



### TP5 : D'autres mécanismes à l'origine de la diversification du vivant.

- Des associations de génomes
- Des diversifications sans modification du génome.

#### Groupe 1 : Polyploïdisation : petite histoire du blé.

Le mot « blé » est un terme générique désignant de nombreuses espèces très variées, appartenant à la famille des *Poaceae* (anciennement *Gramineae*).

Le blé, quant à lui, est représenté par deux genre principaux, *Triticum* et *Aegilops*.

Tout a débuté voici plus de 10 000 ans, dans les vallées du Jourdain, de l'Euphrate et du Tigre, ainsi que dans les régions montagneuses du sud-est de la Turquie (croissant fertile), lorsque Homo sapiens a commencé à cultiver des espèces de plantes sauvages, très probablement celles qu'il cueillait pour leurs valeurs nutritionnelles : des blés proches de ceux que nous cultivons aujourd'hui poussaient sur de vastes surfaces au Moyen-Orient et bientôt en Égypte (environ 5000 ans avant J.-C.).

Quelles que soient les raisons de l'invention de l'agriculture, le blé fut l'une des premières céréales à avoir été domestiquée par l'homme durant la Révolution Néolithique. Au fil des années, les patients travaux des archéologues, des botanistes et des généticiens ont permis de lever le voile que les millénaires avaient déposé sur l'histoire de sa culture.

#### Doc 1 : petite histoire du blé :

La culture moderne du blé est essentiellement basée sur deux espèces, **Le blé tendre** (*Triticum aestivum ssp. aestivum*) ou froment utilisé pour le pain, **Le blé dur** (*Triticum turgidum ssp. durum*), utilisé pour la fabrication des pâtes alimentaires et des semoules (couscous, boulgour). Ce dernier, moins résistant au froid que le blé tendre, tolère bien la sécheresse.

Leur ancêtre est l'**égilope** (*Aegilops*), **grande céréale à un rang de grains** : voici environ 500 000 ans, il s'est croisé avec *Triticum uartu* (engrain sauvage) → l'amidonnier : (*Triticum turgidum ssp. dicoccoides*), qui, domestiqué, est à l'origine **du blé dur** (*Triticum turgidum subsp. durum*)

Cultivé par l'homme, le blé dur a ensuite subi un nouveau croisement, vers 9000-12000 ans, entre l'Arménie et la Mer Caspienne, avec (*Aegilops tauschii*) : Une nouvelle espèce était née, **le blé tendre** ou blé à pain, (*Triticum aestivum*). Adapté aux climats froids, il s'est répandu rapidement, modifiant en profondeur les us et coutumes des sociétés humaines.

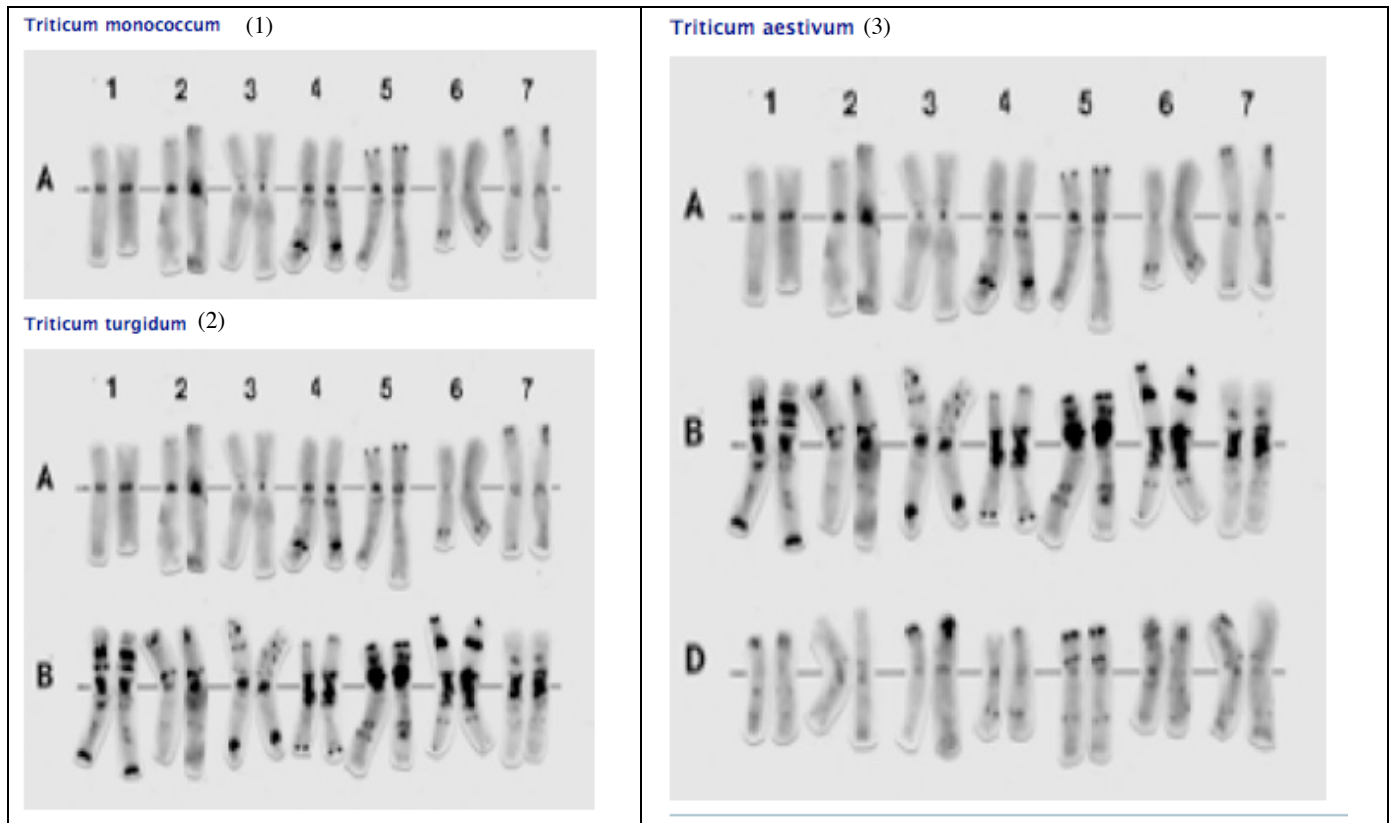
#### Doc 2 : Caryotype des espèces citées

