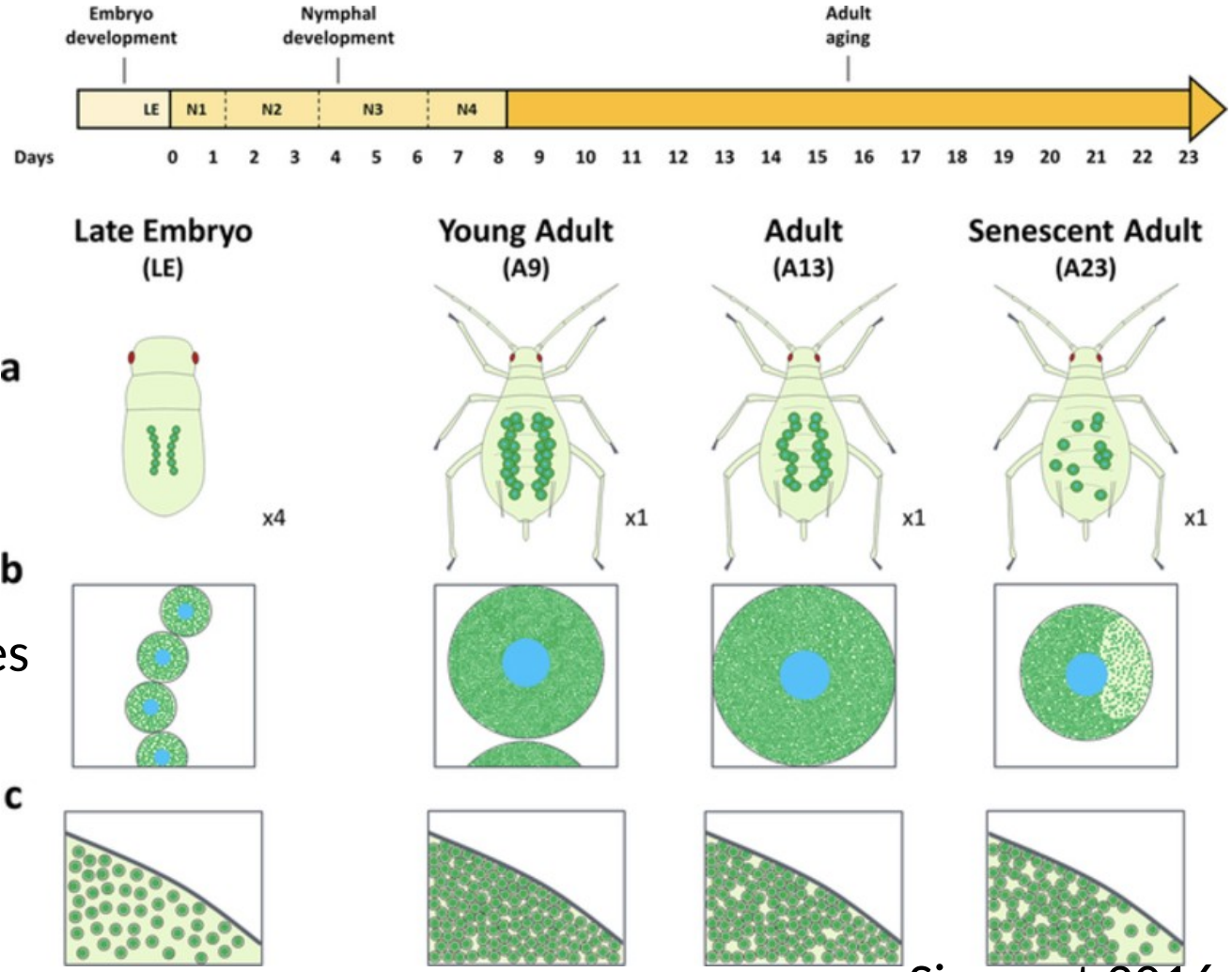
3) ne se reproduit que par une partie de ses constituants

4) ne possède pas le métabolisme minimal pour se reproduire.

Les points 3 et 4 ont été réfutés par la suite.

Buchnera : un symbionte obligatoire

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

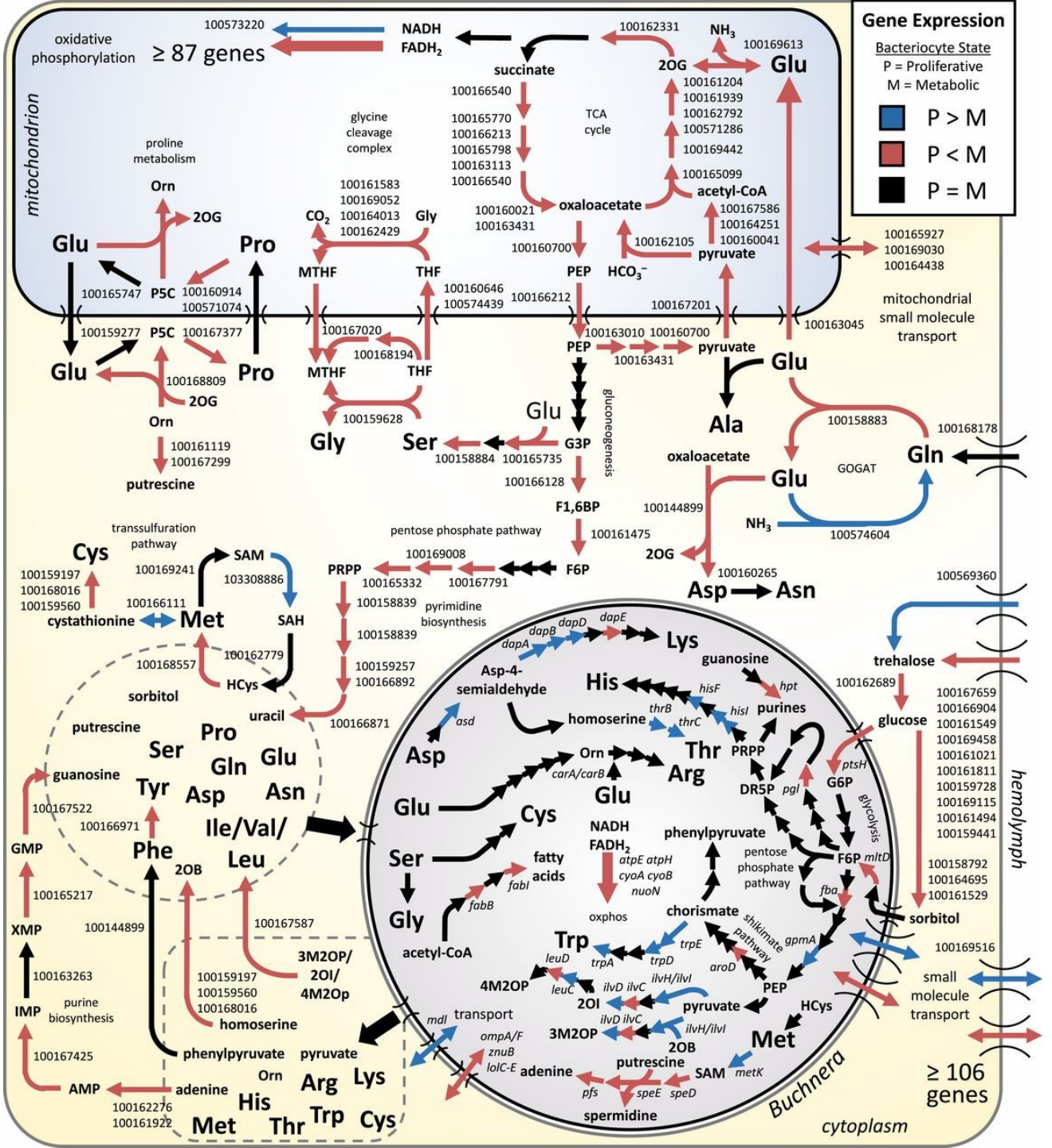


bactériocytes

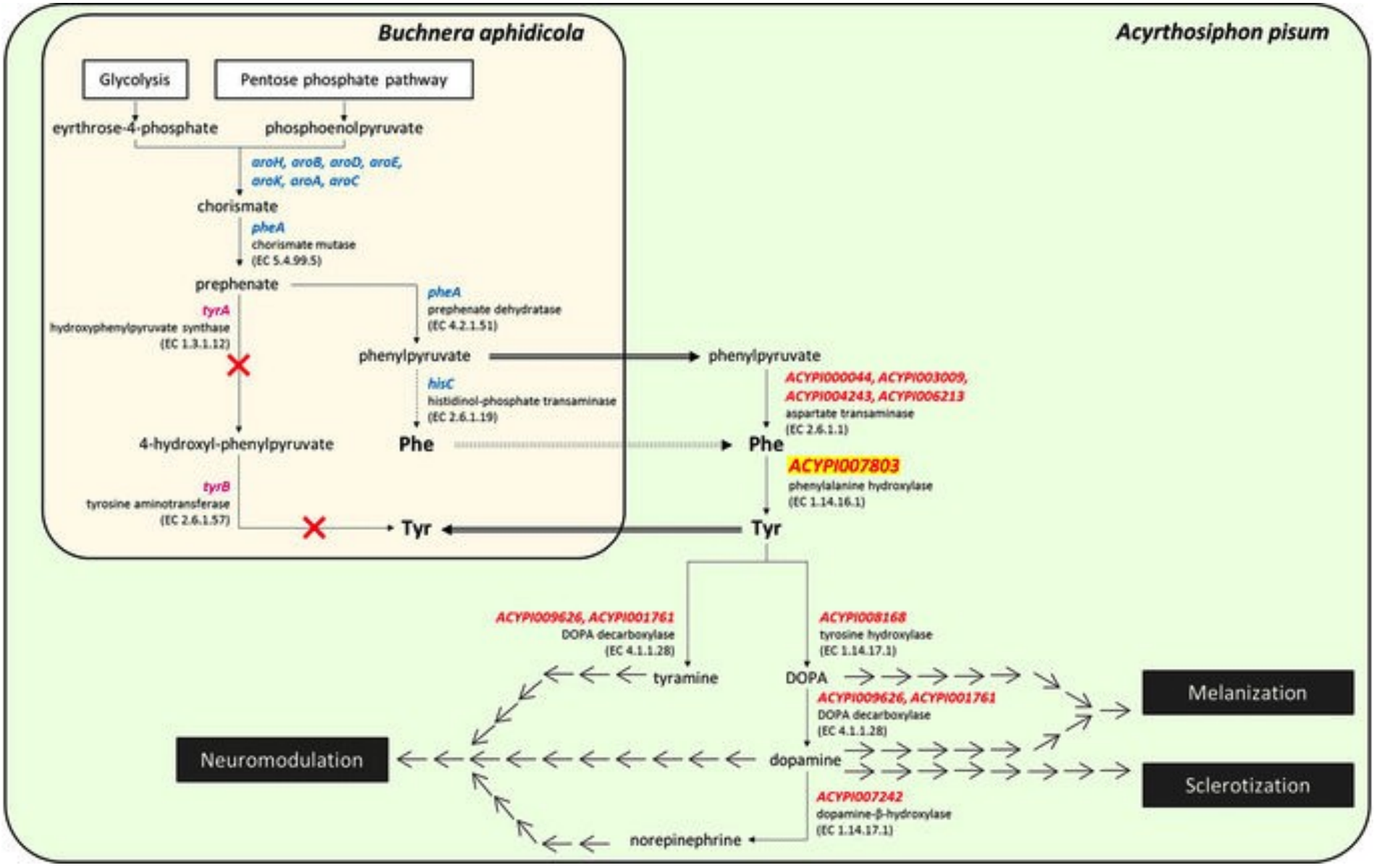
bactéries Buchnera

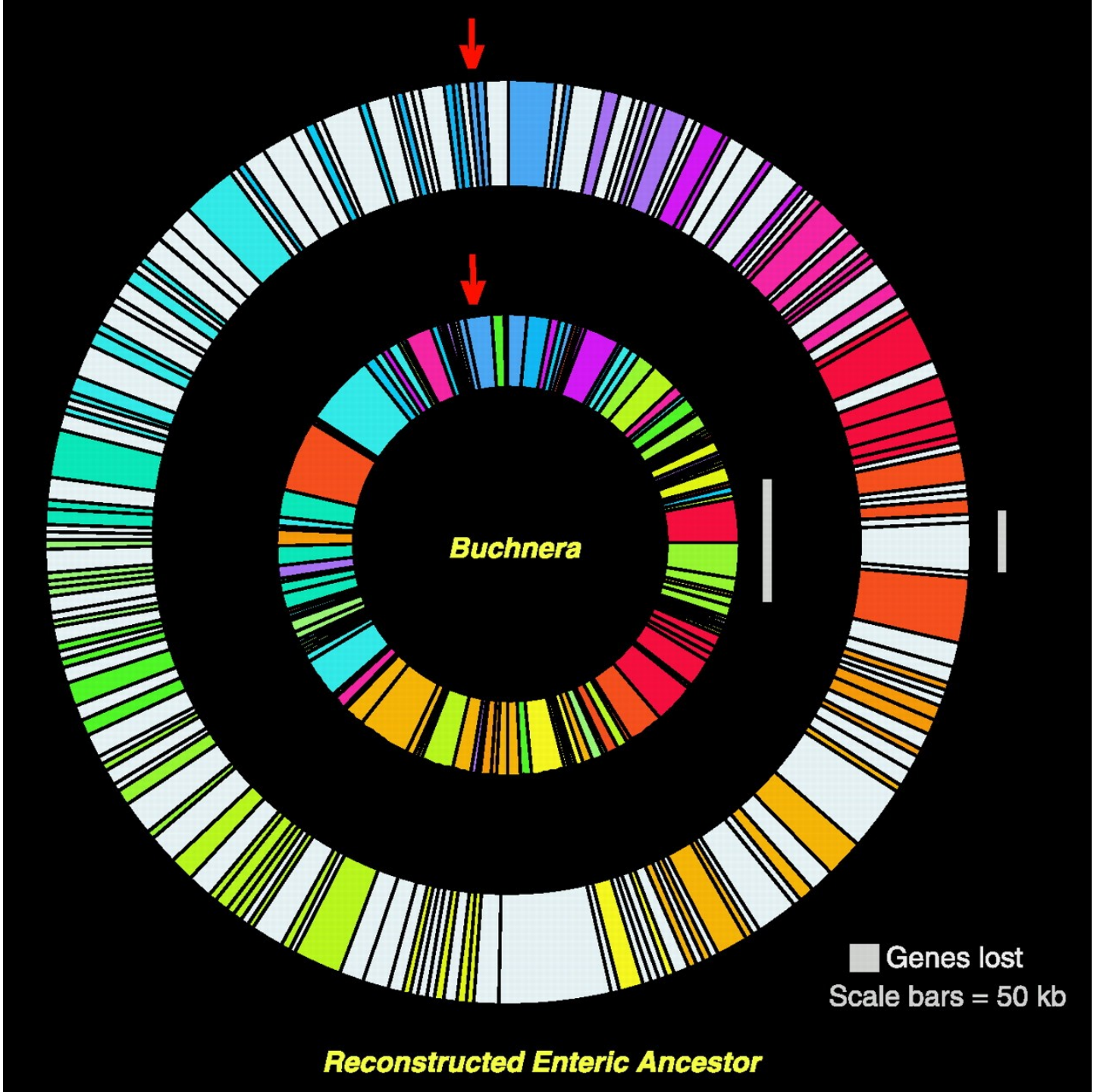
Simonet 2016

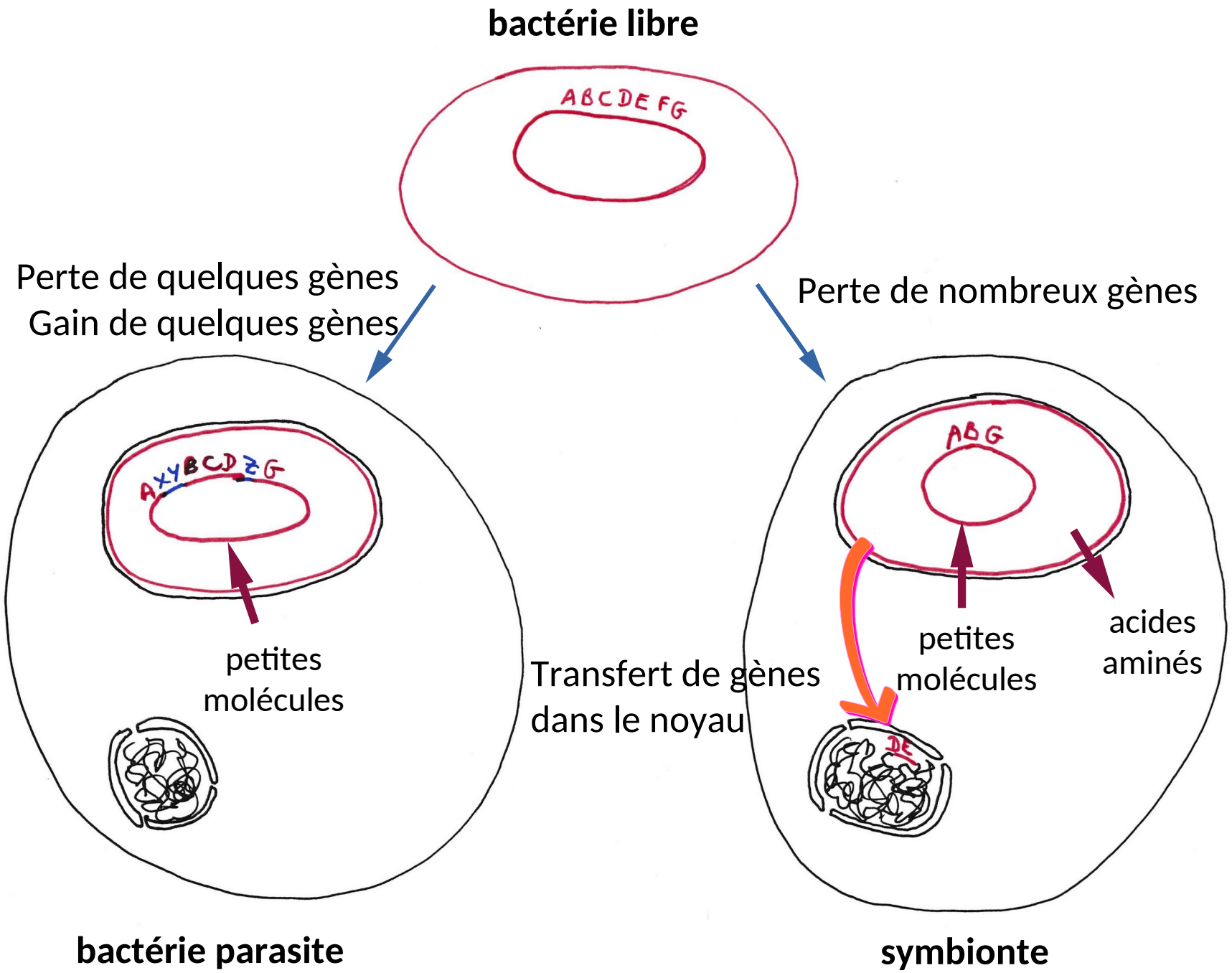
Buchnera synthétise de nombreux acides aminés à partir de sucres

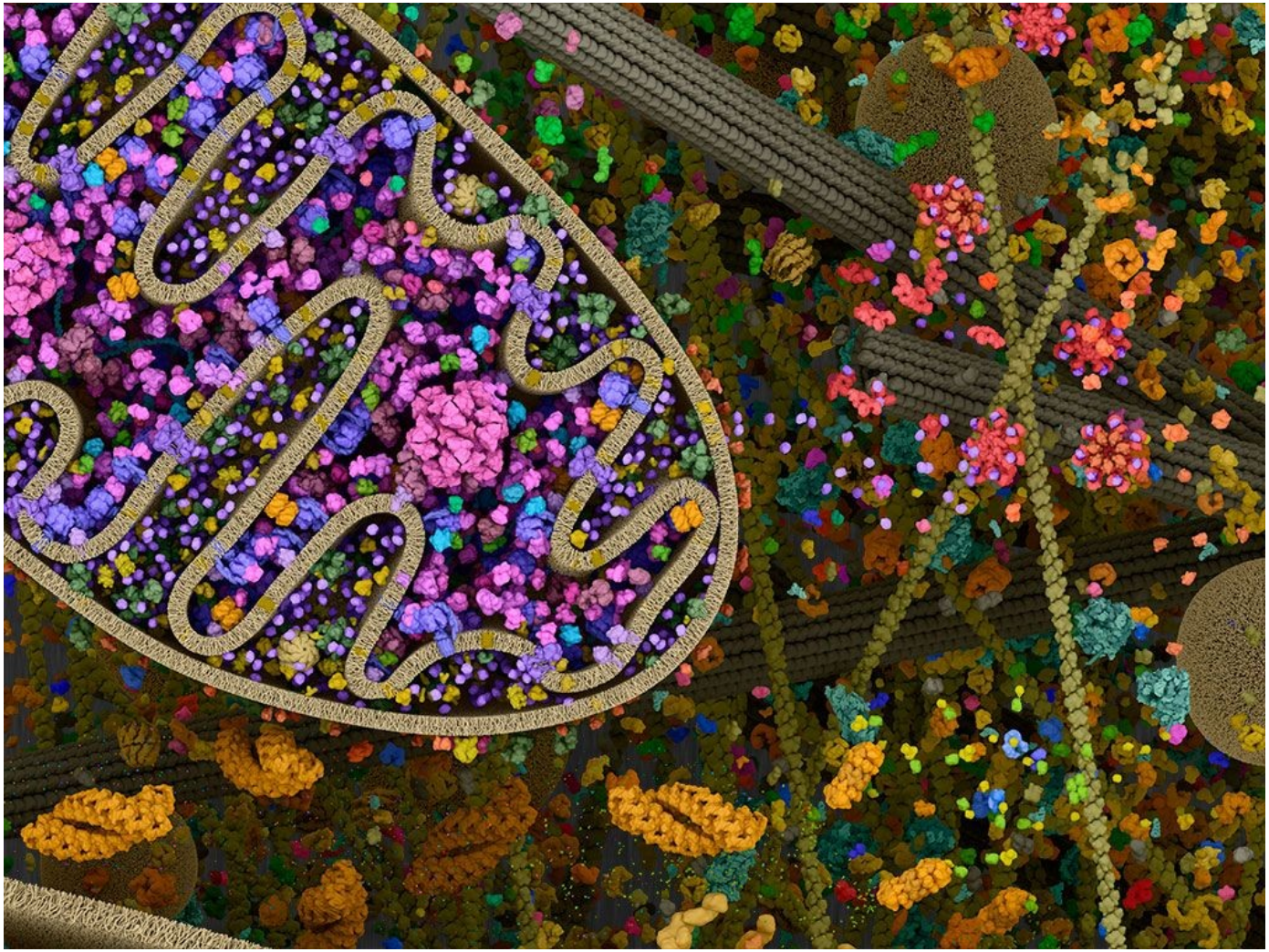


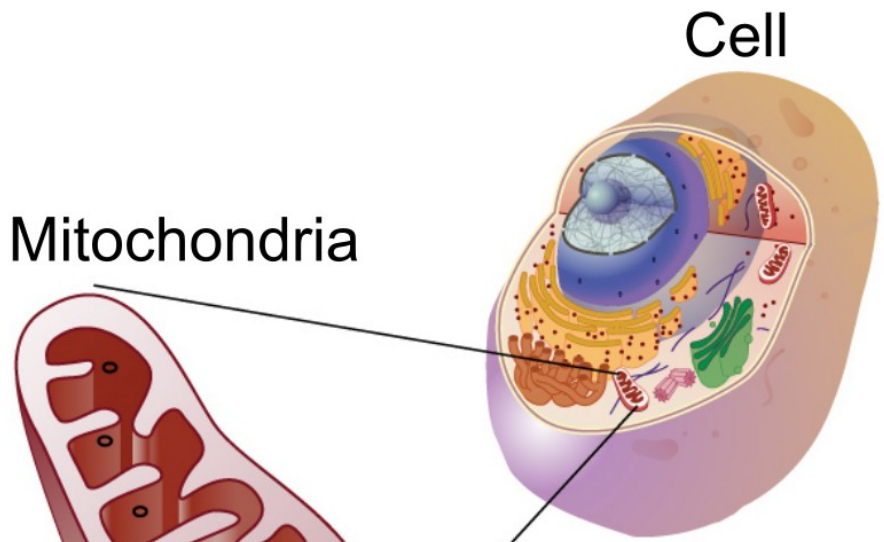
Smith & Moran 2020 PNAS

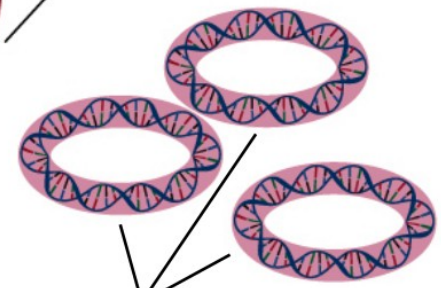

Buchnera aphidicola
Acyrthosiphon pisum
Glycolysis
Pentose phosphate pathway
eyrthrose-4-phosphate
phosphoenolpyruvate
aroH, aroB, aroD, aroE, aroK, aroA, aroC
chorismate
pheA
chorismate mutase
(EC 5.4.99.5)
prephenate
pheA
prephenate dehydratase
(EC 4.2.1.51)
tyrA
hydroxyphenylpyruvate synthase
(EC 1.3.1.12)
phenylpyruvate
hisC
histidinol-phosphate transaminase
(EC 2.6.1.19)
4-hydroxyl-phenylpyruvate
Phe
tyrB
tyrosine aminotransferase
(EC 2.6.1.57)
Tyr
phenylpyruvate
ACYPI000044, ACYPI003009, ACYPI004243, ACYPI006213
aspartate transaminase
(EC 2.6.1.1)
Phe
ACYPI007803
phenylalanine hydroxylase
(EC 1.14.16.1)
Tyr
ACYPI009626, ACYPI001761
DOPA decarboxylase
(EC 4.1.1.28)
tyramine
ACYPI008168
tyrosine hydroxylase
(EC 1.14.17.1)
DOPA
ACYPI009626, ACYPI001761
DOPA decarboxylase
(EC 4.1.1.28)
Melanization
Neuromodulation
dopamine
Sclerotization
ACYPI007242
dopamine-β-hydroxylase
(EC 1.14.17.1)
norepinephrine


