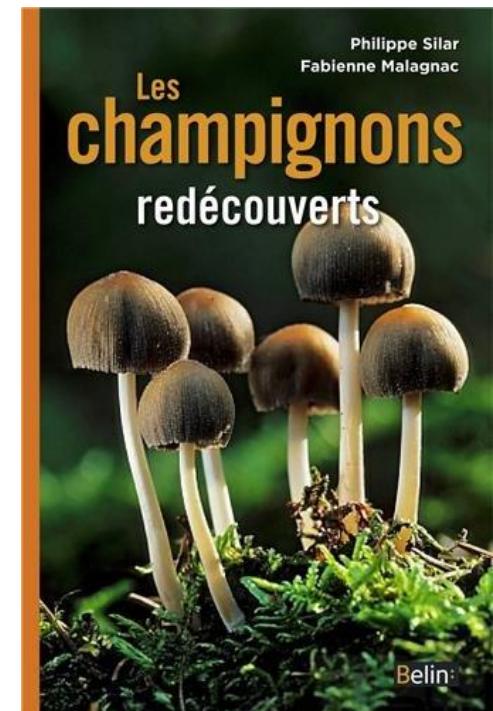
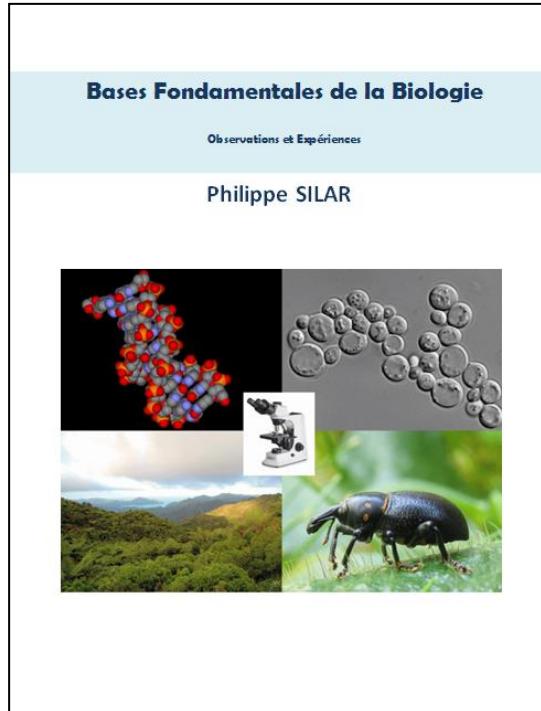
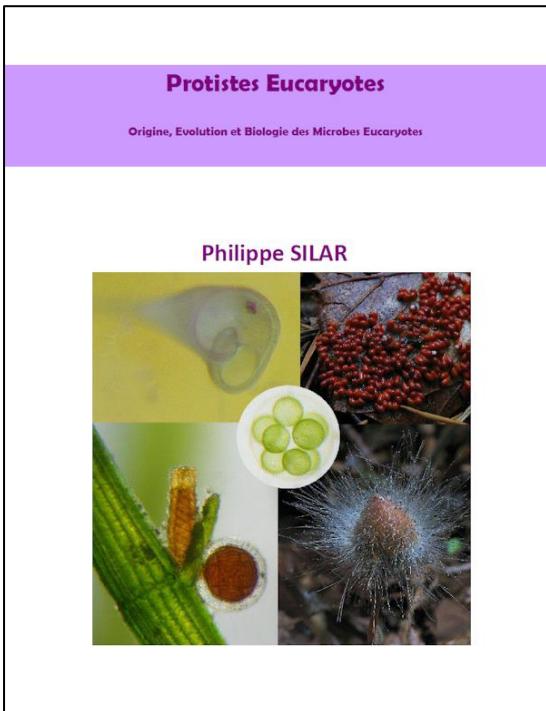


# Les microbes eucaryotes

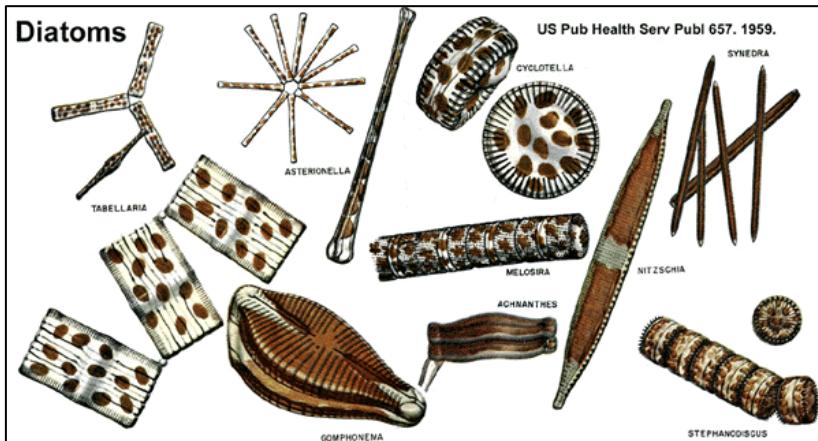
Philippe silar: <http://gec.sdv.univ-paris-diderot.fr/>



Gratuits dans HAL

# Microbe: organisme invisible à l'œil nu

Mais: de nombreux organismes apparentés à des microbes, en particulier chez les eucaryotes, sont bien visibles à l'œil nu:



diatomées

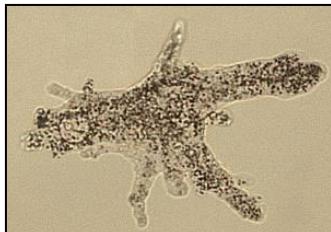


sargasses

Il vaut mieux parler de « protistes »:

→ dans ce cours, tout ce qui n'est pas un animal ou une plante

# L'ancienne terminologie et la classification basée sur la forme



amibe



flagellé



cilié



moisissures



levure

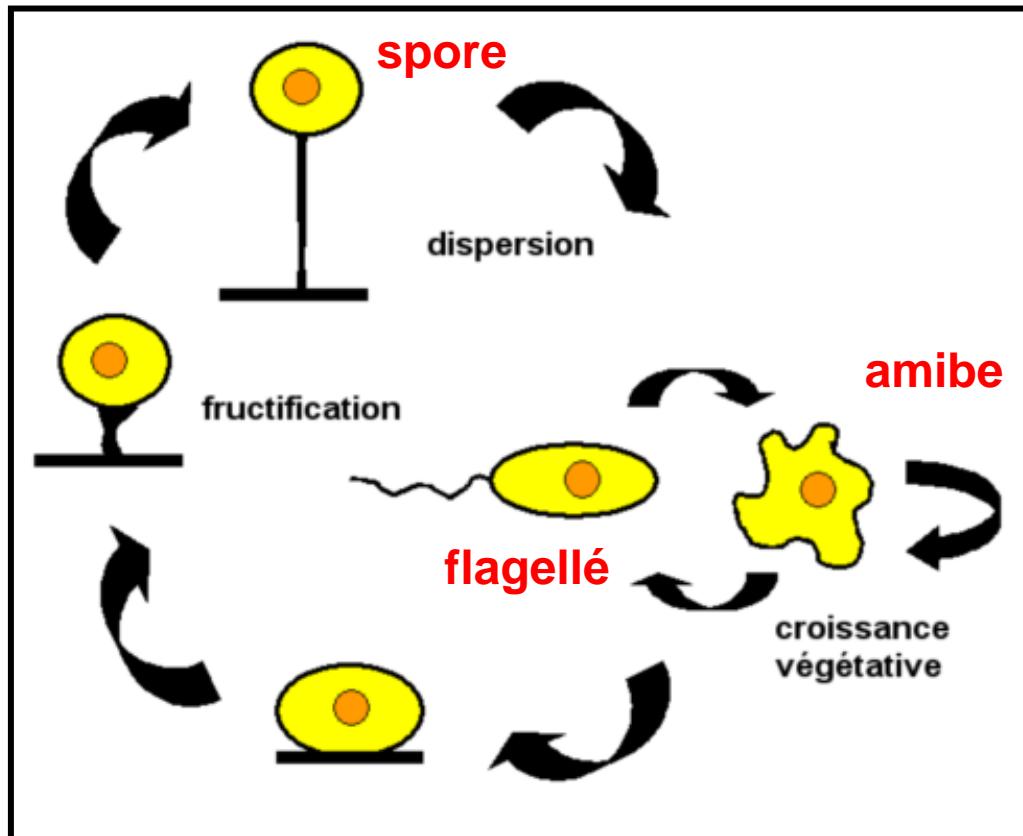
Algues

Protozoaires

Champignons

# Les problèmes

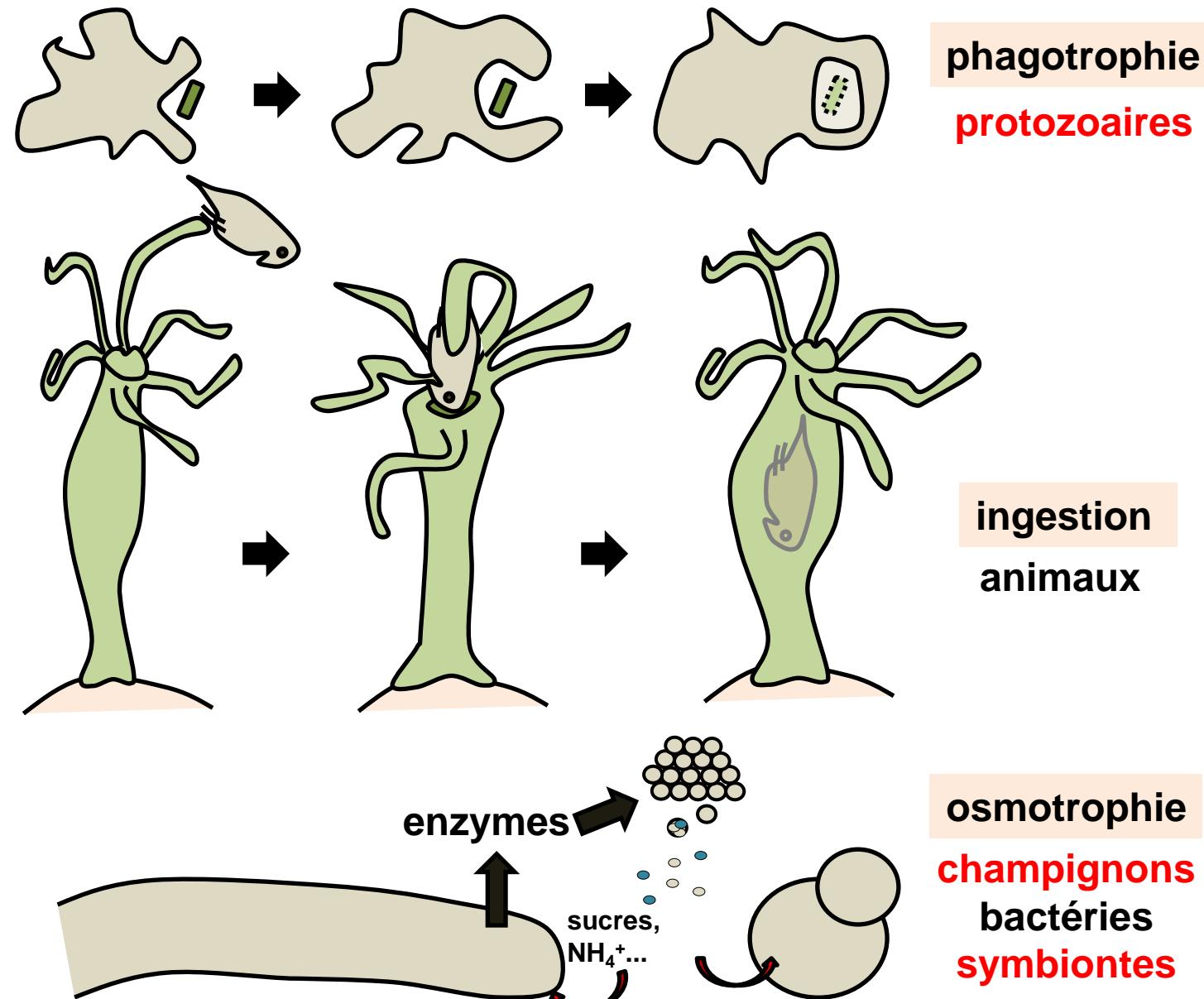
Diversité des formes morphologiques pour un même organisme



*Cycle de Planoprotostelium aurantium*

→ Plasticité développementale et cycles complexes

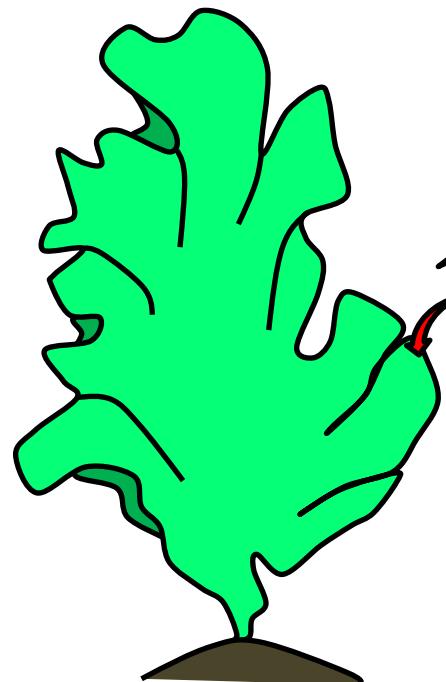
# La classification basée sur la stratégie nutritionnelle



# La classification basée sur la stratégie nutritionnelle

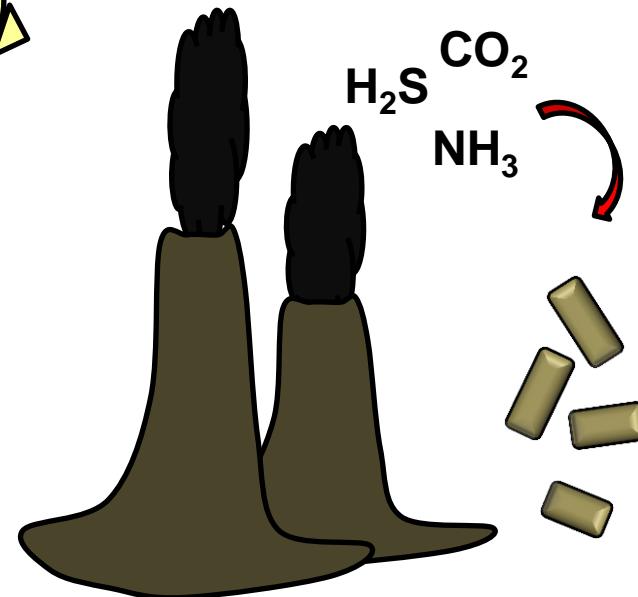
photo-autotrophie

bactéries  
plantes, **algues**



chimio-autotrophie

bactéries



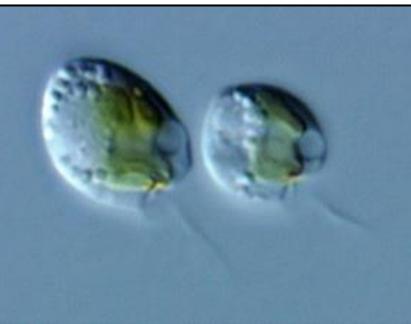
sources hydrothermales

## Autotrophie

# Les problèmes

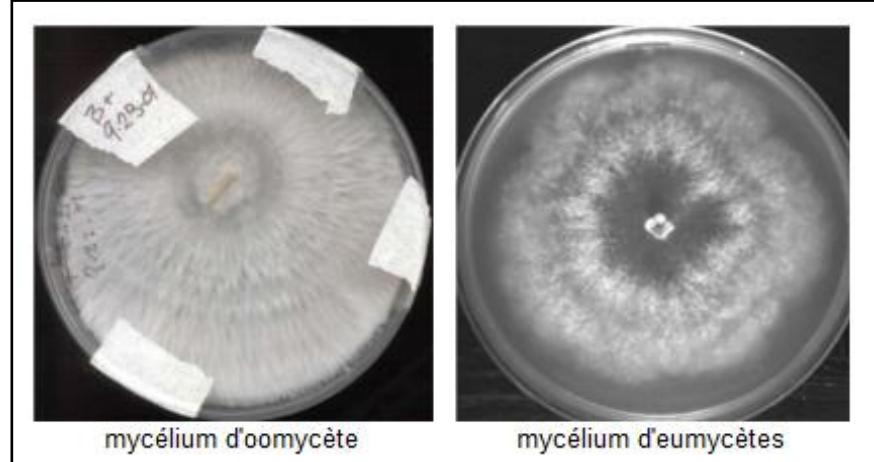


Euglènes:  
Photosynthétiques à la  
lumière  
Osmotrophes au noir



Ochromonas:  
Photosynthétiques et  
phagotrophes

**mixotrophie – plasticité des  
modes nutritionnels**



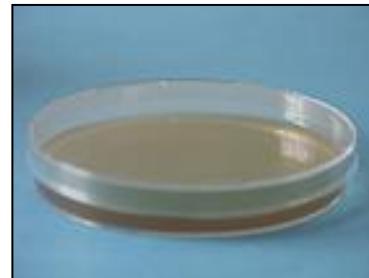
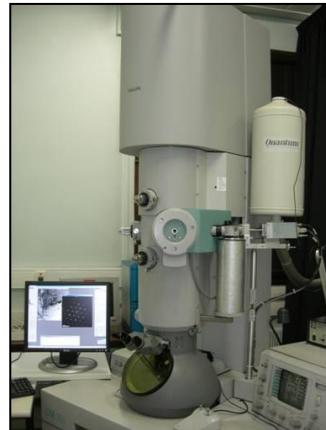
À part leur forme liée à une stratégie nutritionnelle de type saprotrophe, ces deux organismes n'ont rien en commun :

parois différentes, cycles sexuels différents, génomes différents, métabolismes différents...

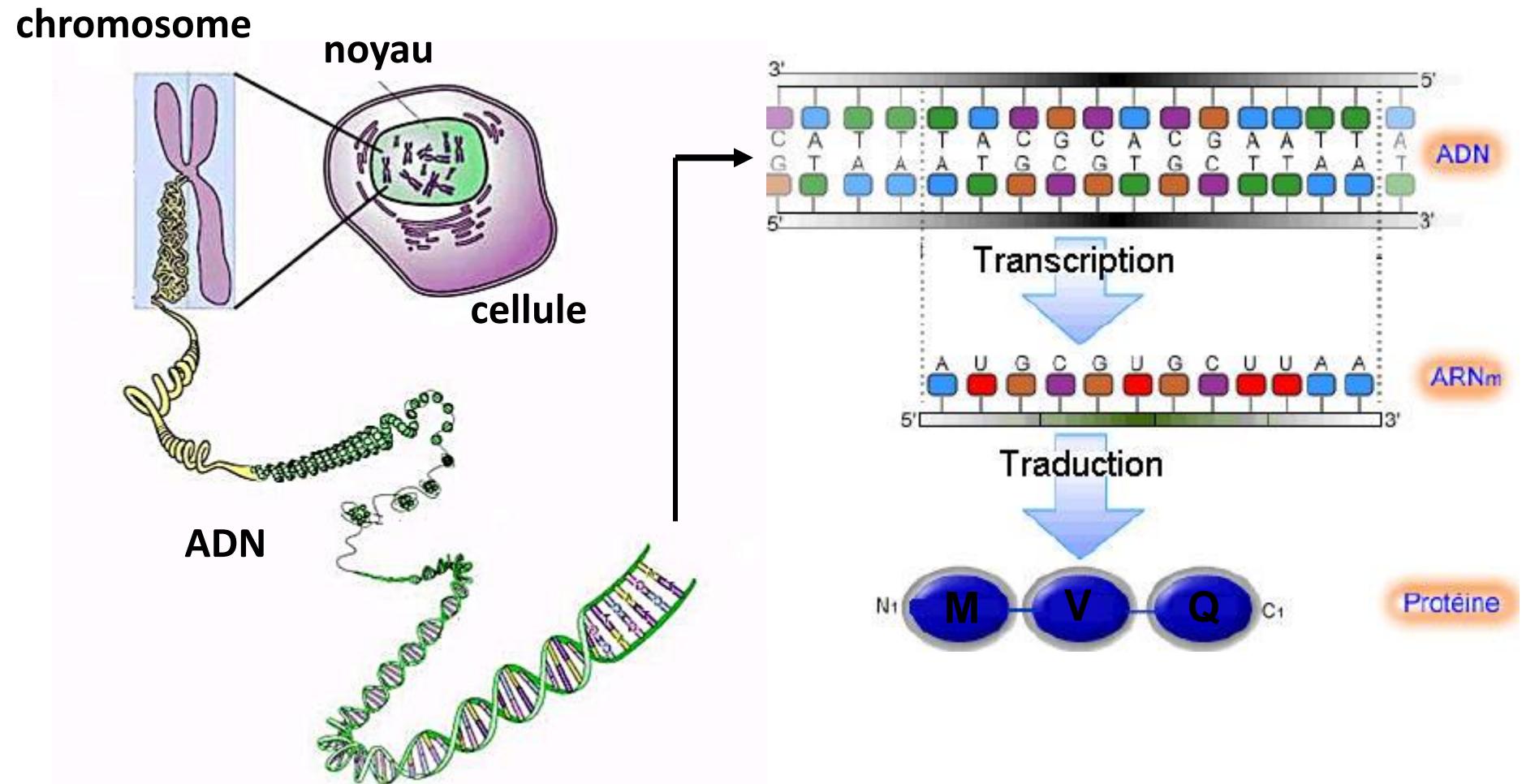
**Evolution convergente des  
stratégies trophiques**

# Méthodes de la classification moderne

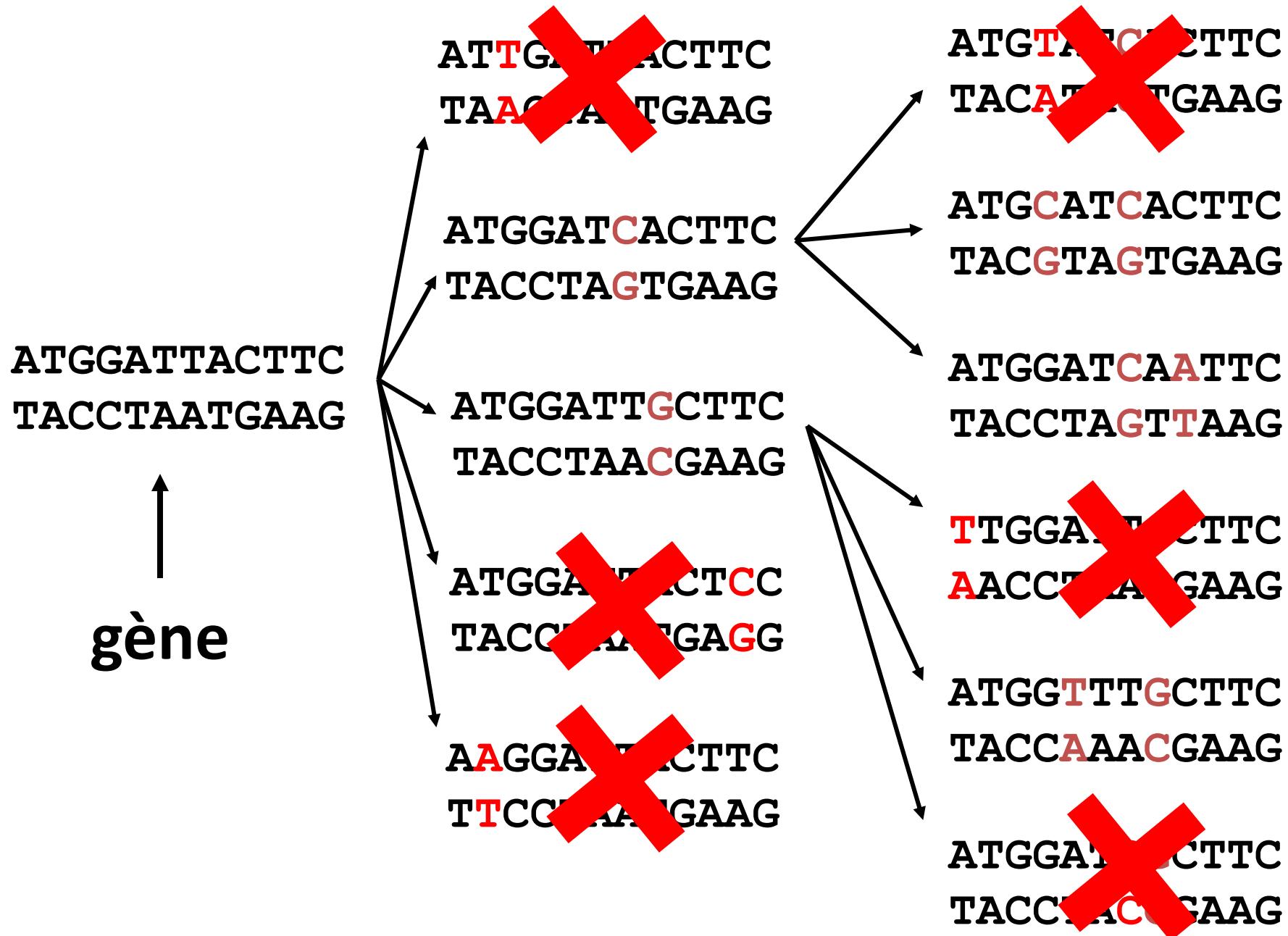
Une combinaison d'études morphologiques (en **microscopie optique et électronique**), culturelles et **maintenant essentiellement de comparaison des gènes**



