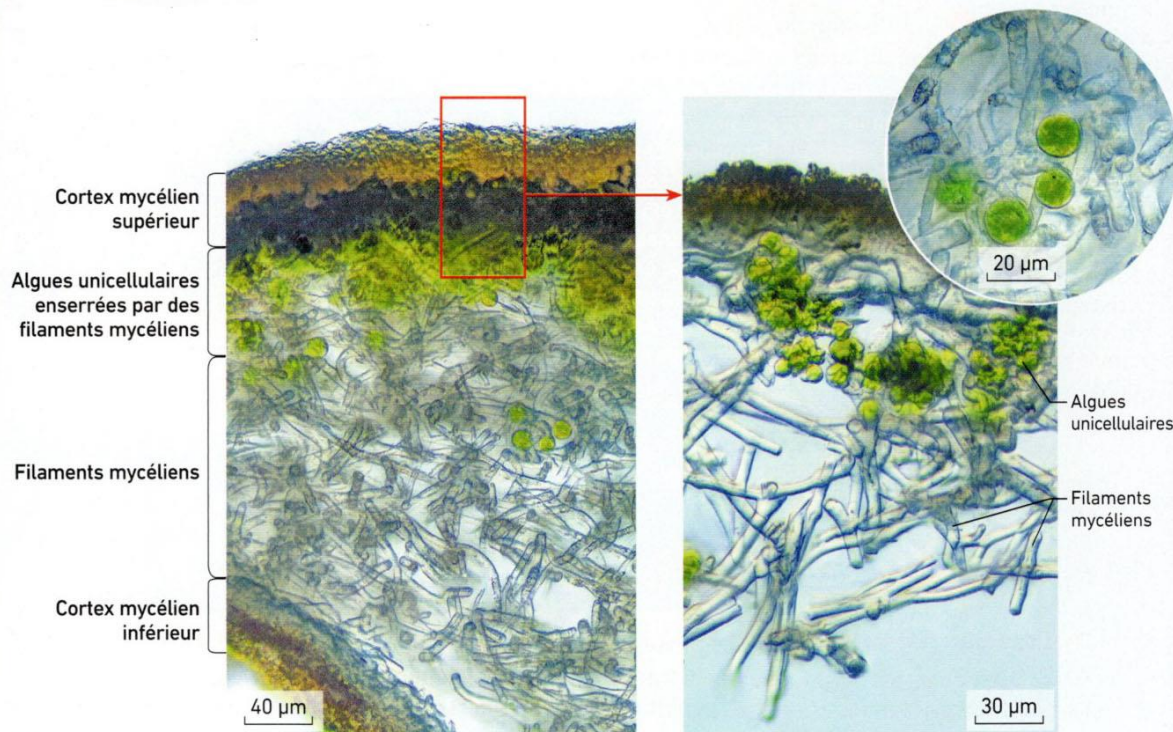


Les lichens, associations symbiotiques entre algue et champignon

Les lichens sont des êtres vivants capables de résister à des conditions extrêmes. Ils sont présents dans presque tous les écosystèmes continentaux, de la toundra aux déserts chauds en passant par les forêts tropicales, des côtes rocheuses aux abords des glaciers. Ce sont souvent des organismes pionniers* capables de coloniser des milieux dépourvus de vie (rochers nus, façades ou toits des maisons...). Il existe environ 20 000 espèces différentes de lichens, dont 3 000 ont été décrites en France. Tous les lichens sont des **associations symbiotiques***, en général entre une algue et un champignon.



A Différentes espèces de lichens sur une côte rocheuse, en Bretagne.



B Coupe transversale d'un lichen observé au microscope optique (vue générale).

C Lichen observé au microscope optique (vues de détail).

Chez les lichens, la symbiose tire profit des aptitudes des deux partenaires : l'algue photosynthétique produit de la matière organique, tandis que les filaments mycéliens retiennent la moindre trace d'humidité disponible.

Mais ce n'est pas tout : le lichen *Xanthoria parietina* présente une couleur jaune caractéristique (A). Ce pigment, la parietine, joue un rôle de protection contre les effets des rayonnements ultraviolets du soleil, et permet au lichen de s'installer dans des conditions de luminosité extrêmes.

À ce jour, on a recensé plus de 1 500 composés organiques produits par les lichens, dont la plupart n'existent pas chez les autres êtres vivants.

Dans le but de déterminer les conditions nécessaires à la production de parietine, on a réalisé des cultures *in vitro* dont les résultats sont présentés dans le tableau ci-contre.

Remarque : les polyols sont des produits de la photosynthèse des algues.



