

# La complexification du génome

D'autres mécanismes contribuent à la diversité du vivant.



La diversification phénotypique des êtres vivants n'est pas uniquement due à la diversification génétique. D'autres mécanismes de diversification interviennent.

# I - Des individus peuvent s'associer de manière non héréditaire :

A - Le parasitisme: une interaction bénéfique pour l'un des partenaires, néfaste pour l'autre

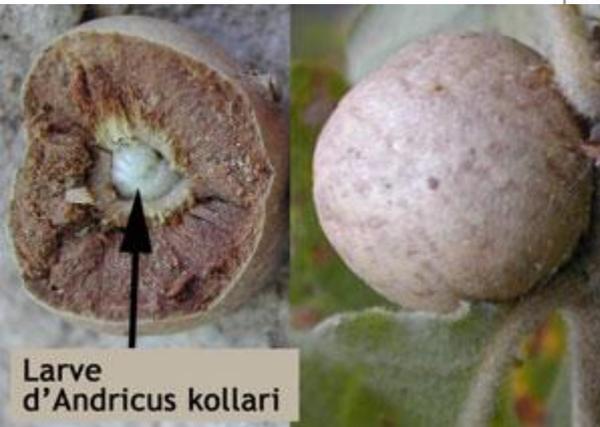
# Galle du chêne



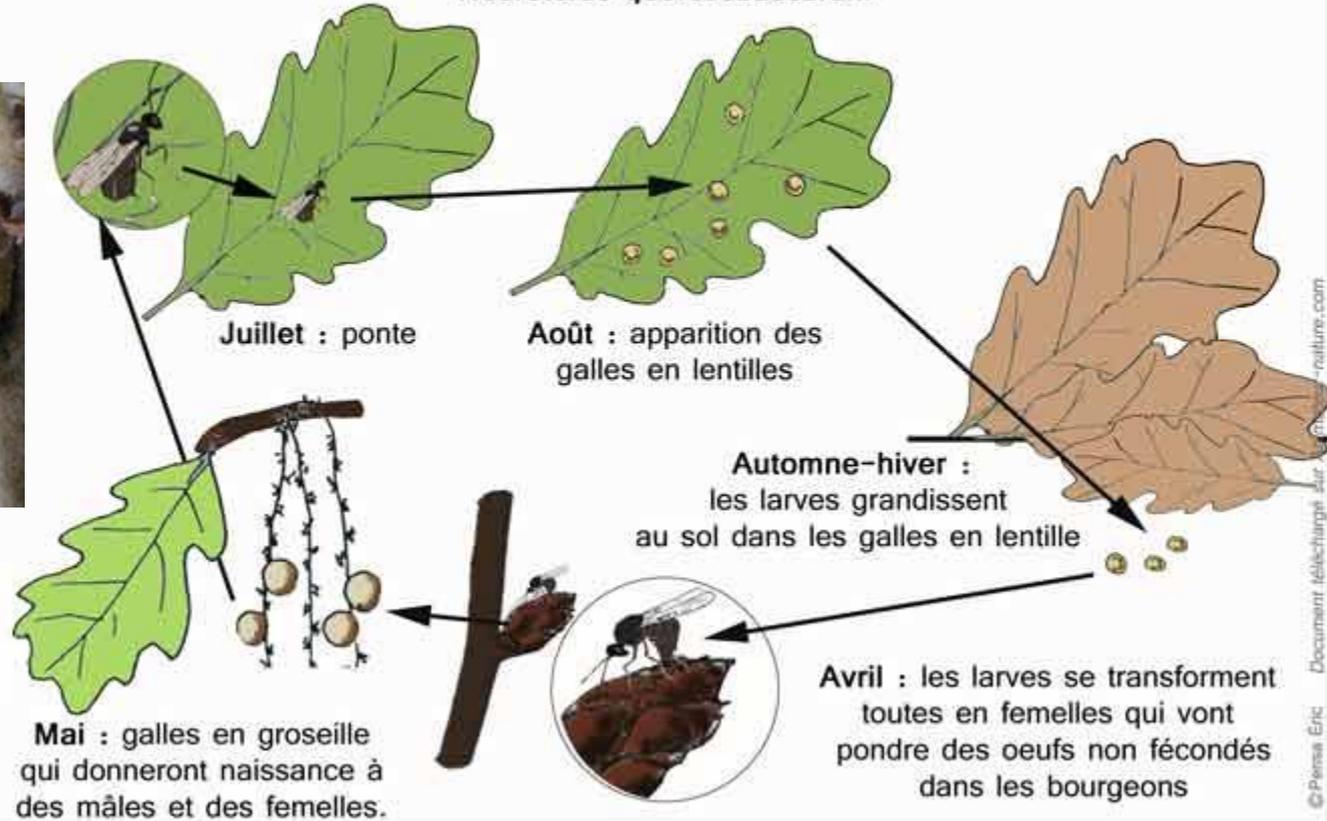
# Galle du chêne

## Cycle biologique d'un cynipidé du chêne

*Neuroterus quercusbaccarum*



Larve d'*Andricus kollari*



# Nématode qui modifie le comportement des fourmis arboricoles tropicales en les rendant moins agressives



**6** Fourmis *Leptothorax nylanderii*. Les larves de ces fourmis peuvent être parasitées par des vers plats *Anomotaenia brevis*, en se nourrissant de déjections d'oiseaux contenant des œufs du ver. Ces derniers éclosent dans le tube digestif des fourmis. Les fourmis parasitées sont jaunes, moins agressives et davantage victimes de prédation que les autres. Si le prédateur est le pic épeiche, le parasite boucle son cycle de vie en produisant des œufs qui se trouveront dans les déjections de l'oiseau.

# Modification du comportement liée à une association avec un pathogène

Les gammares ont pour prédateurs les oiseaux. Ces crustacés sont les hôtes intermédiaires de parasites dits « manipulateurs » : une fois infestés, les gammares sont plus enclins à se faire dévorer par les oiseaux dans lesquels le parasite terminera son cycle de vie.

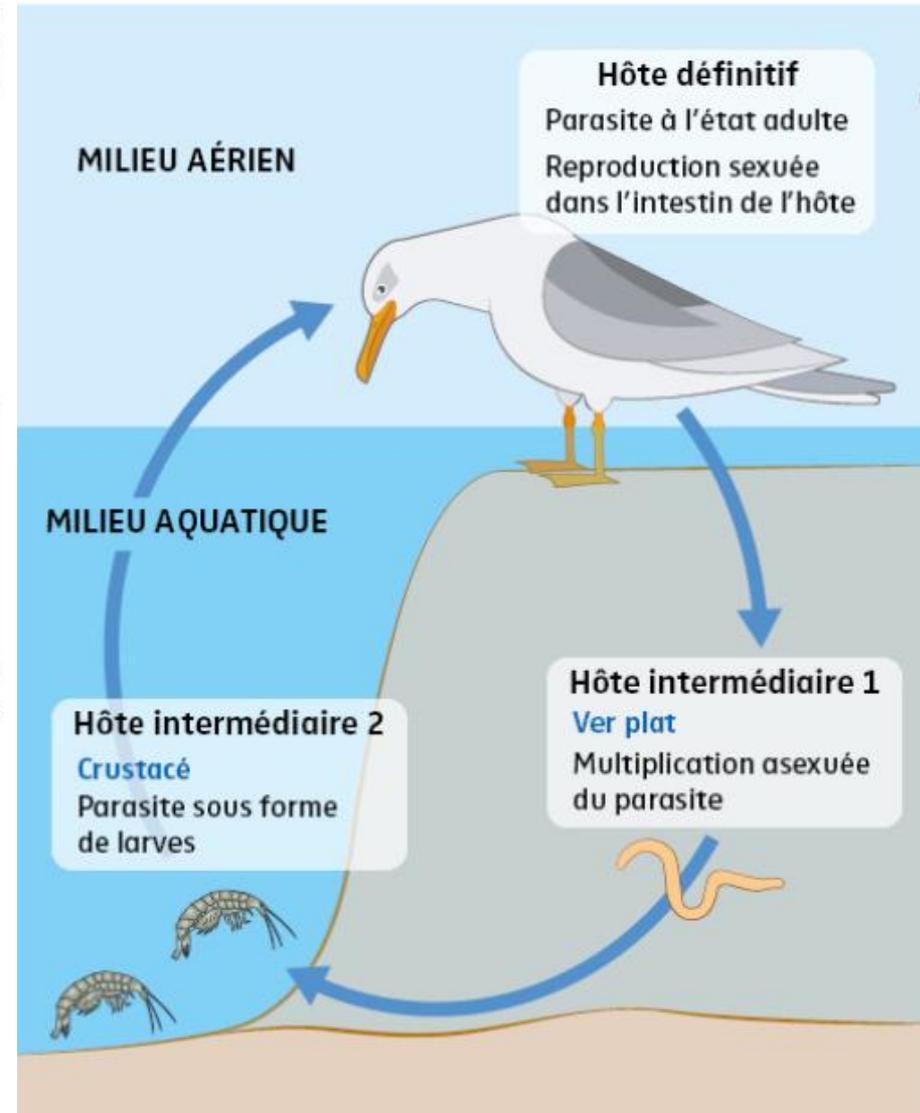


**5** Gammares parasités subissant une modification de leur géotactisme (remontent à la surface) et une modification de leur physiologie (agitation élevée consommant du O<sub>2</sub>).



**6** Gammaré parasité par un parasite acanthocéphale (*Polymorphus*) nettement visible à travers la cuticule transparente.

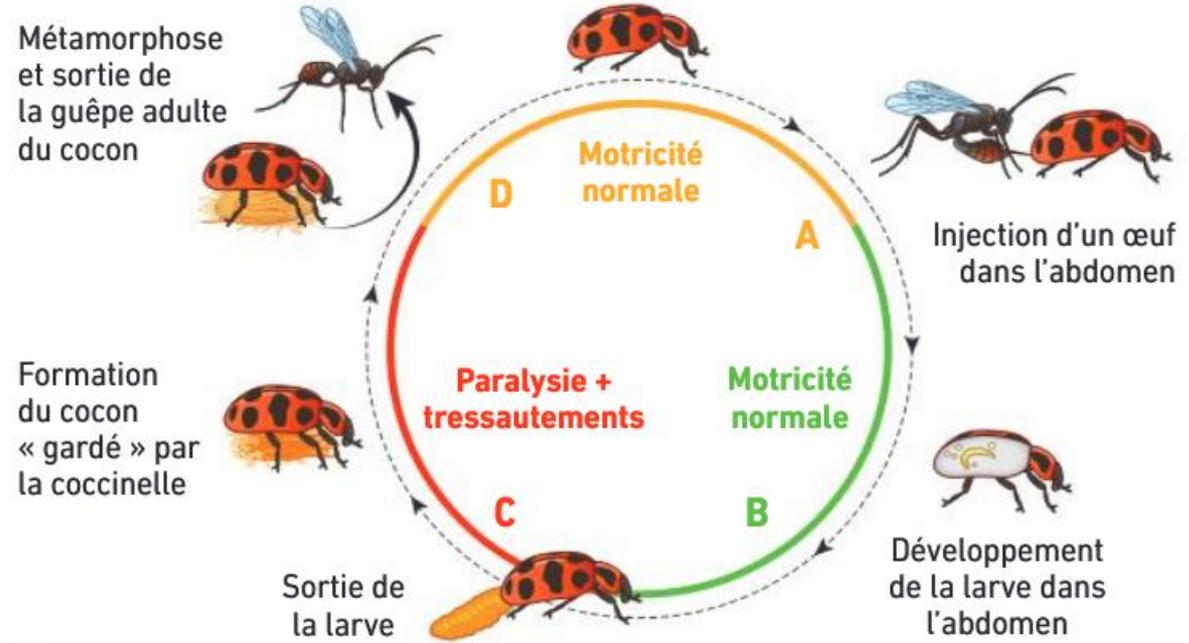
Parasite acanthocéphale



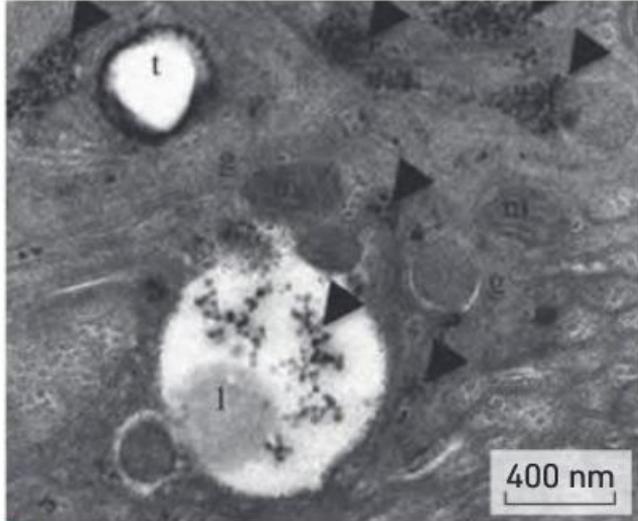
**Coccinelle maculée au comportement modifié par une guêpe qui pond dans son abdomen un œuf porteur de virus. Ce virus agit sur le système nerveux de la coccinelle qui, partiellement paralysées, protège la larve issue de l'œuf**



**A** Coccinelle « couvant » un cocon de guêpe.

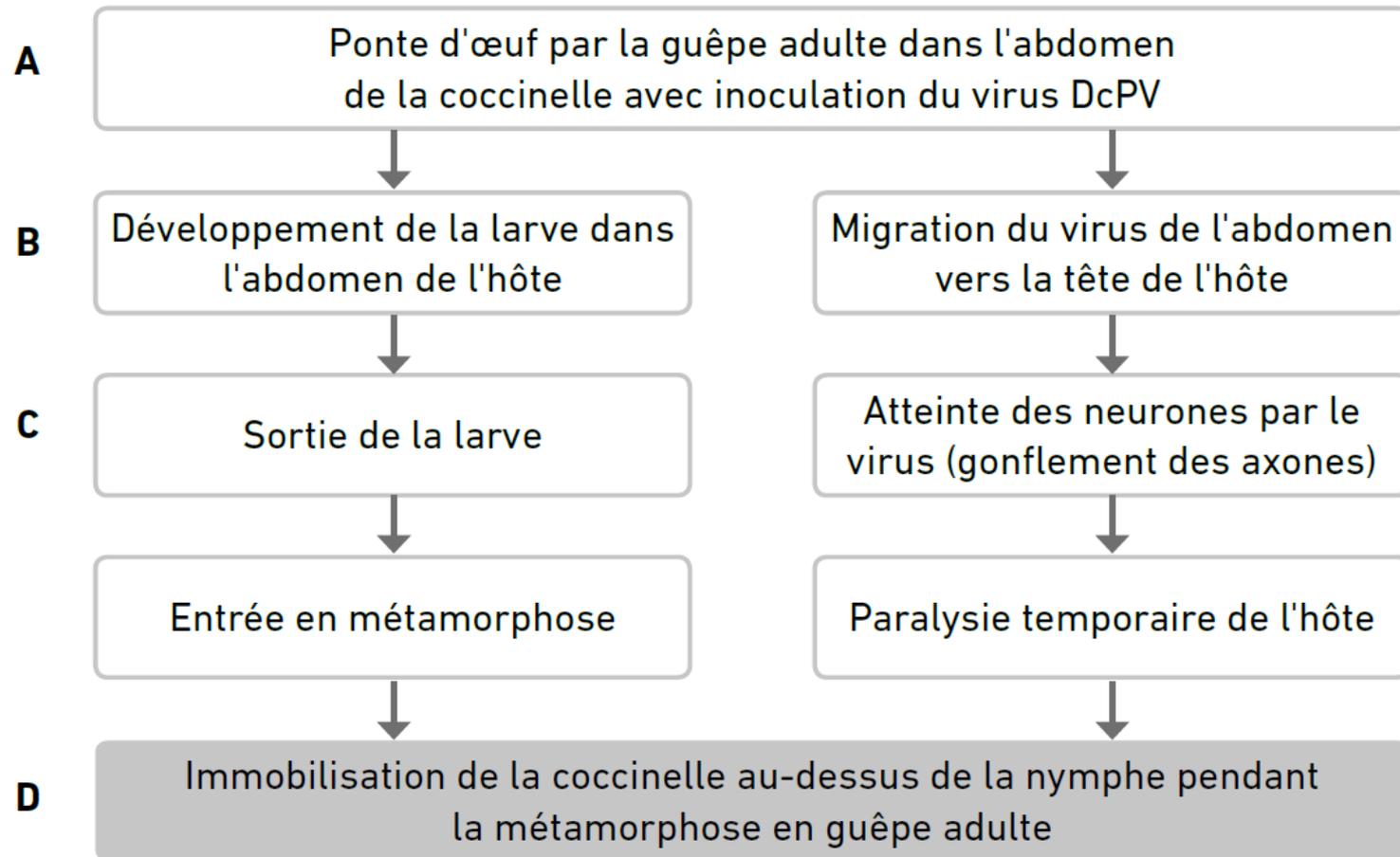


**B** Étapes du parasitisme de la coccinelle par la guêpe.



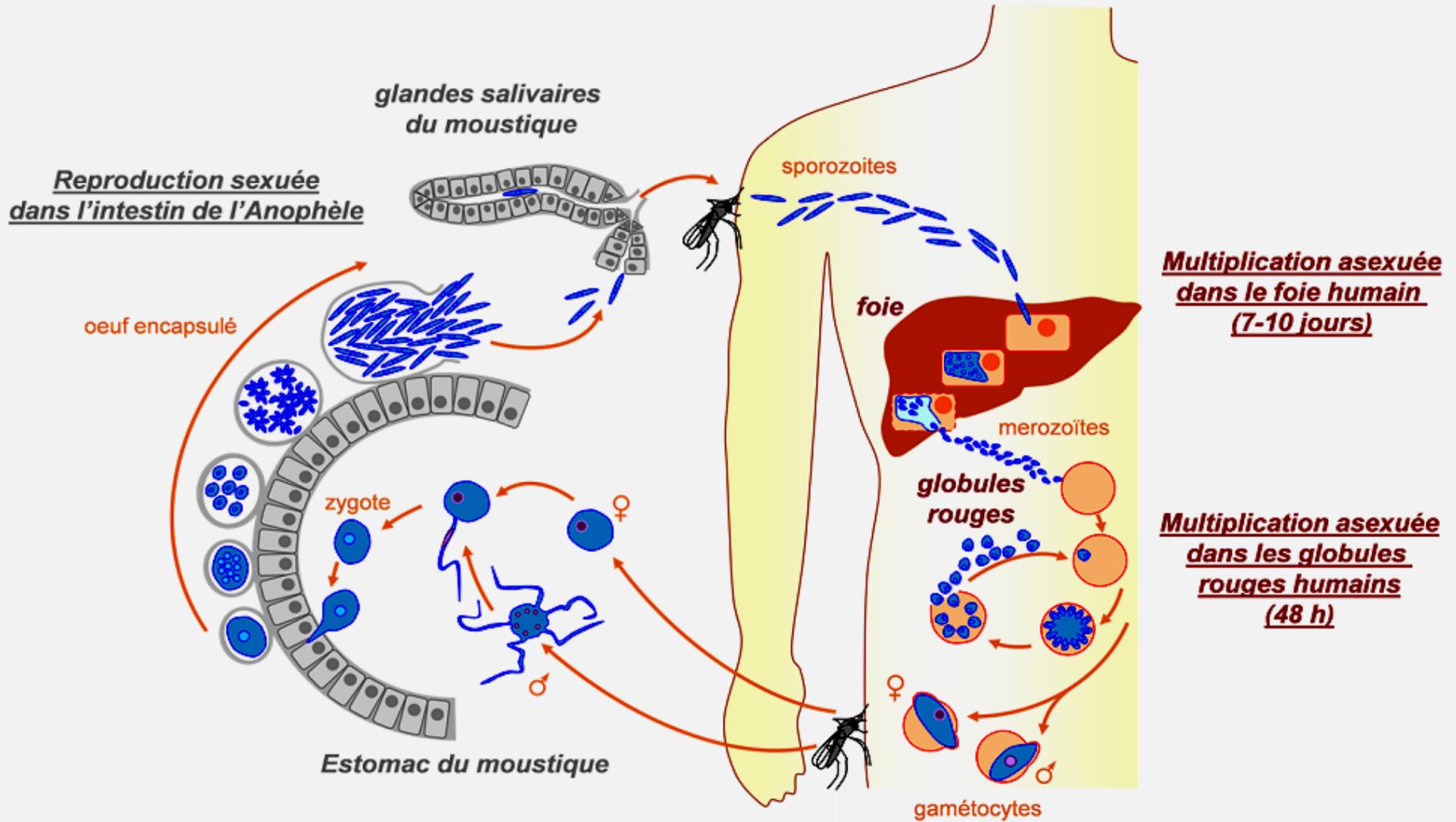
**C** Particules virales (flèches) dans le système nerveux central de la coccinelle (microscopie électronique).

