

**Étape A-1 : Concevoir une stratégie réaliste pour résoudre une situation problème**

**Le principe :** Il s'agit de montrer que les **chloroplastes** présents dans les **cellules d'algues rouges** sont d'**anciennes cyanobactéries** qui auraient été phagocytées et qui auraient établi une **relation de symbiose** avec leur hôte.

**Comment je fais :** Les **chloroplastes** sont les organites spécialisés dans la photosynthèse grâce à leurs **pigments photosynthétiques**. Je peux donc réaliser une **chromatographie de partage** pour distinguer ces différents pigments chez une algue rouge (ou chez un végétal chlorophyllien).

\*La chromatographie de partage consiste à ... *voir fiche technique*. Ici on n'attend pas les détails du protocole mais ses grandes lignes.

**Résultats attendus :** Si les **chloroplastes** sont d'anciennes **cyanobactéries**, la comparaison des deux chromatographies (celle d'une algue rouge et celle d'une cyanobactérie) devrait permettre de retrouver des **pigments en commun entre les deux organismes** (l'un eucaryote, l'autre procaryote).

**NB :** L'élève ne réalisera qu'une chromatographie : soit celle d'une algue rouge, soit celle d'une cyanobactérie. Il pourra donc demander un document complémentaire pour obtenir l'une ou l'autre des chromatographies.

Pour aller encore plus loin...

**Résultats attendus :** Si les chloroplastes sont d'anciennes cyanobactéries, leur ultrastructure devrait présenter des points communs : présence de **thylacoïdes**, présence de **psycobilibines**, membranes...

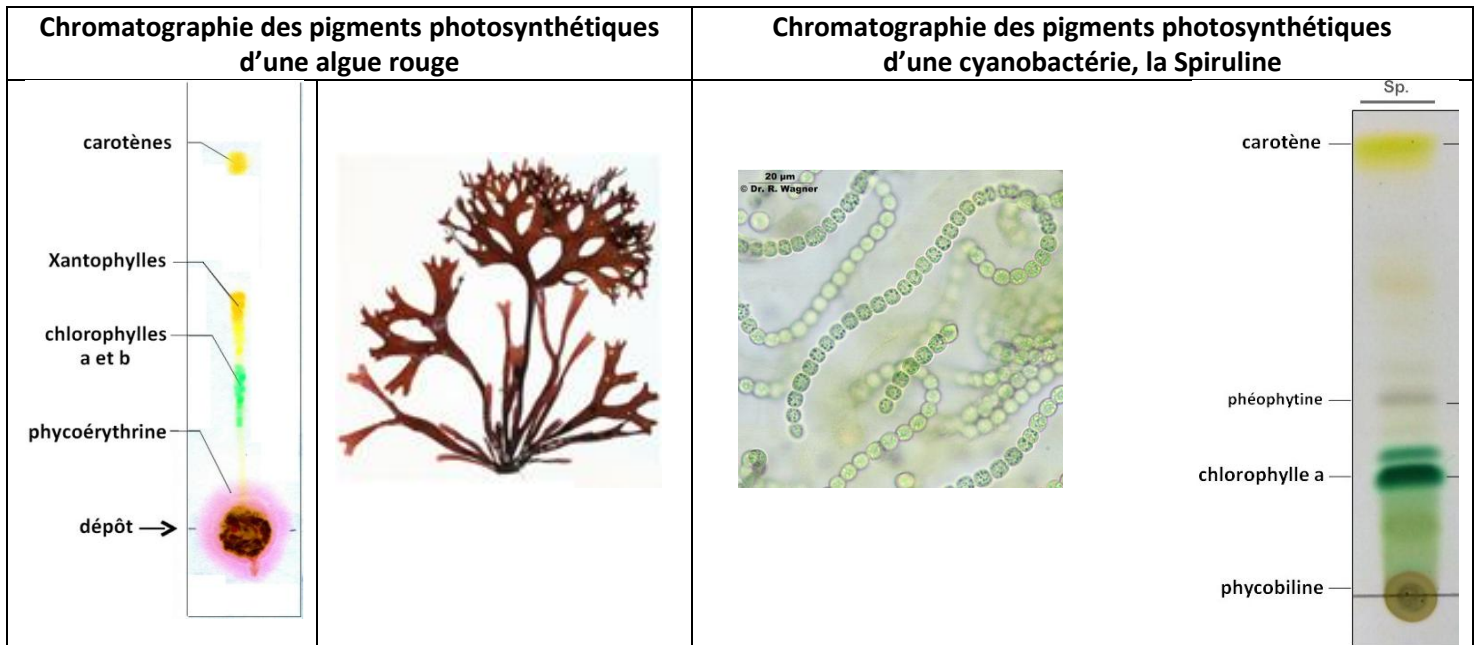
**NB :** La encore l'élève peut demander un document complémentaire qui montre l'ultrastructure d'une cyanobactérie.