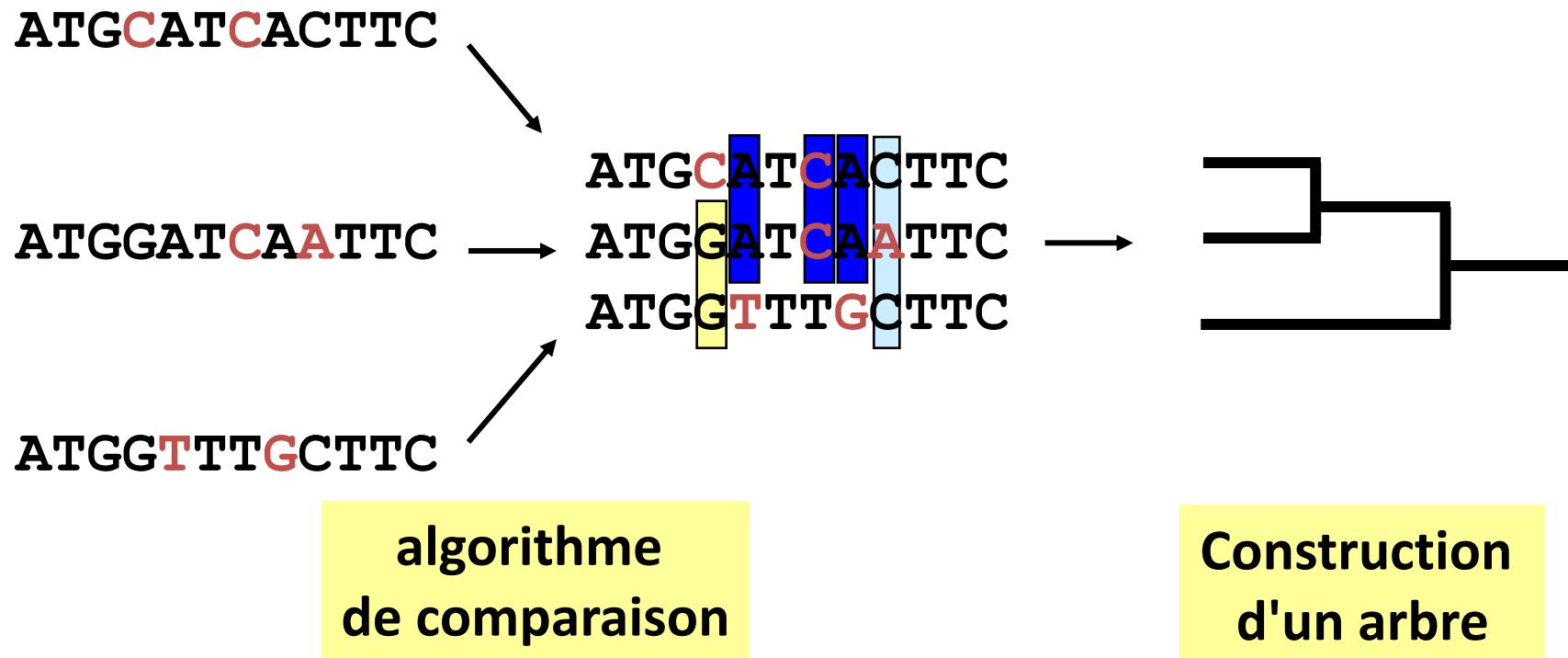
# La comparaison des gènes



# Évolution = mutation + sélection



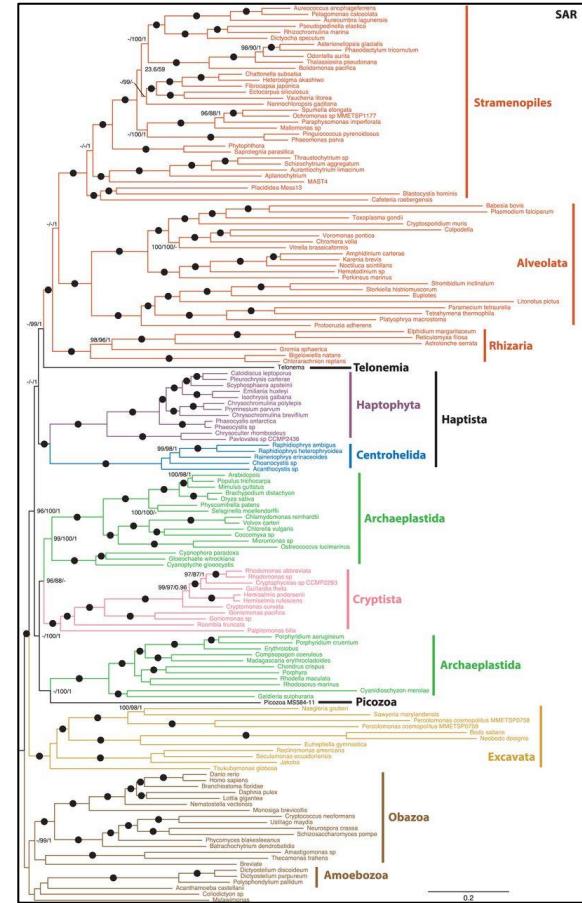
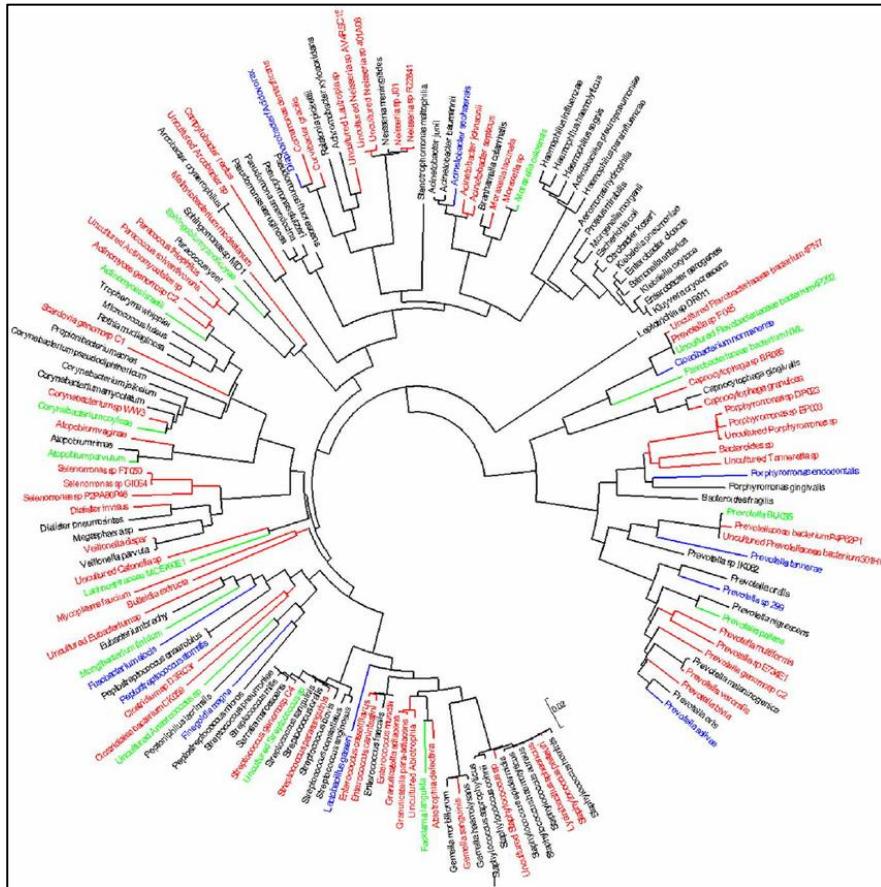
# La "phylogénie moléculaire"



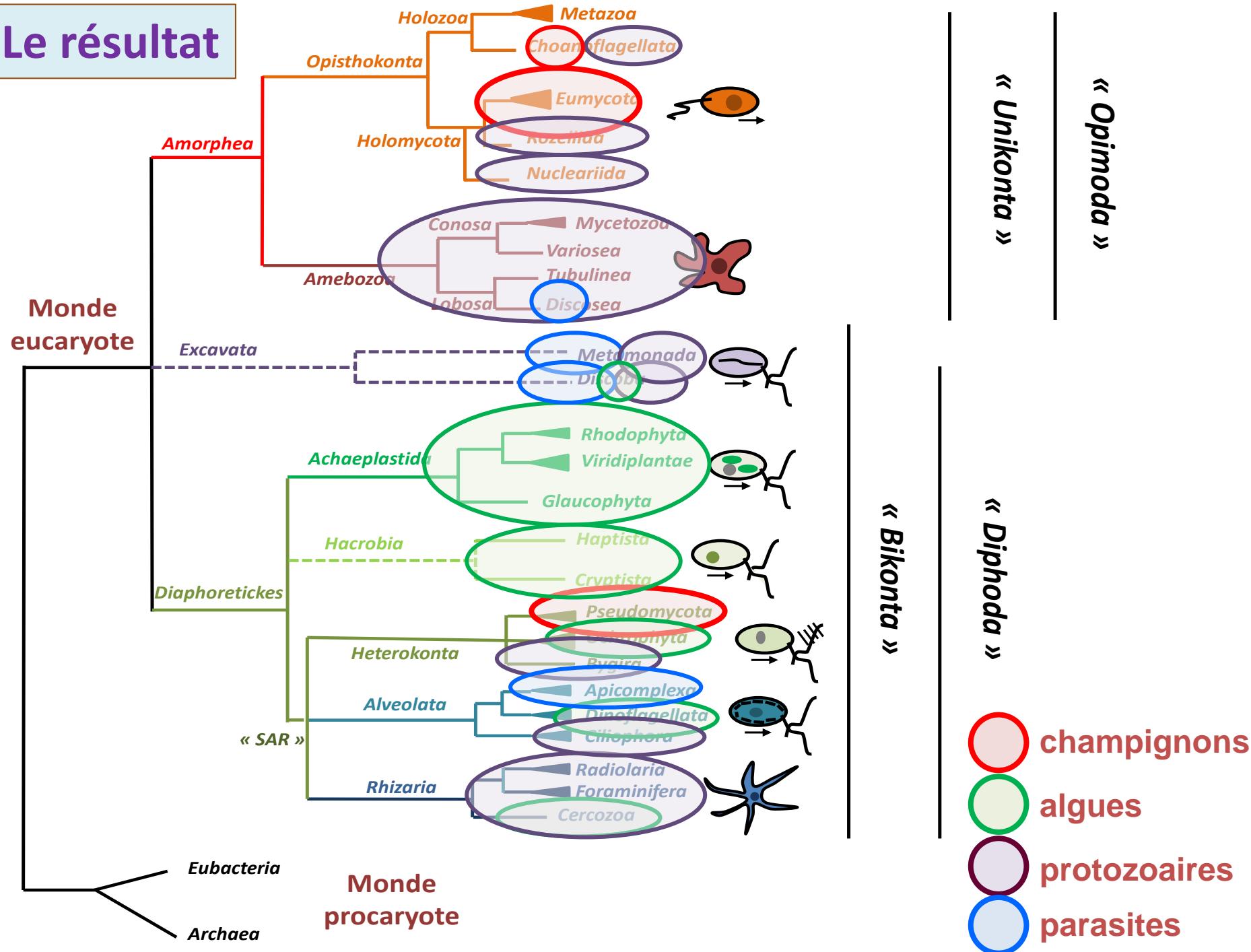
# Les gènes utilisés

→ Chez les bactéries et les archées: ARNr 16S, « core génome »

→ Chez les eucaryotes: ARNr 18S, ARNr 28S, tubuline, actine, eEF1A... ou « core génome »



# Le résultat



## Comment étudier les protistes eucaryotes?

Observations directes *in situ* souvent difficiles...

→ Prélèvements d'échantillons puis:

- Analyse morphologique
- Analyse moléculaire: la métagénomique et « single cell genome analysis »
- Mise en cultures

# L'observation morphologique nécessite une grande expertise (diversité et plasticité développementale)



Combien d'espèces de d'algues?

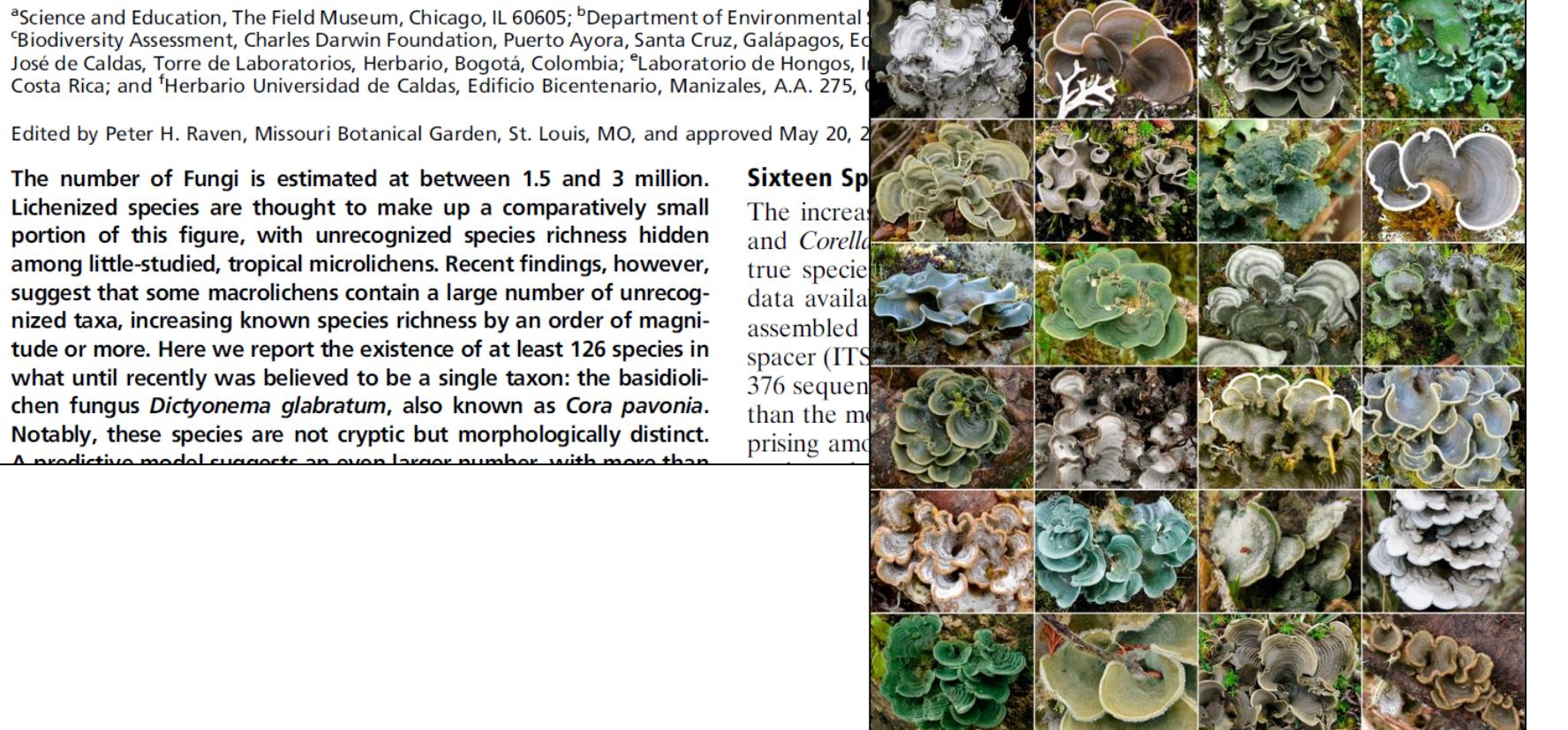


Combien d'espèces de lichens?



## A single macrolichen constitutes hundreds of unrecognized species

Robert Lücking<sup>a,1</sup>, Manuela Dal-Forno<sup>b</sup>, Masoumeh Sikaroodi<sup>b</sup>, Patrick M. Gillevet<sup>b</sup>, Frank Bungartz<sup>c</sup>, Bibiana Moncada<sup>d</sup>, Alba Yáñez-Ayabaca<sup>c</sup>, José Luis Chaves<sup>e</sup>, Luis Fernando Coca<sup>f</sup>, and James D. Lawrey<sup>b</sup>



<sup>a</sup>Science and Education, The Field Museum, Chicago, IL 60605; <sup>b</sup>Department of Environmental Sciences, University of Missouri, Columbia, MO 65211; <sup>c</sup>Biodiversity Assessment, Charles Darwin Foundation, Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador; <sup>d</sup>Instituto de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia; <sup>e</sup>Universidad de Caldas, Torre de Laboratorios, Herbario, Bogotá, Colombia; <sup>f</sup>Laboratorio de Hongos, Instituto de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; and <sup>1</sup>Herbario Universidad de Caldas, Edificio Bicentenario, Manizales, A.A. 275, Caldas, Colombia

Edited by Peter H. Raven, Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO, and approved May 20, 2013

The number of Fungi is estimated at between 1.5 and 3 million. Lichenized species are thought to make up a comparatively small portion of this figure, with unrecognized species richness hidden among little-studied, tropical microlichens. Recent findings, however, suggest that some macrolichens contain a large number of unrecognized taxa, increasing known species richness by an order of magnitude or more. Here we report the existence of at least 126 species in what until recently was believed to be a single taxon: the basidiolichen fungus *Dictyonema glabratum*, also known as *Cora pavonia*. Notably, these species are not cryptic but morphologically distinct. A predictive model suggests an even larger number, with more than

**Sixteen Species in One Taxon**  
The increasing number of molecular data sets and the development of methods to analyze them have led to a dramatic increase in the number of described lichen species. However, many species remain undescribed because of the lack of available data. In this study, we used a phylogenetic tree based on the internal transcribed spacer (ITS) region of the ribosomal DNA (rDNA) to identify 126 distinct species within the macrolichen genus *Corella*. This genus contains approximately 100 species, all of which were previously considered to be a single taxon. Our analysis revealed that the ITS data set contained 376 sequences, which were more than three times as many as the number of described species. This finding suggests that the true species richness of the genus is considerably higher than the number of described species, which is currently 16. The results of this study demonstrate that the number of species in a single taxon can be much larger than previously thought, highlighting the need for further research to fully understand the biodiversity of lichens.

# La métagénomique

Collecte des échantillons

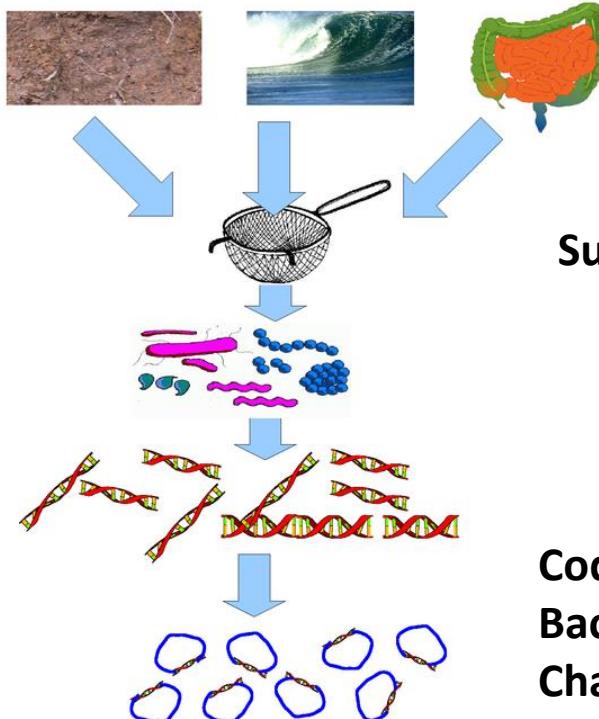
↓  
Tri éventuel

↓  
Extraction d'ADN

↓  
Fragmentation (~300 pb) et  
amplification spécifique  
éventuelle

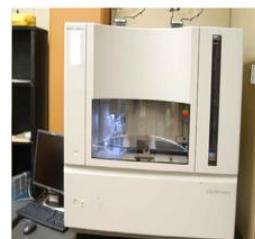
↓  
Séquence à haut  
débit

↓  
Analyses statistiques



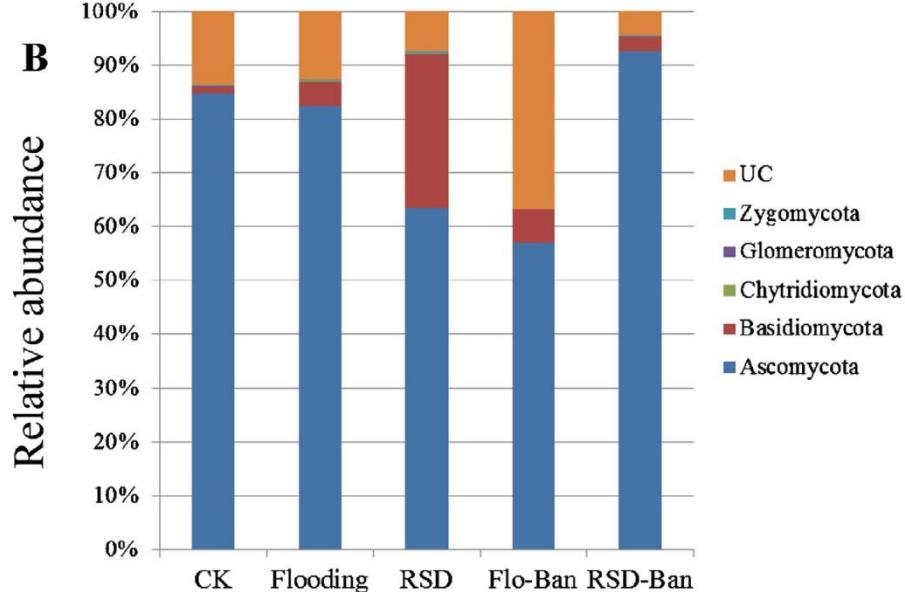
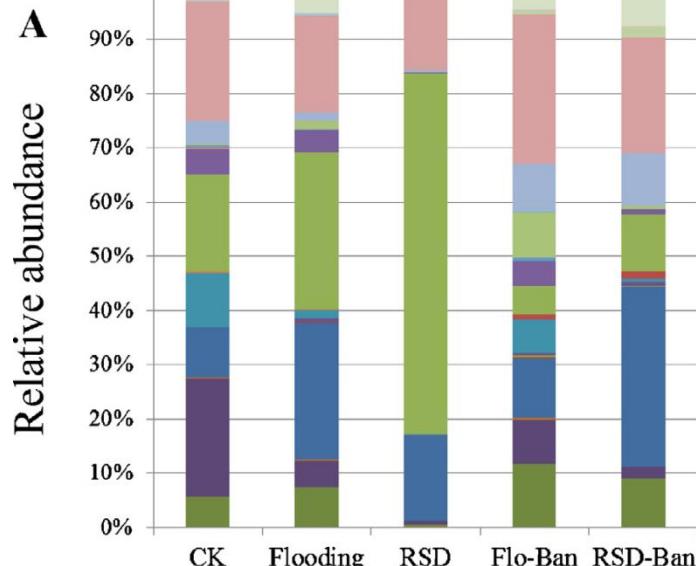
Surtout sur la taille

Code barre:  
Bactéries: 16S  
Champignons: ITS  
Algues et Protozoaires: ADNr  
(nucléaires ou mitochondriaux)



↓  
Analyses de fréquences  
Reconstitution de  
génomes

# Un résultat typique



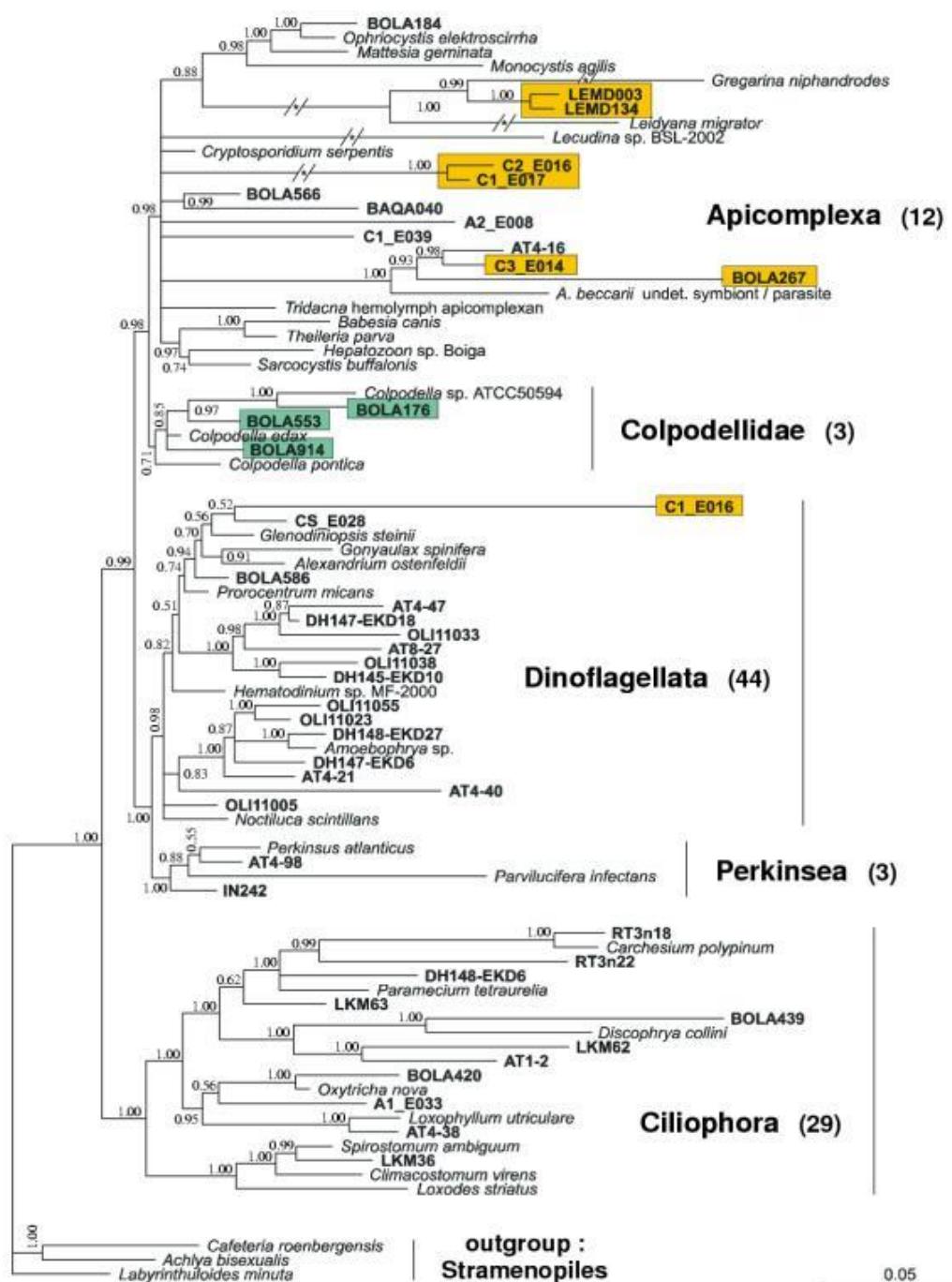
Attention, cette méthode compte les individus et pas la biomasse!

Une cellule eucaryote est beaucoup plus grosse qu'une cellule procaryote! Dans beaucoup de biotopes, bien qu'en nombre moindre, les eucaryotes dominent en biomasse!

Métagénomique, technique très puissante mais:

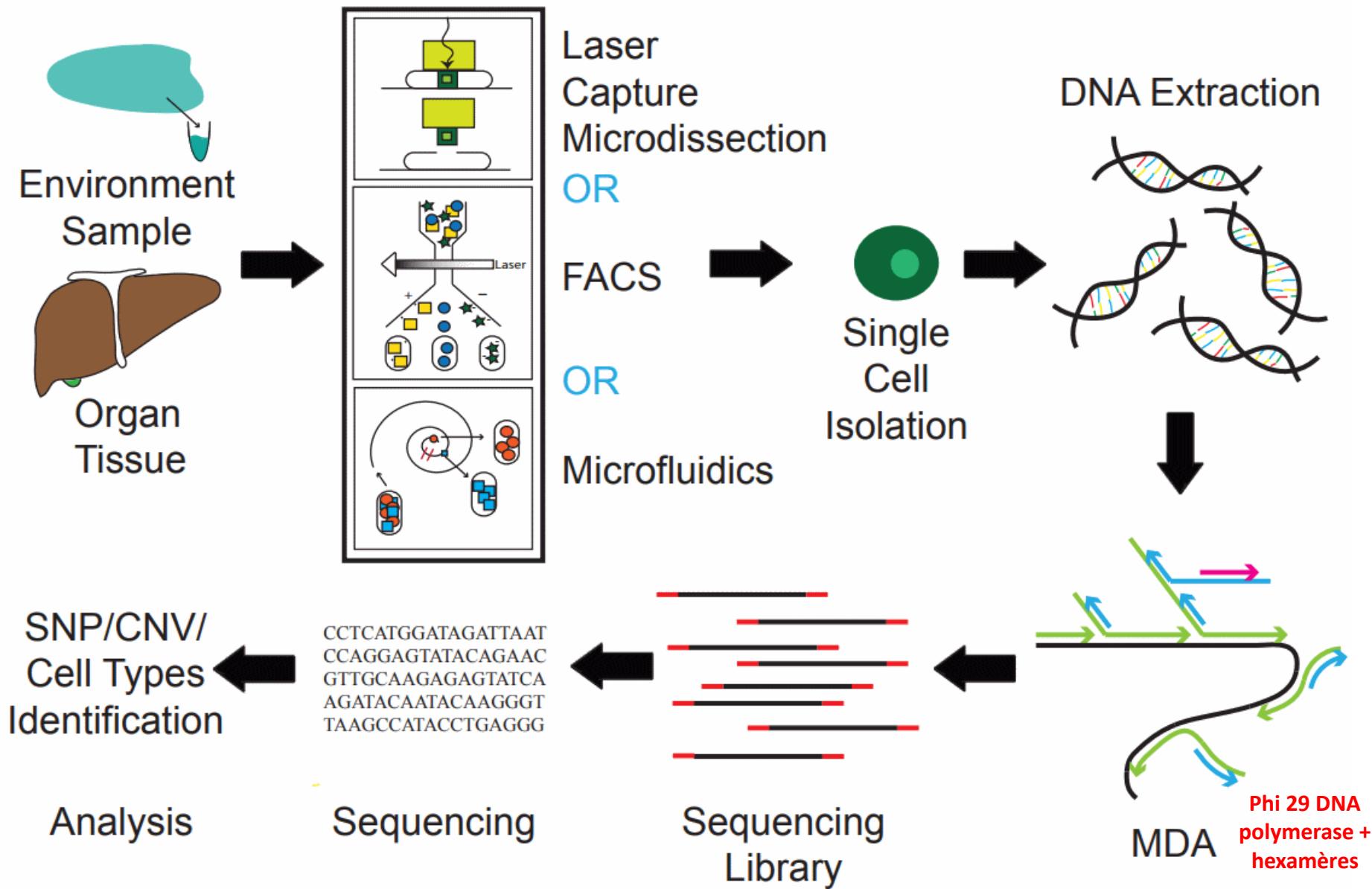
- toujours onéreuse (100 € par échantillon, mais nécessité de répliques)

- des organismes sont identifiés par leur séquence mais on ne les connaît pas!