**Coccinelle maculée au comportement modifié par une guêpe qui pond dans son abdomen un œuf porteur de virus. Ce virus agit sur le système nerveux de la coccinelle qui, partiellement paralysées, protège la larve issue de l'œuf**



On observe donc que par son comportement inné (ponte de l'œuf dans l'abdomen), la guêpe modifie indirectement le comportement de la coccinelle. On peut alors considérer le comportement de « garde du corps » de la coccinelle comme faisant partie du phénotype étendu de la guêpe.

# Parasitisme : cycle de plasmodium falciparum (paludisme)



# I - Des individus peuvent s'associer de manière non héréditaire :

A - Le parasitisme: une interaction bénéfique pour l'un des partenaires, néfaste pour l'autre

Le parasite tire profit de l'hôte pour se nourrir, se reproduire ou s'abriter.

L'hôte est maintenu longtemps en vie ( $\neq$  prédation avec mort rapide) malgré le développement du parasite, mais peut finir par en mourir.

Le parasitisme est un succès évolutif : 30% des eucaryotes sont soit parasite, soit hôte.

**B- La symbiose: une interaction mutualiste  
(à bénéfices réciproques)**

# - [Exemple 1 : Association entre un champignon et une algue : les lichens

→ TP : Les lichens

*Xanthoria elegans*

une association symbiotique



L'association lichénique apporte des propriétés qu'on ne trouve pas chez l'un ou l'autre des partenaires

- le pouvoir de s'installer en **pionnier** sur des substrats difficiles



# L'association lichénique apporte des propriétés qu'on ne trouve pas chez l'un ou l'autre des partenaires

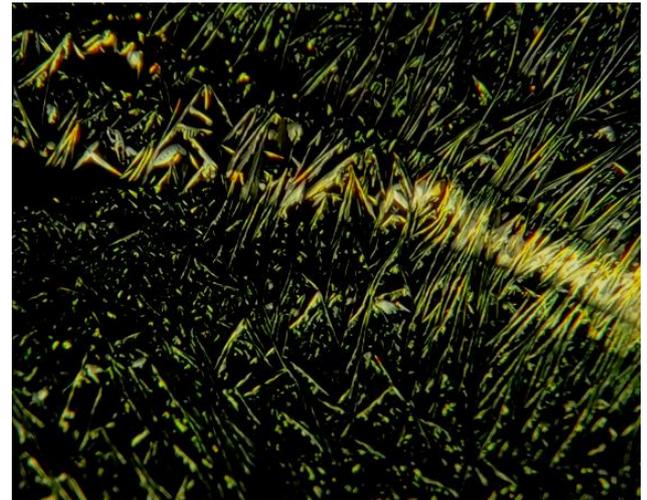
- le pouvoir de s'installer en **pionnier** sur des substrats difficiles
- la **reviviscence**: capacité de passer rapidement, réversiblement et répétitivement de l'état sec à l'état hydraté
- la **résistance** aux températures extrêmes



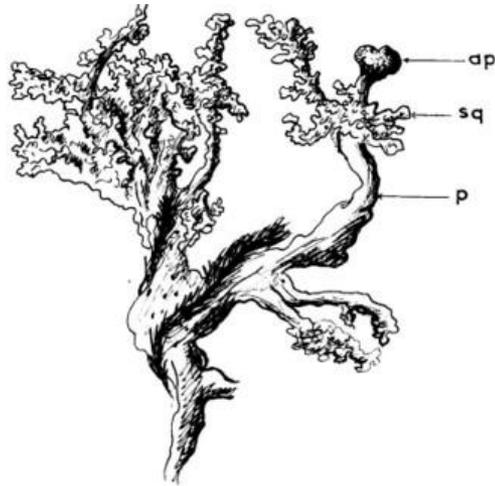
# L'association lichénique apporte des propriétés qu'on ne trouve pas chez l'un ou l'autre des partenaires

- le pouvoir de s'installer en **pionnier** sur des substrats difficiles
- la **reviviscence**: capacité de passer rapidement, réversiblement et répétitivement de l'état sec à l'état hydraté
- la **résistance** aux températures extrêmes
- l'élaboration de substances **spécifiques** dites lichéniques.

Pariétine: pigment protecteur du soleil produit par un Xanthoria



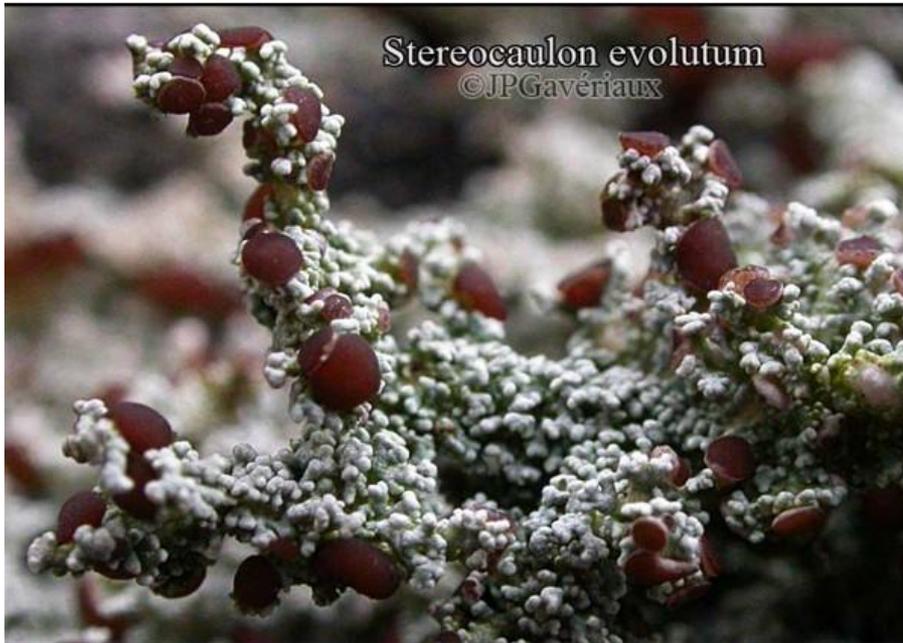
# Les lichens, une association symbiotique



Les premiers explorateurs de l'Amérique furent intrigués en constatant que les Indiens soignaient les plaies en y appliquant des Usnées.

Dans les années 40, on découvrit les propriétés antimicrobiennes de ces lichens.

L'acide usnique, métabolite majeur des usnées, présente des propriétés antimicrobienne, anti-inflammatoire, antiparasitaire, antivirale, antitumorale, etc...qui peuvent être exploitées pour divers usages cosmétiques et thérapeutiques



*Stereocaulon evolutum*  
©JPGavériaux

*Usnées sur tronc [Source : © J. Asta]  
; Stereocaulon evolutum : à droite [Source : Dessin  
J. Asta. ap : apothécie. S : squamule (ou phylloclade)  
; P : pseudopodétion) ; en bas Photo © J.P. Gavériaux)*

# Association entre un champignon et une algue : les lichens.

Cette association forme un thalle (tissus végétatif dépourvu d'appareil vasculaire) où les 2 types de cellules sont associées, modifiant leur propre morphologie.

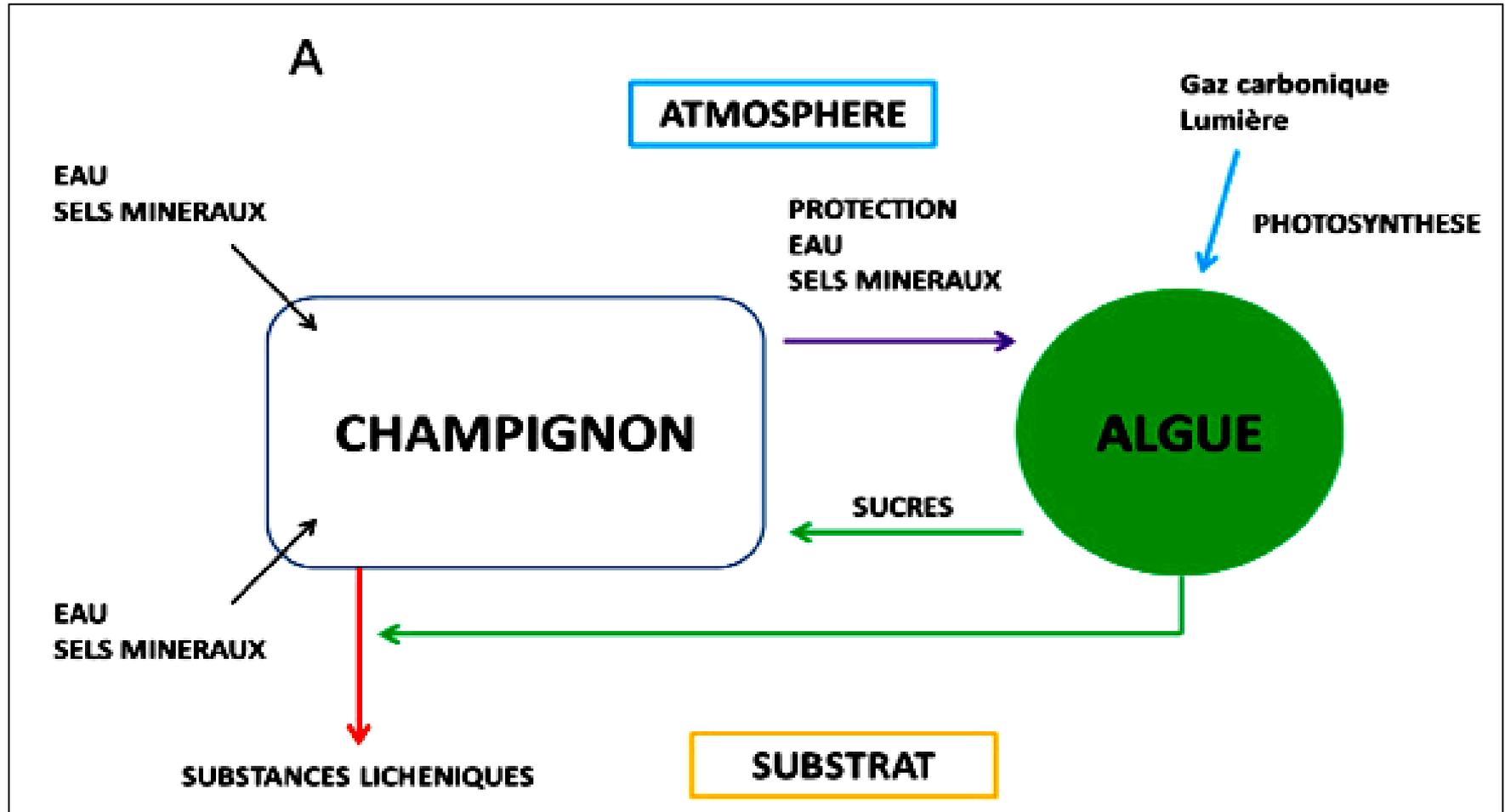
- Le champignon est le symbiote hétérotrophe fournit un support aux algues, les sels minéraux ainsi qu'une réserve d'humidité.

- L'algue est le symbiote autotrophe : par la photosynthèse, elle fournit les nutriments organiques.

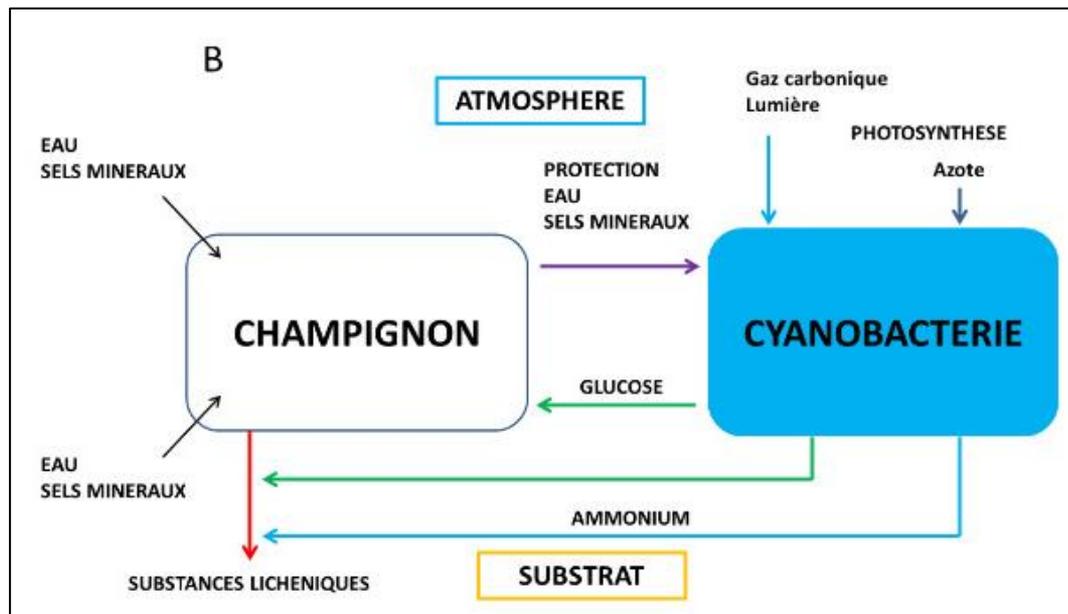
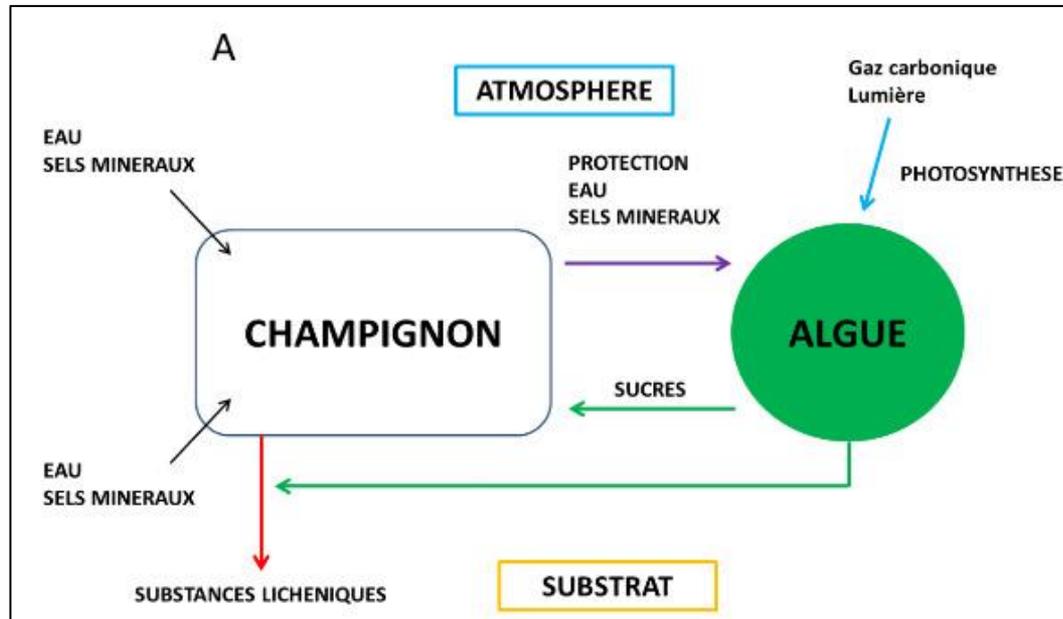
- Les interactions métaboliques entre les deux organismes permettent la fabrication de nouvelles molécules : acides lichéniques

Le lichen peut survivre dans des milieux où aucun des 2 symbiotes seuls ne pourrait le faire]

