

Comment l'évolution des
interactions mutualistes
apparaît en de multiples thèmes
du programme de première

Marc-André SELOSSE

CEFE – CNRS, Univ. Montpellier II

Définitions et approche évolutionniste

Notion de phénotype étendu

La course de la Reine Rouge



LA SYMBIOSE

“das **Zusammenleben** ungleichnamiger Organismen” (Anton De Bary, “De la Symbiose”, 1879) :

- une définition conforme à l'étymologie
- ne préjuge pas des échanges (inclut certains parasites par exemple)
- avec un terme sans doute subtilisé à Frank (“Symbiotismus”, 1877)

LE MUTUALISME

“On voit des animaux qui se rendent mutuellement des services. Il serait peu flatteur de les qualifier tous de parasites ou de commensaux. Nous croyons être plus justes à leur égard en les appelant **mutualistes**” (Van Beneden, 1875)

-> a nourrit une définition plus restrictive de la symbiose : **coexistence & mutualisme**

LES "AMIS" DANGEREUX



Septobasidium burtii

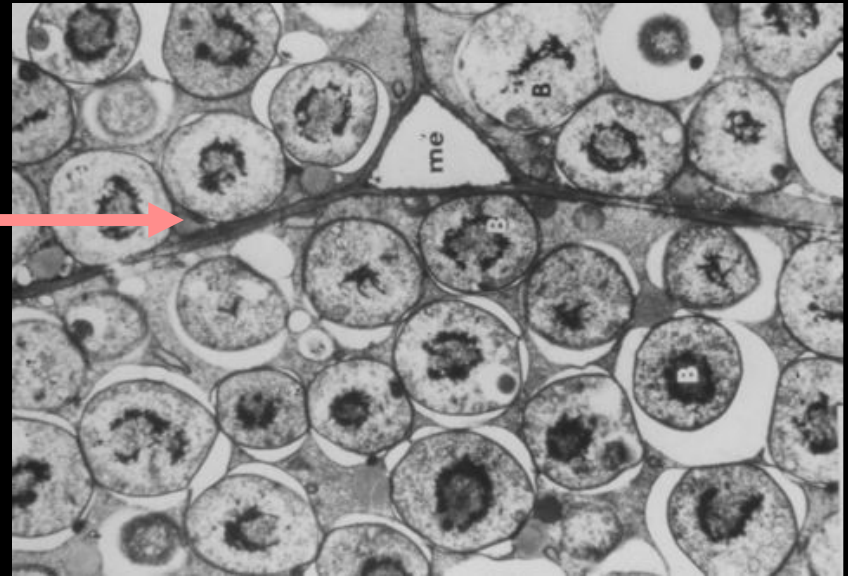
TROISIEME DEFINITION

Coexistence & mutualisme, celui-ci étant défini comme une **amélioration réciproque de la valeur sélective** (*fitness*) des deux partenaires en présence.

-> *de mieux en mieux (intègre le temps), mais...*



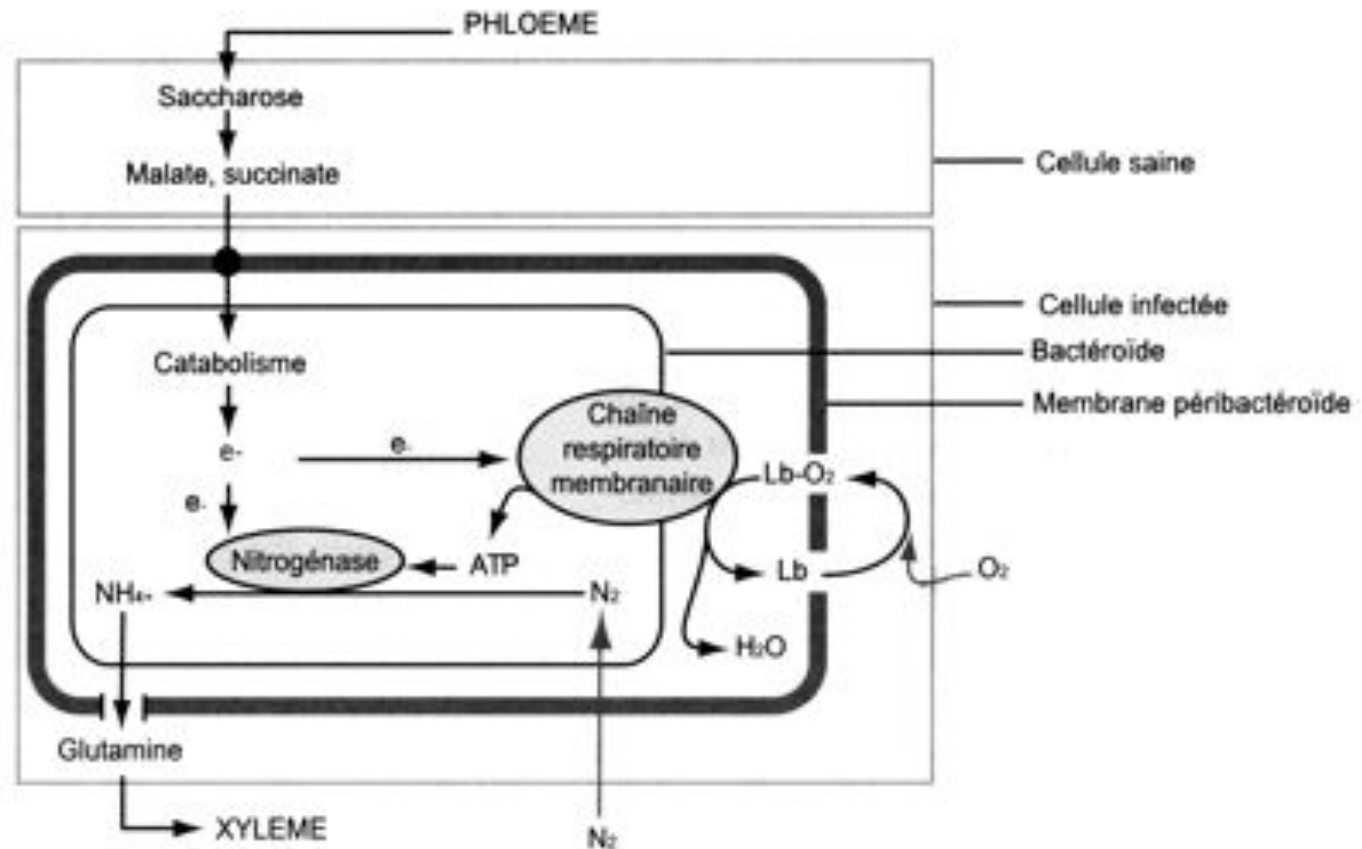
LES NODOSITES FIXATRICES



Légumineuses
&
Rhizobiums



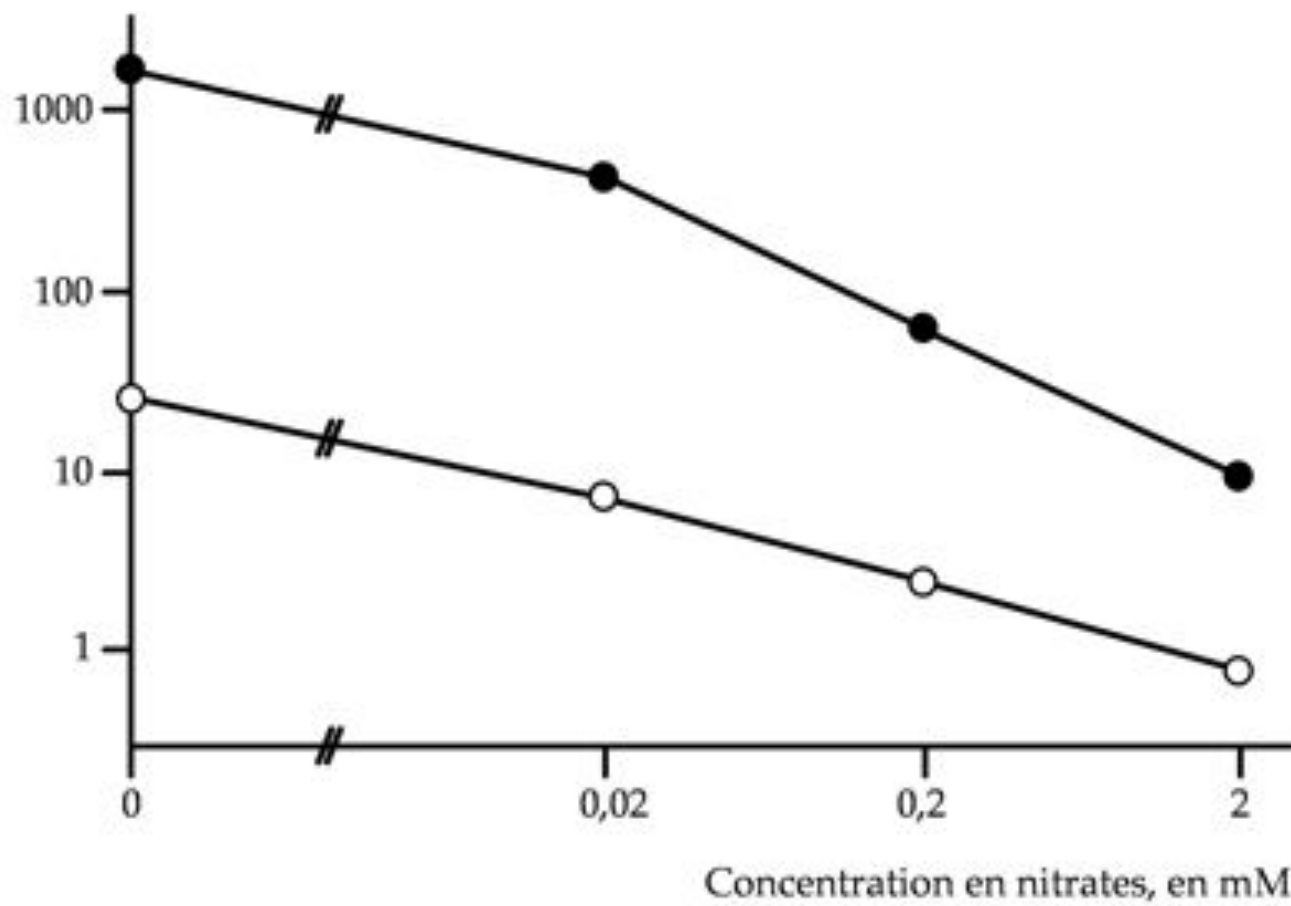
LES NODOSITES FIXATRICES



COOPÉRATION ENTRE VÉGÉTAL ET BACTÉROÏDE POUR LA FIXATION DE L'AZOTE (Lb : leghémoglobine).

(fitness inconnue, au fait)

Nombre moyen de
poils absorbants
courbés (●) et de
nodules (○) par
plante



Darwin (*On the Origin of Species*):

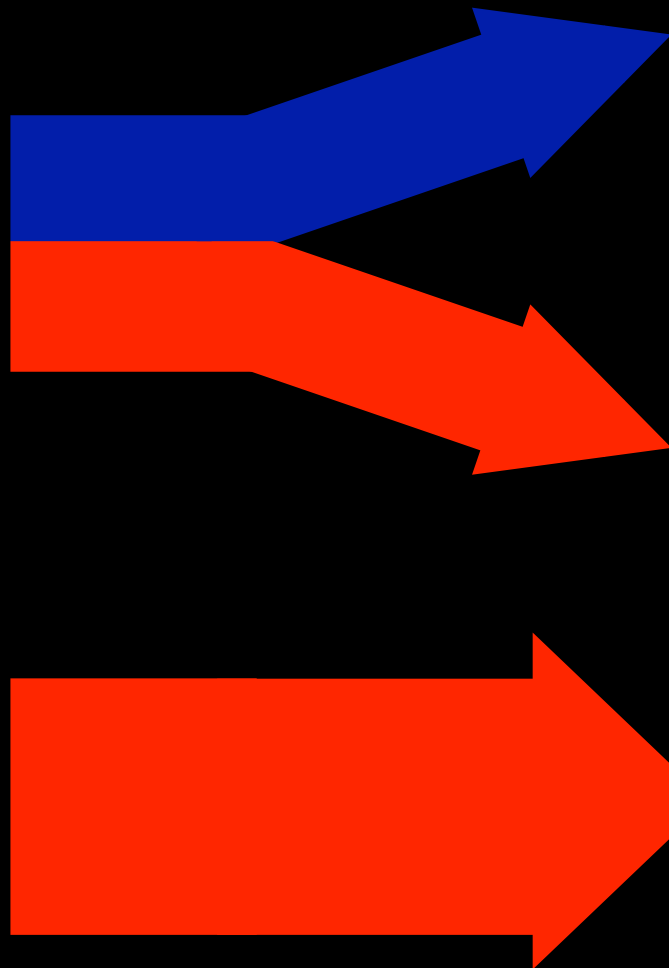
Natural selection **cannot possibly produce any modification in any one species exclusively for the good of another species...**

If it could be proved that any part of the structure of any one species had been formed for the exclusive good of another species, it would annihilate my theory, for such could not have been produced through natural selection.



