

Évolution et dynamique du système di-symbiotique chez les pucerons du genre *Cinara*

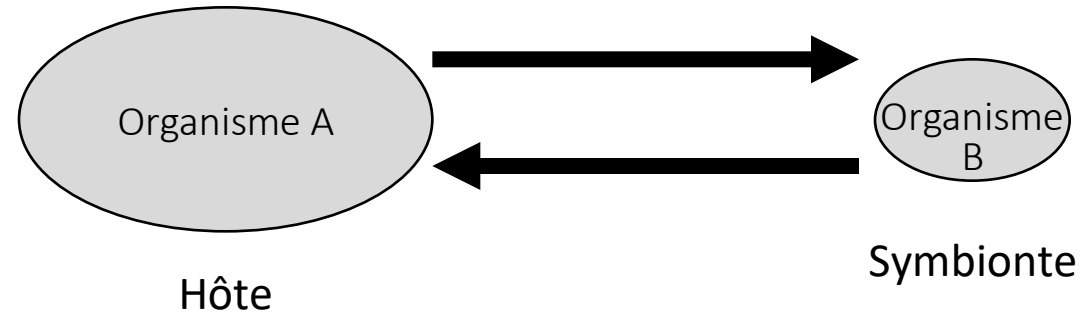
Rouil Jess

direction :

Dr. Jusselin Emmanuelle
Dr. Alejandro Manzano Marin

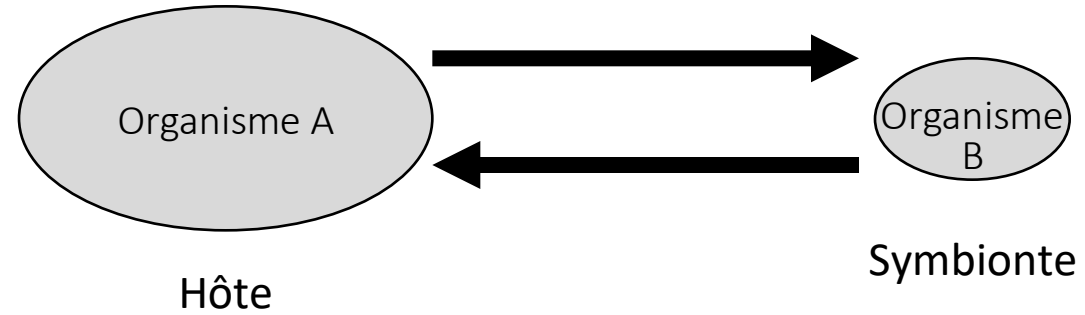
La symbiose

- Interaction inter-spécifique
- Durable dans le temps
 - ➔ intra-générationnelle
 - ➔ inter-générationnelle
- De tailles différentes

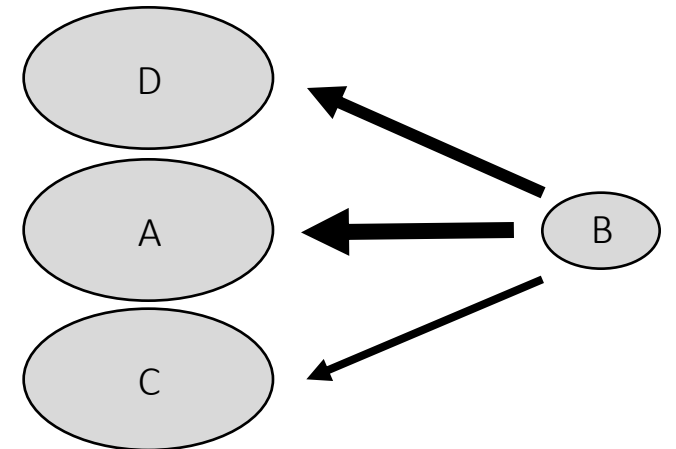
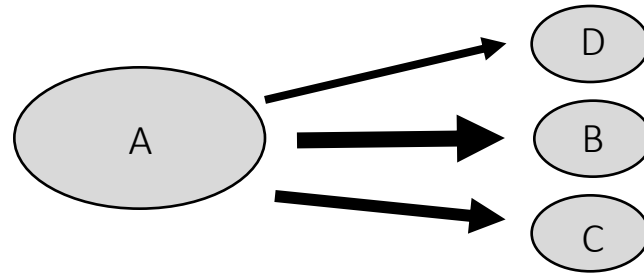
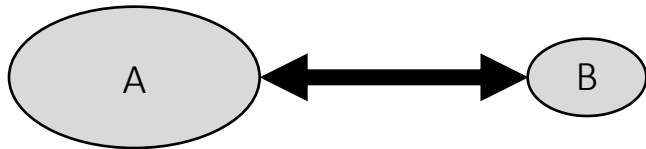


La symbiose

- Interaction inter-spécifique
- Durable dans le temps
 - ➔ intra-générationnelle
 - ➔ inter-générationnelle
- De tailles différentes