# Schéma 1 : Interactions métaboliques Algue-Champignon dans le lichen

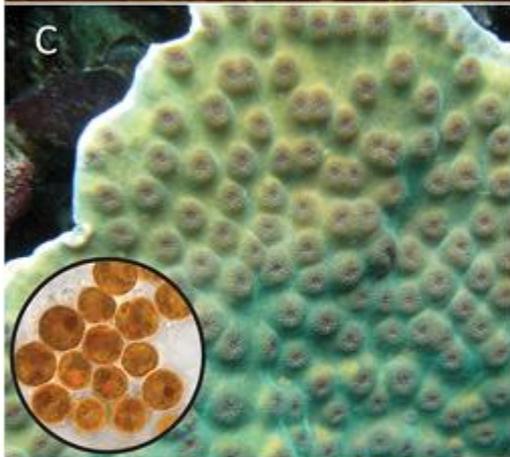
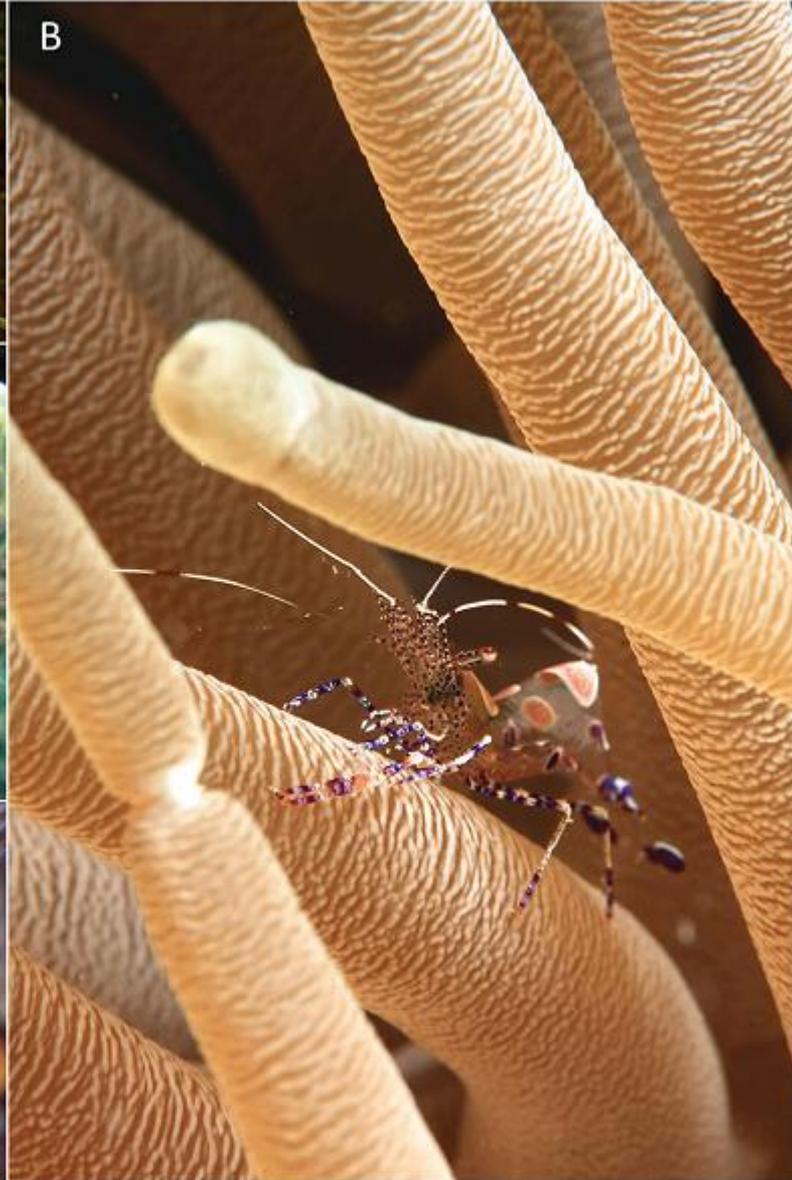


# Les lichens, une association symbiotique



- [Exemple 2 : Association entre une colonie d'animaux, des coraux, et des algues zooxanthelles (échanges  $CO_2$  contre produits de la photosynthèse)]

# Organismes symbiotiques d'un récif corallien



A, Poisson clown *Amphiprion* dans une anémone de mer

B, Crevette symbiotique *Periclimenes* dans une anémone

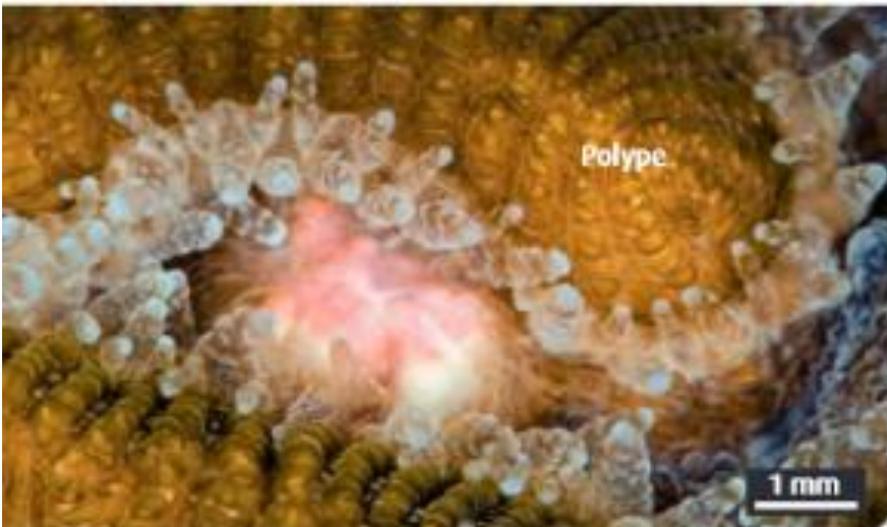
C, Zooxantelle de symbiotique du corail

D, Hippocampe pygmée attaché au corail



## Corail Diploria et algue symbiotique zooxanthelle

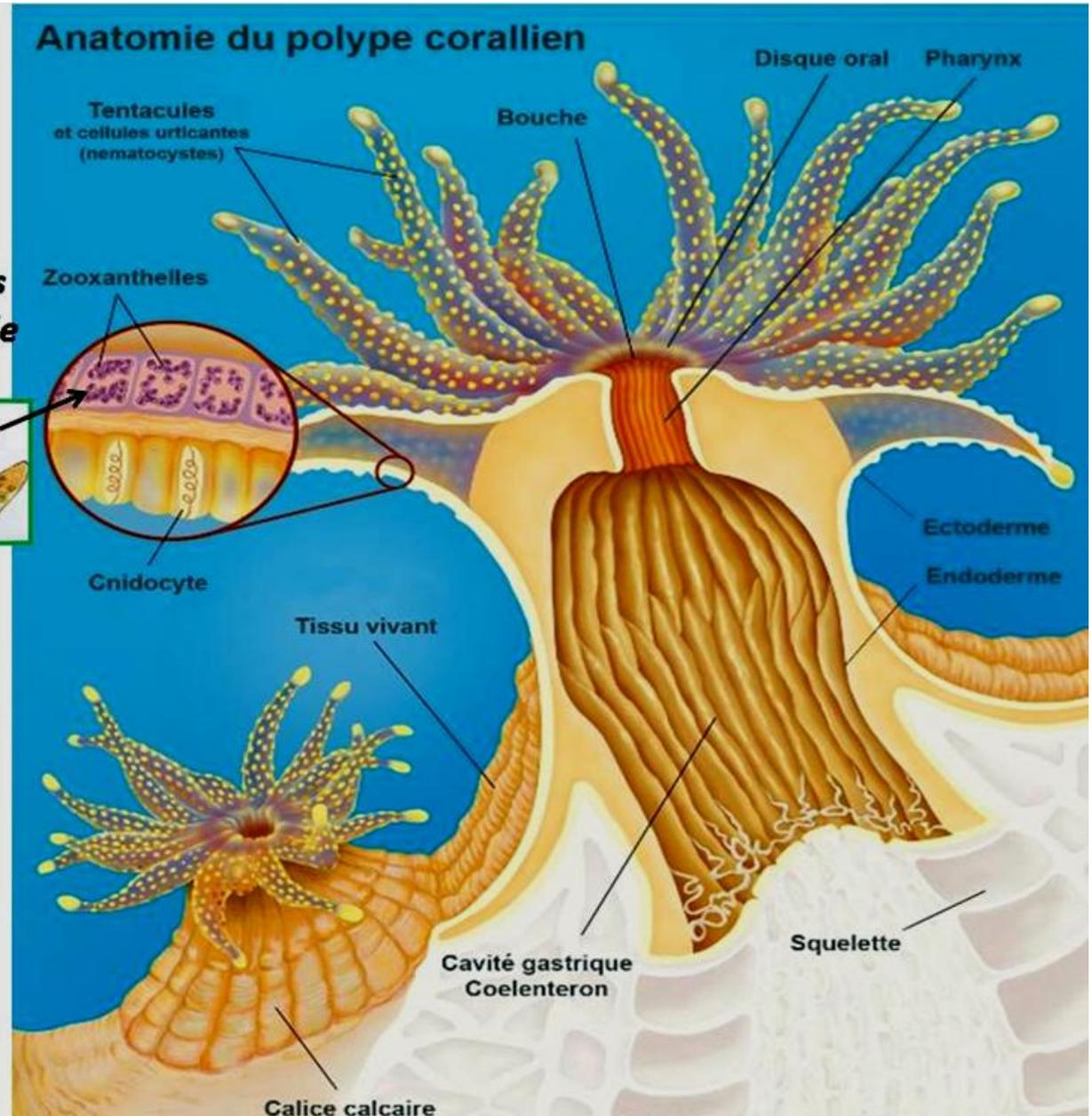
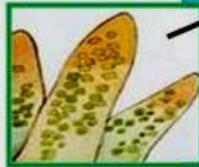
Coraux = animaux coloniaux dont la forme fixée (polype) peut héberger dans ses cellules des algues photosynthétiques



Celles -ci profitent des déchets de leur hôte (dont le  $CO_2$  pour la photosynthèse)  
Le polype complète ses proies par les produits de la photosynthèse

# Coraux et algues zooxanthelle

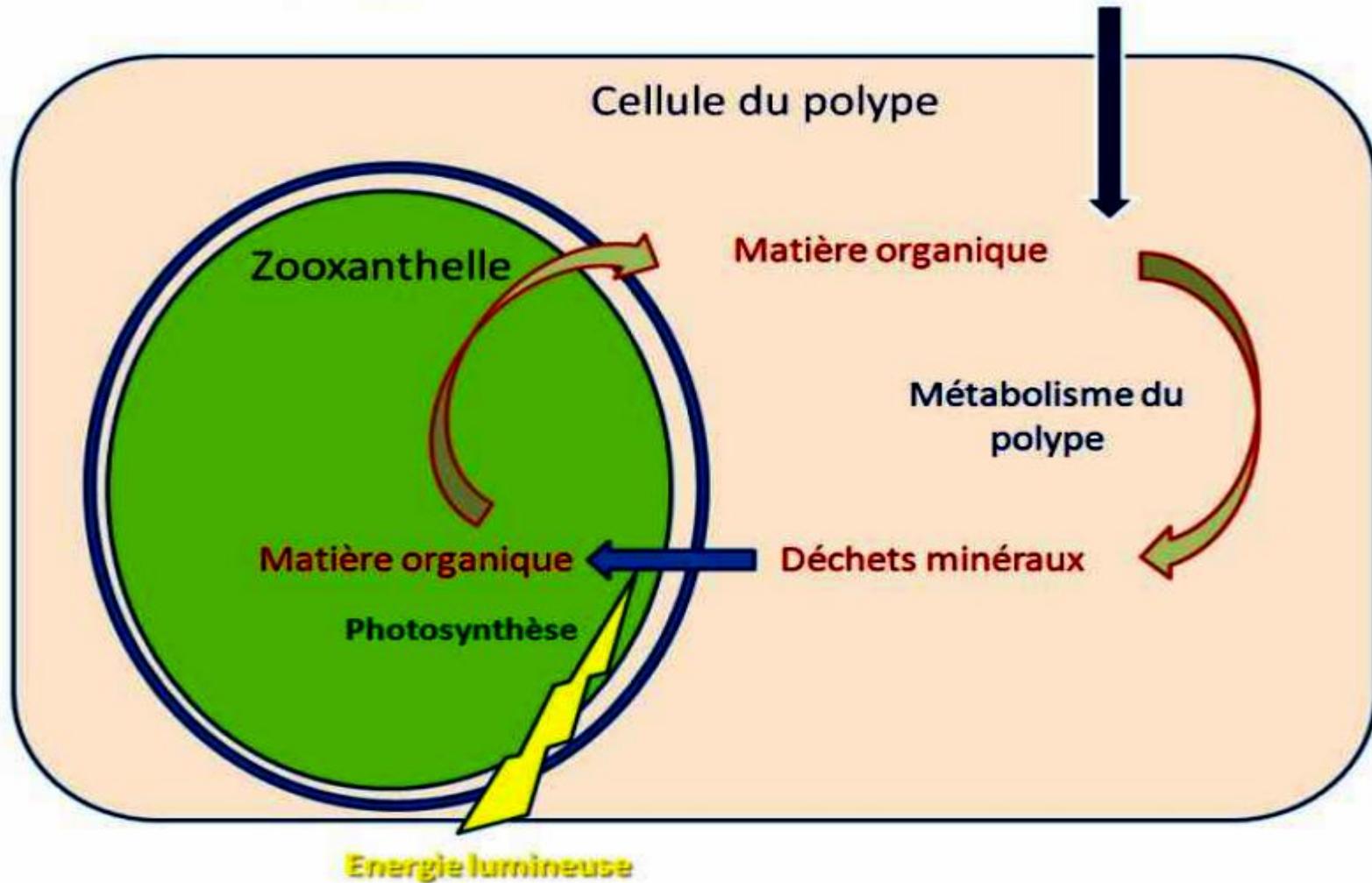
*Dans ses tentacules, le polype héberge des algues microscopiques qui lui donnent de l'énergie pour construire son squelette.*



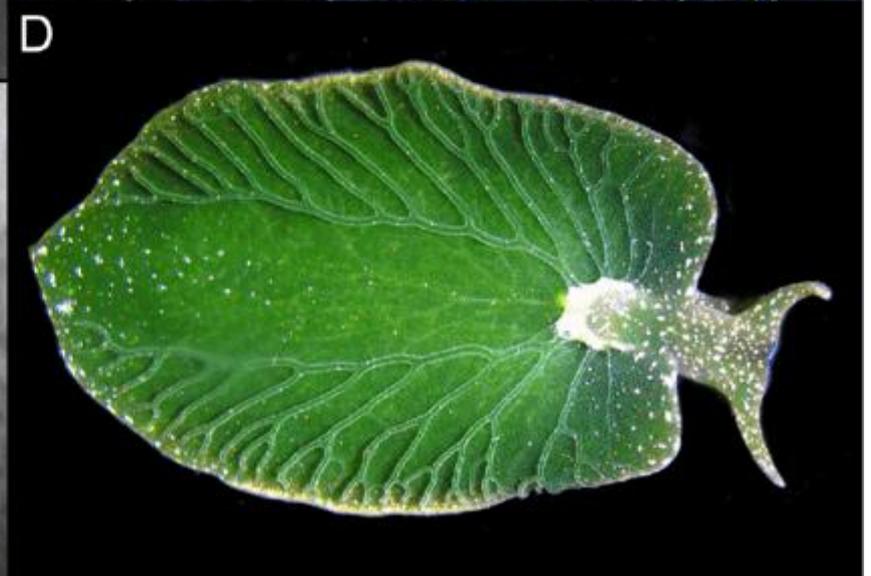
# Coraux et algues zooxanthelle

La relation polype-zooxanthelles

zooplancton

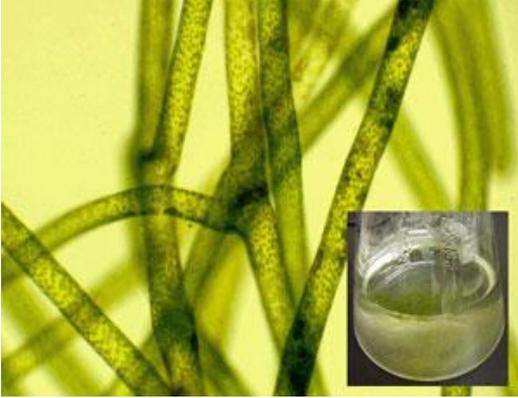


# *Elysia chlorotica* et algue vaucheria

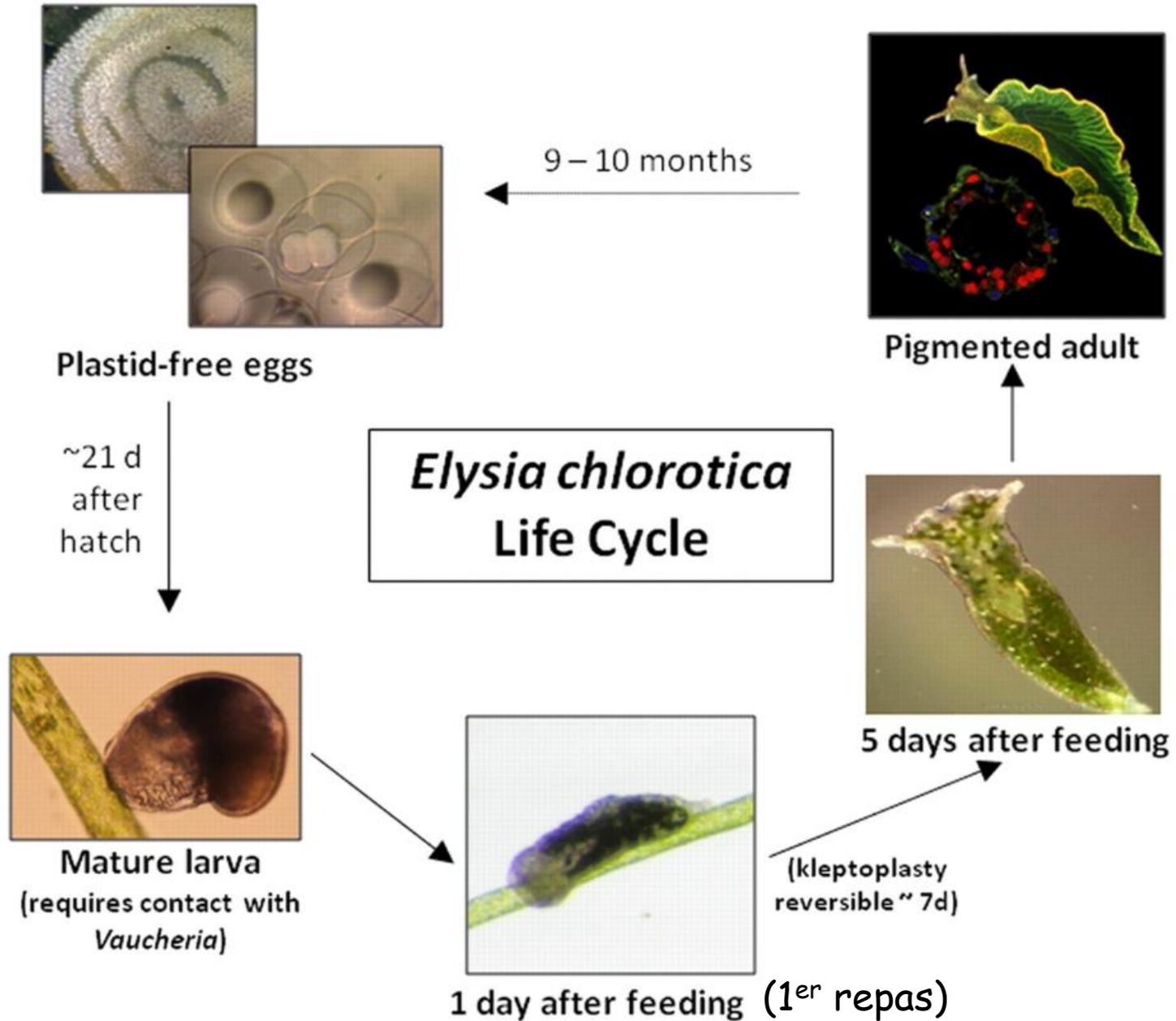


# Elysia chlorotica et algue vaucheria

## Algue Vaucheria et ses chloroplastes



# *Elysia chlorotica*



## Elysia chlorotica

→ Cas d'endosymbiose entre un animal et des chloroplastes d'une algue (et non avec une algue entière avec cytoplasme et noyau).