SYMBIOSE / TRICHERIE

Ressources issues
du partenaire



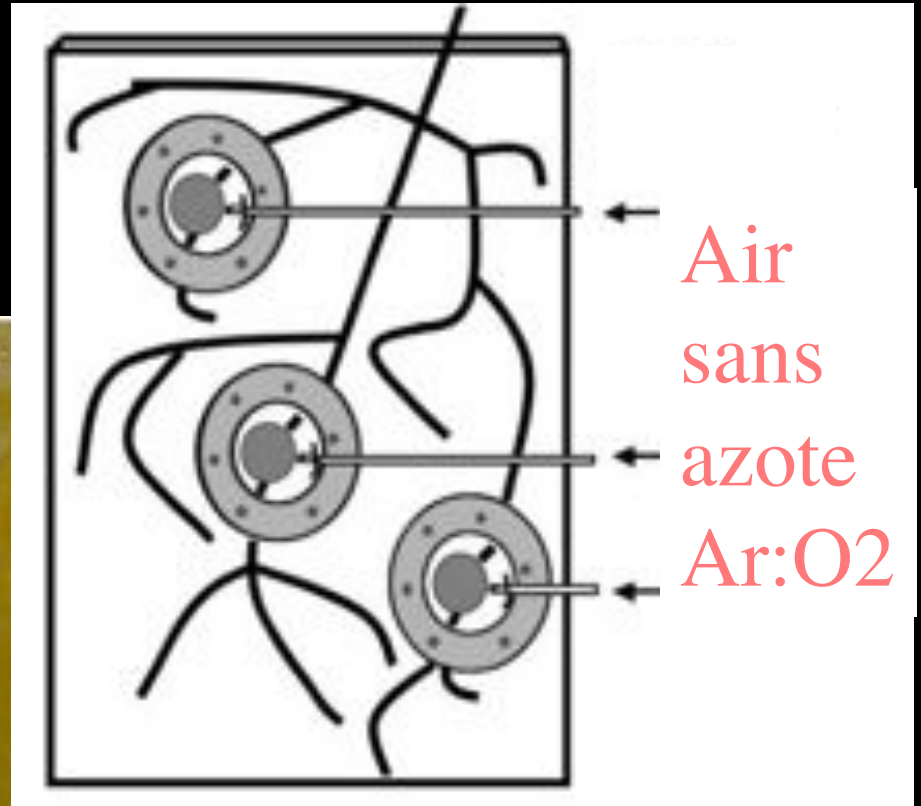
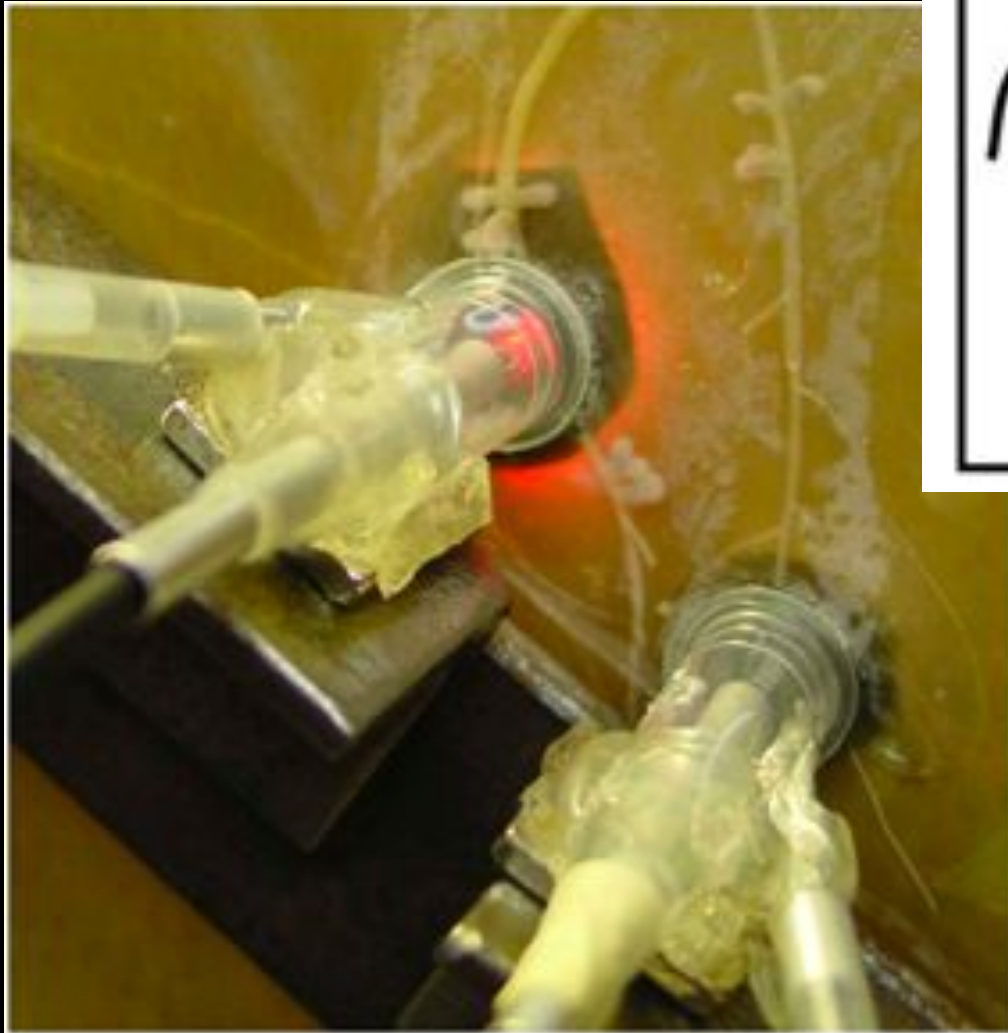
Coopération

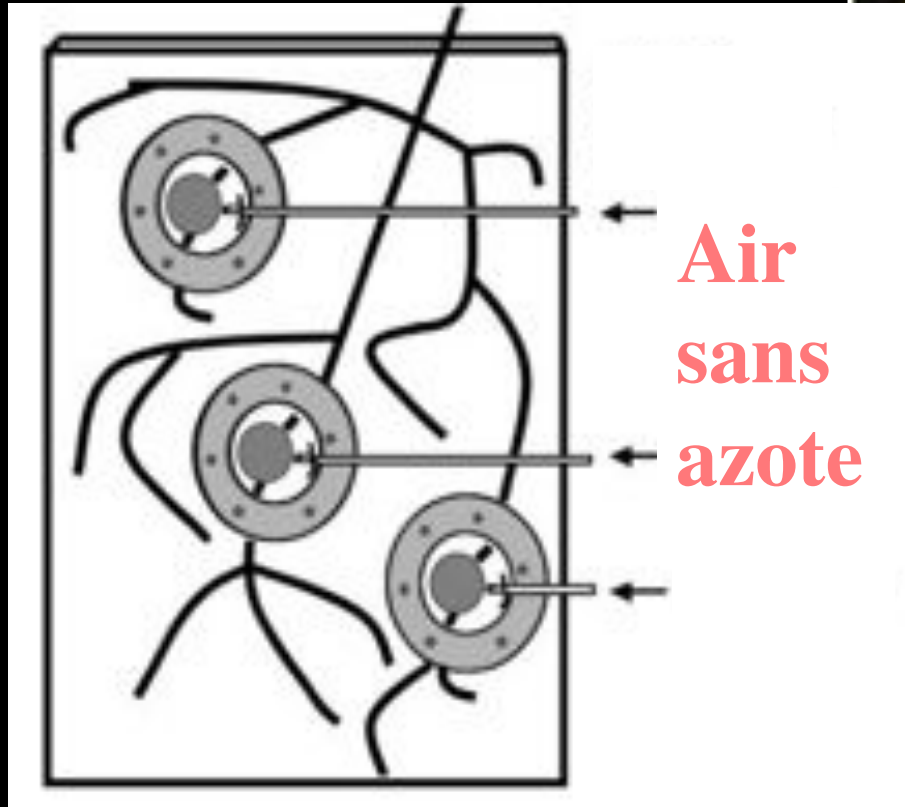
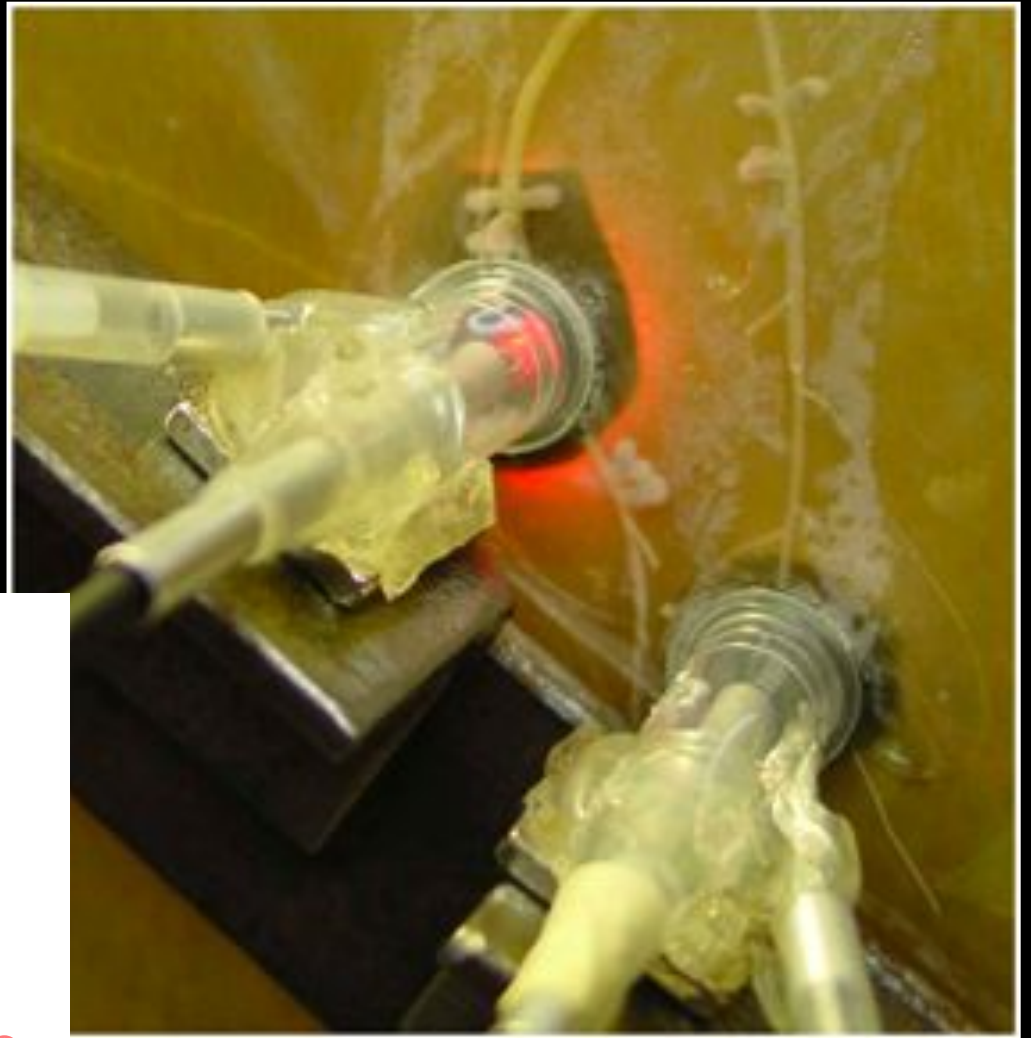
Altruiste

Reproduction

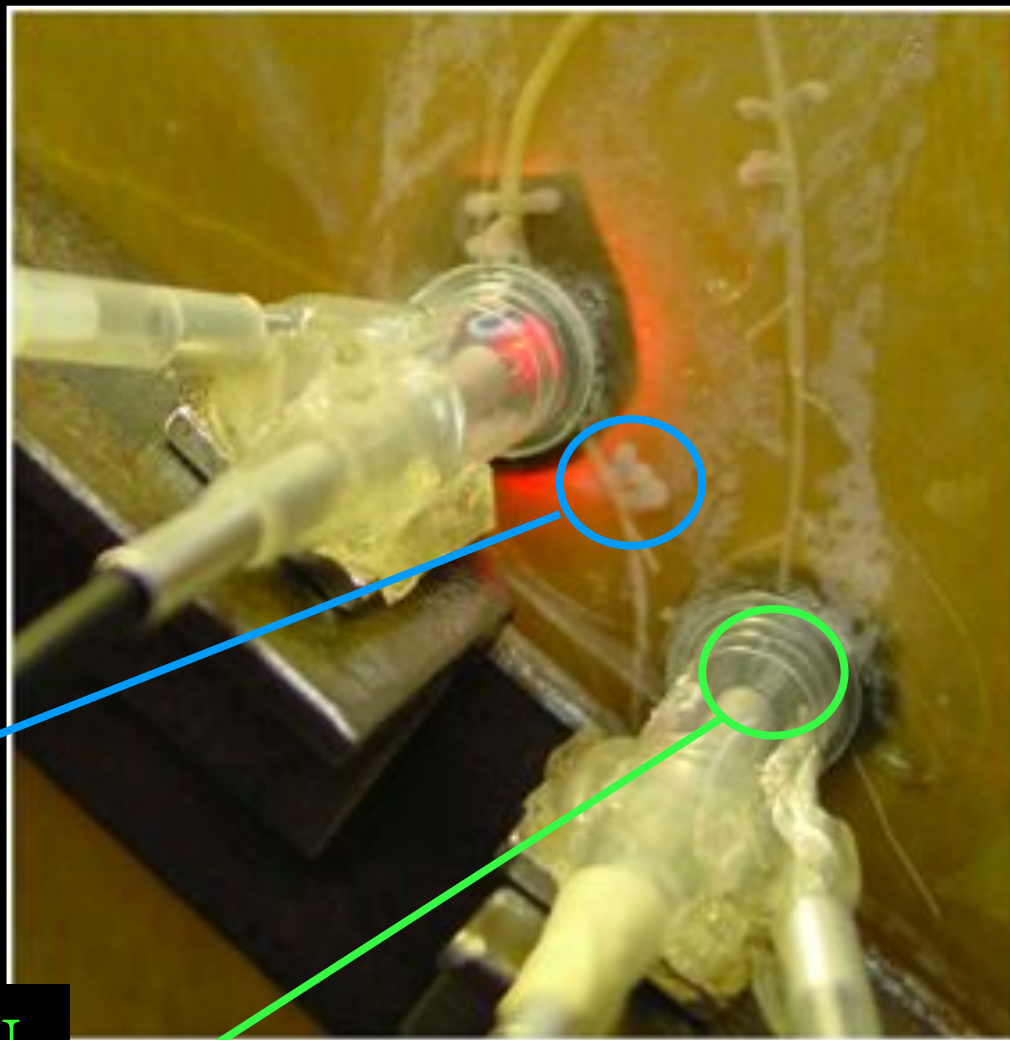
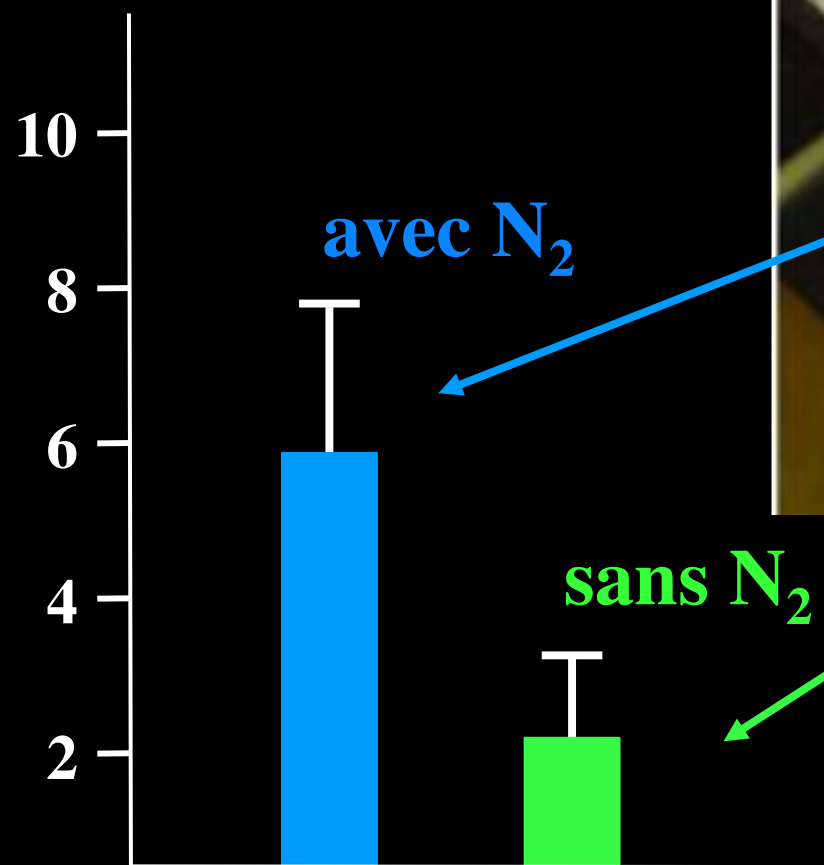
Repro-
duction