Buchnera
Genes lost
Scale bars = 50 kb
Reconstructed Enteric Ancestor

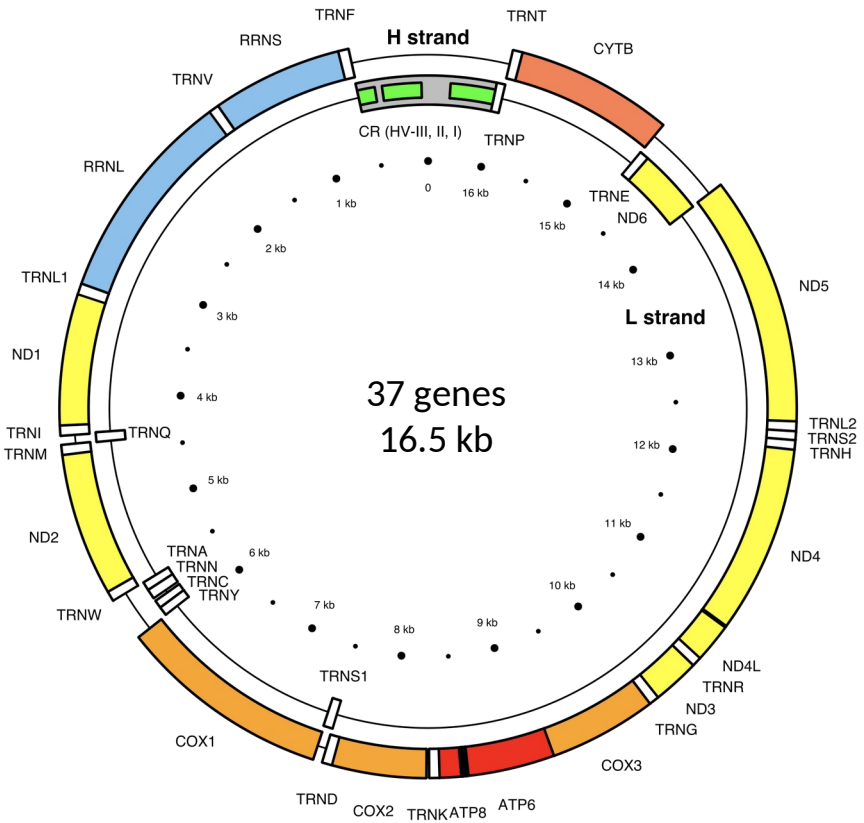

bactérie libre
A B C D E F G
Perte de quelques gènes
Gain de quelques gènes
Perte de nombreux gènes
A X Y B C D Z G
petites
molécules
Transfert de gènes
dans le noyau
A B G
petites
molécules
acides
aminés
D E
bactérie parasite
symbionte

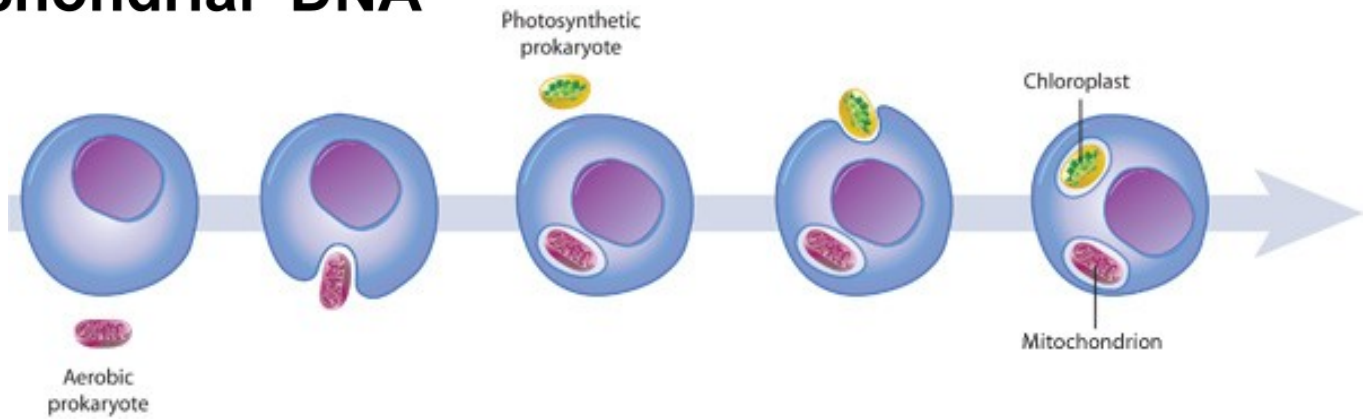




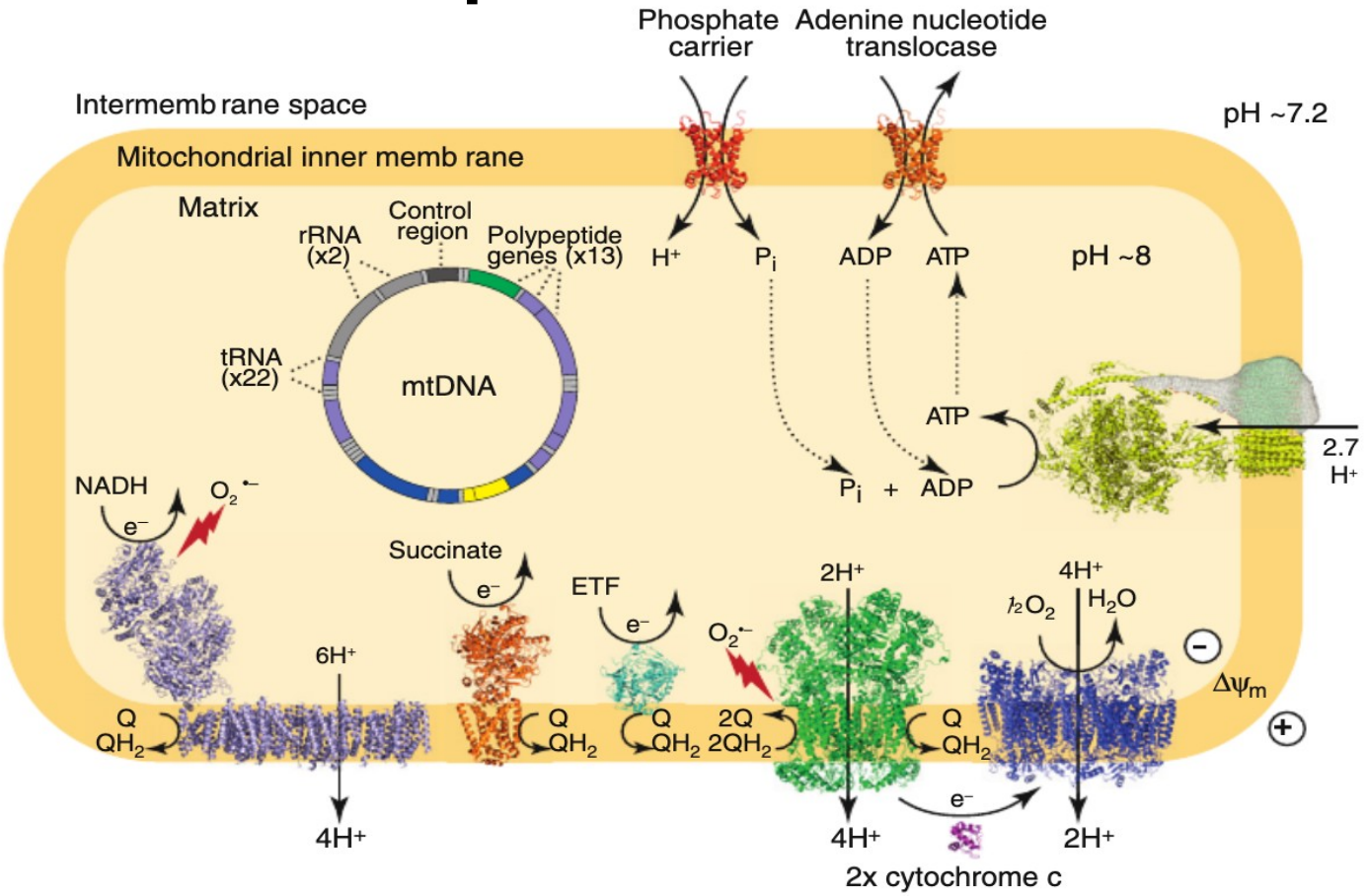


Mitochondrial DNA





La fonction principale des mitochondries est la production d'ATP

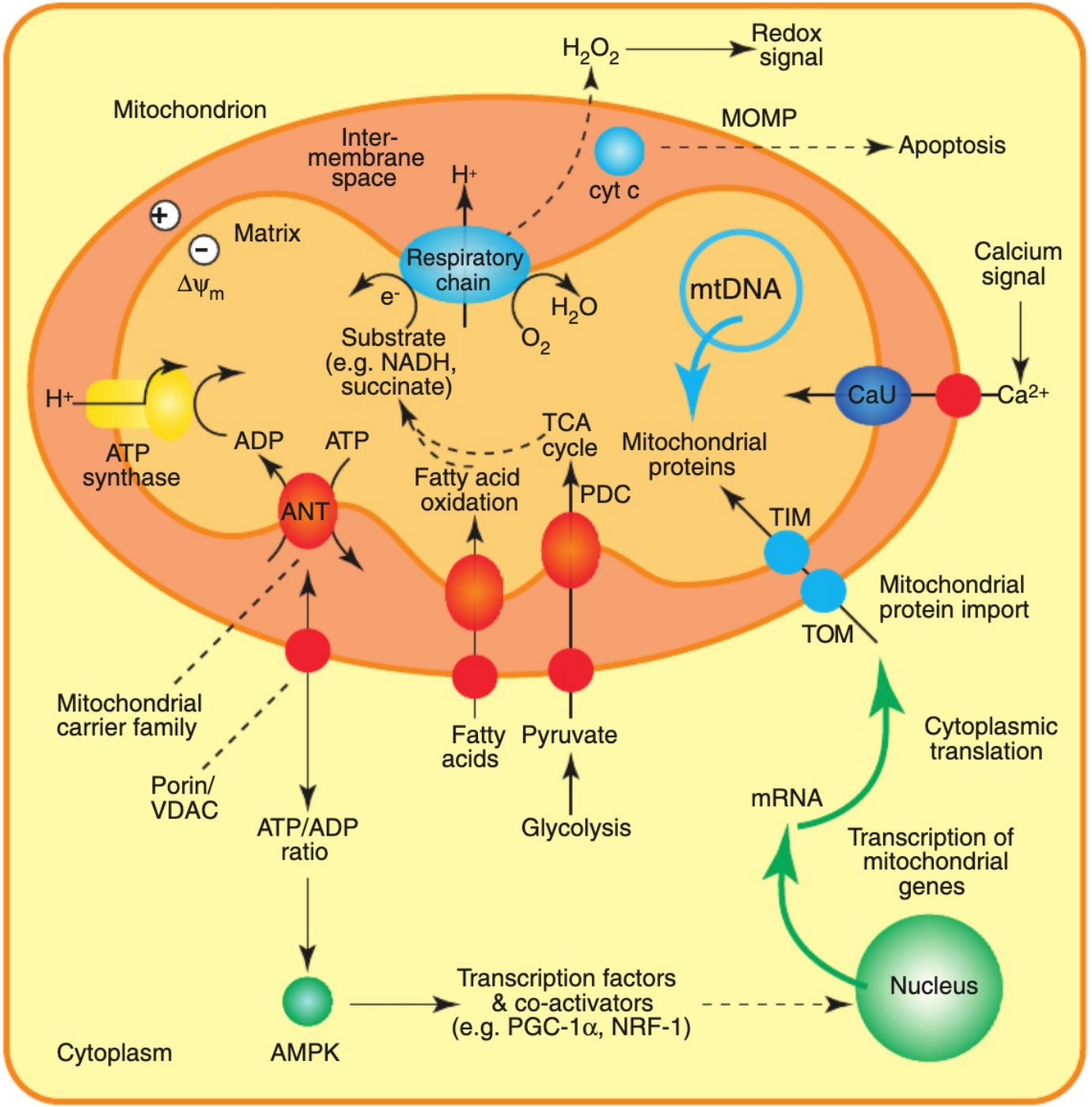


	Complex I	Complex II	ETF:Q oxido-reductase	Complex III	Complex IV	ATP synthase
Total number of subunits	45	4	1	11	13	16
Subunits encoded by mtDNA	7	0	0	1	3	2

Smith 2012

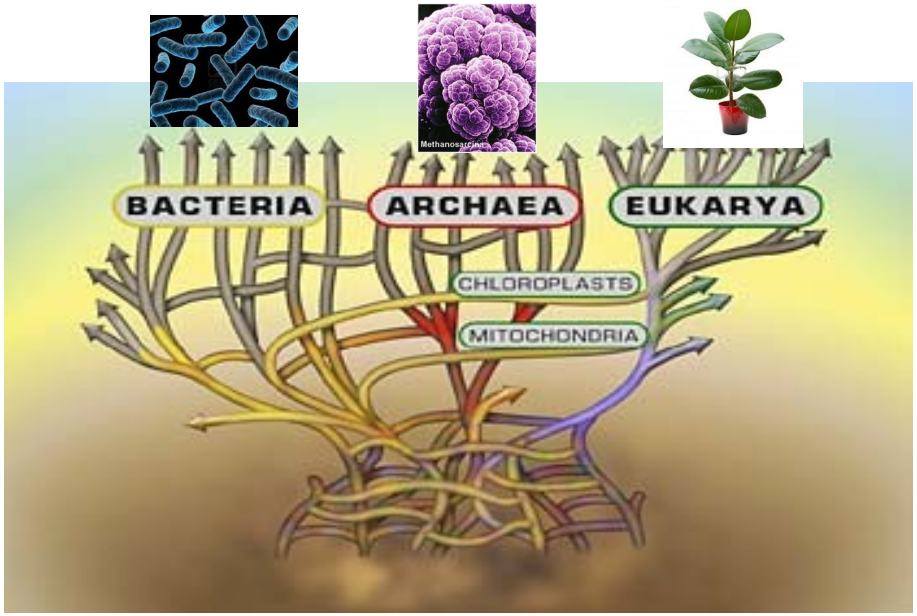
TRENDS in Pharmacological Sciences

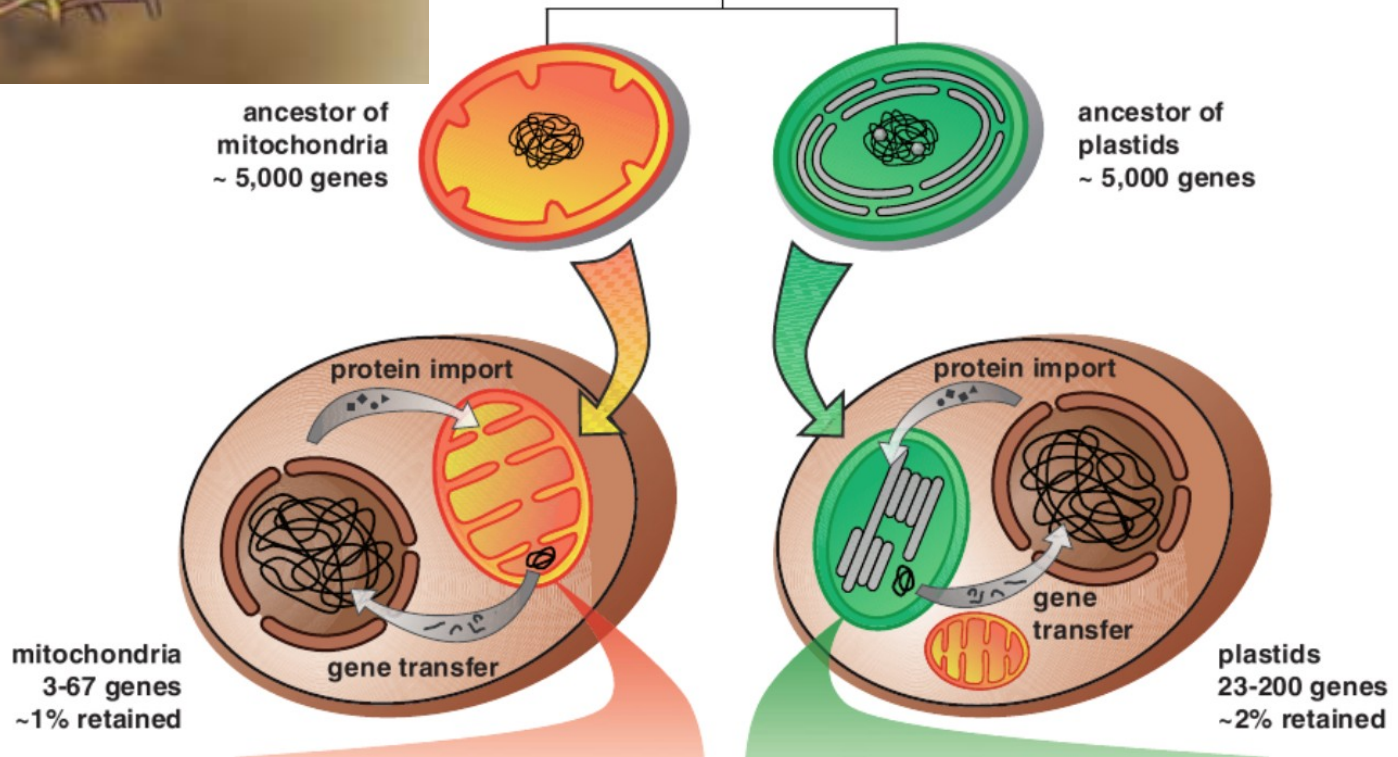
La mitochondrie est le carrefour de nombreuses voies métaboliques



Smith 2012

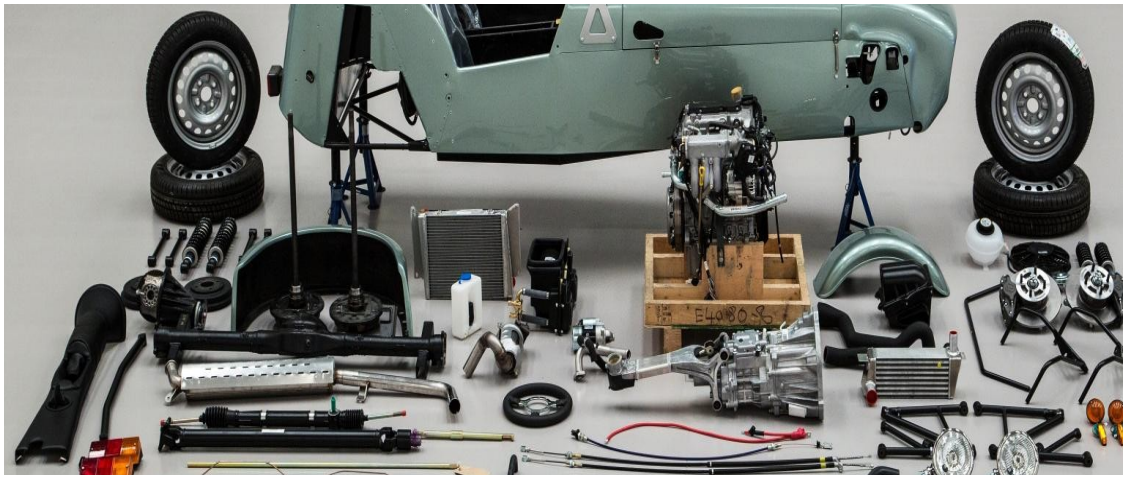
Mitochondries et chloroplastes



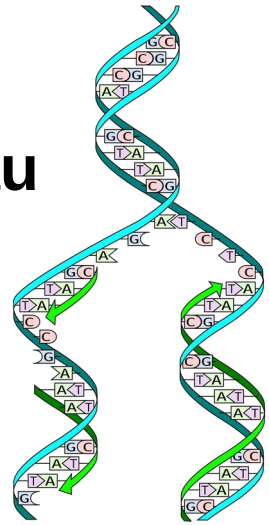


Maier 2013

Un organisme n’est pas le résultat d’un assemblage d’éléments non vivants

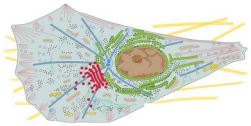
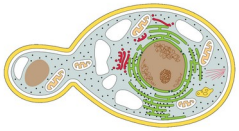
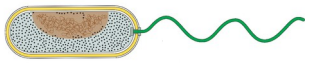
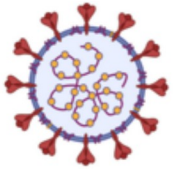


..mais résulte de changements successifs apparus au cours de l’évolution



Orgogozo et al 2015 Frontiers Genetics

Des changements d'échelle importants

1 cm	Mouche	
1 mm	Puce	
50-100 μm	Cellule humaine	
10 μm	Cellule de levure	
1-2 μm	Bactérie *E. coli*	
100 nm	Virus	
10nm	Protéine	