# Analyse du génome d'une seule cellule

## Single Cell Genome Sequencing Workflow



# Un exemple:

Current Biology  
Report

## Morphological Identification and Single-Cell Genomics of Marine Diplonemids

Ryan M.R. Gawryluk,<sup>1,\*</sup> Javier del Campo,<sup>1</sup> Noriko Okamoto,<sup>1</sup> Jürgen F.H. Strassert,<sup>1</sup> Julius Lukeš,<sup>2,3</sup> Thomas A. Richards,<sup>3,4</sup> Alexandra Z. Worden,<sup>3,5</sup> Alyson E. Santoro,<sup>3,6</sup> and Patrick J. Keeling<sup>1,3,7,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Botany, University of British Columbia, 3529-6270 University Boulevard, Vancouver, BC V6T 1Z4, Canada

<sup>2</sup>Institute of Parasitology, Biology Centre, Czech Academy of Sciences and Faculty of Sciences, University of South Bohemia, 370 05 České Budějovice, Czech Republic

<sup>3</sup>Integrated Microbial Biodiversity Program, Canadian Institute for Advanced Research, Toronto, ON M5G 1Z8, Canada

<sup>4</sup>Department of Biosciences, University of Exeter, Geoffrey Pope Building, Exeter EX4 4QD, UK

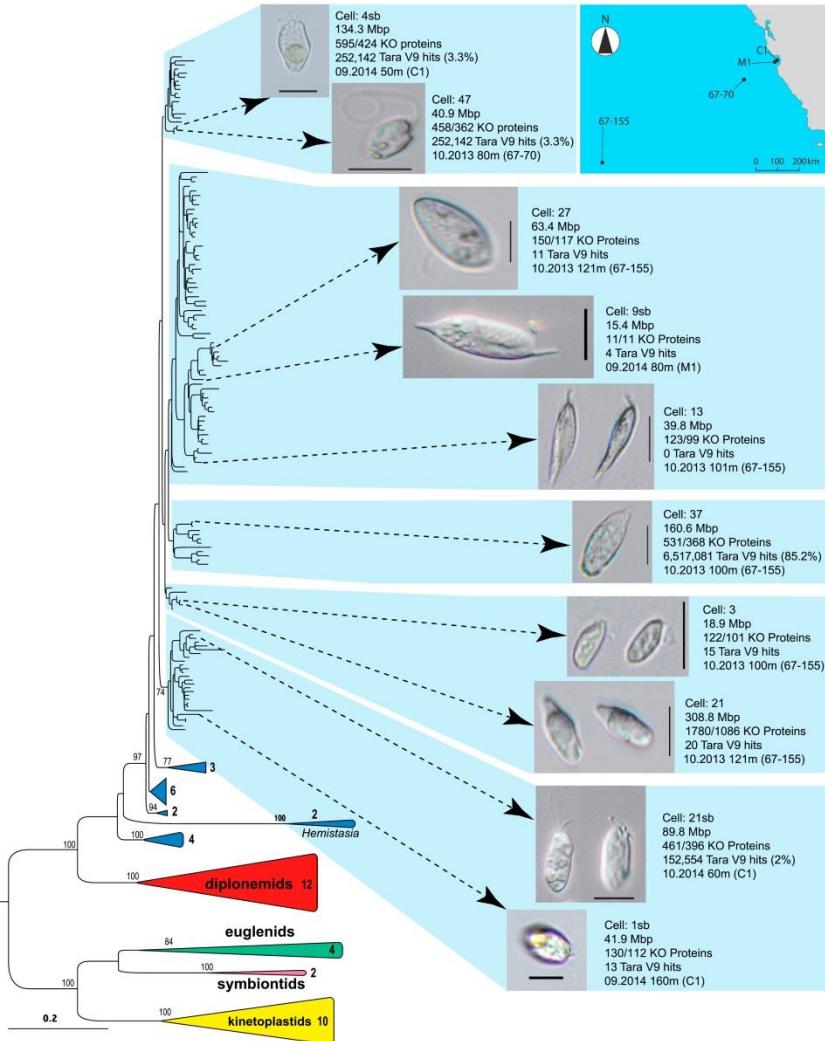
<sup>5</sup>Monterey Bay Aquarium Research Institute, 7700 Sandholdt Road, Moss Landing, CA 95039, USA

<sup>6</sup>Department of Ecology, Evolution and Marine Biology, University of California, Santa Barbara, Santa Barbara, CA 93106, USA

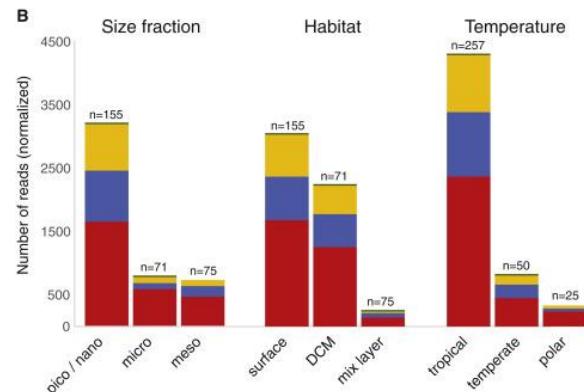
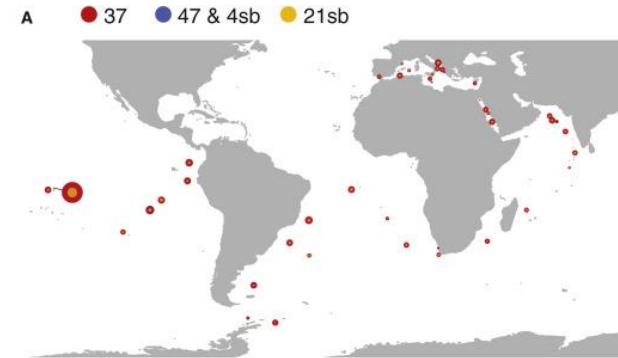
<sup>7</sup>Lead Contact

\*Correspondence: ryan.gawryluk@gmail.com (R.M.R.G.), pkeeling@mail.ubc.ca (P.J.K.)

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2016.09.013>



Couplage avec la métagénomique



## Les cultures et les collections

La mise en culture, puis en collection, reste la méthode de choix pour étudier les microorganismes (eucaryotes et procaryotes), mais

- De nombreux microbes sont difficilement mis en culture pour des raisons diverses (temps de génération long, vie en association, dormance...) pas toujours claires
- Les microorganismes à croissance rapide et ne vivant pas en symbioses (mutualistes ou parasites) sont souvent surreprésentés dans les collections
- Le maintien des collections pose des problèmes (cf cours sur les biobanques)



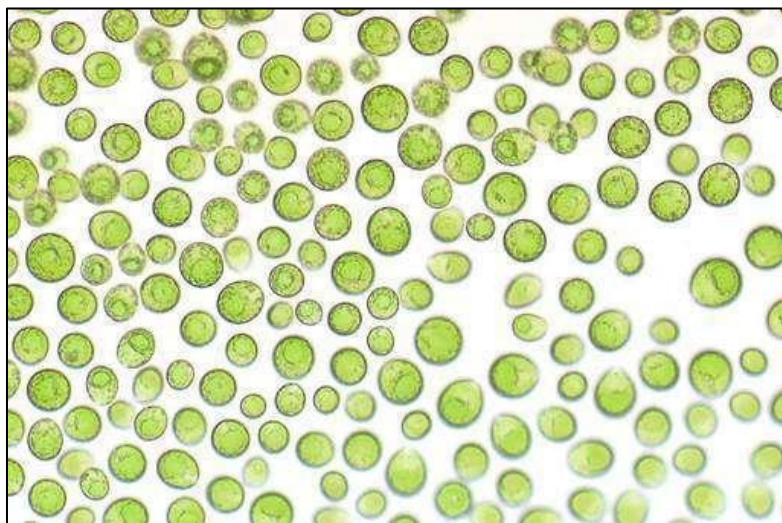
# En fonction des stratégies nutritionnelles les mises en cultures sont plus ou moins difficiles



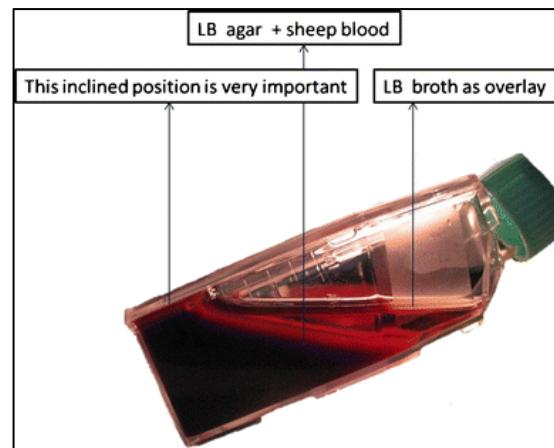
champignons:  
milieu **axénique**  
**simple**  
avec source de  
carbone  
organique



protozoaires: milieu **monoxénique**



algues: milieu **axénique** sans source de carbone autre que CO<sub>2</sub>



symbiontes parasites  
et mutualistes:  
milieu **axénique**  
**complexe**, voire sur  
cultures cellulaires



tubes



Boites de Petri



Fioles de Roux



Erlenmeyer

- **Milieu axénique:** sans organisme vivant
- **Milieu monoxénique:** avec une seule proie
- **Milieu polyxénique:** avec plusieurs proies
- **Milieu minimum:** milieu avec source de C, N + oligoéléments et éventuellement vitamines
- **Milieu complet:** milieu avec la totalité des molécules utilisées par un organisme
- **Milieu riche:** avec une grande quantité de carbone (typiquement 10g/L de glucose)
- **Milieu pauvre:** avec une faible quantité de carbone (typiquement 1g/L de glucose)

# Résultats de analyses sur les eucaryotes:

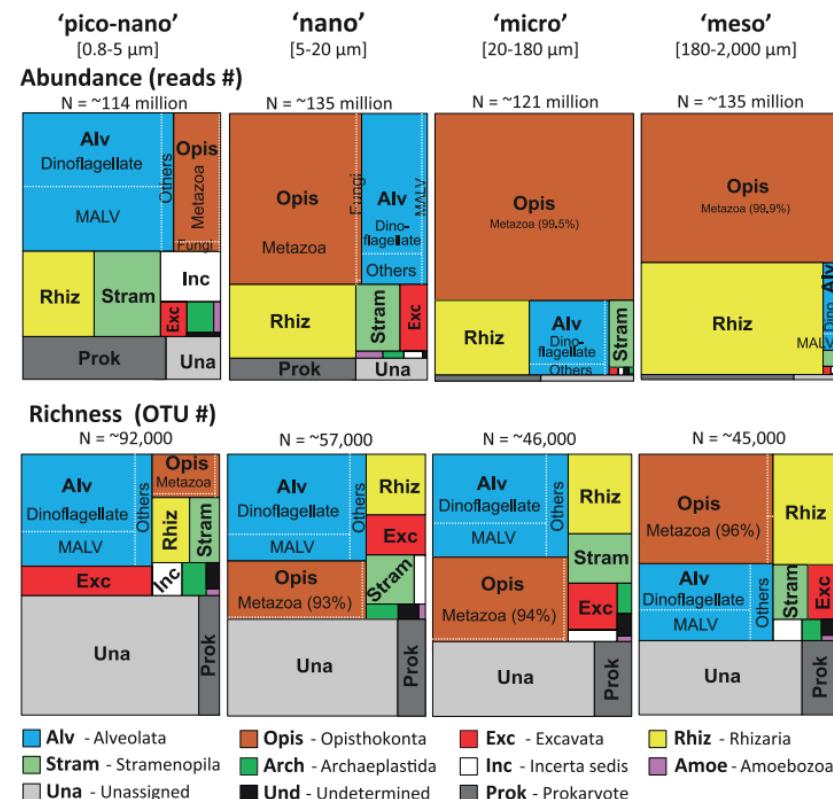
- Les microbes eucaryotes sont omniprésents dans la biosphères, où ils représentent une biomasse plus importante que celle des animaux !
- Dans les eaux marines et dulçaquicoles
- Dans les sols (jusqu'à plusieurs km de profondeurs)
- Dans et sur les plantes
- Dans et sur les animaux
  - etc.

Il a été montré par exemple 62% des joints de machines à laver la vaisselle sont colonisées par des champignons thermorésistants...

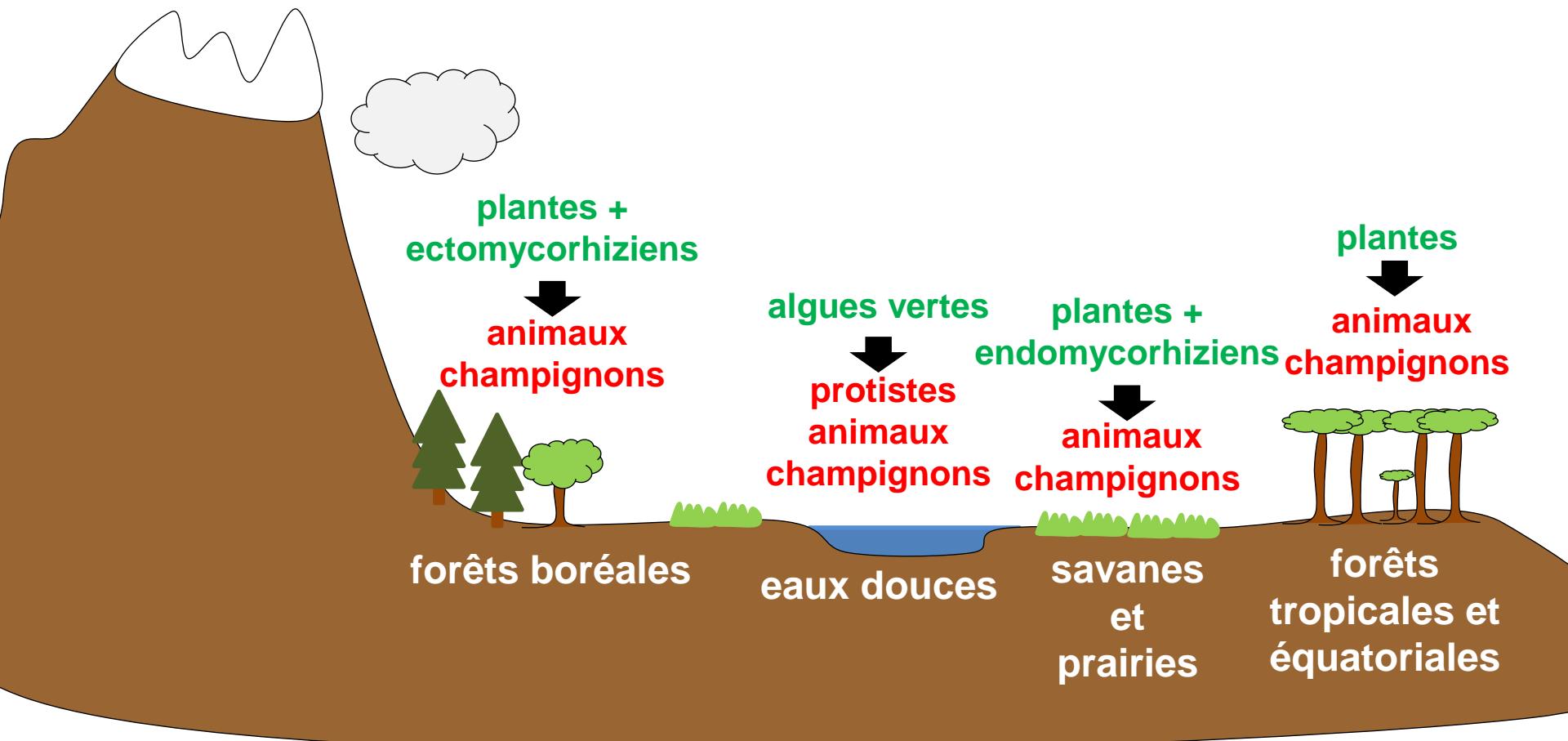
Marine plankton support global biological and geochemical processes. Surveys of their biodiversity have hitherto been geographically restricted and have not accounted for the full range of plankton size. We assessed eukaryotic diversity from 334 size-fractionated photic-zone plankton communities collected across tropical and temperate oceans during the circumglobal *Tara Oceans* expedition. We analyzed 18S ribosomal DNA sequences across the intermediate plankton-size spectrum from the smallest unicellular eukaryotes (protists, >0.8 micrometers) to small animals of a few millimeters. Eukaryotic ribosomal diversity saturated at ~150,000 operational taxonomic units, about one-third of which could not be assigned to known eukaryotic groups. Diversity emerged at all taxonomic levels, both within the groups comprising the ~11,200 cataloged morphospecies of eukaryotic plankton and among twice as many other deep-branching lineages of unappreciated importance in plankton ecology studies. Most eukaryotic plankton biodiversity belonged to heterotrophic protistan groups, particularly those known to be parasites or symbiotic hosts.



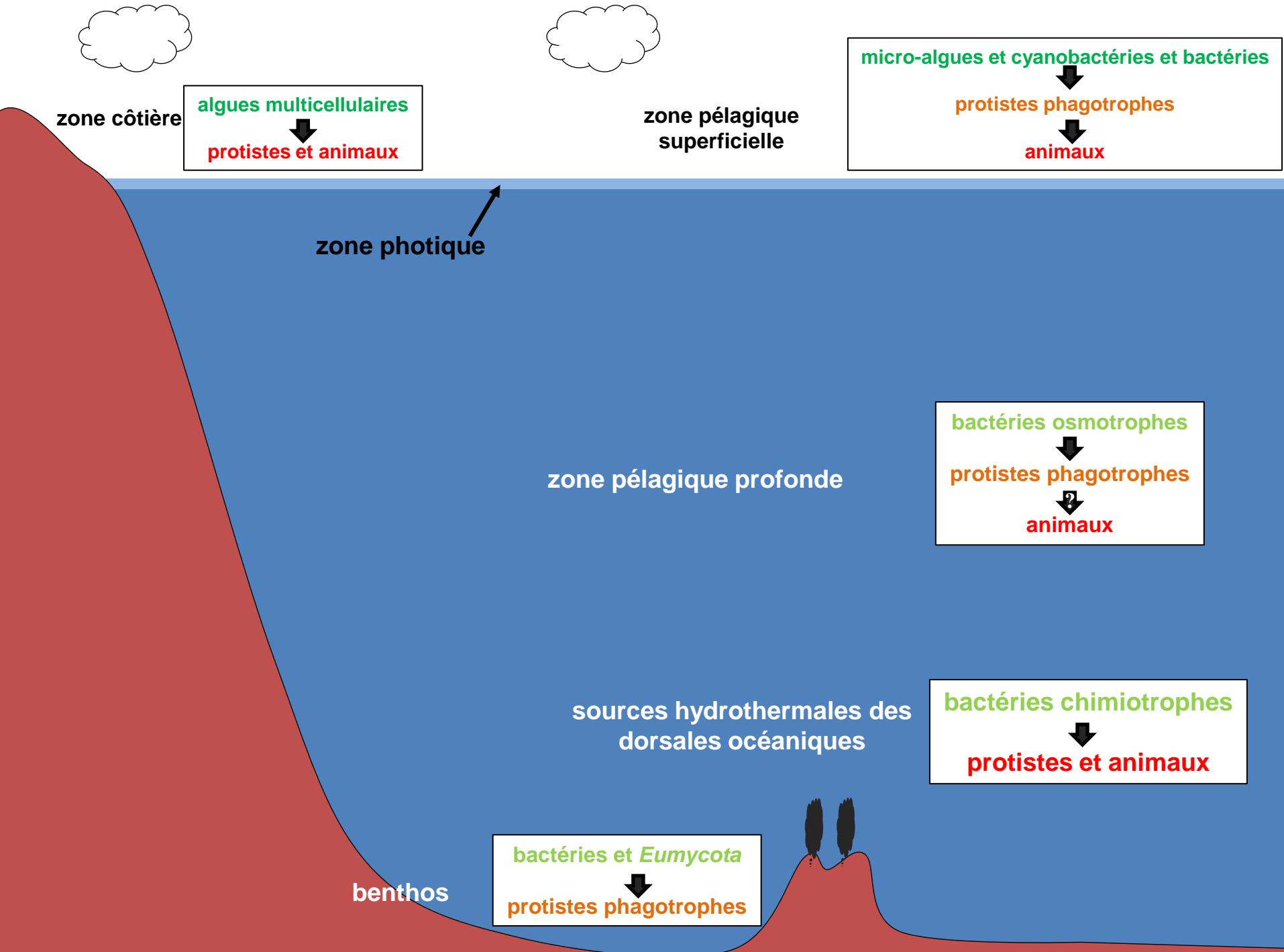
## Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean



## Résultats des analyses dans les écosystèmes terrestres



Et dans les écosystèmes marin?

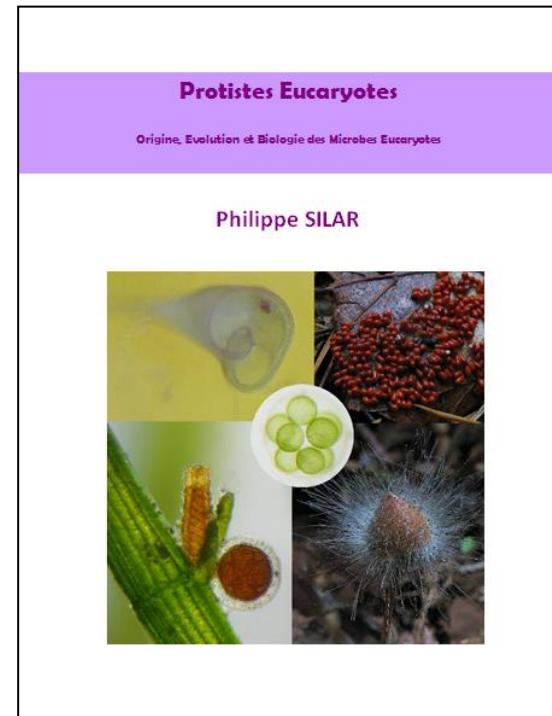
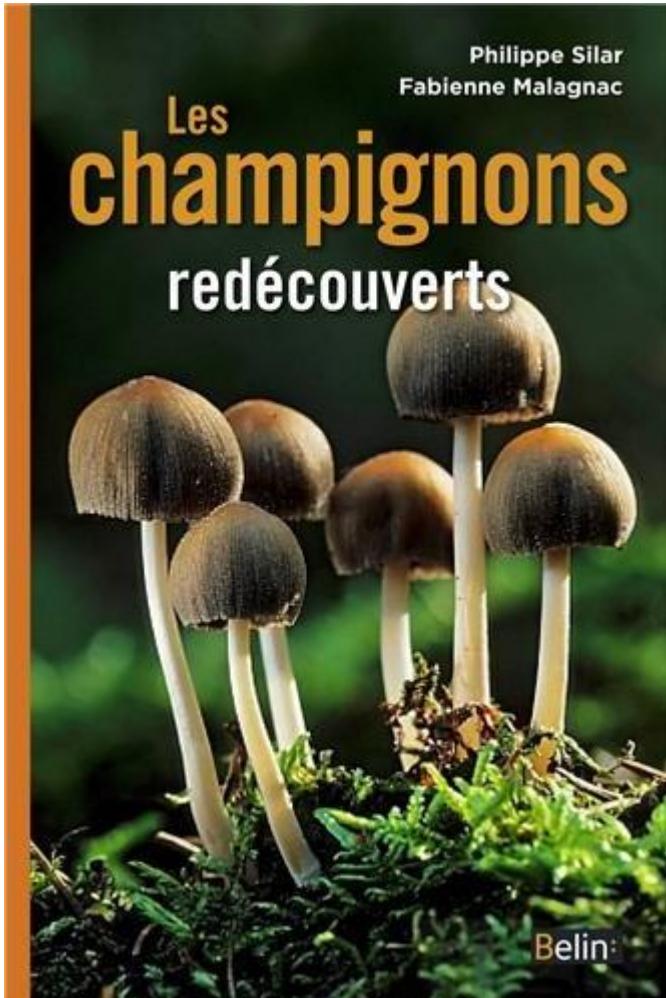


## En conclusion

- Ni la morphologie, ni les stratégies trophiques ne correspondent à des groupes biologiques « monophylétiques »
- La terminologie « usuelle » permet néanmoins de caractériser facilement les stratégies trophiques et les formes principales adoptées par les organismes eucaryotes
- Il existe une terminologie adaptée mais complexe qui reflète réellement l'évolution
- La biodiversité des eucaryotes est beaucoup plus importante que celle usuellement présentée qui ne caractérise que deux lignées : les animaux et les plantes...