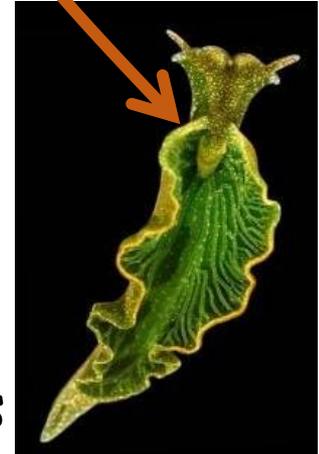
→ Pb : comment les chloroplastes des cellules du mollusque peuvent-ils rester fonctionnels pendant plusieurs mois alors que leurs constituants doivent être renouvelés ?

→ Des gènes nucléaires de l'algue codant pour des protéines chloroplastiques ont été transférés au génome du mollusque par **transfert horizontal**.

Ces gènes assureraient la fonctionnalité des chloroplastes que le mollusque capture à la suite de ses repas. Ces gènes se transmettraient de génération en génération et seraient donc présents dans le génome de l'œuf.

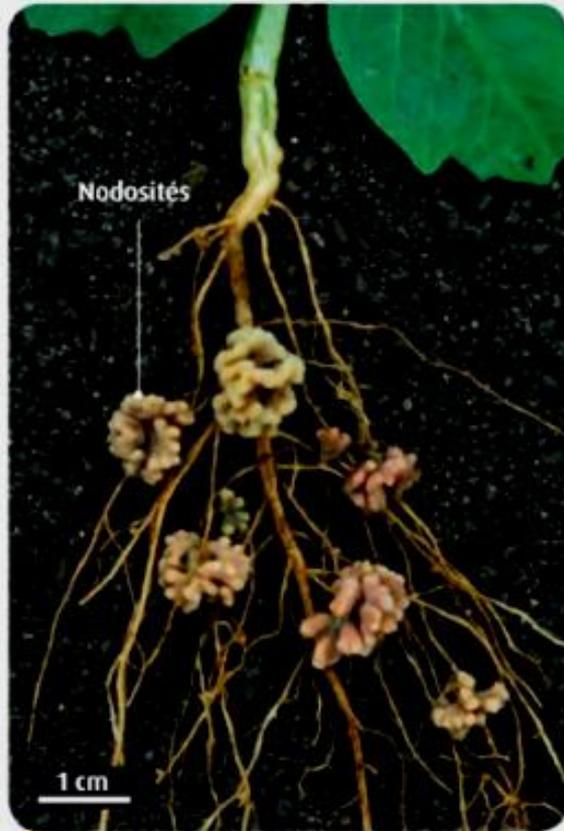


Gène psbo

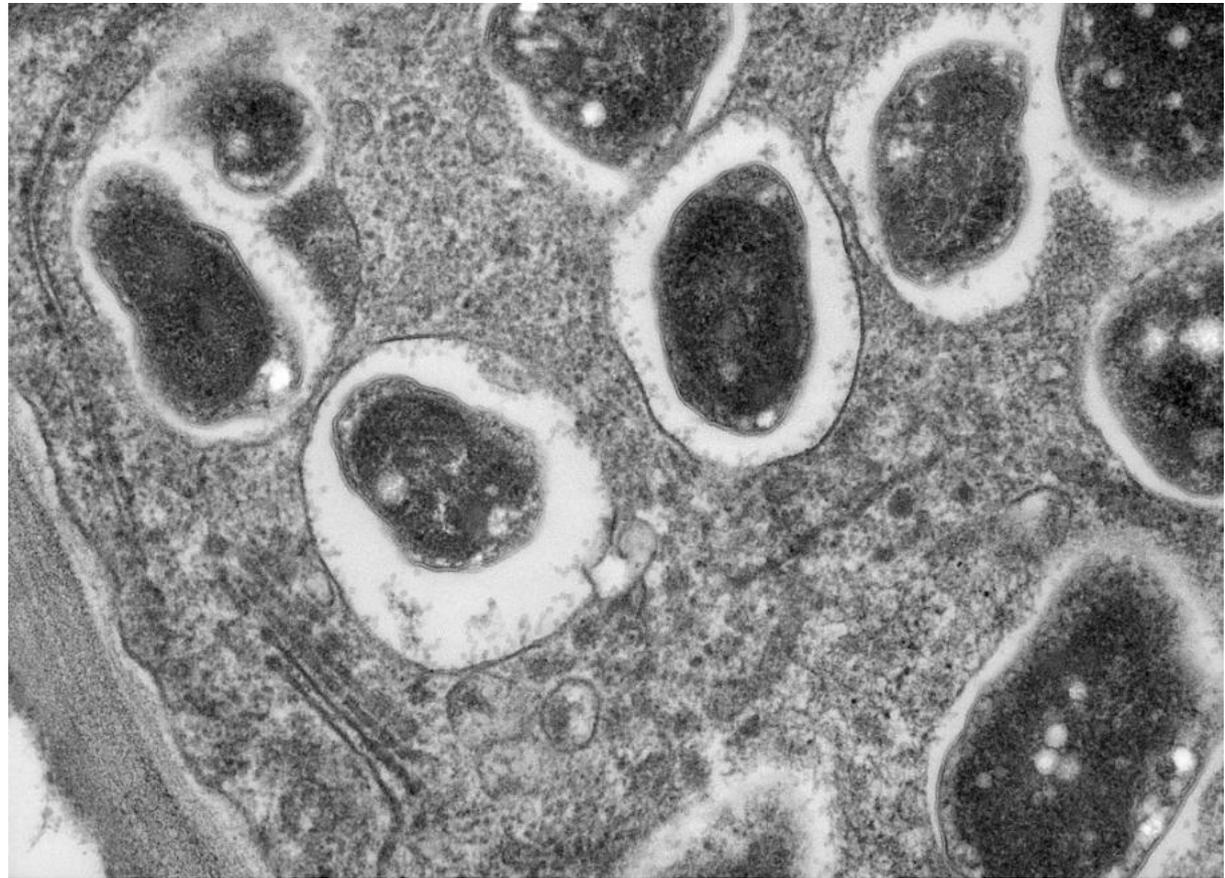


- [Exemple 3 : Les nodosités sur les racines de pois, haricots, liées à la présence de la bactérie rhizobium. (échange  $N_2$  contre produits de la photosynthèse)]

# Symbiose chez les légumineuses permettant la fixation de l'azote atmosphérique

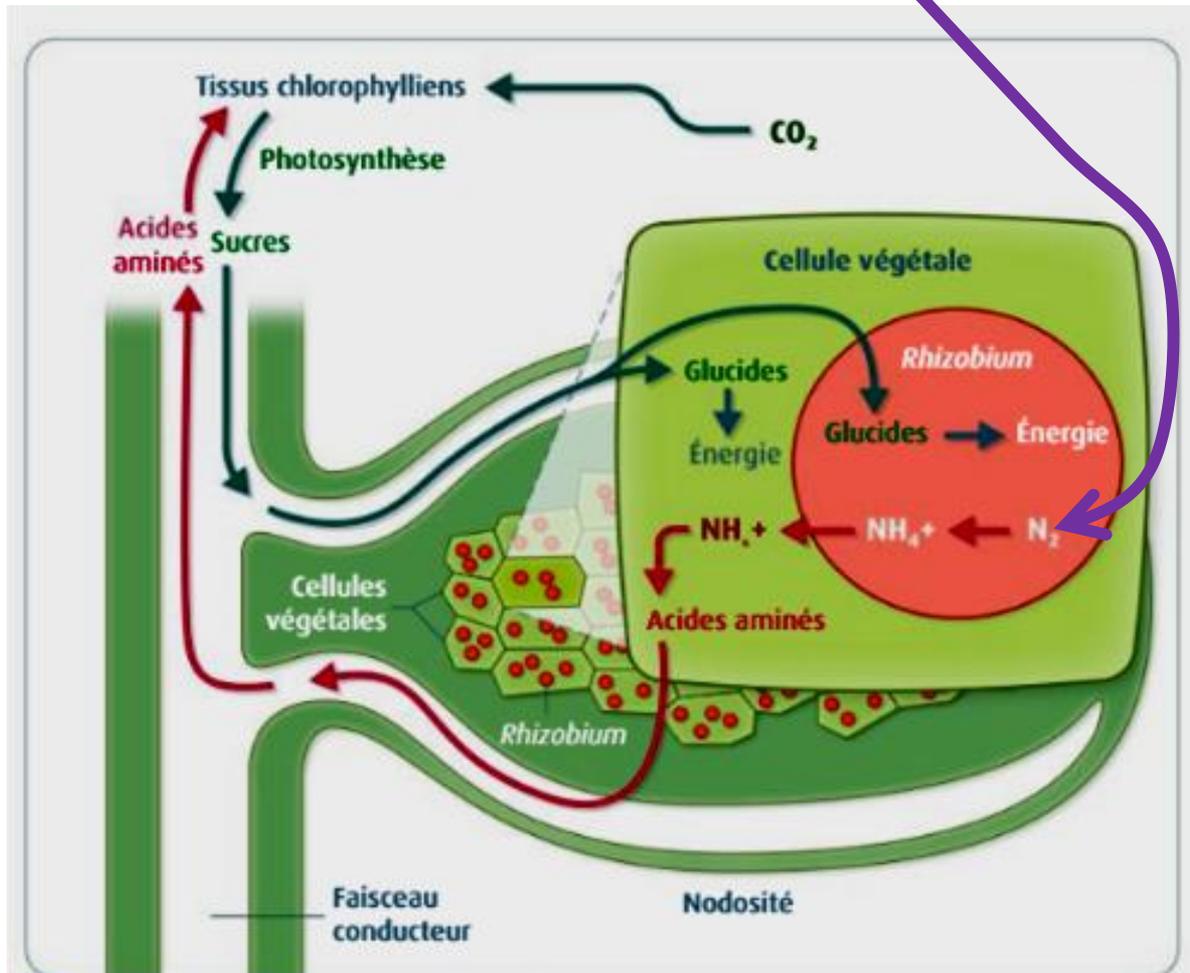


**4** Le lupin et ses racines. Le lupin, le haricot et le pois notamment, appartiennent à la famille des fabacées. Ces plantes ont une grande importance pour la nutrition des humains : elles sont particulièrement riches en protéines.



Vue au microscope électronique à transmission d'une section transversale d'un nodule racinaire dans une racine de soja.

Bactéries *Bradyrhizobium* colonisant l'intérieur des tissus racinaires



**5** Les échanges entre une fabacée et les bactéries *Rhizobium* dans une nodosité. Les nodosités sont liées à la présence de bactéries du genre *Rhizobium* vivant en symbiose avec la plante. Seules les fabacées ont la capacité à utiliser le N<sub>2</sub> diazote atmosphérique, comme source d'azote.

## B- La symbiose: une interaction mutualiste (à bénéfices réciproques)

Elle augmente la capacité de survie pour les 2 symbiotes.

*Remarque : les endosymbioses sont transmises entre générations donc héréditaires*

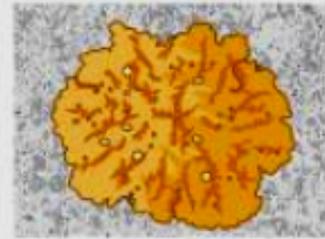
# BILAN : Types d'interactions entre organismes

## Relations et associations entre les êtres vivants

### ► Symbiose

Association entre des espèces différentes :

- production de nouvelles substances ;
- propriétés nouvelles ;
- colonisation de nouveaux milieux.

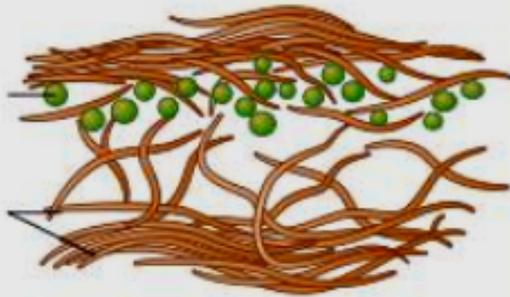


lichen → pariétine  
(protection  
contre les UV)

lichen

algue

mycélium  
(champignon)



### ► Relations hôtes/parasites



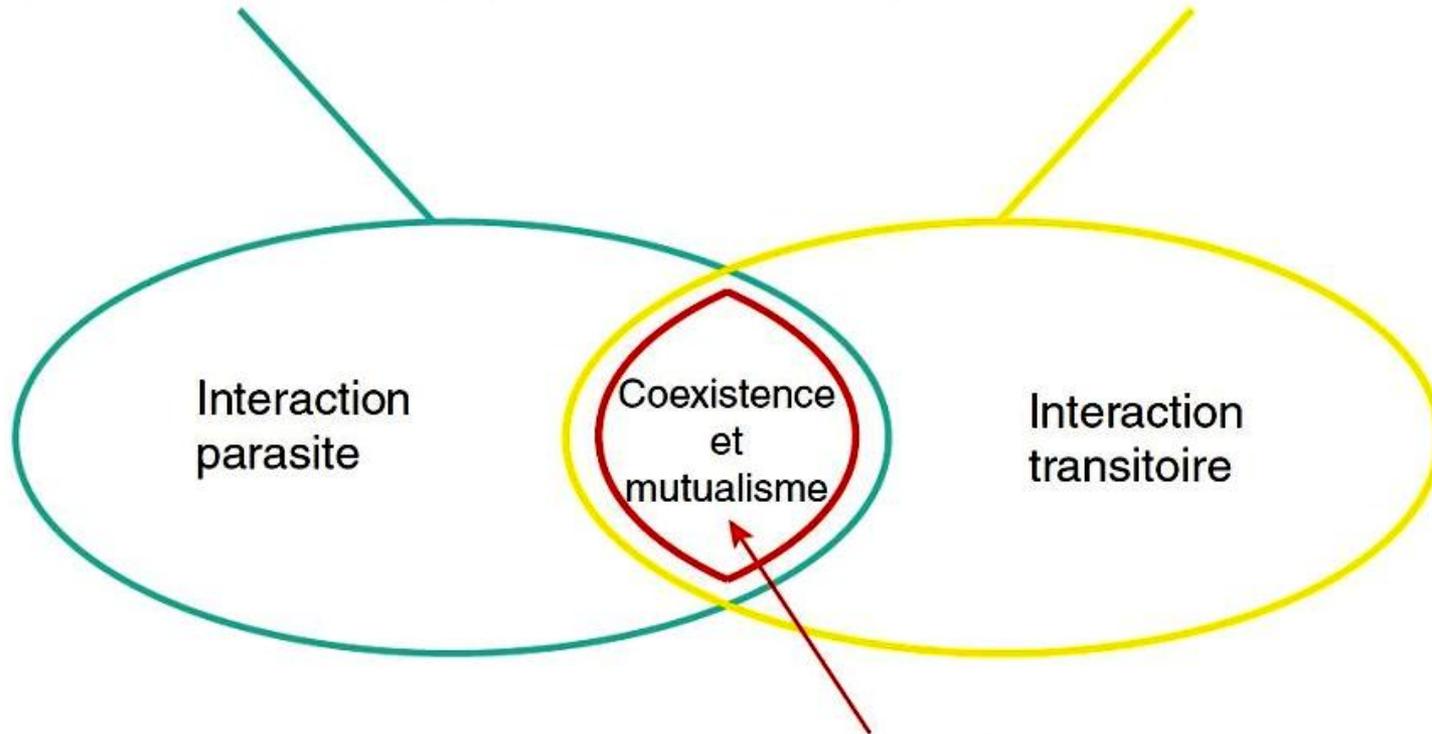
Une des espèces vit aux dépens d'une autre :

- production de nouvelles substances ;
- modification du comportement de l'hôte.