Divisé par 10

Divisé par 10

Divisé par 10

Divisé par 10

Divisé par 10

Divisé par 10

Des individus aux écosystèmes

Facteurs abiotiques

Climatiques

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

Topographiques

Altitude

Du milieu aquatique

Du sol

Facteurs anthropiques

Pollution
Déforestation

Facteurs biotiques

Intraspécifiques

Compétition
Effet de groupe

Interspécifiques

Compétition
Prédation
Parasitisme
Amensalisme
Neutralisme
Commensalisme
Coopération
Symbiose
…

Différents types d'interactions entre espèces

Effet de l'interaction sur :

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

Amensalisme

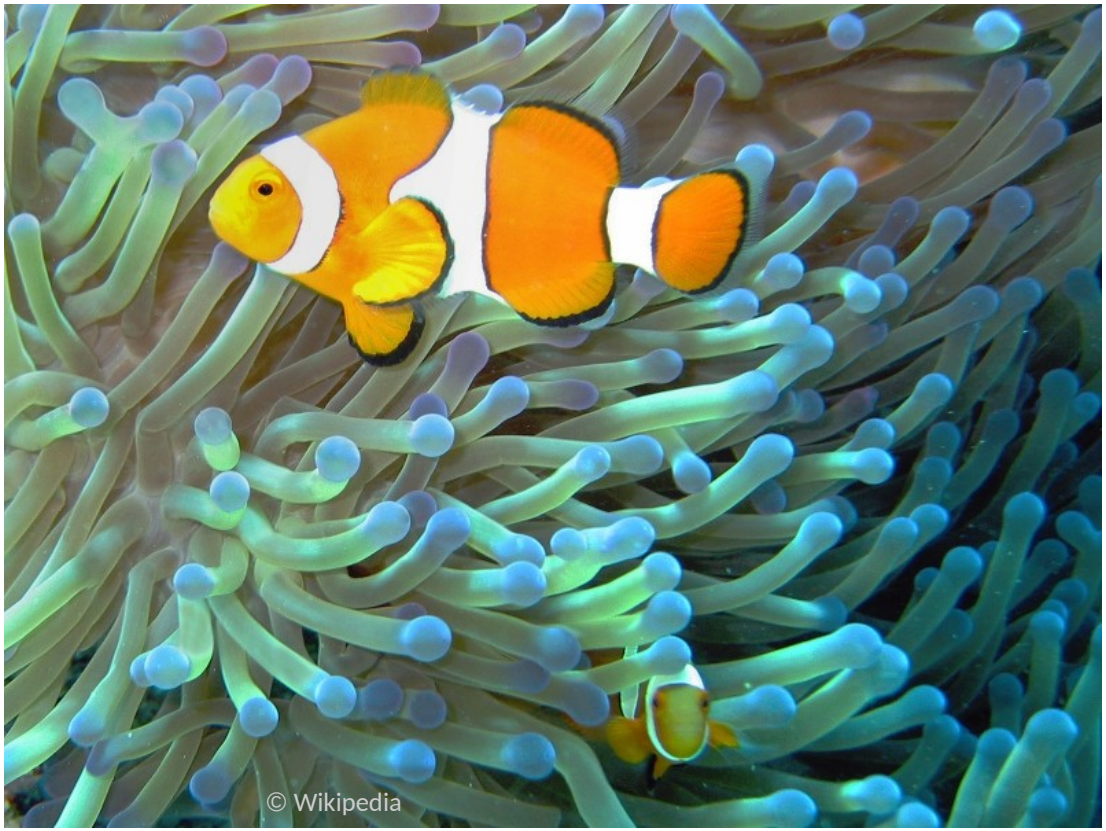
Une espèce indifférente,
l'autre espèce affectée

Coexistence entre arbres et plantes herbacées

© Wikipedia

Symbiose

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

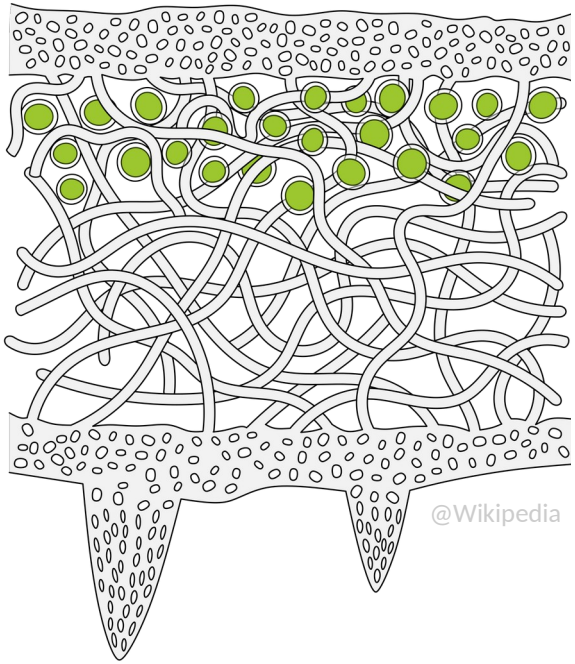


Les lichens

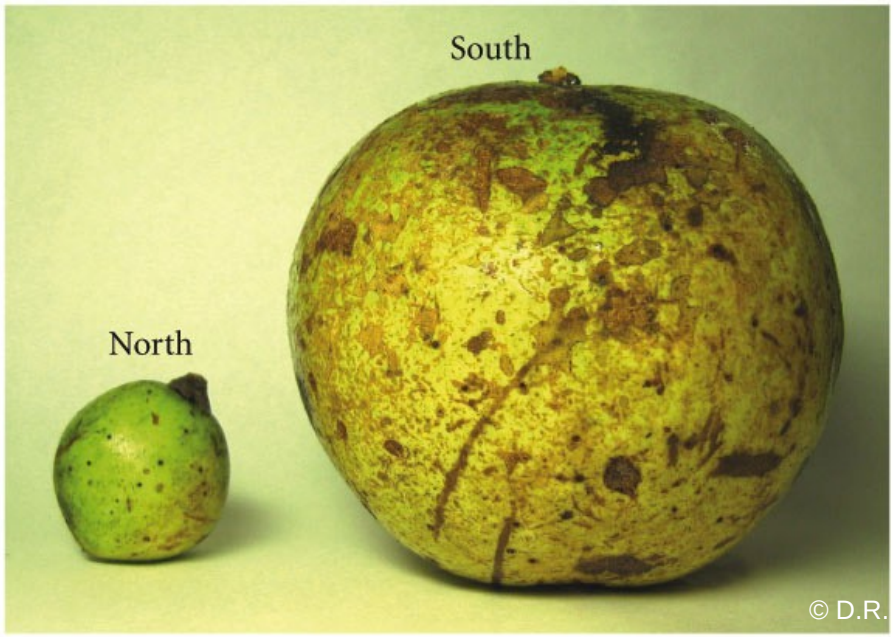
Recouvrent 8% de la surface terrestre.

Algues vertes

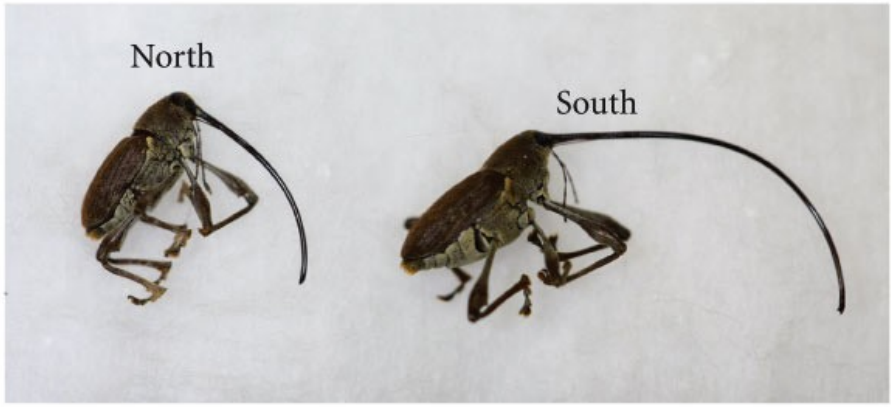
Filaments de champignon



Coévolution plante/herbivore



Insecte mangeur de graines au Japon



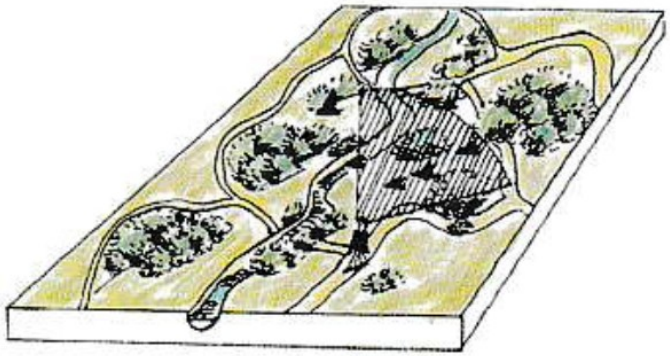
Comptage direct des individus

Pour estimer l'abondance des différentes espèces

Le comptage à vue

La technique des contacts visuels et sonores

Un observateur parcourt un réseau de sentier, il recherche un contact visuel et sonore avec l'espèce dont il veut évaluer l'abondance relative.



Le radeau des cîmes

Comptage direct des individus

Pour estimer l'abondance des différentes espèces

Le recensement des insectes

Le carré de ramassage de 1 m²

Cette technique est intéressante pour prélever les insectes peu mobiles ou fixés aux plantes.

… ou le biocénomètre

Le filet à papillons

Il prélève environ 10 % de la population d'insectes volants.

Méthode de capture-recapture

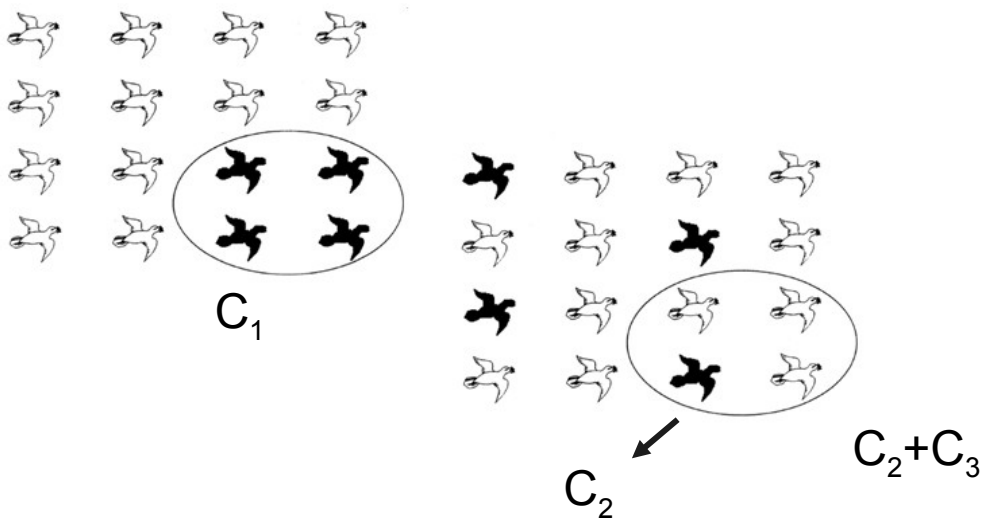
- Lors de la première visite, on capture et marque C_1 individus, relâchés aussitôt.
- Lors de la deuxième visite, on capture C_2+C_3 individus, C_2 étant déjà marqués.

En faisant les hypothèses :

- d'une population fermée entre les deux dates d'échantillonnage
- que la capture et le marquage lors de la première visite n'ont pas modifié significativement la probabilité de capture des individus,

on peut alors écrire :

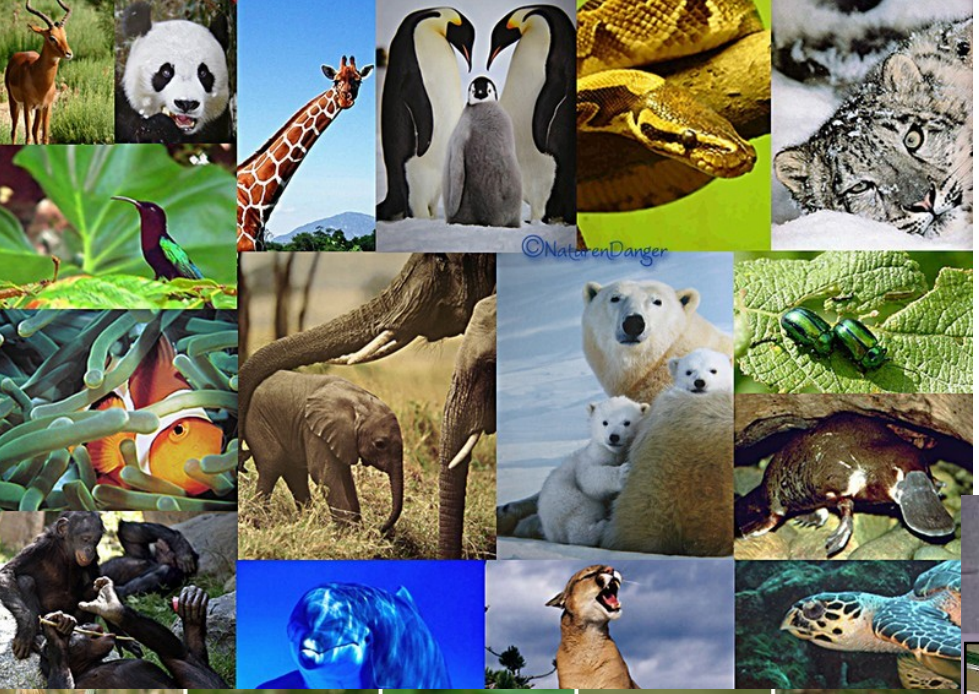
Proportion d'individus marqués= $\frac{C_2}{C_2+C_3} = \frac{C_1}{N}$

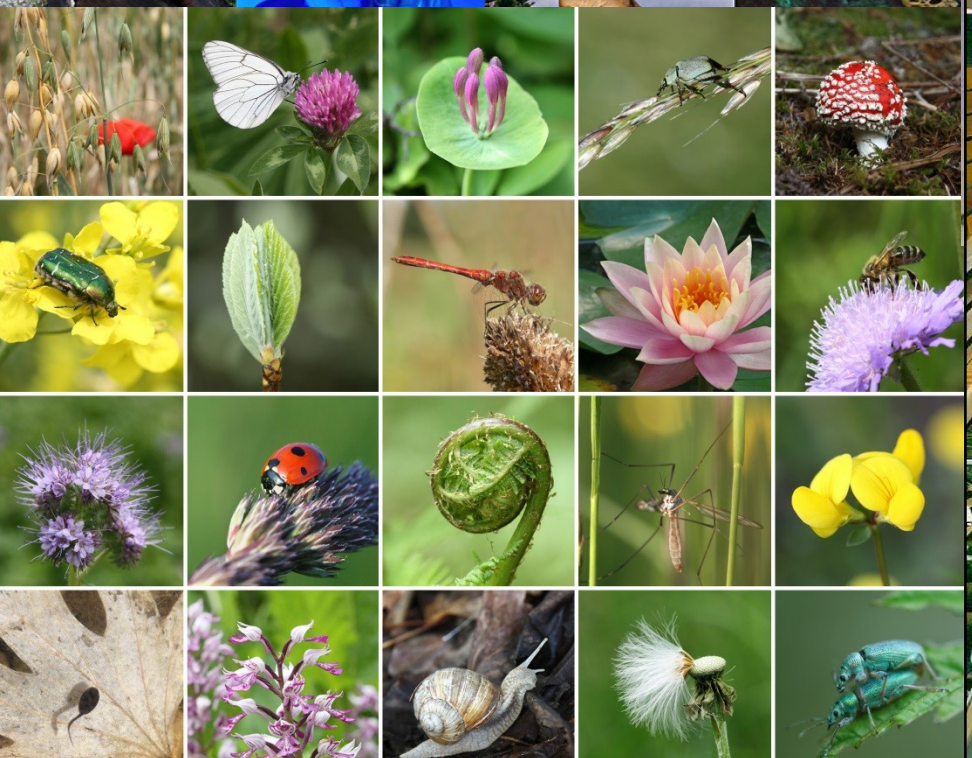


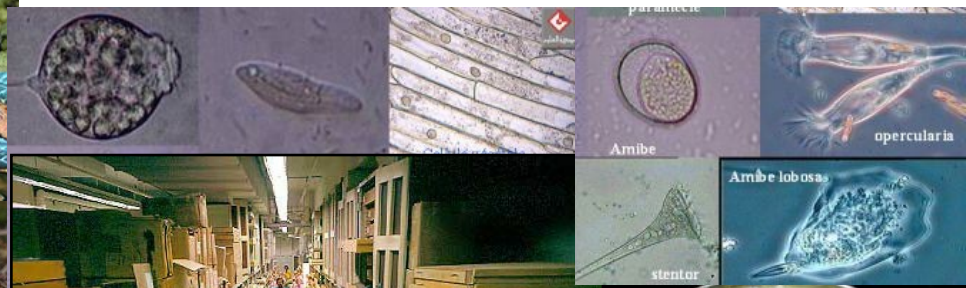
Qu’est-ce que la biodiversité ?

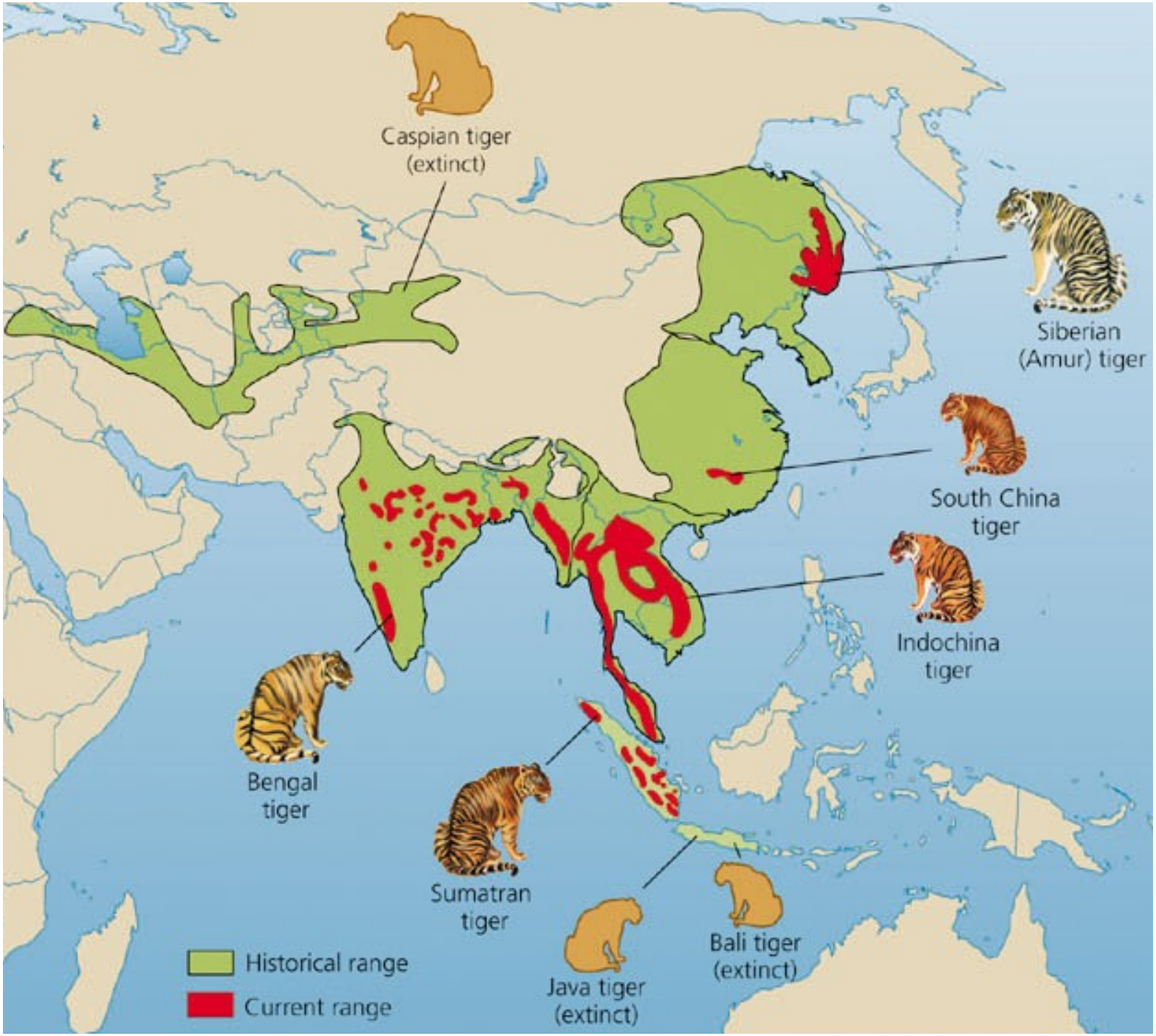
Variété des formes vivantes, à un temps donné et dans une région particulière sur la Terre

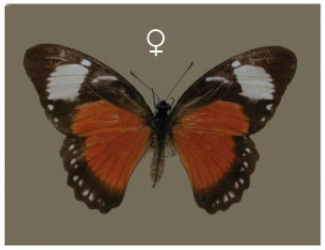
Diversité d'espèces, d'organismes vivants

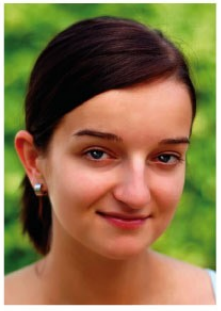







Caspian tiger
(extinct)
Siberian
(Amur) tiger
South China
tiger
Indochina
tiger
Bengal
tiger
Sumatran
tiger
Bali tiger
(extinct)
Java tiger
(extinct)
Historical range
Current range

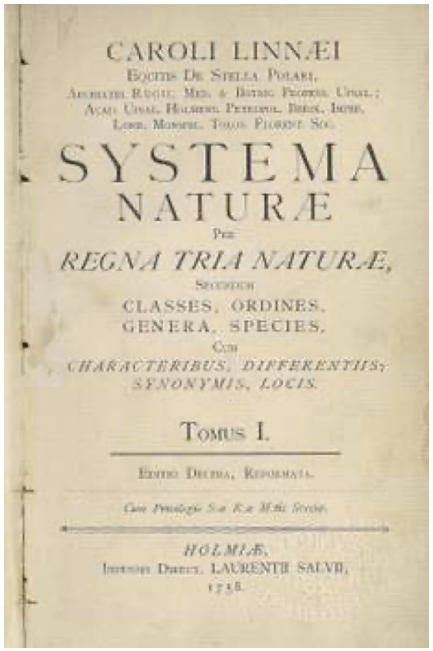




Systématique : discipline faisant partie de la biologie qui a pour objet d'inventorier tous les organismes vivants, existants ou ayant existé.
comprend la phylogénétique et la **taxonomie,** qui a pour objet de classer les organismes vivants en catégories hiérarchisées appelées **taxons** et de les identifier

Nomenclature binomiale

Carolus Linnaeus (1758)


CAROLI LINNÆI
EQUITIS DE STELLA POLARI,
SYSTEMA NATURÆ
PER
REGNA TRIA NATURÆ,
SECUNDUM
CLASSES, ORDINES, GENERA, SPECIES,
CUM
CHARACTERIBUS, DIFFERENTIIS, SYNONYMIS, LOCIS.
TOMUS I.
EDITIO DECIMA, REFORMATA.
HOLMIÆ,
IMPENSIS DIRECT. LAURENTII SALVII,
1758.