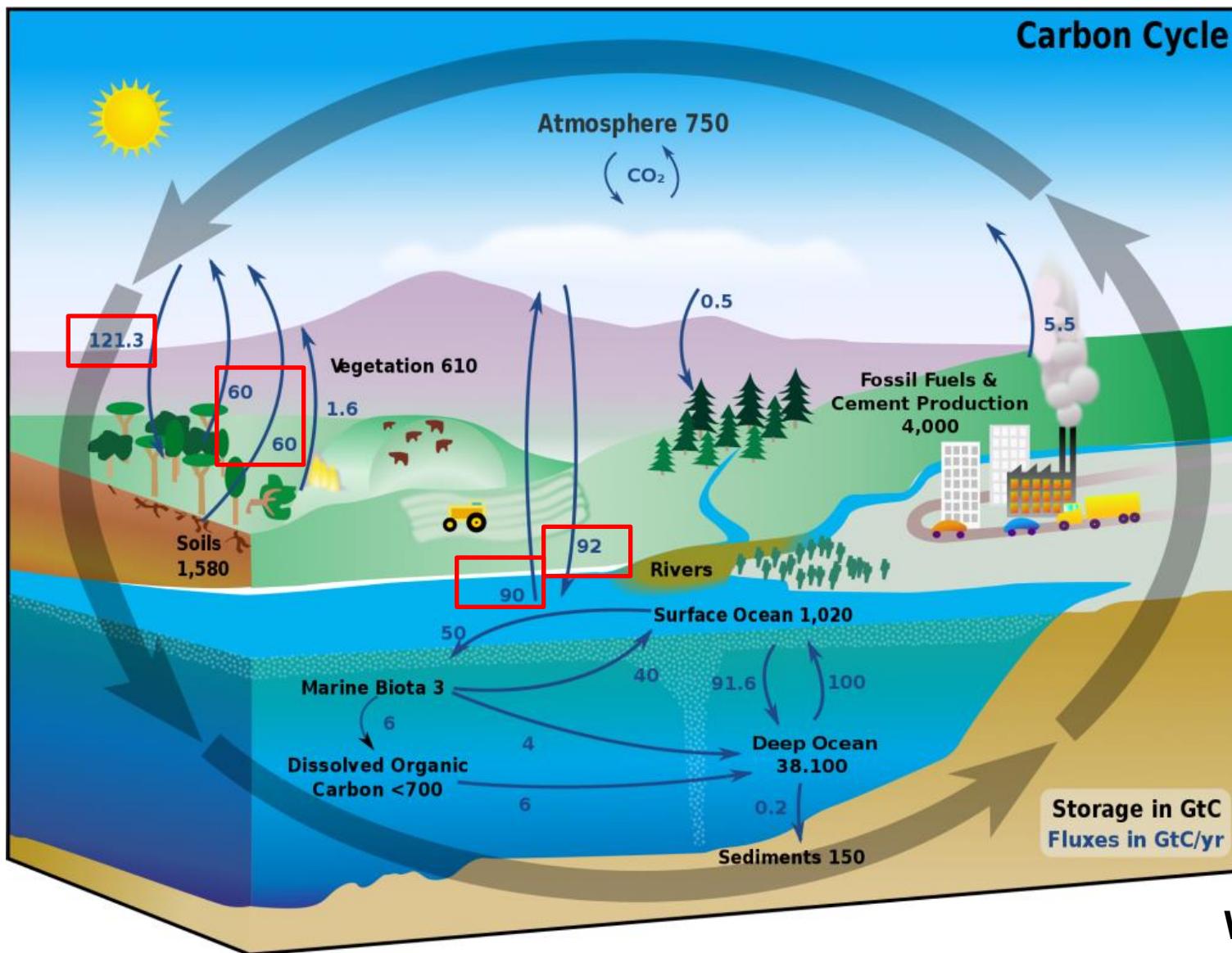
- Leur étude est maintenant facilitée par les techniques modernes: « single cell genome analysis » et métagénomique
- Ils jouent des rôles écologiques essentiels:
  - fixation du carbone atmosphérique
  - recyclage des matières mortes
  - contrôle de la prolifération bactérienne
  - parasites ou symbiotes de nombreux végétaux et animaux

# Les champignons



Gratuit dans HAL

# Les flux de carbone dans la biosphère



**L'atmosphère contient 750 GtC**

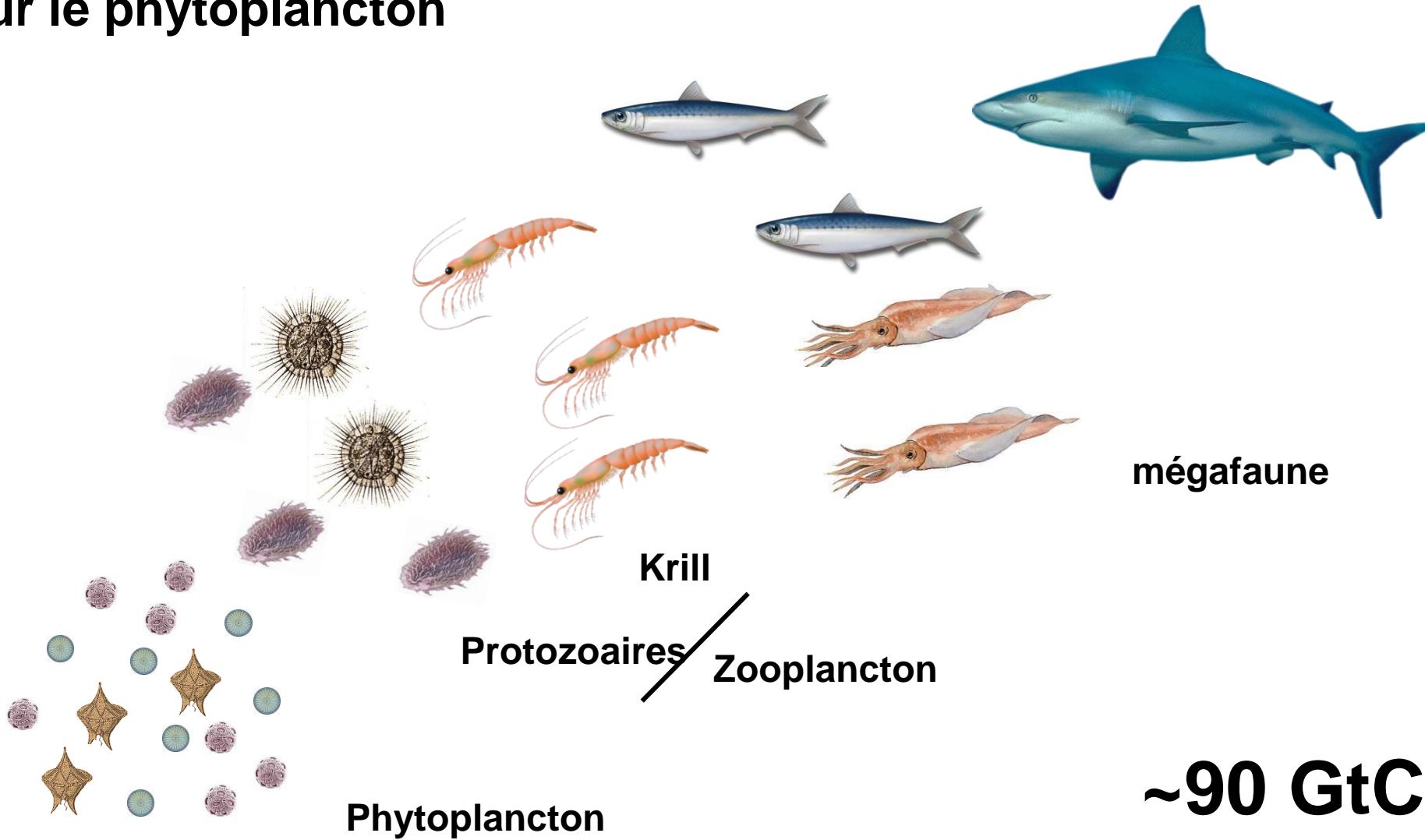
**La photosynthèse fixe  $121,3 + 92 = 213,3$  GtC/an**

**=> si le carbone n'est pas recyclé, la photosynthèse vide l'atmosphère de son gaz carbonique en moins de quatre ans...**

**Le carbone est remis en circulation principalement grâce à la respiration (aérobie) et à la fermentation (anaérobie) : 210 GtC/an**

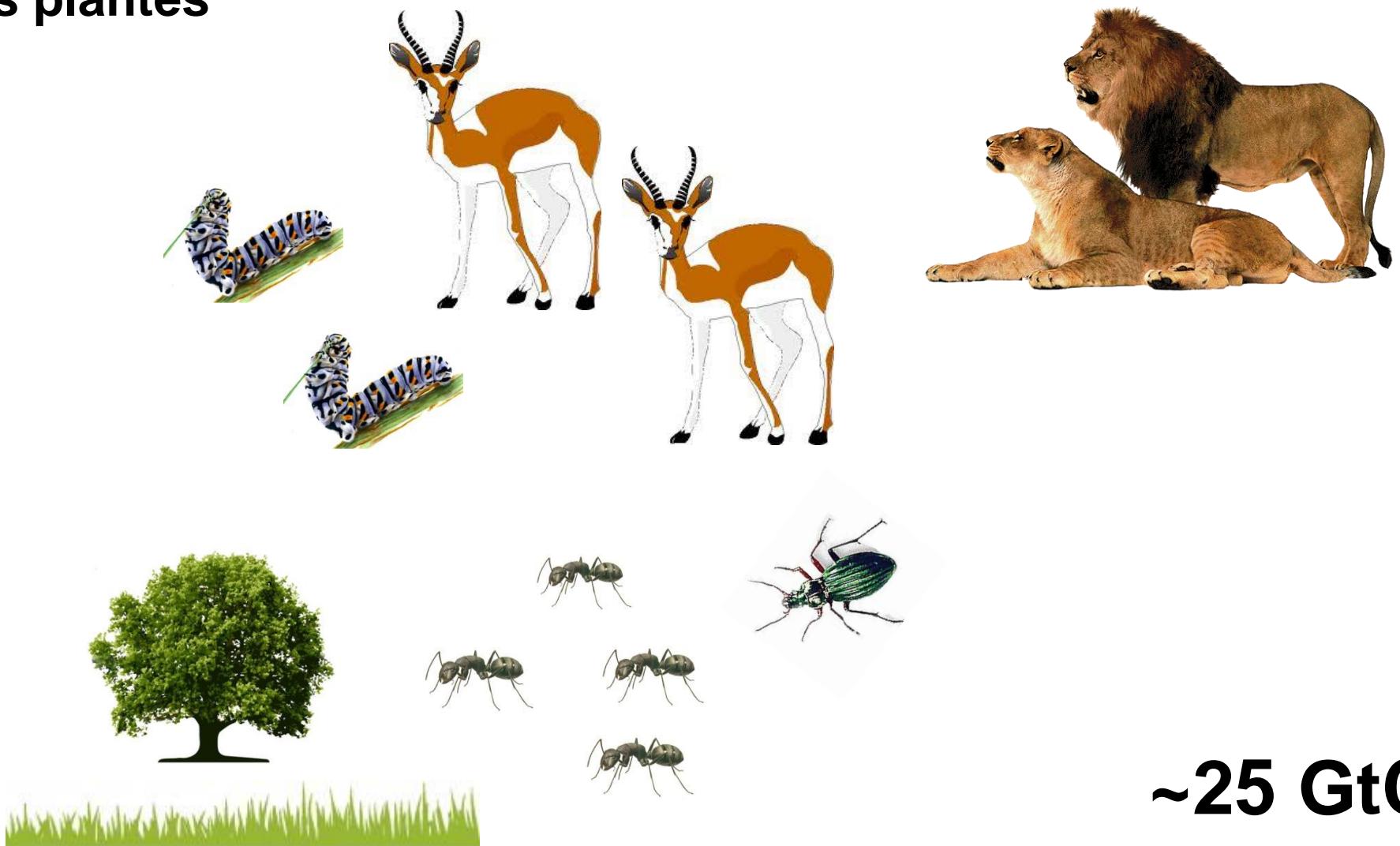
# Qui respire ?

Dans les milieux océaniques : chaînes alimentaires basées sur le phytoplancton



# Qui respire ?

Dans les milieux terrestres : chaînes alimentaires basées sur les plantes



~25 GtC

# Qui respire les 95 GtC restant ?

Réponse: les microorganismes

- ➔ les bactéries pour ~10 GtC
- ➔ les champignons pour ~85 GtC

## Quelques chiffres:

- Dans 1 litre de sol: **600 km** d'hyphes mycéliens
- Dans le sol d'un hectare de forêt: **équivalent en masse de 20 vaches**
- Dans l'ensemble des forêts du globe: **équivalent en masse de 2 000 milliards d'êtres humains**
- Les spores fongiques représentent jusqu'à **45%** de la masse des grosses particules présentes dans l'air: cela représente **50 millions de tonnes/an** de particule émises dans l'air, soit la plus grande source d'émission de matière organique dans l'atmosphère...

## Quelques chiffres suite:

- Les champignons saprotrophes recyclent environ **90%** de la biomasse végétale morte terrestre (rappel: un arbre est constitué pour 90% de bois qui est un tissu « mort »)
- Une plante donne en moyenne **20%** de ses produits de photosynthèse à ses champignons mycorhiziens
- **90%** des maladies des plantes sont dues à des champignons. Ils causent **20%** de perte en agriculture en année moyenne
- les principales maladies des animaux à sang froid sont des champignons

# Un peu d'histoire...

nouveaux concepts:  
génétique et biochimie  
microscope électronique

premiers  
microscopes

premières cultures  
nouveaux concepts:  
classification linnéenne

perfectionnement de la compréhension de  
la biologie des êtres vivants et donc de  
celle des champignons

premières  
descriptions  
des carpophores

début de l'établissement du cycle  
spore → mycélium → carpophage

les champignons ne sont pas des  
végétaux mais forment un groupe à part

premières  
observations de spores

les champignons sont des  
végétaux

1900

2000

1600

1700

1800

perfectionnement  
du microscope

découverte des champignons  
microscopiques

découverte des hyphes  
mycéliens

nouveaux concepts:  
théorie cellulaire, évolution et  
absence de génération spontanée

établissement des cycles de vie

découverte des  
parasites/mutualistes

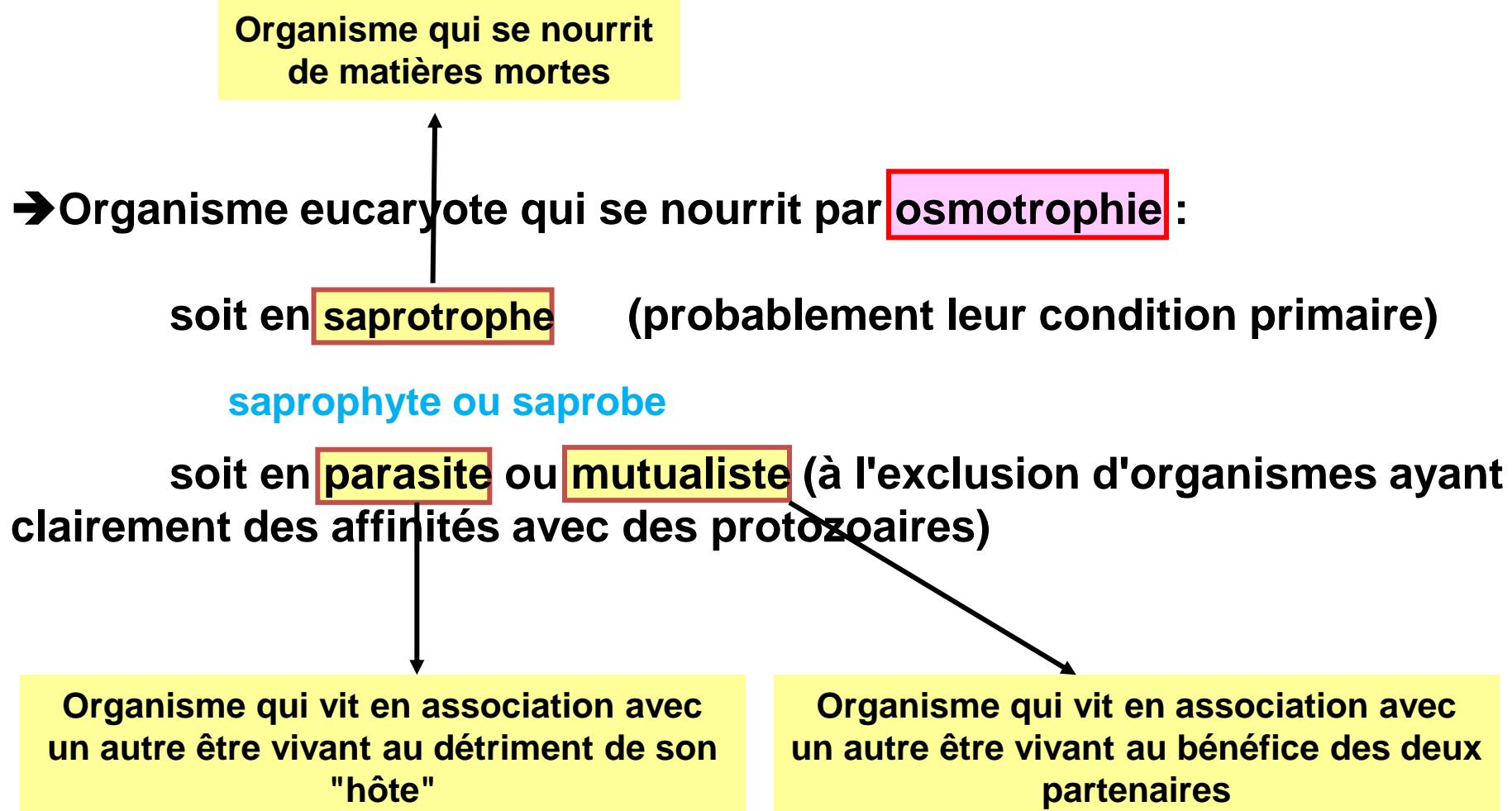
classification des grands groupes  
questions sur la place des  
champignons dans l'arbre du vivant

phylogénie  
moléculaire

une  
classification  
naturelle

le nouveau  
statut des  
champignons

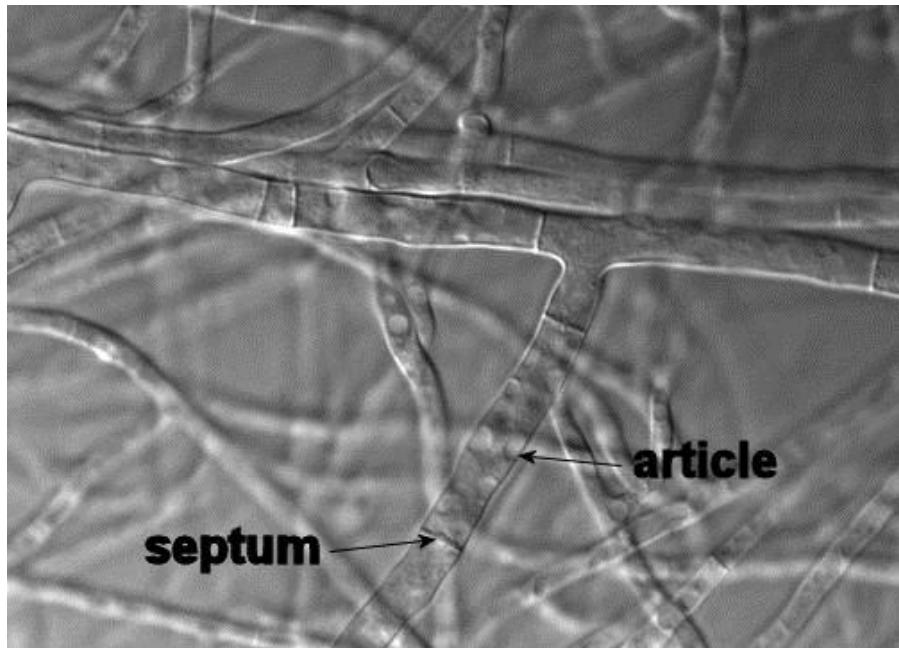
# Qu'est-ce qu'un champignon ?



# Évolution convergente

Placé sous les mêmes contraintes évolutives, les organismes vont avoir tendance à développer les mêmes propriétés car la sélection naturelle ne va retenir que celles qui permettent aux organismes de mieux se reproduire:

→ dans le cas des saprotrophes, l'hyphe mycélien permet une meilleure pénétration puis invasion du substrat



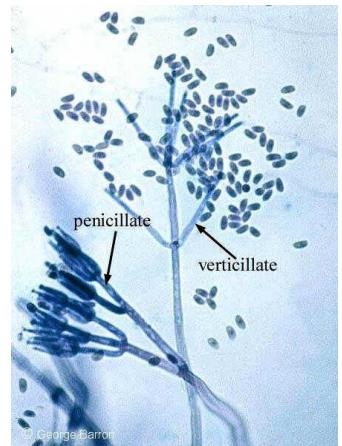
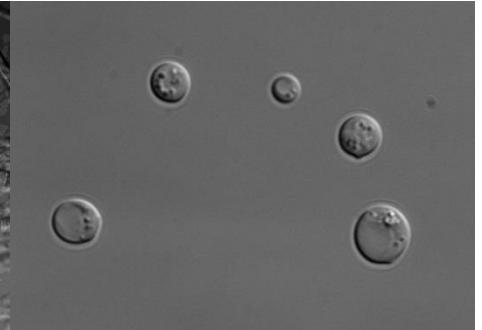
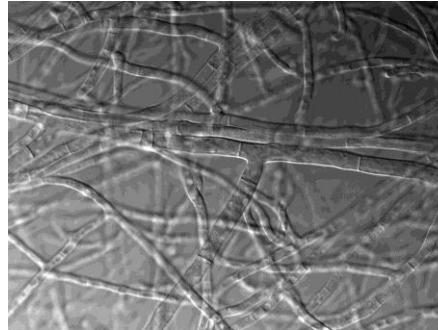
Cette structure cellulaire a été retenue au moins trois fois au cours de l'évolution :

- streptomycètes "bactéries"

- oomycètes  
- eumycètes } "champignons"

# Qu'est-ce qu'un champignon?

unicellulaire : levure  
multicellulaire: moisissure



spore

germination et croissance

thalle végétatif

dispersion

épuisement du milieu  
et/ou  
conditions défavorables

Sporophores  
sexués  
ou asexués



# Les oomycètes et autres pseudo-champignons

- Quelques milliers d'espèces
- Champignons qui ne produisent pas de carpophores visibles à l'œil nu
- très fréquents dans les eaux douces où ils vivent en saprotrophes et en parasites d'insectes, de poissons et d'algues
- sont sortis de l'eau avec les plantes sur les lesquelles ils vivent en parasites:

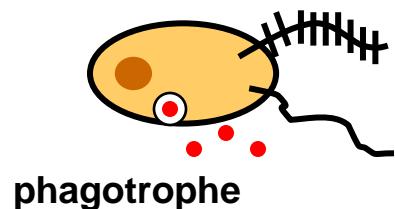
- le mildiou de la vigne  
(*Plasmopara viticola*)



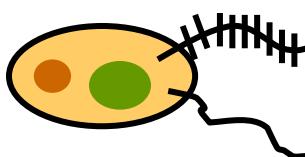
- le mildiou de la patate  
(*phytophthora infestans*)



# L'histoire évolutive des oomycètes



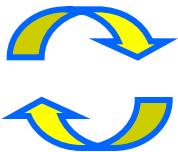
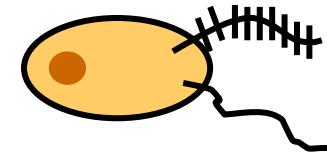
symbiose avec  
une algue rouge  
→  
création de la  
paroi



autotrophe

Algues Brunes  
Diatomées...

adaptation à la vie  
de saprotrophe et  
perte du plastide



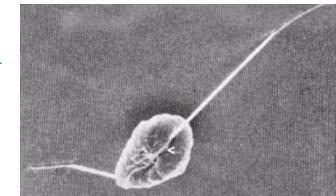
sortie de l'eau en  
tant que parasites de  
plantes