| Espèce                                          | Caryotype |  |
|-------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Aegilops (Egilope)                              | 2n = 14   |                                                                                      |
| Aegilops taushii                                | 2n = 14   |                                                                                      |
| Triticum uartu (engrain sauvage)                | 2n = 14   |                                                                                      |
| Triticum turgidum ssp. dicoccoides (amidonnier) | 2n = 28   |                                                                                      |
| Triticum turgidum subsp. durum                  | 2n = 28   |                                                                                      |
| Triticum aestivum (froment ou blé tendre)       | 2n = 42   |                                                                                      |
| Caryotypes, voir document 3                     |           |                                                                                      |

#### Doc 4 : Intérêt de la polyploïdisation.

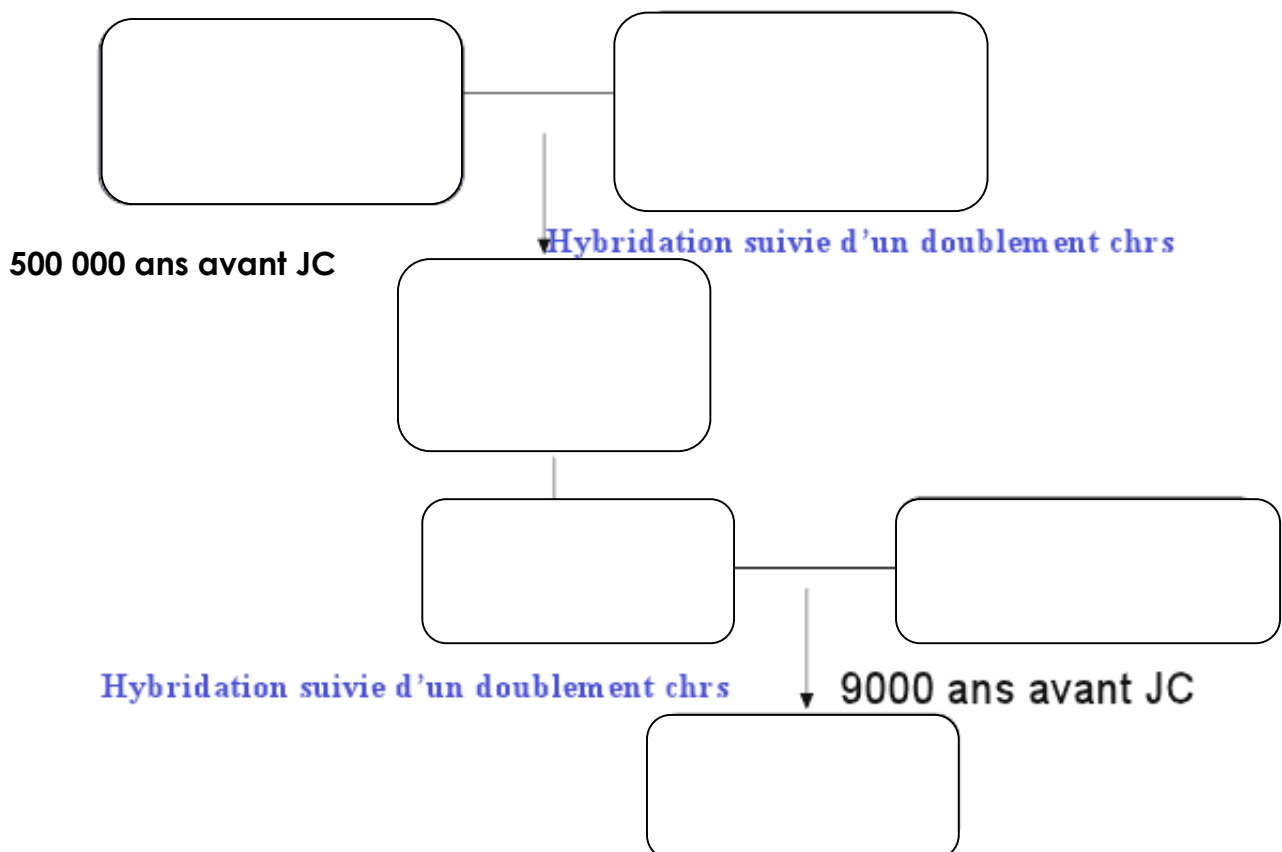
Par rapport à une cellule diploïde, une cellule polyploïde correspondante est plus grande avec un pourcentage en eau plus élevé. Ceci se traduit par des appareils végétatifs (feuilles, tiges, racines) et reproducteurs (fleurs, fruits) de grand volume et se développant plus lentement. De ces traits, découle l'intérêt de provoquer artificiellement la polyploïdie à l'aide de la colchicine.