A Lichen *Xanthoria parietina* sur un rocher granitique.

| | Production de parietine |
|--|-------------------------|
| Lichen <i>Xanthoria parietina</i> entier | + |
| Champignon isolé de <i>Xanthoria parietina</i> | - |
| Algue isolée de <i>Xanthoria parietina</i> | - |
| Champignon isolé + ajout de polyols* | + |

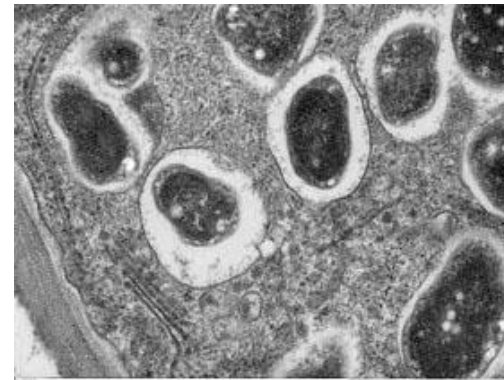
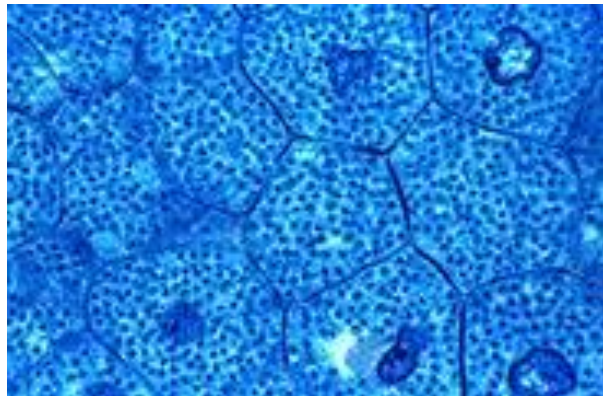
B Résultats d'une culture expérimentale *in vitro*.

Q1: démontrez qu'un lichen ne résulte pas d'une simple juxtaposition mais que des propriétés nouvelles, propres à l'association apparaissent.
 Q2: expliquez pourquoi les lichens peuvent avoir un rôle pionnier dans l'installation de la vie dans un milieu a priori hostile.

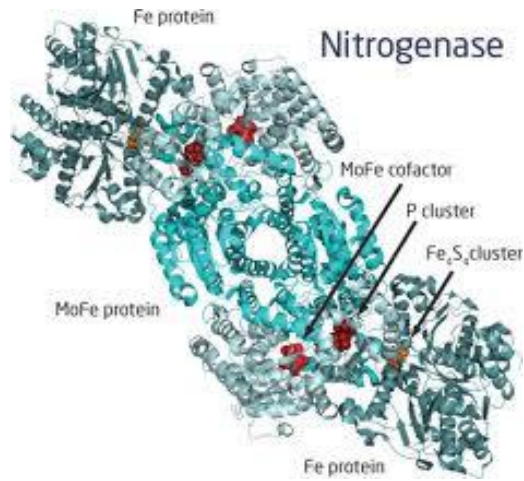
Les légumineuses (fabacées)



Les nodosités des légumineuses au microscope

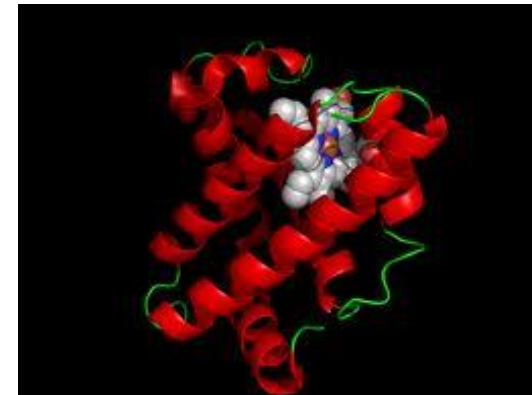
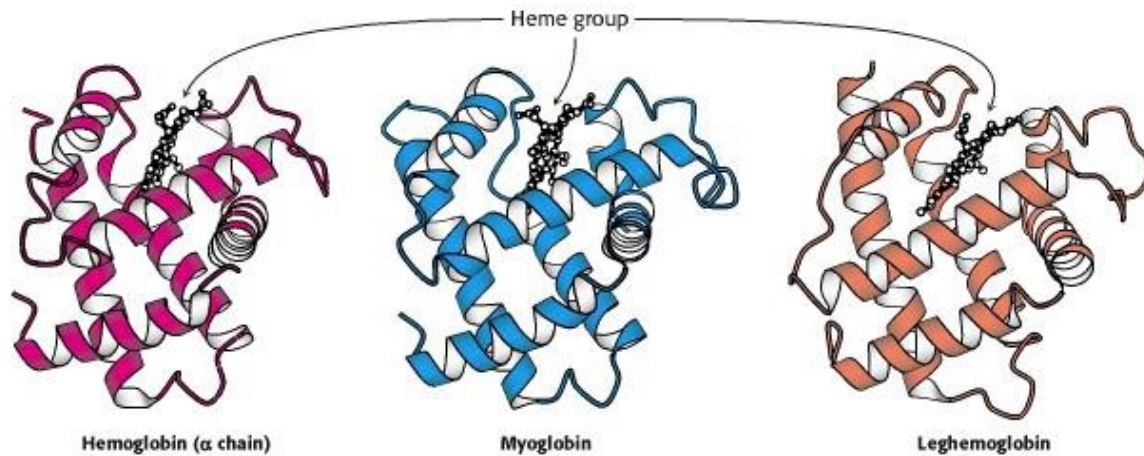
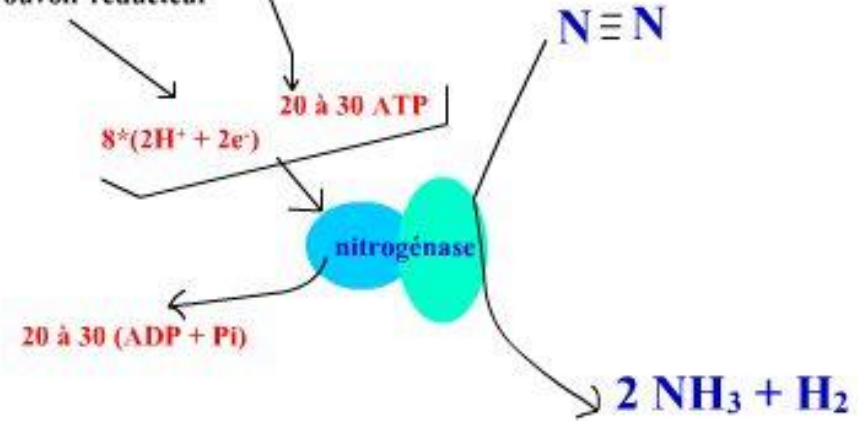