perte du flagelle  
chez certaines  
espèces

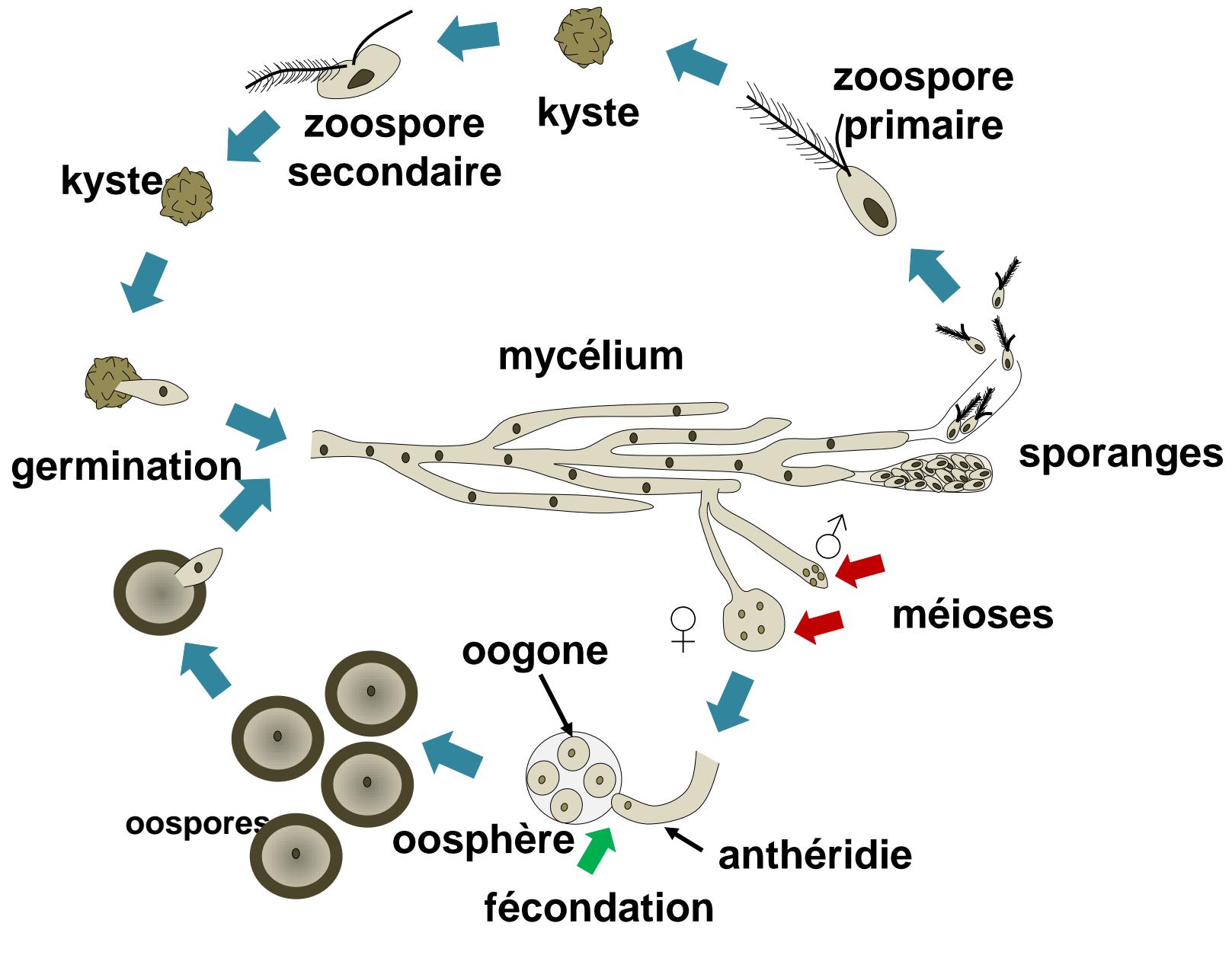


mise en place / des hyphes





les zoospores de *Saprolegnia*

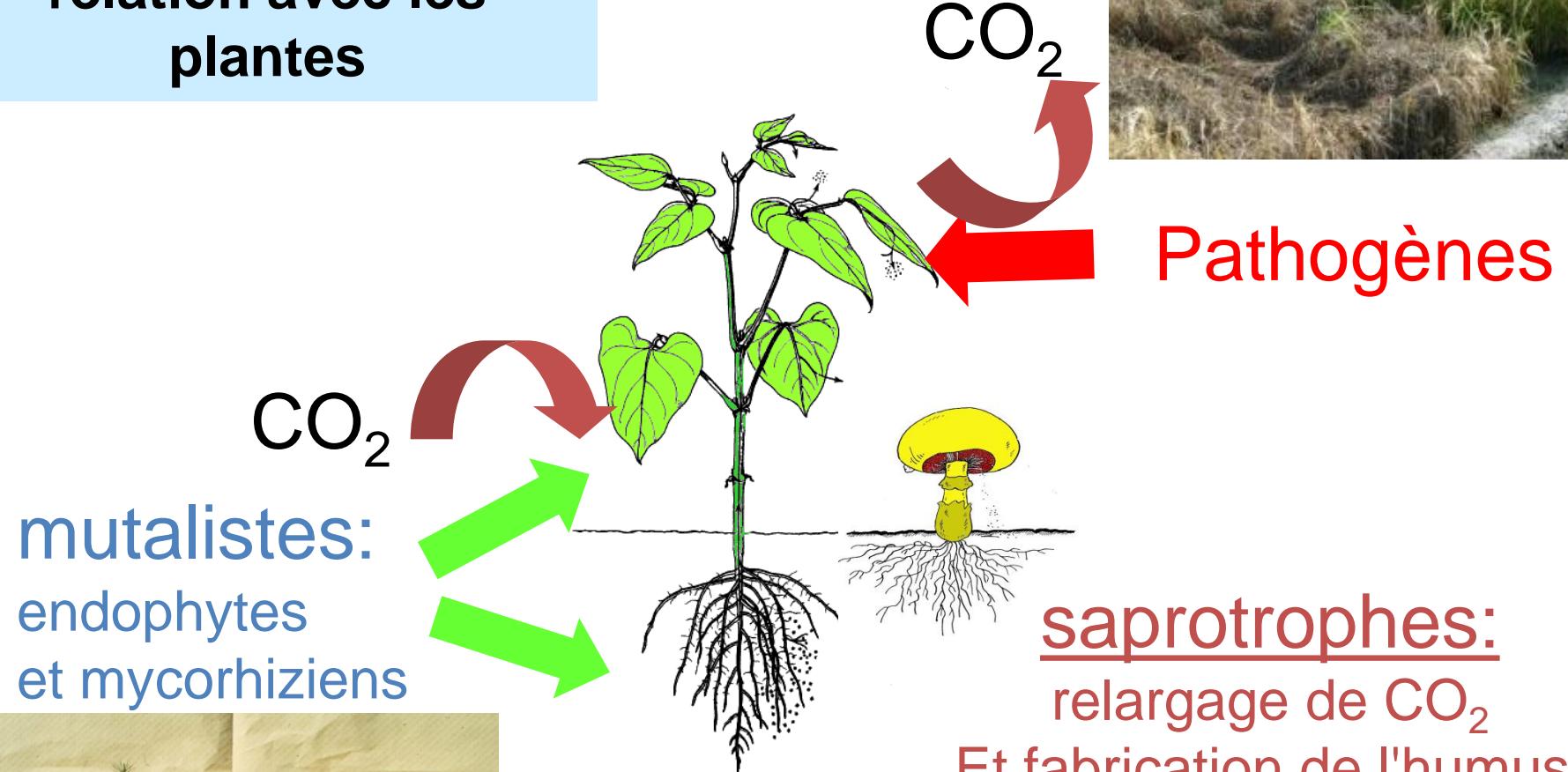


cycle d'un *Saprolegnia*

# Les eumycètes ou vrais champignons

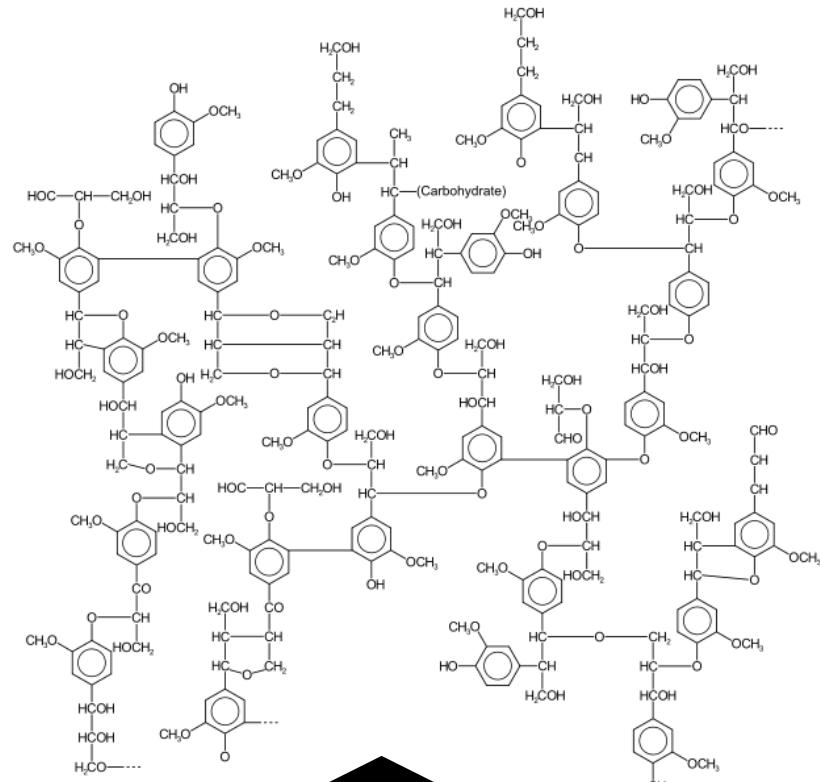
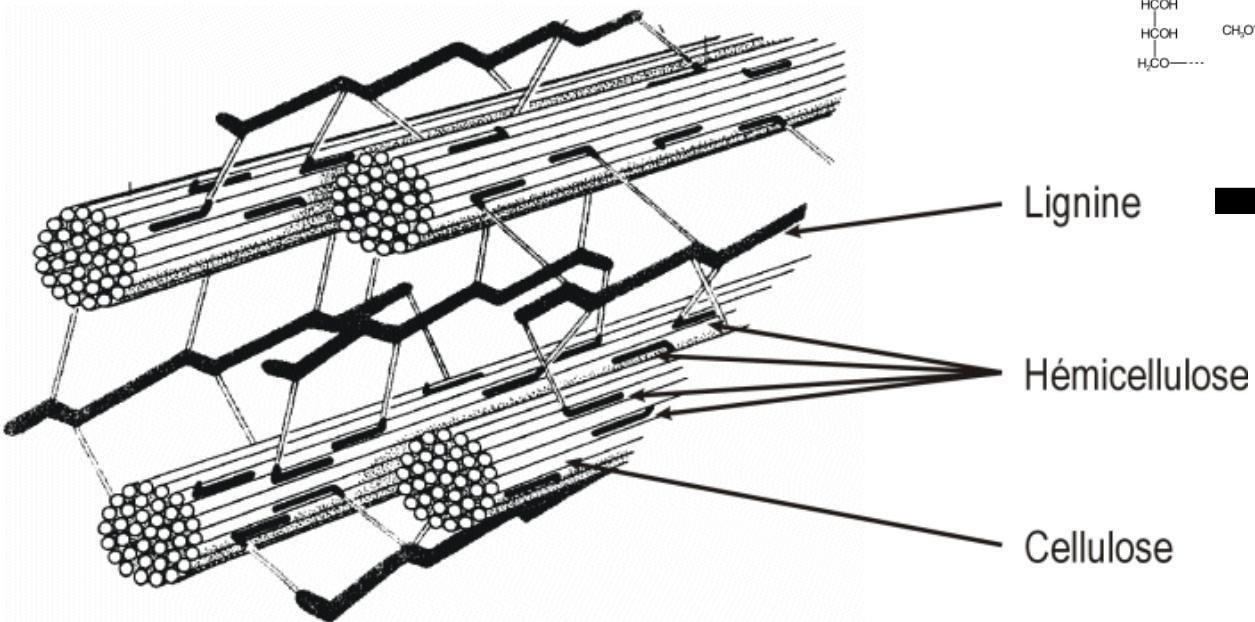
- Plusieurs centaines de milliers (millions?) d'espèces
- Champignons qui produisent les carpophores visibles à l'œil nu, mais aussi les levures et la majorité des moisissures
- ont colonisé pratiquement tous les milieux mais sont particulièrement abondants dans les sols des forêts
- ont adopté des stratégies de vie très différentes, les principales sont:
  - **saprotophages** (~50% des espèces)
  - **mutualistes de plantes**: mycorhizes et endophytes (~10% des espèces)
  - **mutualistes d'algues et de bactéries**: lichens (~20% des espèces)
  - **mutualistes d'animaux** (~1% des espèces)
  - **parasites de plantes** (~15% des espèces)
  - **parasites d'animaux** (~2% des espèces)
  - **parasites de champignons** (~1% des espèces)

# Les rôles écologiques principaux des champignons sont en relation avec les plantes



# Les saprotrophes

## structure végétale



Lignine

Hémicellulose

Cellulose

# Les saprotrophes

Les Eumycètes filamentueux (surtout les Basidiomycètes) sont les organismes qui sont les mieux adaptés à la dégradation des matières végétales solides:



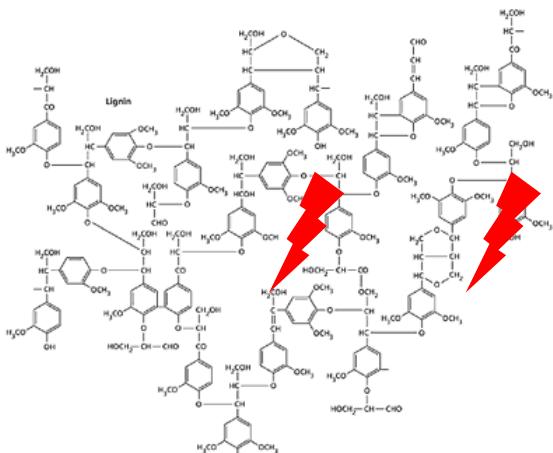
Pourriture blanche



Pourriture cubique et brunes



Mérule

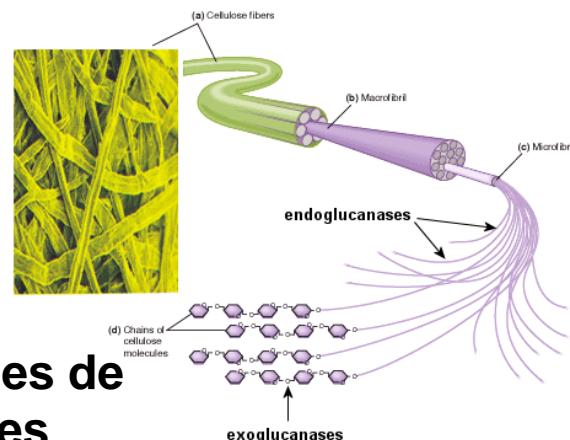


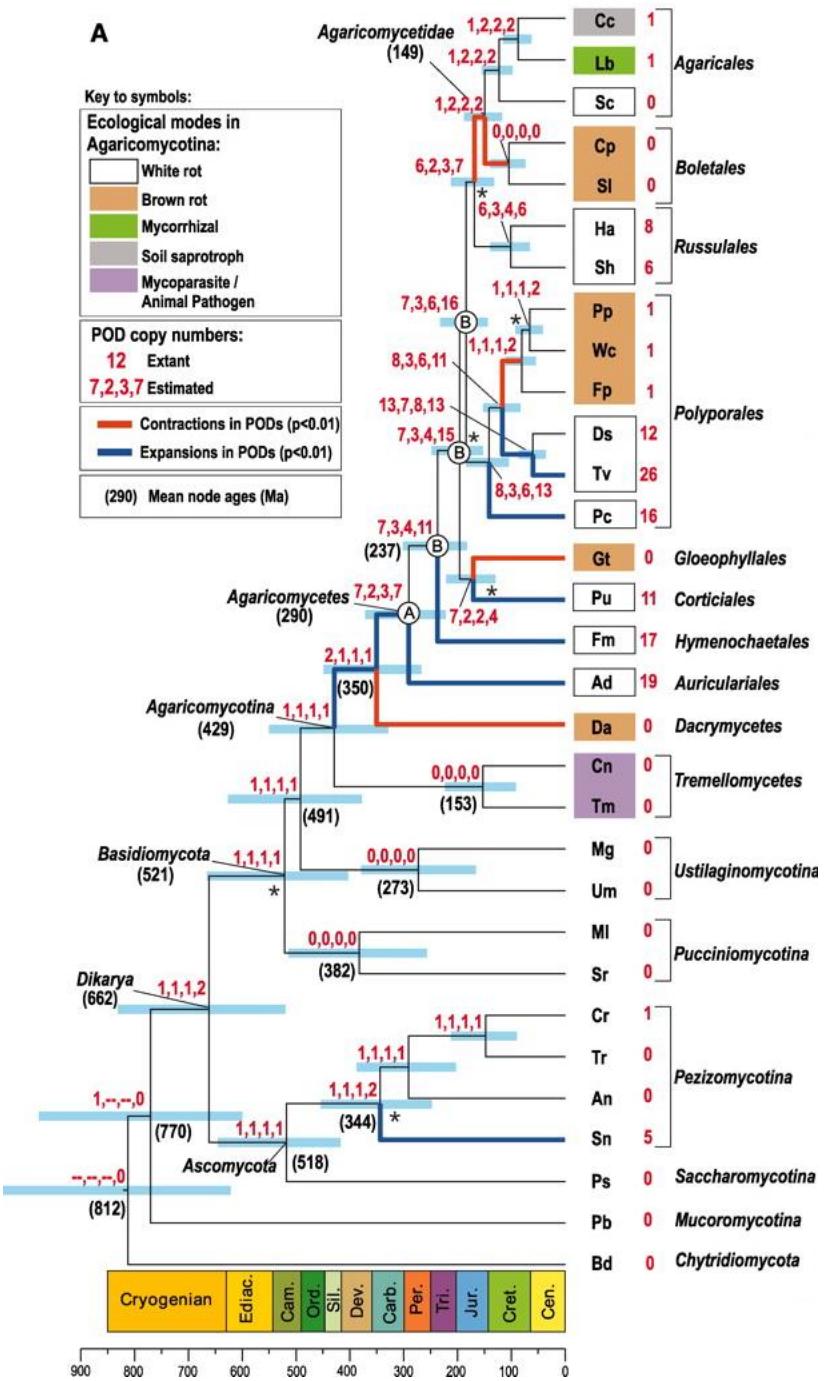
attaques  
radicalaires  
par des oxydases

Dégradation de la lignine

hydrolases de  
glycosides

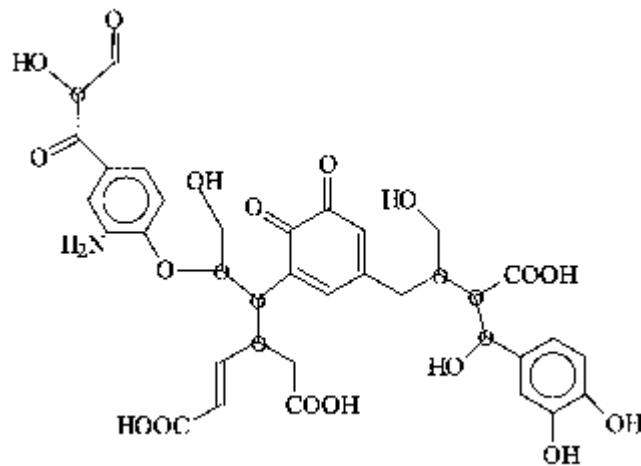
Dégradation de la cellulose



**A**

**l'apparition de la capacité à dégrader efficacement la lignocellulose est contemporaine de la fin de la déposition importante du matériel végétal qui a donné le charbon...**

Dans la nature, production d'acides humiques importants pour la santé des sols:

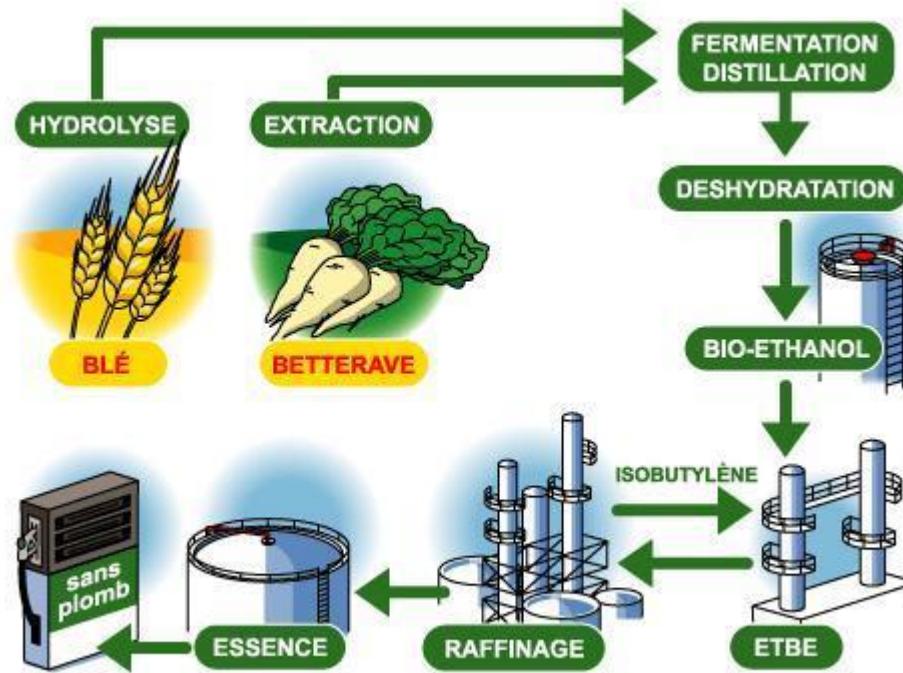


monomère supposé d'acide humique

- rétention de substances (sels minéraux, polluants...)
- interfère avec l'absorption de l'eau dans les sols

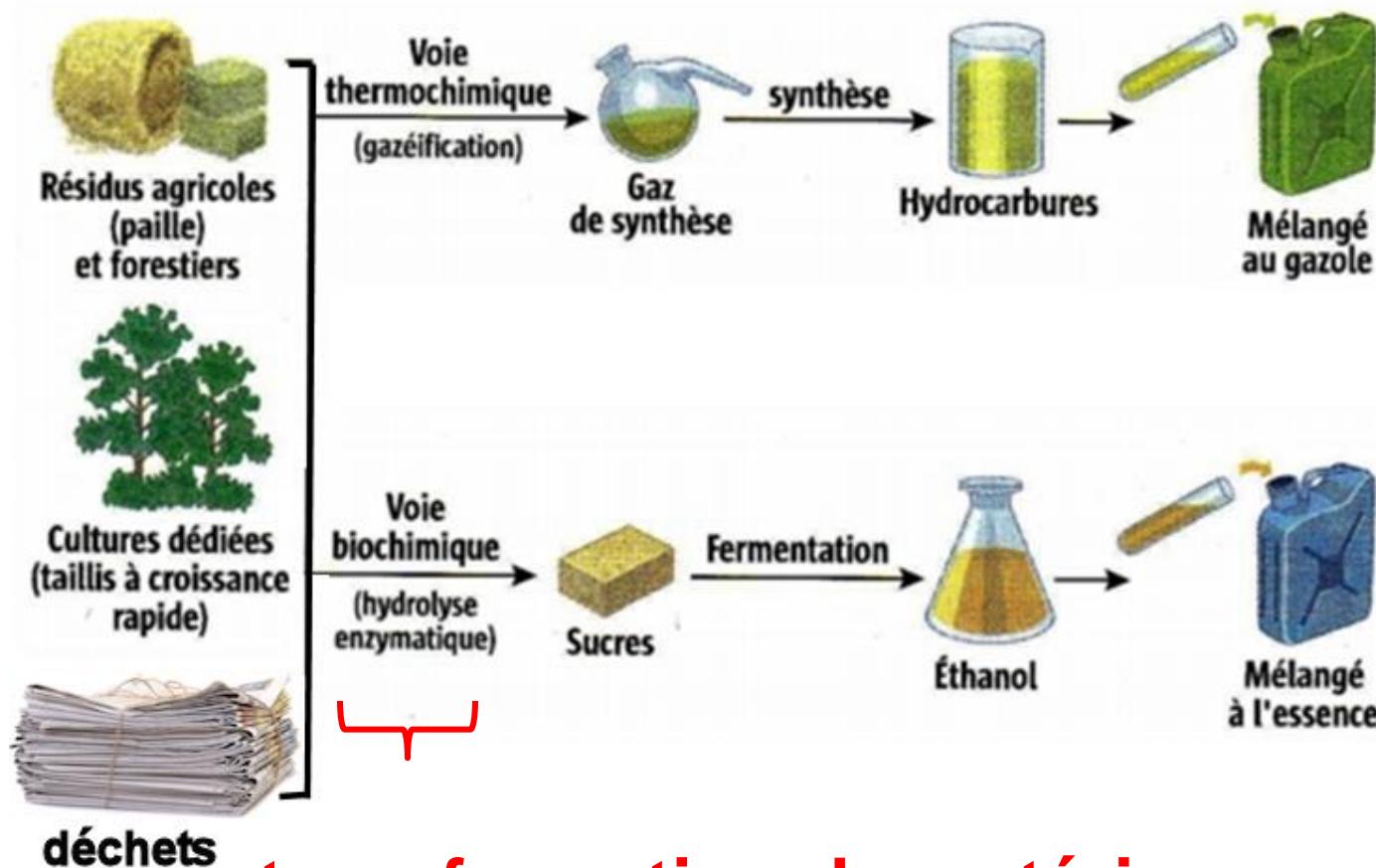
un sol en bonne santé (et donc productif) contient une grande quantité d'acide humique (" l'humus ") qui est fabriqué par les champignons saprotrophes via l'apport (annuel dans nos régions) de biomasse végétale

# biocarburants de 1<sup>ere</sup> génération: les agrocarburants

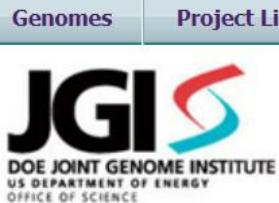


compétition avec l'alimentation humaine mais facilité de production

# biocarburants de 2eme génération



**transformation de matériaux  
récalcitrants et solides en matériaux  
facilement transformables**



# DOE Joint Genome Institute

Enabling Advances in Bioenergy & Environmental Research

A stylized graphic of a molecular structure or DNA helix composed of various colored spheres (red, blue, green) connected by lines.

[Bioenergy Research  
at JGI](#)



[Genomic  
Technologies](#)



[Fungal Genomics  
Program](#)



[Metagenomics  
Program](#)

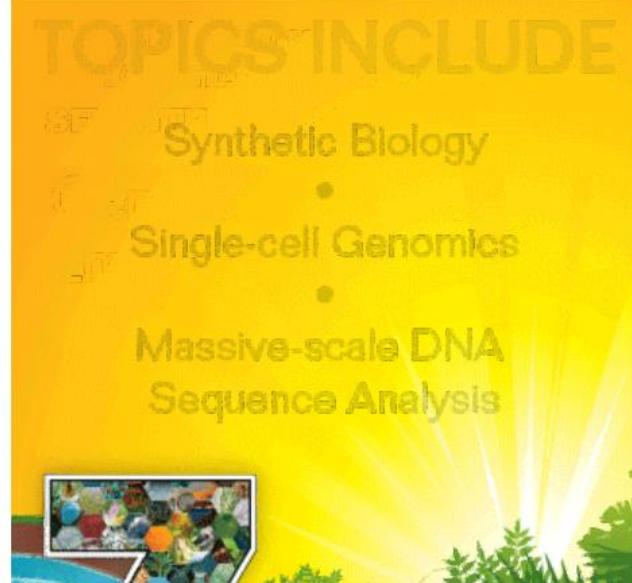


[Microbial Genomics  
Program](#)



[Plant Genomics  
Program](#)

Fungi can play diverse roles: from pathogens and symbionts of biofuel plant feedstocks; degraders of lignocellulose; secretors of cellulolytic enzymes and fermenters sugars for improved biofuels production.



Office of  
Science



[1000 Fungal Genomes project.](#)  
[Nominate New Species!](#)

### [Genomic Encyclopedia of Fungi](#)

[Plant Feedstock Health](#)

[Mycorrhizal Symbiosis](#)

[Plant Pathogenicity](#)

[Biocontrol](#)

[Biorefinery](#)

[Lignocellulose Degradation](#)

[Sugar Fermentation](#)

[Industrial Organisms](#)

[Fungal Diversity](#)

[Submit CSP proposal](#)

### Announcements

February 25-28, 2018

[European Conference on Fungal Genetics](#)

Haifa, Israel

March 13-16, 2018

[Fungal genomics workshop @ JGI User Meeting](#)

San Francisco, CA, U.S.A.

July 16-21, 2018

[International Mycological Society Annual](#)

Meeting, San Juan, Puerto Rico

### Releases

- January 26, 2018  
[Mycena floridula CBHHK072 v1.0](#)
- January 26, 2018  
[Mycena amicta BAPX v1.0](#)
- January 26, 2018  
[Mycena rebaudengoi CBHHK068 v1.0](#)
- January 26, 2018  
[Mycena filipes CBHK001 v1.0](#)
- January 26, 2018  
[Suillus cothurnatus VC 1858 v1.0](#)

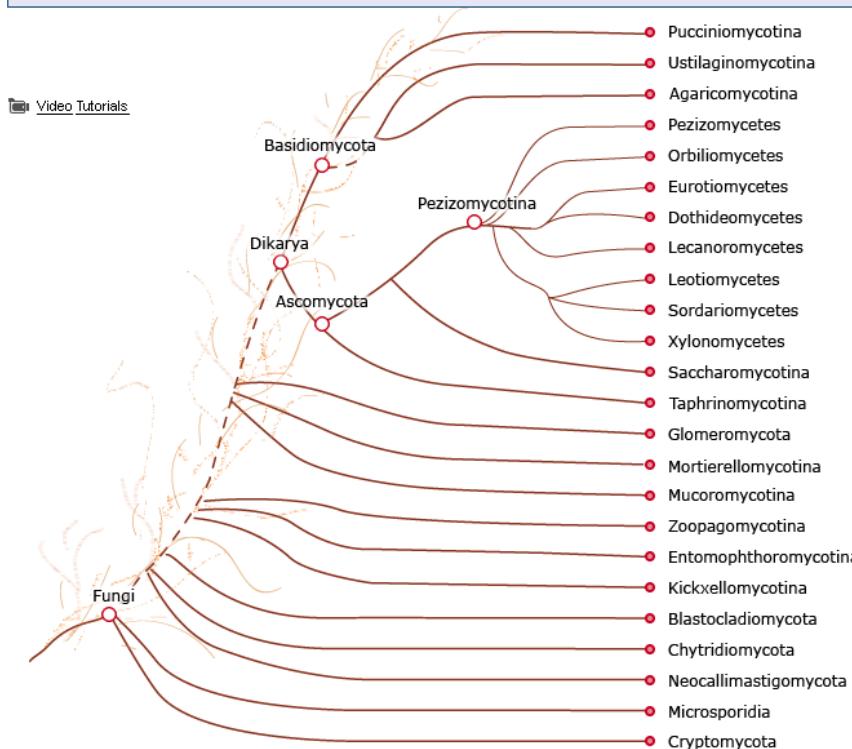
[more](#)

Search for Genomic Data

Search

Advanced Search

► [Feedback](#)



To use the tree navigation click a branch name and select an organism from the list.  
For MycoCosm, please cite: Grigoriev IV, Nikitin R, Haridas S, Kuo A, Ohm R, Otiilar R, Riley R, Salamov A, Zhao X, Korzeniewski F, Smirnova T, Nordberg H, Dubchak I, Shabalov I. (2014) [MycoCosm portal: gearing up for 1000 fungal genomes](#). Nucleic Acids Res. 42(1):D699-704.