**Étape A-2 : Mettre en œuvre le protocole**

- Il s'agit ici de réaliser une **chromatographie de partage** et/ou
- Il s'agit de réaliser une **préparation microscopique de spiruline** pour observation au microscope optique complétée par des images prises au microscope électronique afin de voir leur ultrastructure..

**Étape B-1 : Traiter et présenter les données brutes pour les communiquer**

- Concernant la chromatographie :
  - On peut dessiner
  - On peut proposer un tableau

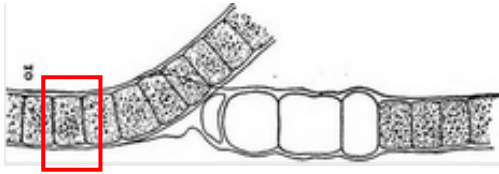



Comparaison des pigments photosynthétiques entre une algue rouge et une cyanobactérie (spiruline)

pigments	Organismes	
	Algue rouge	Spiruline
Phycoéritrine (phicobiline)	X	X
phéophytine		X
Chlorophylle a	X	X
Chlorophylle b	X	
xantophylles	X	X
carotène	X	X

- Concernant la préparation et l'observation microscopique
- On peut réaliser un **dessin d'observation** / une **capture d'image**

Les **cyanobactéries** du genre *Nostoc* sont des **organismes procaryotes** dont les cellules se regroupent en colonie pouvant prendre des formes diverses comme par exemple des filaments.

LE DESSIN D'OBSERVATION	LA CAPTURE D'IMAGE
<p><b>Observation de cyanobactéries filamenteuses</b> (Microscope optique x400 – montage à l'eau)</p> 	

### Étape B-2 : Exploiter les résultats obtenus pour répondre au problème posé

Les résultats obtenus (chromatographies – observations microscopiques – documents sur l'ultrastructure de ces organismes) suggère que **les chloroplastes seraient d'anciennes bactéries** – proches des cyanobactéries actuelles – qui auraient été **phagocytées** par des **cellules eucaryotes primitives**. Puis, au fil du temps, ces organismes phagocytés auraient établi une **relation de symbiose** avec leur hôte : c'est la **théorie endosymbiotique**.

Comme arguments nous pouvons avancer que :

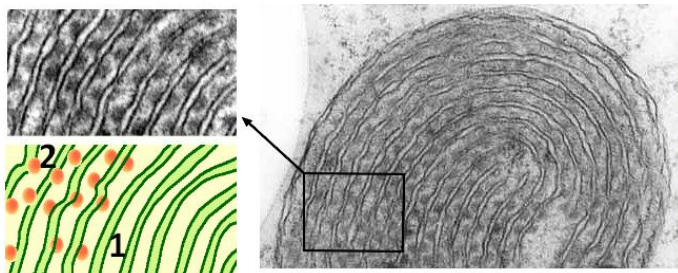
- Les végétaux et les algues chlorophylliennes possèdent des **pigments photosynthétiques en commun** avec les pigments des cyanobactéries telles que les Spirulines. Ces pigments permettent de capter les différentes longueurs d'ondes du spectre solaire.
- **L'ultrastructure d'un chloroplaste** rappelle celle des cyanobactéries : On retrouve des **thylacoïdes**, sortes de membranes internes qui renferment des phycobilisomes lesquels contiennent divers **pigments photosynthétiques**.

*Pour aller plus loin* : À l'instar des procaryotes (ex. les cyanobactéries) les chloroplastes contiennent leur propre matériel génétique sous forme d'une molécule d'**ADN circulaire** ainsi que des **ribosomes**, organites intervenant dans la synthèse protéique.

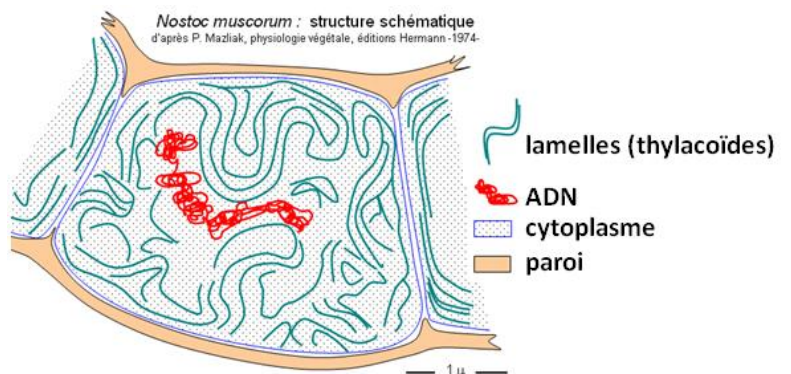
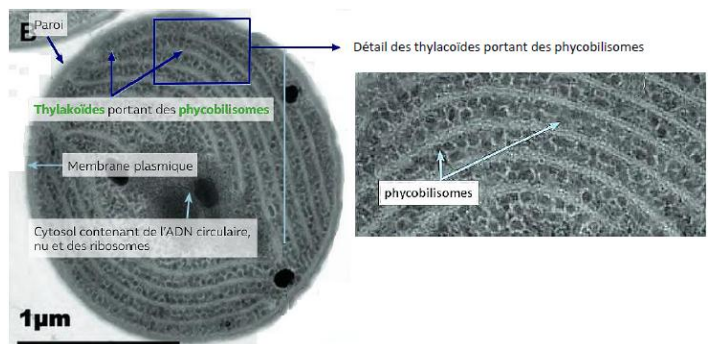
Cette endosymbiose s'est accompagnée d'une **perte d'une partie du génome** du procaryote phagocyté. En effet, le génome d'un chloroplaste actuel contient entre 200 et 300 fois moins de gènes que le génome d'une cyanobactérie actuelle. Ces gènes « perdus » se retrouvent dans le génome nucléaire.