**Doc 3 : Caryotypes de l'en grain cultivé (1), blé dur(2), blé tendre(3)**



A rendre avec la synthèse

## L'histoire évolutive du blé



## Des documents pour comprendre :

- Documents B page 41. : définitions et importance
- Deux origines possibles pour les polyploïdies :

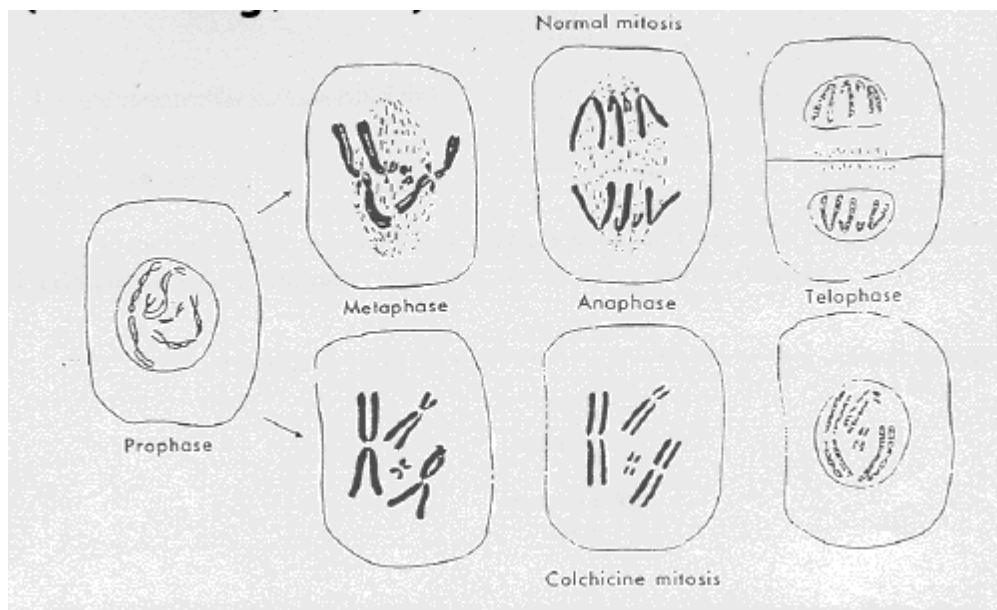
| AUTOPOLYPLOÏDE : duplication des chromosomes au sein de la même espèce            |                |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Pomme de terre | - 4x - 48 chromosomes                                                               |
|  | Banane         | - 3x - 33 chromosomes                                                               |
|                                                                                   | Cacahuète      | - 4x - 40 chromosomes                                                               |
|                                                                                   | Patate douce   | - 6x - 90 chromosomes                                                               |
|                                                                                   |                |  |
| ALLOPOLYPLOÏDE : Hybridation entre deux ou plusieurs espèces                      |                |                                                                                     |
|  | Tabac          | - 4x - 48 chromosomes                                                               |
|                                                                                   | Coton          | - 4x - 52 chromosomes                                                               |
|  | Blé tendre     | - 6x - 42 chromosomes                                                               |
|                                                                                   | Avoine         | - 6x - 42 chromosomes                                                               |
|  | Canne à sucre  | - 8x - 80 chromosomes                                                               |
|                                                                                   | Fraise         | - 8x - 56 chromosomes                                                               |
|                                                                                   |                |  |

## - Des mécanismes à l'origine des polyploïdies.

- Exercice 9 page 35
- Des blés expérimentaux.

En France, le CNRA de Versailles (devenu l'INRA - Institut national de la recherche agronomique) et le laboratoire de M. Bustaret ont cherché à comprendre l'origine du blé. Il a fallu 20 ans à M. Jolivet pour réussir la synthèse du blé à partir de l'égilope en augmentant par étapes successives son taux de ploïdie. Pour ce faire, il a exposé la plante et son génome à une toxine, la colchicine (puissant agent anti-mitotique). Il a conservé les plantes passées d'une diploïdie (à 14 chromosomes) à des plantes triploïdes (21 chromosomes), au moyen de croisements, puis à une souche tétraploïde (28 chromosomes) et enfin hexaploïde (42 chromosomes), grâce à la colchicine.

Mitoses sous colchicine : blocage de la mise en place du fuseau mitotique ; les chromatides ne se séparent pas.





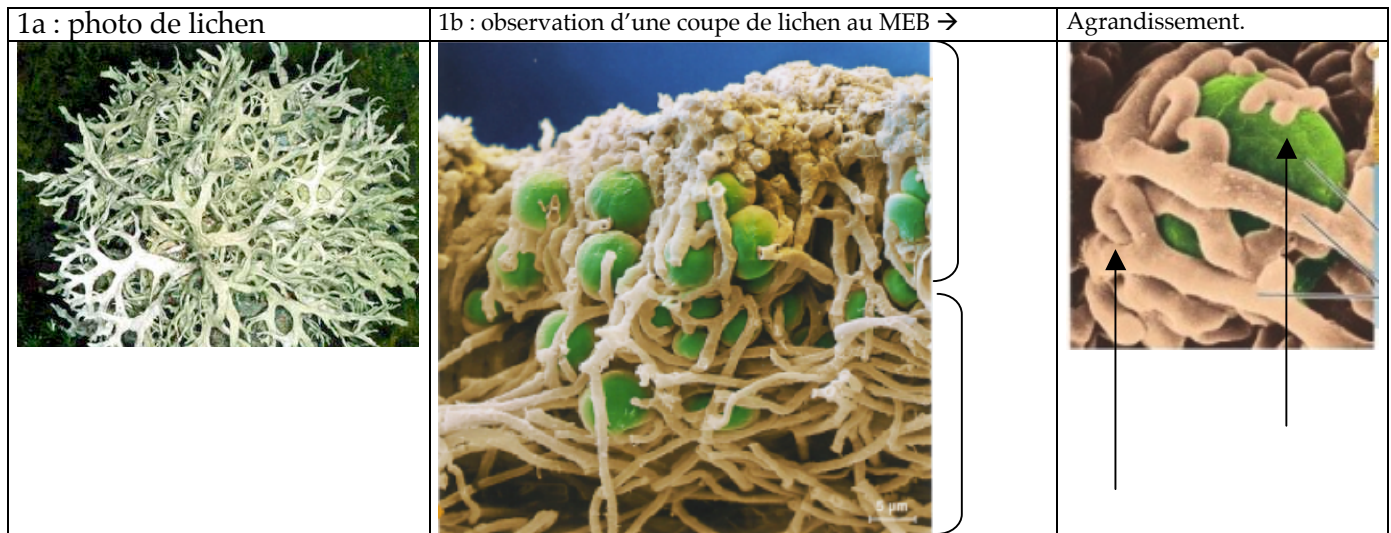
## TP5 : D'autres mécanismes à l'origine de la diversification du vivant.