For JGI Fungal Program, please cite: [Fueling the future with fungal genomics](#). Grigoriev IV, Cullen D, Goodwin SB, Hibbett D, Jeffries TW, Kubicek CP, Kuske C, Magnuson JK, Martin F, Spatafora JW, Tsang A, Baker SE. (2011) , Mycology. 2(3):192-209.

# Les champignons du bois

## Les pourritures blanches

- dégradent la lignine, la cellulose et l'hémicellulose



## Les pourritures brunes

- Ne dégradent pas la lignine,  
uniquement la cellulose et l'hémicellulose

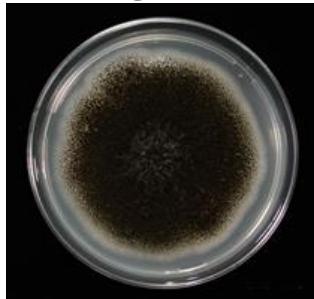


- « mauvais » modèles d'études
- Engineering quasi inexistant

# Les champignons industriels et modèles

## Les industriels:

*Aspergillus niger*



*Trichoderma reesei (H. jecorina)*

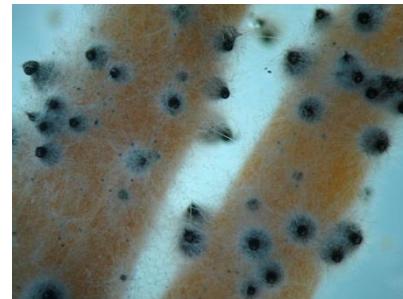
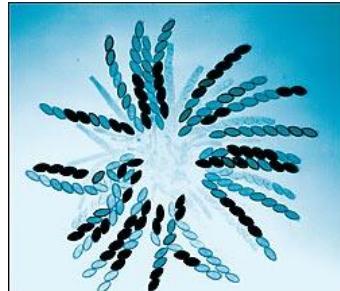


- Dégradent la cellulose et l'hémicellulose
- Production d'enzymes de dégradation  
(cellulases, héli-cellulases, ...)

## Les modèles émergeants:

*Podospora anserina*

*Neurospora crassa*



- Dégrade la lignine

# biocarburants de 3eme génération



## utilisation de la biomasse des algues


**SOMETHING**  
from  
**NOTHING**
*An evening with*  
**RICHARD DAWKINS & LAWRENCE KRAUSS**  
SYDNEY Thursday 12 April

Search

## News

### Rainforest fungus gives off biodiesel

Agence France-Presse

[Share](#) | 
 



[Add new comment](#) • 
 [Email this page](#)
[News](#) · 
 [Life & Environment](#) · 
 [Technology](#)

Wednesday, 5 November 2008

[Single page](#) [print view](#)

PARIS: A reddish microbe discovered at a secret location in the rainforests of northern Patagonia has been found to expel hydrocarbon gas, with promise as a new source of biofuel.

Its potential is so startling that the discoverers have coined the term "myco-diesel" - a derivation of the word for fungus - to describe the various hydrocarbons that it produces as a gas.

A study detailing the find appears next week in the British journal, *Microbiology*.

#### Lucky breaks

"This is the only organism that has ever been shown to produce such an important combination of fuel substances," said Gary Strobel, a biologist at Montana State University in Bozeman, USA.

"The fungus can even make these diesel compounds from cellulose, which would make it a better source of biofuel than anything we use at the moment," he said.

Strobel, a 70-year-old veteran of the world's



The Patagonian tree fungus, *Gliocladium roseum*, expels hydrocarbons which could be used as fuel, scientists say. Image shows the microbe growing as a culture on a petri dish.

Credit: Gary Strobel

## Latest News

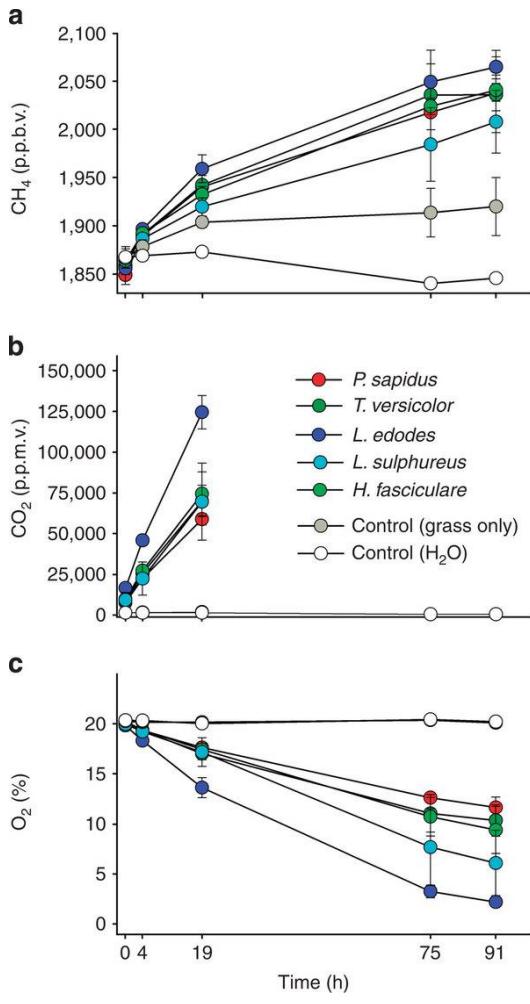
[Frog skin secretions battle superbugs](#)
[Elusive neutrino oscillations pinned down](#)
[Square, 'emerald-cut' galaxy discovered](#)
[New tests for pancreatic cancer offer hope](#)
['Faster-than-light' particles fail cross-check](#)

more

## THE COSMOS ULTIMATE SCIENCE GUIDE

Discover undergraduate science, engineering & I.T. courses





Fungi	Substrate	CH <sub>4</sub> :CO <sub>2</sub> -ratio [p.p.b.v.: %]	
		Mean	s.d.
<i>Pleurotus sapidus</i>	Grass	1.7	0.1
	<sup>13</sup> C Glucose	22.8	16.6
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	<sup>13</sup> C Glucose	11.1	0.84
	<sup>13</sup> C Glucose/Grass	22.20.8	17.60.1
<i>Laetiporus sulphureus</i>	<sup>13</sup> C	22.20.8	17.60.1
	Grass	1.3	0.4
<i>Trametes versicolor</i>	Grass	1.02	0.2
	Grass	0.9	0.2
<i>Hypholoma fasciculare</i>	Grass		
<i>Lentinula edodes</i>	Grass		

## ARTICLE

Received 16 Mar 2012 | Accepted 2 Aug 2012 | Published 4 Sep 2012

DOI: 10.1038/ncomms2049

# Evidence for methane production by saprotrophic fungi

Katharina Lenhart<sup>1</sup>, Michael Bunge<sup>2</sup>, Stefan Ratering<sup>2</sup>, Thomas R. Neu<sup>3</sup>, Ina Schüttmann<sup>4</sup>, Markus Greule<sup>1</sup>, Claudia Kammann<sup>5</sup>, Sylvia Schnell<sup>2</sup>, Christoph Müller<sup>5,6</sup>, Holger Zorn<sup>4</sup> & Frank Keppler<sup>1</sup>

## *Des champignons dans les (futures) batteries*

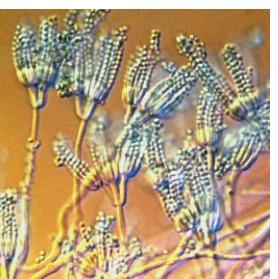
 Tweeter 0

 Partager



**Les métaux rares utilisés dans les batteries conventionnelles et les piles à combustibles pourraient un jour être remplacés par des enzymes produites par des champignons.**

Des chercheurs de l'Université d'Oxford ont démontré que les enzymes laccases, produites par des champignons qui poussent sur la pourriture du bois, peuvent être utilisées comme catalyseur, moins cher et plus efficacement que les métaux nobles comme le platine.



# *Penicillium chrysogenum*

## Productions de métabolites secondaires: poisons et médicaments



# destination sante.com

L'information santé au quotidien

27940 articles accessibles gratuitement | **27 octobre 2010**

English | Français | العربية

[Recherche avancée](#)

## Champignons : un mort et 24 intoxications graves en France

[8 octobre 2010 - 17h52]  
[mis à jour le 12 octobre 2010 à 10h49]

**Identification**  
Login :

**EN BREF**

Gueule de bois : Outox s'attaque à l'ANSES

[26 octobre 2010 - 16h04]  
[Lire la suite]

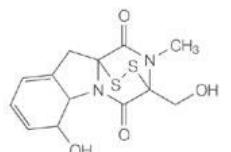
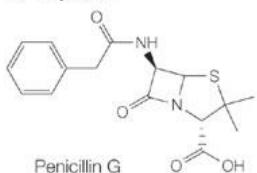
Grippe : les vaccinations démarrent bien

... 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 798 799 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 898 899 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 998 999 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1098 1099 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1198 1199 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1298 1299 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1349 1350 1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 1368 1369 1369 1370 1371 1372 1373 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1379 1380 1381 1382 1383 1384 1385 1386 1387 1388 1389 1389 1390 1391 1392 1393 1394 1395 1396 1397 1398 1398 1399 1399 1400 1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409 1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418 1419 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427 1428 1429 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1498 1499 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1598 1599 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1698 1699 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1798 1799 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1889 1890 1891 1892 1893 1894 1895 1896 1897 1898 1898 1899 1899 1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1998 1999 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2098 2099 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2198 2199 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2298 2299 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2398 2399 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2469 2470 2471 2472 2473 2474 24

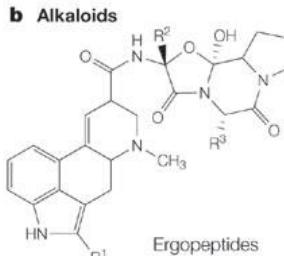
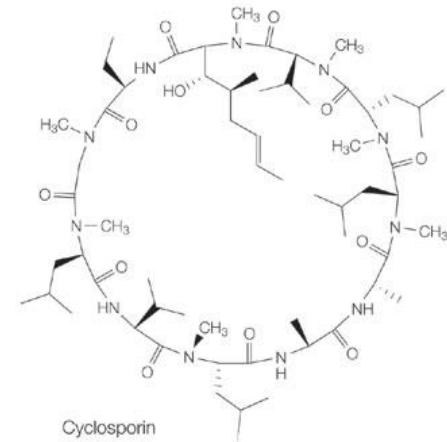
# *Amanita phalloides*



### a Peptides

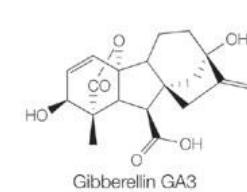
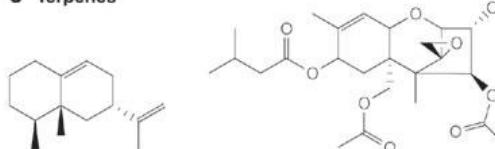


#### Gliotoxin

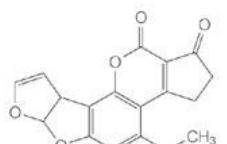
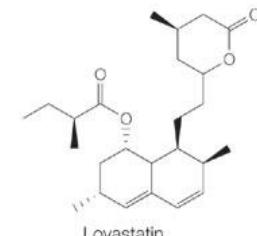
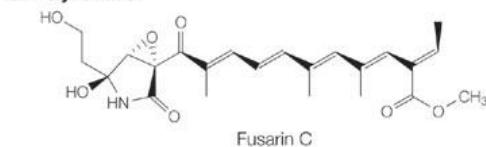


### Ergopeptides

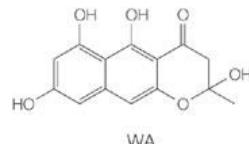
## C Terpenes



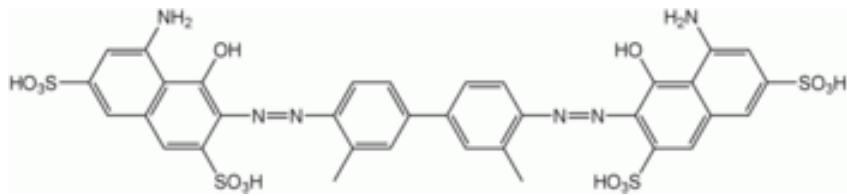
## d Polyketides



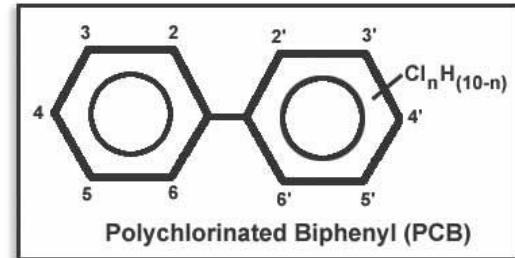
### Aflatoxin B1



Wx

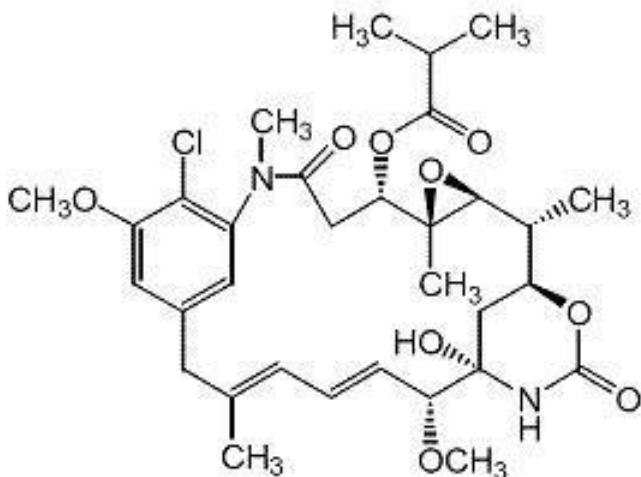


colorants

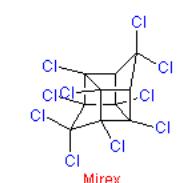
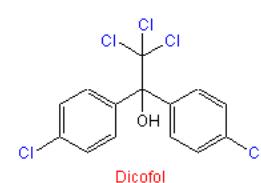
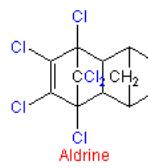
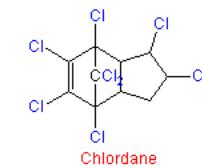
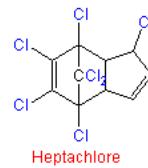
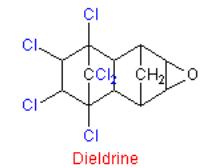
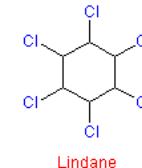
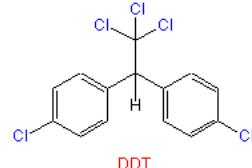


PCB

quelques polluants

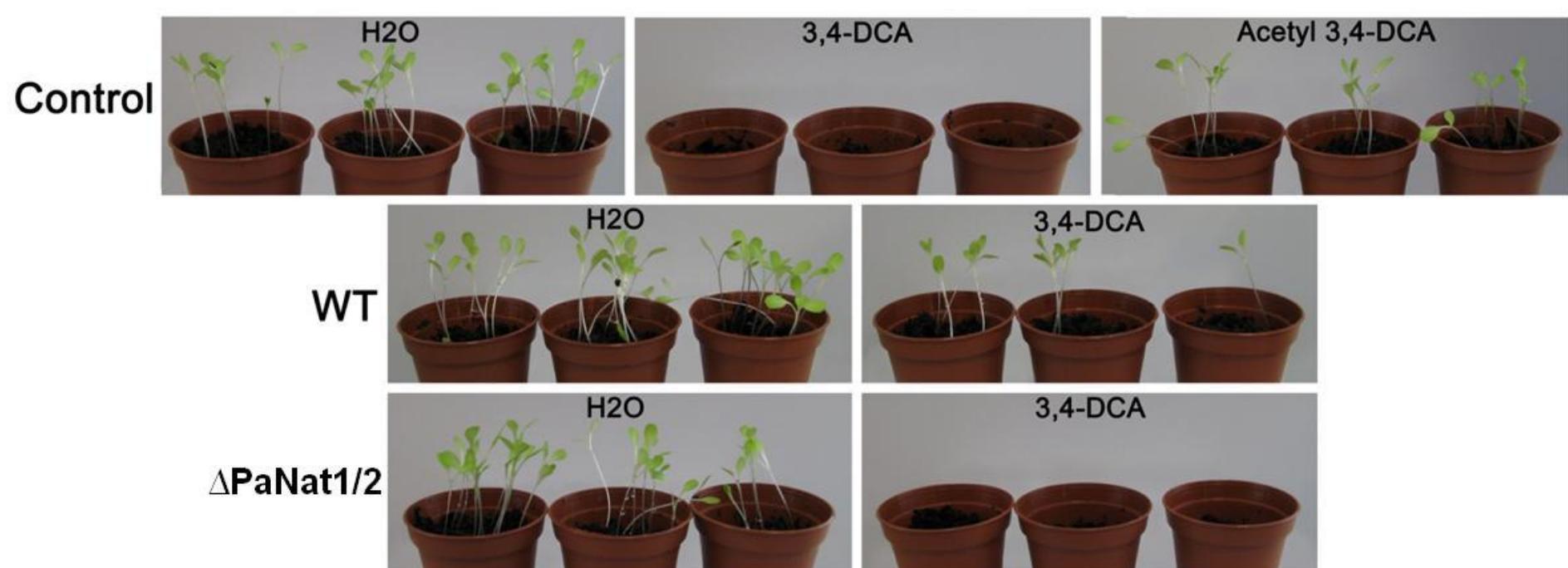


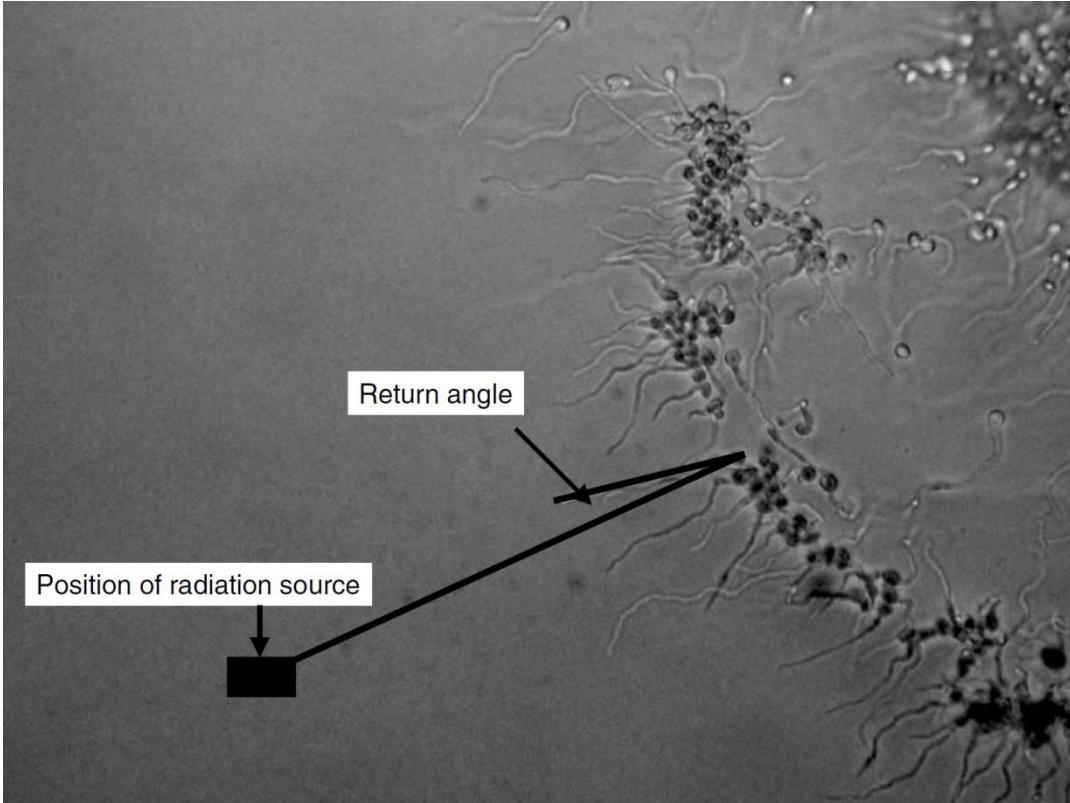
médicaments



pesticides

La machinerie de dégradation de la lignine et les autres enzymes fongiques peuvent aussi transformer/dégrader les polluants: la **mycoremediation**



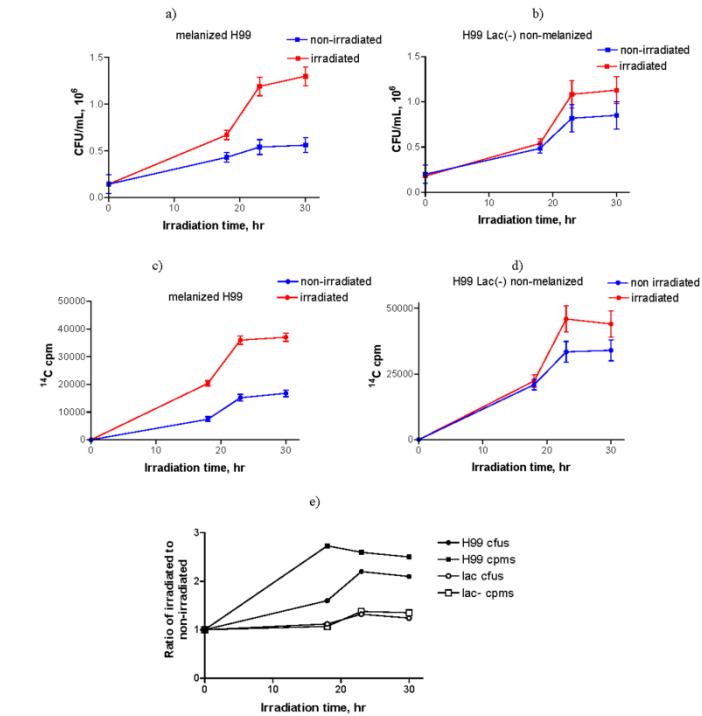


*Mycol. Res.* **108** (9): 1089–1096 (September 2004). © The British Mycological Society  
DOI: 10.1017/S0953756204000966 Printed in the United Kingdom.

1089

## Ionizing radiation attracts soil fungi

Nelli N. ZHDANOVA<sup>1</sup>, Tatyana TUGAY<sup>1</sup>, John DIGHTON<sup>2\*</sup>, Victor ZHELTONOZHHSKY<sup>3</sup>  
and Patrick McDERMOTT<sup>4</sup>



OPEN ACCESS Freely available online

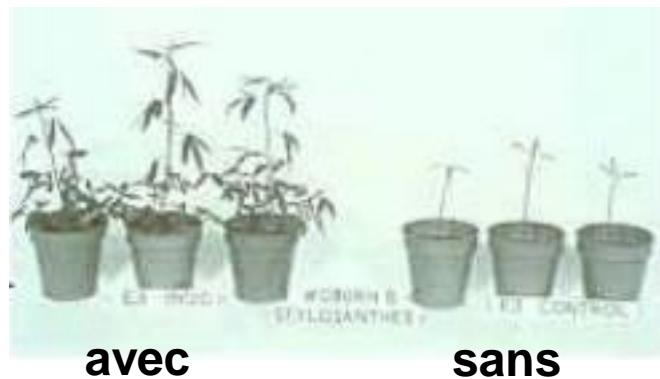
PLOS ONE

## Ionizing Radiation Changes the Electronic Properties of Melanin and Enhances the Growth of Melanized Fungi

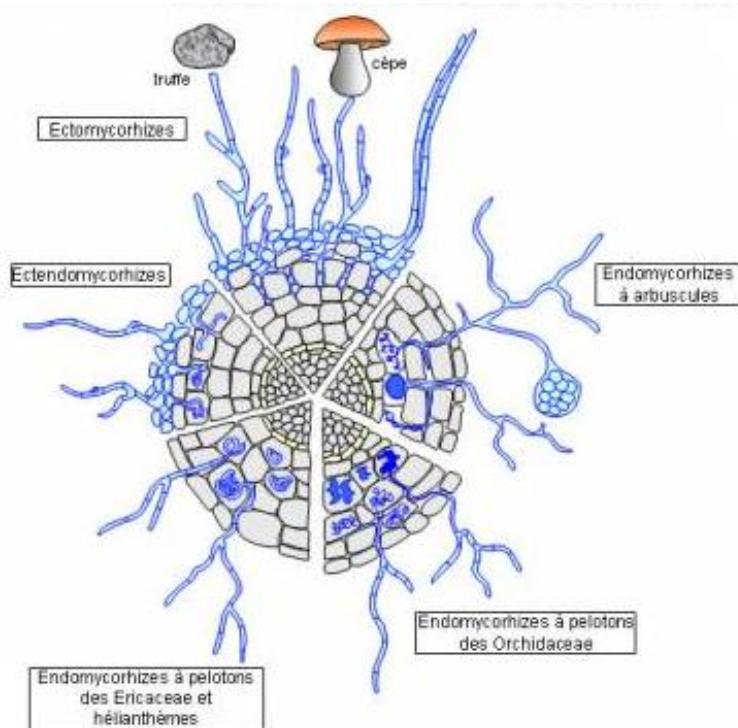
Ekaterina Dadachova<sup>1,2\*</sup>, Ruth A. Bryan<sup>1</sup>, Xianchun Huang<sup>1</sup>, Tiffany Moadel<sup>1</sup>, Andrew D. Schweitzer<sup>1</sup>, Philip Aisen<sup>3</sup>, Joshua D. Nosanchuk<sup>2,4</sup>, Arturo Casadevall<sup>2,4</sup>

les champignons peuvent-ils utiliser la radioactivité?