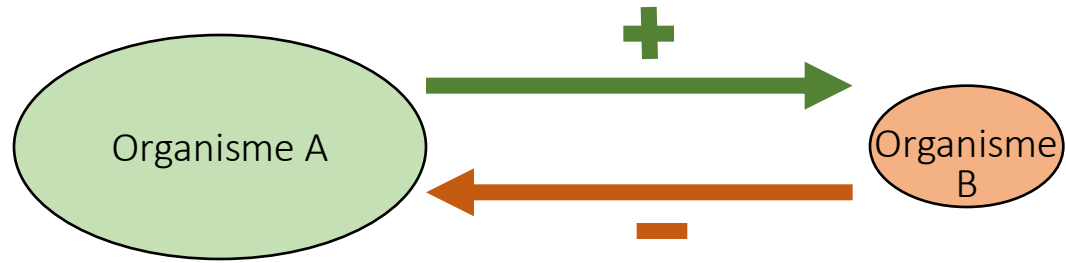


Niveaux de spécificité variables



La symbiose

Parasitisme

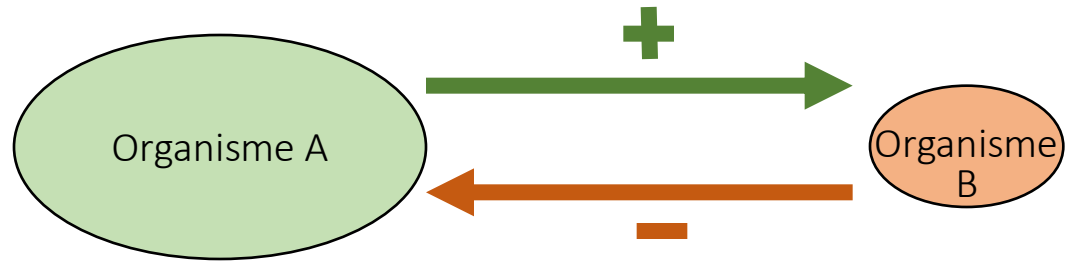


Exemple : Humain
Ténia



La symbiose

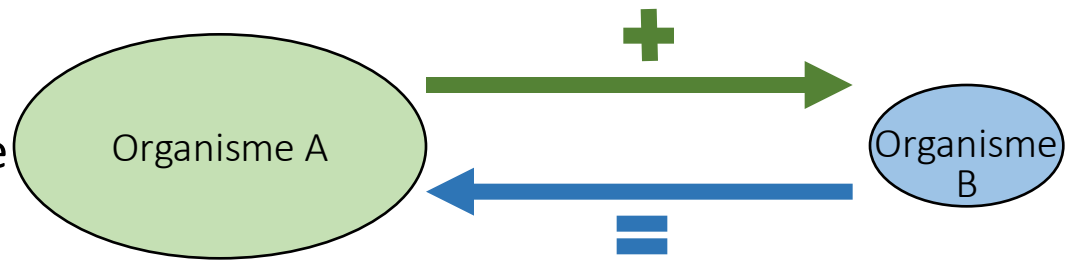
Parasitisme



Exemple : Humain
Ténia



Commensalisme

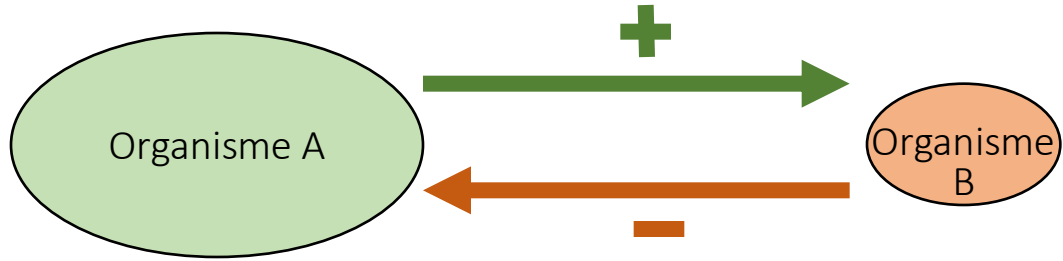


Exemple : Rémoras
Requins



La symbiose

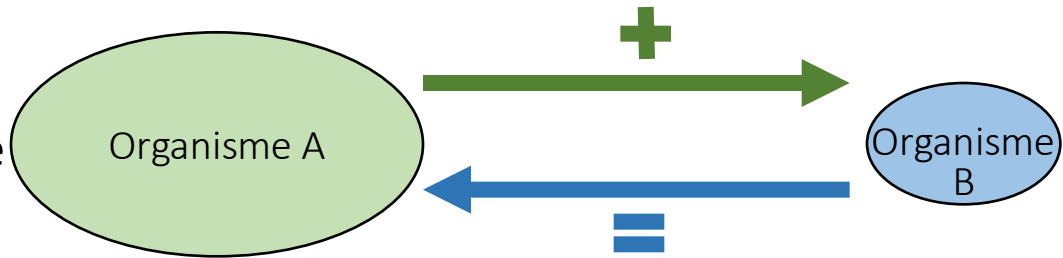
Parasitisme



Exemple : Humain
Ténia



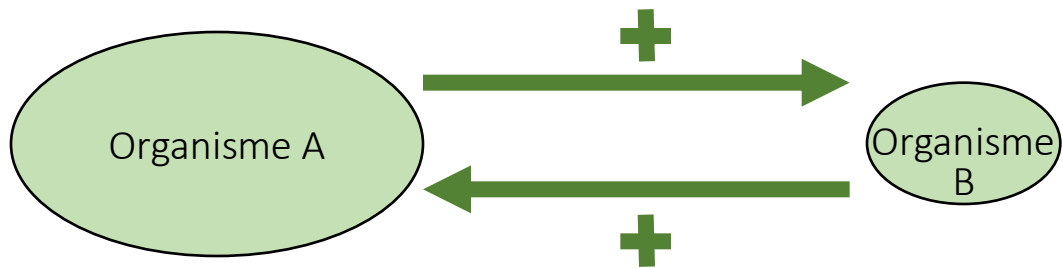
Commensalisme



Exemple : Rémoras
Requins



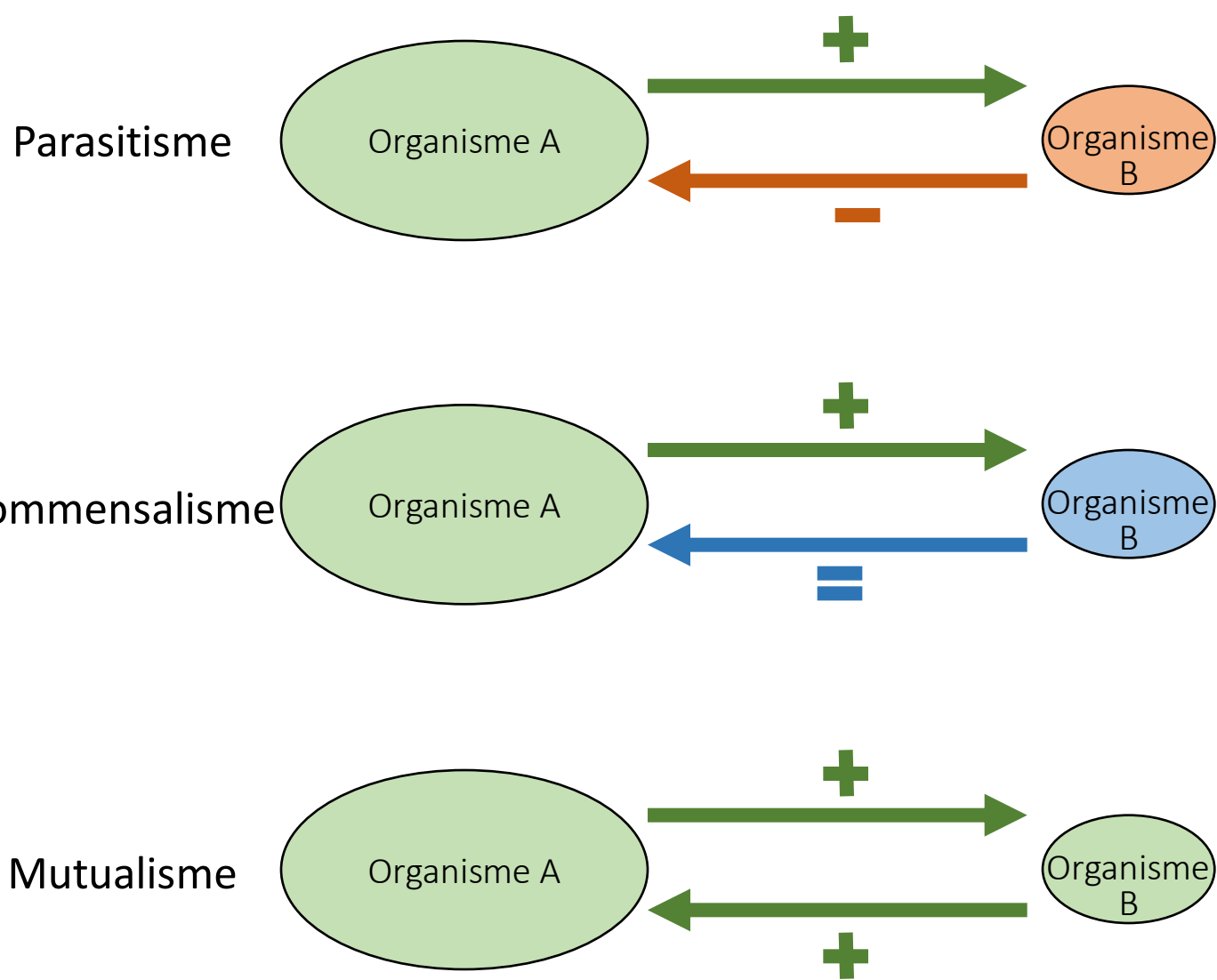
Mutualisme



Exemple : Corail
Zooxanthelle

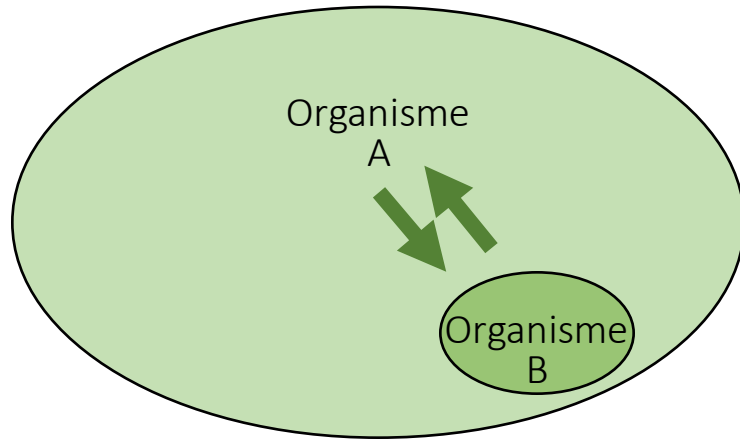


La symbiose

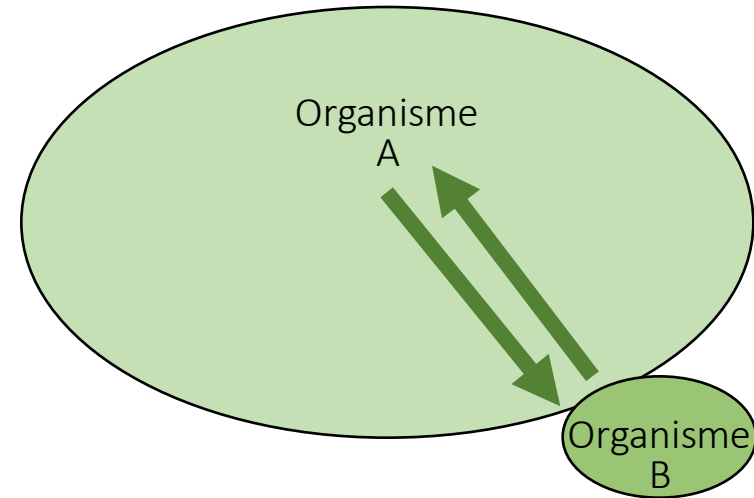


- Continuum
- Variable selon l'environnement (Coûts/bénéfices)
- Mesures de fitness difficiles

L'endosymbiose VS ectosymbiose



endosymbiose



ectosymbiose

Exemple :
Corail
Zooxanthelle

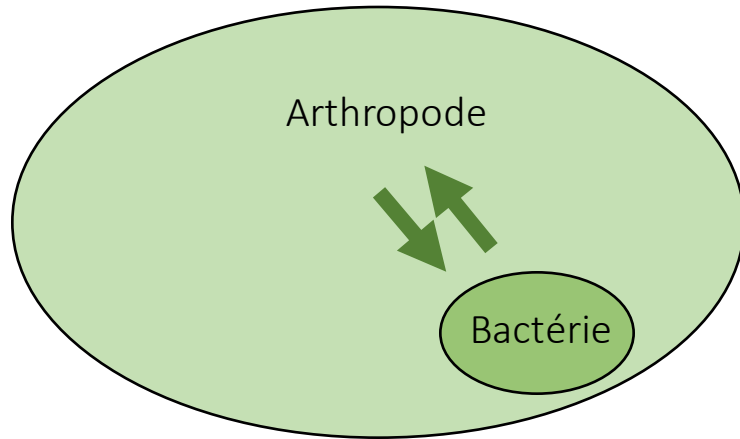


Exemple :
Scolytes
Champignons



Funk 1970

L'endosymbiose arthropode/bactérie



- Omniprésente dans de nombreux groupes
- Rôles de nutrition, protection, digestion ...
- Colonisation de nouvelles niches écologiques