Règne : animal
Embranchement : Chordés
Sous-embranchement : Vertébrés
Classe : Mammifères
Ordre : Primates
Famille : Hominidés
Sous-famille : Homininés
Genre : Homo
Espèce : *Homo sapiens*

3 niveaux de biodiversité

Intraspécifique
Spécifique
Ecosystémique

Différentes mesures de la biodiversité

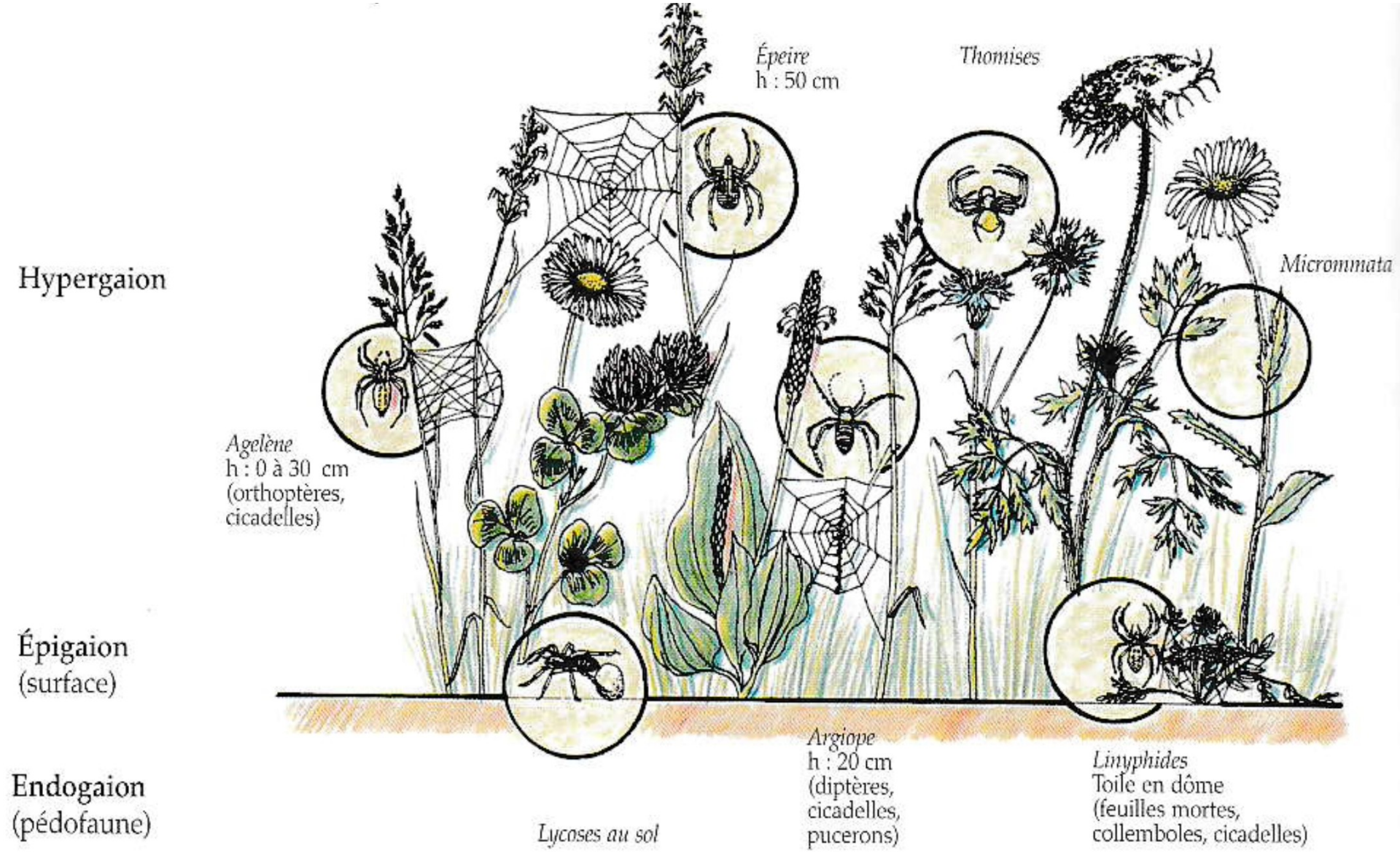
Nombre d'espèces
Nombre d'individus
Biomasse
Nombre de familles, de genres, etc.
Nombre de niches écologiques
Nombre de niveaux trophiques

par Comptage/Extrapolation

Niches écologiques

Oiseaux limicoles du parc régional de Camargue

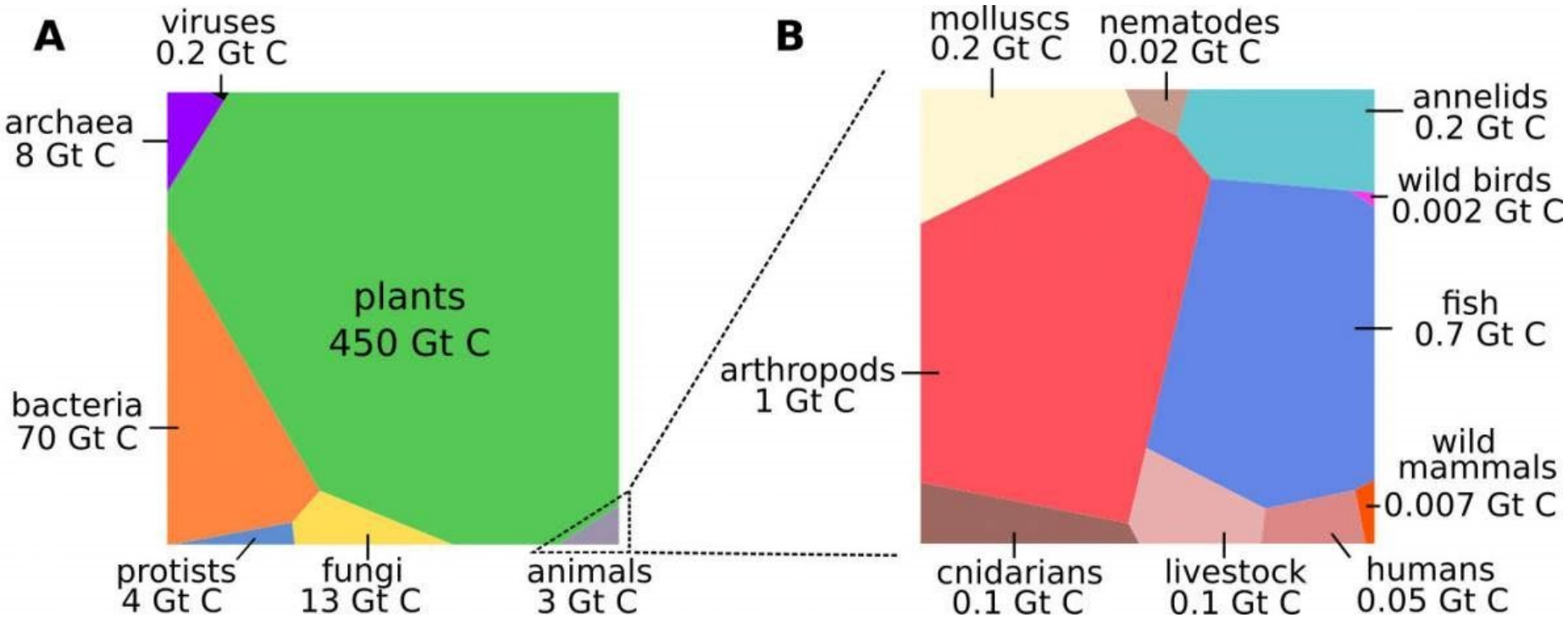
Araignées prédatrices dans les prairies



Quel groupe a la plus grande biomasse sur Terre ?

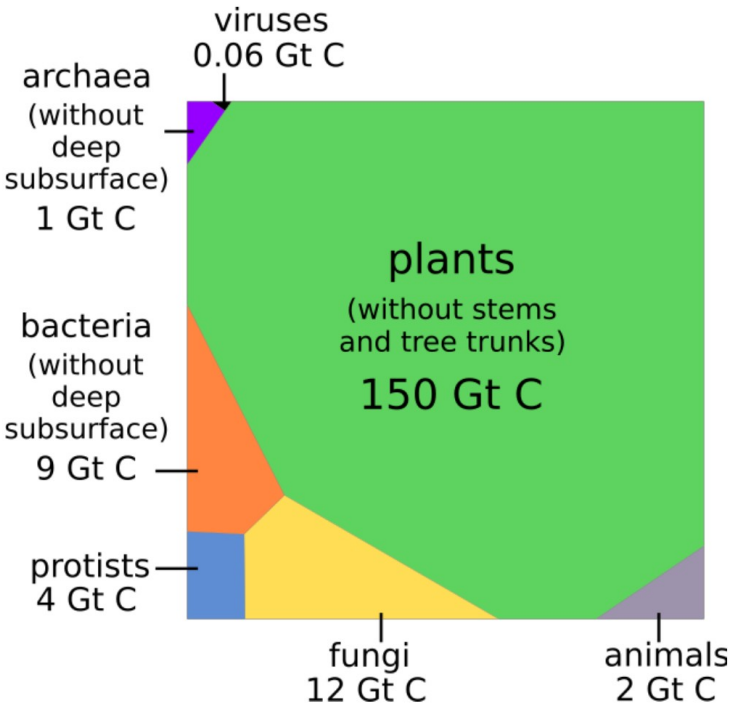
- ☐ **Insectes**
- ☐ **Virus**
- ☐ **Bactéries**
- ☐ **Plantes vertes**

Distribution de la biomasse sur la Terre

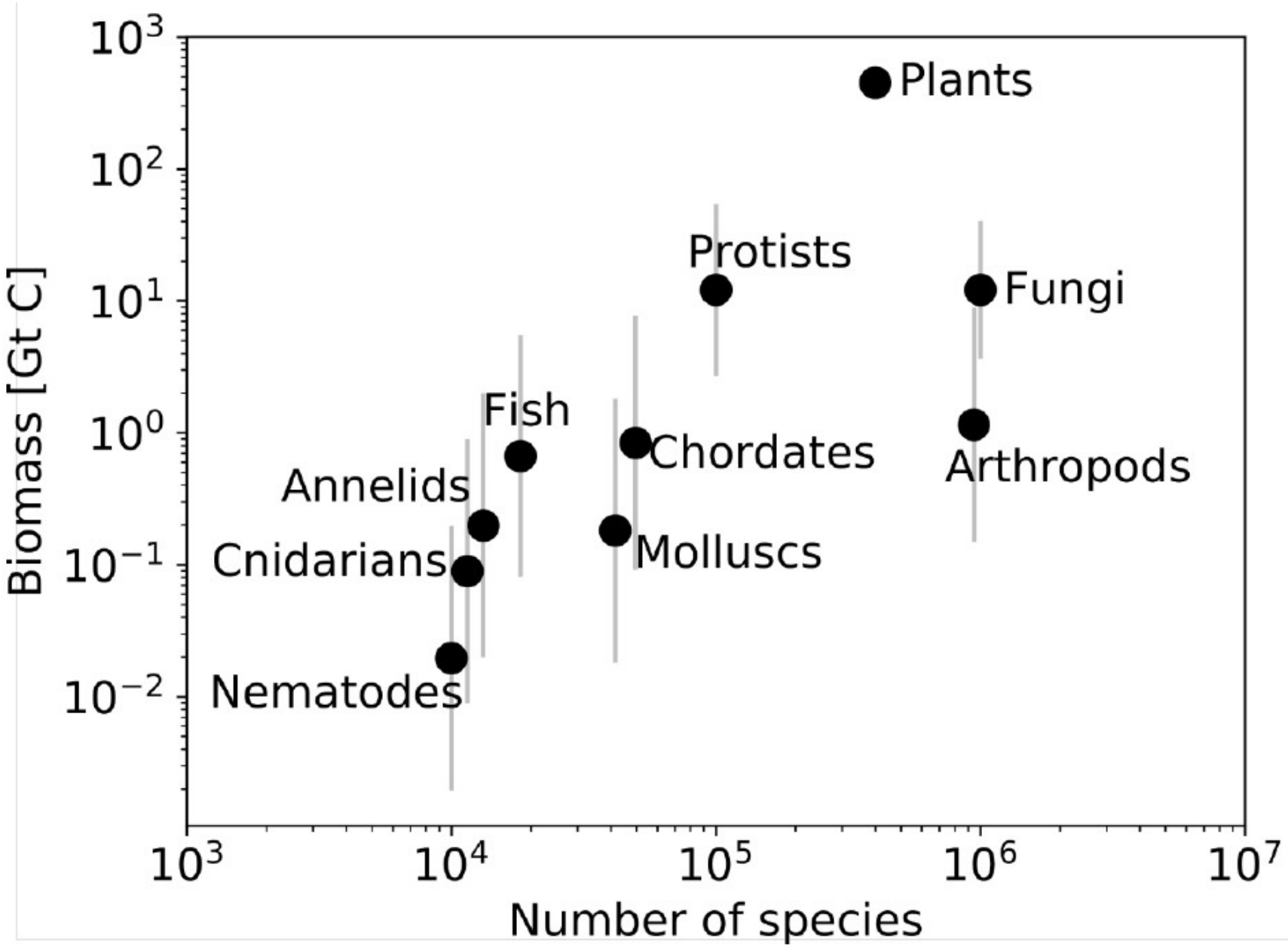


Bar-On 2018 PNAS

Plantes vertes prédominantes même sans compter les troncs et tiges



Bar-On 2018 PNAS

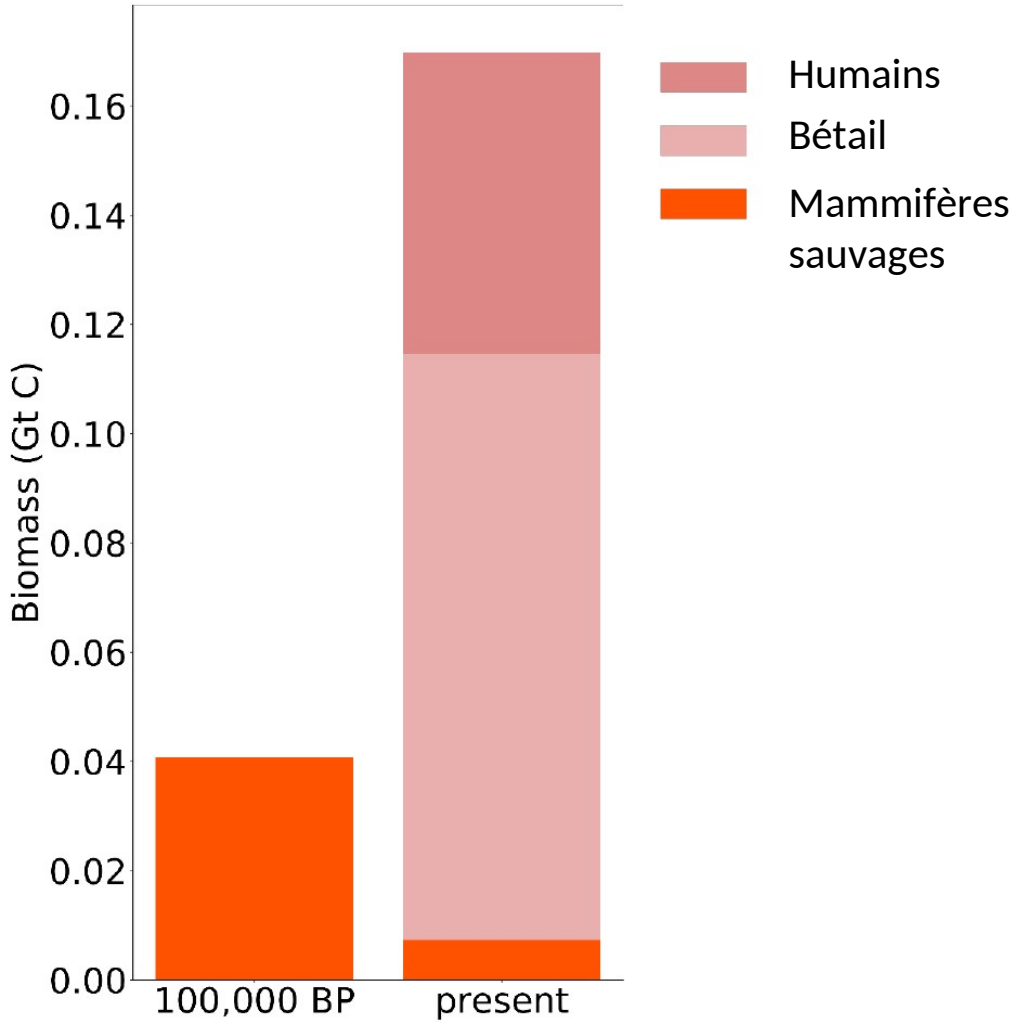


Bar-On 2018 PNAS

Quel groupe a la biomasse la plus importante ?

□ **humains**

□ **bétail (vaches, porcs, moutons, etc.)**

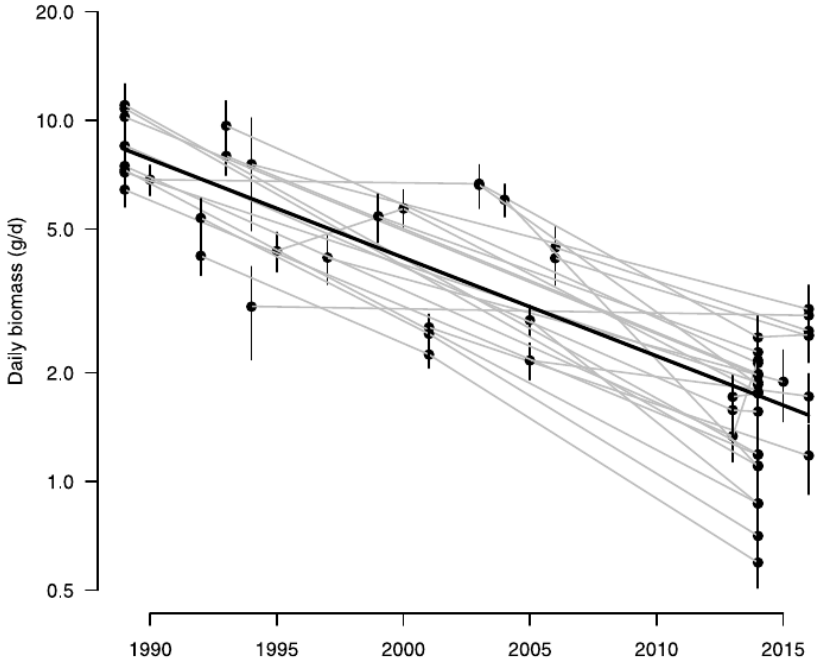


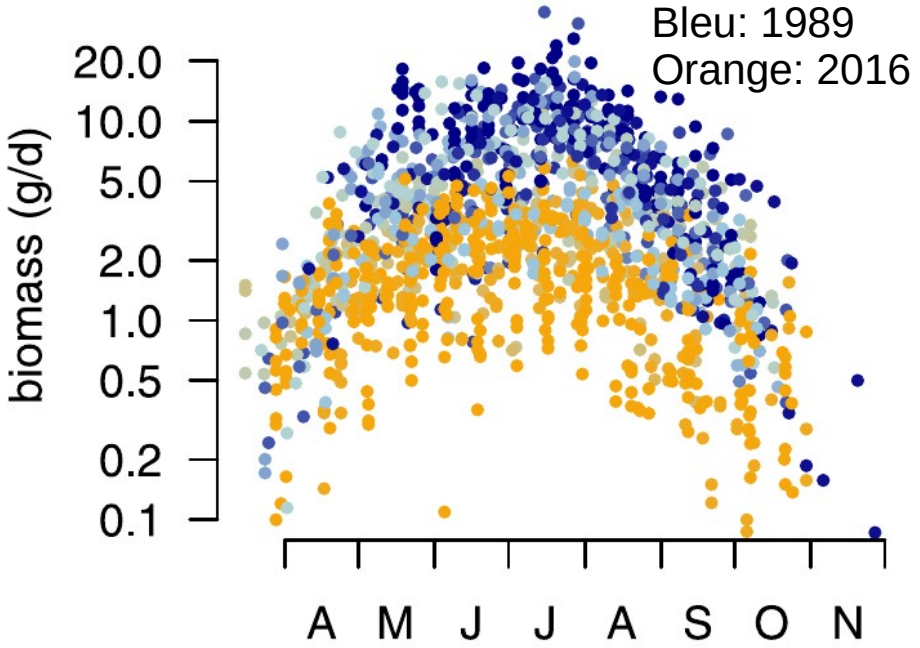
Bar-On 2018 PNAS

Le déclin de la biodiversité

En 27 ans : perte de 75% de la biomasse des insectes volants

Piège Malaise
96 échantillonnages uniques par lieu et par an en Allemagne de 1989 à 2016
~50 kg d'insectes collectés





Hallmann 2017

Trouver les causes de ce déclin

Déclin = évident tout au long de la saison de croissance indépendamment du type d'habitat ou de la configuration du paysage.

Analyse de différents paramètres : climat (T, précipitations, jours de gel, lumière...), habitat (plantes, pH...), utilisation du sol.

Température : augmentation de 0,5ºC, devrait conduire à une augmentation de la biomasse des insectes.

Utilisation des pesticides non testée.

Hallmann 2017

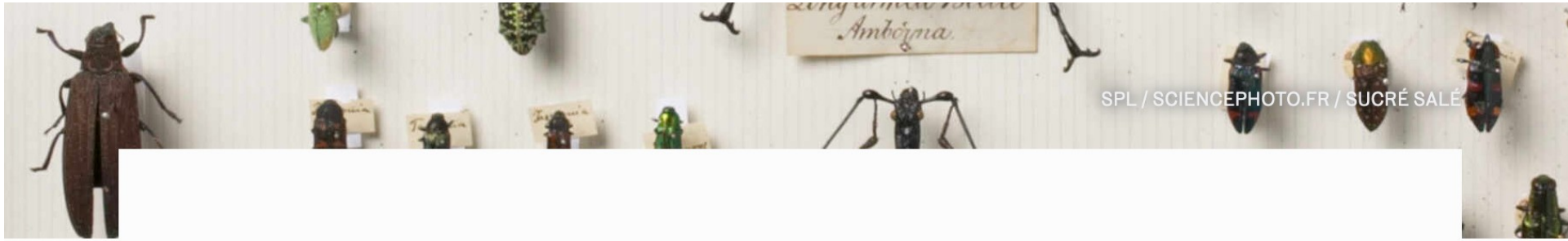
avril 2020

INSECT POPULATIONS

Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances

Roel van Klink[1,2,3*], Diana E. Bowler[1,4,5], Konstantin B. Gongalsky[6,7], Ann B. Swengel[8], Alessandro Gentile[1], Jonathan M. Chase[1,9]

Recent case studies showing substantial declines of insect abundances have raised alarm, but how widespread such patterns are remains unclear. We compiled data from 166 long-term surveys of insect assemblages across 1676 sites to investigate trends in insect abundances over time. Overall, we found considerable variation in trends even among adjacent sites but an average decline of terrestrial insect abundance by ~9% per decade and an increase of freshwater insect abundance by ~11% per decade. Both patterns were largely driven by strong trends in North America and some European regions. We found some associations with potential drivers (e.g., land-use drivers), and trends in protected areas tended to be weaker. Our findings provide a more nuanced view of spatiotemporal patterns of insect abundance trends than previously suggested.