# BILAN : Types d'interactions entre organismes

Coexistence physique durable  
(symbiose au sens large)

Mutualisme (bénéfice réciproque),  
avec ou sans coexistence



Interaction  
parasite

Coexistence  
et  
mutualisme

Interaction  
transitoire

Symbiose mutualiste :  
coexistence et bénéfice réciproque

**C- Cas du microbiote acquis, une symbiose acquise :**

# Diversité du microbiote humain

## A map of diversity in the human microbiome

*Lactobacillus* species (*L. gasseri*, *L. jensenii*, *L. crispatus*, *L. iners*) are predominant but mutually exclusive in the vagina

*Staphylococcus epidermidis* colonizes external body sites



○ Commensal microbes  
★ Potential pathogens

### The four most abundant phyla

- Actinobacteria
- Bacteroidetes
- Firmicutes
- Proteobacteria

### Low abundance phyla

- Chloroflexi
- Cyanobacteria
- Euryarchaeota
- Fusobacteria
- Lentisphaerae
- Spirochaetes
- Synergistetes
- Tenericutes
- Thermi
- Verrucomicrobia

*Streptococcus* dominates the oral cavity with *S. mitis* > 75% in the cheek



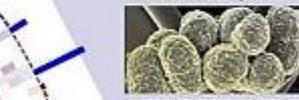
*Propionibacterium acnes* lives on the skin and nose of most people



Many *Corynebacterium* species characterize different body sites:  
*C. matruchoti* the plaque  
*C. accolens* the nose  
*C. croppenstedtii* the skin



Several *Prevotella* species are present in the gastrointestinal tract. *P. copri* is present in 19% of the subjects and dominates the intestinal flora when present



Microscopy from <http://bioimage.uh.edu>

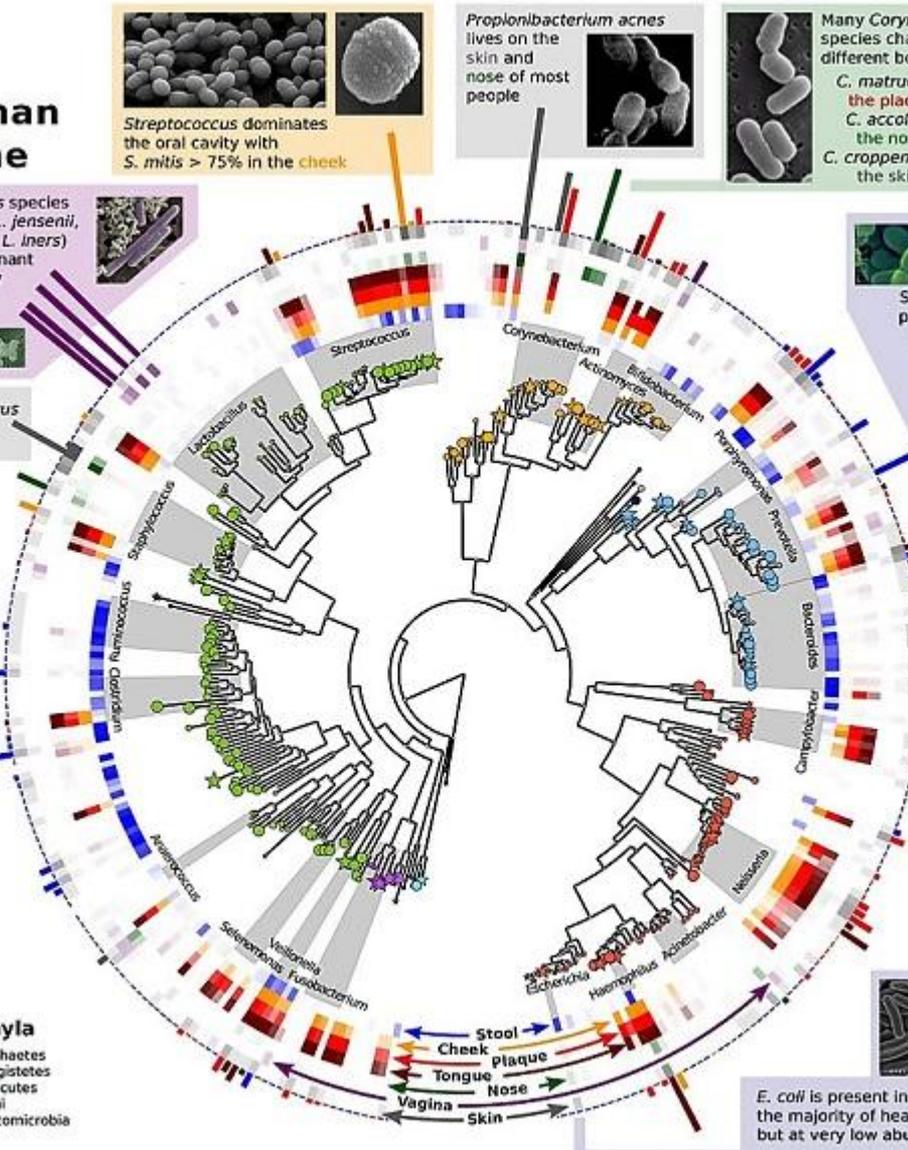
*Bacteroides* is the most abundant genus in the gut of almost all healthy subjects



*Campylobacter* includes opportunistic pathogens, but members live in the oral cavities of most healthy people in the cohort



*E. coli* is present in the gut of the majority of healthy subjects but at very low abundance



### 3 Microbiote et relation mère-enfant

Une équipe américaine a étudié la composition du microbiote intestinal de quatre mères et de leur nourrisson, en se limitant à un groupe de bactéries du genre *Bifidobacterium*. Les quatre mères ont accouché par voie naturelle et allaitent leur enfant.



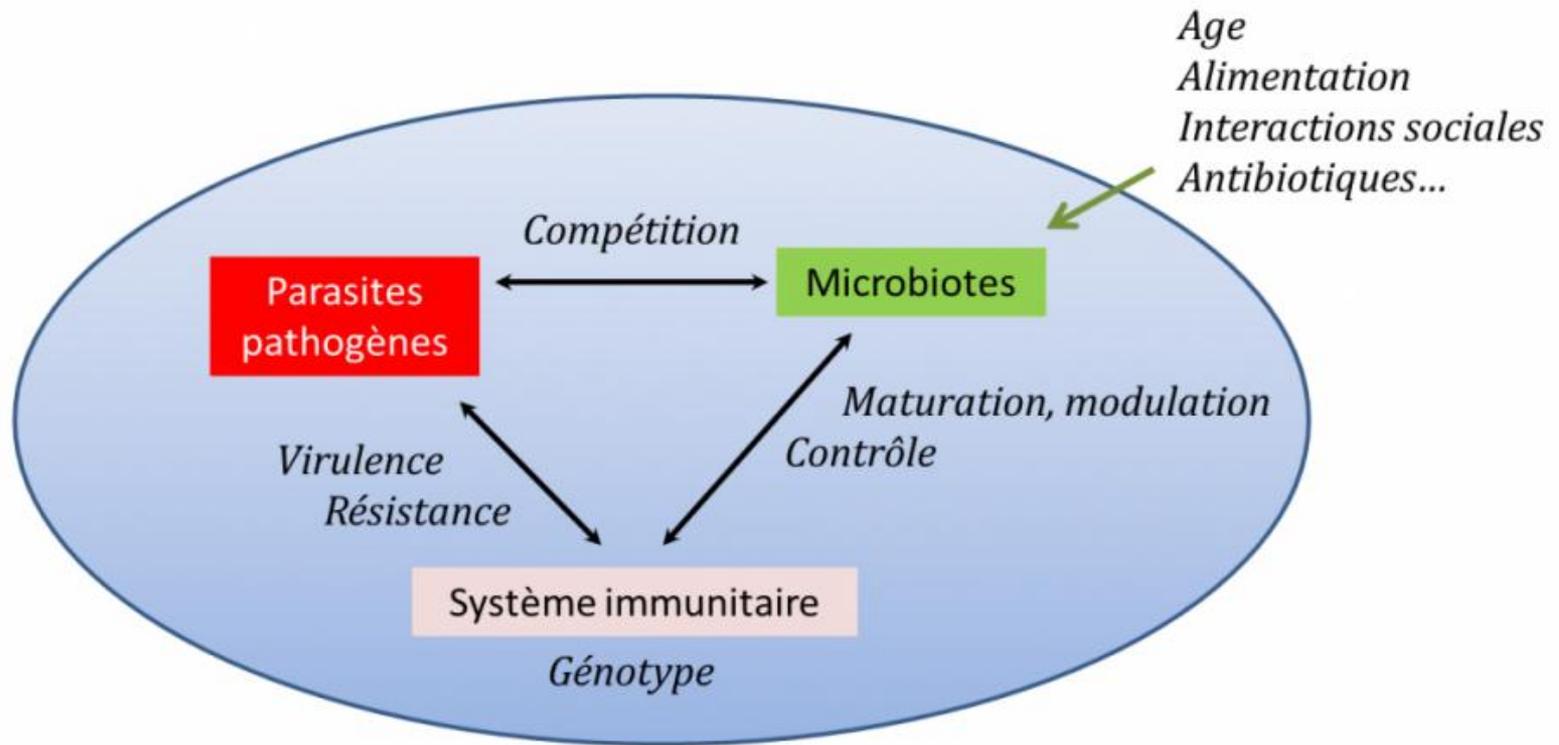
	Mère 1	Enfant 1	Mère 2	Enfant 2	Mère 3	Enfant 3	Mère 4	Enfant 4
<i>B. adolescentis</i>			X	X			X	
<i>B. angulatum</i>				X			X	X
<i>B. bifidum</i>	X		X					
<i>B. breve</i>	X	X				X	X	X
<i>B. dentium</i>	X			X			X	X
<i>B. longum longum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>B. longum suis</i>				X	X	X		
<i>B. pseudolongum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>B. reuteri</i>								
<i>B. thermacidophilum</i>	X	X						

Différents facteurs influencent la composition initiale du microbiote :

- Le liquide amniotique dans lequel vit le fœtus est un milieu stérile. Le développement du microbiote des enfants nés par césarienne est beaucoup plus lent que celui des enfants nés par voie naturelle.
- La colonisation de l'intestin est plus rapide chez les nourrissons nés dans des conditions d'hygiène moins strictes que dans un milieu hospitalier.
- Les enfants allaités présentent un microbiote plus riche en *Bifidobacterium* que celui des enfants nourris au lait artificiel.

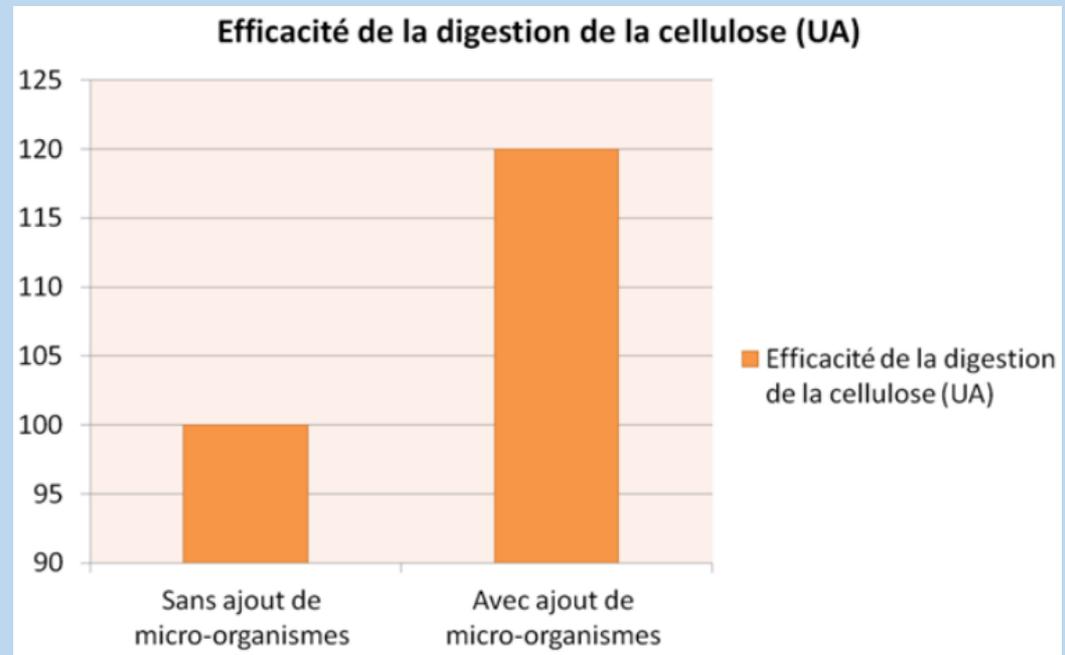
■ Étude comparative de la composition du microbiote de quatre mères et de leur enfant.

# Diversité du microbiote humain



Modulation par les microbiotes des interactions entre un hôte et ses parasites/pathogènes. L'action du génotype de l'hôte (représenté par l'ellipse bleue) et de tous les facteurs environnementaux qui affectent la composition du microbiote vont pouvoir se répercuter sur l'interaction entre l'hôte et ses parasites/pathogènes, en particulier à travers le système immunitaire.

*[Exemple : La transmission par l'allaitement et la salive maternelle au nouveau-né de micro-organismes produisant la cellulase nécessaire à la digestion de la cellulose (fibres alimentaires) chez mammifères phytophages.]*



## C- Cas du microbiote acquis, une symbiose acquise :

Le microbiote correspond à l'ensemble des micro-organismes vivants au contact d'un hôte. Le microbiote intestinal :

- apporte de nouvelles fonctions métabolique (ex : digestion de la cellulose, facilite la digestion)
- protège des pathogènes (donc renforce les défenses immunitaires)

Il continue à se diversifier au cours de la vie. Son déséquilibre peut contribuer à la survenue de maladies infectieuses chroniques ou à l'obésité

# Conclusion :

En faisant apparaître de nouvelles caractéristiques phénotypiques, ces associations sont donc un puissant moteur de diversification du vivant.

→ Les symbioses confèrent à l'organisme un **phénotype étendu** : il faut considérer, l'organisme adjoint de ses partenaires microbiens, algues..., plutôt que l'organisme seul, qui est une abstraction sans réalité écologique ni physiologique.

## II - Des individus recrutent des composants inertes du milieu qui modulent le phénotype (constructions, parures...).

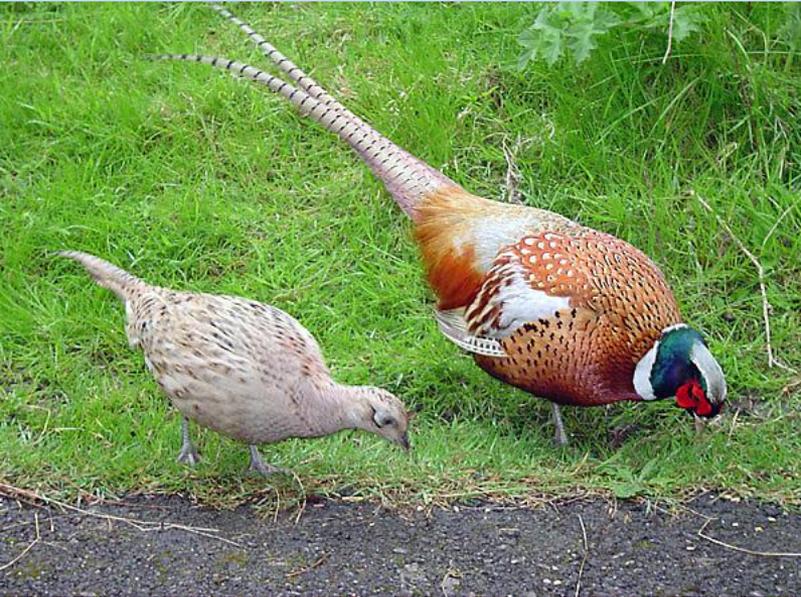
Le phénotype étendu est un concept selon lequel le phénotype ne doit pas être limité au seul résultat de l'expression des gènes, mais étendu à toutes les manifestations qui en découlent, comme les interactions et le comportement de l'individu dans son environnement.

- les parures,  
(dimorphisme sexuel → Attractivité sexuelle)

- Elles sont surtout connue dans les pop° humaines où les êtres humains fabriquent des vêtements, formant autant de parures caractéristiques d'une culture locale



- De nombreux oiseaux présentent un dimorphisme sexuel : les mâles, le plus souvent, changent de plumage en période de reproduction. Leur plumage est coloré à partir de substances dont certaines sont trouvées dans l'alimentation (caroténoïdes)



La parure est souvent accompagnée d'une parade amoureuse ou d'une parade de défense pour impressionner un concurrent ou un prédateur.



Une Frégate superbe



Oiseau du paradis



**1** Oiseau jardinier satiné (*Ptilonorhynchus violaceus*). En période de reproduction, le mâle tente d'attirer la femelle par ses chants et danses vers le berceau qu'il construit à partir de composants du milieu. Après avoir érigé une tonnelle avec des branches tapissées de brindilles, le mâle décore l'allée menant à la tonnelle de fleurs, fruits, plumes, ailes de papillons, etc. Des matériaux d'origine humaine sont parfois recrutés. Le mâle peint l'intérieur de la tonnelle, en préparant un mélange de baies bleues-noires et de poussières de charbon qu'il applique à l'aide d'un fragment d'écorce.



**2** Berceau de l'oiseau jardinier satiné.

- les constructions de nids :

*[Ex : - nids sophistiqués des oiseaux tisserins,*

*des oiseaux jardiniers,*



# - termitières



2 Les termitières (ici au Brésil) sont des monticules de terre issus de l'activité de millions de termites organisés en société.

## ● Les termitières

Les termitières sont des constructions de terre pouvant atteindre jusqu'à 8 m de haut (C). Chacune abrite une colonie de termites, des insectes vivant en société. Les ouvriers, responsables de l'édification de la termitière, sont stériles tout comme les soldats défendant la colonie. Seule la reine et quelques mâles ailés peuvent se reproduire.

Australie ( ouest )



- les camouflages contre prédateurs :  
 [Ex : fourreaux des larves de trichoptères  
 différents selon les composants disponibles].



**4 Le fourreau des larves de trichoptères.** Ces larves vivent en eau douce et se fabriquent un fourreau, à partir de graviers ou des débris de végétaux du milieu. Ces fourreaux sont différents entre individus de la même espèce, selon les composants recrutés. La forme des fourreaux dépend, elle, de l'espèce.

- les camouflages contre prédateurs : exemple des Psychidae

Adulte mâle



Adulte femelle



- les camouflages contre prédateurs : exemple des Psychidae

Chenilles avec fourreau



- les camouflages contre prédateurs : exemple des Psychidae

Chenilles avec fourreau



# - Les pièges pour capturer des proies.

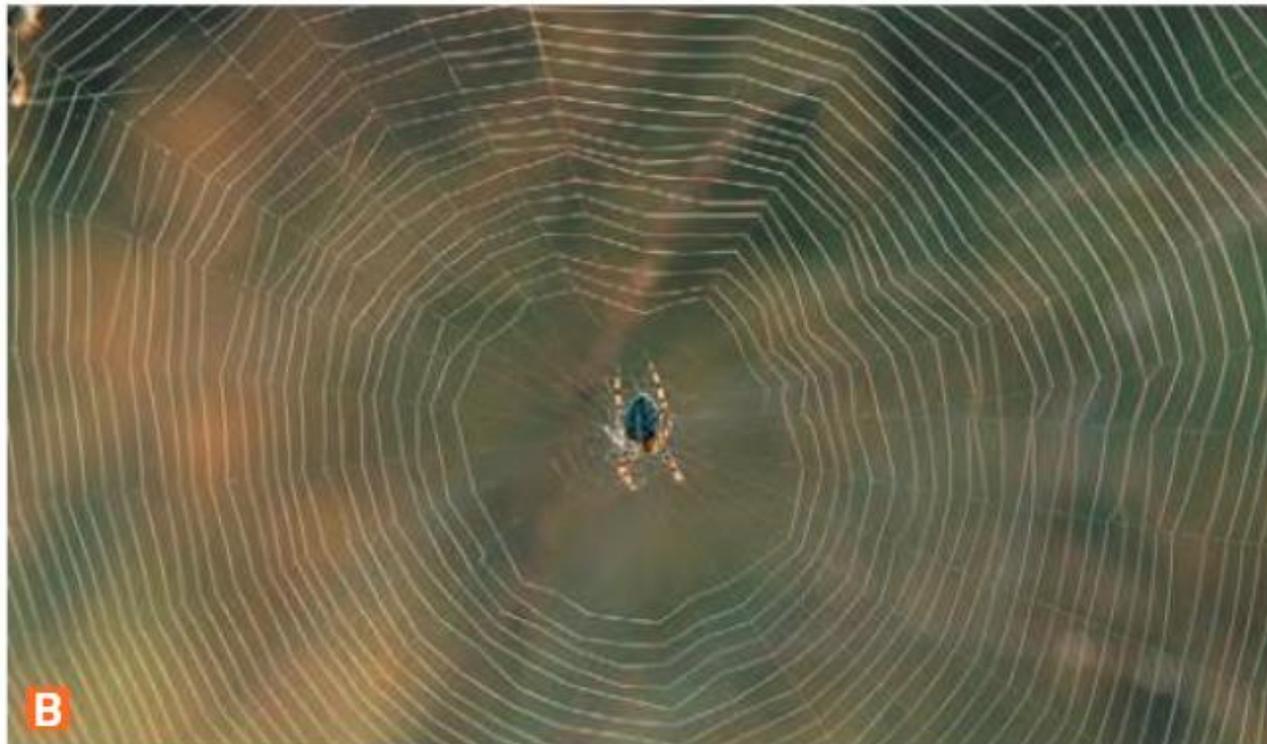
*[Ex : les toiles d'araignées sont de formes et tailles divers mais caractéristiques de l'espèce].*



4 Argiope emmaillotant une proie capturée.



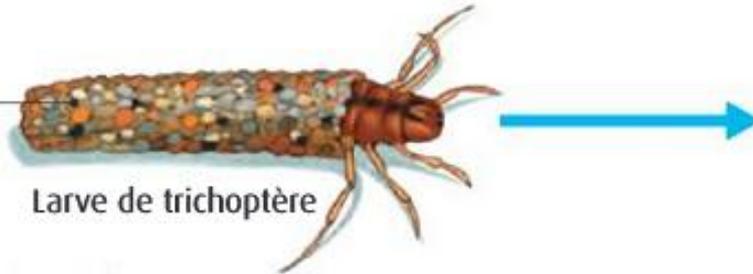
5 Argiope confectionnant un cocon pour protéger ses œufs.