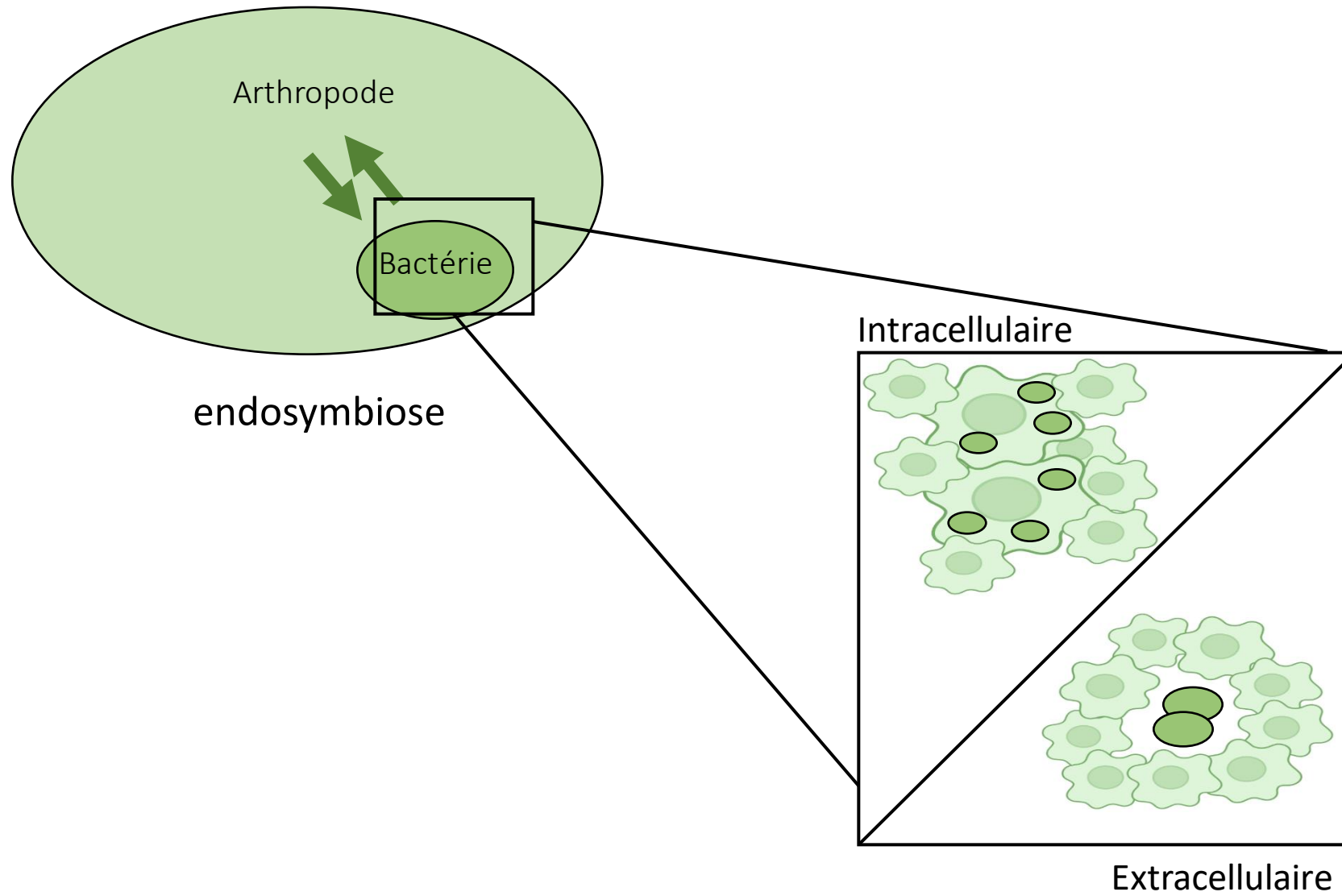
endosymbiose



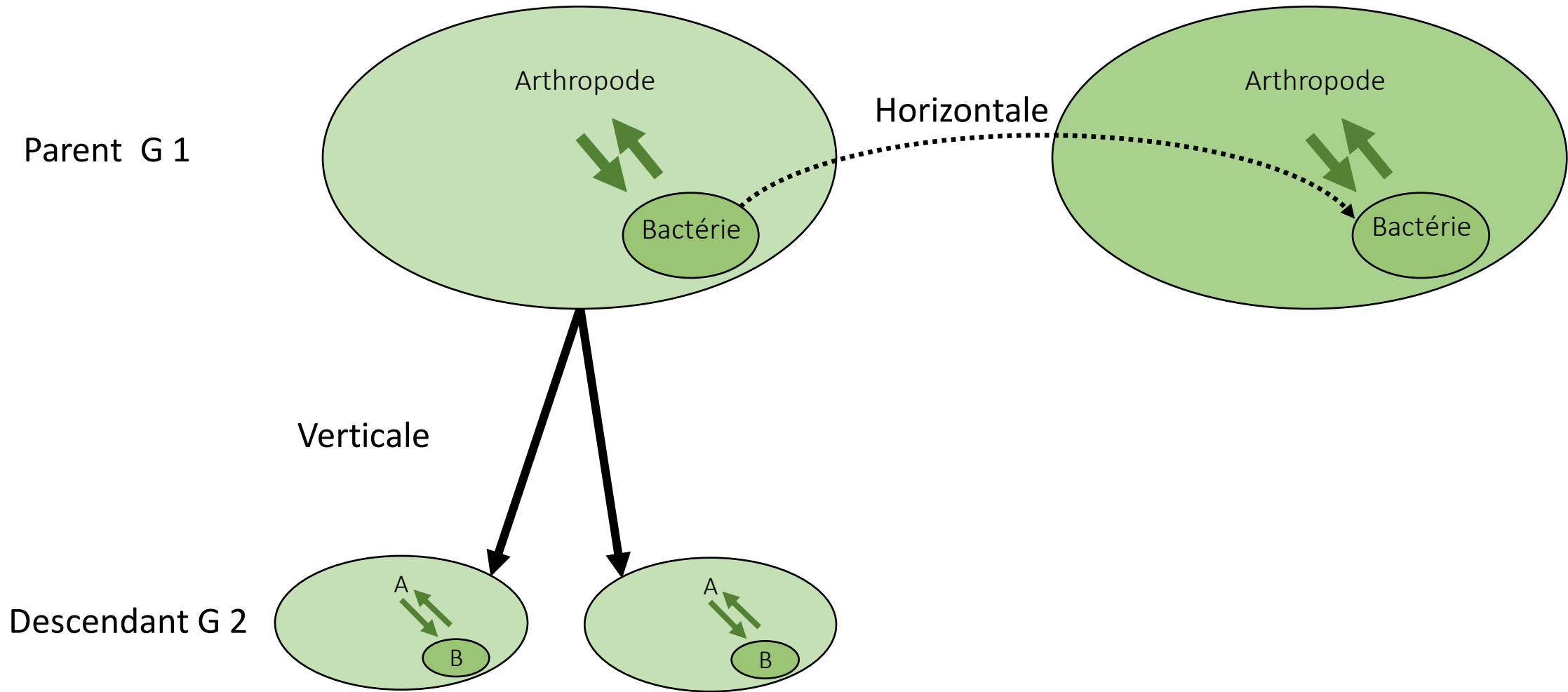
Vignerot et al 2014

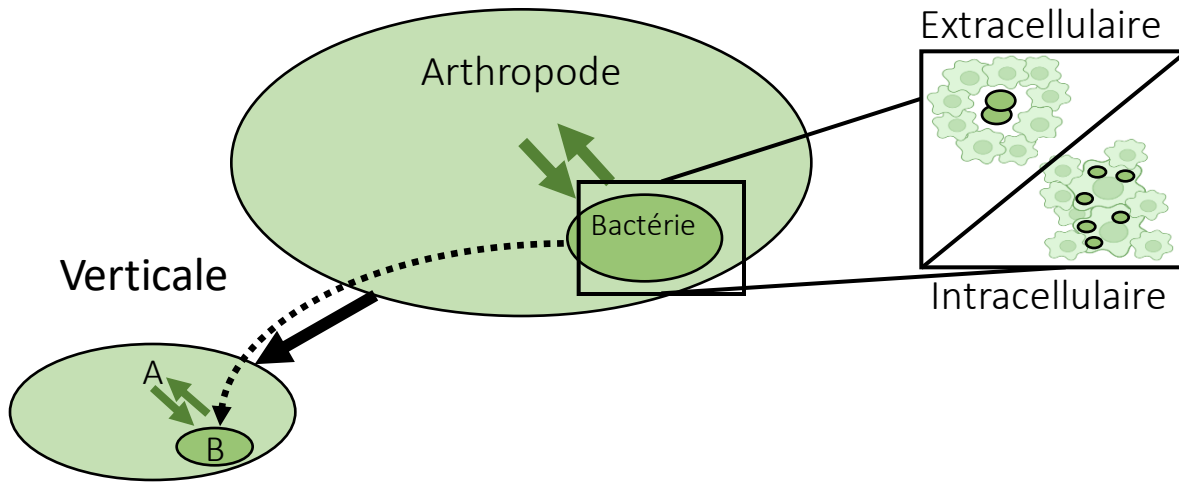


L'endosymbiose arthropode/bactérie



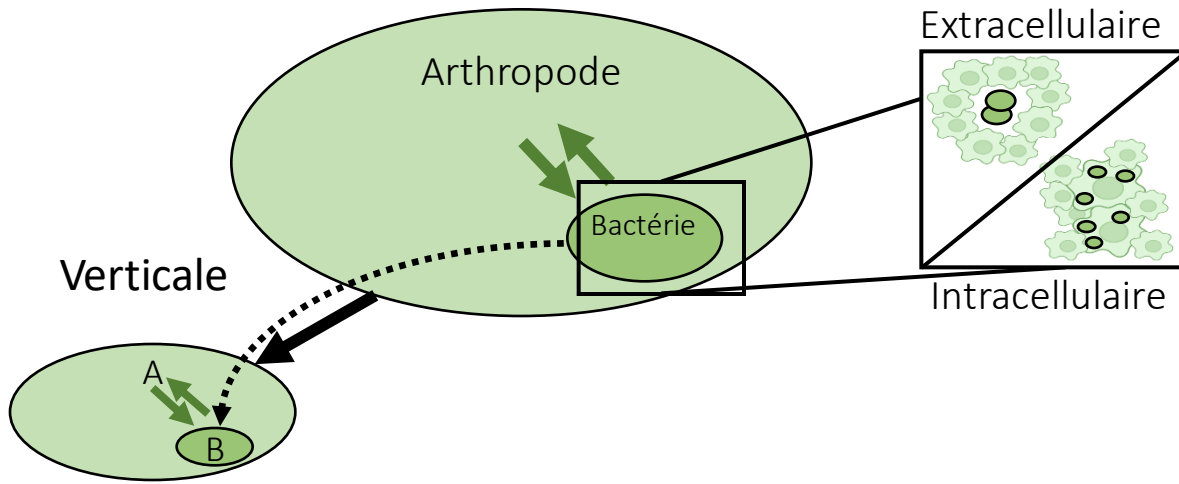
L'endosymbiose arthropode/bactérie





Endosymbiose obligatoire

- ➔ Nécessaire pour la survie / reproduction
- De l'hôte
 - Du symbionte

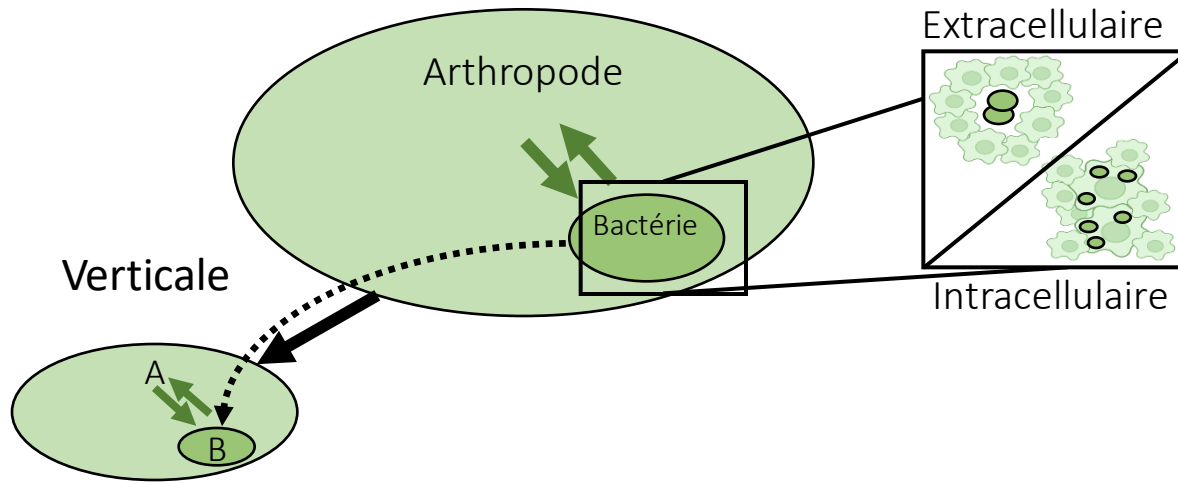


Endosymbiose obligatoire

➔ Nécessaire pour la survie / reproduction

➔ Mode de vie très particulier :

- Transmission généralement verticale
- Compartimentation
 - Environnement stable



Endosymbiose obligatoire

➔ Nécessaire pour la survie / reproduction

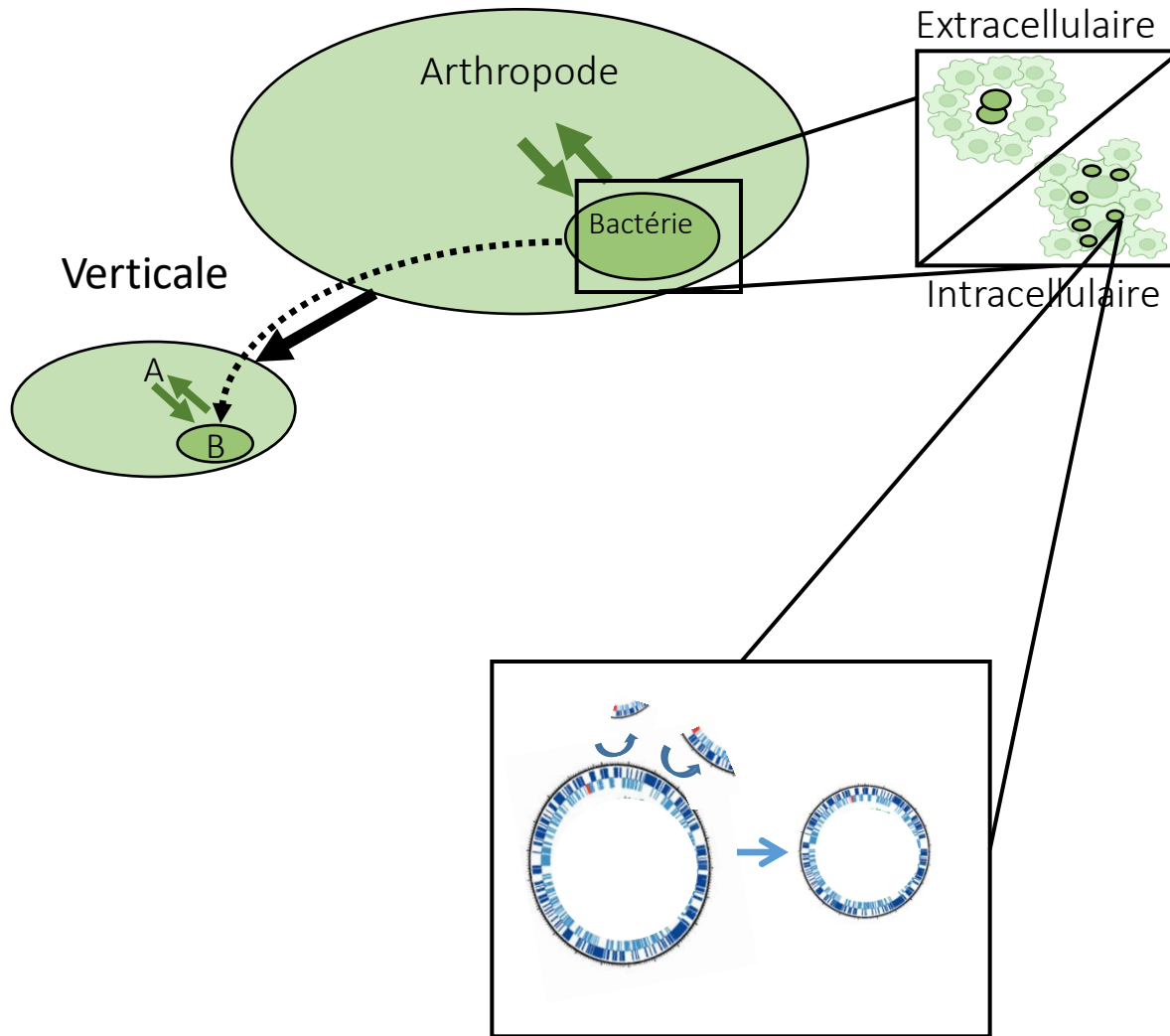
➔ Mode de vie très particulier :