Nitrogénase et leghémoglobine

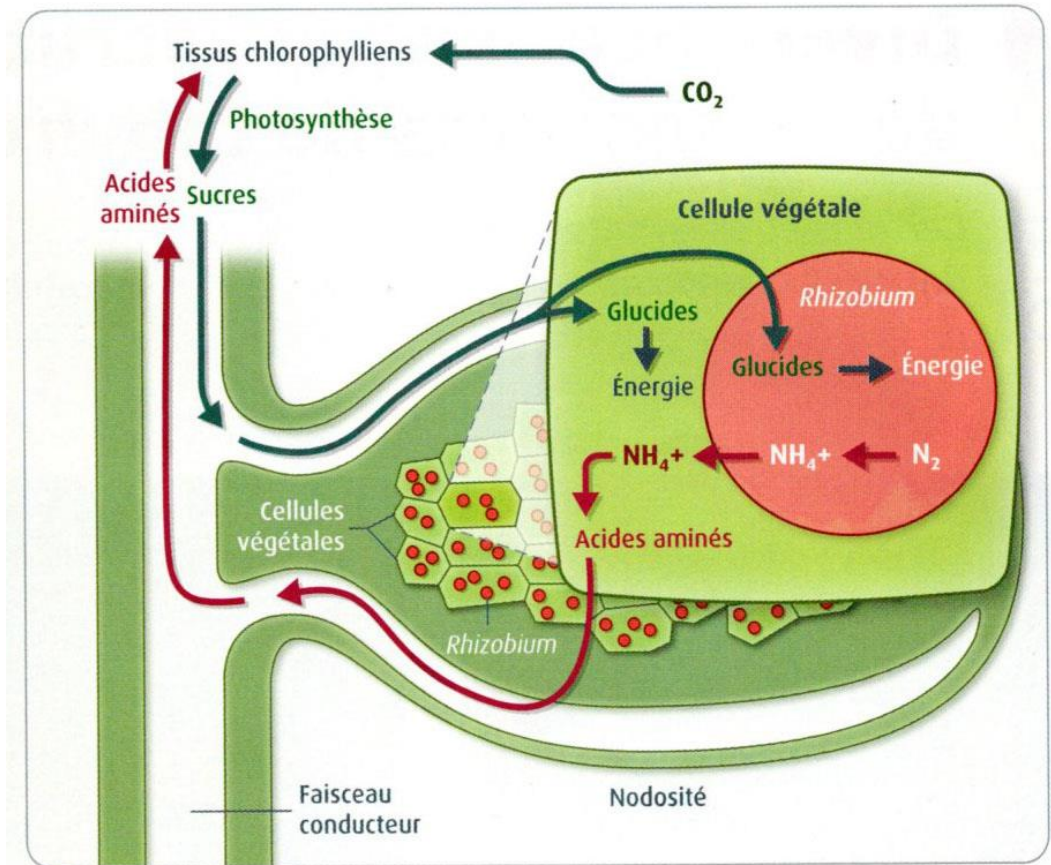
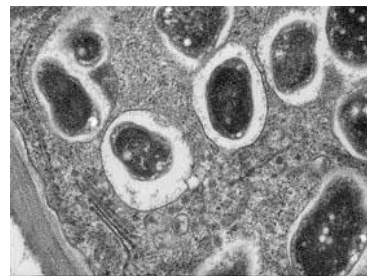
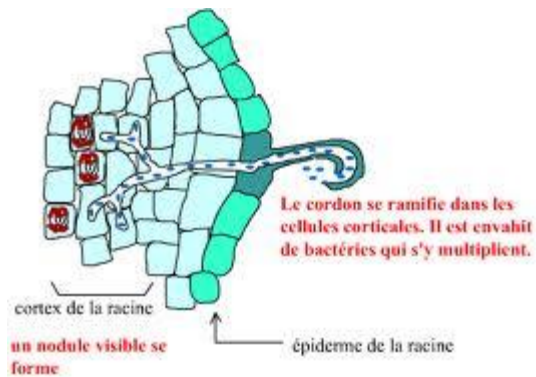
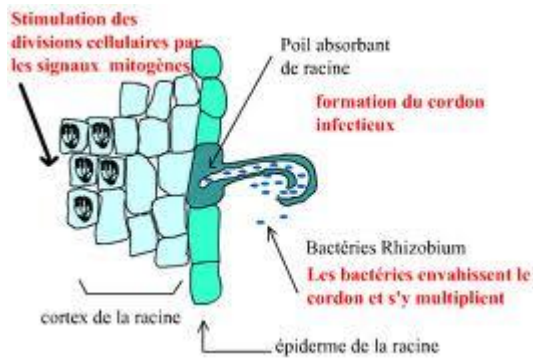
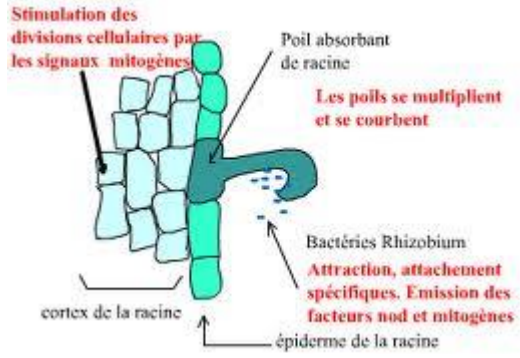