Ces constructions réalisées par les organismes vivants résultent souvent de comportements innés, sans apprentissage, contrôlés génétiquement. En mobilisant des matières inertes prélevées dans leur milieu, ces espèces augmentent leurs chances de survie et de reproduction, et donc la transmission des gènes à la descendance.

### Recrutement de composants du milieu

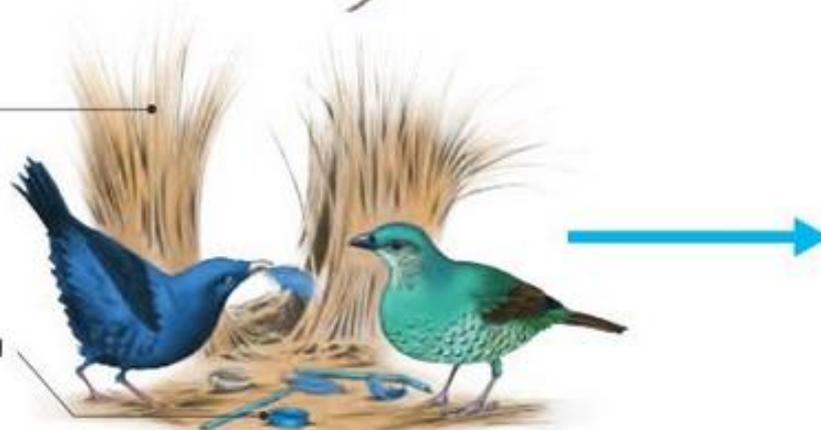
Fourreau de débris  
minéraux et végétaux



Larve de trichoptère

**Camouflage  
et protection**

Nid



Composants naturels  
ou artificiels du milieu

**Reproduction  
(parades nuptiales)**

# III - La transmission culturelle des comportements contribue à l'évolution biologique.

Chez certains animaux, les comportements acquis peuvent être transmis d'une génération à l'autre et constituer une source de diversité :

A - La transmission horizontale des comportements au sein d'une population :

# Mésanges et bouteilles de lait en Angleterre

Au début du xx<sup>e</sup> siècle, près de Southampton, en Angleterre, des bouteilles de lait sont livrées tous les matins sur le pas de la porte. Ces bouteilles n'étant pas fermées, des oiseaux comme les mésanges ou les rouges-gorges prennent l'habitude de picorer la crème de lait qui s'accumule en surface. En 1921, l'industrie laitière bouche ses bouteilles de lait avec un opercule rigide en aluminium. En quelques années, les mésanges d'Angleterre apprennent à percer à coups de bec cet opercule. En revanche, seuls quelques rouges-gorges viennent à bout de cet opercule. [...] Dès 1949, l'ouverture des opercules par les mésanges est observée dans des centaines de villes en Angleterre, en Irlande et au Pays de Galle. En revanche la découverte ne se répand pas chez les rouges-gorges. [...] Les mésanges vivent en bandes, elles sont très mobiles, les rouges-gorges sont solitaires et territoriaux.

Source : *L'intelligence animale*, Emmanuele Pouydebat, Éditions Odile Jacob, 2017

## Une modification de comportement chez les mésanges



■ Mésange ayant appris à ouvrir une bouteille de lait.



Mésange picorant de la crème de lait



Avant 1935



1941



1945



1947

# Comportement de chasse chez les cétacés

## la dynamique des traits culturels au sein d'une population

		<1980	1980	1981	2007	2011	>2011
Technique de chasse (en % d'individus la pratiquant)	Filets de bulles dans l'eau (coûteuse en énergie)	100 %	99 %	80 %	60 %	54 %	45 %
	Coup de queue sur la surface (proies chassées plus grandes)	0	1 %	20 %	40 %	45 %	50 %
	Piégeage gueule ouverte à la surface (stationnaire, demande peu d'énergie, nécessite la présence d'oiseaux plongeurs qui effraient les poissons et les poussent à nager dans le fond de la bouche de la baleine)	0	0	0	0	1 %	5 %

### 5 L'apparition et la transmission de nouvelles techniques de chasse chez les baleines à bosse.

Pour se nourrir, les baleines à bosse plongent puis remontent en nageant en spirales tout en lâchant des filets de bulles d'air pour former une barrière visuelle aux bancs de poissons qu'elles engloutissent en remontant gueule ouverte. Depuis quelques années de nouvelles techniques de chasse ont été observées (au large des côtes nord-est américaines).



▲ Baleines à bosse.

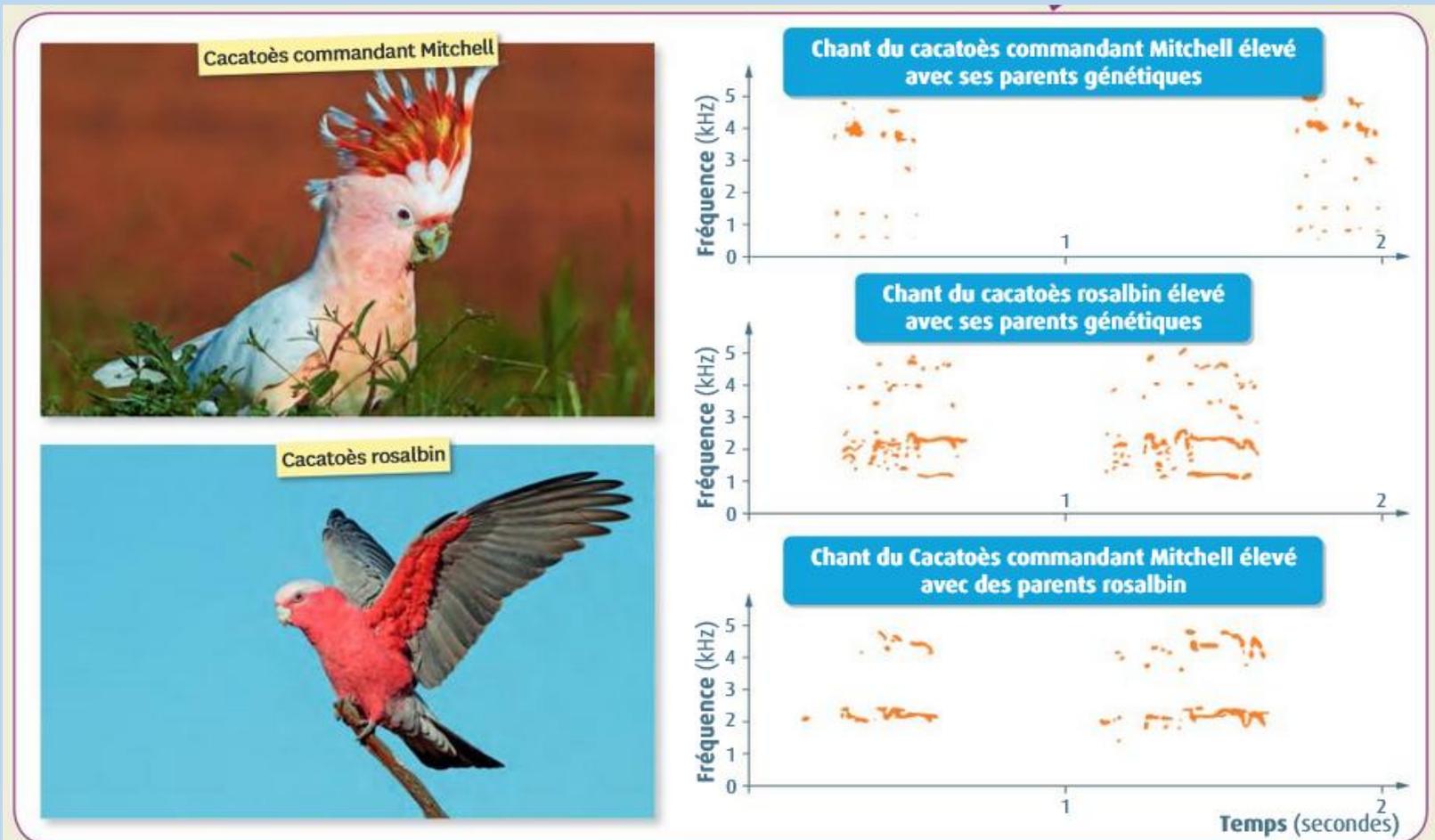
# A - La transmission **horizontale** des comportements au sein d'une population :

Le comportement se transmet entre membres d'une même pop° par imitation entre individus d'une même génération.

*[Ex : - mésanges voleuses de lait en Angleterre,  
- nouvelle technique de chasse chez la baleine à bosse répandue en quelques années]*

# B - La transmission verticale des comportements au sein d'une population :

Les individus adultes peuvent transmettre un comportement acquis aux individus plus jeunes.



▲ Sonogrammes de cacatoès de différentes espèces élevés dans différentes conditions.

## - Le chant des oiseaux :

La capacité d'émettre un son est présente dès la naissance mais l'apprentissage du chant typique de l'espèce (voire de la pop°, selon les régions...), s'effectue dès le plus jeune âge par imitation du chant des adultes (parents, tuteurs)

*[Exemple autre : chants des baleines à bosse...  
Langage chez l'humain]*

# Utilisation d'outils chez le chimpanzé

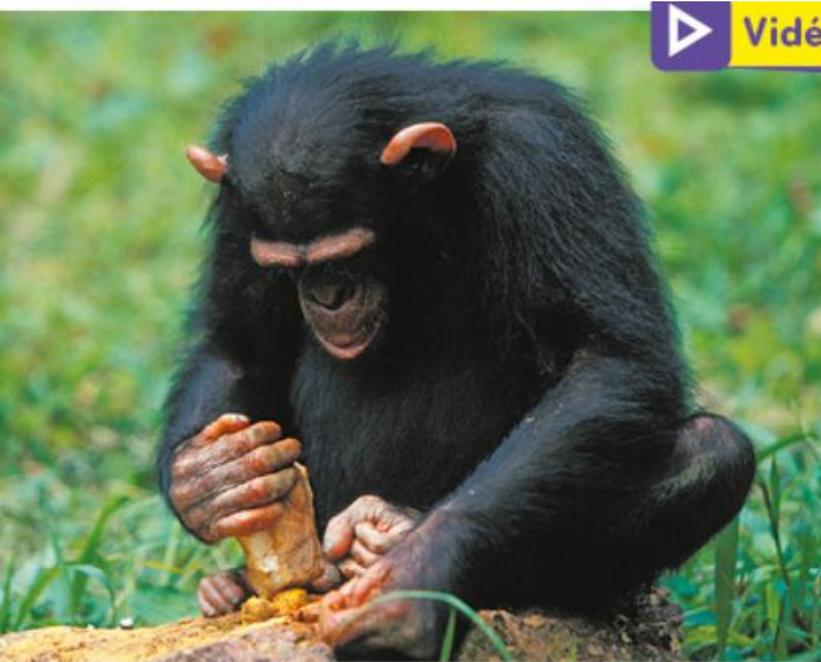
p.104



Des techniques différentes suivant les groupes de chimpanzés pour casser des noix

Un comportement pour fouiller une termitière





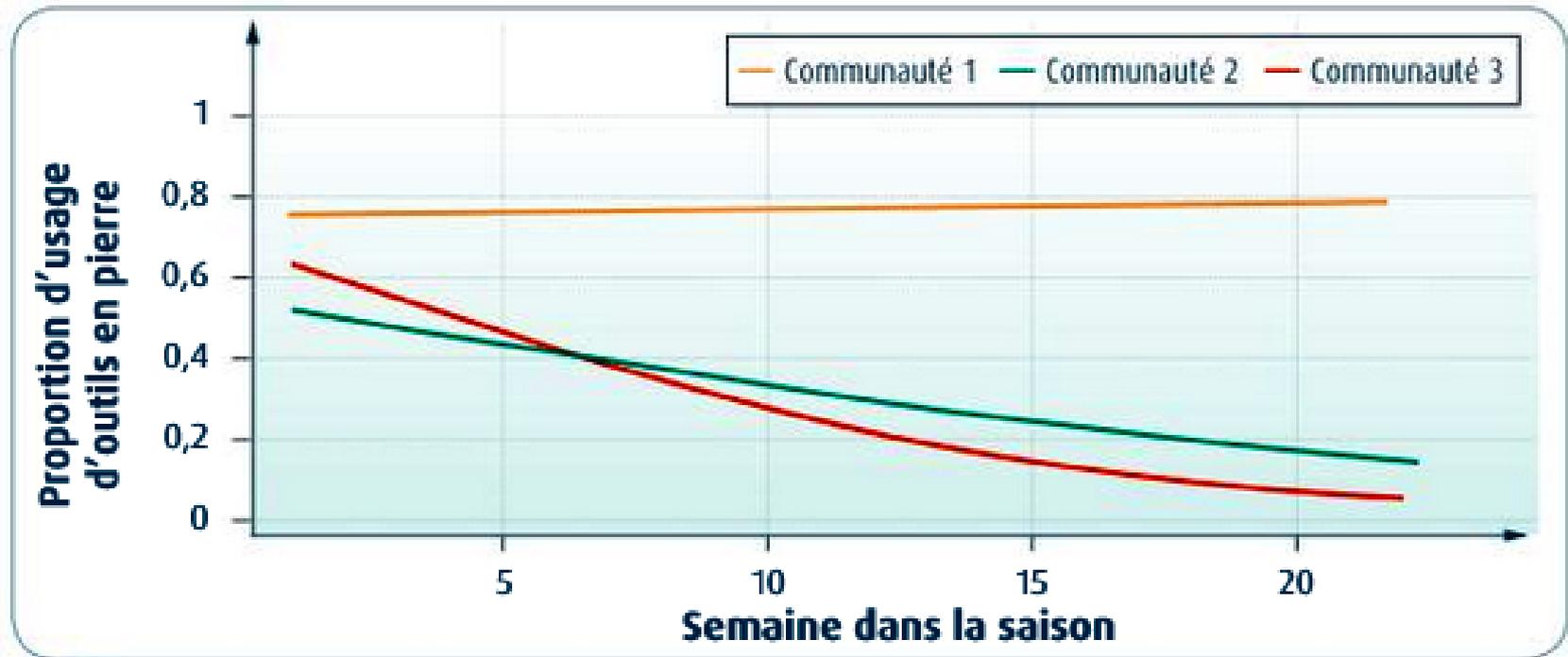
Le chimpanzé place la noix sur un support qui sert d'enclume puis le frappe à l'aide d'un percuteur en bois ou en pierre. Des percuteurs ont été déterrés sur plus de 10 m de profondeur. Ceci indique une transmission du savoir-faire sur plus de deux cent générations. Les chercheurs parlent d'une véritable culture sur plus de 4 300 ans.



## 1 Jeune chimpanzé et un adulte (Parc national de Kibale, Ouganda).

Les jeunes chimpanzés (ou les jeunes macaques) apprennent d'abord en observant et en imitant leur mère. Après quelques années, ils diversifient leurs pratiques avec d'autres membres du groupe. Une nouvelle pratique culturelle, lorsqu'elle confère un avantage sélectif, se répand généralement dans la communauté. Des pratiques avantageuses peuvent être perdues, par exemple chez des femelles primates qui quittent leur communauté de naissance pour en rejoindre une autre où elles passeront le restant de leur vie. Elles peuvent alors adopter les pratiques de la nouvelle communauté, même si elles sont moins avantageuses.

# Utilisation d'outils chez le chimpanzé



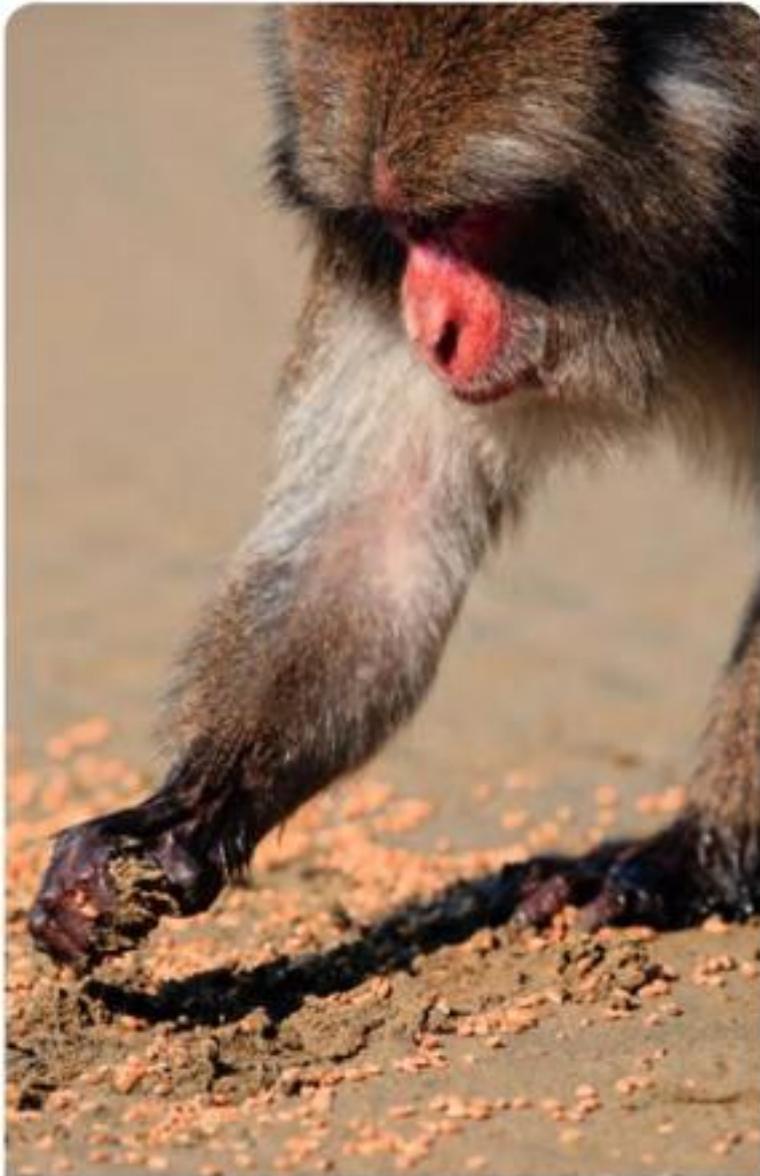
**2** Usage d'outils de pierre pour casser des noix au cours d'une saison chez trois communautés de chimpanzés en Côte d'Ivoire. Pour consommer une noix, les chimpanzés brisent la coquille à l'aide d'une pierre ou d'un morceau de bois qu'ils recherchent sur place. Les trois communautés sont géographiquement proches : les femelles peuvent changer de communauté et s'y reproduire. Les communautés sont donc génétiquement proches. Les ressources du milieu y sont similaires. Les pierres sont plus rares que les morceaux de bois. Elles nécessitent d'être recherchées. Au fil de la saison, les noix deviennent moins dures.