- Transmission généralement verticale
- Compartimentation
 - Environnement stable

➔ Fonctions inutiles/redondantes avec l'hôte

- Mobilité bactérienne
- Redondance métabolique

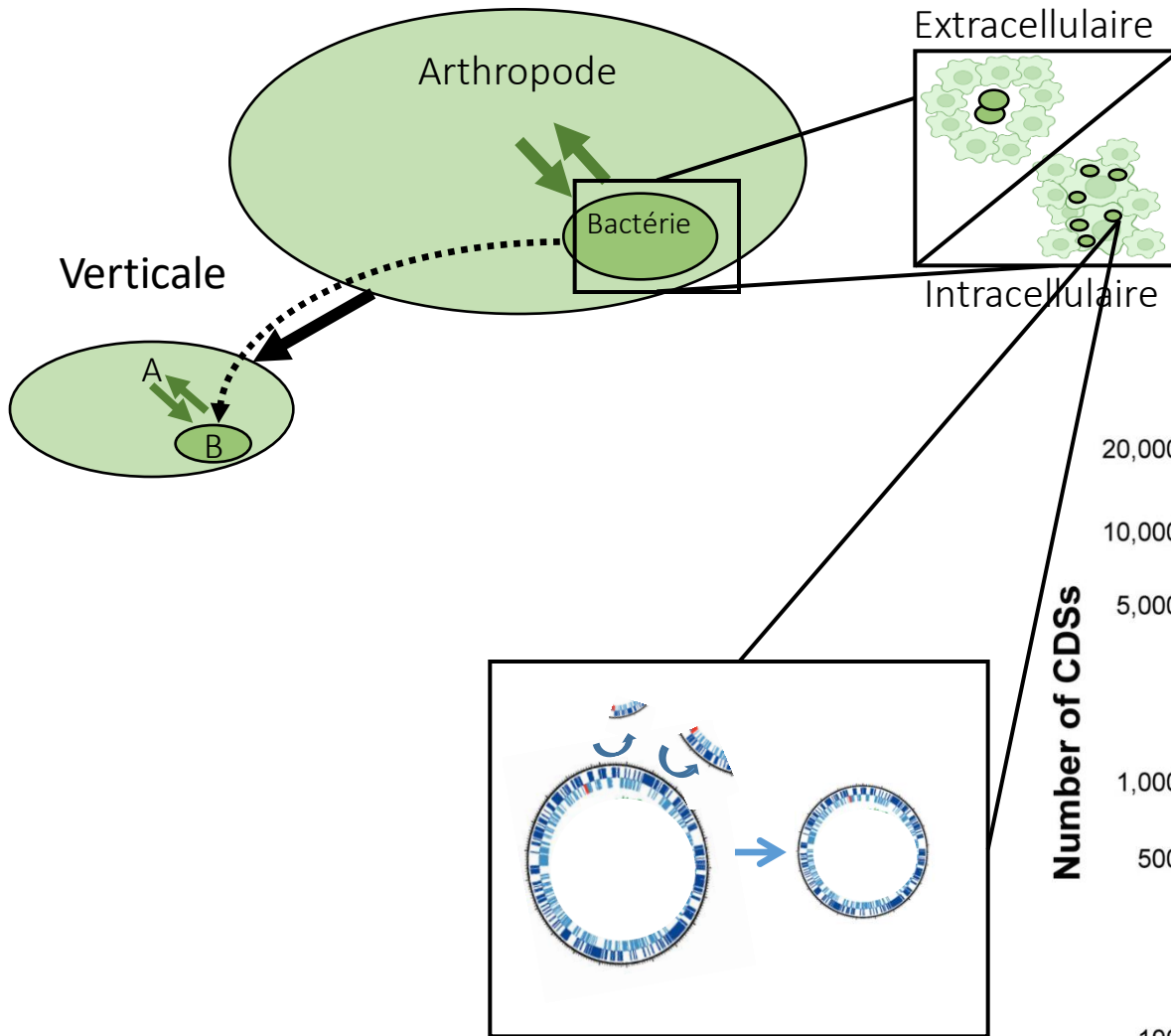
L'endosymbiose obligatoire arthropode/bactérie