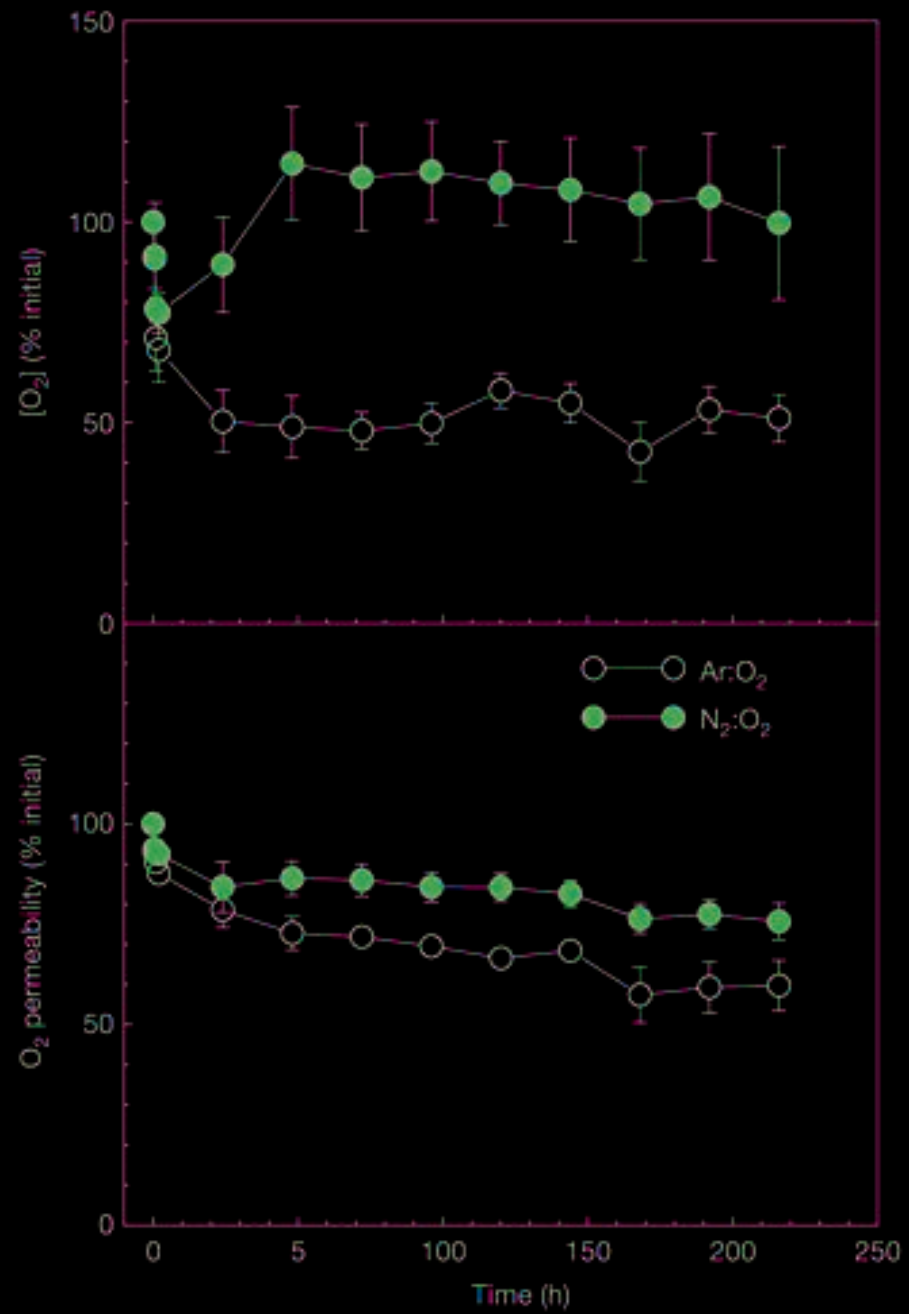
Tricheur





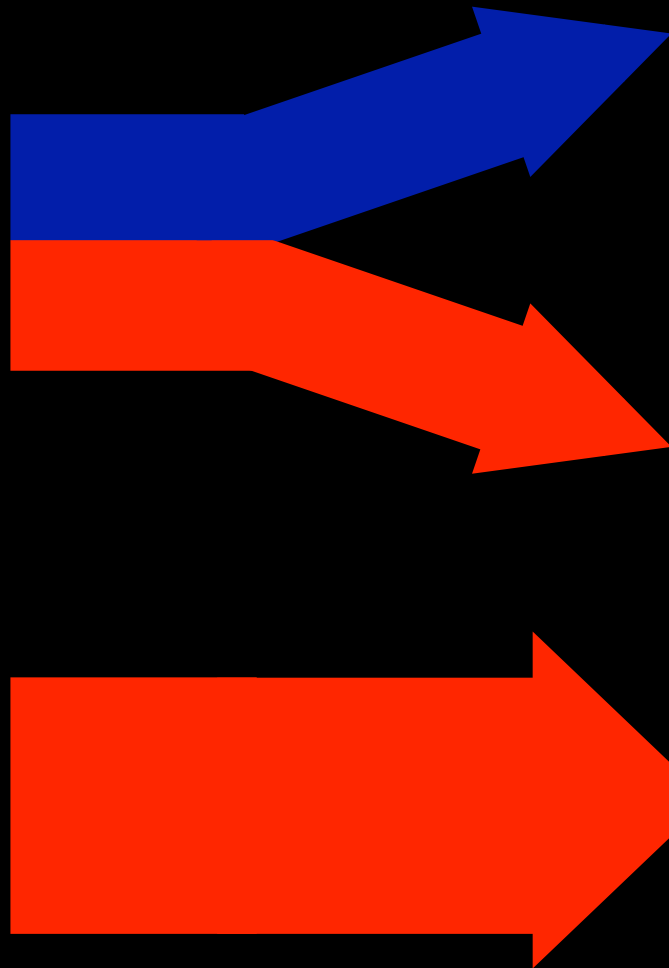
Bactéries par
nodule ($\times 10^8$)





SYMBIOSE / TRICHERIE

Ressources issues
du partenaire



Coopération

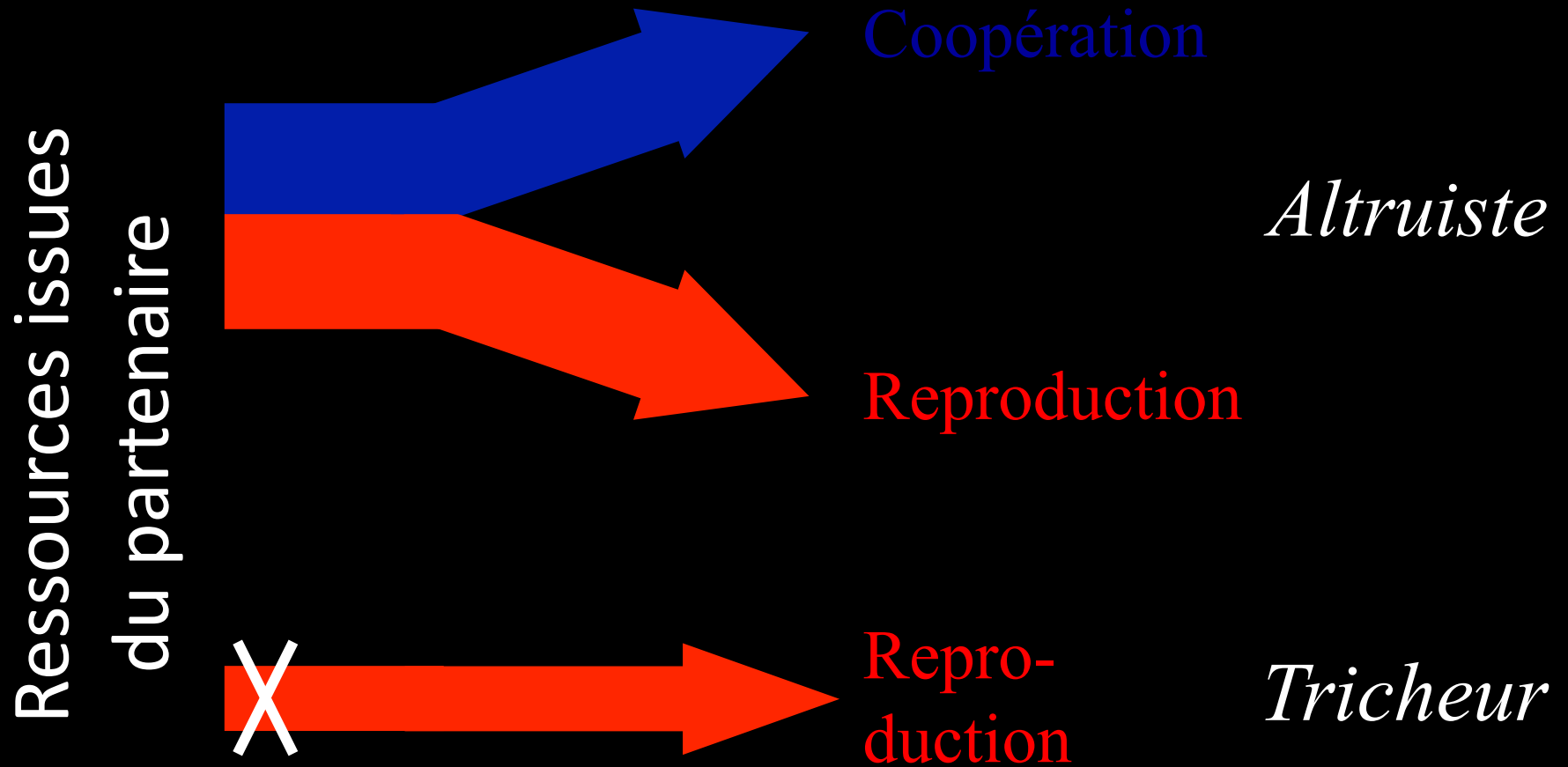
Altruiste

Reproduction

Repro-
duction

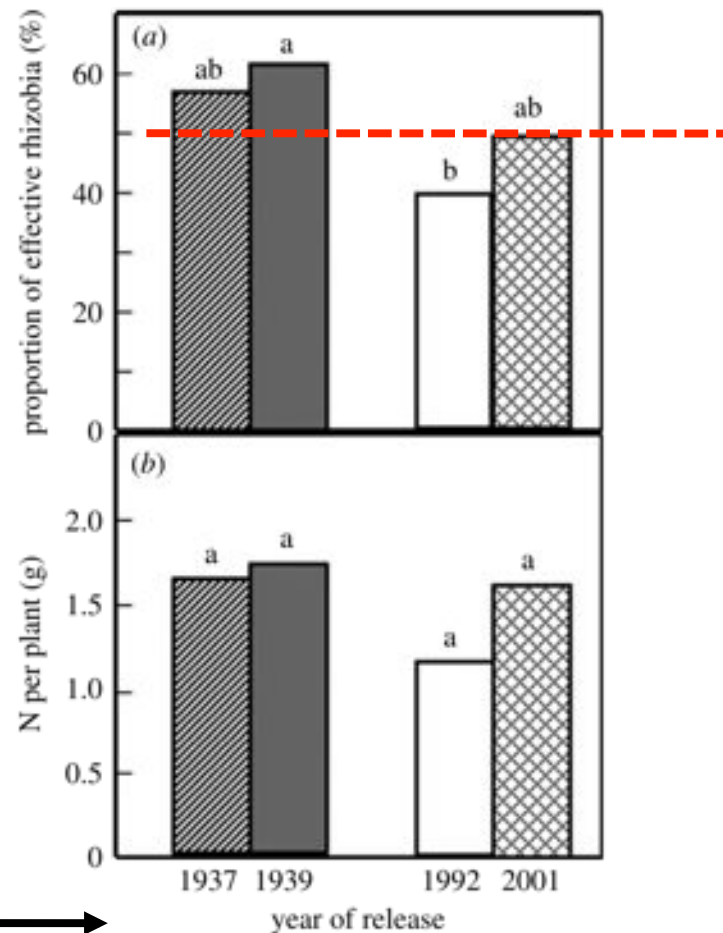
Tricheur

SYMBIOSE / TRICHERIE



Réaction à une
inoculation de
Rhizobium efficaces
et inactifs
(tricheurs), inoculés
en sol agricole avec
un ratio 1:1.

Année de
mise sur
le marché de la
variété de Soja



(a) Proportion of effective rhizobia from nodules of four cultivars of pouch-grown plants inoculated with a 1 : 1 mixture of effective : ineffective rhizobia. Nodules were harvested and pooled from each root system, sterilized and crushed to determine the proportion of effective to ineffective rhizobia per plant and (b) total nitrogen (N) per plant at harvest in mixed-inoculum treatment. Means within a graph followed by the same letter are not statistically significant (Tukey HSD $p < 0.05$).

Définitions et approche évolutionniste

Notion de phénotype étendu

La course de la Reine Rouge

THÈME 2 – B NOURRIR L'HUMANITE

L'agriculture repose sur la constitution d'agrosystèmes gérés dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l'humanité. (Etudier **un exemple de culture végétale** pour montrer comment des techniques variées permettent une production quantitativement et qualitativement adaptée aux besoins.)

L'exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements posent le problème de **l'apport d'intrants dans les cultures** (engrais, produits phytosanitaires, etc.).