# Acquisition du comportement de lavage de patate chez les macaques japonais

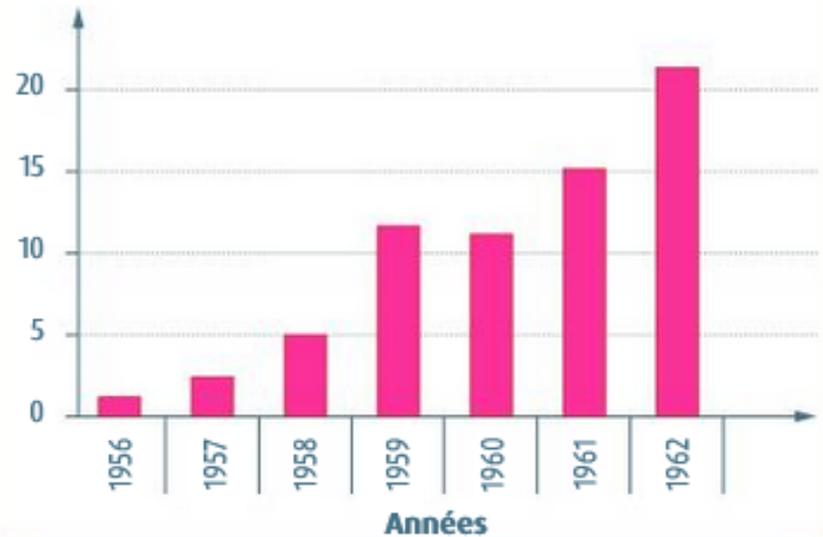
La lignée d'Imo



# Acquisition du comportement de lavage du blé chez les macaques japonais



Nombre de macaques lavant les grains de blés



**3** **Le lavage des grains de blé chez les macaques de Koshima (Japon).** Une communauté de 49 macaques de cette île a été étudiée par des chercheurs. Ces derniers jetaient régulièrement des grains de blé sur la plage, que les macaques récoltaient un à un pour les manger. En 1956, une femelle prit une poignée de sable et de grains mélangés et les jeta dans l'eau : le sable tombait et les grains flottaient. Ils étaient ainsi plus faciles à récolter.

# Macaques japonais prenant un bain de vapeur



## - L'utilisation d'outils :

De nombreuses espèces animales, autre que l'espèce humaine, utilisent des outils. Ces outils sont variés selon les groupes d'individus, leur utilité et la disponibilité des matériaux dans l'environnement. Ils peuvent servir à casser des végétaux (fruits à coque par ex.), chasser des petites proies ou se défendre.

*[Ex : Brindilles, pierres, branches, ... chez les chimpanzés, certains oiseaux]*

# Conclusion

## Transmission culturelle des comportements acquis



Adultes



Transmission  
verticale  
(entre  
générations)

Jeunes



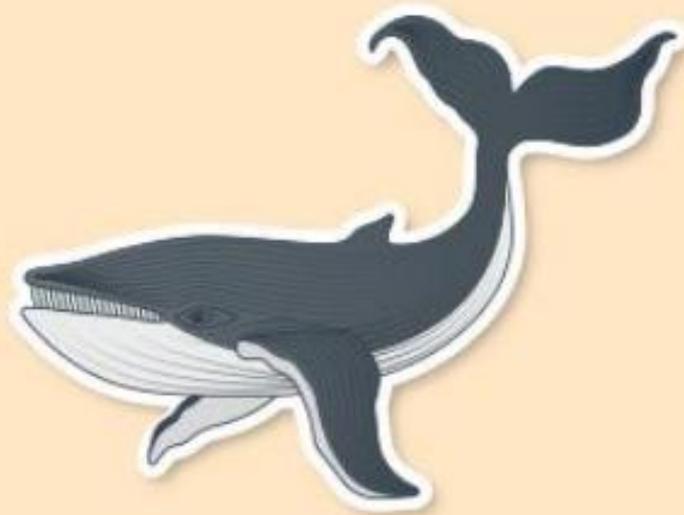
Utilisation d'outils  
chez les chimpanzés

Transmission horizontale  
(au sein d'une génération)

Individus  
initiés



Individus  
non initiés

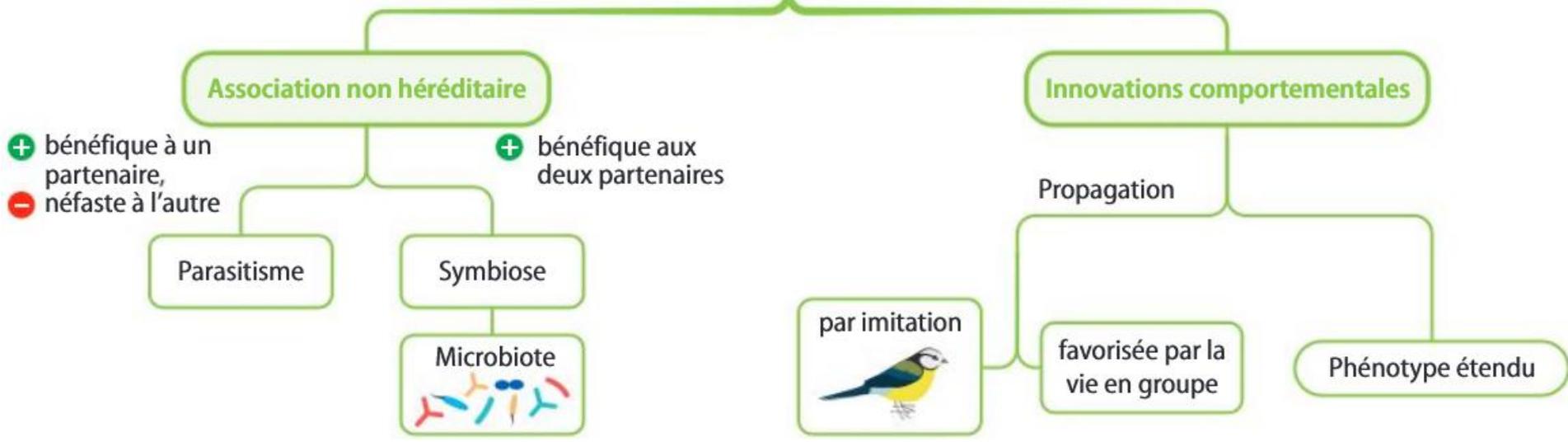


Comportement de chasse  
des baleines

→ la transmission verticale des comportements s'observe souvent chez des animaux ayant une **vie sociale élaborée**.

Lorsque ces pratiques sont propres à une population, on parle de **culture** : un ensemble de savoirs et de pratiques qui se partagent et se transmettent socialement au sein du groupe, sans héritage génétique.

# Schéma 2 : Mécanismes de diversification non génétiques



## Transmission de comportements acquis

- Chant
- Utilisation d'outils
- Langues

Traits culturels soumis à l'évolution

## IV - L'importance de l'évolution culturelle dans les sociétés humaines

Les traits (comportements acquis) sont transmis entre contemporains et de génération en génération.

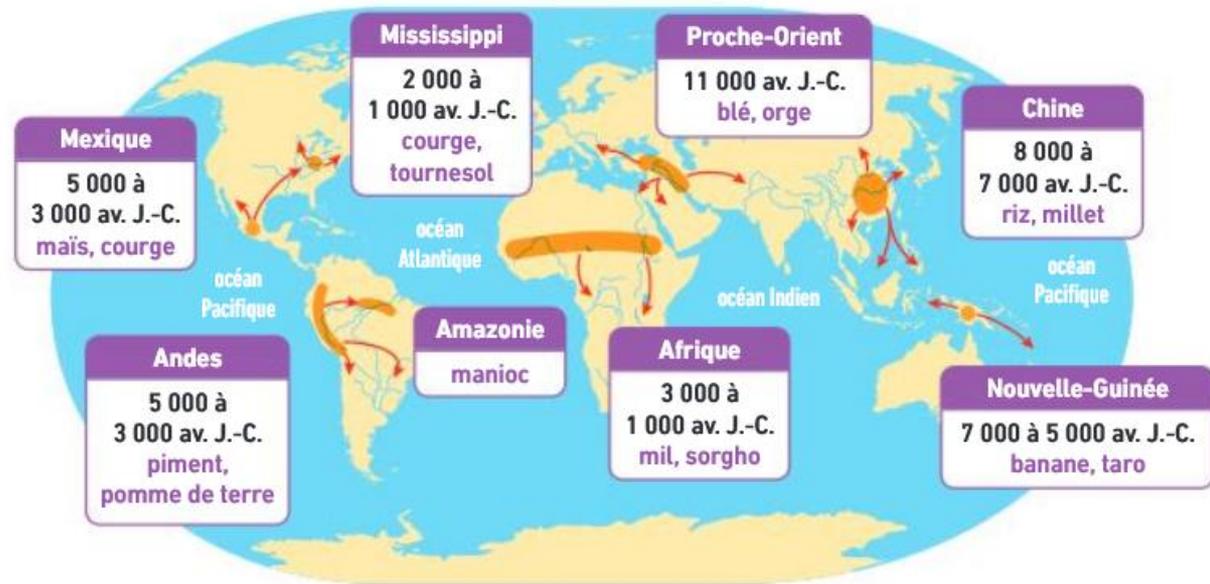
Les traditions culturelles subissent une évolution au cours du temps contribuant à la diversification.

# Apparition de l'agriculture...

## Plusieurs pôles d'apparition de l'agriculture

Les études archéologiques montrent que l'agriculture est apparue de manière indépendante en différents endroits du globe, lorsque des groupes humains ont commencé à domestiquer des espèces sauvages, végétales et animales.

Cette innovation a dû apporter suffisamment d'avantages pour qu'elle s'impose par sélection culturelle\* au sein de ces groupes humains et se répande à partir de ces foyers de néolithisation\*.



**A** Traces archéologiques témoignant de l'apparition de l'agriculture au Néolithique.

# ... Et ses conséquences culturelles majeures (sédentarité...etc)

## Invention de l'agriculture

- Changement de régime alimentaire
- Sédentarisation et construction des 1ers villages
- Invention de techniques et outils pour cultiver les plantes et élever les animaux
- Invention de la céramique pour conserver les aliments
- Echanges commerciaux



# Transmission culturelle au sein des populations humaines

Culture cardiale: décors imprimés à l'aide d'un coquillage (cardium)



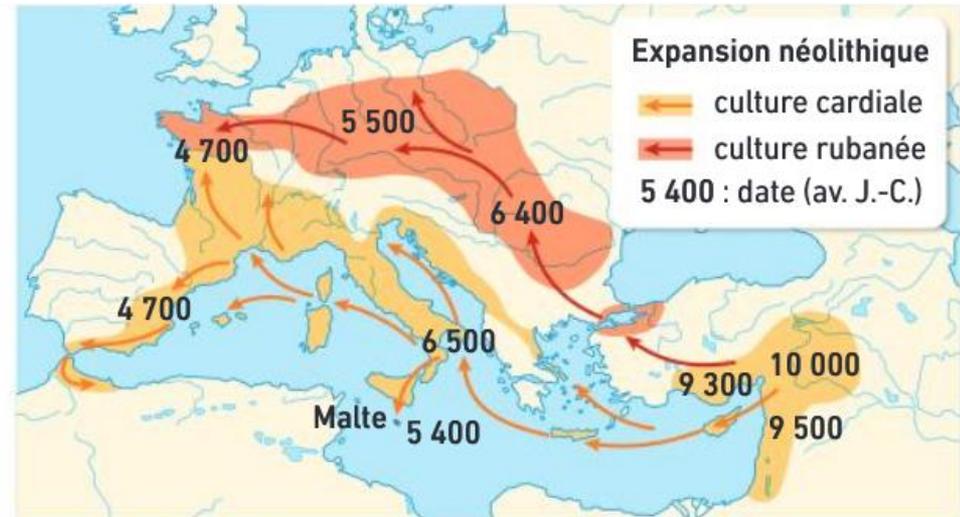
Culture rubanée: céramique linéaire (décors en forme de rubans)



## ● La diffusion de l'agriculture en Europe

Par l'étude des céramiques et des sites d'habitat notamment, les archéologues ont pu retracer la lente diffusion de l'agriculture en Europe à partir du foyer moyen-oriental. Deux modes de diffusion ont participé à la néolithisation de l'Europe :

- la migration\* de groupes d'agriculteurs se transmettant les techniques de génération en génération, selon une **transmission verticale\*** ;
- l'acculturation des groupes humains déjà présents en Europe, c'est-à-dire l'adoption de techniques par imitation. On parle alors de **transmission horizontale\***.



C Diffusion des cultures néolithiques en Europe.

- L'innovation est l'apparition de nouveaux traits, pratiques au sein de la pop<sup>o</sup> .

Si ces pratiques se révèlent avantageuses, elles se répandent au sein de la pop<sup>o</sup> : c'est la **sélection culturelle**.

*[Ex : l'apparition de l'agriculture en plusieurs foyers d'innovation]*

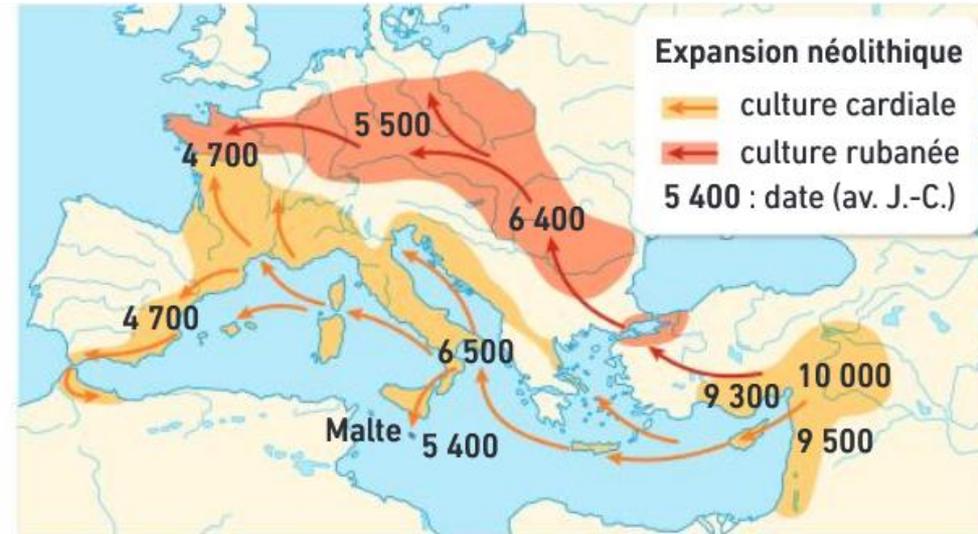
# Transmission culturelle au sein des populations humaines

## ● La diffusion de l'agriculture en Europe

Par l'étude des céramiques et des sites d'habitat notamment, les archéologues ont pu retracer la lente diffusion de l'agriculture en Europe à partir du foyer moyen-oriental. Deux modes de diffusion ont participé à la néolithisation de l'Europe :

- la migration\* de groupes d'agriculteurs se transmettant les techniques de génération en génération, selon une **transmission verticale\*** ;
- l'acculturation des groupes humains déjà présents en Europe, c'est-à-dire l'adoption de techniques par imitation. On parle alors de **transmission horizontale\***.

Culture cardiale: décors imprimés à l'aide d'un coquillage (cardium)



C Diffusion des cultures néolithiques en Europe.

Culture rubanée: céramique linéaire (décors en forme de rubans)



**4** Yourte d'un éleveur au Kirghizistan. Un groupe ethnique est une entité rassemblant des personnes qui considèrent partager une ascendance, une histoire et/ou une culture commune, comme la langue ou le mode de vie. L'Asie intérieure est peuplée par une vingtaine de groupes ethniques, dont les Kazakhs, les Tadjiks et les Kirghizes. En milieu rural, les Kazakh et les Kirghizes sont surtout des éleveurs semi-nomades, tandis que les Tadjiks sont essentiellement des agriculteurs sédentaires.

→ Kirghizes éleveurs  
semi-nomades  
→ Tadjiks agriculteurs  
sédentaires





→ Kirghizes et Tadjiks géographiquement proches mais langues différentes



- La vitesse de diffusion d'une innovation dépend de plusieurs facteurs :

- elle est ralentie par les barrières géographiques ou de communications

- elle est accélérée par les migrations et les liens sociaux

*[Ex : l'évolution culturelle humaine augmente de manière exponentielle avec le développement des échanges et des nouveaux moyens de communications]*

-La **contre sélection** correspond à l'abandon d'une innovation lorsqu'elle ne présente plus d'avantage dans des conditions de vie nouvelles.

*[Ex : abandon du comportement des mésanges voleuses de lait avec l'arrivée des bouchons résistants]*



■ Mésange ayant appris à ouvrir une bouteille de lait.

# Aborigènes de Tasmanie



Une image des quatre derniers aborigènes tasmaniens de « lignée pure » vers 1860 ; [Truganini](#), la dernière survivante de l'ethnie est située à l'extrême droite de l'image.

De 1803 à 1833, la population des aborigènes de Tasmanie a été réduite de 5 000 à 300 individus (maladies apportées par les colons britanniques, conflits entre colons et aborigènes).

Depuis 1876, on les considère comme une ethnie éteinte puisque la dernière femme à avoir des ancêtres entièrement indigènes est morte à cette date.

- la **perte culturelle par dérive**, par hasard, suite à la non-transmission à la descendance de savoir-faire ancestraux.

*[Ex : suite à l'arrivée de nouvelles technologies apportées par immigration, la fabrication d'outils en os, l'utilisation de filets de pêches ou de lance ....se perdent]*

# Schéma 3 : liens entre évolution culturelles et évolution biologique

Mécanismes	Evolution biologique	Evolution culturelle
Innovations	génétiques (mutations)	Culturelles (inventions )
Sélections des innovations avantageuses	naturelle	culturelle
Transmission verticale ...	par hérédité génétique	par apprentissage
Transmission horizontale ...	par transfert de gènes	par imitation
Disparition possible des innovations...	par dérive génétique	par perte culturelle
Vitesse de diffusion des innovations	rôle des migrations et des barrières géographiques	

# Bilan thème 1

Les mécanismes à l'origine de la diversification du vivant.