métabolisme énergétique cellulaire, source de :

- ATP
- Pouvoir réducteur

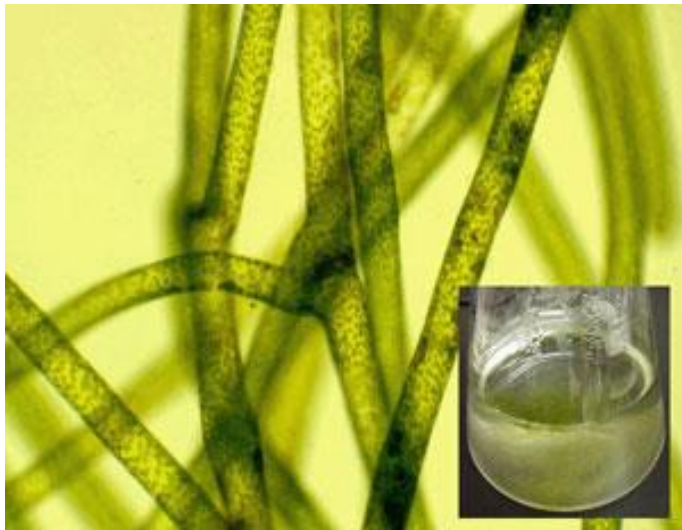


La colonisation de racines par Rhizobium



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 N₂ diazote atmosphérique, comme source d'azote.

Elysia chlorotica



http://youtu.be/aQR_aaUqMPc

Elysia chlorotica

E. chlorotica acquiert les chloroplastes en mangeant cette algue et les stocke dans les cellules qui tapissent son intestin; ces chloroplastes fournissent à leur hôte les produits de la photosynthèse. Bien que les chloroplastes survivent pendant toute la durée de vie du mollusque (environ 10 mois), ils ne sont pas transférés à sa descendance. Puisque l'ADN chloroplastique code seulement 10 % des protéines nécessaires à une photosynthèse fonctionnelle, les scientifiques ont recherché dans le génome de *E. chlorotica* des gènes permettant la photosynthèse et la survie des chloroplastes. Ils ont trouvé un gène d'algue, *psbO* (un gène nucléaire codant une protéine à manganèse stabilisatrice à l'intérieur du photosystème II) dans l'ADN de la limace de mer, identique à la version algale. Ils en ont conclu que le gène avait probablement été acquis par un transfert horizontal de gènes, puisqu'il est déjà présent dans les œufs et dans les cellules germinales de *E. chlorotica*

```
1 MKVPSALVALSAFVKTSAFRPAFAGLKTNAKSSSALIMSVQDDIKTLAVGALTIILAGVS 60 B7P070 B7P070_VAULI
1 MKVPSALVALSAFVKTSAFRPAFAGLKTNAKSSSALIMSVQDDIKTLAVGALTIILAGVS 60 B7SSL7 B7SSL7_ELYCH
*****
61 ILNAPVEAITKDQIESLSYLQVKGTGLANRCPEVFGTGSIDVNGKTKIVDMCIEPKTFQV 120 B7P070 B7P070_VAULI
61 ILNAPVEAITKDQIESLSYLQVKGTGLANRCPEVFGTGSIDVNGKTKIVDMCIEPKTFQV 120 B7SSL7 B7SSL7_ELYCH
*****
121 LEETSSKRGEAKKEYVNTKLMTRQTYTLYGIDGSFAPENKITFREKDGIDYAATTIQLP 180 B7P070 B7P070_VAULI
121 LEETSSKRGEAKKEYVNTKLMTRQTYTLYGIDGSFAPENKITFREKDGIDYAATTIQLP 180 B7SSL7 B7SSL7_ELYCH
*****
181 GGERVPFLFTVKELVAQATTPGNSVTPGLQFGGPFSTPSYRTGLFLDPKGRGGSTGYDMA 240 B7P070 B7P070_VAULI
181 GGERVPFLFTVKELVAQATTPGNSVTPGLQFGGPFSTPSYRTGLFLDPKGRGGSTGYDMA 240 B7SSL7 B7SSL7_ELYCH
*****
241 VALPGKQSGIEGDAELFGENNKTFDVTKGNIEFEVNRVDPNNGEIGGVFVSKQKGDIDMG 300 B7P070 B7P070_VAULI
241 VALPGKQSGIEGDAELFGENNKTFDVTKGNIEFEVNRVDPNNGEIGGVFVSKQKGDIDMG 300 B7SSL7 B7SSL7_ELYCH
*****
301 SKVPKDLLIKGIFYGRLESE 320 B7P070 B7P070_VAULI
301 SKVPKDLLIKGIFYGRLESE 320 B7SSL7 B7SSL7_ELYCH
*****
```