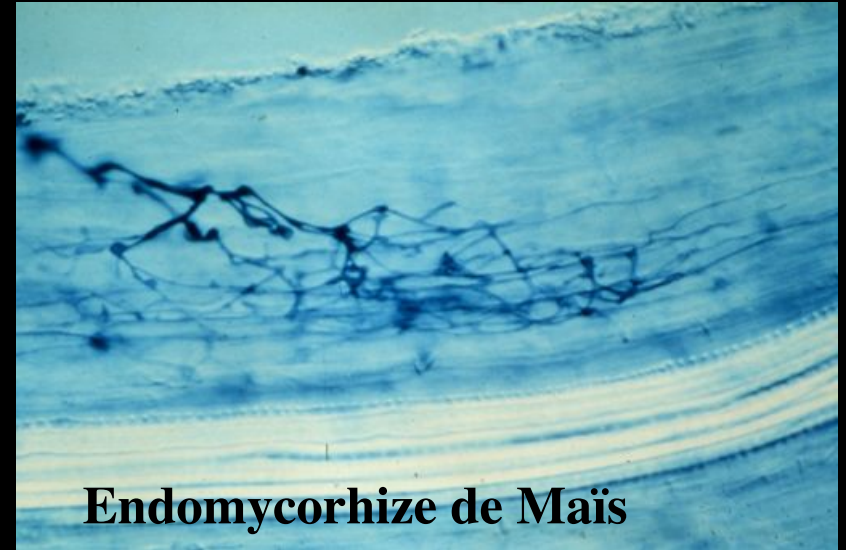
Dans un écosystème naturel, la circulation de matière et d'énergie peut être décrite par **la notion de pyramide de productivité**... Ainsi, consommer de la viande ou un produit végétal n'a pas le même impact écologique.

... il est nécessaire **de prendre en compte l'environnement** pour en assurer la durabilité (des ressources).









Endomycorhize de Maïs



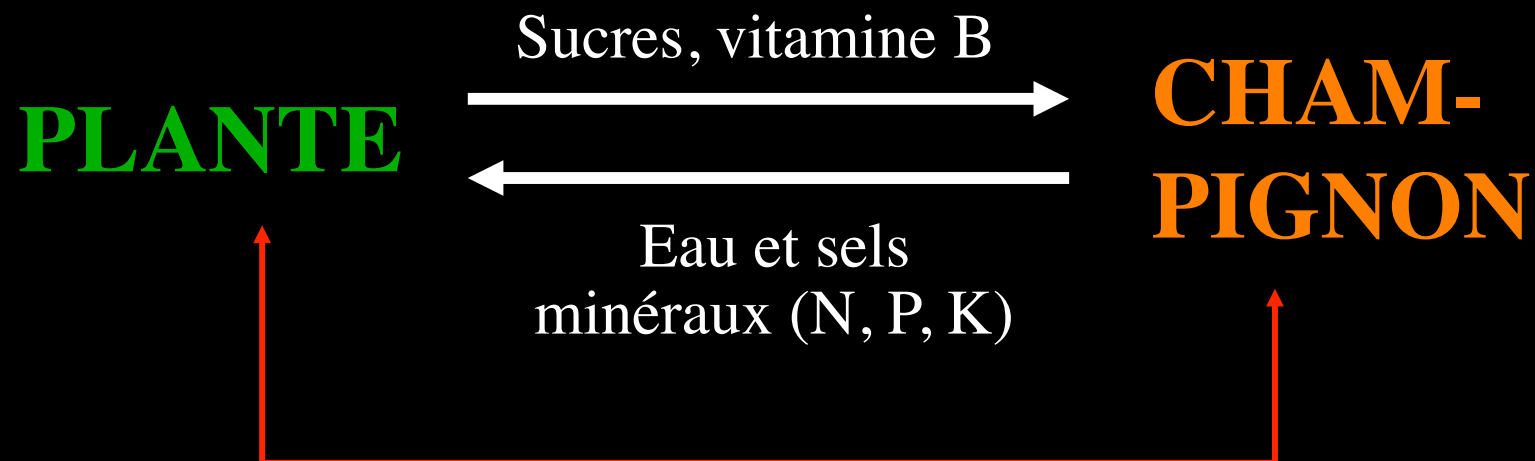
Arbuscules

LA MYCORHIZE

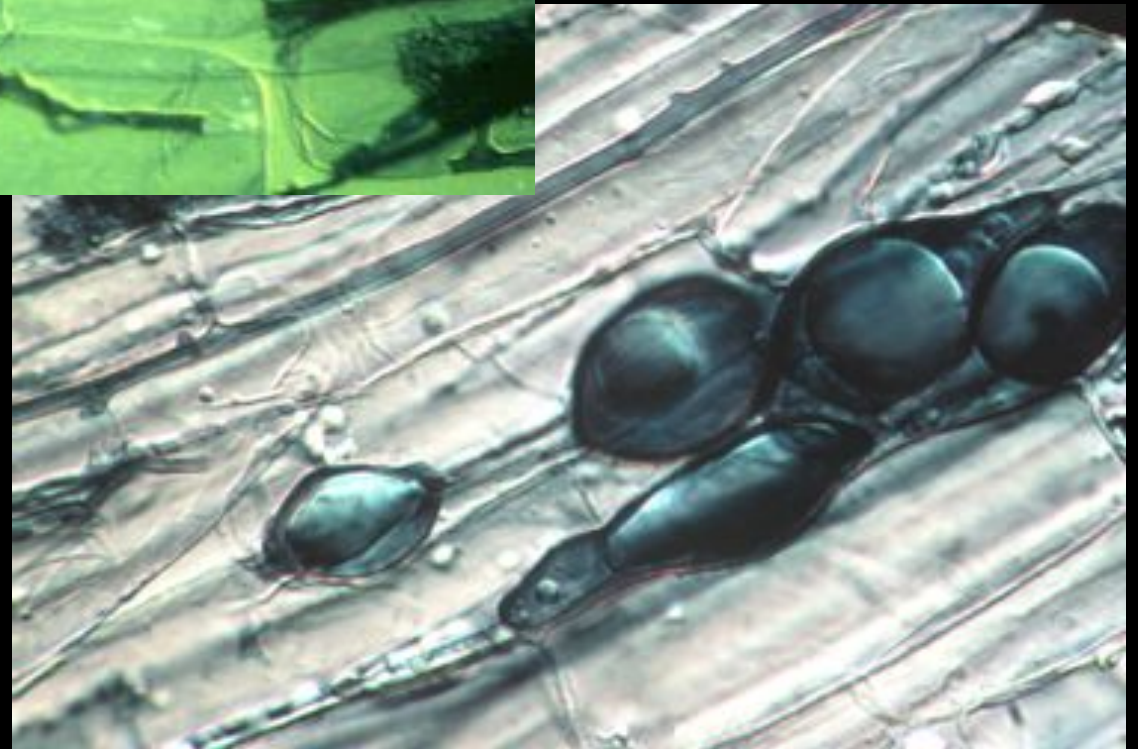
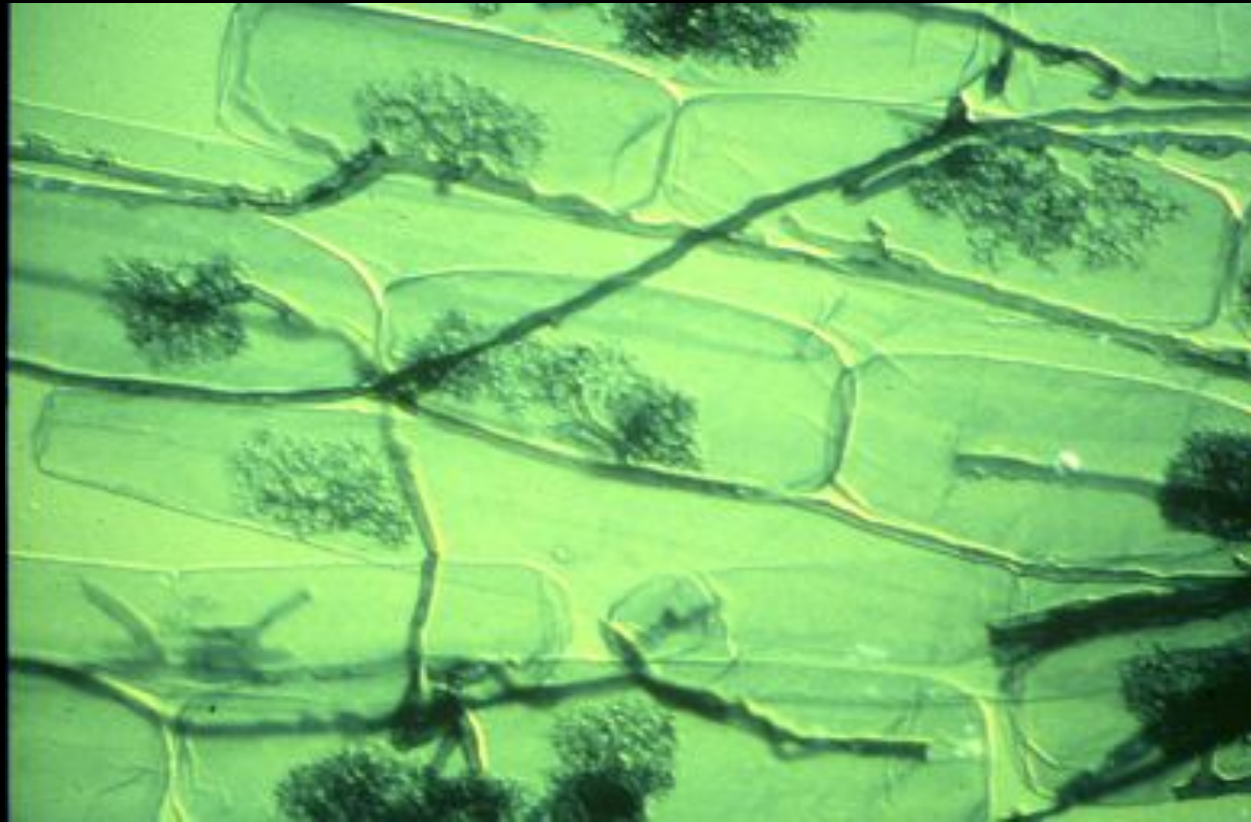


LA MYCORHIZE

Des échanges nutritifs réciproques :



Protection contre les agressions
physiques et biologiques



Un protocole à
venir dans les
colonnes de
l'APBG

THÈME 2 – B NOURRIR L'HUMANITE

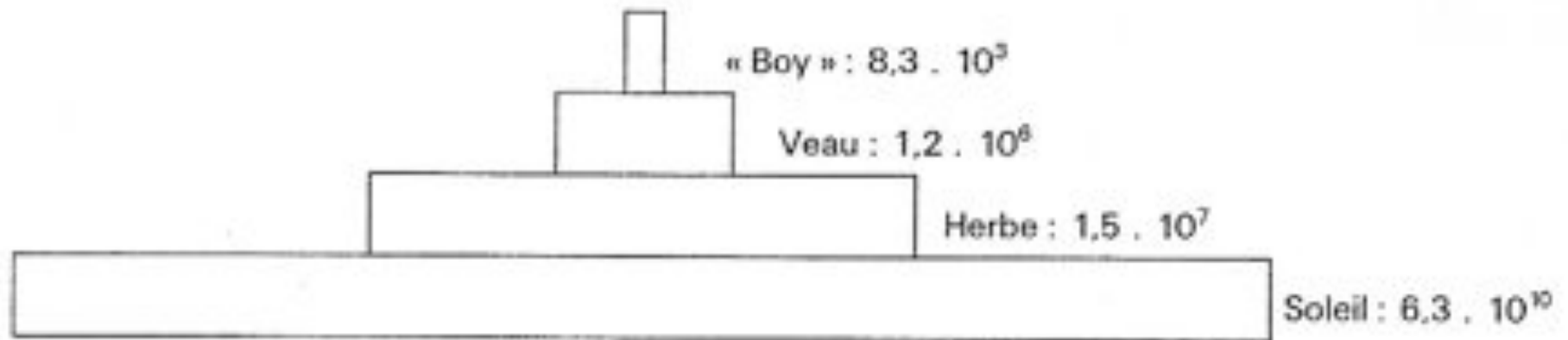
L'agriculture repose sur la constitution d'agrosystèmes gérés dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l'humanité. (Etudier **un exemple de culture végétale** pour montrer comment des techniques variées permettent une production quantitativement et qualitativement adaptée aux besoins.)

L'exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements posent le problème de **l'apport d'intrants dans les cultures** (engrais, produits phytosanitaires, etc.).

Dans un écosystème naturel, la circulation de matière et d'énergie peut être décrite par **la notion de pyramide de productivité**... Ainsi, consommer de la viande ou un produit végétal n'a pas le même impact écologique.

... il est nécessaire **de prendre en compte l'environnement** pour en assurer la durabilité (des ressources).