- Des associations de génomes
- Des diversifications sans modification du génome.

### Groupe 2 : Les lichens

Les lichens vivent souvent dans des milieux pauvres en nutriments, ils sont capables de pousser sur des substrats nus, comme les murs, des coulées de lave... Ils utilisent uniquement l'eau et la matière minérale de l'atmosphère pour élaborer leur propre matière organique. Des études génétiques montrent que 2 génomes différents sont présents : le premier appartient à une algue, l'autre à un champignon.

#### Document 1



1c : observez la lame mise à votre disposition.

**Document 2 :** Comparaison des besoins nutritifs des algues et des champignons dans différentes conditions expérimentales (milieux A et B : algues / milieux C, D et E : champignons)

| Milieu | Composition du milieu de culture | Conditions d'éclairement | Évolution de la culture                             |
|--------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------|
| A      | Eau, sels minéraux               | Lumière                  | Accroissement de la population d'algues             |
| B      | Eau, sels minéraux               | Obscurité                | Diminution de la population et mort des algues      |
| C      | Eau, sels minéraux               | Lumière                  | Diminution de la population et mort des champignons |
| D      | Eau, sels minéraux et glucose    | Obscurité                | Accroissement de la population des champignons      |
| E      | Eau, sels minéraux et glucose    | Lumière                  | Accroissement de la population des champignons      |

Autres expériences → doc 3

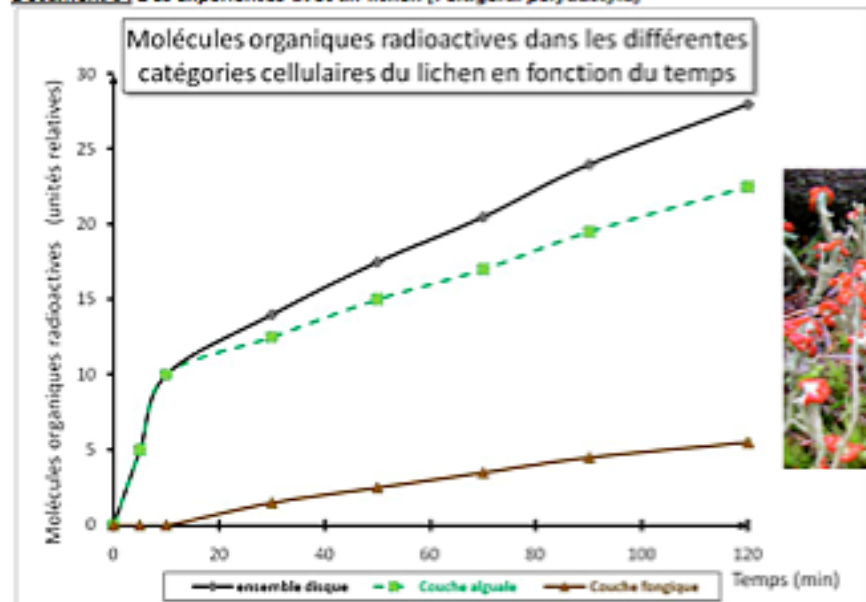
#### Doc 4 : Les conséquences de l'association.

Le champignon et l'algue sont tous les deux composés de cellules, ils forment donc un complexe vivant. Le plus intéressant, c'est qu'ici 1+1 ne donne pas simplement 2 : l'association des deux partenaires donne au final plus de compétences que leur simple addition, car on trouve des propriétés au lichen qui n'existent ni chez l'algue ni chez le champignon :

- **La reviviscence** : c'est la possibilité de survivre à des longues périodes sèches, et de se réhydrater très rapidement.
- **Un pouvoir lithogène** : c'est la capacité de s'installer sur des substrats très pauvres. L'algue seule ou le champignon seul ne pourraient s'y installer.
- **La résistance à des températures extrêmes** : même à -40°C, l'algue continue de faire de la photosynthèse.
- **L'originalité du métabolisme** : des substances qui n'existent que dans le lichen sont créées (les acides lichéniques, souvent toxiques)



Document 3 : Des expériences avec un lichen (*Peltigera polydactyla*)



Des disques de lichen de 7 mm de diamètre sont mis à incuber dans une solution de  $\text{NaHCO}_3$  (source de carbone minéral) dont le carbone est radioactif. Le dispositif est éclairé. À des intervalles réguliers de temps variés, on prélève des disques, on arrête toutes les réactions chimiques puis on les dissèque afin de séparer les cellules algales des filaments de champignons.

On détermine la teneur en molécules organiques radioactives des deux parties. Le graphique suivant donne les résultats obtenus.

## Des documents pour comprendre :

### - Définitions

Les différents types de relations entre 2 êtres vivants A et B

| Bénéfices de A<br>Bénéfices de B              | ++ (gains)              | + (gains)              | 0 (ni gains ni pertes)  | - (pertes)            | -- (pertes)            |
|-----------------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| (++) (gains)                                  | ++ (++)<br>symbiose     | + (++)<br>symbiose     | 0 (++)<br>commensalisme | - (++)<br>parasitisme | -- (++)<br>parasitisme |
| (+) (gains)                                   | ++ (+)<br>symbiose      | + (+)<br>symbiose      | 0 (+)<br>commensalisme  | - (+)<br>parasitisme  | -- (+)<br>parasitisme  |
| (0) (ni gains ni pertes)                      | ++ (0)<br>commensalisme | + (0)<br>commensalisme | 0 (0)<br>indifférence   | - (0)<br>concurrence  | -- (0)<br>concurrence  |
| (-) (pertes)                                  | ++ (-)<br>parasitisme   | + (-)<br>parasitisme   | 0 (-)<br>concurrence    | - (-)<br>concurrence  | -- (-)<br>concurrence  |
| (--) (pertes)                                 | ++ (--)<br>parasitisme  | + (--)<br>parasitisme  | 0 (--)<br>concurrence   | - (--)<br>concurrence | -- (--)<br>concurrence |
| ++ bénéfices importants. + bénéfices faibles. |                         |                        |                         |                       |                        |
| 0 ni bénéfice ni perte                        |                         |                        |                         |                       |                        |
| - pertes faibles.                             |                         |                        |                         |                       |                        |
| () Concerne B                                 |                         |                        |                         |                       |                        |

**La symbiose** au sens strict est une association entre deux espèces, parfois plus, dans laquelle les deux partenaires sont réciproquement indispensables.