➔ Conséquences sur les génomes bactériens

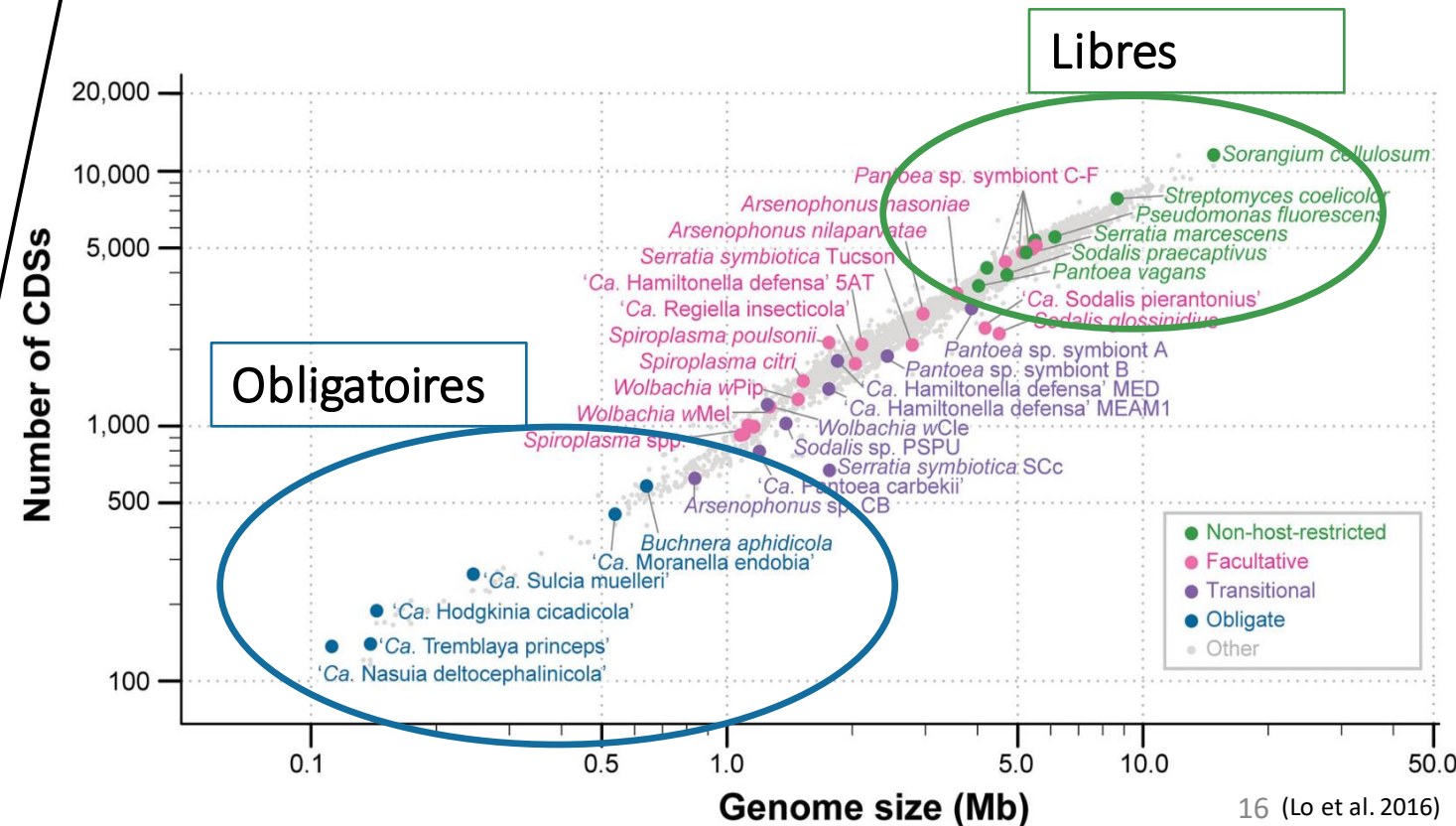
- Observation de génomes réduits

L'endosymbiose obligatoire arthropode/bactérie

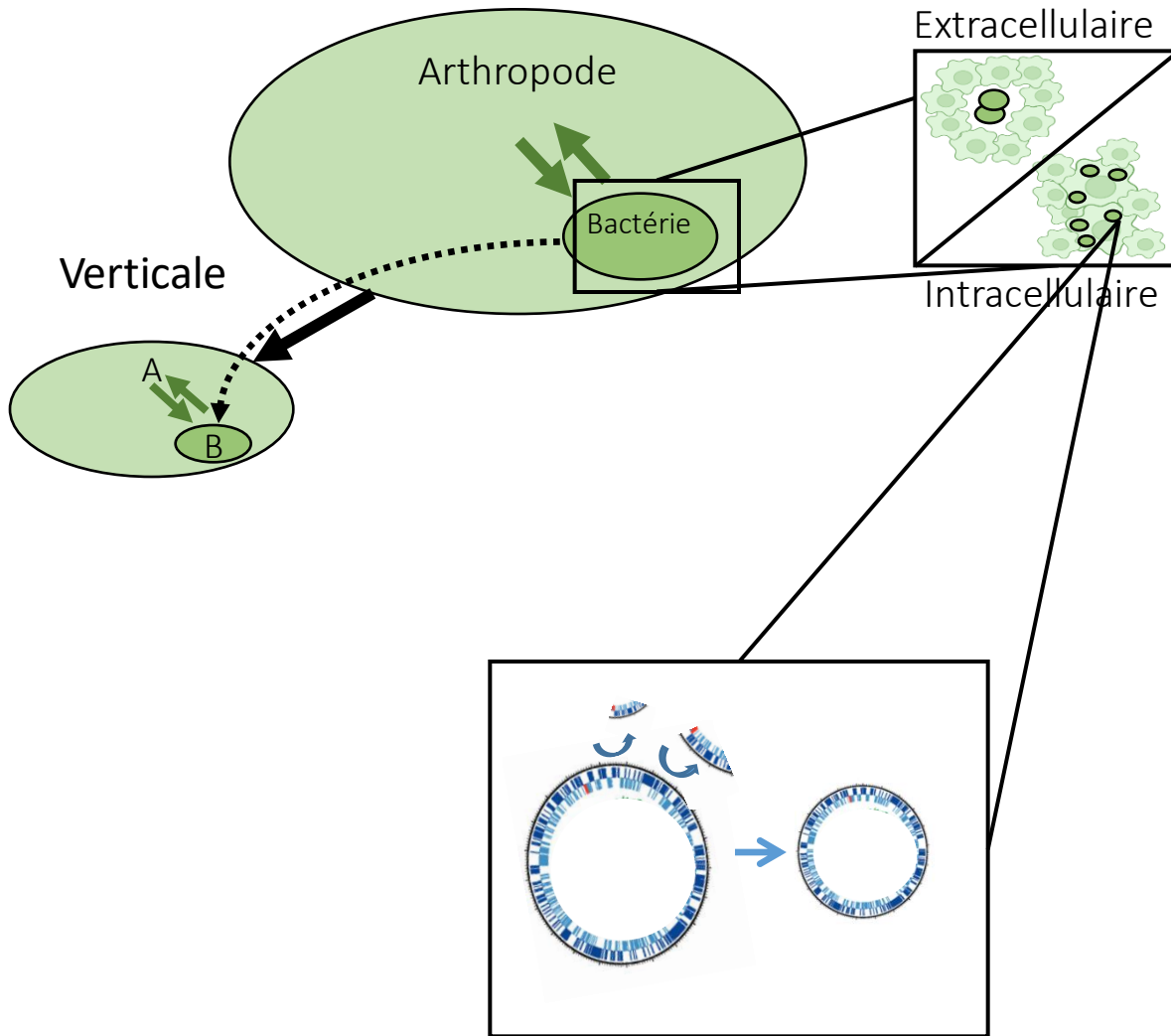


➔ Conséquences sur les génomes bactériens

- Observation de génomes réduits

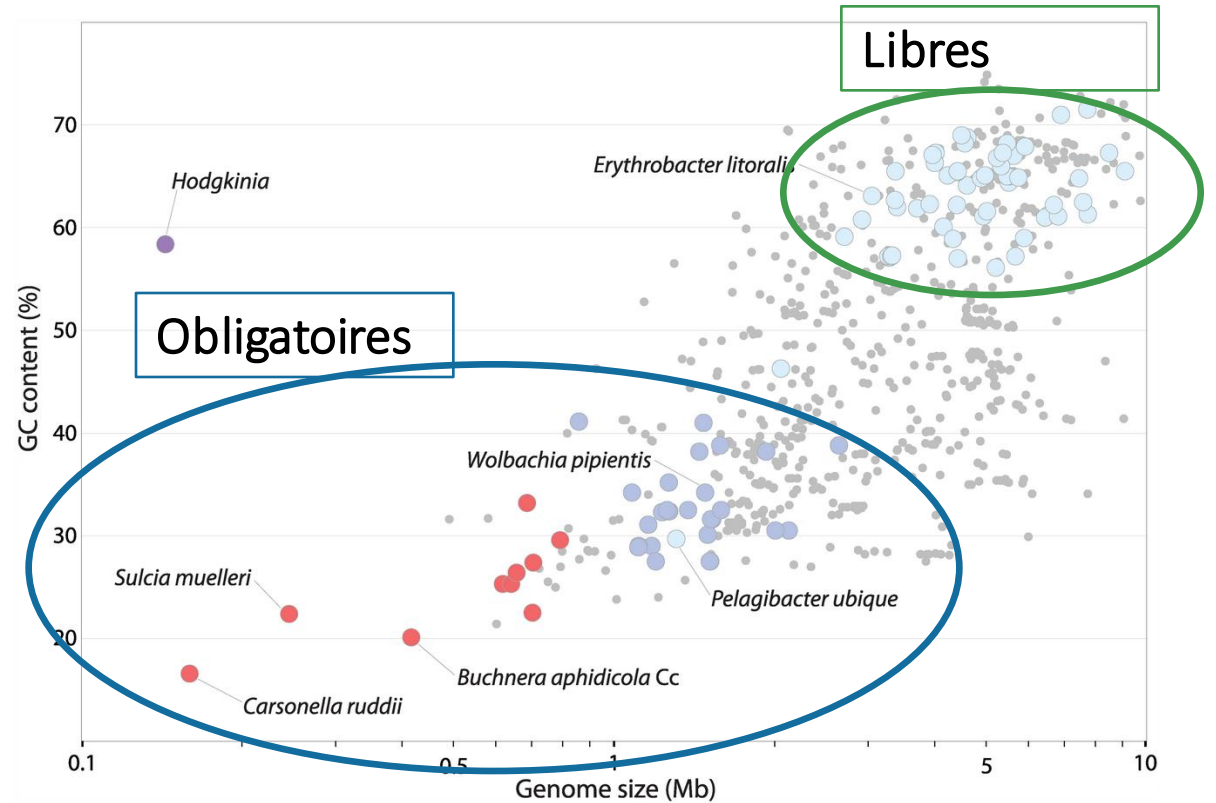


L'endosymbiose obligatoire arthropode/bactérie

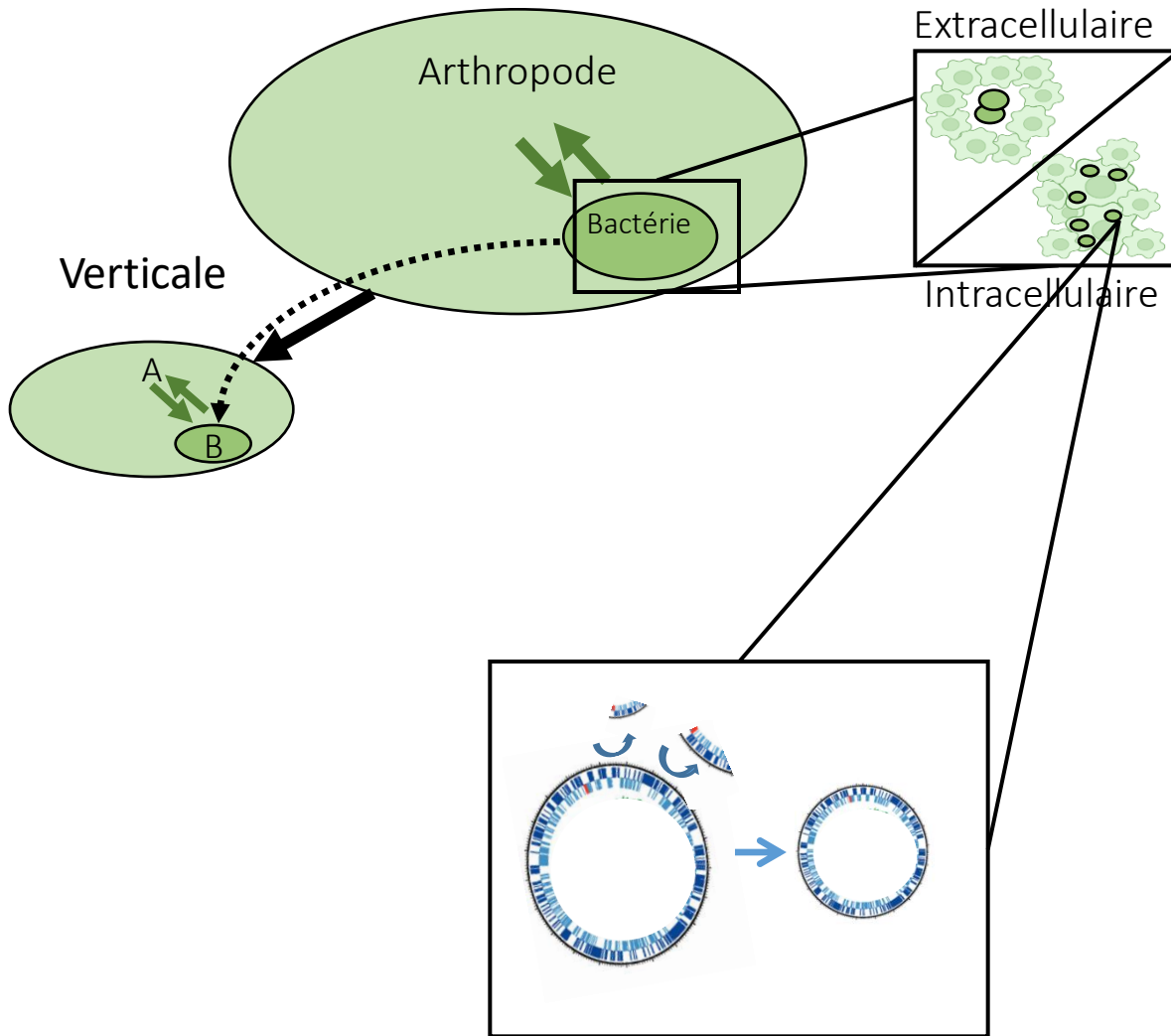


→ Conséquences sur les génomes bactériens

- Observation de génomes réduits
- Observation de taux de GC bas



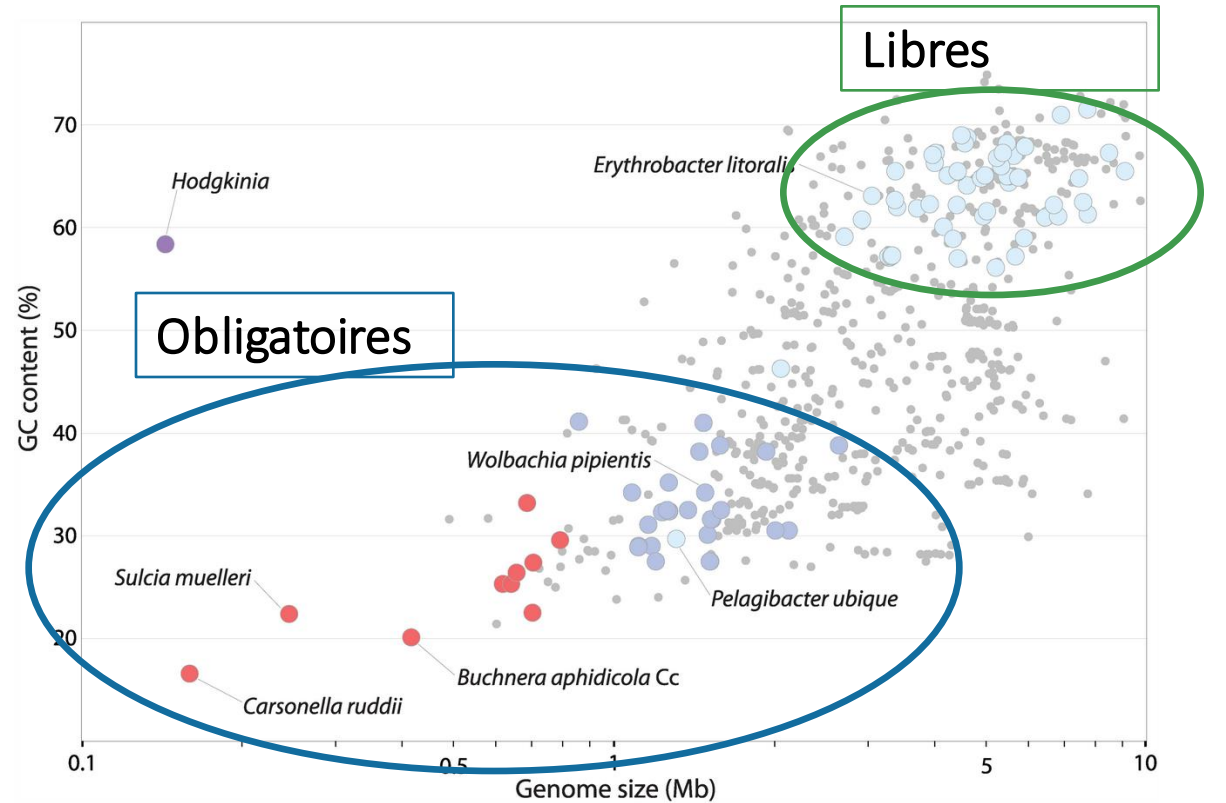
L'endosymbiose obligatoire arthropode/bactérie



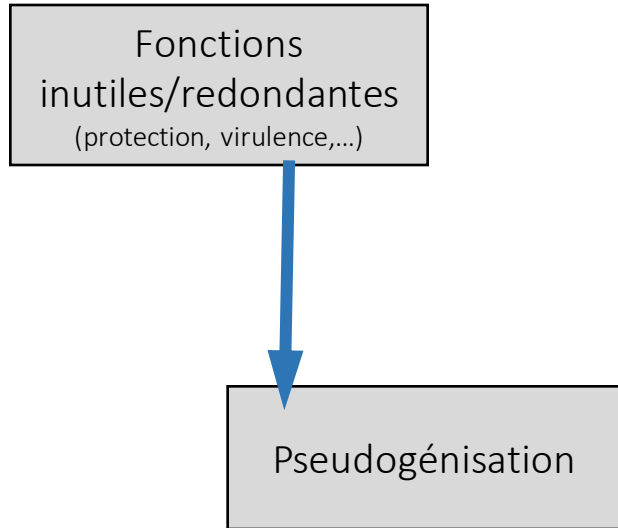
→ Pourquoi de telles observations ?