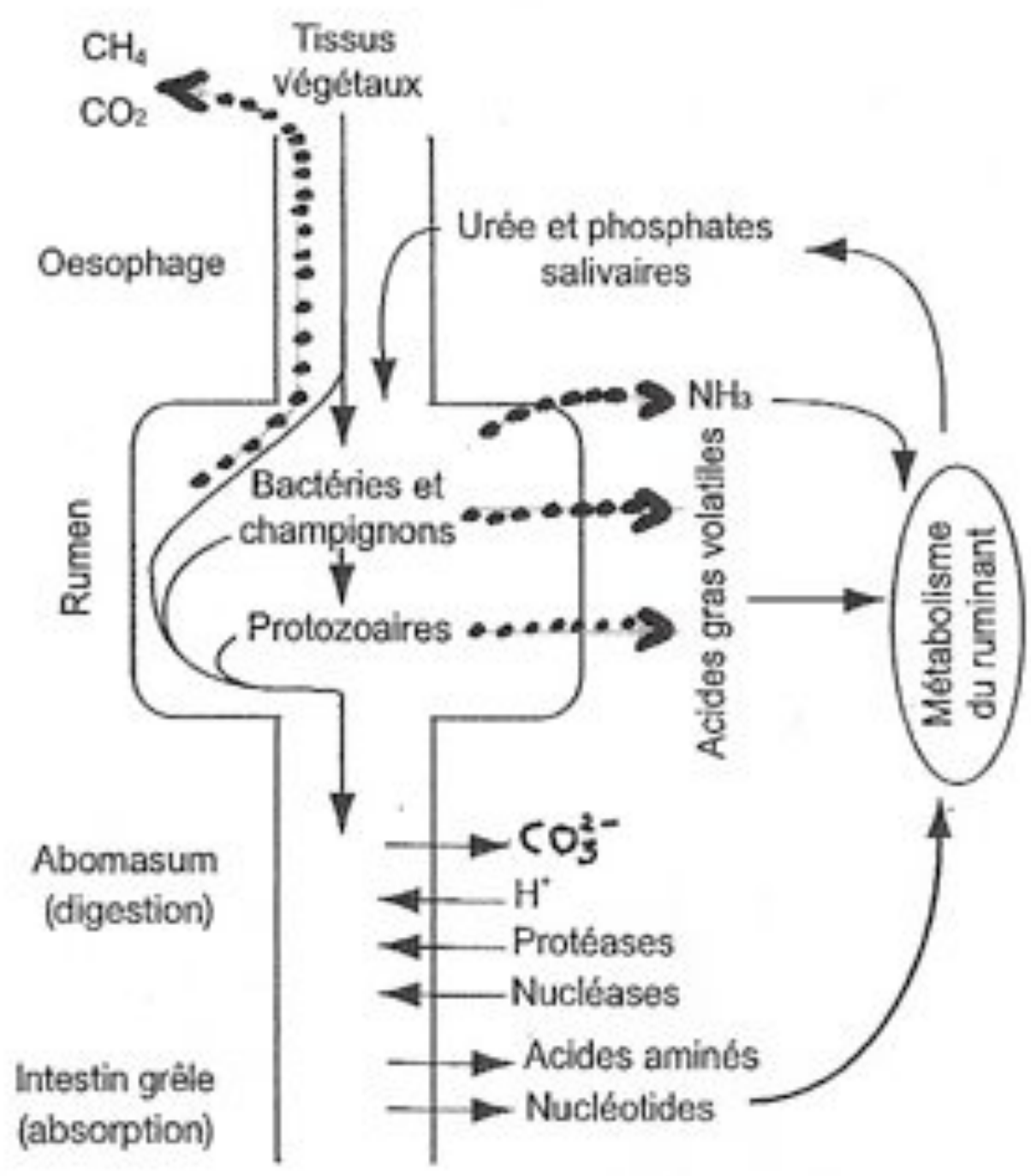


La pyramide 'Herbe – Veau – Boy' d'Odum

valeurs en $\text{Kcal} \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{acre}^{-1}$
(1 acre = 4047 m²)

Le paradoxe de la vache...





THÈME 2 – B NOURRIR L'HUMANITE

L'agriculture repose sur la constitution d'agrosystèmes gérés dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l'humanité. (Etudier **un exemple de culture végétale** pour montrer comment des techniques variées permettent une production quantitativement et qualitativement adaptée aux besoins.)

L'exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements posent le problème de **l'apport d'intrants dans les cultures** (engrais, produits phytosanitaires, etc.).

Dans un écosystème naturel, la circulation de matière et d'énergie peut être décrite par **la notion de pyramide de productivité**... Ainsi, consommer de la viande ou un produit végétal n'a pas le même impact écologique.

... il est nécessaire **de prendre en compte l'environnement** pour en assurer la durabilité (des ressources).

Le phenotype étendu

Dawkins, 1982 : le phénotype, ce n'est pas que le produit du génotype...

Le phénotype est aussi fait de (traits comportementaux et) d'éléments biotiques et abiotiques.

THÈME 1 – A EXPRESSION, STABILITÉ ET VARIATION DU PATRIMOINE GÉNÉTIQUE

Le **phénotype macroscopique** dépend du phénotype cellulaire, lui-même induit par le phénotype moléculaire.

(caractériser les différentes échelles d'un phénotype).

.... *Et le **phénotype étendu** (sensu Dawkins) ? ... une échelle si particulièrement développée chez l'homme :*

- *Outils*
- *Agriculture*
- *Microbes « propres »*



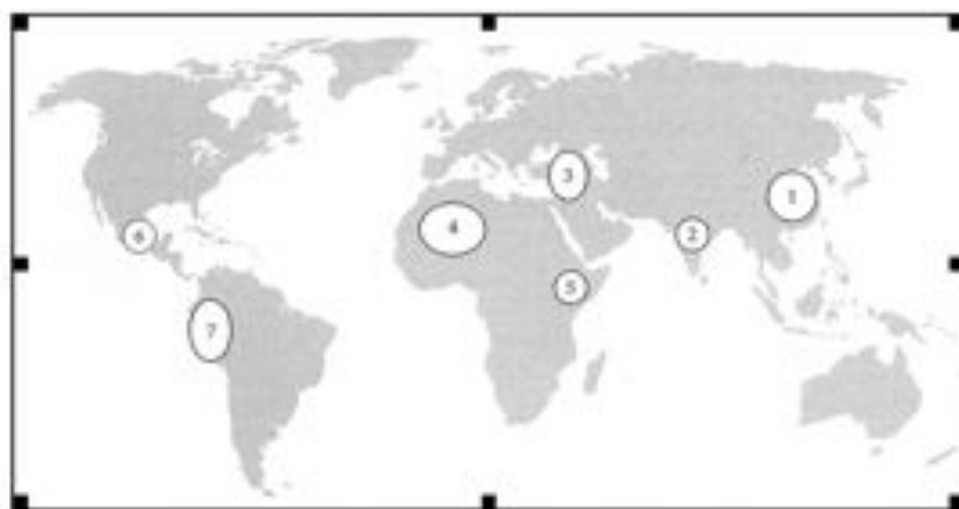
Augustin
de Candolle



Nicolai Ivanovich
Vavilov

Les grands types de cultures dans chaque centre de domestication. Modifié de Diamond, 2000.

Région	Céréales et graminées	Tubercules	Légumineuses	Fibres	Melons
1 – Chine	Millets, riz	-	Soja (<i>Glycine max</i>)	Chanvre (<i>Cannabis</i> sp.)	[Melon (<i>Cucumis melo</i>)]
2 – Inde	[Blé, orge, millet ...]	-	Pois chiche (<i>Cicer arietinum</i>)	Coton (<i>G. arboreum</i>), lin	Concombre (<i>C. sativa</i>)
3 – Croissant fertile	Blé (<i>Triticum</i> sp.), orge (<i>Hordeum</i> sp.)	-	Pois (<i>Pisum</i>), lentilles (<i>Lens</i>), Pois chiche	Lin (<i>Linum usitatissimum</i>)	Melon (<i>C. melo</i>)
4 – Afrique O. et Sahel	Sorgho, millet, riz africain	Ignames (<i>Dioscorea</i> sp.)	Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i>)	Coton (<i>G. herbaceum</i>)	Melons, gourdes
5 – Éthiopie	Teff (<i>Eragrostis tef</i>), ragi (<i>Echinochloa coracana</i>) [Blé, orge]	-	Pois, lentilles	[Lin]	-
6 – Amérique centrale	Maïs (<i>Zea mays</i>)	Jicama (<i>Pachyrhizus</i> sp.)	Haricot (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Coton (<i>G. hirsutum</i>) yucca, agave	Courges (<i>C. pepo</i>) etc.
7 – Andes	Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	Manioc, P. de terre	Haricot, cacahuètes (<i>Arachis hypogaea</i>)	Coton (<i>G. barbadense</i>)	Courges (<i>C. maxima</i> , etc.)
Est des USA	Renouée, petit orge, maygrass (<i>Phalaris caroliniana</i>)	<i>Helianthus tuberosus</i>	-	-	Courges (<i>C. pepo</i>)
Mlle Guinée	Canne à sucre (<i>Saccharum</i> sp.)	Igames, tarot (<i>Calocasia esculenta</i>)	-	-	-





Milpa...



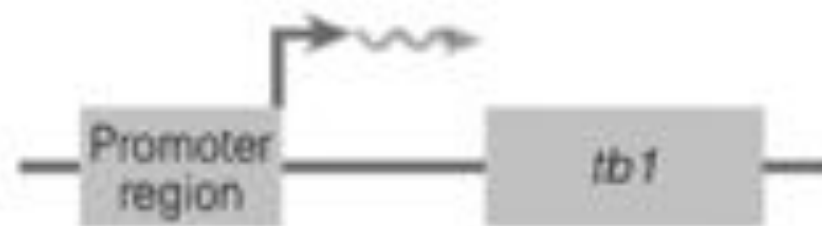
... et fibres





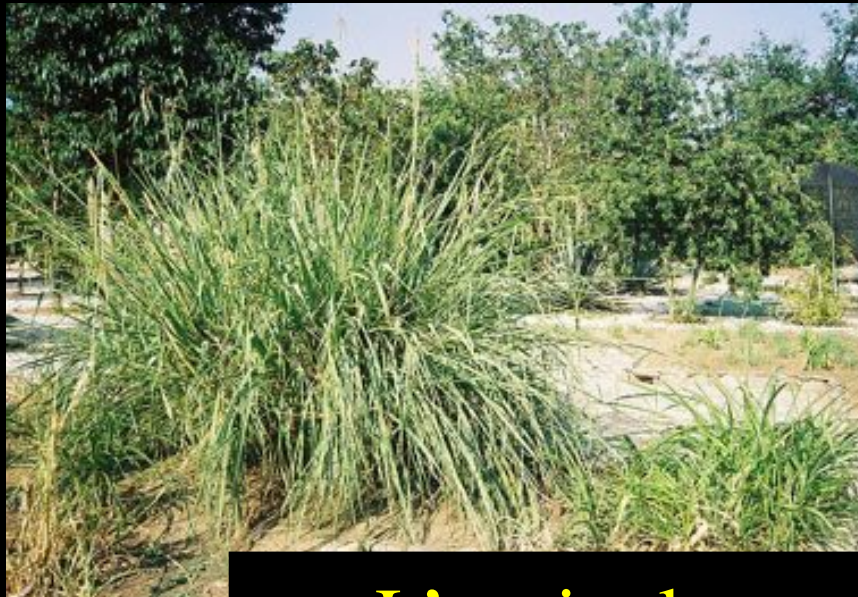






Variabilité génétique	3% de la téosinte	identique à la la téosinte
Séquences du Maïs	3, dérivées d'un ancêtre commun récent	proches de la téosinte
Sélectionné :	oui	non

Variations de diversité sur le gène *tb1* et son promoteur; noter la preuve d'une recombinaison avec la diversité sauvage entre le promoteur et le gène



.... L'agriculture, un autre mutualisme !



THÈME 2 – B NOURRIR L'HUMANITE

L'agriculture repose sur la constitution d'agrosystèmes gérés dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l'humanité. (Etudier un exemple de culture végétale pour montrer comment des techniques variées permettent une production quantitativement et qualitativement adaptée aux besoins.)

L'exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements posent le problème de l'apport d'intrants dans les cultures (engrais, produits phytosanitaires, etc.).

Dans un écosystème naturel, la circulation de matière et d'énergie peut être décrite par la notion de pyramide de productivité... Ainsi, consommer de la viande ou un produit végétal n'a pas le même impact écologique.

... il est nécessaire de prendre en compte l'environnement pour en assurer la durabilité (des ressources).

De la symbiose en nous !

100 000 000 000 000 cellules « humaines »

De la symbiose en nous

100 000 000 000 000 cellules « humaines »

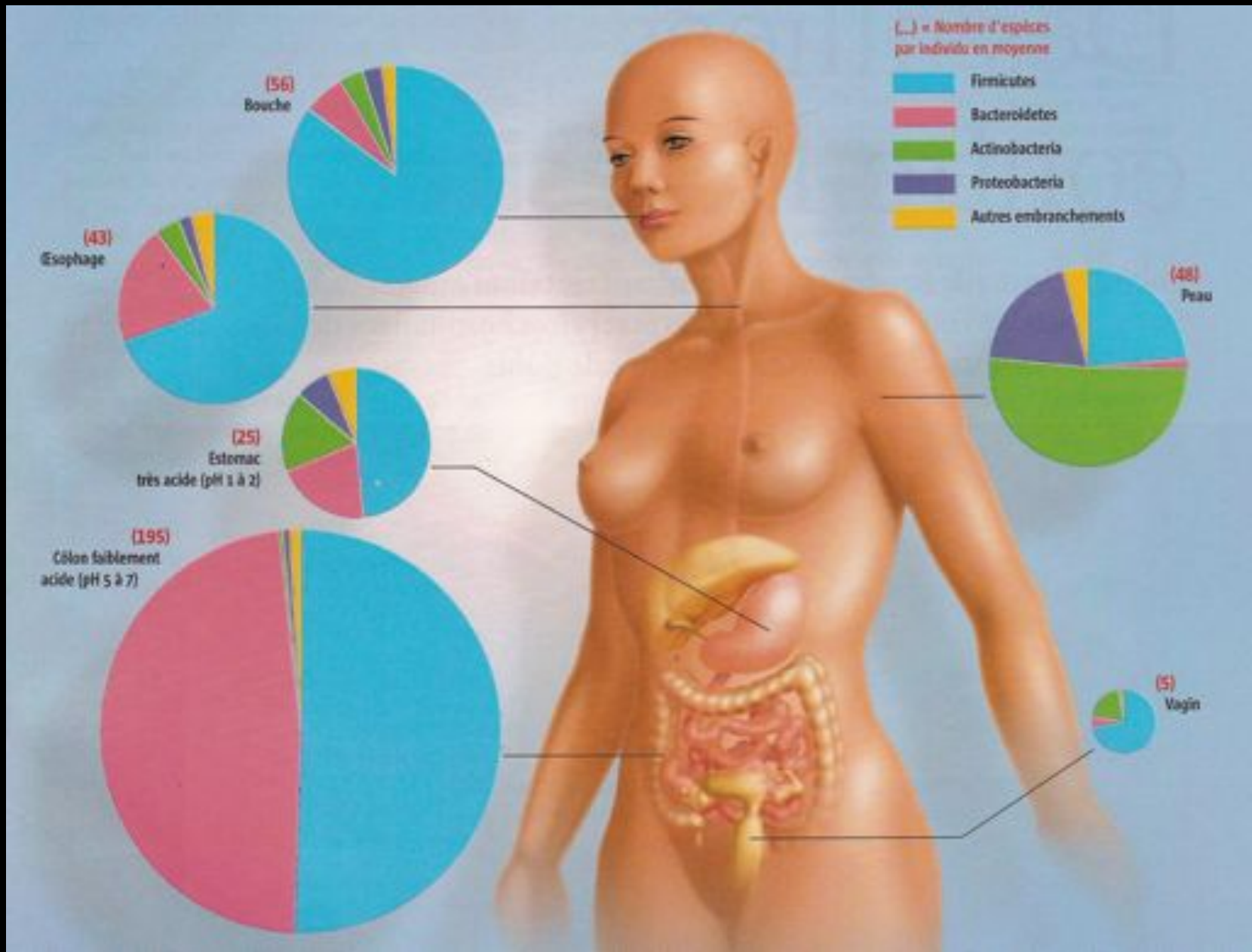
10 000 000 000 000 bactéries sur la peau