100% d'identité

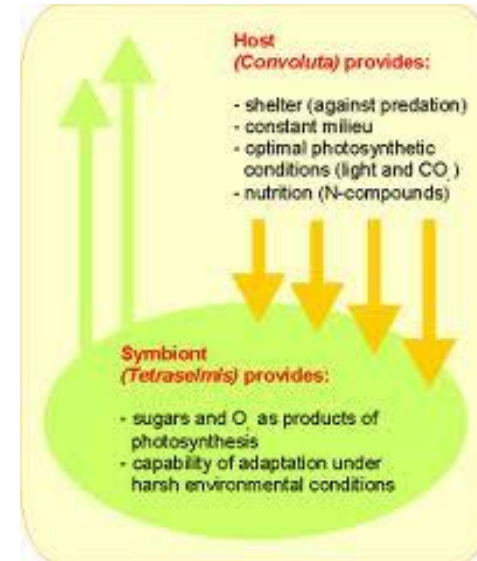
Comparaison des protéines codées par le *psbO* chez *Vaucheria* et chez *Elysia*

Symsagittifera roscoffensis (Convolutae roscoffensis)

© W. THOMAS

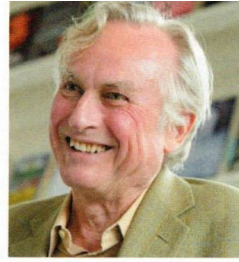


S. *roscoffensis* vit en symbiose avec l'algue verte unicellulaire *Tetraselmis convolutae*, qui lui confère sa couleur verte caractéristique. Environ deux heures après le début de la marée descendante, des colonies comptant jusqu'à plusieurs millions d'individus apparaissent sur certains estrans* et s'exposent aux radiations lumineuses pour favoriser l'activité photosynthétique des algues qu'elles hébergent. Ces colonies s'enfouissent dans le substrat sableux grossier environ deux heures avant la marée haute, pour échapper au flot perturbateur. Ce ver de 4 à 5 mm de long, est endémique du littoral français.



Le phénotype étendu

En 1982, le biologiste Richard Dawkins expose le concept de **phénotype étendu** dans un ouvrage du même nom. Selon lui, le concept de phénotype doit s'étendre aux comportements de l'individu et à ses actions sur l'environnement. Les comportements des organismes résultant de l'expression de certains gènes, et notamment les constructions réalisées grâce à ces comportements, peuvent constituer des avantages sélectifs favorisant la transmission de ces mêmes gènes d'une génération à l'autre.



Richard Dawkins.

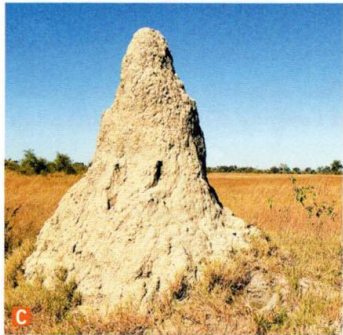
Les fourreaux des phryganes

Les phryganes sont de petits insectes dont la larve aquatique présente la particularité de construire un fourreau, tube le protégeant des prédateurs (A). Pour le fabriquer, la larve de phrygane utilise tout d'abord les sécrétions de ses glandes salivaires. Elle tisse ainsi une enveloppe de soie qu'elle recouvre de petits éléments récoltés au fond de l'eau (fragments végétaux, fragments de coquilles, graviers).



Les toiles d'araignée

Les toiles d'araignée sont des pièges permettant à de nombreuses espèces d'araignées de capturer des proies (B). Sans aucun apprentissage, la jeune araignée construit sa toile grâce à la soie qu'elle produit, en suivant un plan caractéristique de son espèce. Selon les espèces, les toiles sont de forme et de taille très diverses.