L'association est obligatoire car hôte et symbionte échangent des molécules indispensables à leur vie. Il y a association car une des deux espèces, l'hôte, ne peut pas utiliser une ressource présente dans son biotope, tandis que l'autre, le symbionte est capable d'utiliser cette même ressource et de la transformer en substance assimilable par l'hôte.

On distingue deux types de symbiose au sens strict:

- **L'endosymbiose** si le symbionte se trouve dans les cellules de l'hôte
- **L'ectosymbiose** si le symbionte se trouve à proximité de son hôte ou parfois même à l'intérieur (appareil digestif par exemple), mais jamais dans ses cellules.

### - Des exemples chez les animaux

Documents page 49

Une étonnante limace de mer.



L'*Elysia chlorotica* est une limace de mer ayant la forme d'une feuille verdâtre. Sa couleur est due à la présence de **chloroplastes** dans les cellules épithéliales de son appareil digestif très ramifié. Ces chloroplastes ont été acquis par le mollusque au cours du passage de la forme larvaire à la forme adulte juvénile en consommant des filaments d'une algue, *Vaucheria littorea*. Les chloroplastes du Mollusque d'origine algale demeurent fonctionnels pendant toute la vie du Mollusque. C'est un exemple d'endosymbiose entre un animal et des chloroplastes d'une algue (et non avec une algue entière avec cytoplasme et noyau).

Les études récentes indiquent que certains gènes nucléaires codant pour des protéines chloroplastiques se trouvent dans le génome du mollusque. Cela signifie qu'au cours de l'histoire de l'association entre *Elysia* et *Vaucheria*, il y a eu un transfert de gènes du noyau de l'algue à celui du noyau du mollusque. C'est un exemple de transfert horizontal de gènes entre deux eucaryotes... mais on n'en connaît pas le mécanisme



## TP5 : D'autres mécanismes à l'origine de la diversification du vivant.

- Des associations de génomes
- Des diversifications sans modification du génome.

### Groupe 3 : Des associations entre bactéries et eucaryotes.

#### Doc 1a : les cyanobactéries

Les Cyanophycées font sans doute partie des premiers êtres vivants apparus sur Terre il y a près de 3.8 milliards d'années. Ces Procaryotes (sans noyau, ni cloisonnement interne, ni mitochondrie...etc) contiennent de la chlorophylle dans leur thylakoïdes\*, sont capables de photosynthèse et, pour certains, de fixer l'azote de l'air grâce à une enzyme clé, la nitrogénase. → Capture du CO<sub>2</sub> et du N<sub>2</sub> et production de matières organiques et d'O<sub>2</sub>....Elles jouent un rôle écologique capital. Leur génome est constitué d'un ADN circulaire.

\* Thylakoïdes : sacs aplatis dans les chloroplastes où se déroule une phase de la photosynthèse.

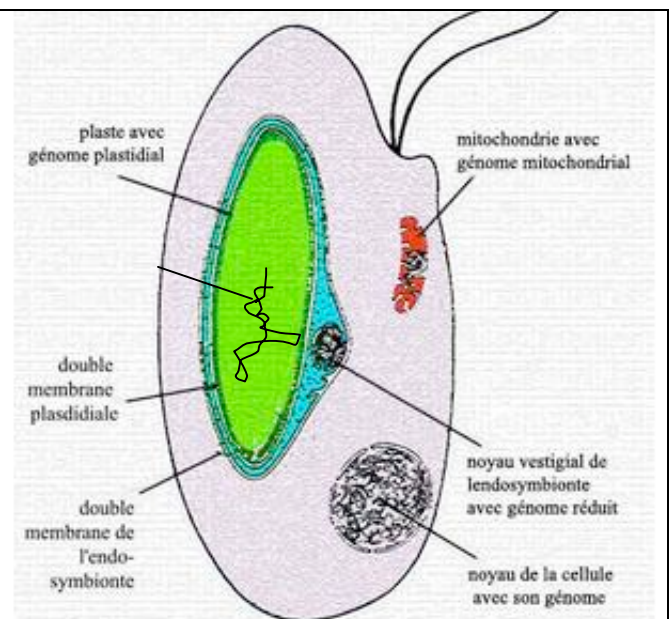
|                                                                                           |                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                           |                                                                                                                          |
| <p>Le génome de la cyanobactérie contient les gènes indispensables à la photosynthèse</p> | <p>L'ADN du chloroplaste ne contient pas les gènes photosynthétiques, qui sont présents dans le noyau de la cellule.</p> |
| <p><b>Doc 1 b : schéma d'une cyanobactérie</b></p>                                        | <p><b>Doc 2 : schéma d'un chloroplaste.</b></p>                                                                          |

#### Doc 3 : les cryptophytes

Les cryptophytes sont de petites algues unicellulaires (eucaryotes) contenant donc un noyau et des organites :

- Mitochondrie (avec son génome)
- Chloroplaste
  - Délimité par 4 membranes
  - Présentant un petit noyau, qui contient quelques gènes eucaryotes, indépendant du génome du chloroplaste.

...Donc une cellule avec 4 ADN distincts !



#### Doc 3

Il existe aujourd'hui des cellules eucaryotes (*Pelomyxa palustris*, une amibe) qui n'ont pas de mitochondries pour leur respiration mais vivent en symbiose avec des bactéries qui en ont et qui respirent pour deux !