# Les mutualistes mycorhiziens:

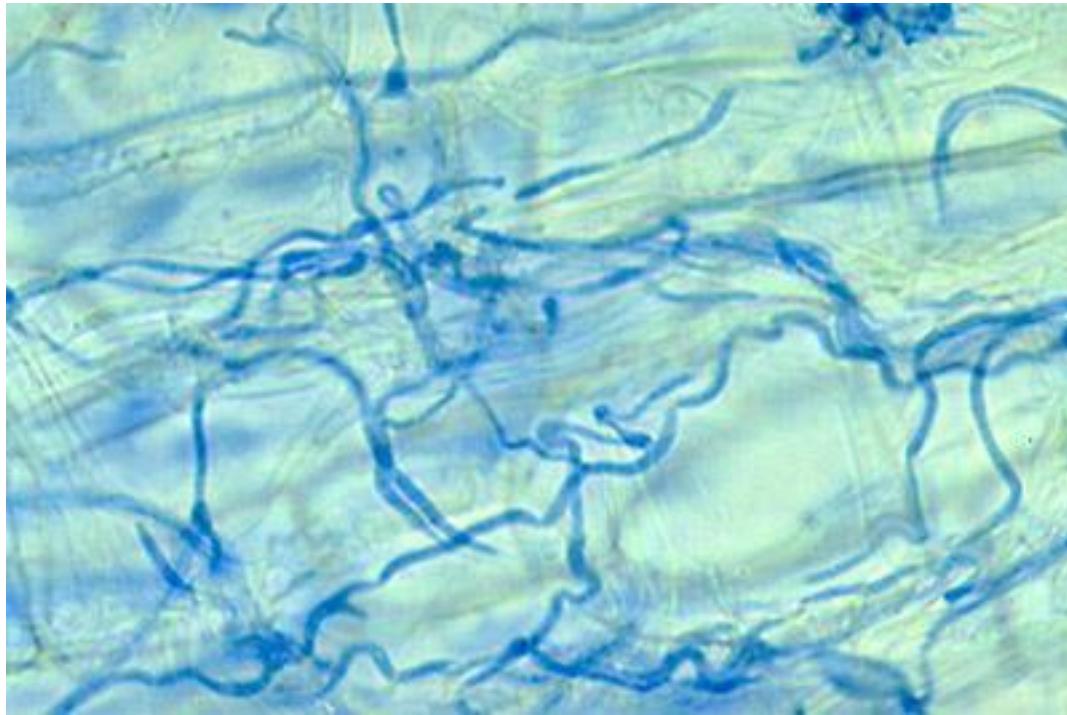


Plante	Champignon
Produits de la photosynthèse	Sels minéraux (N et P) Eau + protection



# Les endophytes

Omniprésents: en moyenne une plante héberge 6 espèces de champignons



Rôles souvent inconnus : protection contre les herbivores ou les autres champignons pathogènes

# Champignons phytopathogènes



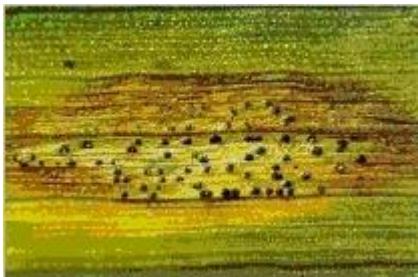
**Pyriculariose du riz**



**Rouille du blé**



**Maladie hollandaise  
de l'orme**



**Septoriose du blé**



**Monilliose de la pomme**

## **Impact des attaques sur les productions végétales**

**Au total : de 31 à 42% de pertes  
sur l'ensemble des cultures mondiales dont**

**Maladies : 14,1% (>90% des maladies des plantes sont fongiques!) soit 220 milliards de \$ rien qu'aux USA!**

**Ravageurs (insectes, nématodes...): 12,2%**

**Mauvaises herbes: 10,2%**

**Importance croissante des champignons phytopathogènes**

## Importance croissante des maladies fongiques des cultures végétales dans l'avenir

champignons

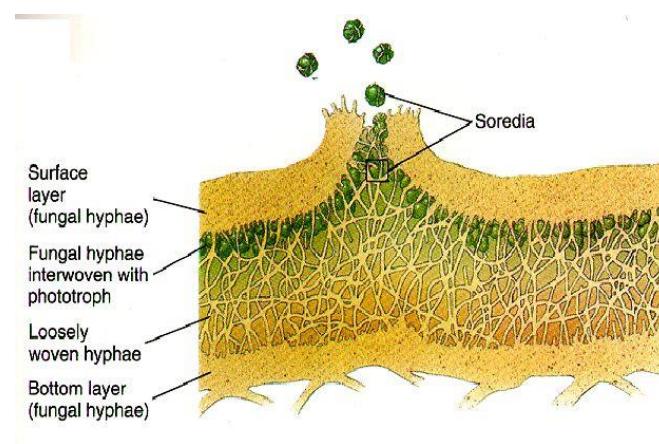
Table 17: les dix pathogènes émergents de plantes qui inquiètent les agronomes.

espèces	taxon	maladie	plantes hôtes
<b><i>Phytophthora infestans</i></b>	Oomycota	pourriture	patates et tomates
<b><i>Peronosclerospora sorghi</i></b>	Oomycota	mildiou	maïs et sorgho
<b><i>Tilleria indica</i></b>	Ultilaginomycotina	carie	blé
<b><i>Phakopsora pachyrhizi et Phakopsora meibomiae</i></b>	Pucciniomycotina	rouille	soja
<b><i>Puccinia horiana</i></b>	Pucciniomycotina	rouille blanche	chrysanthème
<b><i>Puccinia melanocephala</i></b>	Pucciniomycotina	rouille	canne à sucre
<b><i>Moniliophthora roreri</i></b>	Agaricomycotina	moniliose	cacao
<b><i>Guignardia citricarpa</i></b>	Pezizomycotina	tâches noires	agrumes
<b><i>Elsinöe australis</i></b>	Pezizomycotina	anthracnose	oranger
<b>Virus africain de la mosaïque du manioc</b>		Chlorose	manioc

Pour un agriculteur: semence 70€, engrais 100€, herbicides 50€, insecticides 5€

et 75€ pour les fongicides!

# Les lichens



# Parasites d'animaux



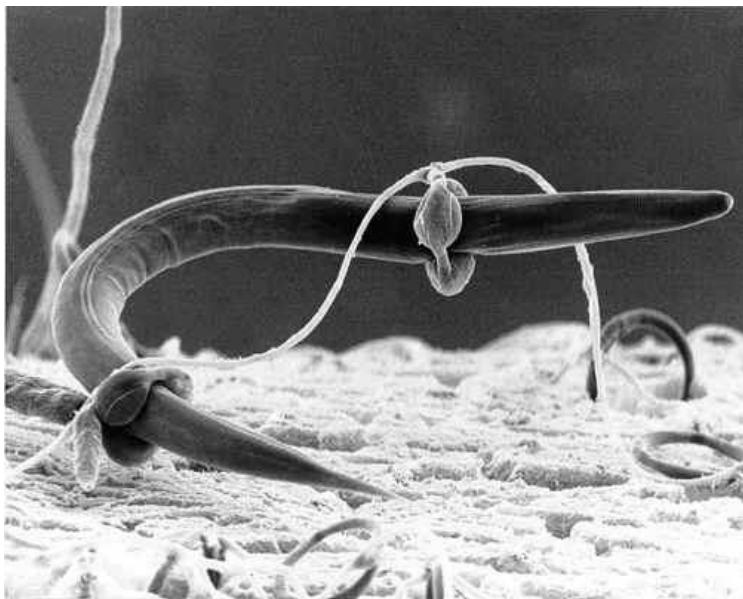
Cordiceps



Metarhizium ?

Infecte principalement les animaux à sang froid car leur optimum de croissance est de 20-30°C

# Des champignons carnivores !



Des hyphes lassos



Des hyphes collantes

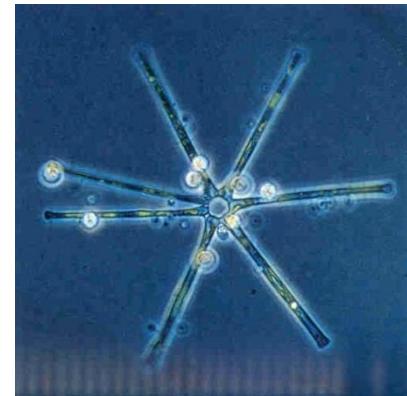
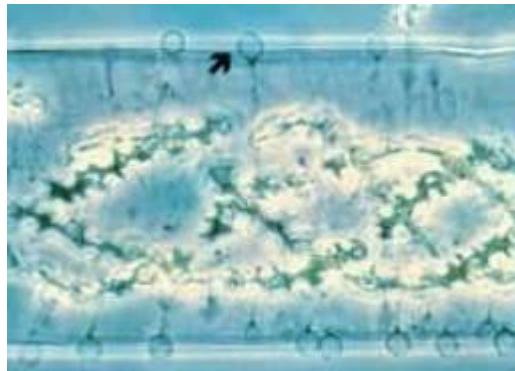
# Quelques espèces causent des mycoses



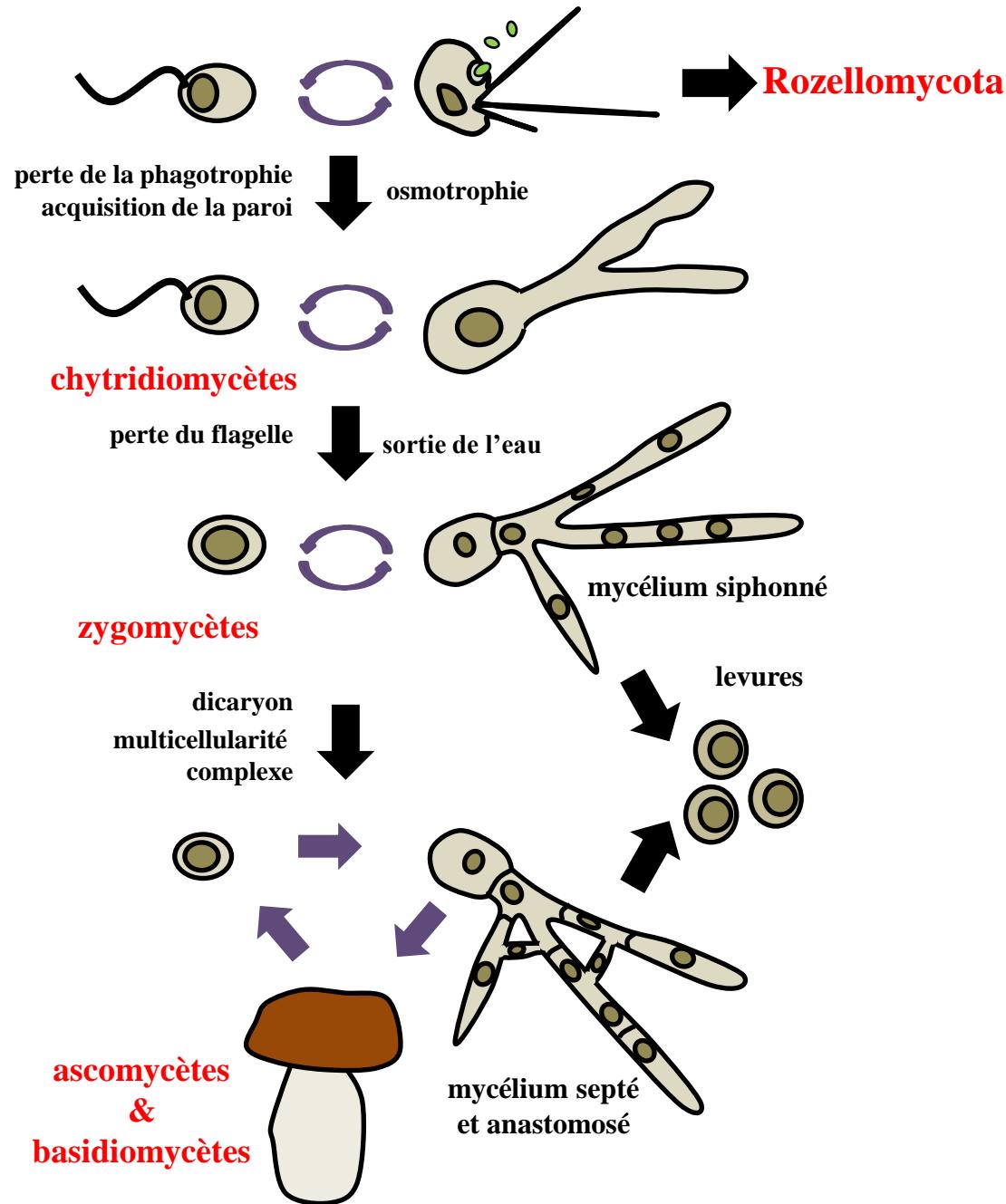
# Des champignons parasites d'autres champignons



## Et d'algues



# L'histoire évolutive des *Eumycota*



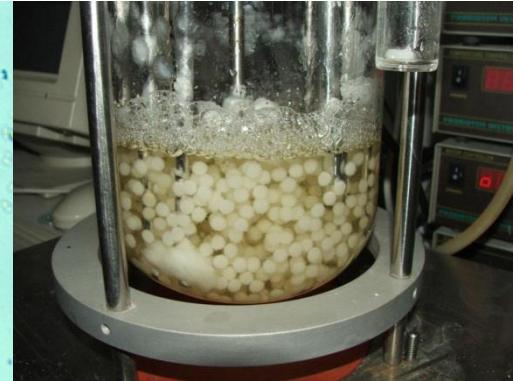
# Quelques champignons inférieurs:



**Batrachochytrium dendrobatidis**



**Neocallimastix frontalis**



**Rhizopus oryzae**



**Mucor mucedo**



**Pilobous crystallinus**

# Les champignons supérieurs:



# Un exemple d'évolution convergente...

## Exemple des truffes:



*Aspergillus sp.*



*Ramaria stricta*



*Pyrenogaster sp.*



*Morchella esculenta*



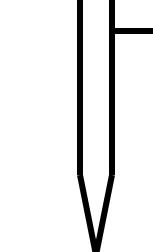
*Suillus tridentinus*



*Rhizopogon truncatus*



*Peziza badia*



*Russula ochroleuca*

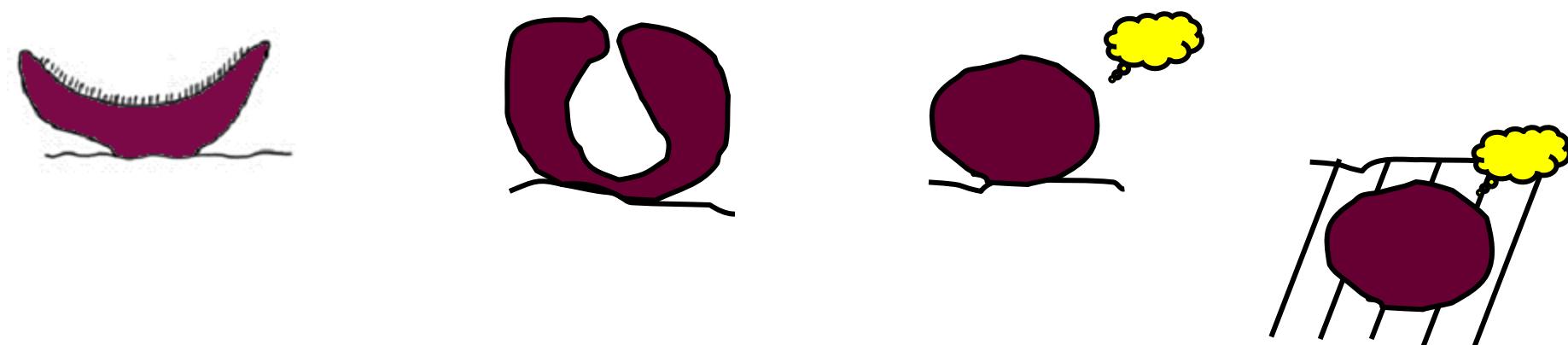
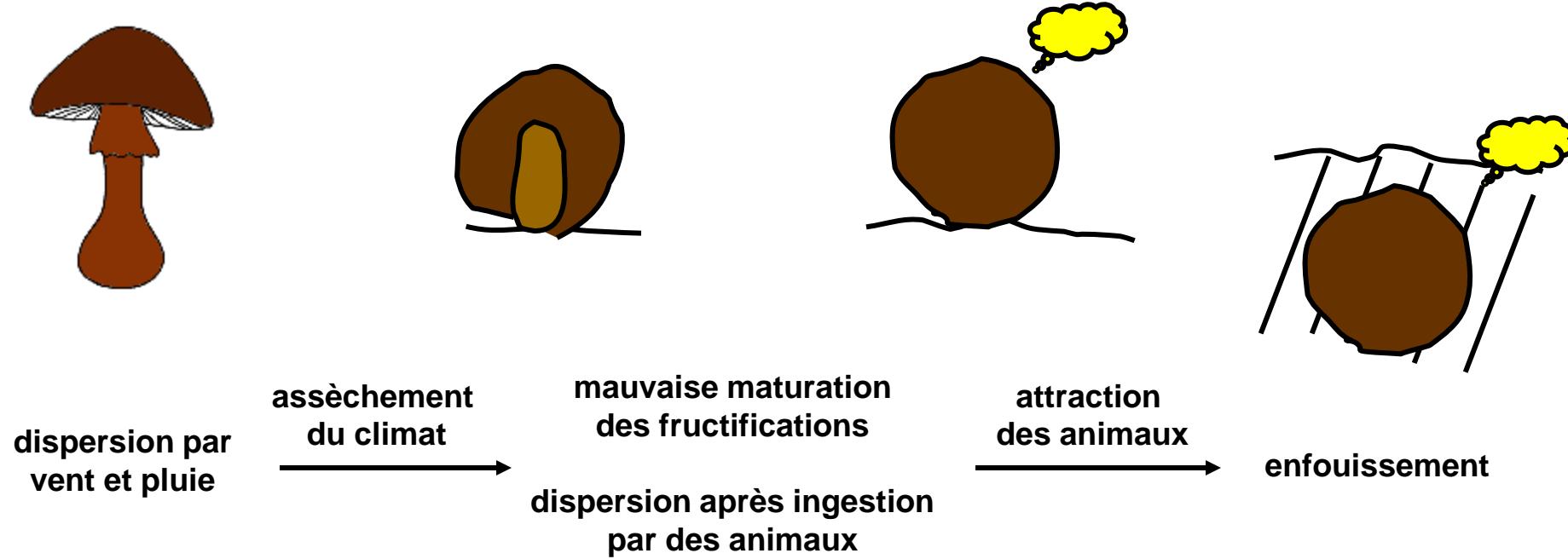


*Zelleromyces scissilis*

Ascomycètes

Basidiomycètes

# Schéma évolutif proposé:



# un autre exemple

Russule

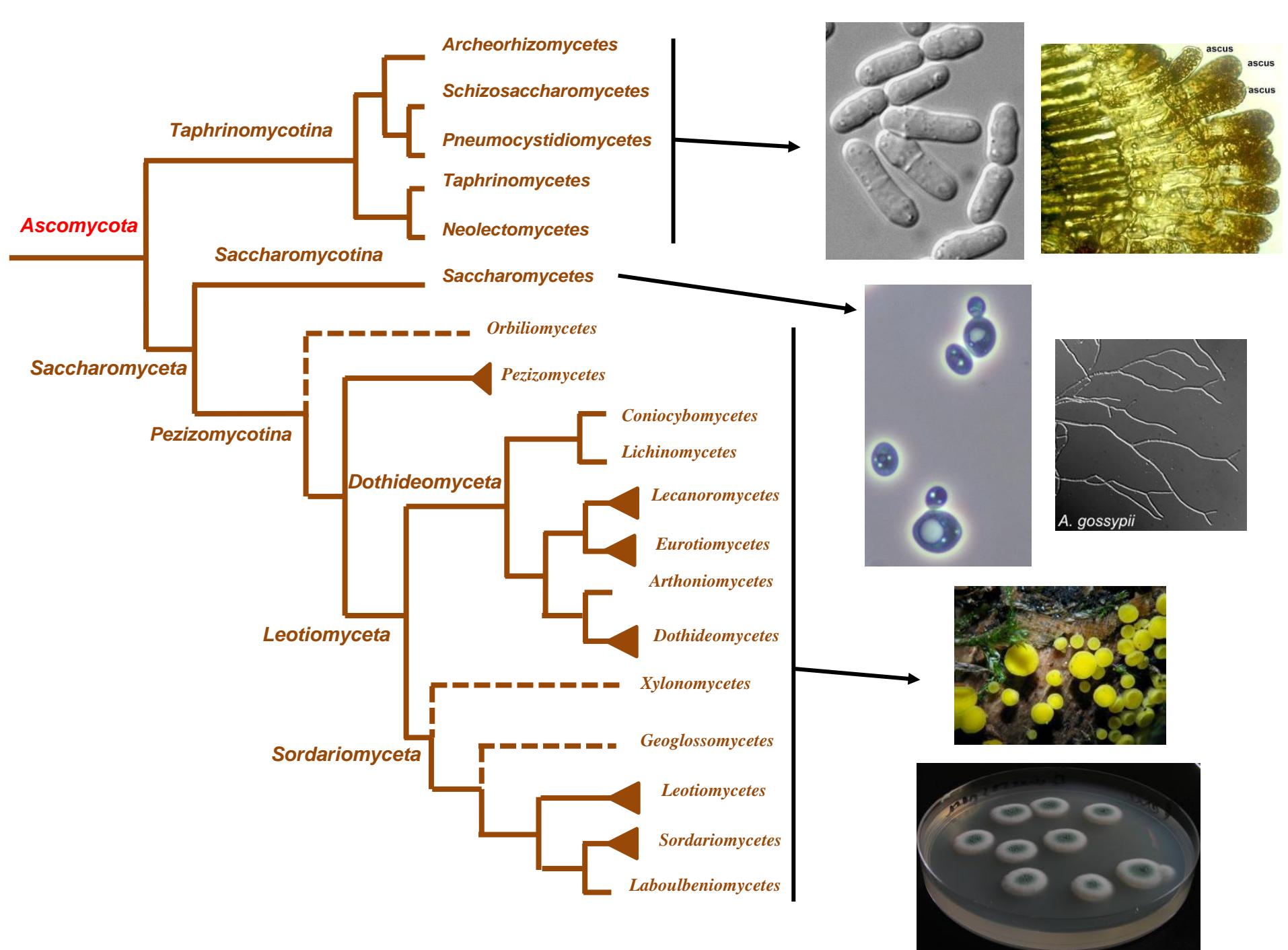


Cyathe

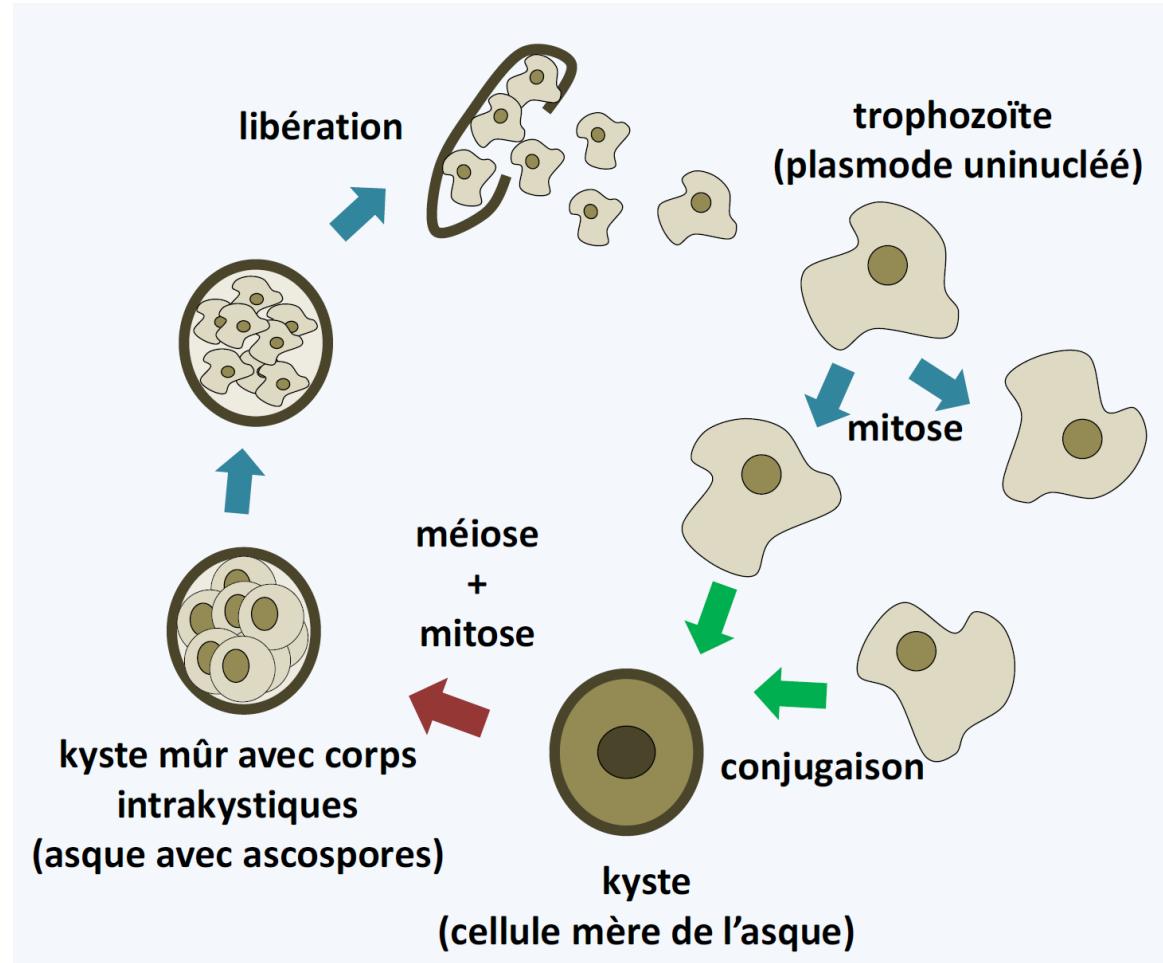
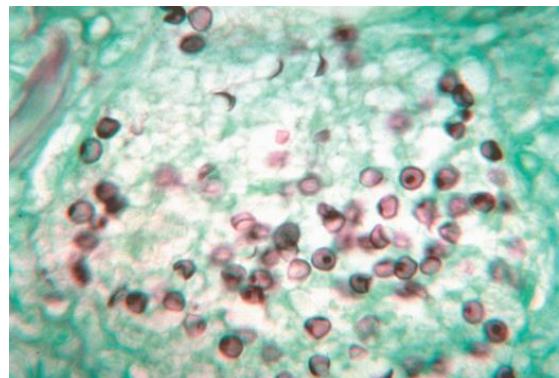
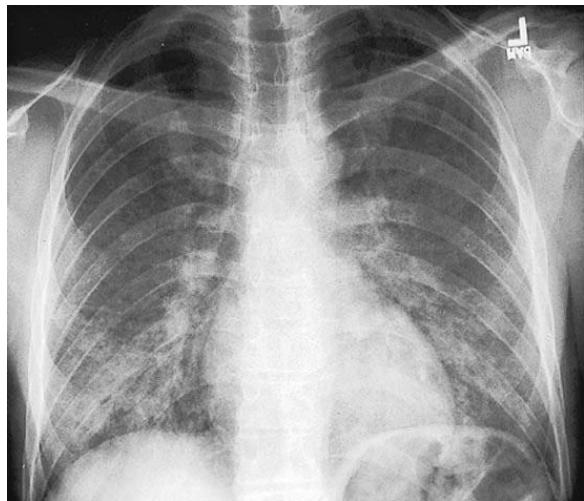