De la symbiose en nous

100 000 000 000 000 cellules « humaines »

10 000 000 000 000 bactéries sur la peau

100 000 000 000 000 bactéries dans l'intestin



De la symbiose en nous

100 000 000 000 000 cellules « humaines »

10 000 000 000 000 bactéries sur la peau

100 000 000 000 000 bactéries dans l'intestin

100 000 000 000 000 000 mitochondries

Définitions et approche évolutionniste

Notion de phénotype étendu

La course de la Reine Rouge

A NEW EVOLUTIONARY LAW

Leigh Van Valen
Department of Biology
The University of Chicago
Chicago, Illinois 60637

N^o 73.104

1

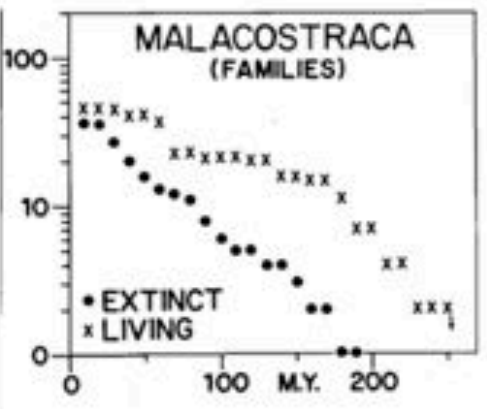
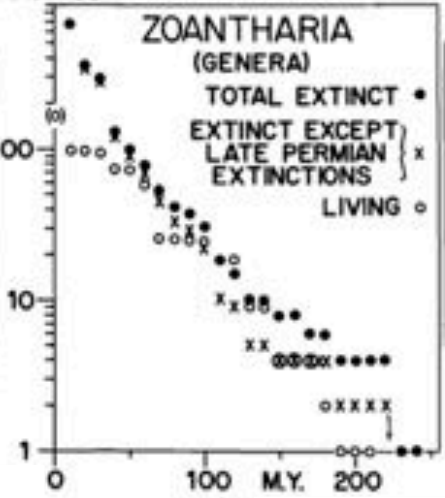
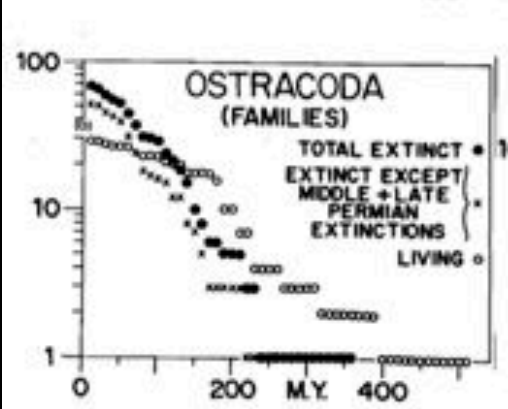
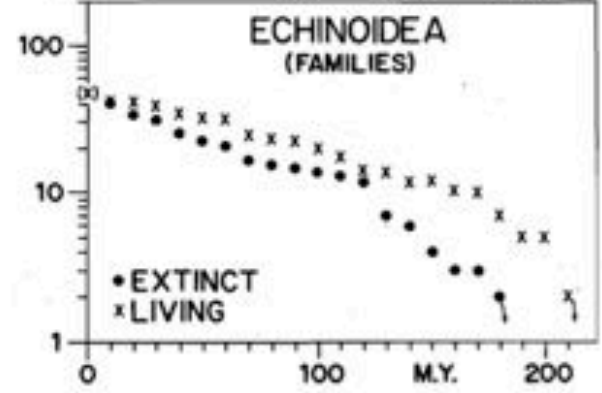
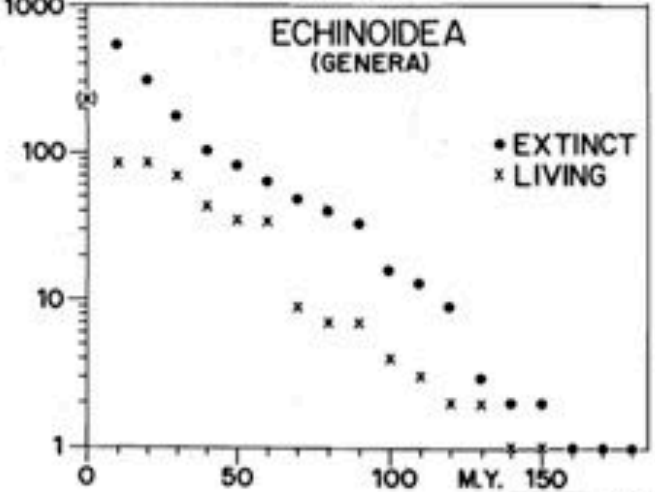
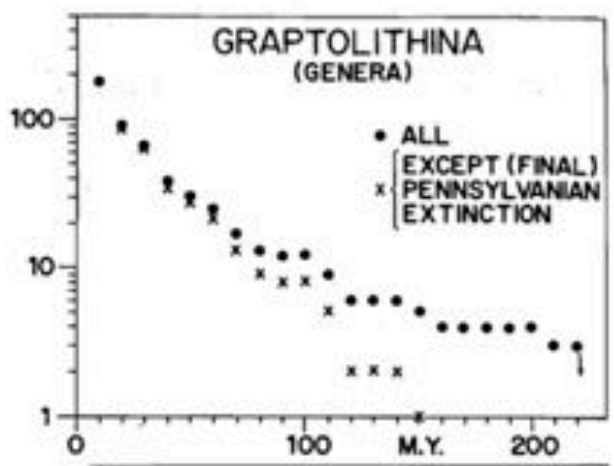
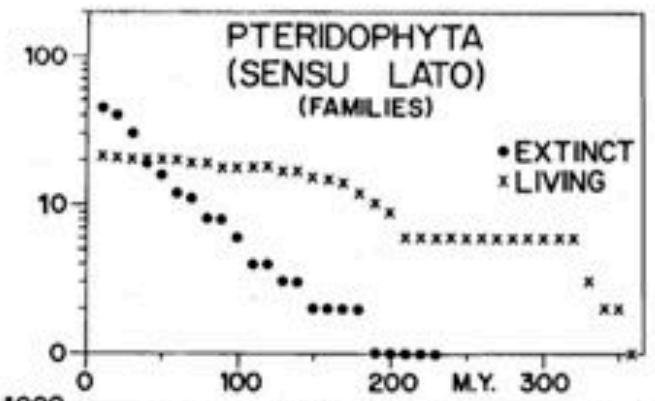
ABSTRACT:

All groups for which data exist go extinct at a rate that is constant for a given group. When this is recast in ecological form (the effective environment of any homogeneous group of organisms deteriorates at a stochastically constant rate), no definite exceptions exist although a few are possible. Extinction rates are similar within some very broad categories and vary regularly with size of area inhabited. A new unit of rates for discrete phenomena, the macarthur, is introduced. Laws are appropriate in evolutionary biology. Truth needs more than correct predictions. The Law of Extinction is evidence for ecological significance and comparability of taxa. A non-Markovian hypothesis to explain the law invokes mutually incompatible optima within an adaptive zone. A self-perpetuating fluctuation results which can be stated in terms of an unstudied aspect of zero-sum game theory. The hypothesis can be derived from a view that momentary fitness is the amount of control of resources, which remain constant in total amount. The hypothesis implies that long-term fitness has only two components and that events of mutualism are rare. The hypothesis largely explains the observed pattern of molecular evolution.

*

*

*



The Red Queen's Hypothesis

The probability of extinction of a taxon is then effectively independent of its age. This suggests a randomly acting process. But the probability is strongly related to adaptive zones. This shows that a randomly acting process cannot be operating uniformly. How can it be that extinction occurs randomly with respect to age but nonrandomly with respect to ecology?



The Red Queen does not need changes in the physical environment, although she can accommodate them. Biotic forces provide the basis for a self-driving (at this level) perpetual motion of the effective environment and so of the evolution of the species affected by it (37).

THÈME 3 – B VARIATION GÉNÉTIQUE ET SANTE

L'Homme aussi bien que **les microorganismes infectieux** susceptibles de l'attaquer présentent une forte variabilité génétique issue.....

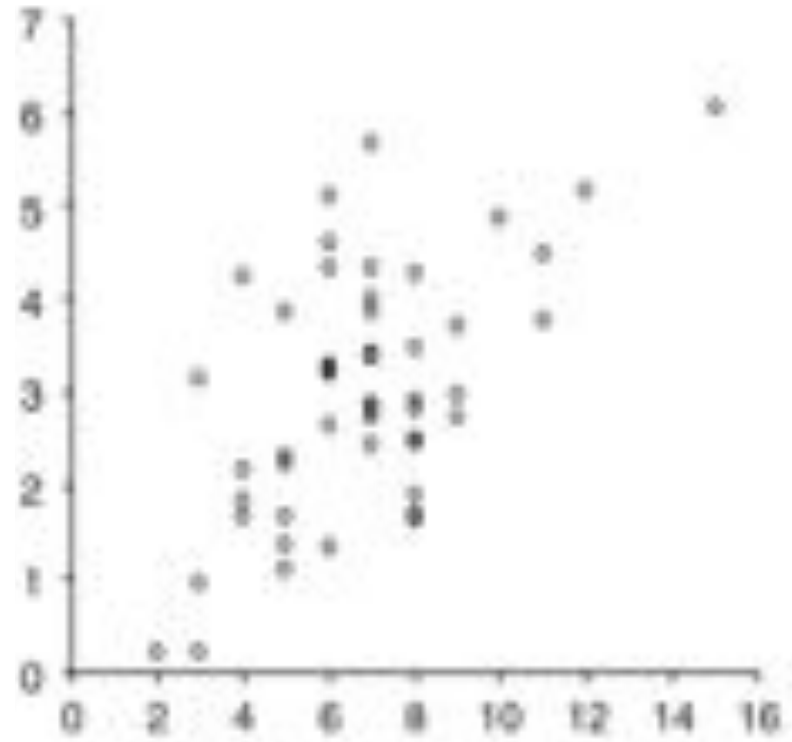
Le plus souvent, l'impact du génome sur la santé n'est pas un déterminisme absolu. Il existe des gènes dont certains allèles rendent plus probable le développement d'une maladie sans pour autant le rendre certain. En général **les modes de vie et de milieu interviennent également** et le développement d'une maladie dépend alors de **l'interaction complexe entre facteurs du milieu et génome**.

L'évolution rapide des microorganismes pose des problèmes en termes de prévention et de traitement.

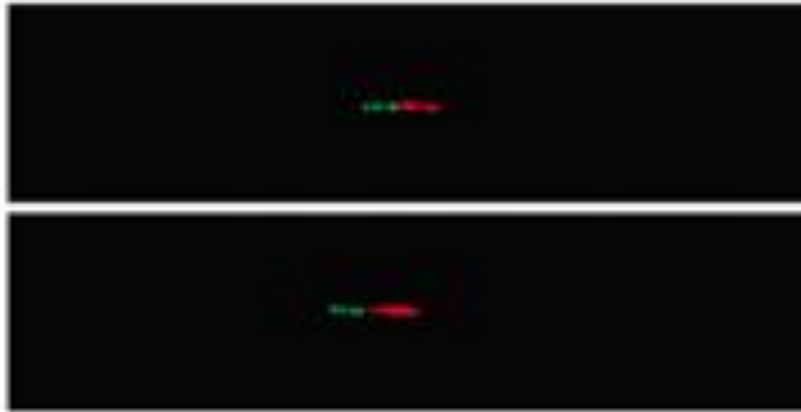
L'application d'un antibiotique sur une population bactérienne sélectionne les formes résistantes et permet leur développement. L'utilisation systématique de traitements antibiotiques peut augmenter la fréquence des formes résistantes par sélection naturelle. (Comprendre, sur un exemple, l'application du raisonnement évolutionniste en matière médicale)



Quantité d'amylase dans la salive



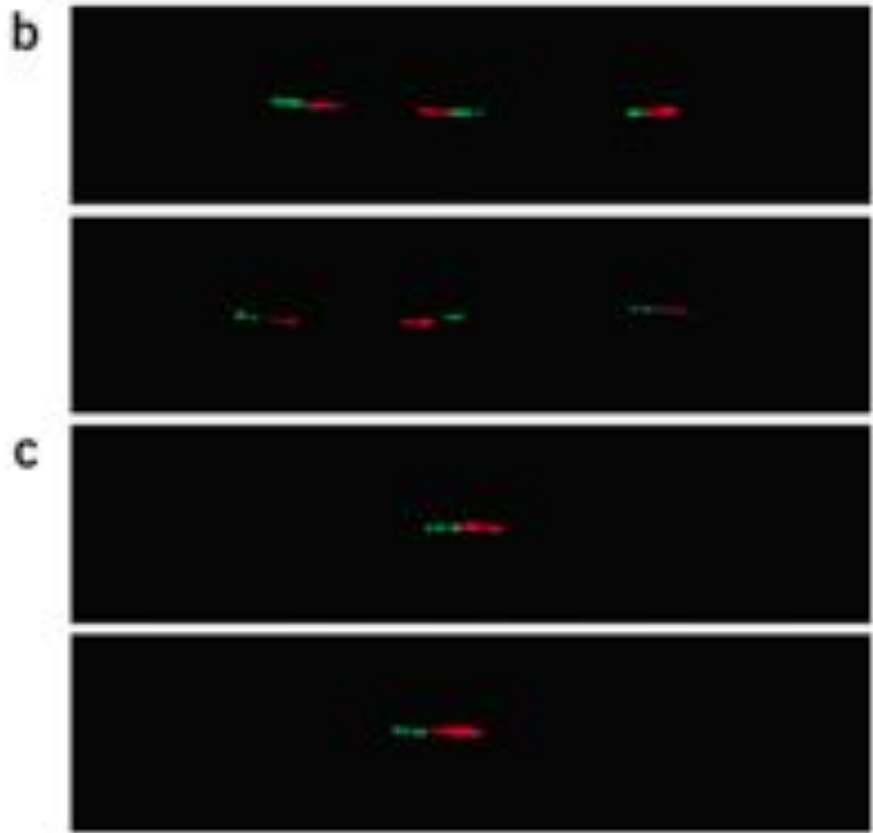
c



Chimpanzé (1+1)




Sonde reconnaissant
le gène de l'amylase



Blaka, chasseurs-
cueilleurs (3+3)