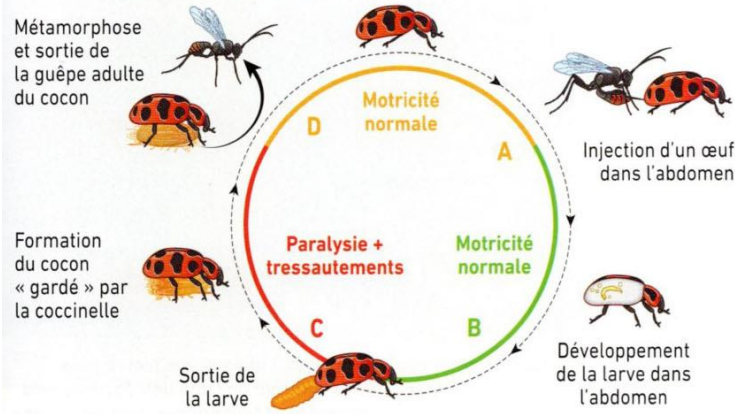
Les termitières

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.

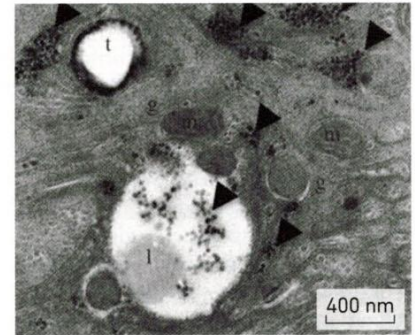
La guêpe *Dinocampus coccinellae* est un parasite classique de la coccinelle *Coleomegilla maculata*. Les femelles pondent un œuf dans l'abdomen de la coccinelle, et, pendant le développement larvaire d'une vingtaine de jours, le parasite s'alimente des tissus de son hôte, tout en diminuant ses défenses immunitaires. Ensuite, la larve de la guêpe s'extrait de l'abdomen de la coccinelle, sans la tuer, et commence à tisser un cocon entre ses pattes. La coccinelle, en partie paralysée, se voit alors forcée de jouer le rôle de « garde du corps » de ce cocon et de la chrysalide* qu'il contient, jusqu'à sa métamorphose en guêpe adulte. Dans près de 25 % des cas observés, la coccinelle survit à cette agression et reprend une activité normale.



A Coccinelle « couvant » un cocon de guêpe.

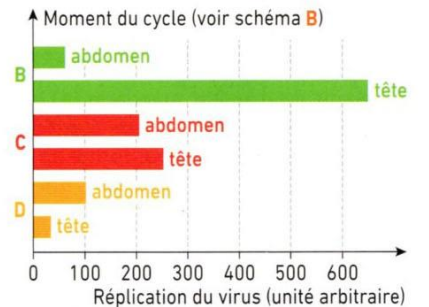


B Étapes du parasitisme de la coccinelle par la guêpe.



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

Des scientifiques de l'université de Montpellier ont montré que les cocons de la guêpe gardés par une coccinelle sont beaucoup moins vulnérables à la prédation, comparés à ceux qui sont laissés seuls, ou à ceux qui sont gardés par une coccinelle expérimentalement tuée. Les chercheurs se sont demandé comment le parasite modifiait le comportement de son hôte, surtout après la sortie de la larve. Ils ont récemment découvert que l'œuf de la guêpe contenait un virus à ARN, le DcPV (C) dont ils ont pu analyser le taux de réplication à différents moments du cycle et dans différentes parties de la coccinelle hôte (D). L'équipe a analysé le tissu nerveux des coccinelles parasitées et a constaté que l'infection par le virus DcPV provoque le gonflement des axones* et d'autres traumatismes responsables de la paralysie de l'hôte et de son comportement de « garde du corps ».



D Réplication du virus dans la coccinelle.

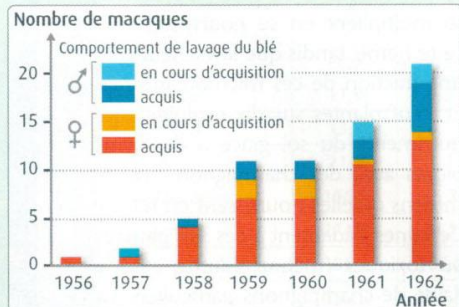
Q: A l'aide de ces exemples, montrez que le phénotype étendu contribue à la diversité du vivant

L'acquisition de nouveaux compartiments

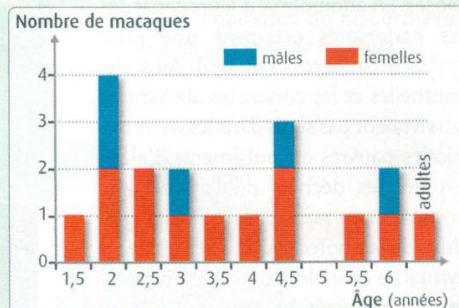
Au Japon, sur l'îlot de Koshima, une petite troupe de macaques japonais de 49 individus a été étudiée par des chercheurs dans les années 1950-1960. Ces derniers jetaient régulièrement des grains de blé sur la plage, que les macaques récoltaient un à un pour les manger. En 1956, une jeune femelle de 4 ans eut l'idée de prendre des poignées de sable et de grains mélangés, puis de les jeter dans l'eau de mer. Le sable tomba au fond de l'eau et les grains flotèrent : ces derniers étaient ainsi plus faciles à récolter. La pratique du lavage des grains blés s'est peu à peu répandue dans la population. Les chercheurs ont étudié les modalités de la transmission de ce nouveau comportement, observé dans aucune autre population de macaques japonais.