Amanite





## Un exemple de *Taphrinomycotina*

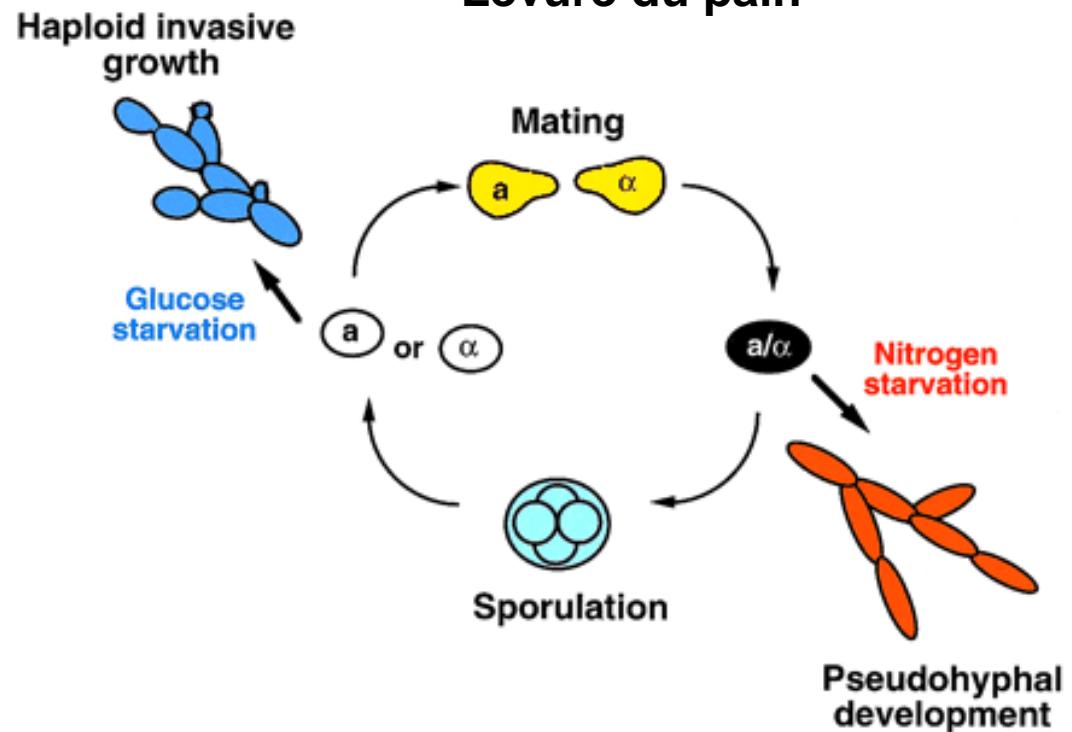


***Pneumocystis jirovecii***

## Un exemple de *Saccharomycotina*

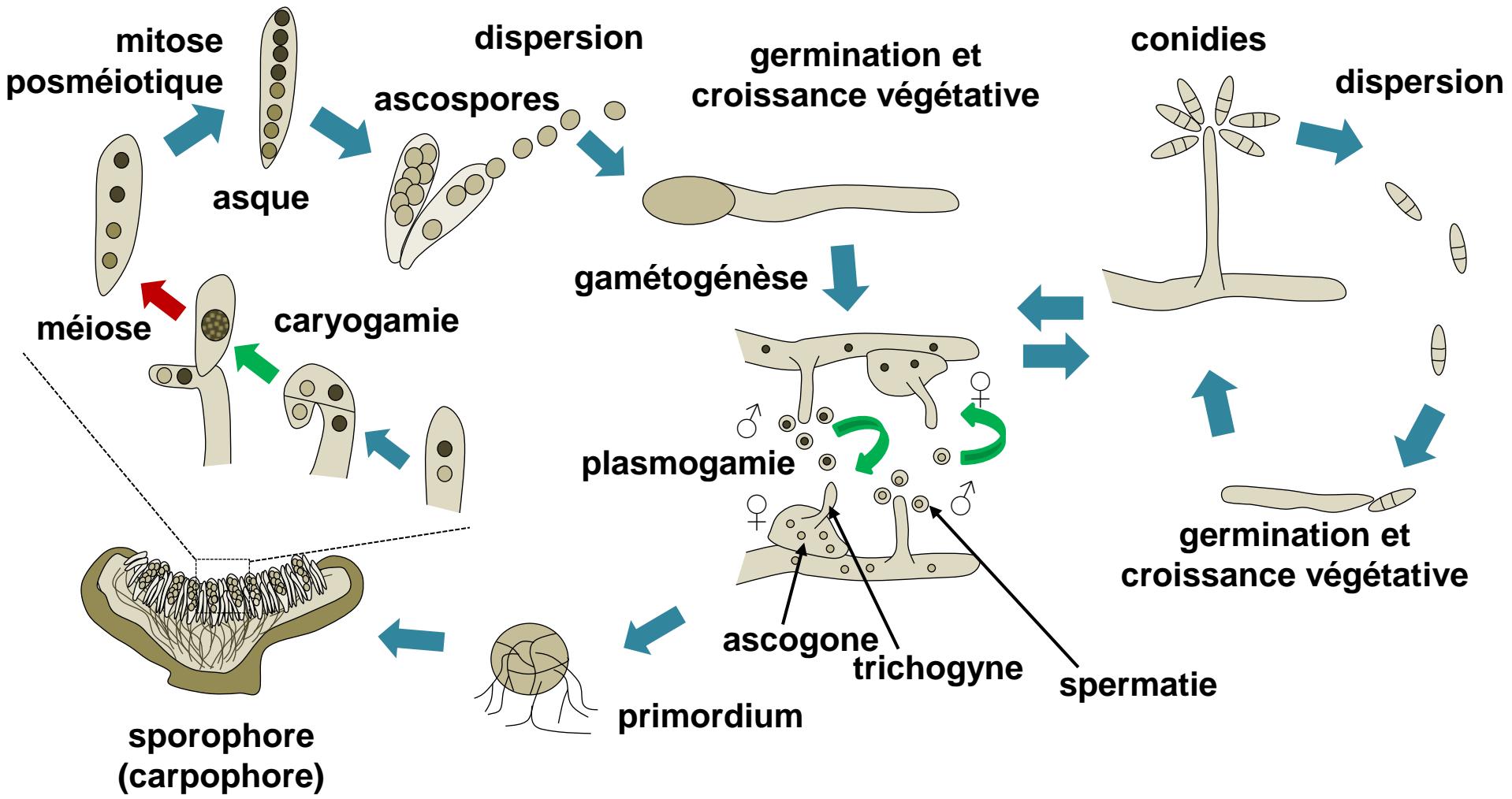


cycle de *Saccharomyces cerevisiae*  
Levure de la bière  
Levure du vin  
Levure du pain



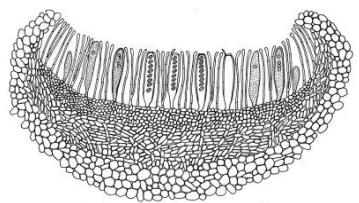
# **Les ascomycètes *Pezizomycotina***

- environ 40 000 espèces décrites
- ont envahi tous les milieux et se dispersent via la formation de spores sexuées et asexuées
- ont adopté toutes les stratégies de vie:
  - lichens (50% des esp.)
  - saprotrophes
  - parasites et mutualistes
- les fructifications produites sont généralement de petite taille et donc difficilement détectées:

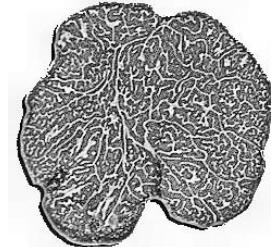


Cycle d'un *Pezizomycotina*

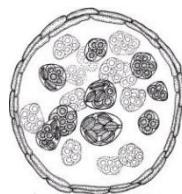
# Carpophores d'Ascomycètes



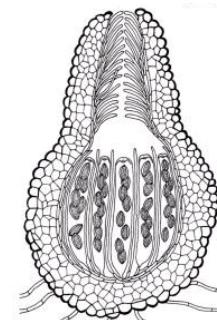
apothécie



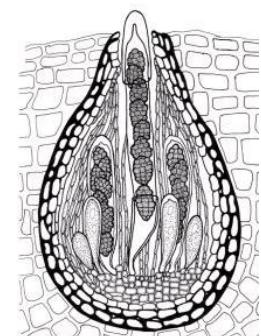
truffe



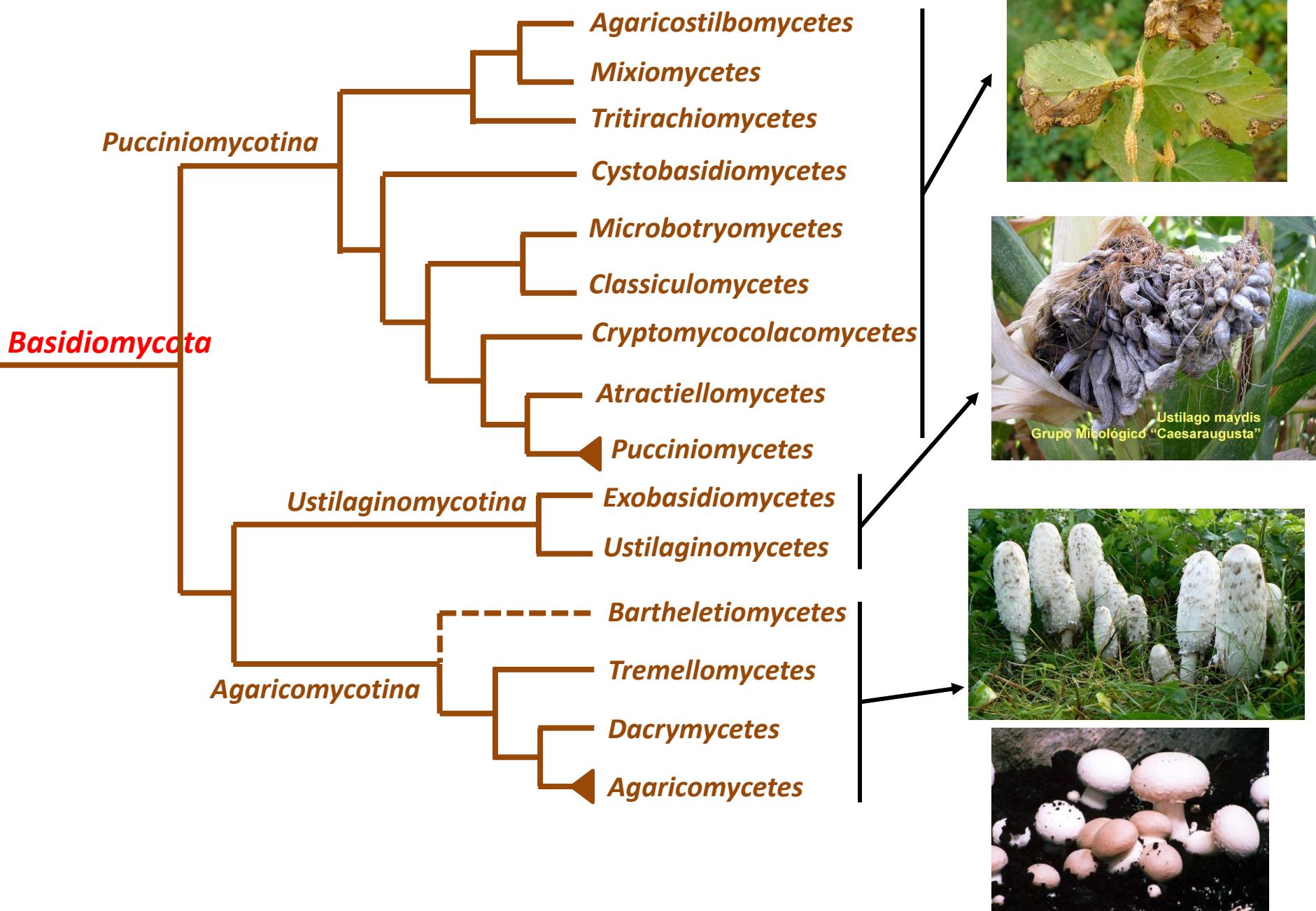
cleistothèce



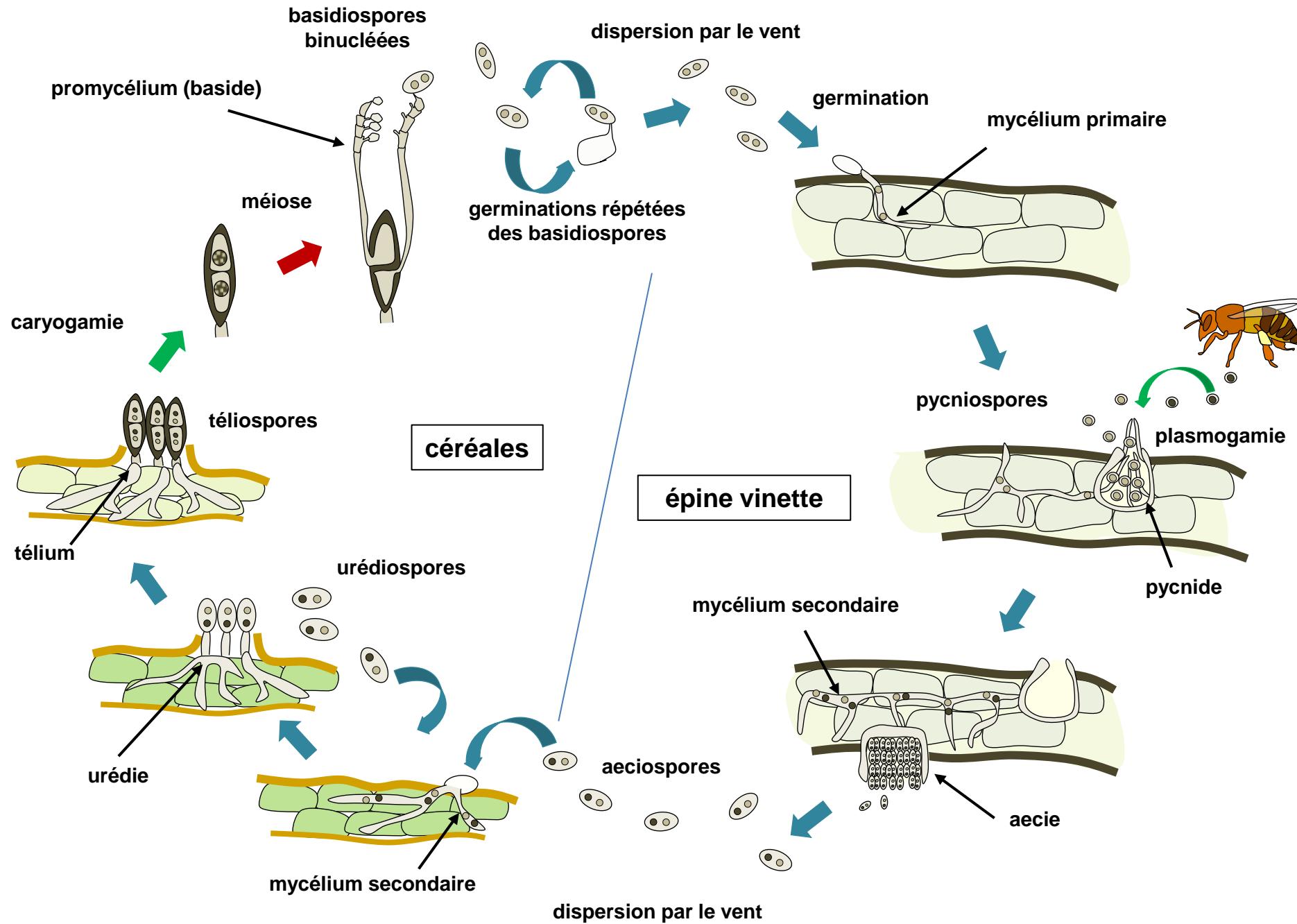
périthèce



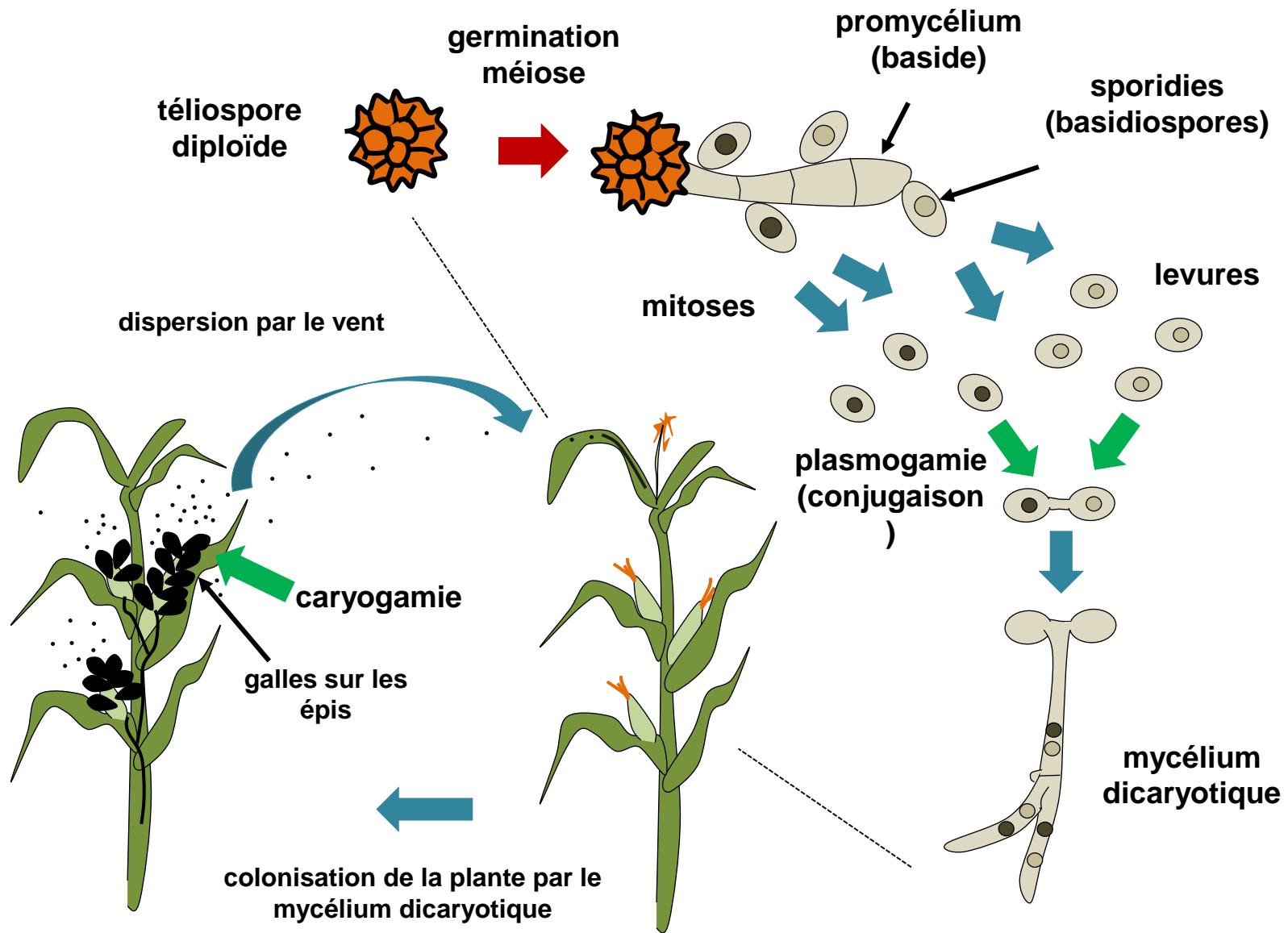
pseudothèce



# Un exemple de *Pucciniomycotina*

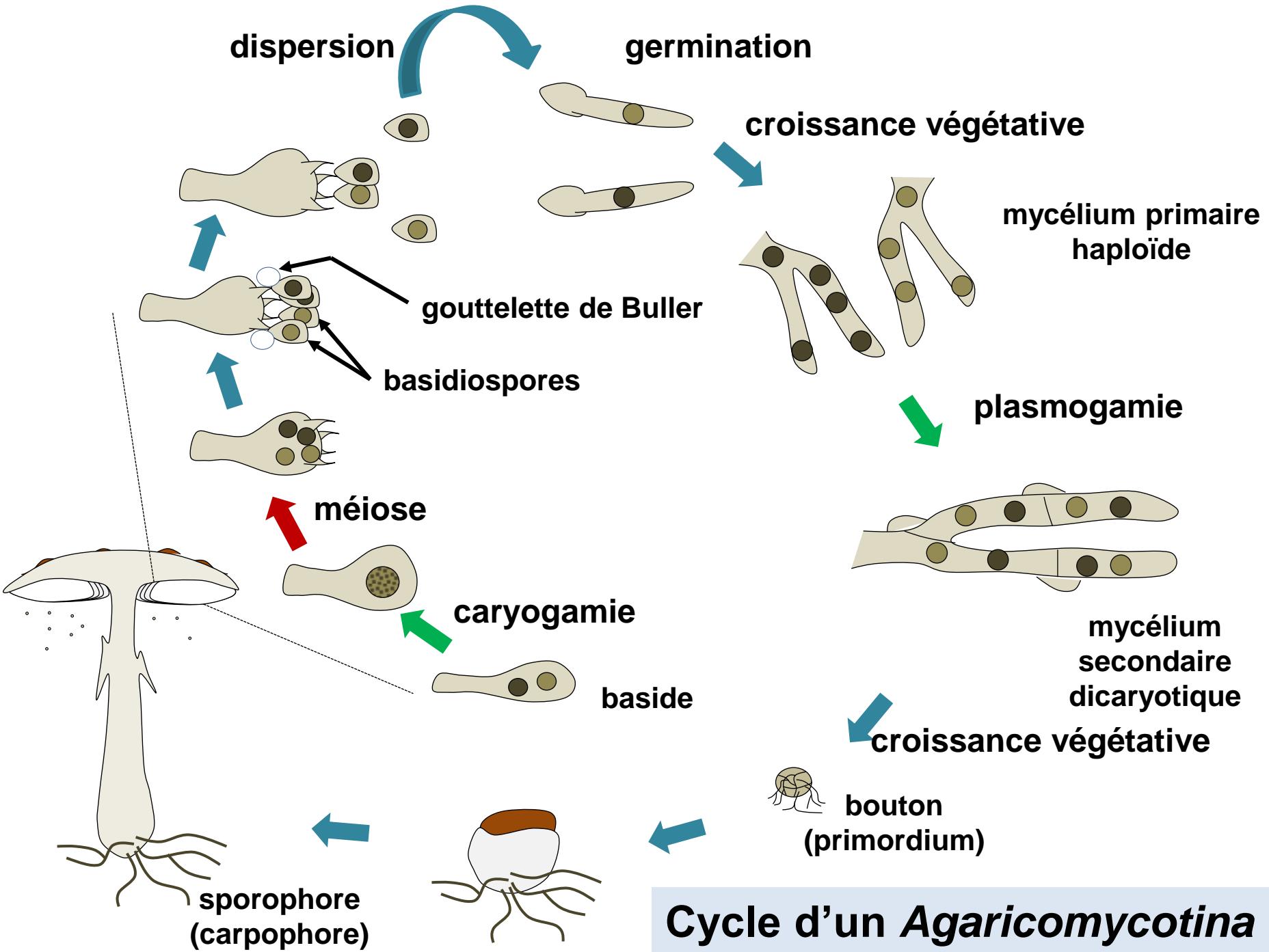


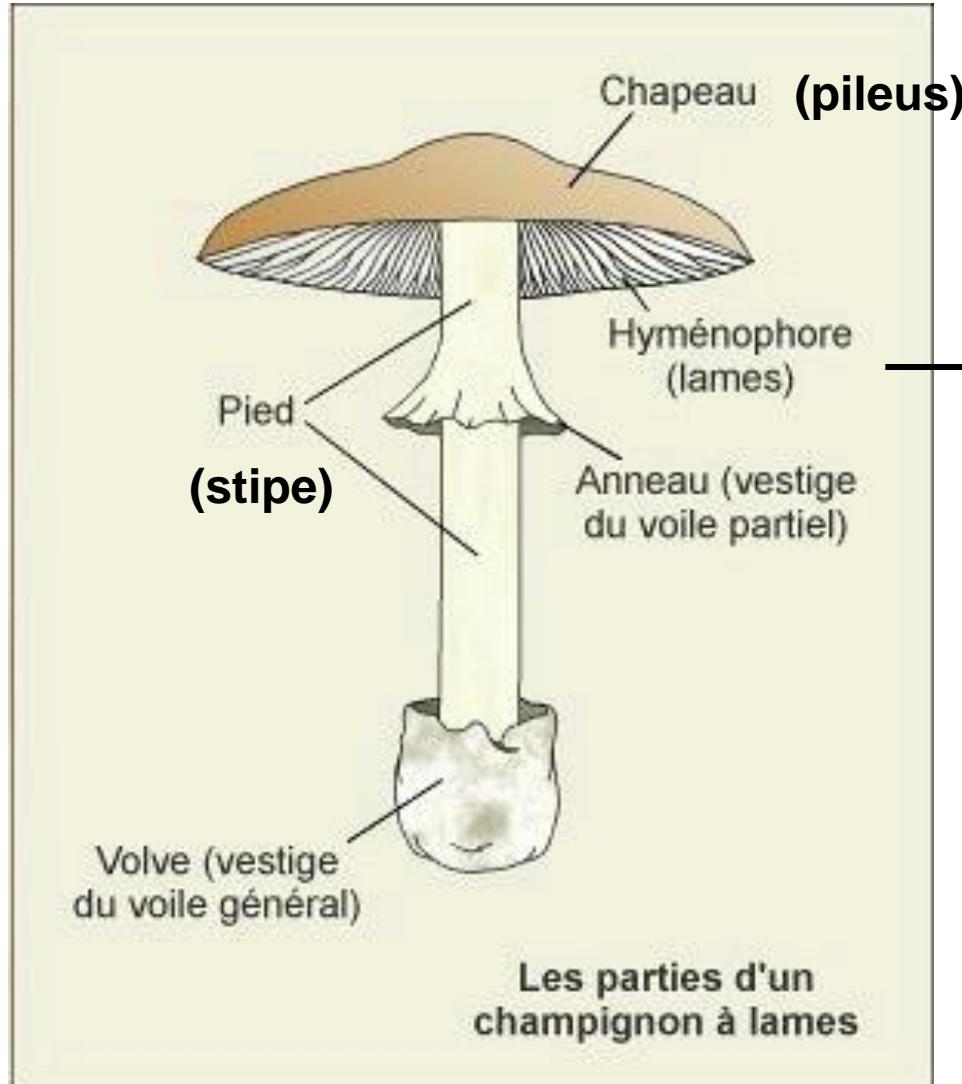
## Un exemple d'*Ustilaginomycotina*



# **Les basidiomycètes *Agaricomycotina***

- environ 20 000 espèces décrites
- sont présents principalement dans les sols (forêts) et se dispersent surtout via la formation de spores sexuées
- sont principalement des saprotrophes et des mutualistes (mycorhizes) mais quelques espèces vivent en parasites
- les fructifications produites sont généralement de grande taille et donc facilement détectées:

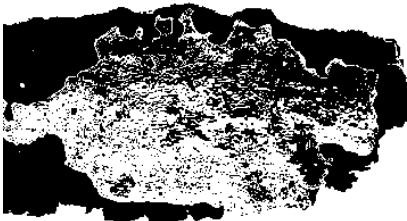




Porteur de  
l'hyménium

L'agaric

# Carpophores de Basidiomycètes



agarics



bolets



"coraux"



polypores



vesses



*Anthurus*



*Pseudocolus*

*Aseroë*



## Un exemple de la biodiversité: la famille des Clathraceae



*Colus*

*Clathrus*





*Illeodictyon*



*Laternea*



*Simblum*



*Ligiella*



*Lysurus*



## Recyclage: fabrication et santé des sols

(forment 80% de la biomasse vivante du sol)



## Symbioses : santé des plantes et fixation du CO<sub>2</sub>

(mycorhizes, endophytes et lichens)



## Alimentation

(consommation directe ou aliments transformés: vins, pains, fromages...)



## Biotechnologie

(médicaments et métabolites ...)



# Champignons phytopathogènes

(destruction des récoltes)



## Conservation des aliments



## Destruction de maisons, livres ...



mycotoxines

## Champignons toxiques



## Mycoses