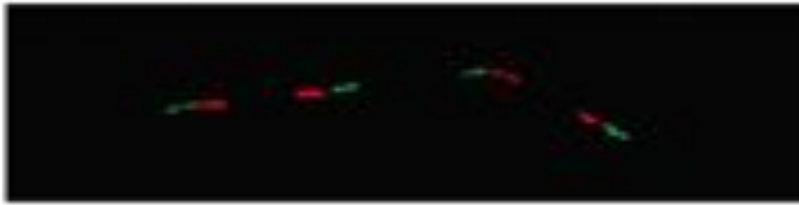
Chimpanzé (1+1)


Sonde reconnaissant
le gène de l'amylase

a



b



c



Japonais (10+4)

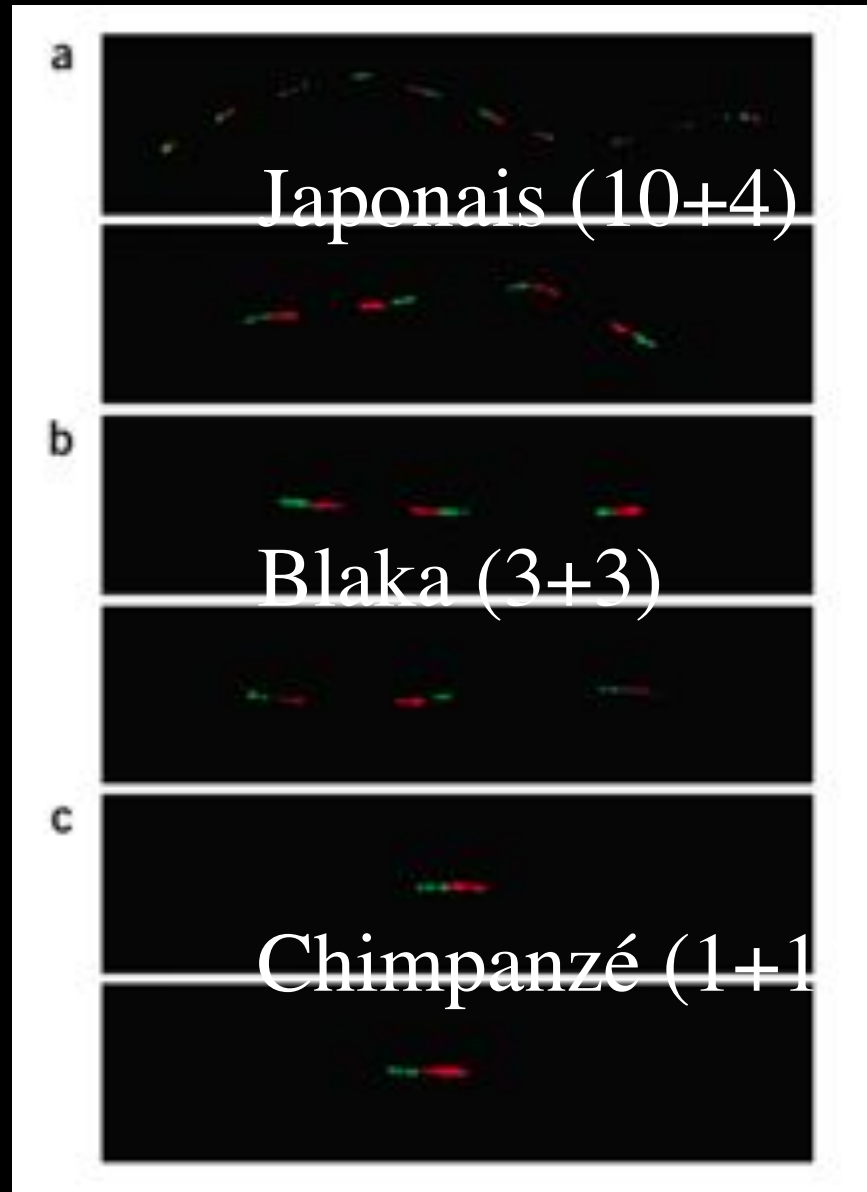
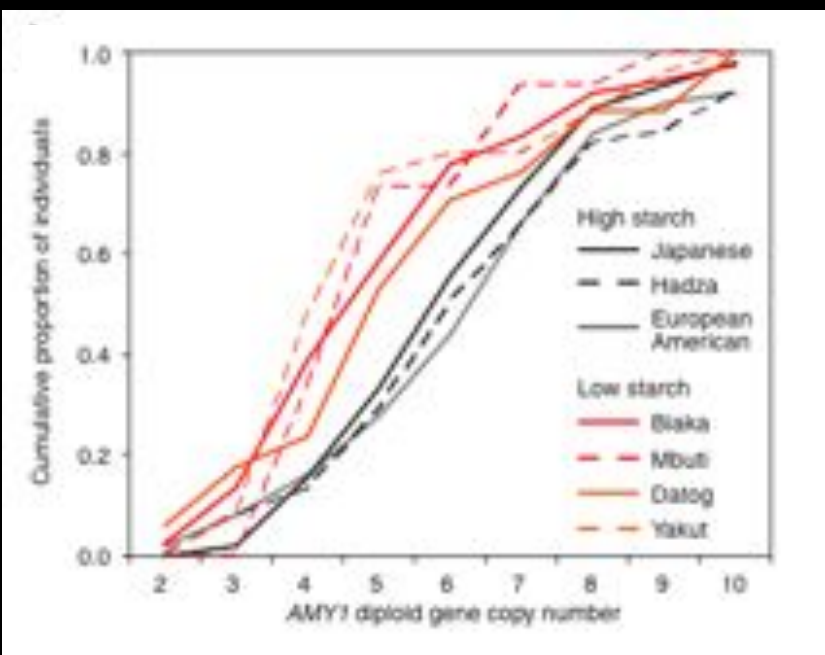
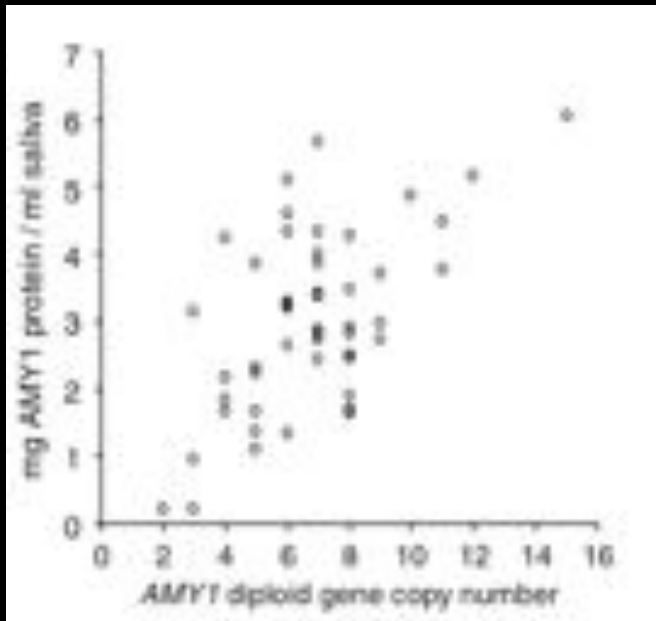


Blaka (3+3)

Chimpanzé (1+1)



Sonde reconnaissant
le gène de l'amylase

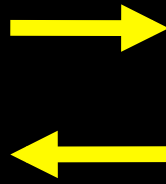
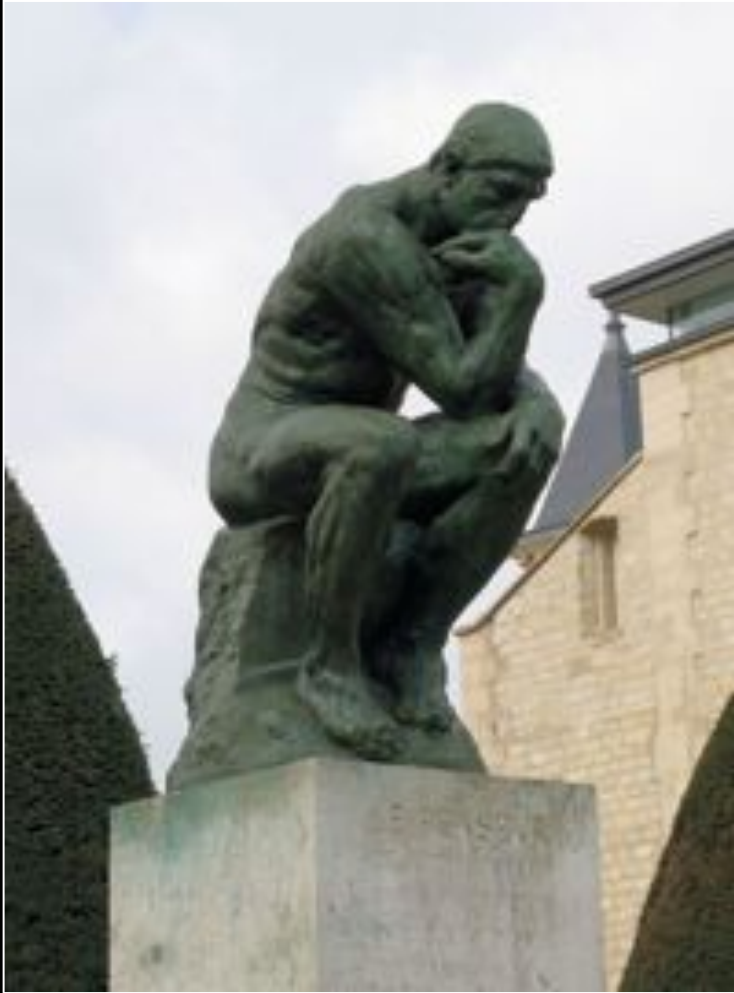


Japonais (10+4)

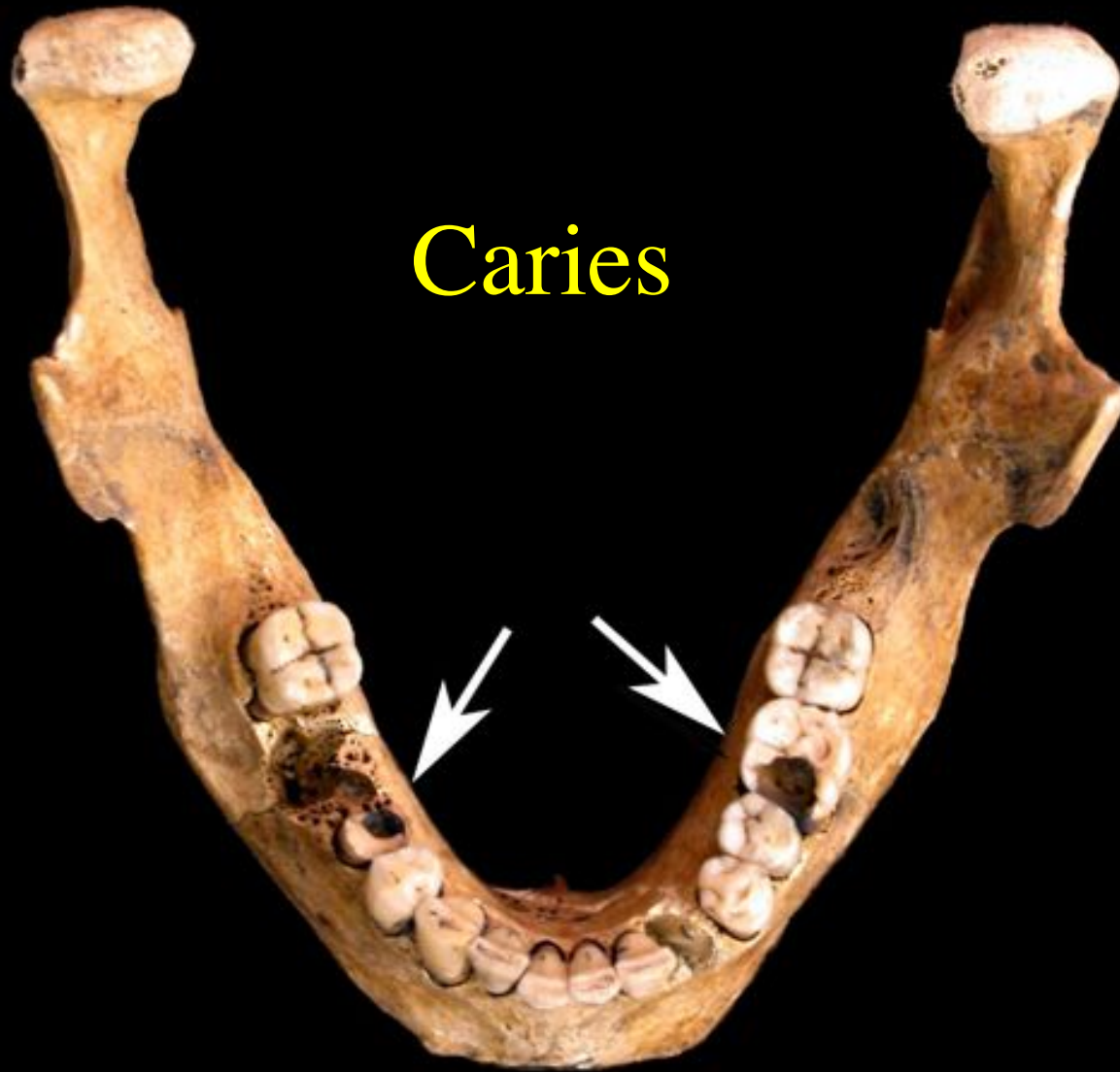
Blaka (3+3)

Chimpanzé (1+1)

Sonde AMY1




Caries



Une forme de mutualisme...
avec les pressions de
sélections associées

LOT DE 3 x 4 TRANCHES
SANS COUENNE DONT

Poids net 480 g

(3 x 160 g e) 



**1 BARQUETTE
GRATUITE**

PRIX CHOC

Jambon cuit supérieur au torchon
Ingrédients : Jambon frais, sel, dextrose, arômes (dont lactose, dérivés de fruits à coque et céréales
contenant du gluten). Conservateur : nitrite de sodium. Antioxygène : érythorbate de sodium.

MADRANGE - F87228 FETTUAT

À conserver entre 0°C et +4°C

Conditionné sous atmosphère protectrice

À consommer rapidement après ouverture

Produit approuvé / certifié par le Comité National de Contrôle des Produits de la Charcuterie

THÈME 3 – B VARIATION GÉNÉTIQUE ET SANTE

L'Homme aussi bien que **les microorganismes infectieux** susceptibles de l'attaquer présentent une forte variabilité génétique issue.....

Le plus souvent, l'impact du génome sur la santé n'est pas un déterminisme absolu. Il existe des gènes dont certains allèles rendent plus probable le développement d'une maladie sans pour autant le rendre certain. En général **les modes de vie et de milieu interviennent également** et le développement d'une maladie dépend alors de **l'interaction complexe entre facteurs du milieu et génome**.