Récolte des grains (gauche) et lavage du blé (droite).



Nombre d'individus ayant appris le comportement de lavage du blé entre 1956 et 1962.



Âge d'acquisition du comportement de lavage du blé.

1 L'étude de la transmission d'un nouveau comportement dans une population de macaques japonais.



2 Les relations sociales chez les macaques japonais.

Les macaques vivent en groupe. Les mères ont des relations étroites avec leur petit, notamment au moment des repas, qu'ils prennent côte à côte. Vers 4 ans, les jeunes mâles prennent leur indépendance et ont beaucoup moins de relations avec les autres membres du groupe. Les petits passent beaucoup de temps ensemble, à jouer et à s'imiter les uns les autres sous le regard des mères.

Mesurant 11 à 13 mètres et pesant 30 à 40 tonnes, les baleines à bosse sont des cétacés migrateurs présents dans tous les océans et parcourant de très grandes distances. Les baleines à bosse sont plutôt solitaires mais se regroupent néanmoins temporairement pour chasser (A). Elles peuvent vivre jusqu'à 40 ou 50 ans.



A

• Une nouvelle technique de chasse

En 1980, dans le golfe du Maine sur la côte est des États-Unis, fut observée pour la première fois une technique de chasse inédite développée par une baleine à bosse. Avant de plonger pour s'alimenter, la baleine frappait la surface de l'eau avec sa nageoire caudale (B).



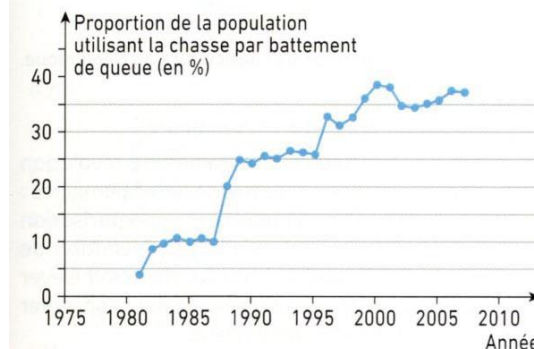
B

• Une longue étude sur une population entière

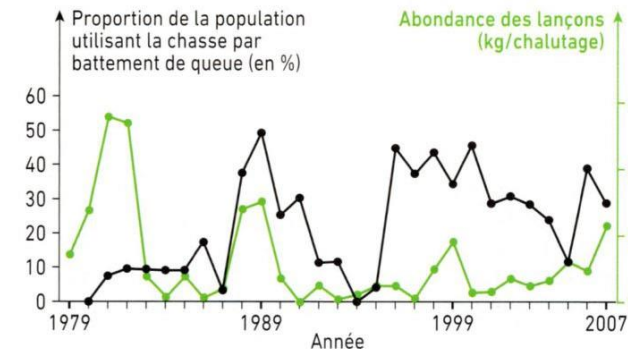
Des scientifiques américains ont mené, entre 1981 et 2007, une étude précise du comportement de chasse d'une population de 653 individus, réalisant 73 790 observations. Ils ont chaque année relevé le nombre d'individus pratiquant la chasse avec battement de queue (C).

• Une adaptation à un changement de l'environnement

Les biologistes supposent que la chasse avec battement de queue est une adaptation à un nouveau type de proies, des poissons de la famille des lançons. Ils ont émis l'hypothèse que ce nouveau comportement était en relation avec la diminution importante de la population de harengs, proies principales des baleines à bosse (D).



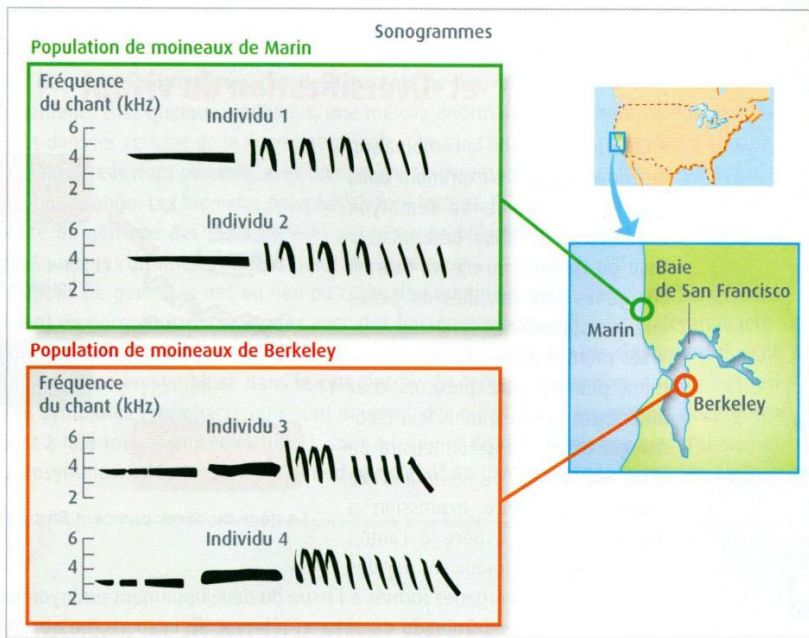
C Évolution de la proportion de la population maîtrisant la technique de la chasse par battement de queue.