SPL / SCIENCEPHOTO.FR / SUCRÉ SALÉ

Vive controverse autour du déclin des insectes

Par Stéphane Foucart

Publié le 18 janvier 2021 à 18h00 - Mis à jour le 19 janvier 2021 à 07h03

Réservé à nos abonnés

Favoris

Partage

ENQUÊTE | **Une étude récemment publiée dans la revue « Science », qui relativise le rythme de disparition des insectes et qui passe désormais pour une référence, suscite des critiques méthodologiques sévères, auxquelles les auteurs ne répondent que partiellement.**

Diverses objections

Un tiers des 166 études visaient à évaluer l'effet d'une perturbation spécifique (création d'une mare artificielle, fin d'utilisation d'un insecticide, etc.)

27 des 63 études utilisées pour évaluer l'abondance des insectes aquatiques portent en réalité sur des assemblages d'invertébrés qui comprennent des insectes, mais aussi des mollusques, des vers ou des crustacés

The authors have rerun all models presented in the original paper with the corrected data and found that none of the major qualitative conclusions of the paper changed. The quantitative estimates have changed somewhat, however: The average decline for terrestrial insects across all data are now −1.11% per year (−10.56% per decade) and the increase for freshwater insects is now +1.16% per year (+12.24% per decade), both well within the 95% credible intervals of the previous estimates. In the geographic analysis, Europe now shows weak evidence for a decline of

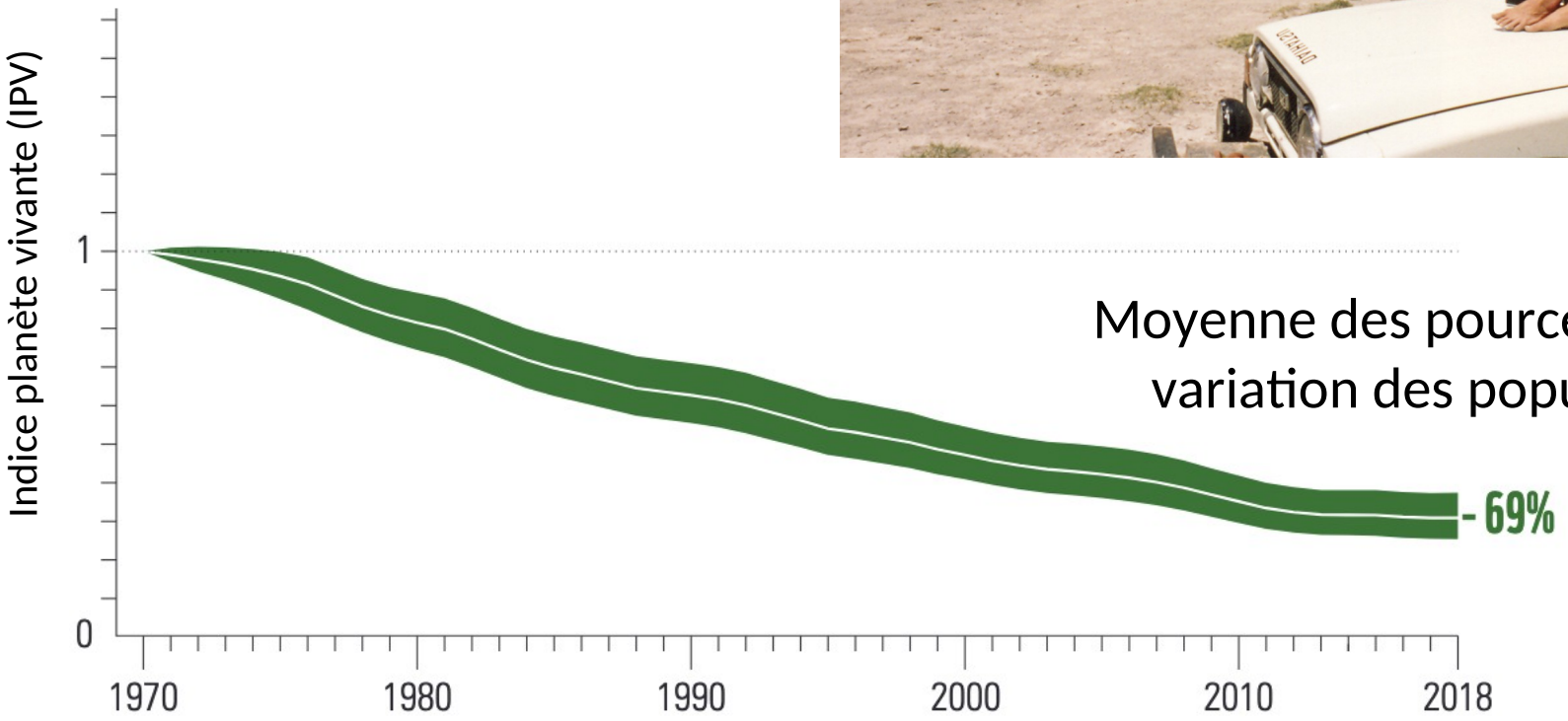
Perte des insectes

Etude participative
Diminution de 58% du nombre d'insectes
sur les plaques d'immatriculationau Royaume-Uni
entre 2004 et 2021

Ball et al. 2021

Perte des Vertébrés

Abondance de plus de 31 000 populations de mammifères, oiseaux, poissons, reptiles et amphibiens dans le monde

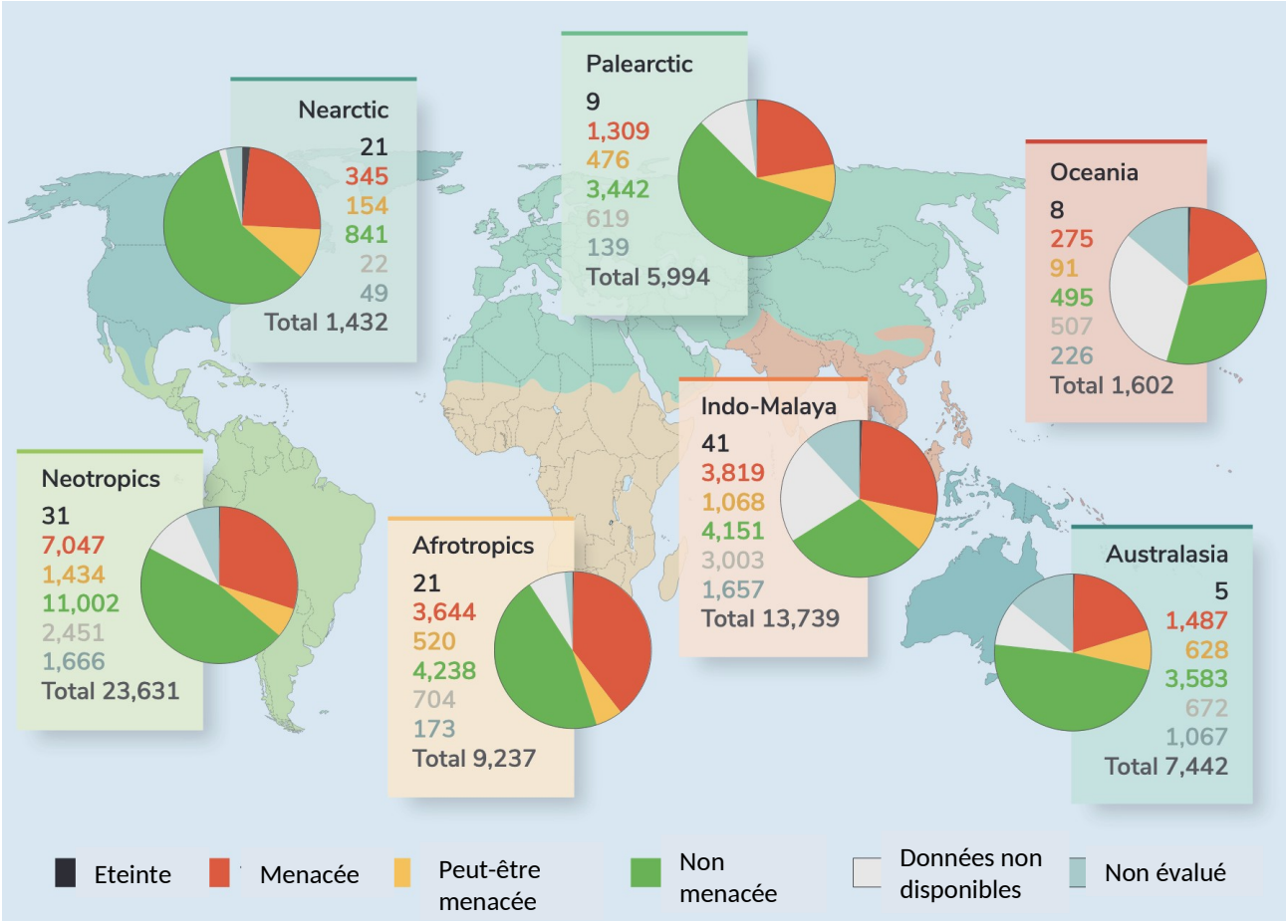


Moyenne des pourcentages de variation des populations

https://www.livingplanetindex.org/documents/LPR_2022_TechnicalSupplement_DeepDiveLPI.pdf

Perte des arbres

Nombre d'espèces d'arbres
(58 500 espèces au total)

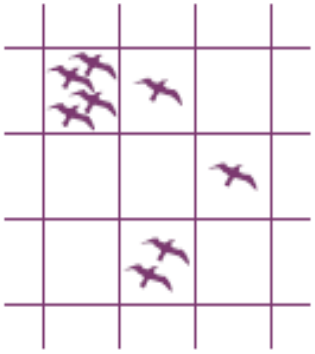


State of the World's Trees – Sept 2021

DIFFÉRENTS INDICATEURS, MÊME CONCLUSION

ABONDANCE

COMPOSITION



RÉPARTITION

RISQUE D'EXTINCTION

Les menaces sur la biodiversité

Érosion de la biodiversité, 5 causes

Destruction des habitats

Surexploitation des ressources

+ 50% de l'impact total

Changement climatique

Pollution de l'eau, de l'air et des sols

Espèces envahissantes

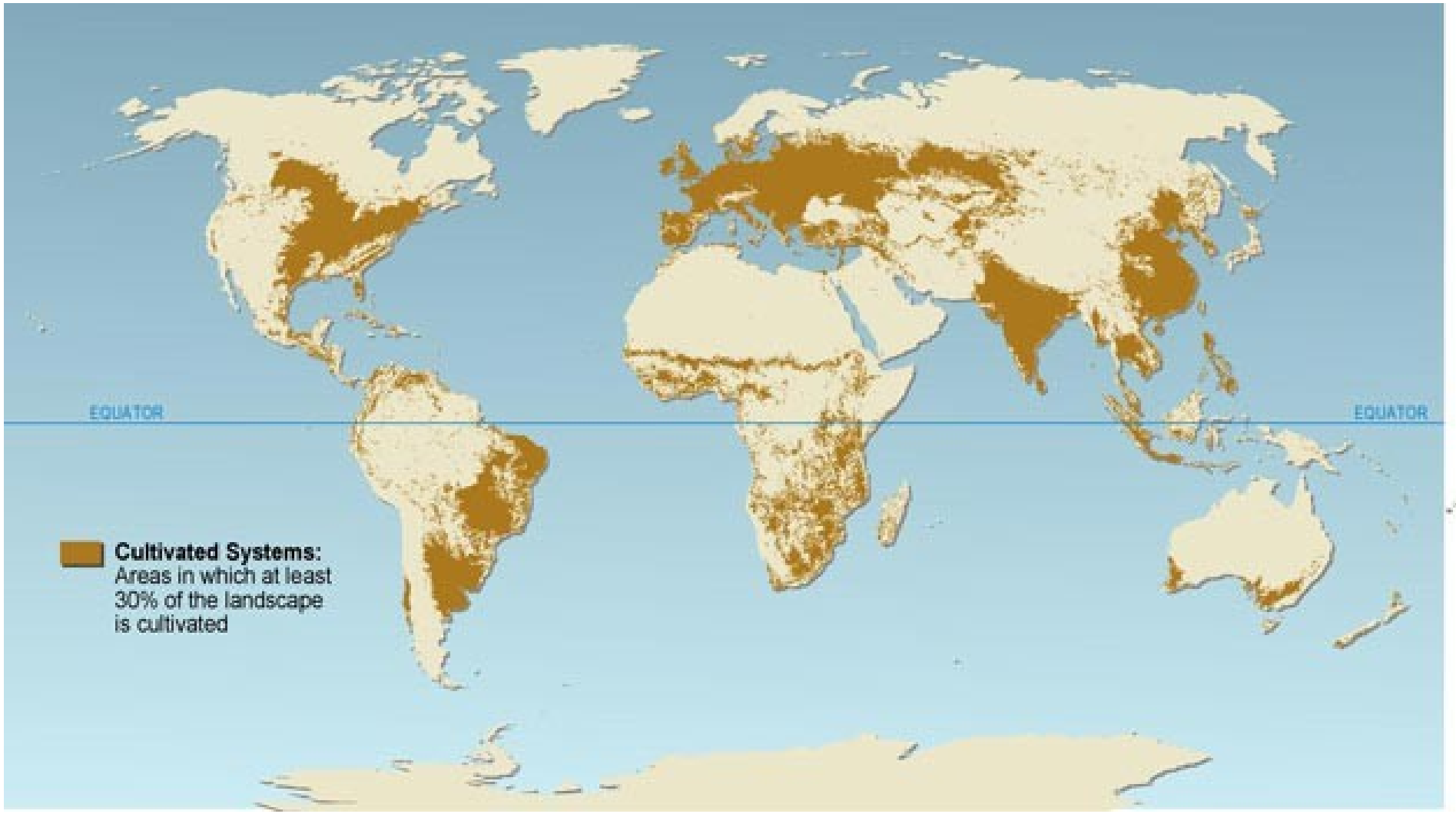
https://biosena.univ-lr.fr/

Principaux facteurs menaçant la biodiversité

1) Transformation des habitats
(ex. transformation des forêts en terres de culture)

Ecosystèmes terrestres

Conversion en terres cultivables

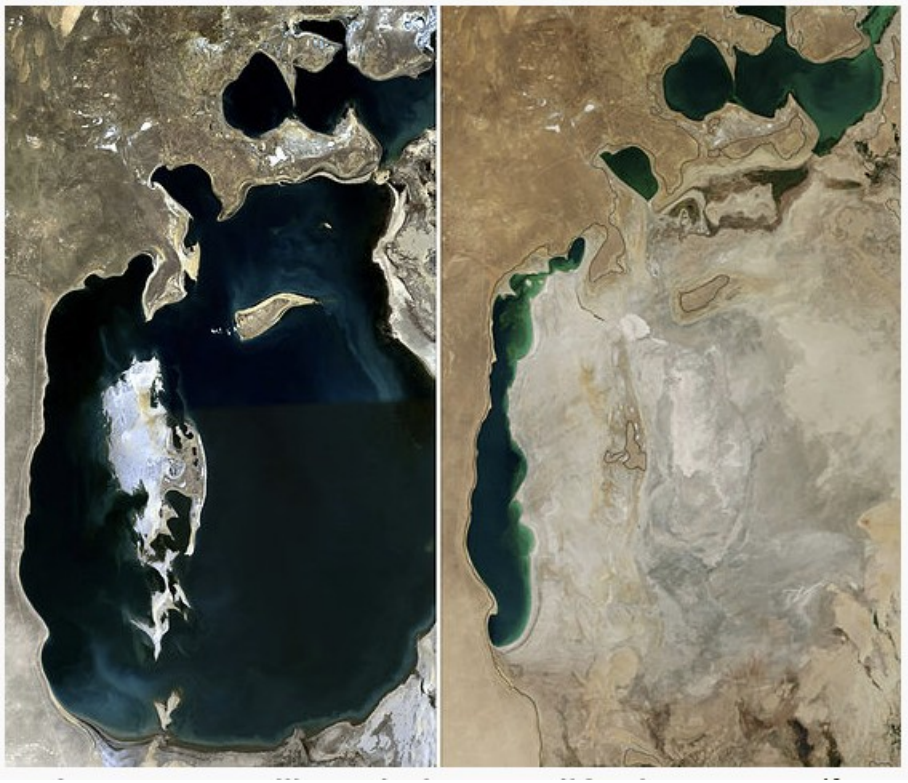


24% de la surface terrestre convertie en terres cultivables

Ecosystèmes d'eau douce

Construction de grands barrages et de canaux, pollution…

Mer d'Aral (anciennement 4ème plus grand lac du monde)



1989 2014

Depuis 1900, 50% des zones humides du monde ont disparu

Principaux facteurs menaçant la biodiversité

2) Surexploitation des ressources naturelles (poisson, bois)

Forêt tropicale en Amérique centrale

Ecosystèmes marins

La pêche est la principale pression humaine directe…

Menace de disparition totale des stocks de poissons en 2050

Disparition des coraux…

Principaux facteurs menaçant la biodiversité

3) Espèces envahissantes

- **Serpent** (*Boiga irregularis*): introduit dans l'île de Guam, il a fait disparaître 10 espèces endémiques d'oiseaux en 15 ans

- Introductions de **rats** en Nouvelle Zélande à l'origine de l'extinction d'oiseaux

- Introduction de la **perche** du Nil dans le lac Victoria en 1960 induit la disparition de 200 espèces de *Cichlidae*

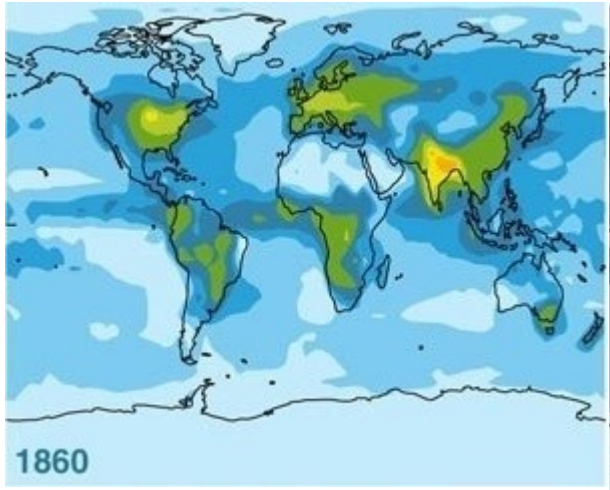
- L'**algue** *Caulerpa taxifolia* en méditerranée

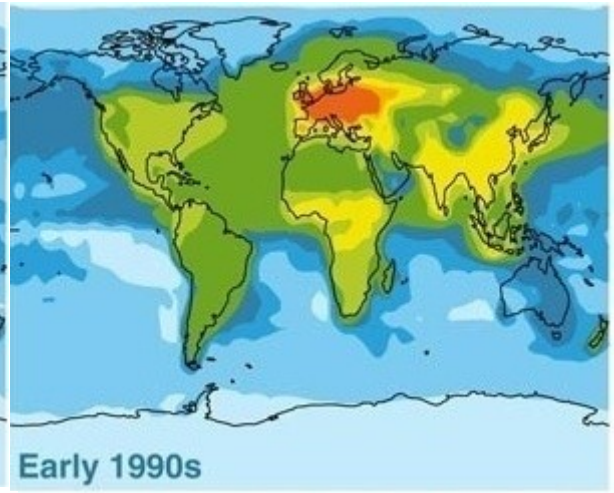
Principaux facteurs menaçant la biodiversité

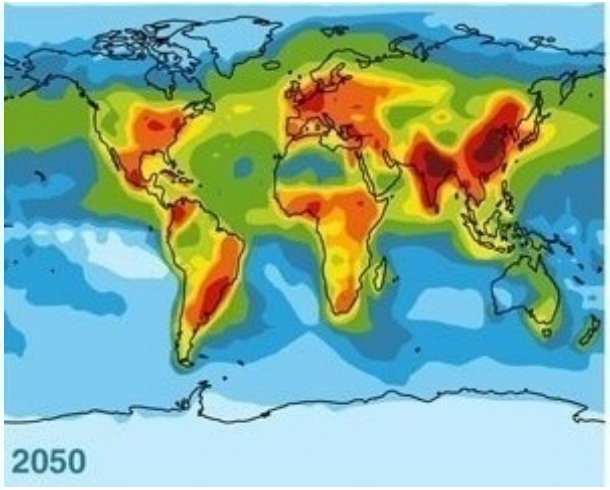
4) Pollution

Pollution lumineuse

Eutrophisation







Estimated total reactive nitrogen deposition from the a
milligrams of nitrogen per square meter per year

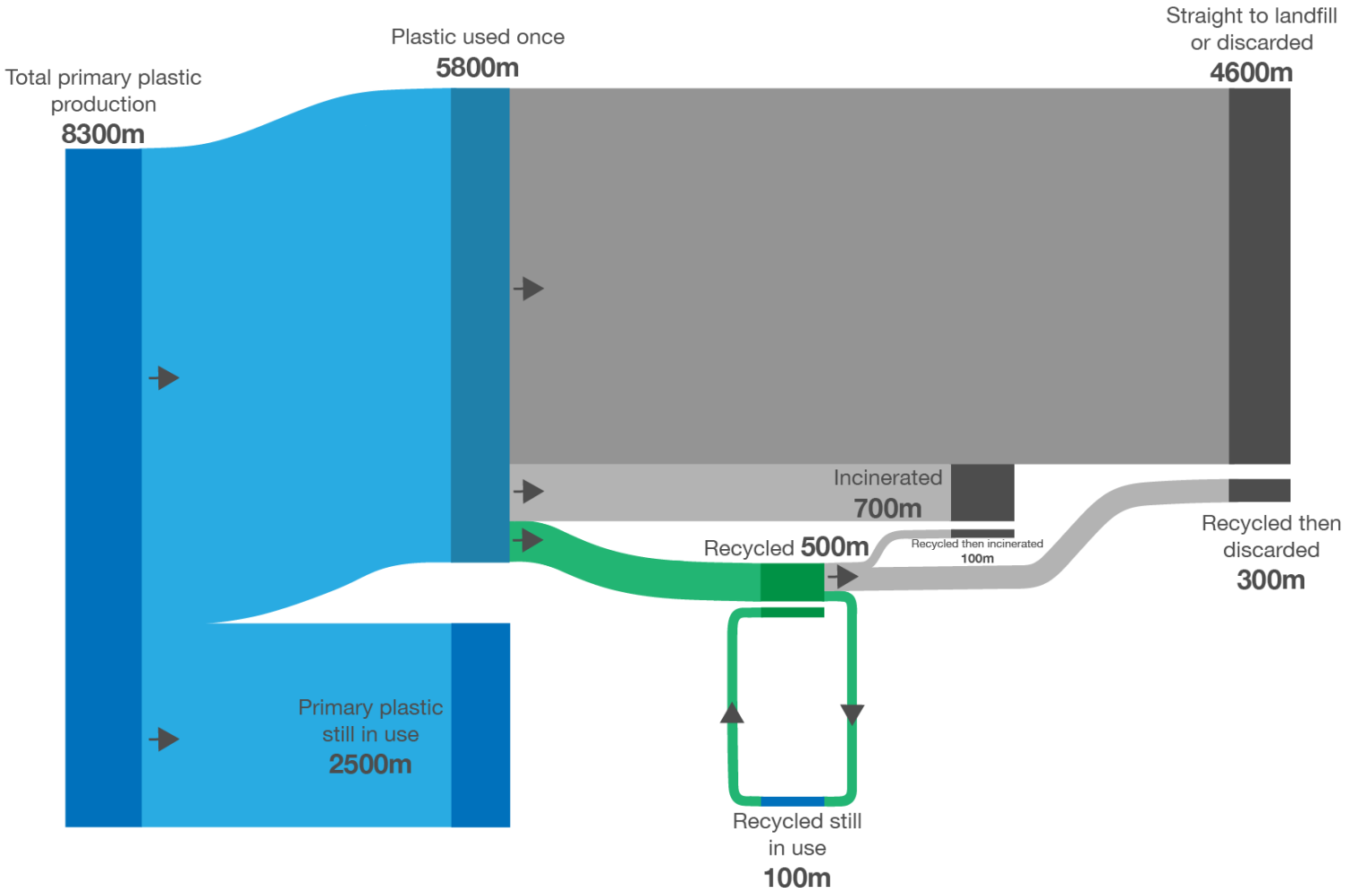
Global plastic production and its fate (1950-2015)

Our World in Data

Global production of polymer resins, synthetic fibres and additives, and its journey through to its ultimate fate (still in use, recycled, incinerated or discarded).
Figures below represent the cumulative mass of plastics over the period 1950-2015, measured in million tonnes.