Les mutations	Reproduction sexuée		polyploïdisation	Transfert horizontal	Mutations dans une séquence régulatrice de l'expression de gène.	Symbiose	Transmission culturelle
Diversités alléliques - polymorphisme des gènes	Méiose Brassage intrachromosomique Brassage interchromosomique Duplication génique	fécondation	mécanisme qui augmente le nombre de lots de chromosomes (hybridation) (anomalies de méioses/mitoses)	Transfert de gènes entre espèces différentes	Variations dans l'intensité d'expression des gènes	Association durable et à bénéfices réciproques entre deux espèces	Comportement qui se transmet de génération en génération par voie non génétique
La reproduction sexuée brasse les allèles des gènes obtenus par les mutations. Elle conduit à des combinaisons originales d'allèles.			Mécanismes qui reposent sur une modification du génome		Génome identique, modification de son expression	Mécanismes sans modification du génome	



**Diversification du vivant, biodiversité des espèces, des populations.**  
**Les populations se modifient au cours du temps, sous l'effet :**



de la sélection naturelle	de la dérive génétique
Sous l'effet de la pression exercée par l'environnement, certains individus se reproduisent plus que d'autres, on observe des modifications des caractères phénotypiques de la population au cours du temps	Lors de la reproduction sexuée, sous l'effet du hasard des individus qui se reproduisent et des gamètes utilisés, on observe une évolution des caractères phénotypique de la population au cours du temps

**Les modifications des populations au cours du temps constituent l'évolution biologique**

**Au sein d'une même espèce, l'évolution des populations peut conduire à l'apparition de nouvelles espèces. Deux éléments contribuent à l'apparition d'une nouvelle espèce ou spéciation :**

Isolement reproducteur :	Isolement génétique :
Au sein d'une même espèce, deux populations s'isolent, évoluent et ne peuvent plus se reproduire.	Au sein d'une même espèce, deux populations isolées n'échangent plus aucun allèle.

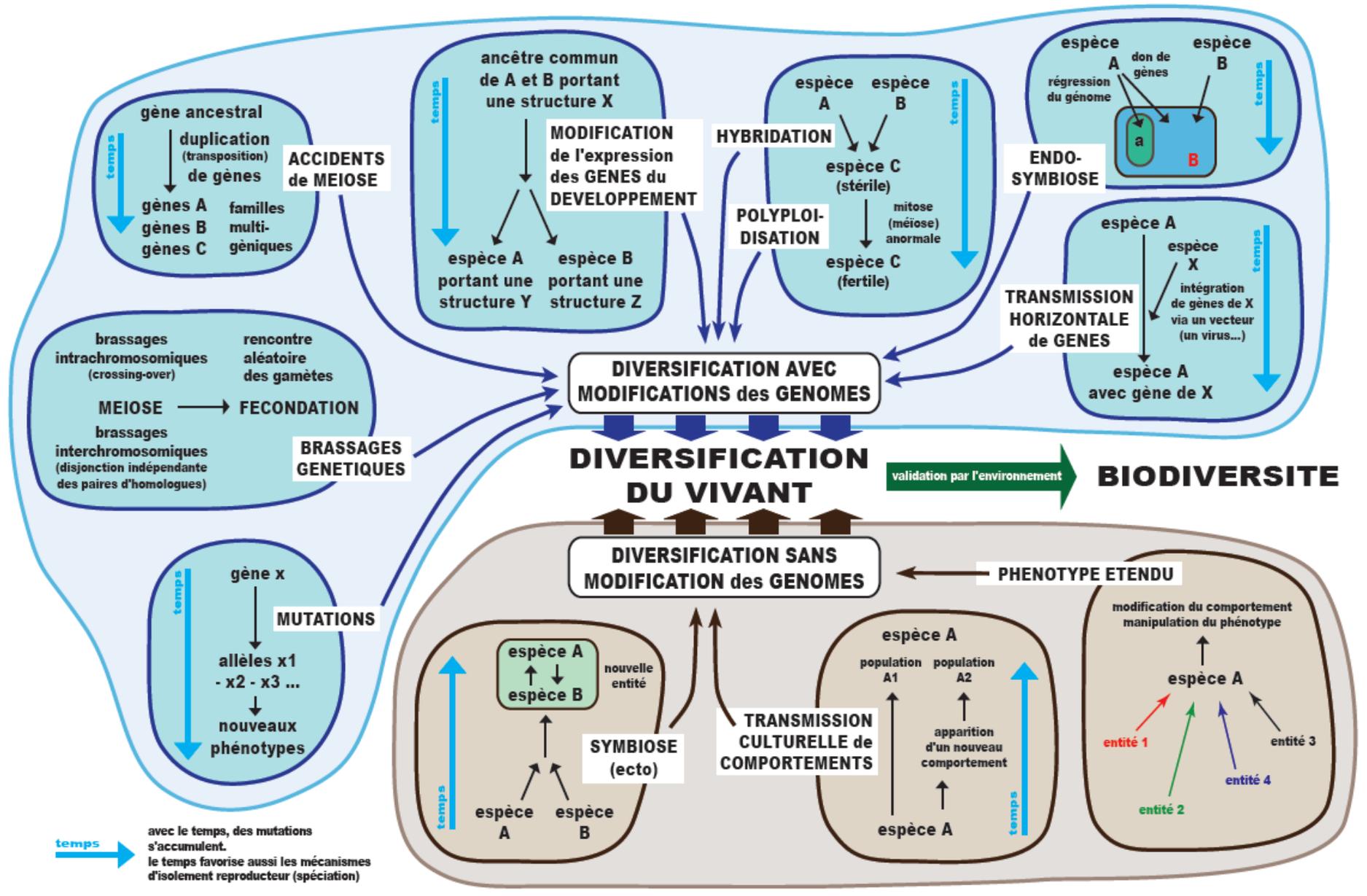
**Chaque population est considérée comme une nouvelle espèce. Le processus à l'origine de la formation d'une nouvelle espèce se nomme spéciation.**



**Evolution des populations, spéciation, évolution des espèces**

De la diversification des êtres vivants à l'évolution de la biodiversité

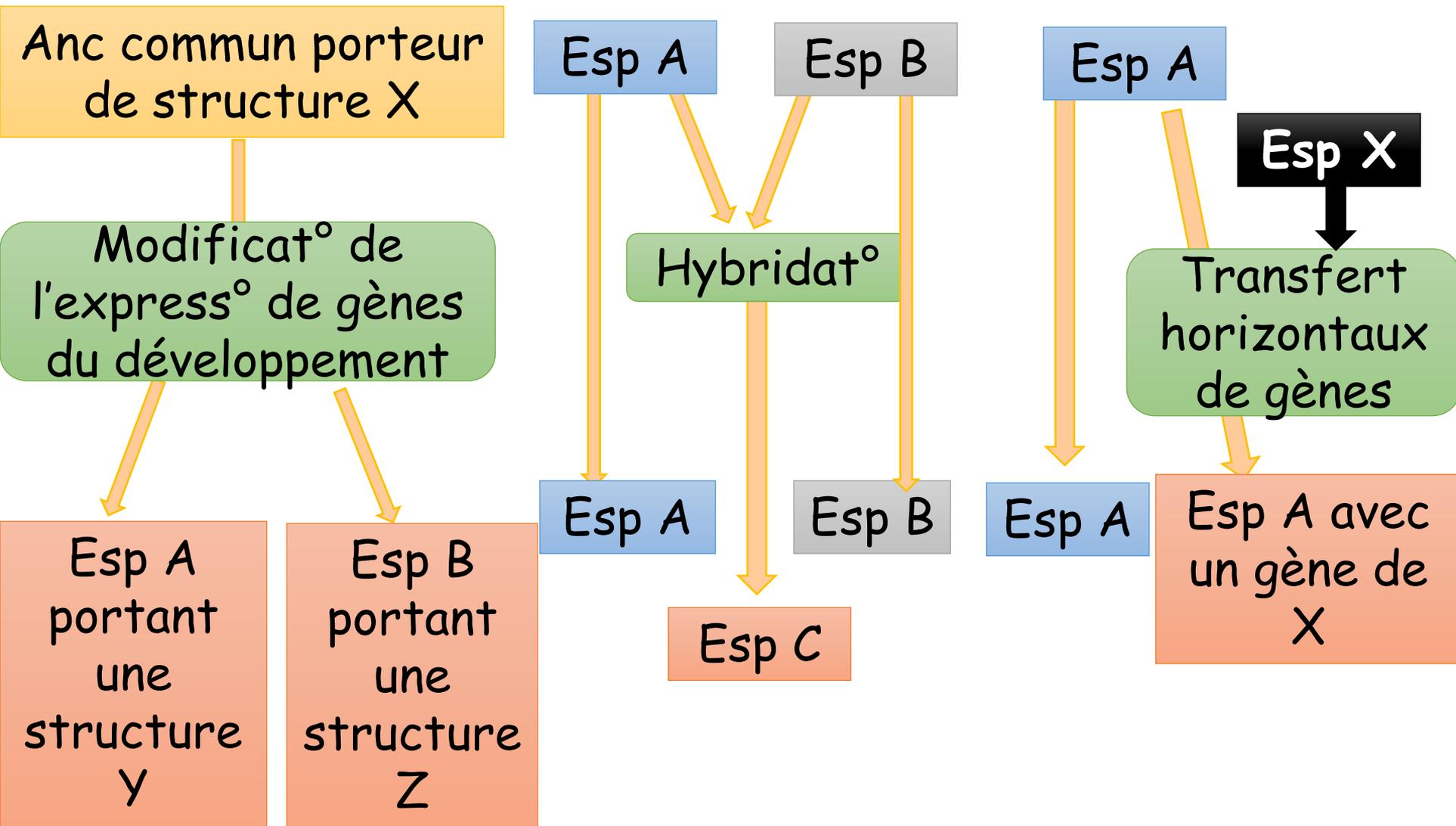
# Bilan thème 1



avec le temps, des mutations s'accroissent.  
le temps favorise aussi les mécanismes d'isolement reproducteur (spéciation)

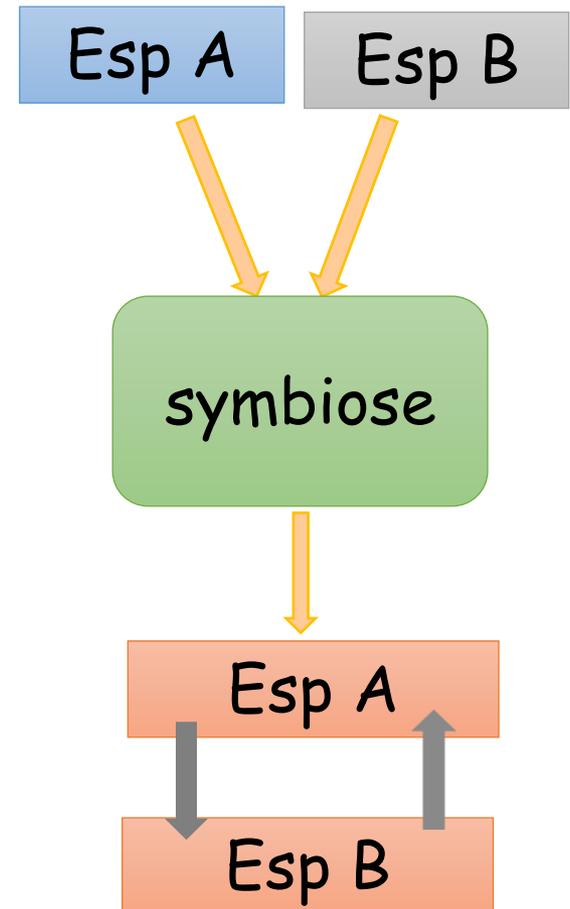
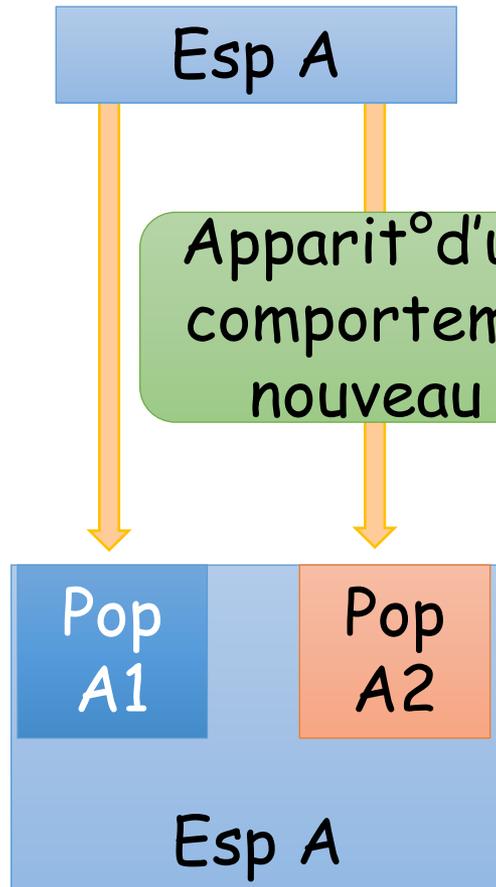
# LES MECANISMES DE DIVERSIFICATION

## Diversification avec modification des génomes



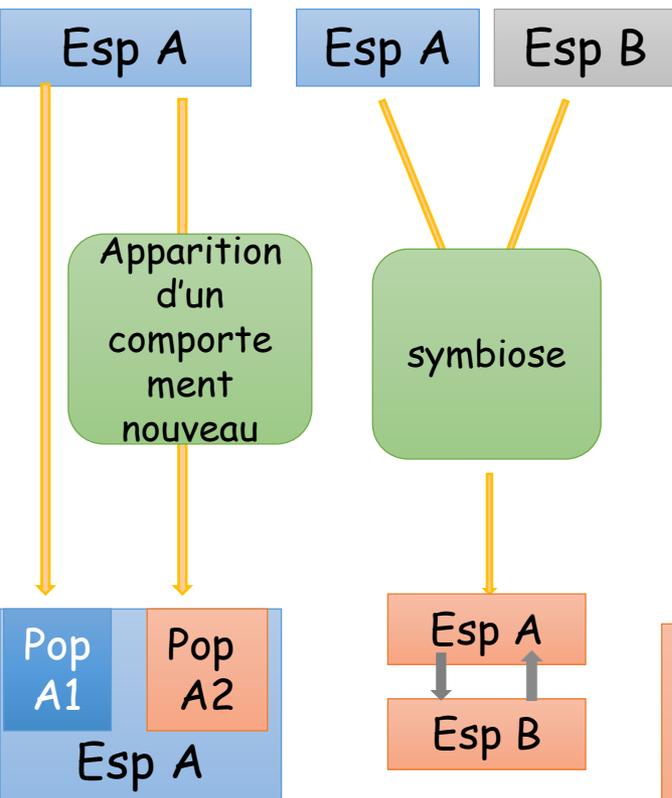
# LES MECANISMES DE DIVERSIFICATION

Diversificat° sans  
modificat° des génomes

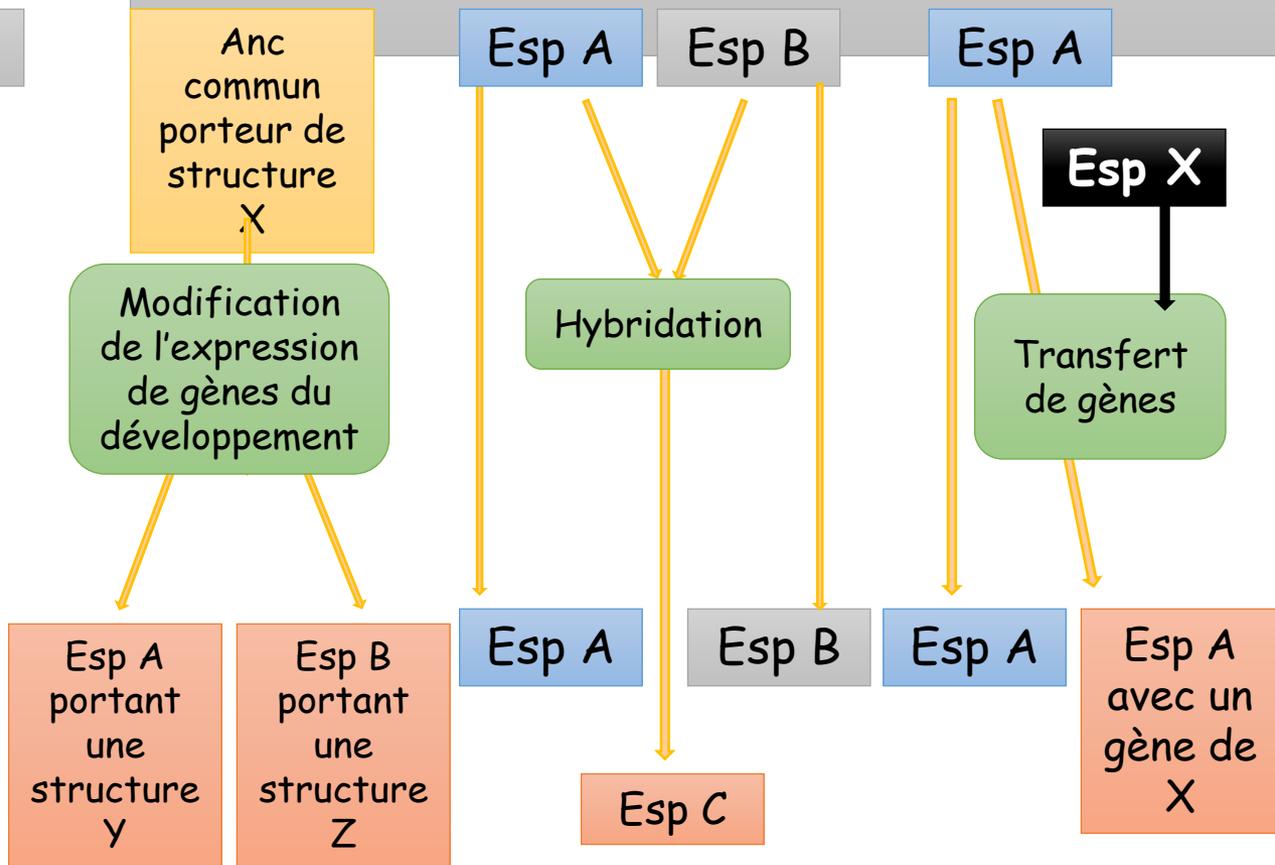


# LES MECANISMES DE DIVERSIFICATION

## Diversification sans modification des génomes



## Diversification avec modification des génomes



# DIVERSIFICATION DU VIVANT