## Des documents pour comprendre :

### - Définitions

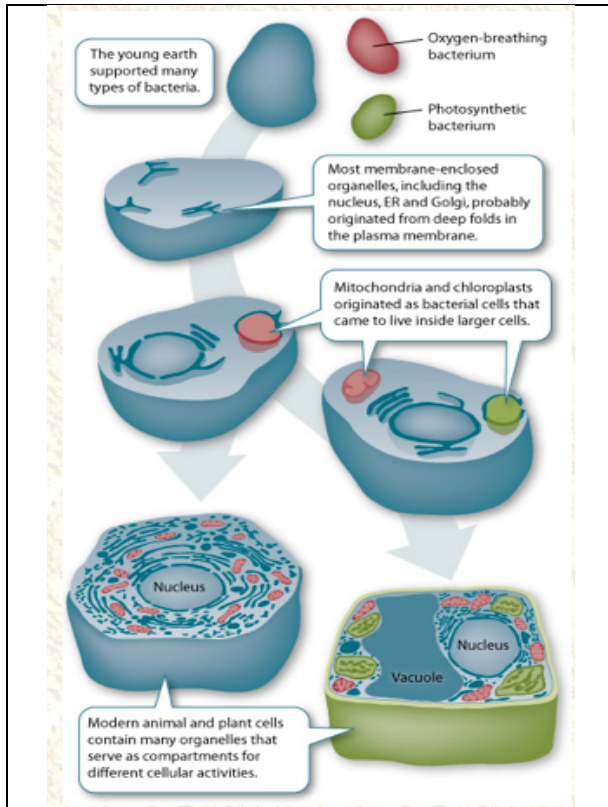
Une **symbiose** est une association réciproquement bénéfique de deux êtres vivants

**La symbiose** au sens strict est une association entre deux espèces, parfois plus, dans laquelle les deux partenaires sont réciproquement indispensables

On distingue deux types de symbiose au sens strict:

– **L'endosymbiose** si le symbionte se trouve dans les cellules de l'hôte

– **L'ectosymbiose** si le symbionte se trouve à proximité de son hôte ou parfois même à l'intérieur (appareil digestif par exemple), mais jamais dans ses cellules.



On l'appelle donc **endosymbiose** lorsque l'un des deux êtres vivants est contenu dans l'autre.

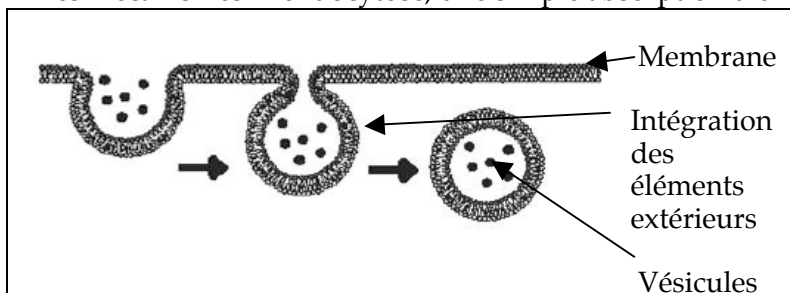
On utilise ce terme pour désigner les phénomènes qui ont conduit à la formation des mitochondries et des chloroplastes.

### - Des arguments :

L'endosymbiose s'appuie entre autres sur les éléments suivants :

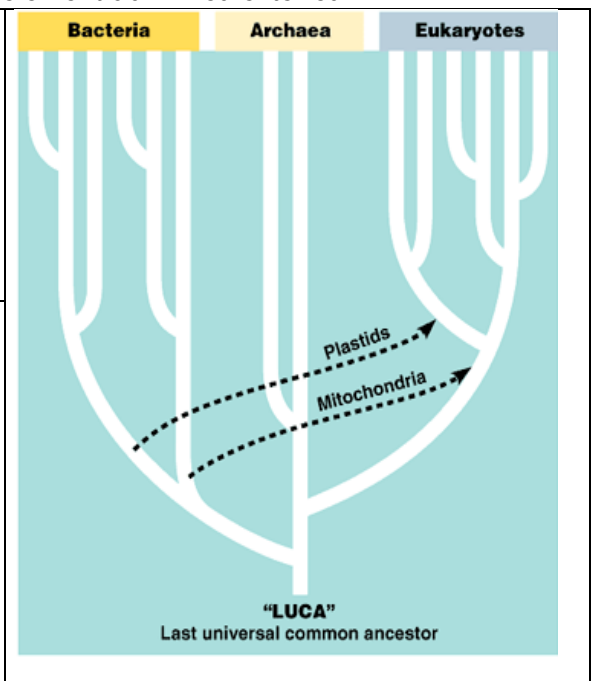
1. La taille des mitochondries et des chloroplastes est semblable à celle des bactéries.
2. Chacun de ces organites possède un matériel génétique (ADN) qui lui est propre (organites semi autonomes).
3. Chacun de ces organites possède le matériel nécessaire pour la synthèse protéique (ARNt, ribosomes, polymérases).
4. Chacun de ces organites peut se diviser par étranglement médian (après avoir dupliqué le matériel génétique).

### - Des mécanismes : l'endocytose, une simple absorption d'un élément du milieu extérieur



Un arbre de l'origine des cellules vivantes qui montre les conséquences des endosymbioses successives.

Elles se sont accompagnées de transferts génétiques, des endosymbiontes, au noyau des cellules hôtes.







## TP5 : D'autres mécanismes à l'origine de la diversification du vivant.

- Des associations de génomes
- Des diversifications sans modification du génome.

### Groupe 4 : Transmission culturelle des comportements.

Chez les oiseaux le chant intervient dans la recherche de partenaires sexuels et également dans la défense du territoire; au sein d'une espèce des différences apparaissent entre les différentes populations mais également entre les individus, des différences de chants notamment qui présentent des « dialectes » (variations régionales) et individuelles.