→ Conséquences sur les génomes bactériens

- Observation de génomes réduits
- Observation de taux de GC bas

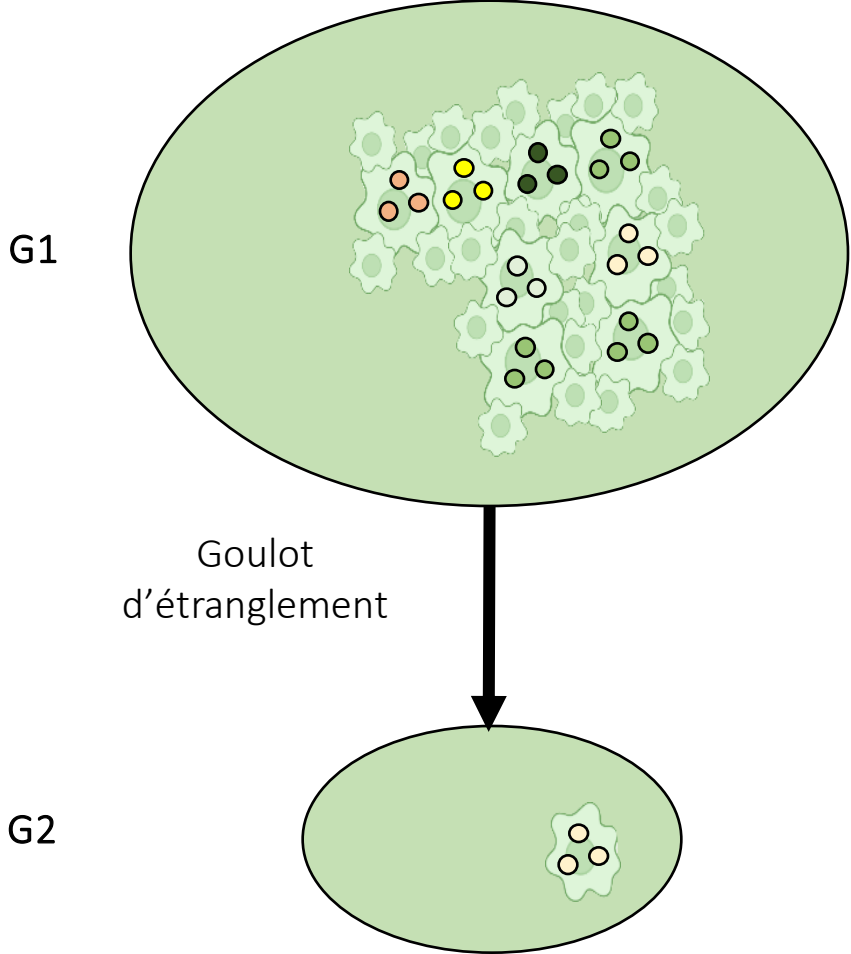
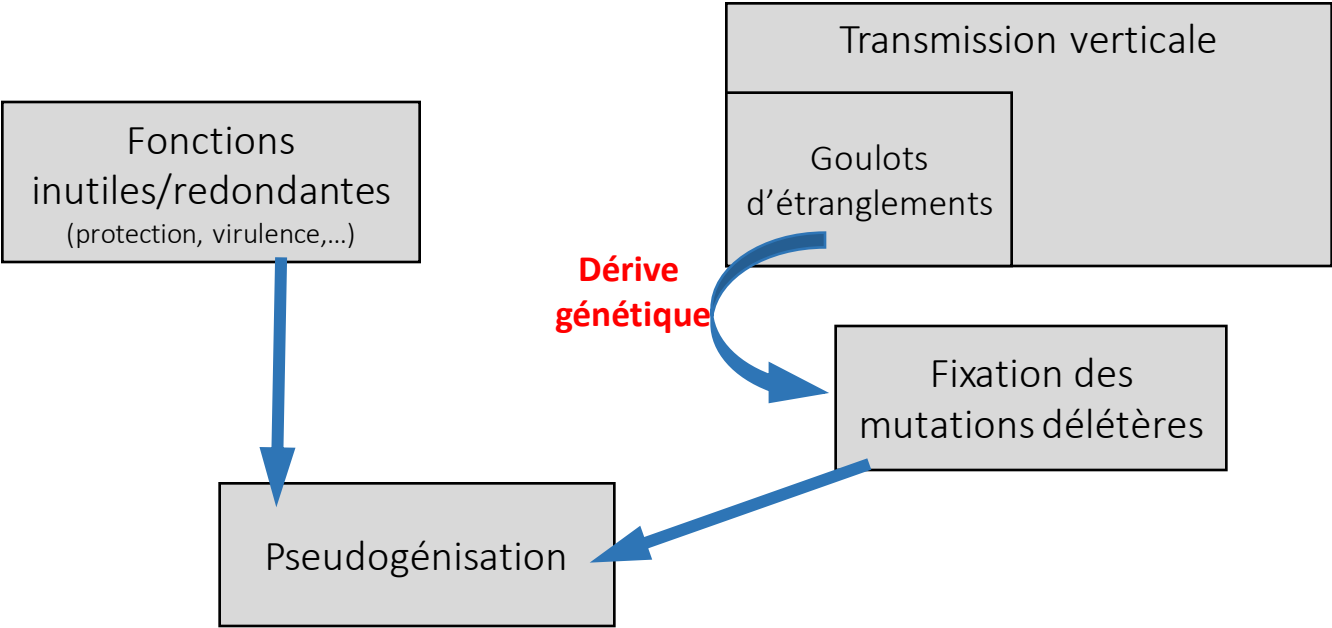


Évolution et réduction des génomes endosymbiotiques

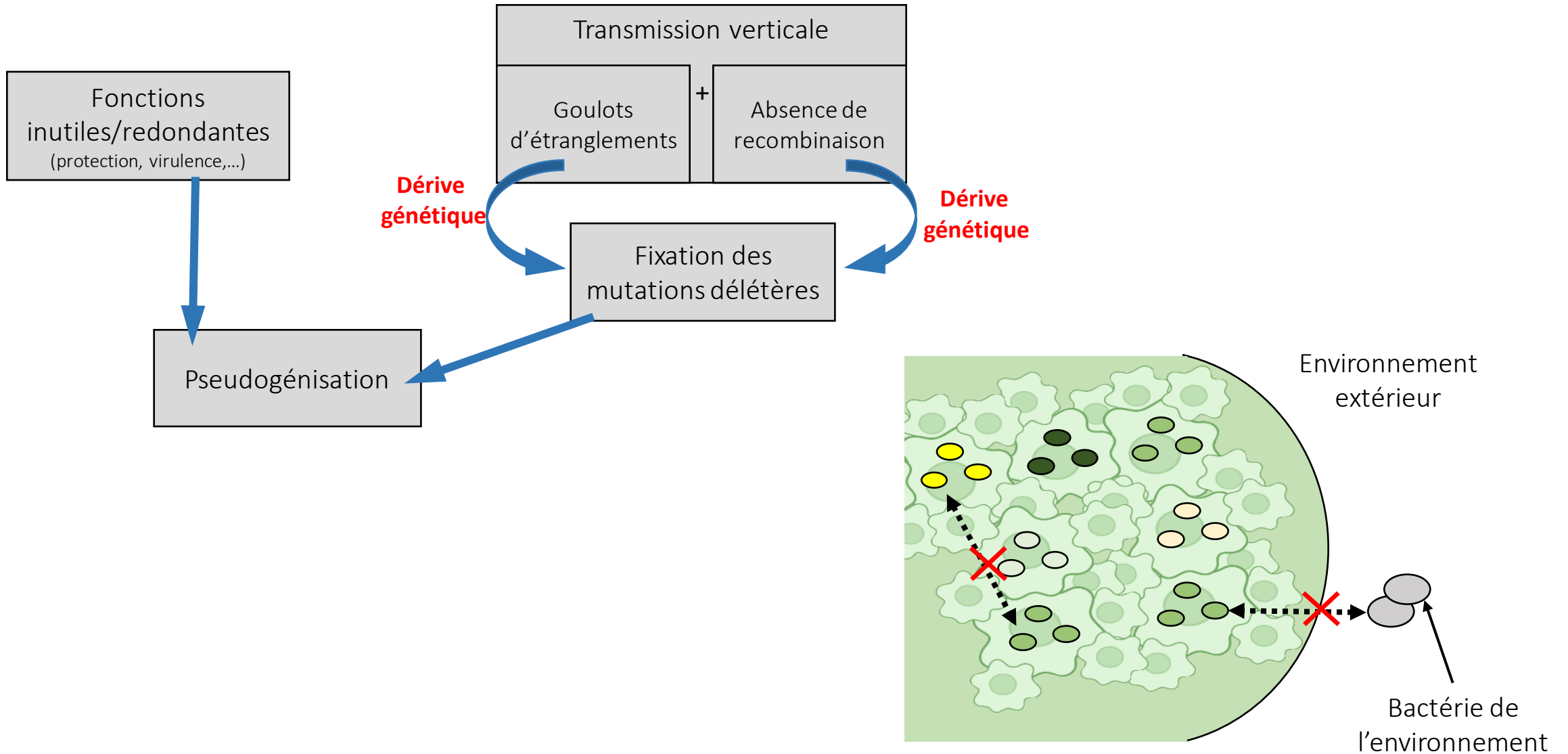


- ➔ Gènes sous sélection relâchée
- Présence de mutations
- Perte de fonction par les gènes

