

Comme beaucoup d'insectes se nourrissant de la sève élaborée des végétaux, pauvres en certains acides aminés et vitamines, la cochenille des agrumes, ou cochenille farineuse héberge différentes bactéries qui lui fournissent ces nutriments essentiels.

Utilisez les informations apportées par les documents et vos connaissances pour justifier les étapes du scénario proposé dans le document 4.

1 La cochenille farineuse, un ravageur des cultures

La cochenille farineuse (*Planococcus citri*) est une espèce d'insecte originaire d'Asie. Elle doit son nom au fait que son corps est recouvert de filaments blancs et cireux, la rendant très difficile à éliminer. Introduite en Europe, en Afrique, en Océanie et aux Amériques, c'est un ravageur qui s'attaque à plus de 200 espèces végétales cultivées (orangers, bananiers, tomates, vigne, ficus, orchidées) mais aussi à la flore sauvage.

Les cochenilles sucent la sève des végétaux qu'elles colonisent grâce à leurs pièces buccales piqueuses-suceuses et sécrètent un miellat qui enrobe feuilles et fruits, favorisant la croissance de champignons. Les feuilles jaunissent prématurément et la croissance des plantes est ralentie par ces attaques.



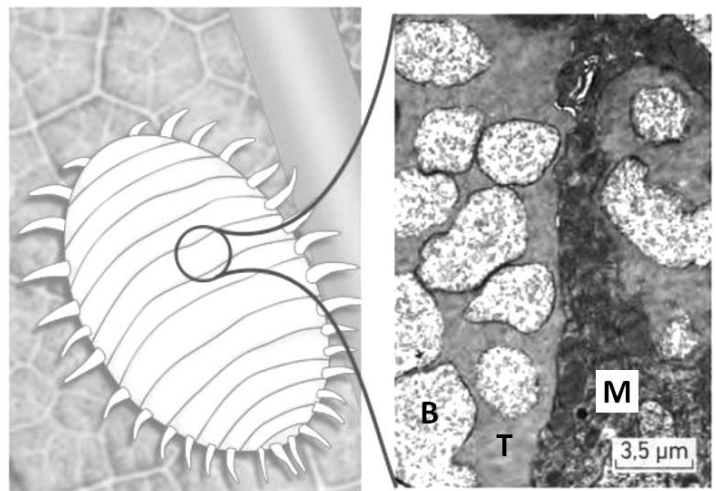
■ Cochenilles farineuses infestant une feuille d'agrumes enduite de miellat collant.

2 Trois organismes en un

La cochenille des agrumes héberge deux bactéries, l'une appelée *Tremblaya princeps*, déjà connue comme endosymbiote, mais aussi une autre espèce de bactérie, plus récemment découverte, et nommée *Moranella endobia*.

Tremblaya princeps, de grande taille pour une bactérie (10 à 20 μm), possède le plus petit de tous les génomes connus, avec 139 000 nucléotides organisés en 121 gènes seulement. L'autre bactérie, *Moranella endobia*, beaucoup plus petite, possède 406 gènes répartis sur un ADN de 580 000 nucléotides.

Dans son abdomen, la cochenille possède un organe ovale, appelé bactériome, contenant de nombreuses cellules appelées bactériocytes, dans lesquelles se trouvent les bactéries.



■ Un bactériocyte de la cochenille *Planococcus citri* (Observation au MET et colorisation).

M – marron : cytoplasme du bactériocyte (avec mitochondries en pourpre)

T – turquoise : cellules de *Tremblaya princeps*

B – bleu : cellules de *Moranella endobia*

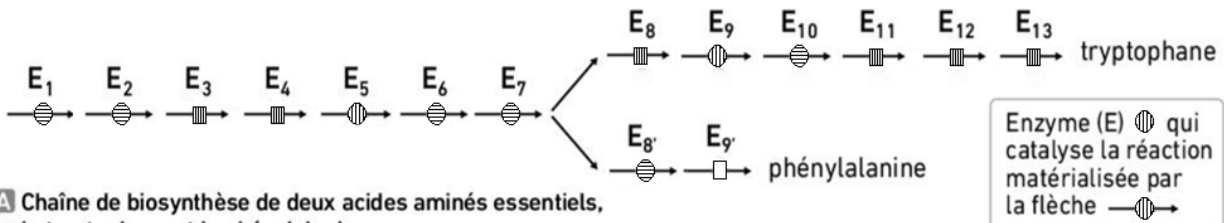
3 Un travail collaboratif

Pour subvenir à ses besoins, la cochenille doit compléter son alimentation par la fabrication, dans ses propres cellules, d'acides aminés essentiels et de vitamines absents de la sève des végétaux.

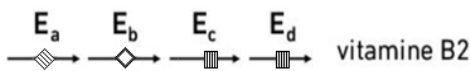
Les figures ci-dessous représentent les chaînes de biosynthèse de deux acides aminés (le tryptophane et la phénylalanine) et de la vitamine B2 chez *Planococcus citri* et l'origine des gènes impliqués dans ces chaînes de synthèse.

Chaque réaction de transformation d'une molécule en une autre est représentée par une flèche à laquelle est associée l'enzyme (ainsi que le gène contrôlant sa synthèse), représentée par un rond coloré, catalysant la réaction.

Les enzymes (et donc l'expression des gènes) sont disposées dans l'ordre où s'effectuent les réactions de synthèse. La couleur des ronds traduit la source du gène.



A Chaîne de biosynthèse de deux acides aminés essentiels, le tryptophane et la phénylalanine.