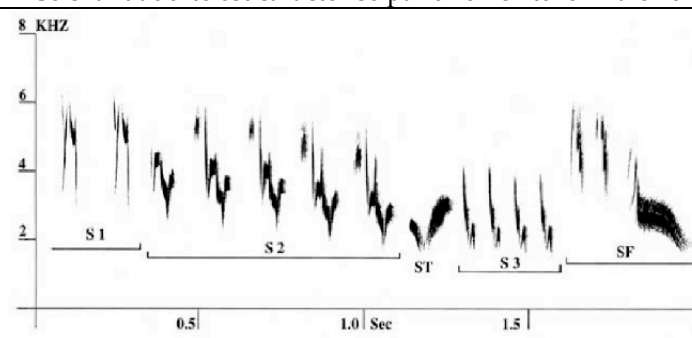
On peut montrer que l'aptitude au chant est de nature génétique (héritable de manière directe) mais l'étude de différents sonogrammes\* montre que le chant s'acquiert également par un apprentissage lors de l'élevage de l'individu parmi ses congénères.

#### Doc 1 : le pinson des arbres.



Le pinson des arbres (*Fringilla coelebs*) se reproduit dans toute l'Europe. En France, les populations d'oiseaux nicheurs sont plus clairsemées sur le pourtour méditerranéen, où l'espèce recherche la fraîcheur des montagnes et des grandes forêts. Pendant la mauvaise saison, c'est un des oiseaux les plus répandus car des nombreux individus originaires des pays du Nord et de l'est viennent passer l'hiver en France et dans les pays méditerranéens. Au printemps, sous l'influence des hormones sexuelles, le mâle a des couleurs plus vives, le bec bleu. Il défend un territoire grâce à son chant et y attire des femelles

- À l'éclosion, le juvénile présente un gazouillis appelé « chirp ».
- Du printemps de l'éclosion à l'hivers, il va développer un « pré-chant » et au 2ème printemps il acquerra le chant adulte.
- Ce chant adulte est caractérisé par une fioriture finale : une très forte accentuation sur les dernières notes



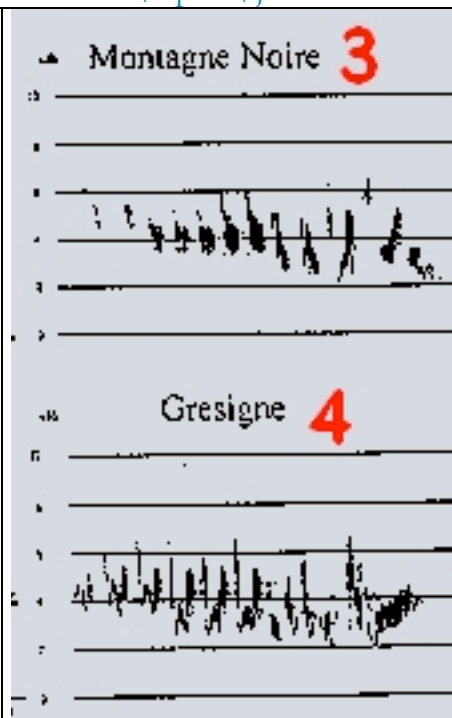
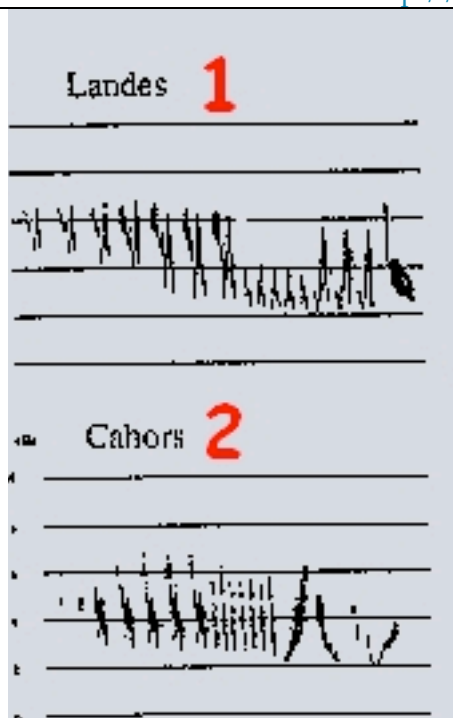
\* sonogramme : (fréquences en fonction du temps) d'une phrase de Pinson des arbres

Tous les chants de Pinson ont une structure commune :

- de 2 à 5 sections qui sont des phrases trillées (S1, S2, S3) = syllabes répétées
- D'une syllabe de transition (ST)
- suivies par une conclusion (SF)

#### Doc 2 : Ecoutez les chants : <http://www.inra.fr/dpenv/joachc27.htm>

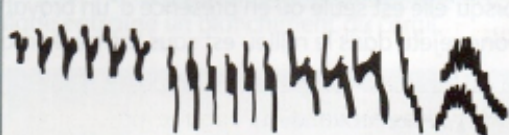
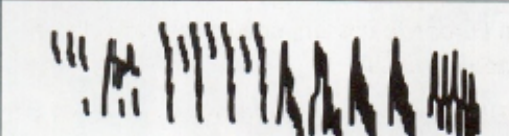
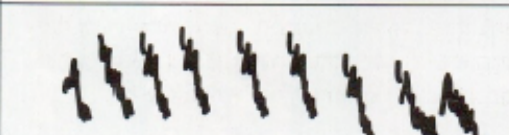
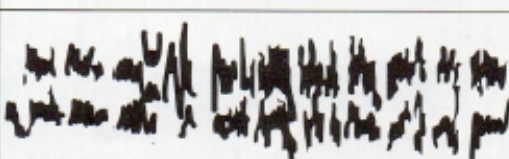
#### Doc 3a expériences



Fernando Nottebohm (2008) rend sourds une vingtaine de mâles :

- Les individus de plus de deux ans conservent leur chant typique sans altération.
- Les mâles d'un produisent des chants anormaux.
- Les mâles rendus sourds à l'âge de trois mois, ne produisent au printemps suivant qu'un « chirrup » sans structure

**Doc 3 b : chants en fonction des conditions d'apprentissage.**

| Condition expérimentale                         | Chant final du pinson                                                             |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Adulte témoin                                   |  |
| Animal élevé avec des congénères dont un adulte |  |
| Animal élevé complètement seul                  |  |
| Animal rendu sourd à la naissance               |  |

**Doc 4**

Des expériences semblent montrer que les femelles sont attirées par les éléments rapides du chant, dans tous les cas, ces chants sont un élément majeur de sélection sexuelle.