Balance of plastic production and fate (m = million tonnes)

8300m produced → 4900m discarded + 800m incinerated + 2600m still in use (100m of recycled plastic)



Source: based on Geyer et al. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made.

This is a visualization from OurWorldinData.org, where you find data and research on how the world is changing. Licensed under CC-BY-SA by Hannah Ritchie and Max Roser (2018).

Principaux facteurs menaçant la biodiversité

5) Changement climatique

Montée niveau des océans

Acidification des océans

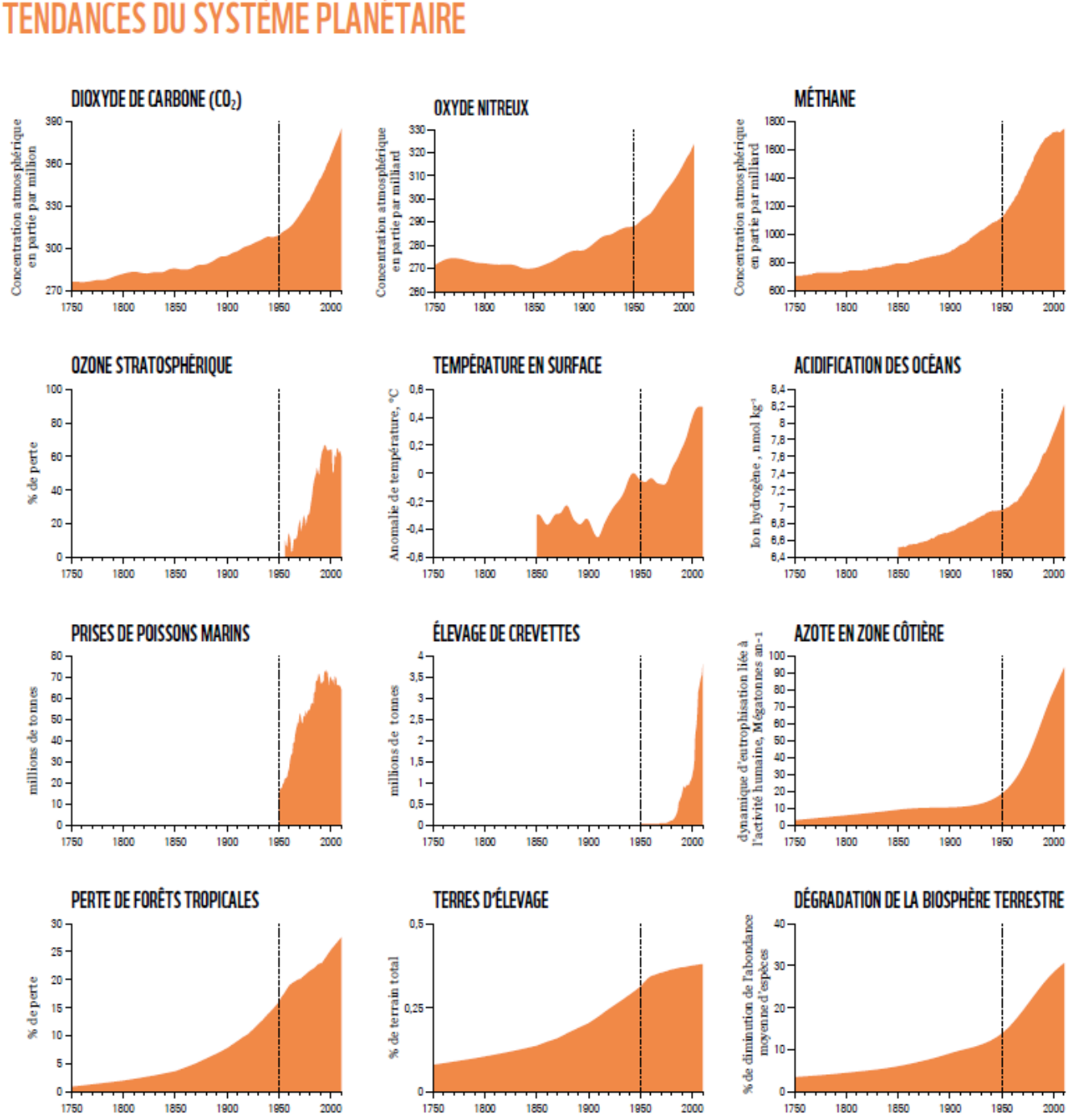
Sécheresse

Migration de ravageurs, pathogènes

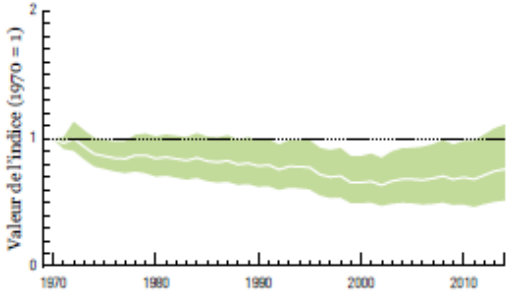
Incendies

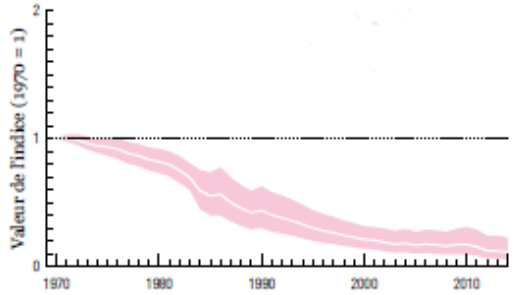
Perturbation des comportements (ponte, migration)

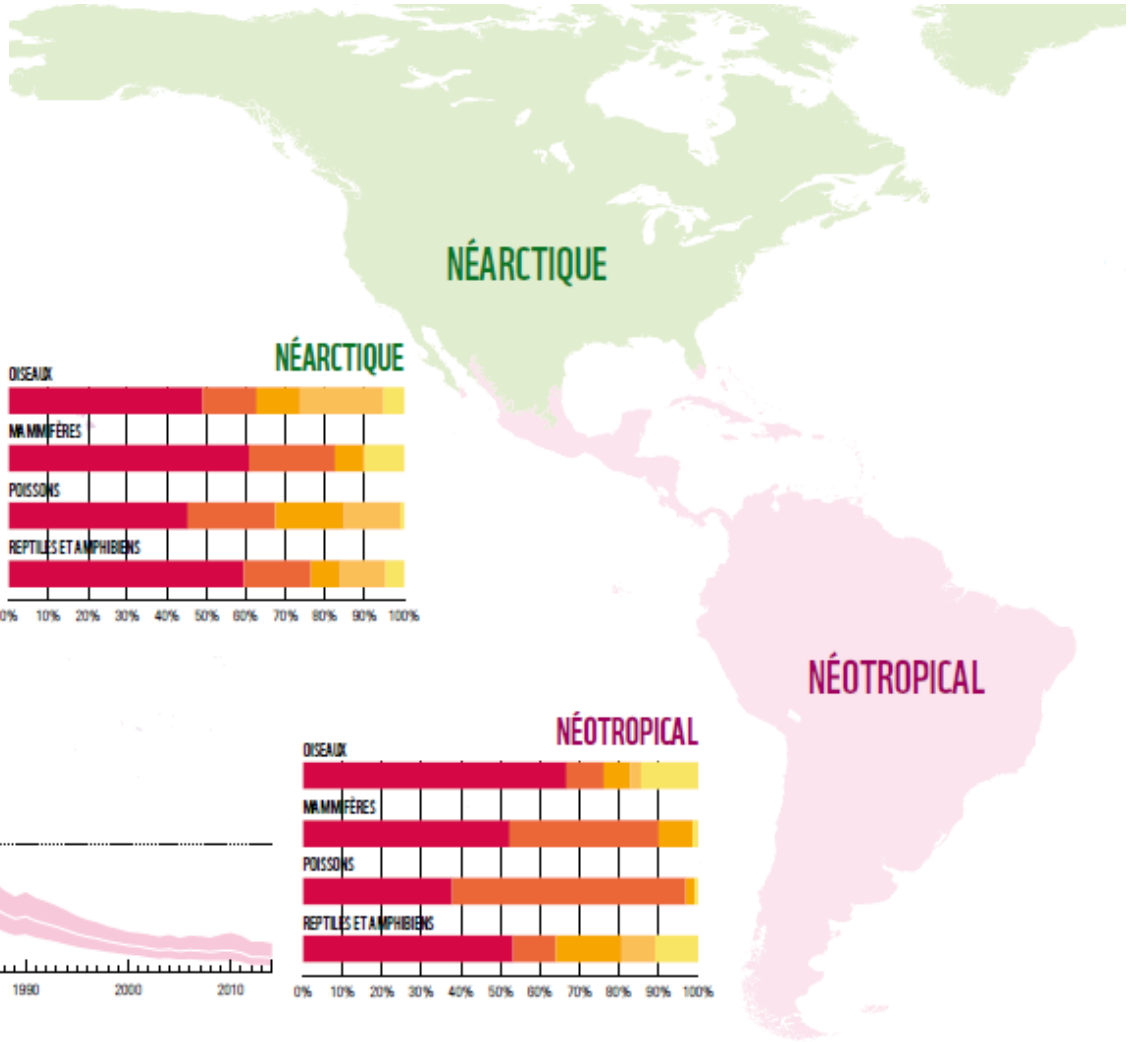
Tendances à la hausse des diverses menaces

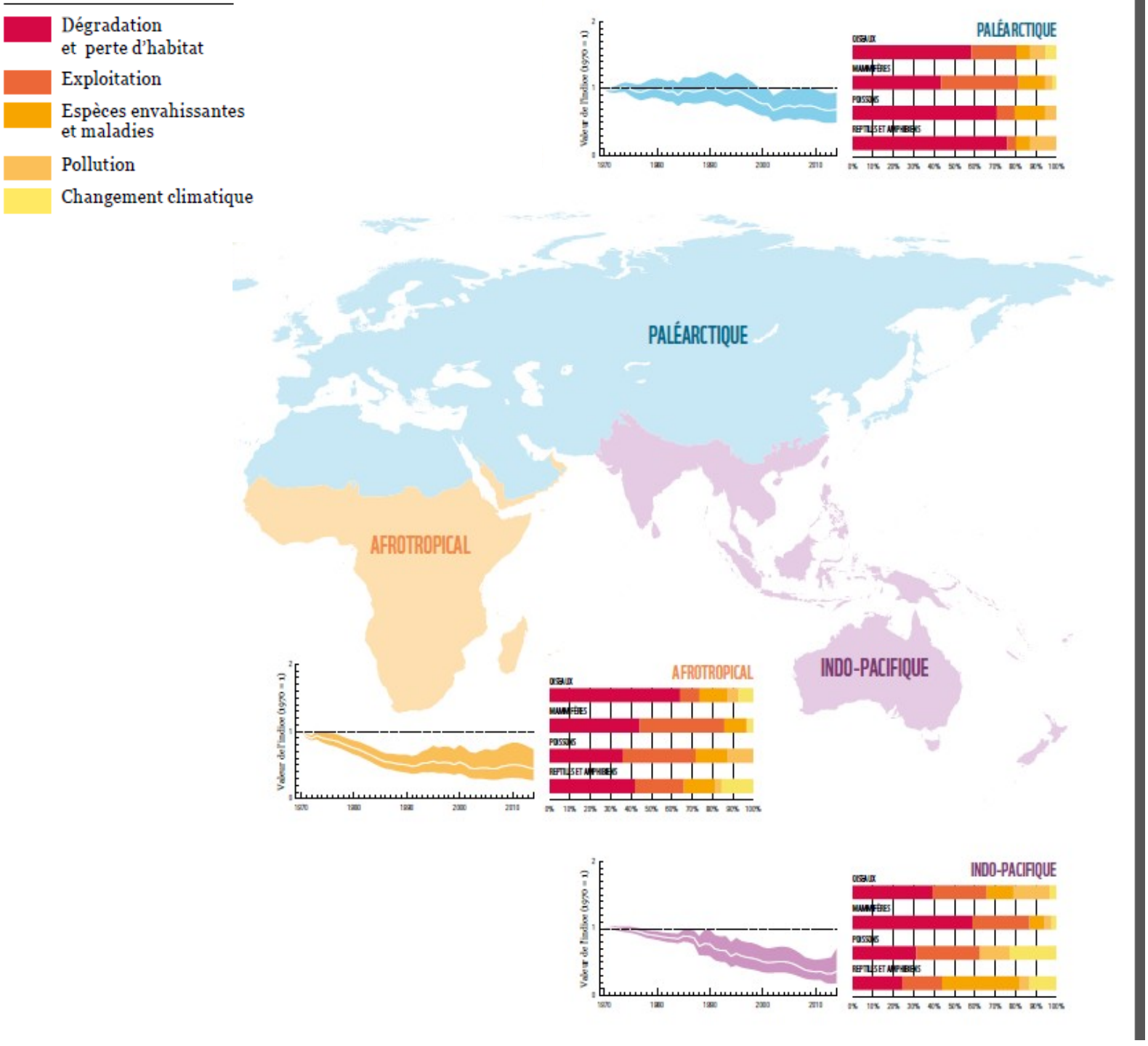


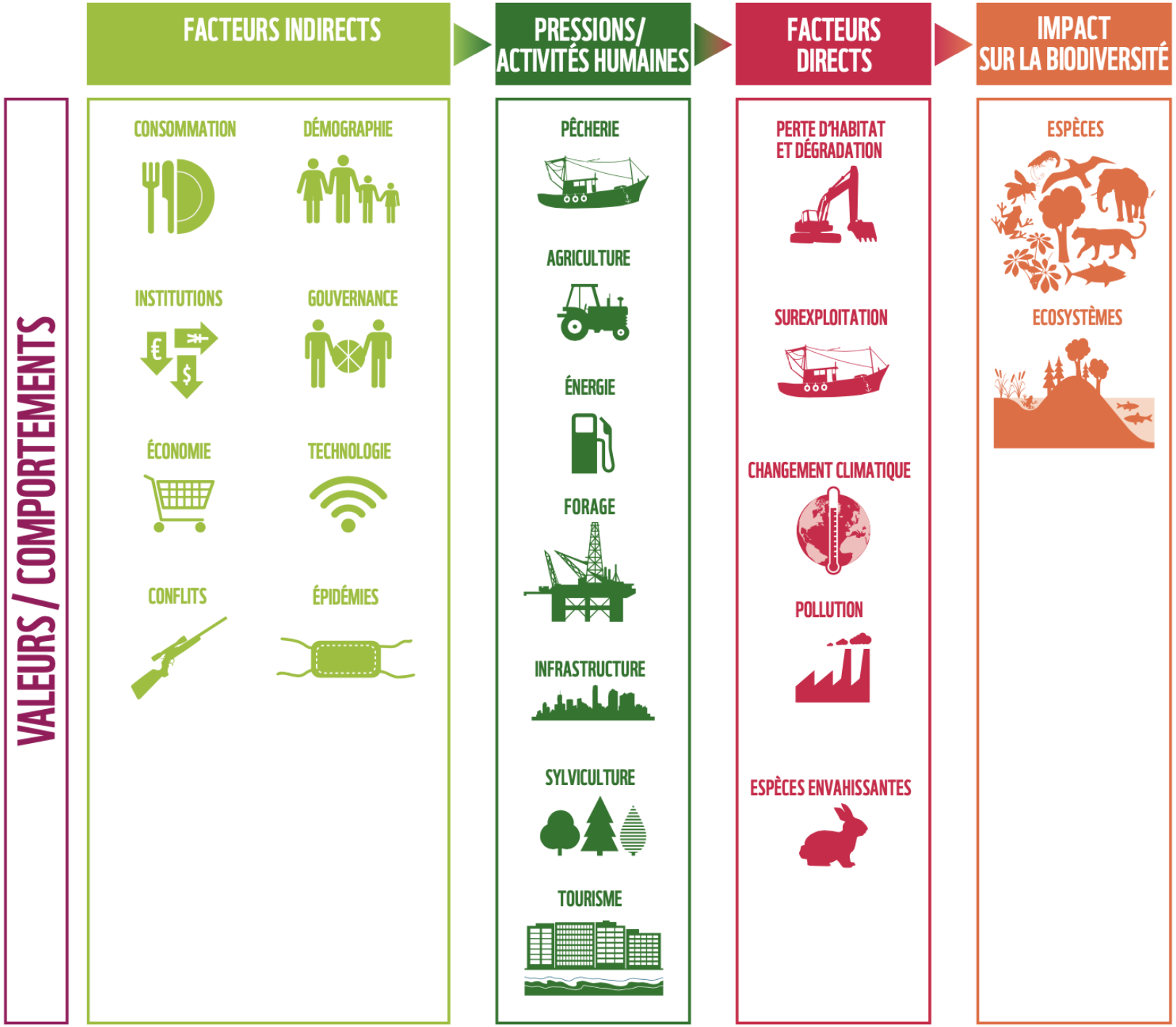
Déclin particulièrement important en Amérique du Sud





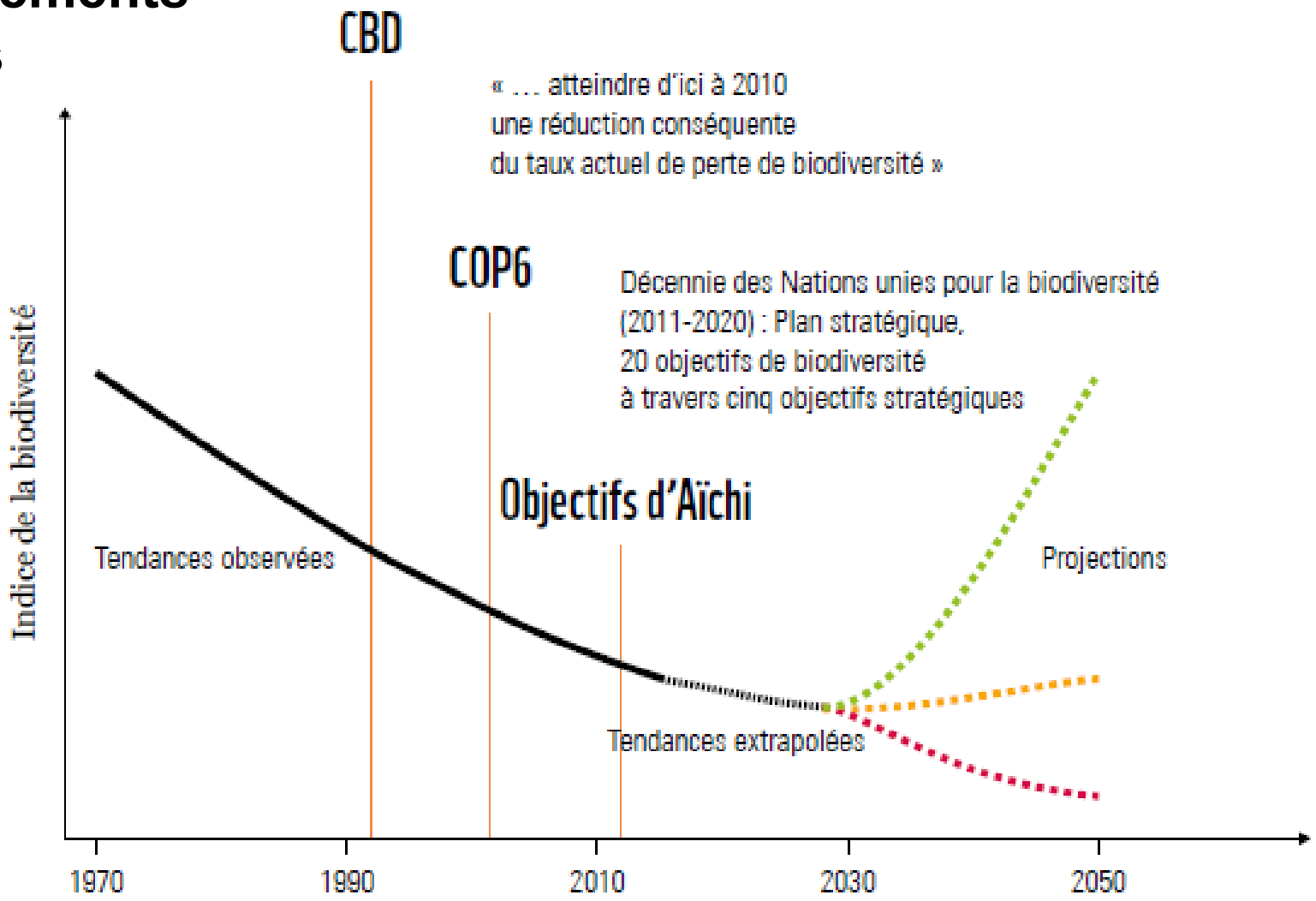



Dégradation et perte d'habitat
Exploitation
Espèces envahissantes et maladies
Pollution
Changement climatique
PALÉARCTIQUE
AFROTROPICAL
INDO-PACIFIQUE
Valeur de l'indice (1970 = 1)
OISEAUX
MAMMIFÈRES
POISSONS
REPTILES ET AMPHIBIENS


FACTEURS INDIRECTS
PRESSIONS/ ACTIVITÉS HUMAINES
FACTEURS DIRECTS
IMPACT SUR LA BIODIVERSITÉ
VALEURS / COMPORTEMENTS
CONSOMMATION
DÉMOGRAPHIE
INSTITUTIONS
GOUVERNANCE
ÉCONOMIE
TECHNOLOGIE
CONFLITS
ÉPIDÉMIES
PÊCHERIE
AGRICULTURE
ÉNERGIE
FORAGE
INFRASTRUCTURE
SYLVICULTURE
TOURISME
PERTE D'HABITAT ET DÉGRADATION
SUREXPLOITATION
CHANGEMENT CLIMATIQUE
POLLUTION
ESPÈCES ENVAHISSANTES
ESPÈCES
ECOSYSTÈMES

Déclin de la biodiversité malgré les engagements politiques

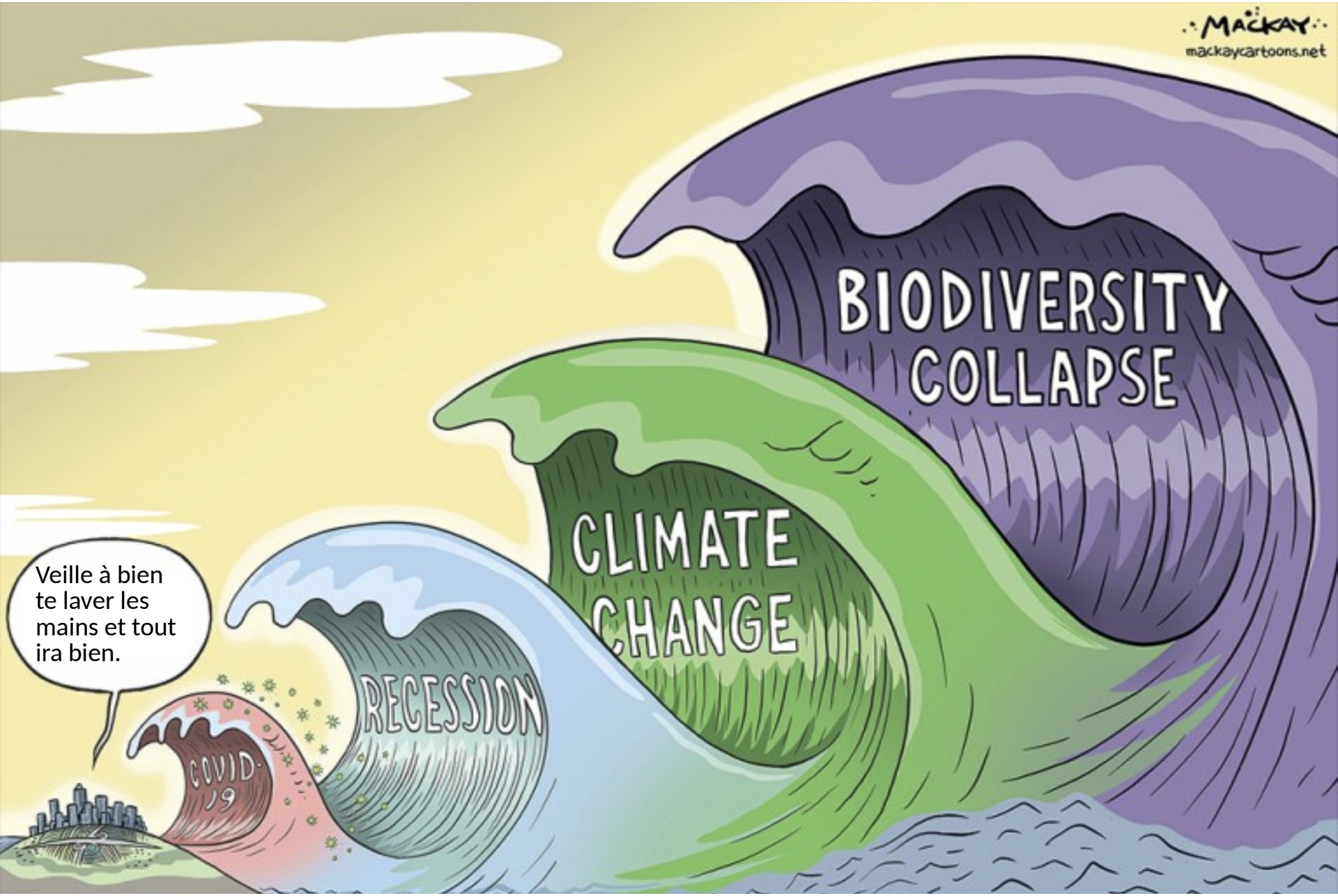
« Développer des stratégies, des plans ou des programmes à l'échelle nationale en faveur de la conservation et de l'utilisation durable de la diversité biologique ; Intégrer [...] la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique dans des plans, des programmes et des polices pertinents, sectoriels et transversaux »



« Notre maison brûle et nous regardons ailleurs »

Jacques Chirac

IVe Sommet de la Terre à Johannesburg, 2002


MACKAY
mackaycartoons.net
BIODIVERSITY COLLAPSE
CLIMATE CHANGE
RECESSION
COVID-19
Veille à bien te laver les mains et tout ira bien.