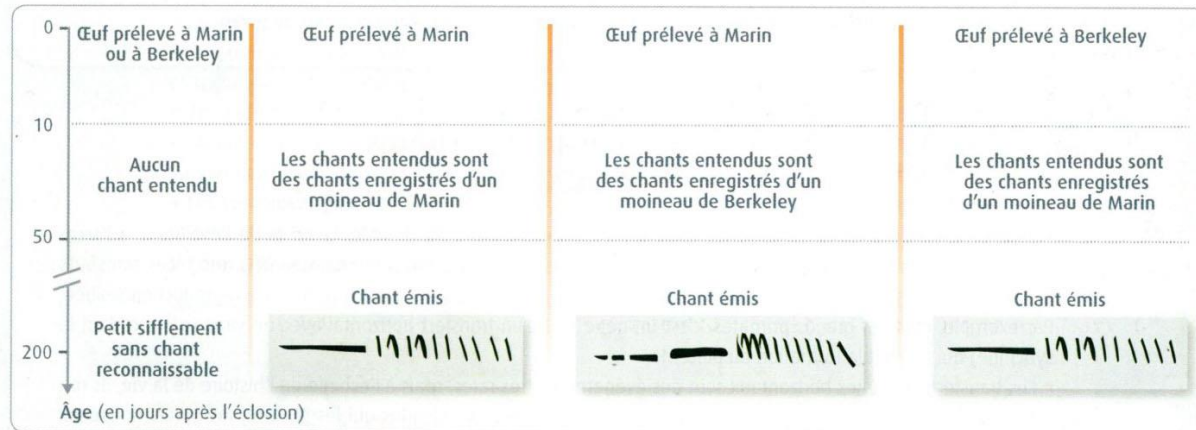
D Relation entre pratique de la chasse par battement de queue et type de proie.



Moineau à couronne blanche



Les dialectes des moineaux à couronne blanche. Autour de la baie de San Francisco, en Californie, vivent plusieurs populations de moineaux à couronne blanche. Le chant des oiseaux de deux de ces populations a été étudié. Les sonogrammes qui sont figurés représentent les variations de la fréquence des ondes sonores au cours du chant.



L'apprentissage du chant chez le moineau à couronne blanche. Des chercheurs ont prélevé des œufs de moineaux à couronne blanche soit dans la région de Marin, soit dans celle de Berkeley. Les oiseaux ont ensuite été élevés au laboratoire, sans contact avec d'autres individus de leur espèce. Entre 10 et 50 jours, les jeunes moineaux ont entendu des chants d'oiseaux enregistrés. Les chercheurs ont analysé le chant des moineaux une fois adultes.

- Q1: quelle justification proposez vous au développement du comportement de lavage des grais de blé chez les Macaques japonais de l'île de Koshima ?
- Q2: quelle explication scientifique a été proposé à la nouvelle méthode de chasse de baleines à bosse ?
- Q3: Quels sont les processus à la base de l'apprentissage du chant chez les moineaux à couronne blanche ?
- Q4: montrez que la diversification du monde vivant peut s'opérer indépendamment des facteurs génétiques

Bilan: d'autres mécanismes contribuent à la diversité du vivant

1°) Les associations entre êtres vivants:

Des associations entre espèces peuvent participer à la diversification du vivant.

Les symbioses, associations à bénéfice réciproque, permettent de mutualiser les fonctions de chaque organisme et confèrent ainsi des avantages dans l'acquisition de nouvelles fonctions métaboliques, l'installation durable dans un milieu ...

Les relations hôtes – parasites modifient de façon délétère le phénotype de l'hôte en modifiant leur aspect ou leur comportement.

2°) Le phénotype étendu:

Le phénotype d'un individu ne se limite pas à l'ensemble des caractéristiques de son organisme, mais s'étend aux modifications de son environnement dues à ses comportements.

On peut ainsi inclure dans le phénotype étendu des animaux leurs constructions à partir de composants inertes du milieu (meilleur camouflage ou protection contre les prédateurs), leurs éléments de parure et certains de leurs comportements (meilleure attractivité sexuelle).

3°) Evolution culturelle et évolution biologique:

Le partage et la transmission de pratiques et de savoirs au sein d'une population constituent une culture.

L'évolution culturelle est la transformation dans le temps de la culture d'une population. Elle fait intervenir des innovations pouvant être sélectionnées si elles sont avantageuses, contre sélectionnées quand elles deviennent inopérantes, ou perdues par hasard.

L'évolution de la biodiversité résulte des interactions entre évolution biologique et évolution culturelle.