Ils interviennent aussi dans les comportements de protection du territoire (prévention des prédateurs, éloignement des concurrents...)

**Doc 4 : La perturbation du chant chez les oiseaux urbains**

**Le fond sonore urbain** peut altérer les chances de reproduction des individus en couvrant les chants que les mâles utilisent pour attirer les femelles et délimiter leur territoire. Ceux-ci se sont donc adaptés.

Il a été montré que certains rouges-gorges ont abandonné leur habituel concert matinal et se sont mis à chanter la nuit pour éviter le brouhaha journalier. Les rossignols urbains, quand ils ne chantent pas la nuit, ont simplement choisi de chanter plus fort. Le niveau sonore des rossignols de Berlin est supérieur de 14 décibels à celui de leurs homologues des forêts, et atteint plus de 95 dB, une puissance suffisamment élevée pour obliger à se boucher les oreilles à proximité. De plus, l'intensité du chant est proportionnelle au niveau sonore urbain : ils chantent plus fort le matin.

Un autre problème auquel doivent faire face les oiseaux chanteur est que le niveau sonore urbain est particulièrement élevé aux basses fréquences (entre 1 et 3 kilohertz). En évitant de chanter dans ces basses fréquences les oiseaux urbains peuvent donc rendre leurs chants plus audibles : c'est la stratégie optée par les merles, les pinsons chanteurs et les roselins familiers. En ce qui concerne la mésange charbonnière, les volatiles vivant dans les zones les plus bruyantes de la ville produisent une mélodie dont la fréquence minimale est plus élevée que celle de leurs congénères qui habitent les quartiers plus calmes, et toujours plus aiguës que celles de leurs semblables qui peuplent les forêts (la fréquence de leur chant s'élève à environ 3 200 hertz, soit 200 hertz de plus en moyenne). Oiseaux des villes

## Des documents pour comprendre :

### - Un contrôle complexe de la mise en place du chant

L'étude du chant des oiseaux a montré que les structures qui contrôlent le chant du diamant mandarin par exemple sont décrites dans le cerveau et à la périphérie; il s'agit **d'une série de noyaux cérébraux et de leurs connexions**. Des lésions de certaines composantes de ce circuit, effectuées au cours du développement, provoquent des déficits sévères dans le chant, alors que réalisées au cours de l'âge adulte, des lésions similaires peuvent ne pas affecter la production des chants.

On a étudié le rôle des **hormones** dans le développement nerveux des circuits du chant des oiseaux. Le chant se développe parallèlement aux changements de taille et d'organisation de ces noyaux. Les régions cérébrales qui contrôlent le chant sont plus volumineuses chez des individus qui possèdent les chants les plus complexes.

Les recherches actuelles sur le chant d'oiseau comprennent maintenant des études de **génétique** moléculaire. Les chercheurs ont identifié un gène, appelé ZENK, qui est exprimé dans certaines cellules nerveuses quand un mâle de canari ou de diamant mandarin entend les chants d'autres mâles de son espèce. Ce gène est exprimé dans une région du cerveau de l'oiseau, dont on pensait qu'elle ne jouait pas de rôle important dans le traitement du chant ou dans sa production. Cette donnée permettra aux chercheurs d'établir la séquence des étapes cérébrales de l'apprentissage des chants de l'espèce.

Figure III

### - Aller au-delà du « tout génétique »

Les approches évolutives actuelles tendent à réduire l'hérédité aux seuls transferts de gènes. Cependant, de plus en plus d'arguments montrent que des informations non codées dans la séquence de l'ADN sont aussi transmises de génération en génération, et que, tout comme l'ADN, elles participent à l'évolution.

La reproduction est le propre du vivant. Elle nécessite la transmission d'informations, génétiques ou non, entre générations. L'évolution n'affecte que la variation transmise. Aujourd'hui, les arguments s'accumulent qui montrent que l'évolution ne se cantonne pas à la seule information génétique, mais touche aussi à la transmission d'informations non contenues dans l'ADN. Celles-ci vont de la transmission de variation dans l'expression des gènes (ce que l'on appelle la variation épigénétique), à l'hérédité écologique et culturelle en passant par les effets parentaux. Plusieurs travaux suggèrent que la manière de chanter chez certains oiseaux, appelée dialecte et dont on sait qu'elle est souvent transmise indépendamment de la variation génétique, peut conduire à l'isolement de groupes d'individus et à la spéciation, c'est-à-dire à l'apparition d'une nouvelle espèce.

C'est donc la complexité des interactions entre les divers systèmes d'hérédité, génétiques ou non, qui crée la richesse des processus évolutifs et produit la diversité biologique

### - Préférence sexuelle chez les drosophiles:

La présence d'une transmission culturelle des préférences sexuelles est fortement suspectée chez la mouche du vinaigre suite à une expérience publiée en 2009, qui utilisait des mâles poudrés en vert ou en rose, comme sur la photo. Il est apparu qu'après avoir observé trois fois de suite un mâle rose en train de copuler puis un mâle vert se faisant rejeter par une autre femelle, une femelle observatrice apprenait à préférer les mâles roses.

L'inverse donnait les mêmes résultats.

Cette expérience suggère que l'hérédité culturelle pourrait exister même chez des invertébrés non sociaux