Pourquoi s'intéresser à l'écologie, l'évolution et la biodiversité ?

Pourquoi s'intéresser à l'écologie, l'évolution et la biodiversité ?

Raisons philosophiques
Comprendre notre monde
Vivre dans le monde

Raisons matérielles
Besoins matériels
Résoudre les défis actuels (déclin de la biodiversité, pollution, épidémies, changement climatique)

Valeur intrinsèque

indépendamment de toute considération matérielle

Valeur affective, esthétique ou morale

Nature non substituable

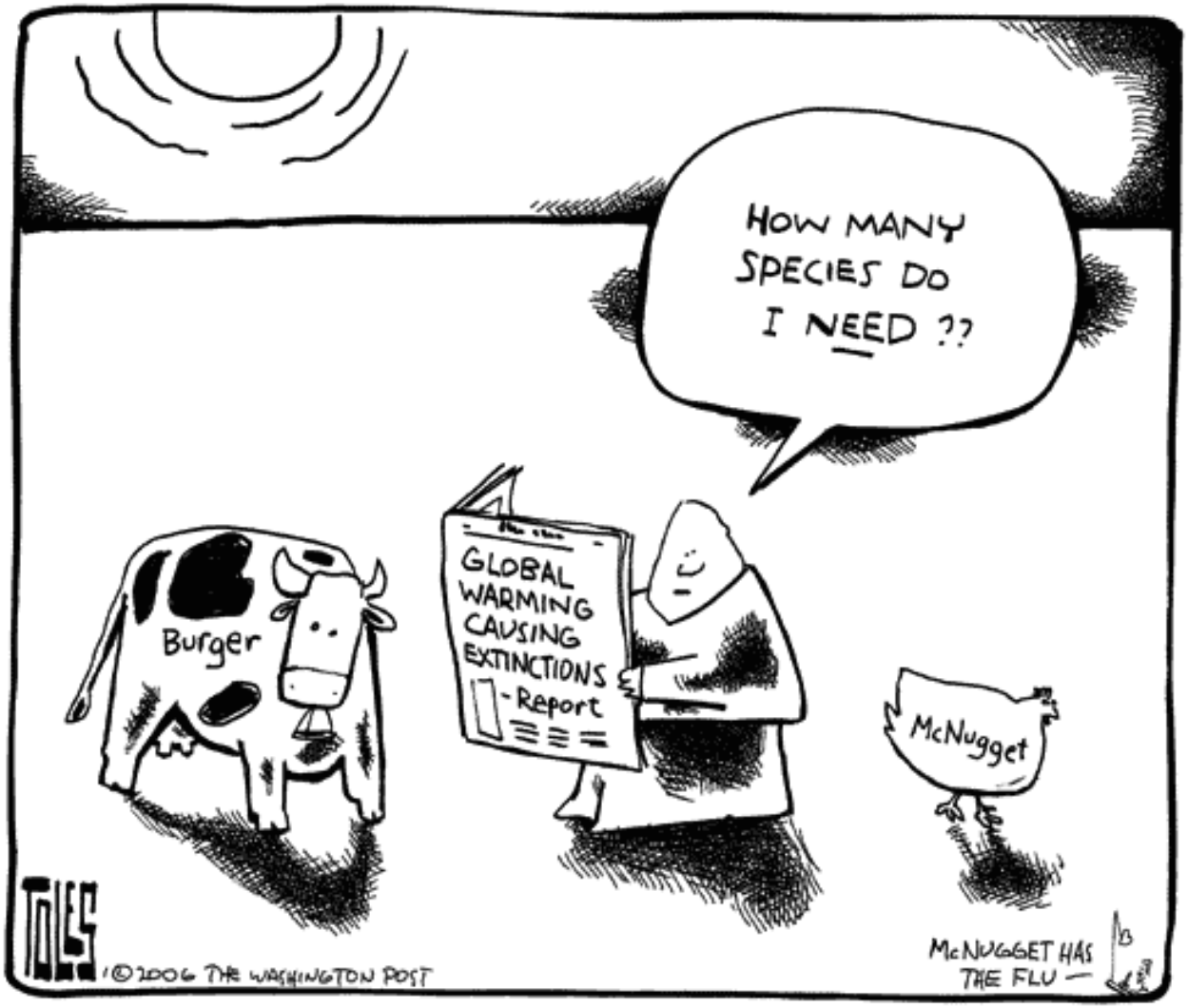
Rivière Whanganui, Nouvelle Zélande
Déclarée personne morale en 2017

Valeur instrumentale

liée à un objectif humain (s'alimenter, se protéger des aléas environnementaux, vie saine, etc.)

Vision utilitariste

Nature substituable


HOW MANY SPECIES DO I NEED ??
Burger
GLOBAL WARMING CAUSING EXTINCTIONS -Report
McNugget
TOLES
©2006 THE WASHINGTON POST
McNUGGET HAS THE FLU —

Chien de traîneau
www.rustica.fr/

Chien de sauvetage

Chien guide d’aveugle
https://lemagduchien.ouest-france.fr/dossier-680-assurer-chien-guide-aveugle.html

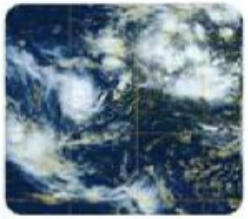
Chien de berger
https://www.europe1.fr/sciences/Des-chercheurs-ont-decrypte-l-algorithme-du-chien-de-berger-860076

Chien de chasse
© Wikipedia

Chien truffier
https://www.truffefrance.com/la-recolte-des-truffes

Les services écosystémiques

Services d'approvisionnement
Nourriture, fibres, bois, molécules à vocation pharmaceutique...

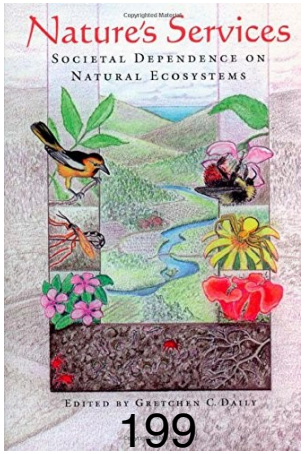


Services de régulation
Régulation du climat, de l'eau, pollinisation...

Services culturels
Esthétisme, inspiration créative, espaces de détentes et de loisirs...

Services de support
Photosynthèse, cycles de l'eau, formation des sols...

© Dervenn



Concept développé en 1994-1997

« Nous ne pouvons pas nous contenter de parler de la gestion des oiseaux et des papillons à la plupart des décideurs politiques – cela a peu ou pas de chance de fonctionner. Nous devons relier la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité aux questions de développement qui intéressent les décideurs politiques et la majorité du grand public. »

Watson 2005 Phil Trans R Soc B

Sir Robert Watson
Président du *Millenium Ecosystem Assessment* en 2005

Demande des Nations Unies en 2000 (Kofi Annan)
4 années d'étude par 1360 experts issus de 95 pays

Vision anthropocentrée, utilitariste

Ecosystems and human well-being : health synthesis: a report of the Millennium Ecosystem Assessment (2005)

« Évaluer l'ampleur et les conséquences des modifications subies par les écosystèmes pour le bien-être humain. Établir les bases scientifiques nécessaires pour favoriser la conservation et l'utilisation durable de ces systèmes, de telle manière qu'ils puissent continuer à ***apporter les services nécessaires*** *à tous les aspects de la vie humaine »*

ONU (2021)

L'« avant-projet » du cadre mondial de la biodiversité pour l'après-2020 est notamment axé sur la manière de faire en sorte que les travaux de préservation de la biodiversité contribuent « ***à la nutrition, à la sécurité alimentaire et aux moyens de subsistance des personnes****, en particulier pour les plus vulnérables ».*

https://www.un.org/fr/sommet-sur-les-syst%C3%A8mes-alimentaires-2021/conf%C3%A9rence-des-nations-unies-sur-la-biodiversit%C3%A9

Les services écosystémiques

Bénéfices offerts aux sociétés humaines par les écosystèmes

Quatre catégories de services écosystémiques

Support
Production primaire
Recyclage des éléments
Fertilité des sols
Pollinisation
Habitat pour les espèces

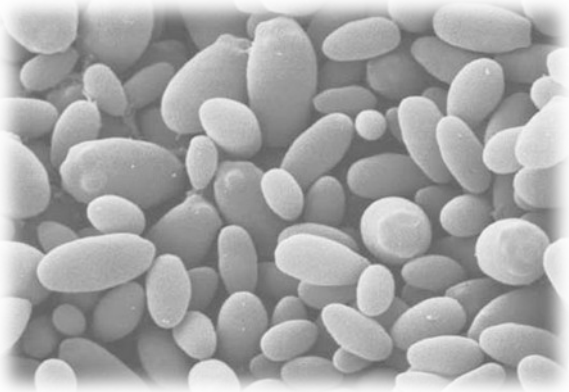
Socio-culturels
Ecotourisme
Loisirs
Ethique
Esthétique
Education

Approvisionnement
Cultures
Elevage
Pêche
Aquaculture
Gibier, Cueillette
Bois
Ressources génétiques
Eau potable

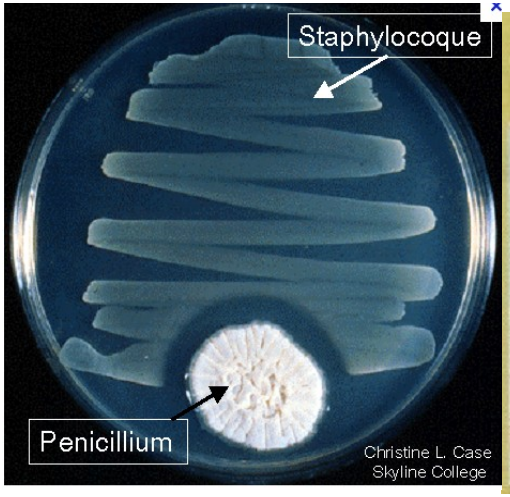
Régulation Environnementale
Régulation du climat
Purification des eaux et de l'air
Régulation des flux hydriques
Atténuation des perturbations
Contrôle de l'érosion
Contrôle biologique
Prévention des épidémies

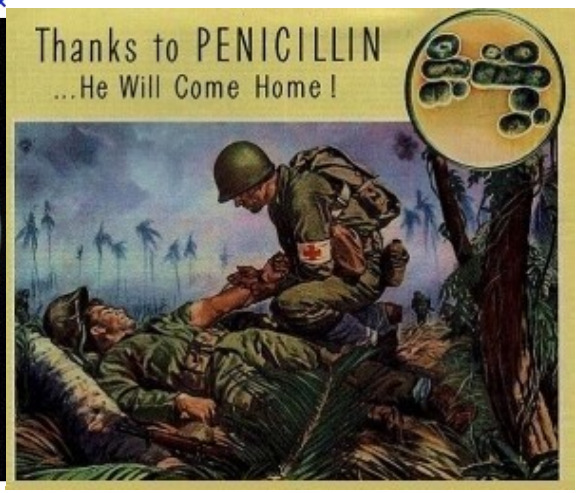
Approvisionnement : agriculture, forêts et pêche

Agriculture : fabrication des fromages (moisissures), du pain et des alcools (levures)



Ressources génétiques et pharmacologiques





Antibiotiques

Anti-cancéreux (if, pervenche de Madagascar)

Organismes modèles pour de nouvelles technologies

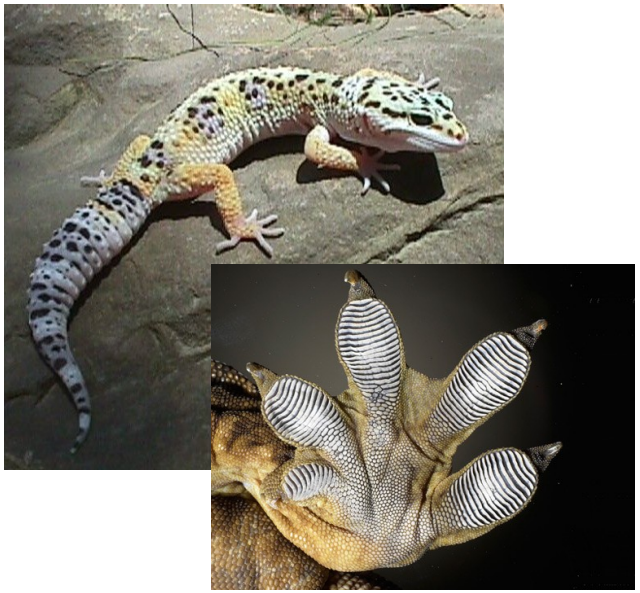
Fil de l'araignée : résistance mécanique

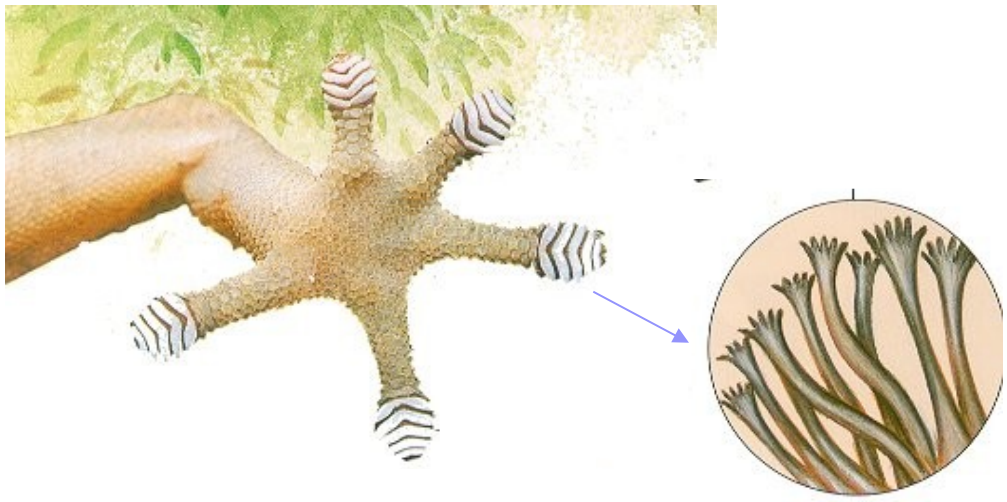
Pattes du gecko : adhésives, auto-nettoyantes

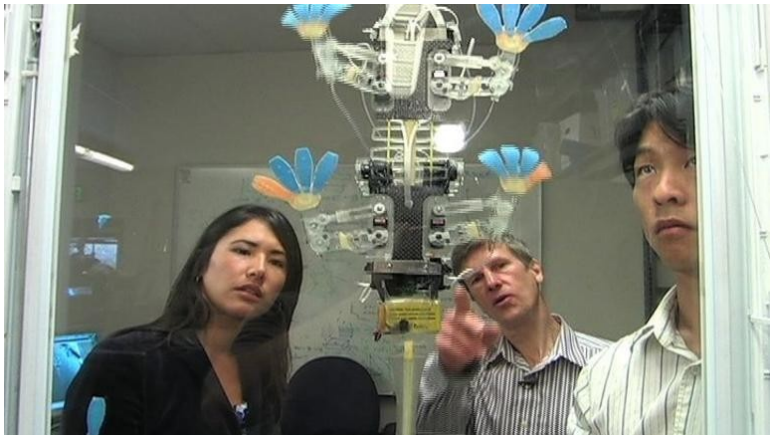
-Très nombreux poils microscopiques

-Chaque poil interagit à l'échelle nanométrique avec le support grâce aux forces de Van-der-Vaals

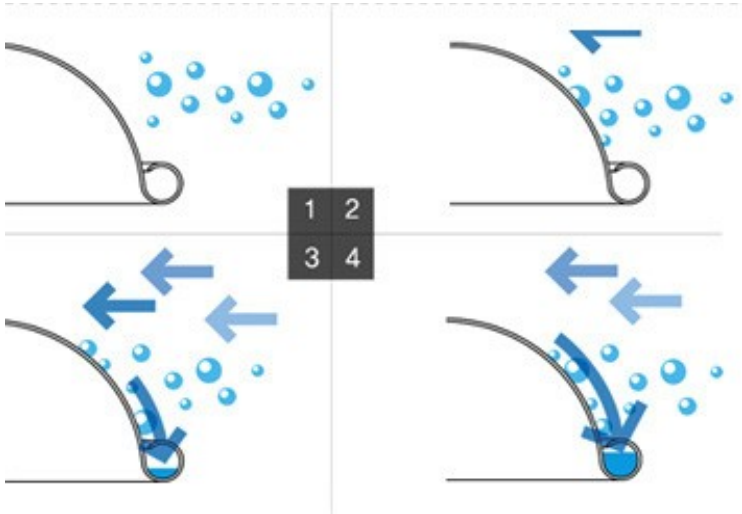
-Liquide gras pour nettoyer les poils







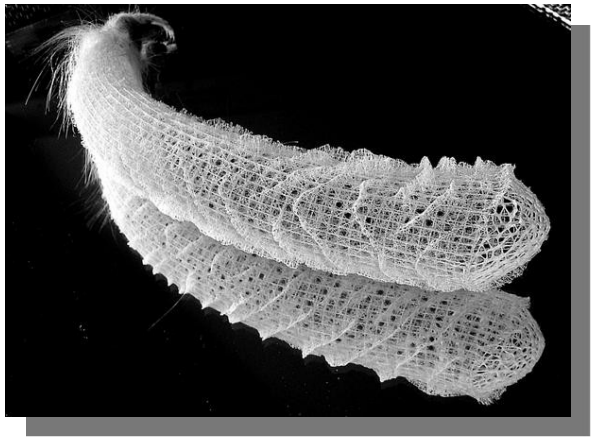
Beetle-Inspired Water Bottle

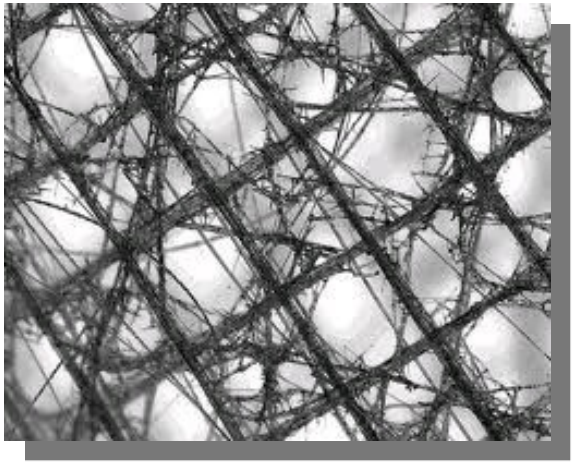


Dew Bank Bottle

L’éponge de verre

Nanosphères de silice disposées autour d'un filament de protéines
Propriétés de résistance performantes





Hearst tower, Charlotte, 201 mètres
Gherkin, Londres, 180 mètres

Dégâts causés par Katerina à la Nouvelle-Orléans (2005) : 100 milliards de $

Les marais qui servaient de tampons contre les tempêtes et les inondations avaient été réduits pour assurer l'accès au pétrole.

Contrôle de l’érosion des sols, assuré par les communautés végétales

Suppression des obstacles naturels
Forte régression des surfaces en herbe/forêts

Fertilité des sols, recyclage de la matière organique : rôle des micro-organismes (champignons, protistes, bactéries)

Organismes prépondérants dans le fonctionnement des écosystèmes (champignons : seuls capables de dégrader la lignine)

Contrôle biologique

Une conséquence probable de la raréfaction des niveaux trophiques supérieurs :

augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de prolifération des méduses

Contrôle biologique

Parc du Yellowstone

Disparition des carnivores

- Prolifération des herbivores (wapiti)
- Raréfaction de nombreuses espèces végétales
- Disparition de l'habitat des castors
- Modification des cours d'eau

Réintroduction du loup

- Retour de la végétation

Prévention des épidémies

- Plus un système est génétiquement homogène, plus est susceptible aux maladies

Rôle de la biodiversité dans la stabilité des écosystèmes

- **Effet « d'assurance »**

  Plus d'espèces, c'est plus d'espèces qui sont capables de bien répondre aux perturbations

- **Résistance à l'invasion**

  Les communautés à plus d'espèces utilisent plus les ressources que les autres. Les envahisseurs auront donc moins de chance de pouvoir s'implanter.