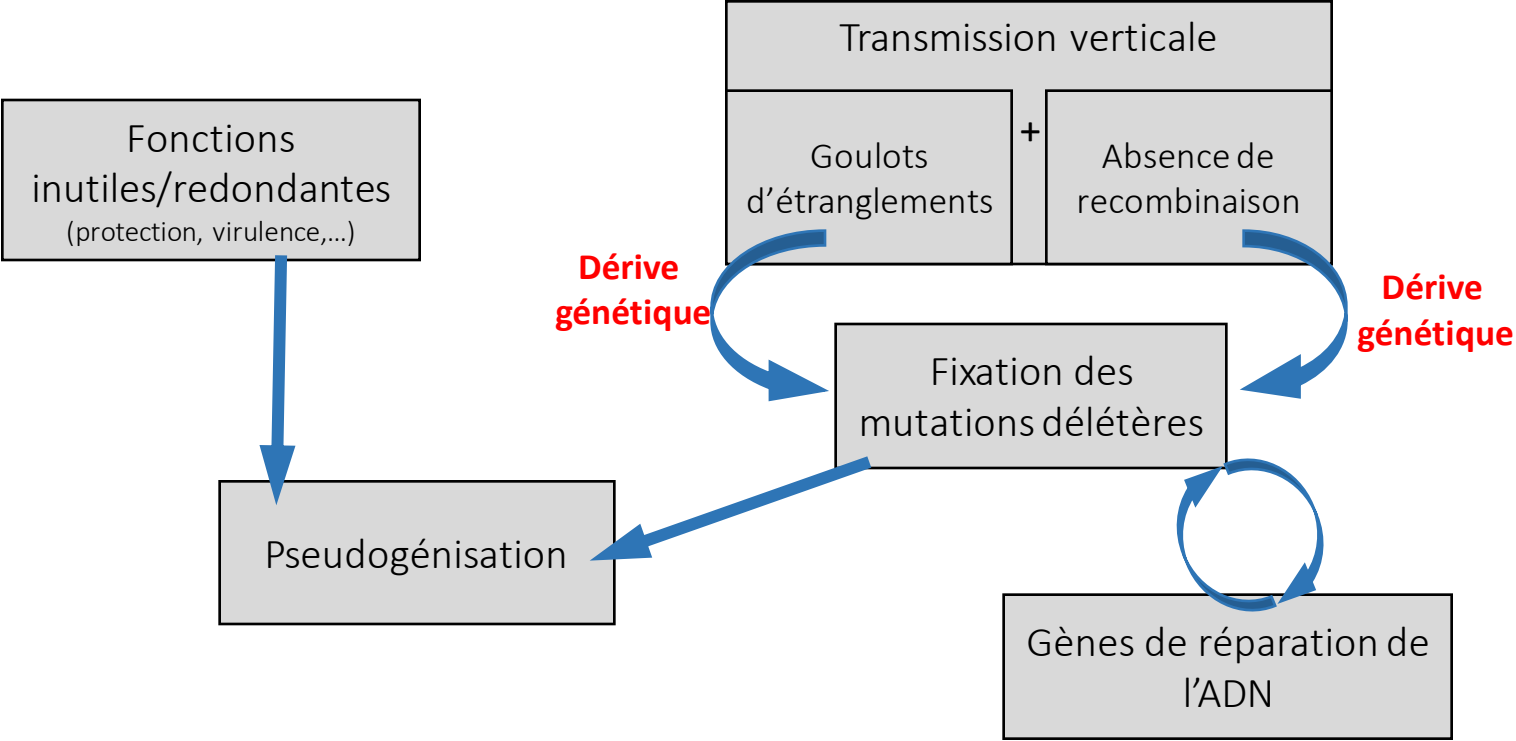
Évolution et réduction des génomes endosymbiotiques



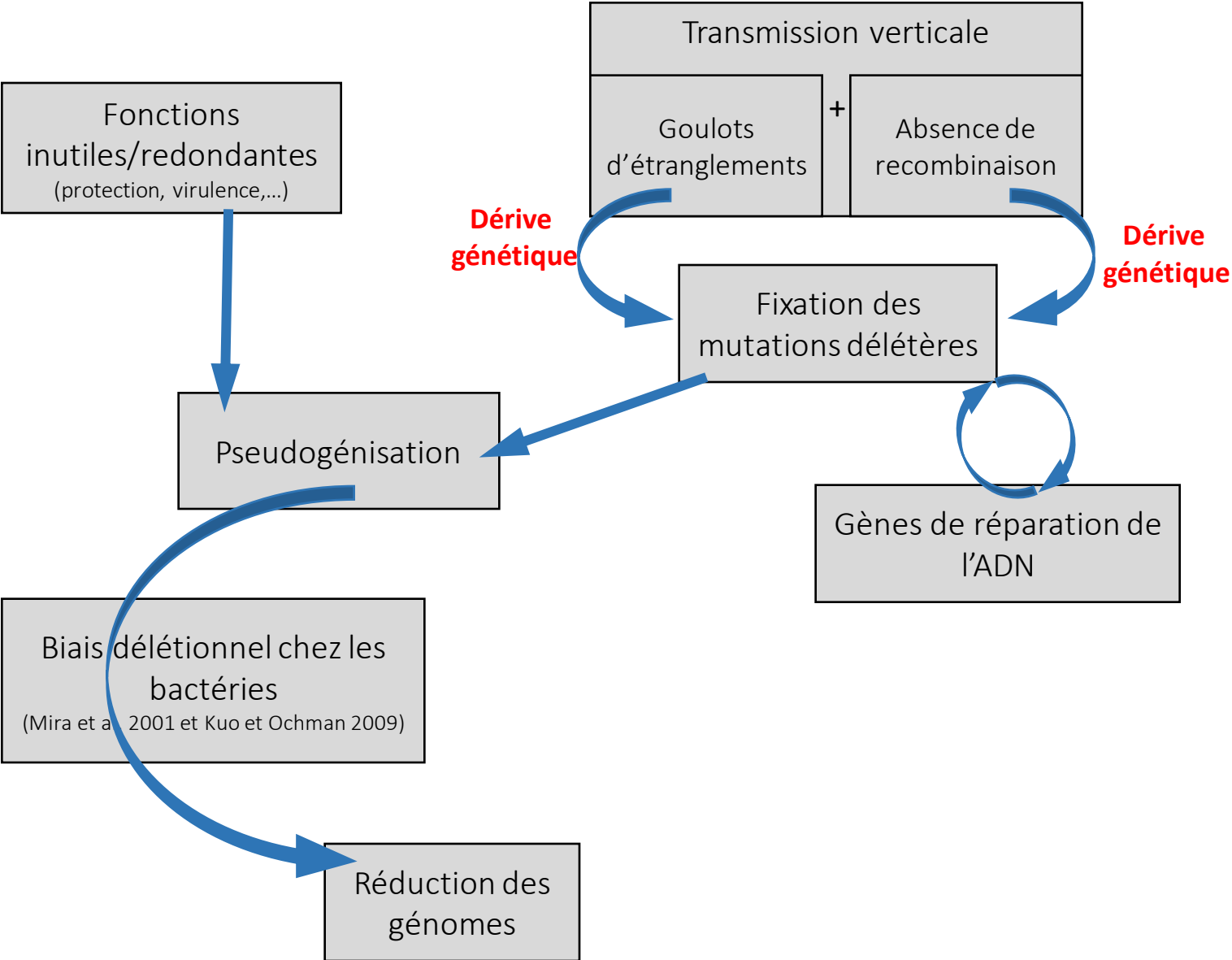
Évolution et réduction des génomes endosymbiotiques



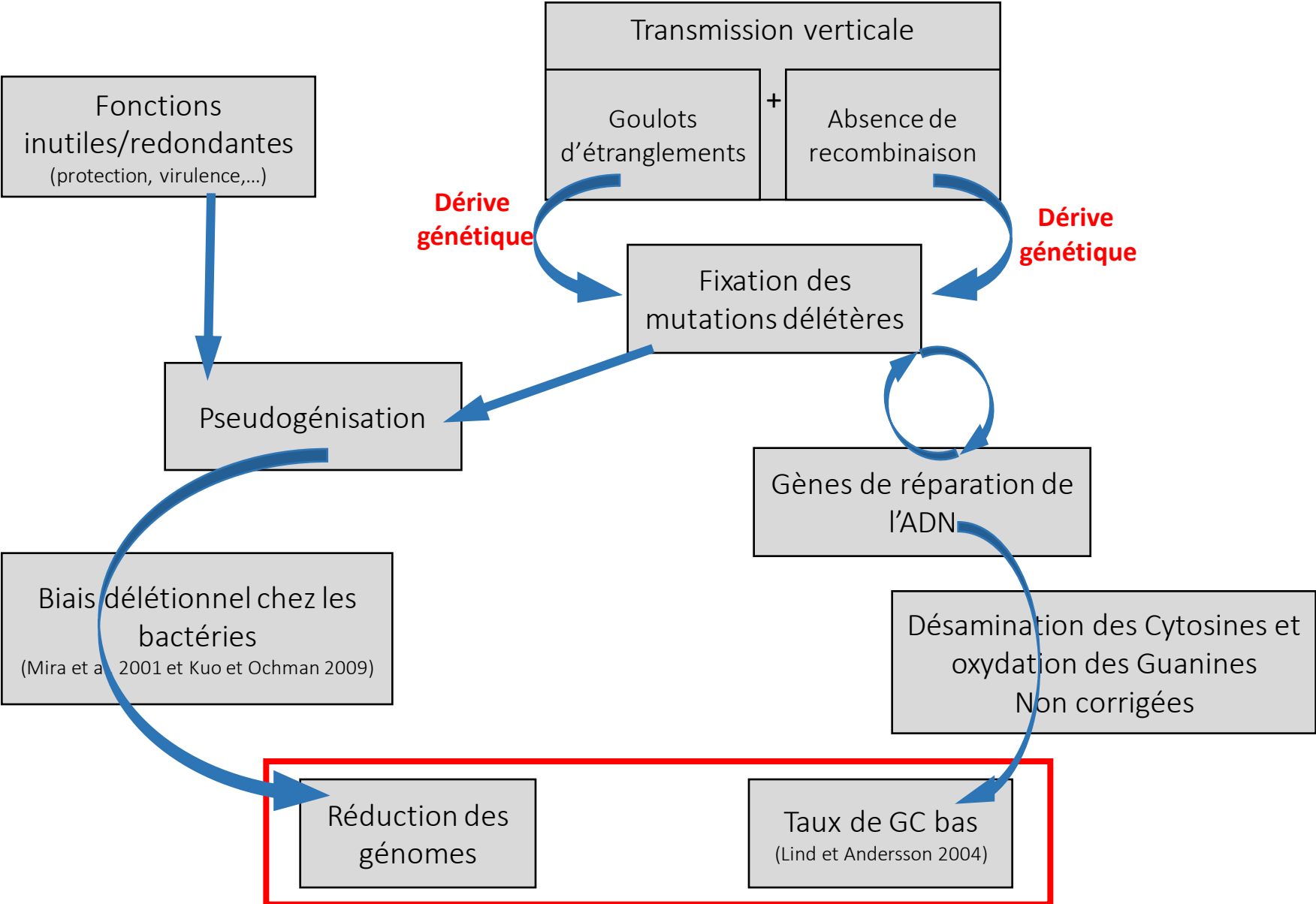
Évolution et réduction des génomes endosymbiotiques



Évolution et réduction des génomes endosymbiotiques



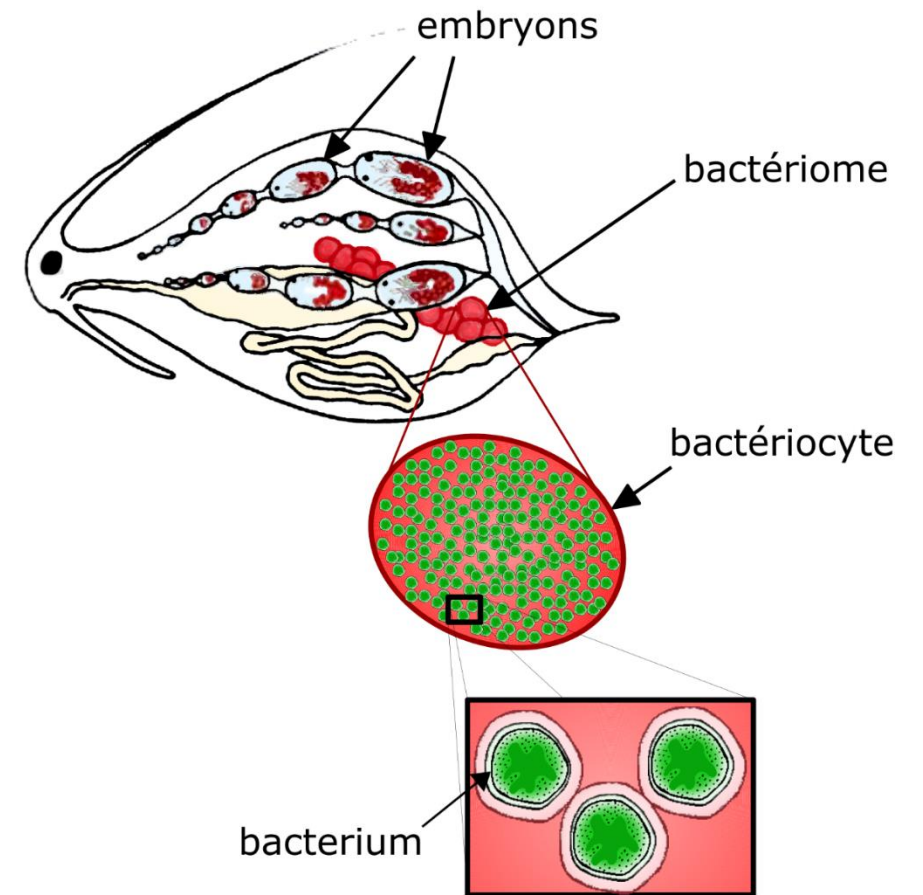
Évolution et réduction des génomes endosymbiotiques