L'évolution rapide des microorganismes pose des problèmes en termes de prévention et de traitement.

L'application d'un antibiotique sur une population bactérienne sélectionne les formes résistantes et permet leur développement. **L'utilisation systématique de traitements antibiotiques peut augmenter la fréquence des formes résistantes par sélection naturelle.** (Comprendre, sur un exemple, l'application du raisonnement évolutionniste en matière médicale)



Absence of the lactase-persistence-associated allele in early Neolithic Europeans

J. Burger^{1*}, M. Kirchner², B. Bramanti¹, W. Haak¹, and M. G. Thomas²

¹Johannes Gutenberg University, Institute of Anthropology, Saarstrasse 21, D-55099 Mainz, Germany; and ²Department of Biology, University College London, Wolfson House, 4 Stephenson Way, London NW1 2HE, United Kingdom

Edited by Walter Bodmer, Cancer Research UK, Oxford, United Kingdom, and approved December 27, 2006 (received for review September 4, 2006)

Lactase persistence (LP), the dominant Mendelian trait conferring the ability to digest the milk sugar lactose in adults, has risen to high frequency in central and northern Europeans in the last 20,000 years. This trait is likely to have conferred a selective advantage in

would have provided a selective advantage in the absence of a supply of fresh milk, and because of observed correlations between the frequency of LP and the extent of traditional reliance on animal milk, the culture-historical hypothesis has

Table 1. Samples, culture, archaeological or radiocarbon dating, lactase genotype, and mtDNA haplotype

Sample	Culture	Archaeological or radiocarbon dating	MCM6 genotype		CRS mtDNA 16209–16303 variable positions (–16,000)
			Intron 13	Intron 9	
ELT 2	Merovingian	A.D. 400–600	Y	A	C294T
DEB 1	Neolithic Linear Pottery	5500–5000 B.C.	C	G	C223T, C248T
DEB 3	Neolithic Linear Pottery	5500–5000 B.C.	C	G	C223T, C248T
DEB 4	Neolithic Linear Pottery	5500–5000 B.C.	C	G	CRS
SZA23.1	Neolithic Körös	5840–5630 B.C. (OxA-9375) human rib, grave 1	C	G	C223T, C257A, C261T
SZA23.2	Neolithic Körös	5840–5630 B.C. (OxA-9375) human rib, grave 1	C	G	C223T
SZA23.3	Neolithic Körös	5840–5630 B.C. (OxA-9375) human rib, grave 1	C	G	CRS
KRE 1	Middle Neolithic Narva	5350 ± 130 B.C. (OxA-5935)	C	G	C270T
KRE 2	Middle Neolithic Narva	5580 ± 65 B.C. (OxA-5926)	C	G	C270T
DR 2	Mesolithic Zedmar	2267 ± 116 cal. B.C.	C	G	C256T, C270T

The samples are described in [SI Table 3](#). CRS, Cambridge reference sequence.

THÈME 3 – B VARIATION GÉNÉTIQUE ET SANTE

L'Homme aussi bien que les microorganismes infectieux susceptibles de l'attaquer présentent une forte variabilité génétique issue.....

Le plus souvent, l'impact du génome sur la santé n'est pas un déterminisme absolu. Il existe des gènes dont certains allèles rendent plus probable le développement d'une maladie sans pour autant le rendre certain. En général les modes de vie et de milieu interviennent également et le développement d'une maladie dépend alors de l'interaction complexe entre facteurs du milieu et génome.

L'évolution rapide des microorganismes pose des problèmes en termes de prévention et de traitement.

L'application d'un antibiotique sur une population bactérienne sélectionne les formes résistantes et permet leur développement. L'utilisation systématique de traitements antibiotiques peut augmenter la fréquence des formes résistantes par sélection naturelle. (Comprendre, sur un exemple, l'application du raisonnement évolutionniste en matière médicale)

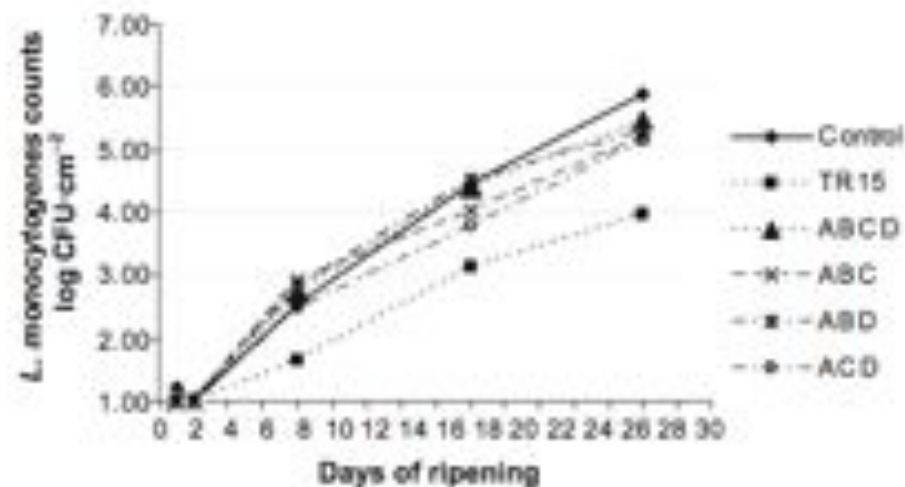




Is microbial diversity an asset for inhibiting *Listeria monocytogenes* in raw milk cheeses?

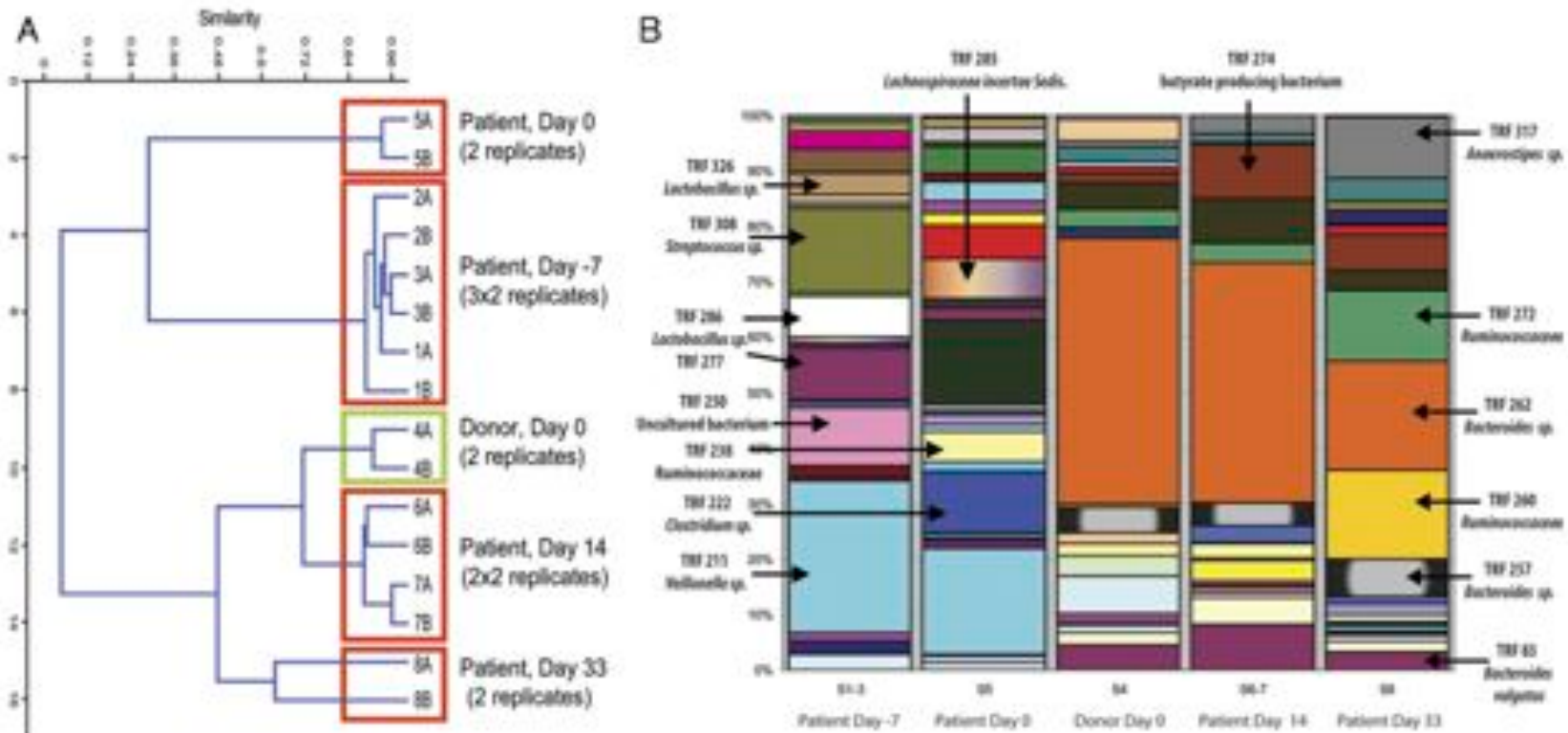
Émilie RETUREAU, Cécile CALLON, Robert DIDIENNE, Marie-Christine MONTEL*

INRA, UR545 Recherches Fromagères, 20 côte de Reyne, 15000 Aurillac, France

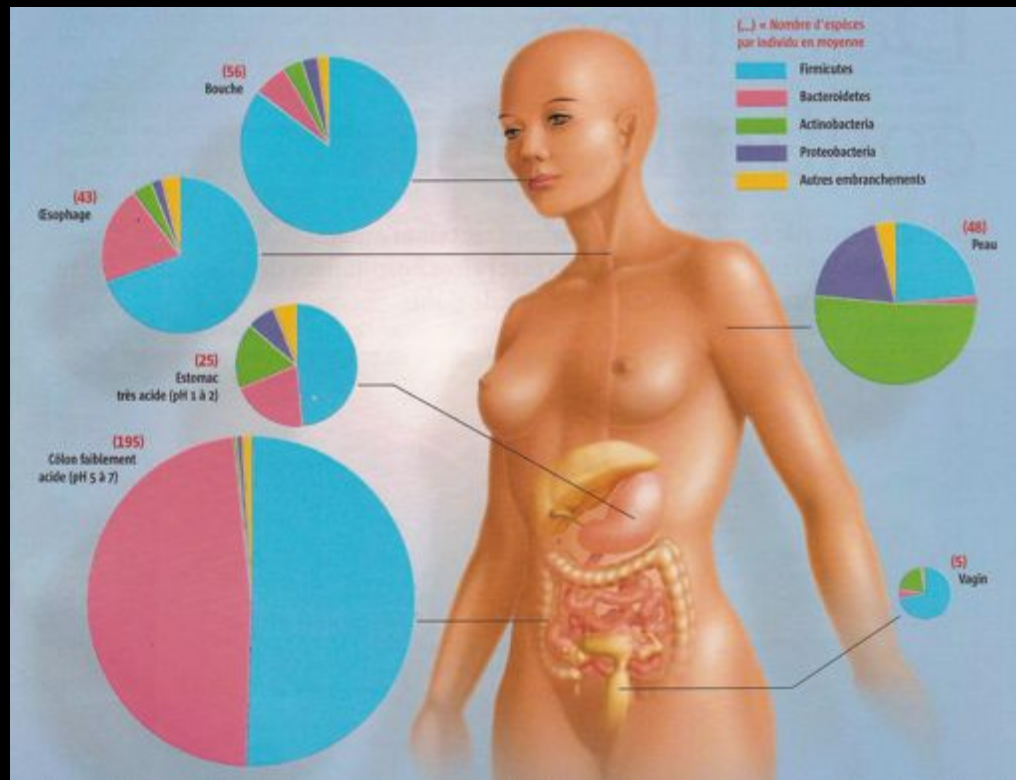


L. monocytogenes growth on the surfaces of cheeses inoculated with complex consortium TR15 and defined consortia. *L. monocytogenes* counts expressed in $\log \text{CFU}\cdot\text{cm}^{-2}$; cheese surfaces inoculated with control = commercial ripening culture, TR15 = complex consortium (rind suspension), ABCD, ABC, ABD and ACD = defined consortia from identified isolates (A = six lactic acid bacteria, B = seven Gram-positive and catalase-positive bacteria, C = three Gram-negative bacteria and D = three yeasts).

Bactériothérapie (infection à *Clostridium difficile*)

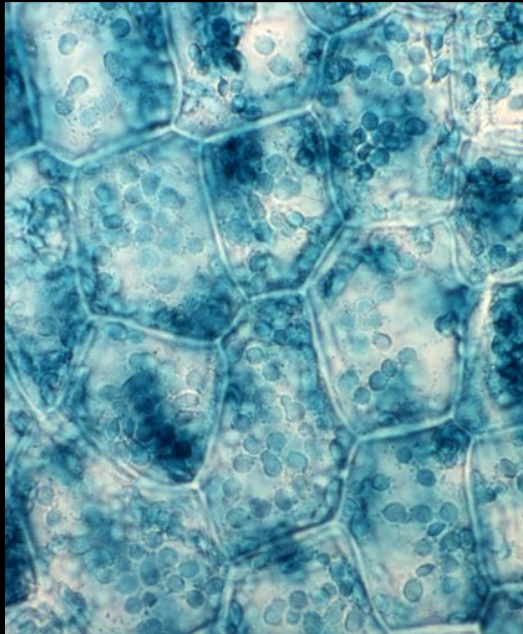


A, Dendrogram of the 16S-based T-RFLPs obtained from fecal material from the patient and the donor before and after fecal transplantation. B, Distribution of bacterial species in feces of the donor and the patient before and after fecal transplantation. The bacterial species represented by TRFs are color coded and are valid across columns. The purgative wash-out occurred on day 0, shortly before fecal transplantation.



Une longue co-évolution biologique et culturelle qui a créé un véritable patrimoine





LOT DE 3 x 4 TRANCHES
SANS COUENNE DONT

Poids net 480 g
(3 x 160 g e)

**1 BARQUETTE
GRATUITE**

PRIX CHOC

Jambon cuit supérieur au torchon
Ingrédients : Jambon frais, sel, dextrose, arômes (dont lactose, dérivés de fruits à coque et céréales contenant du gluten). Conservateur : nitrite de sodium. Antioxygène : érythorbate de sodium.

MAORANGE - F8729 FETIMK À conserver entre 0°C et +4°C. Conditionné sous atmosphère protectrice. À consommer rapidement après ouverture.

3 180940 061495

Lot de 3 barquettes 250 g. Contient 1 barquette gratuite.



© Jiř Bohdal