Rôle de la biodiversité dans la productivité des écosystèmes

- **Complémentarité**

  Une communauté de plantes plus diverse est plus capable d'utiliser les ressources de manière plus complète et donc d'être plus productive

- **Facilitation**

  Mécanisme par lequel certaines plantes « aident » les autres à pousser en modifiant l'environnement

- **Effet d'échantillonnage**

  Dans un endroit où on a plus de diversité, on a plus de chance de trouver des plantes à forte productivité

Services culturels
Esthétique et qualité de vie

Hôpitaux et Jardins, espaces verts dans et près des villes

Ecotourisme : Safaris, Plongée,…

Tourisme
- près de 10 % des emplois
- Costa-Rica: 1/3 revenus

Valeur instrumentale/utilitaire
Services écosystémiques

- Approvisionnement (ex : nourriture, carburant, eau, médecine, biomimétisme)
- Régulation (ex: recyclage, pollinisation)
- Support/soutien (ex : oxygène)
- Culturel

La pollinisation : un service écosystémique

Amandiers de Californie : transhumance des ruches (mortalité en masse)

https://www.la-croix.com/Sciences-et-ethique/Sciences-et-ethique/En-Californie-grande-migration-abeilles-2019-04-30-1201018748

1/3 des cultures
plus de 10 % des revenus tirés de l'agriculture dépendent de la pollinisation

Vergers de pommiers en Himalaya : pollinisation à la main

https://www.youtube.com/watch?v=wOyzRBr9D6Q

https://www.laterre.ca/actualites/environnement/

Production de viande

Agriculture cellulaire

© Wikipedia

Arguments avancés : bien-être animal, économiques, pratiques, nourrir tous les humains, impact environnemental

L'animal n'est pas seulement une source de nourriture
- relations humains/animaux
- disparition des animaux et de l'élevage traditionnel

Débat autour des services écosystémiques

Formalise le problème en terme de maximisation des bénéfices humains.
Ne considère pas les coûts du point de vue de la nature.

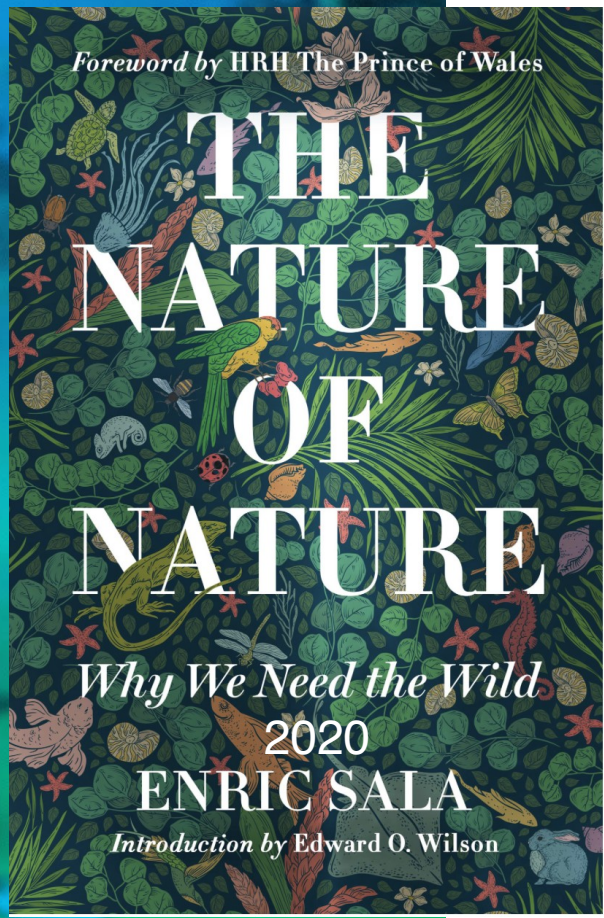
Les humains ont-ils le droit de spolier la nature ?
Méritent-ils d'être payés pour ne pas le faire ?

Ne considère pas les utilités futures de la nature.

Se focalise sur la production et pas sur l'accès aux resources.

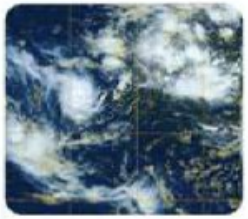
Ne tient pas compte des interactions entre écosystèmes.

« Lorsque j'ai rejoint la National Geographic Society, j'ai appris le secret pour inciter les dirigeants à s'engager dans la protection des espaces naturels : les faire tomber amoureux de ces endroits. »



Les services écosystémiques

Services d'approvisionnement
Nourriture, fibres, bois, molécules à vocation pharmaceutique...



Services de régulation
Régulation du climat, de l'eau, pollinisation...

Services culturels
Esthétisme, inspiration créative, espaces de détentes et de loisirs...

Services de support
Photosynthèse, cycles de l'eau, formation des sols...

© Dervenn

Vision qui reste utilitariste et anthropocentrée

La nature est bénéfique

Hôpital de Pennsylvanie : les patients dont la fenêtre donnait sur des arbres feuillus ont guéri, en moyenne, un jour plus vite, ont eu besoin de moins d'analgésiques et ont eu moins de complications post-chirurgicales que les patients qui voyaient un mur de briques.

Ulrich 1984

Avoir un chien réduit le risque de maladie cardiovasculaire de 25-30%.
Avoir un chat réduit le stress, l'anxiété et les risques de dépression

Mubanga et al 2017 Scientific Report

Paris Smart City 2050

http://parisfutur.com/projets/paris-

www.bergamotte.fr

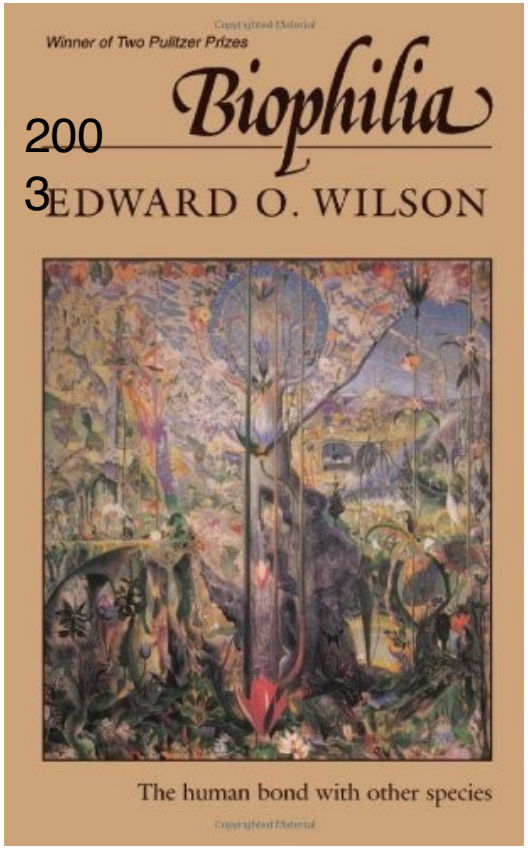
Valeur intrinsèque affective en chacun de nous

Pourquoi sauver les baleines bleues ?
Pour nos enfants ou pour elles ?

Routley 1973

Expérience de pensée du dernier humain sur Terre

https://fr.dreamstime.com



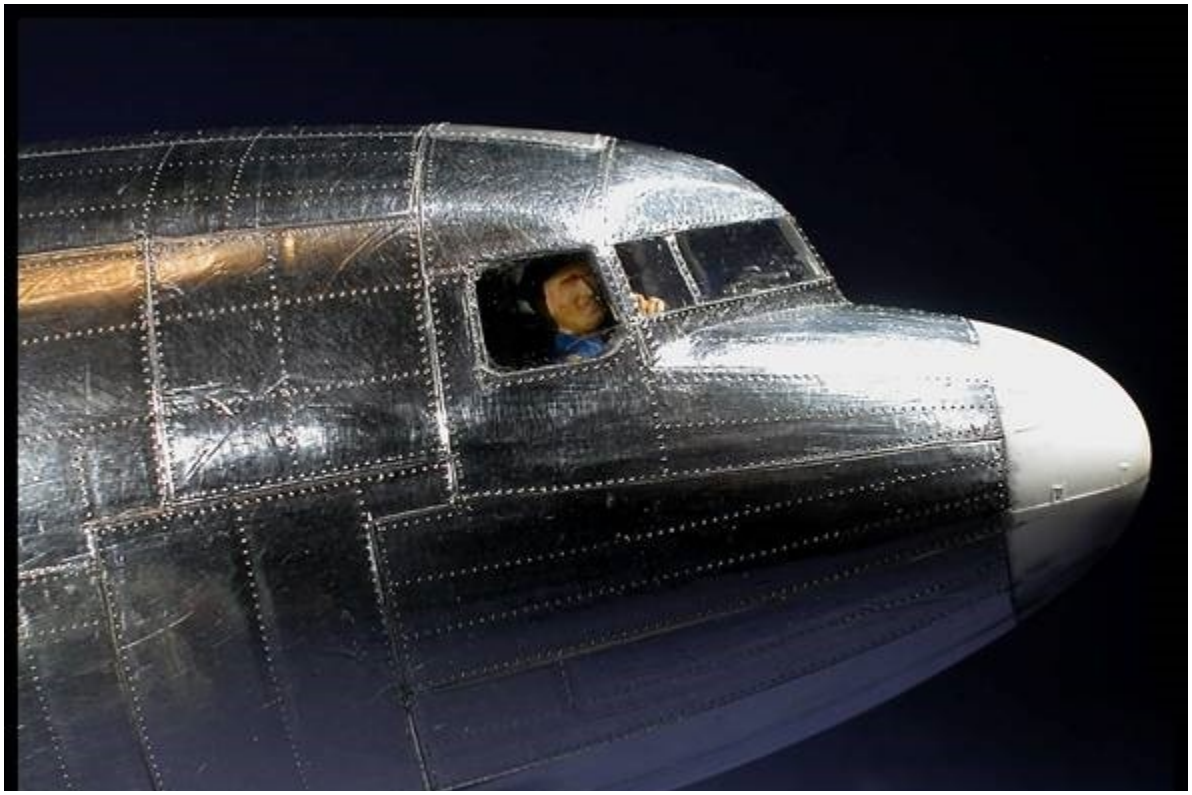
https://blog.privatebebe.com

Les métaphores pour expliquer l'intérêt de la biodiversité

Biodiversité = Bibliothèque ?

Perte d’une espèce = perte d’un livre ?

Perte d’une espèce = perte d’un rivet ?



La biodiversité est un équilibre dynamique

« La vie, c'est comme une bicyclette, il faut avancer pour ne pas perdre l'équilibre. »

Albert Einstein

La biodiversité est un équilibre dynamique

Le vélo tombe quand le mouvement s’arrête

La biodiversité est un équilibre entre les extinctions et les nouveautés.

La biodiversité est un équilibre dynamique

La biodiversité n’est pas une collection de timbres

La biodiversité est un équilibre dynamique

La biodiversité n’est pas une collection de timbres

Elle ne peut pas se conserver seulement dans des réserves ou des banques de graines.

La biodiversité comme tissu vivant de la panète

Les forêts sont les poumons de la planète.

Pourquoi s’intéresser à l’écologie, l’évolution et la biodiversité ?

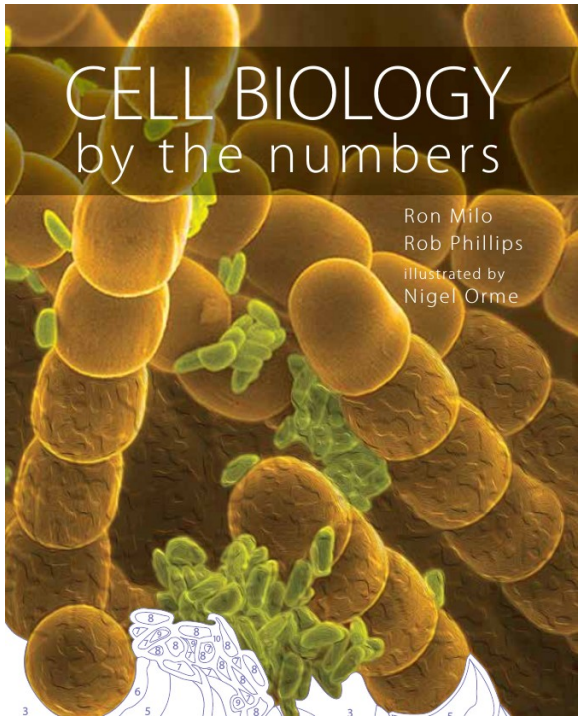
Services écosystémiques
Sécurité alimentaire
Santé publique
Valeur intrinsèque
Connaissance fondamentale, mieux vivre

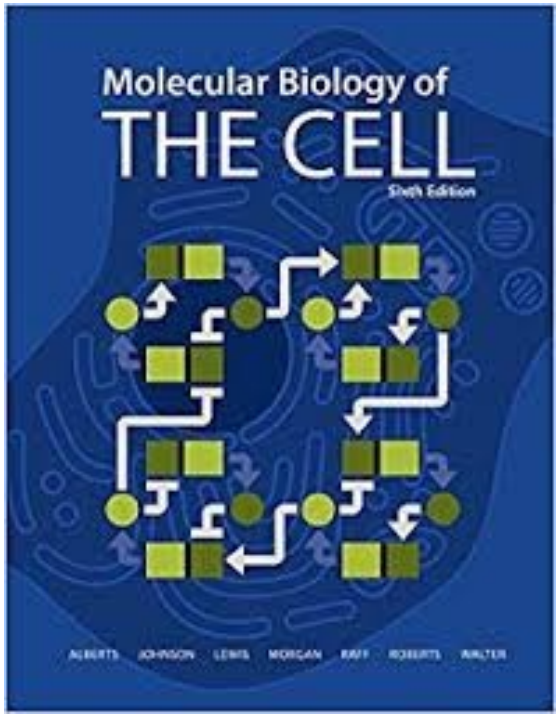
Cours 1

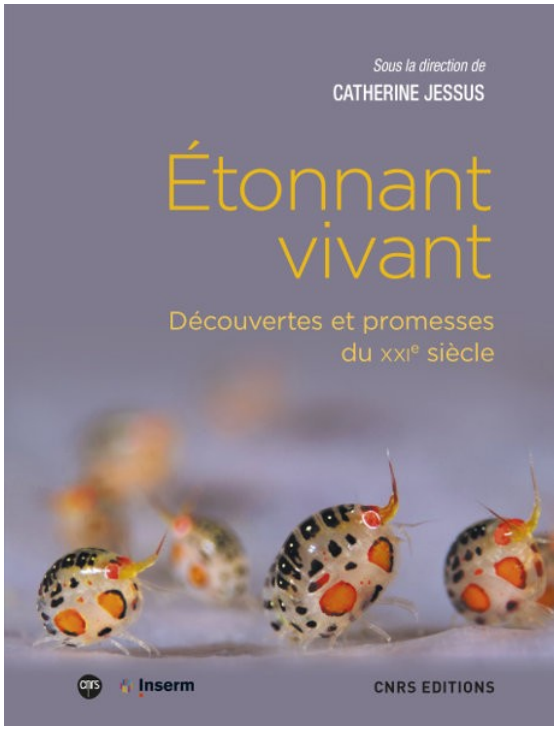
Qu’est-ce que le vivant ?

La biodiversité et son déclin

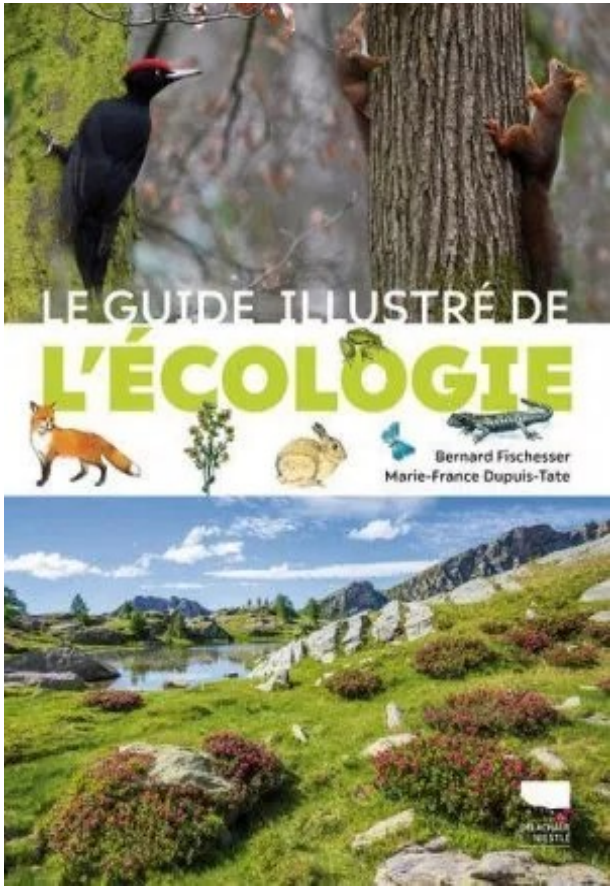
Pourquoi s’intéresser à l’écologie, l’évolution et la biodiversité ?

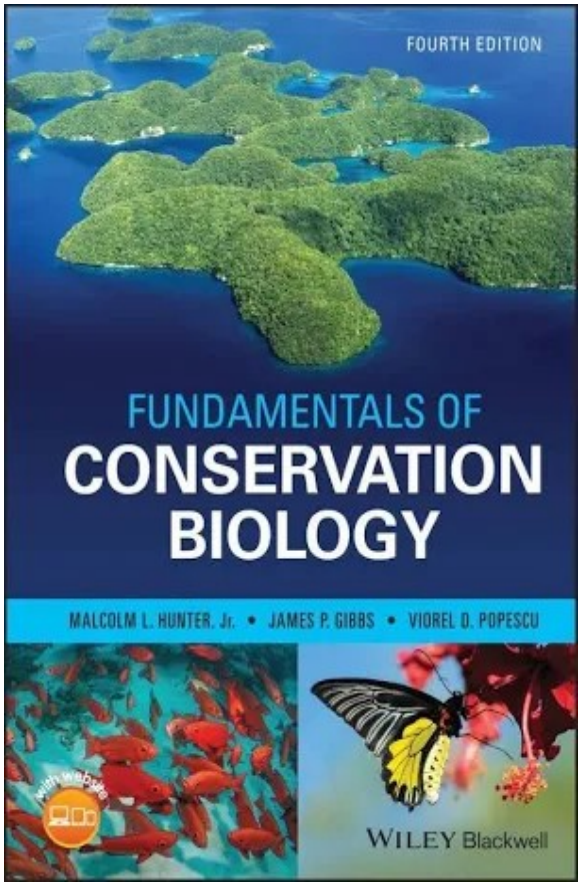


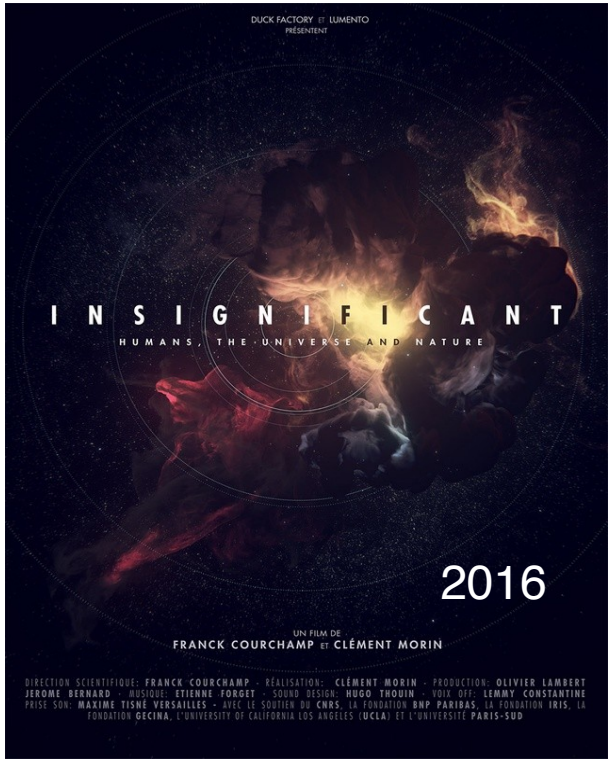


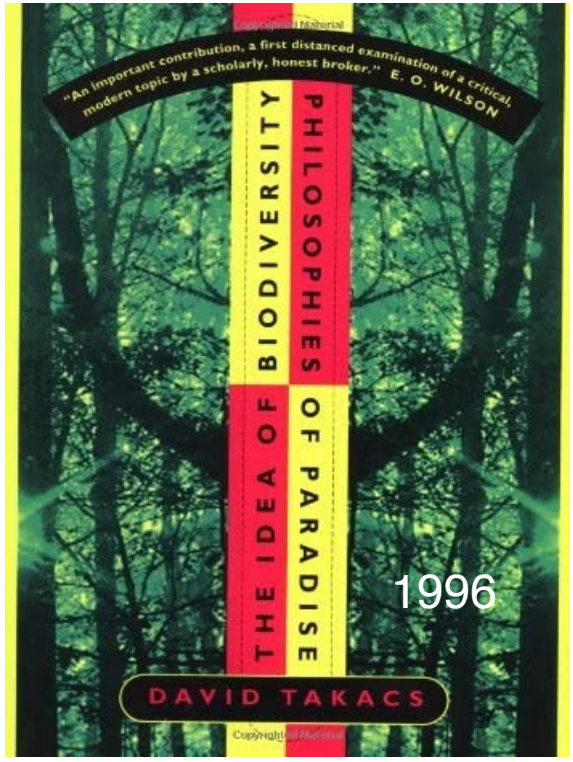


Bionumbers.org


LE GUIDE ILLUSTRÉ DE
L'ÉCOLOGIE
Bernard Fischesser
Marie-France Dupuis-Tate


FOURTH EDITION
FUNDAMENTALS OF
CONSERVATION
BIOLOGY
MALCOLM L. HUNTER, Jr. • JAMES P. GIBBS • VIOREL D. POPESCU
WILEY Blackwell


DUCK FACTORY ET LUMENTO
PRÉSENTENT
INSIGNIFICANT
HUMANS, THE UNIVERSE AND NATURE
2016
UN FILM DE
FRANCK COURCHAMP ET CLÉMENT MORIN
DIRECTION SCIENTIFIQUE: FRANCK COURCHAMP - RÉALISATION: CLÉMENT MORIN - PRODUCTION: OLIVIER LAMBERT
JEROME BERNARD - MUSIQUE: ETIENNE FORGET - SOUND DESIGN: HUGO THOUIN - VOIX OFF: LEMMY CONSTANTINE
PRISE SON: MAXIME TISNÉ VERSAILLES - AVEC LE SOUTIEN DU CNRS, LA FONDATION BNP PARIBAS, LA FONDATION IRIS, LA
FONDATION GECINA, L'UNIVERSITY OF CALIFORNIA LOS ANGELES (UCLA) ET L'UNIVERSITÉ PARIS-SUD


"An important contribution, a first distanced examination of a critical, modern topic by a scholarly, honest broker." E. O. WILSON
THE IDEA OF BIODIVERSITY
PHILOSOPHIES OF PARADISE
DAVID TAKACS
1996

VINCENT
DEVICTOR
GOUVERNER LA BIODIVERSITÉ
ou comment réussir à échouer
2020
Sciences
Quæ

Penser le vivant autrement - Virginie Courtier-Orgogozo (2023)
Copy link
COLLÈGE DE FRANCE
Virginie Courtier-Orgogozo
LEÇON INAUGURALE
Penser le vivant autrement
Watch on YouTube
https://www.youtube.com/watch?v=nxPiCuYFXRc

8 cours de 1h