B Chaîne de biosynthèse de la vitamine B2.

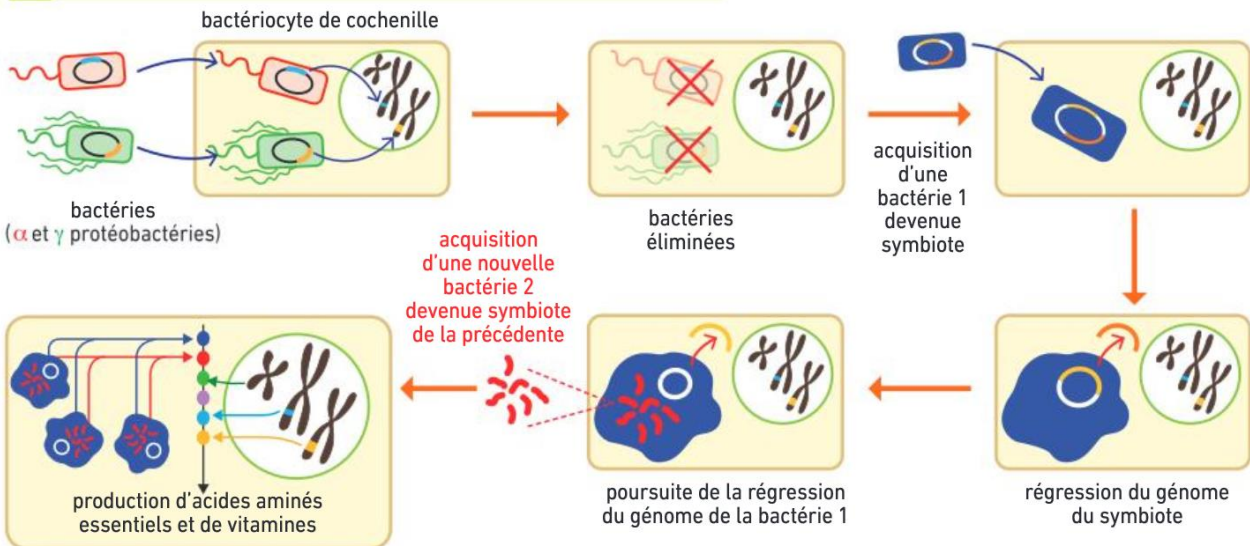


C Origine des gènes impliqués dans les deux voies métaboliques.

| Nombre | Origine |
|--------|------------------------------|
| 12 | <i>Alpha-protéobactéries</i> |
| 9 | <i>Gamma-protéobactéries</i> |
| 2 | <i>Bacteroidetes</i> |

D Origine de certains gènes exprimés, présents dans le génome nucléaire des cellules de *Planococcus citri*.

4 Reconstitution de l'histoire évolutive de la symbiose



■ Scénario évolutif probable ayant abouti à l'association de la cochenille farineuse et de ses bactéries.

Doc 1 + intro : La cochenille est un parasite qui se nourrit exclusivement de la sève élaborée des végétaux. Elles libèrent un miellat sur les feuilles favorisant le développement de champignons qui ralentit la croissance des végétaux. Cette sève élaborée ne contient pas tous les acides aminés/vitamines nécessaires à son développement. Ils lui sont fournis grâce à des bactéries.

Doc 2 : Je remarque sur la photographie obtenue en microscopie électronique que le cytoplasme du bactériocyte de la cochenille contient des bactéries de grande taille *Tremblaya princeps* qui elles-mêmes contiennent des bactéries *Moranella Endobia*.

L'acquisition d'une bactérie endosymbiote à l'intérieur d'une bactérie endosymbiote préexistante correspond à la dernière étape du scénario décrit dans le document 4, et justifie le titre de l'exercice de « poupée russe ».

Doc 3 : La cochenille ne trouve pas tous les acides aminés et vitamines dont elle a besoin dans la sève élaborée de ses proies. Il est nécessaire qu'elle en synthétise certains, c'est le cas du tryptophane, de la phénylalanine, ou encore de la vitamine B2. Ce document s'intéresse aux chaînes de biosynthèse de ces éléments, et plus particulièrement de l'origine des gènes impliqués dans cette synthèse.

- Pour la phénylalanine et le tryptophane, les gènes impliqués proviennent minoritairement du génome de l'insecte, mais surtout des génomes des bactéries *Tremblaya* et *Moranella*. En échange de leur « hébergement » (voir doc 2) ces bactéries apportent donc le bagage enzymatique nécessaire à la synthèse d'éléments essentiels. Il s'agit donc bien d'une association à bénéfice réciproque, endosymbiose représentée dans le document 4.
- Pour la Vitamine B2 : je remarque que les gènes codant pour les enzymes nécessaires proviennent de la bactérie *Moranella*, mais aussi de gènes de protéobactéries intégrés dans le génome de la cochenille. Il s'agit donc de **transferts horizontaux** de gènes de ces protéobactéries vers le génome nucléaire de l'insecte, événement décrit au début du document 4. Ceci est confirmé avec la partie D du document montrant l'origine de certains gènes nucléaires de la cochenille.

Conclusion : De part des transferts horizontaux ainsi que des endosymbioses de bactéries, la cochenille parvient à compléter les chaînes des biosynthèses d'éléments qu'elle serait incapable de produire seule. Cet exemple confirme que transferts de gènes, comme endosymbioses sont des mécanismes essentiels pour comprendre l'évolution et la diversification.