**Détail d'un chloroplaste d'une algue rouge** (Rhodella – Rhodophycées) - MET

1. Thylacoïdes – 2. Phycobilisomes à la surface des membranes des thylacoïdes (ils contiennent divers pigments photosynthétiques)



**Ultrastructure d'une cyanobactérie et détail montrant les thylacoïdes** - MET



## POUR ALLER PLUS LOIN : GRAND ORAL

Dès le début du 20<sup>ème</sup> siècle les chercheurs ont pensé que les plastes (chloroplastes) et les mitochondries pouvaient provenir de bactéries. Celles-ci auraient été ingérées par des cellules primitives et vivaient à l'intérieur d'elles en symbiose. Cette **théorie endosymbiotique** de l'origine des plastes et des mitochondries est devenue parfaitement plausible lorsque l'on a découvert (1950-1960) que ces organites contenaient de l'**ADN** et des **ribosomes**. La ressemblance entre un chloroplaste de cellule eucaryote actuelle et d'une bactérie photosynthétique (Cyanobactérie) est confortée par plusieurs caractères :

- l'ADN du chloroplaste est circulaire et non associé à des histones comme chez les bactéries,
- Cet ADN code pour une partie des protéines chloroplastiques (organites semi autonomes),
- Une partie de la synthèse de protéines chloroplastiques s'effectue dans le chloroplaste, grâce à la présence de ribosomes qui présentent des analogies avec les ribosomes bactériens,
- Tout plaste provient d'un plaste préexistant. Lorsque des cellules ne possèdent pas de plaste (certaines cellules blanches de feuilles panachées), les cellules filles ne possèdent pas de plaste,
- La division des chloroplastes suit un rythme indépendant de la division du noyau

Pour information : Chez les Cyanobactéries

Les **thylacoïdes** isolés sont à la périphérie de la cellule et ne sont pas entourés par une enveloppe : il n'y a pas de plaste.

Ces thylacoïdes assurent la photosynthèse grâce à la présence de divers pigments :

- la **chlorophylle a** comme chez l'ensemble des végétaux photosynthétiques,
- des pigments surnuméraires : les **phycobiliprotéines**. On distingue la **phycoérythrine** de couleur rouge (absorption des radiations vertes), la **phycocyanine** de couleur bleue (absorption des radiations jaune-orangé) et l'**allophycocyanine**.

Chez les Cyanobactéries, c'est la **phycocyanine** et l'**allophycocyanine** qui sont prépondérantes et qui donnent la **couleur bleue** à ces organismes. Selon les souches, la phycoérythrine sera ou non présente. La **phycoérythrine** (rouge) est visible. Celle-ci, à cause de sa haute polarité, reste fortement associée à la TLC et ne migre pas. La phycoérythrine est présente chez les **cyanobactéries** et les **algues rouges**. A noter que la **phycocyanine** (pigment bleu des cyanobactéries) n'est pas extraite dans l'éthanol et donc non présente sur la TLC. Elle est en revanche soluble dans l'eau et visible dans l'expérience ci-dessous. **Ces pigments, absents chez les algues vertes et les plantes supérieures, semblent avoir été perdu pendant l'évolution des chloroplastes.**

### Fluorescence de la phycocyanine

La phycocyanine est soluble dans l'eau mais insoluble dans l'éthanol. Ce pigment bleu peut facilement et magnifiquement être observable à l'œil nu en solution aqueuse (fig.A). Après illumination le pigment va émettre de la fluorescence dans le rouge, visible sur une photo prise avec le flash d'un smartphone (fig.B)

- Récupérer le tube 15 ml sans trop l'agiter.
- Observer le tube à la lumière et prendre une photo (sans le flash)
- Illuminer ensuite le tube avec une intense source lumineuse (les lampes LED des smartphones marchent très bien) et prendre une photo (avec flash)