L'endosymbiose chez le puceron

→ *Buchnera aphidicola* symbionte primaire des pucerons (Buchner 1953)

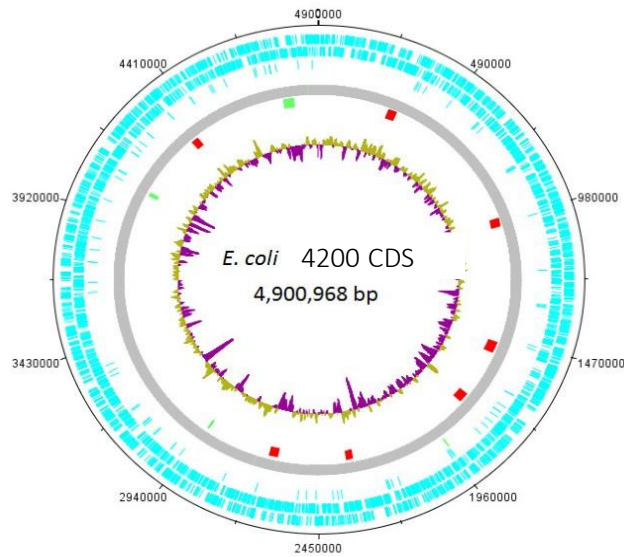
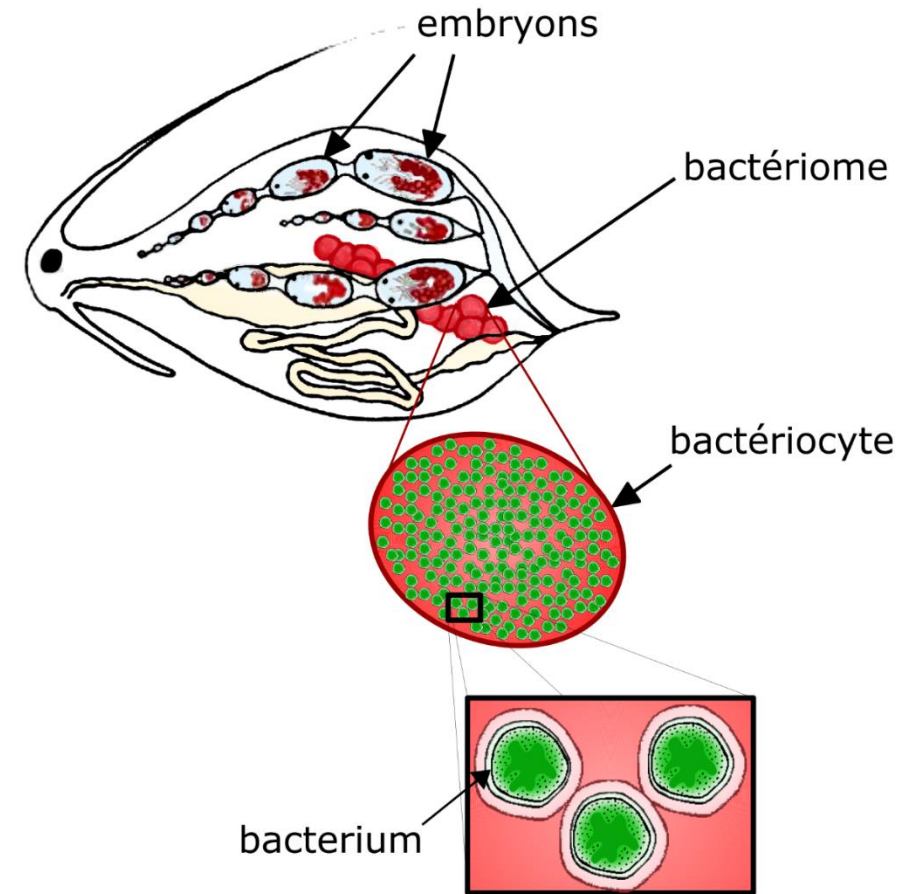
- Premier séquencé et plus étudié
- Endosymbionte obligatoire



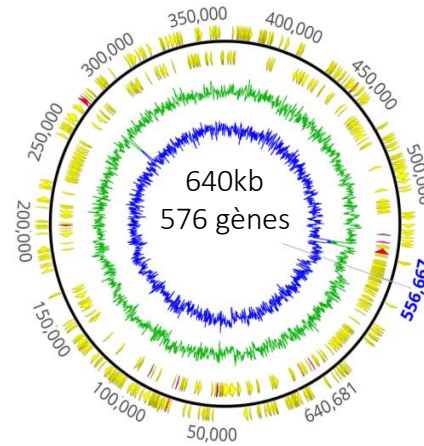
L'endosymbiose chez le puceron

→ *Buchnera aphidicola* symbionte primaire des pucerons (Buchner 1953)

- Premier séquencé et plus étudié
- Endosymbionte obligatoire
- Génome réduit et perte de gènes



E. coli



Buchnera

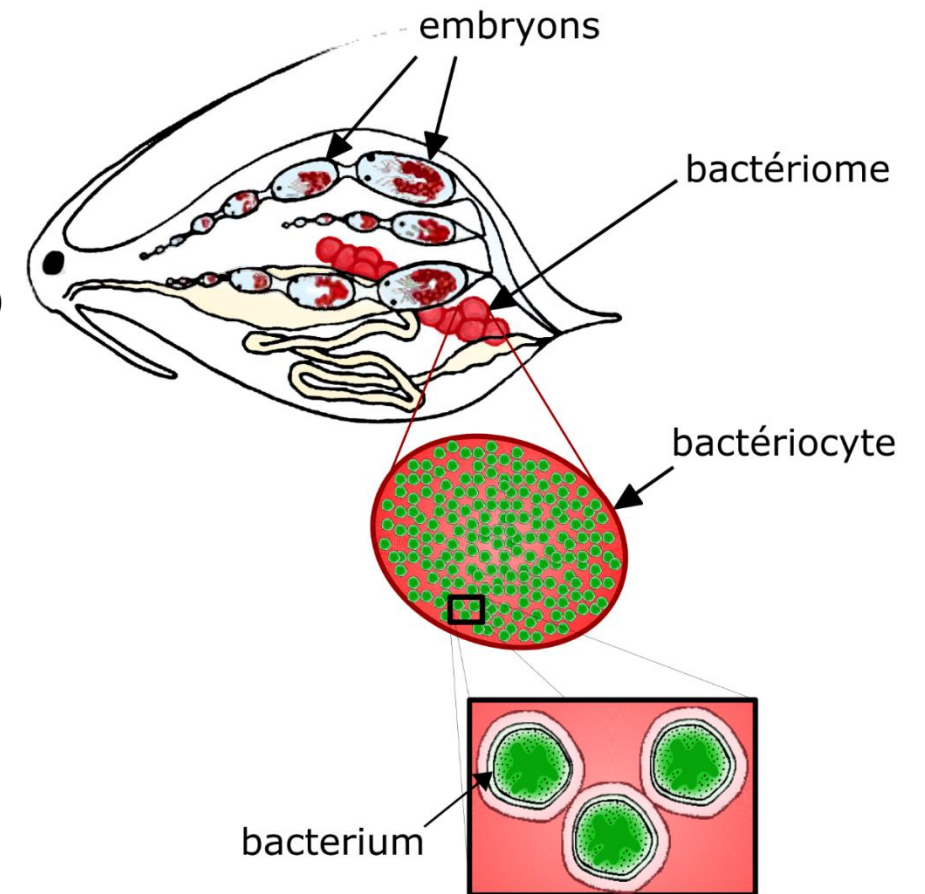
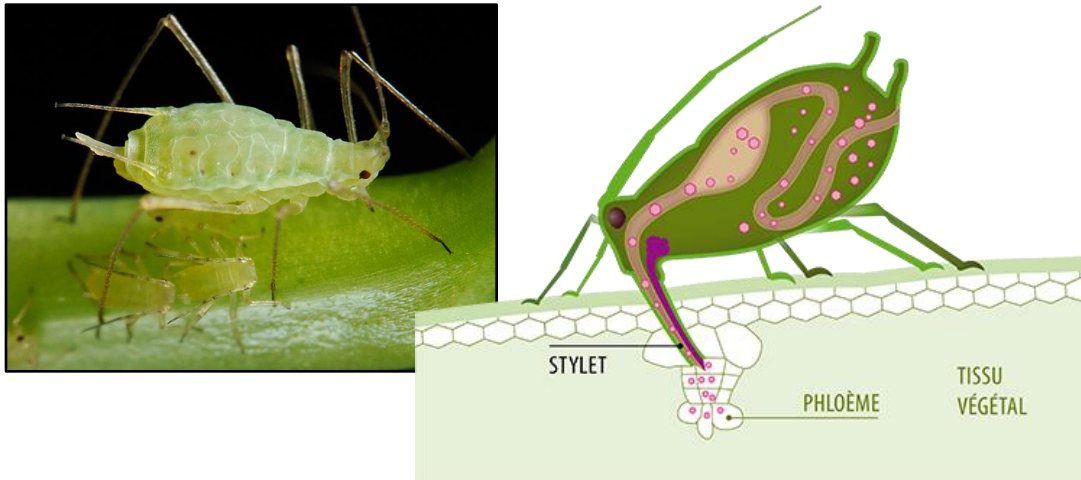
L'endosymbiose chez le puceron

→ *Buchnera aphidicola* symbionte primaire des pucerons (Buchner 1953)

- Premier séquencé et plus étudié
- Endosymbionte obligatoire
- Génome réduit et perte de gènes

→ Complémentes en AA et vitamines le puceron (Douglas 1998)

- Phloème pauvre en éléments essentiels

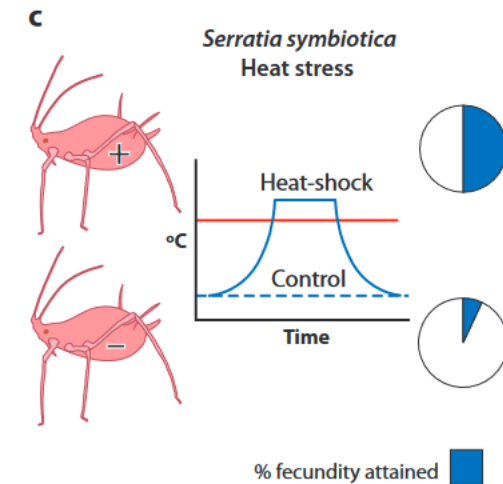
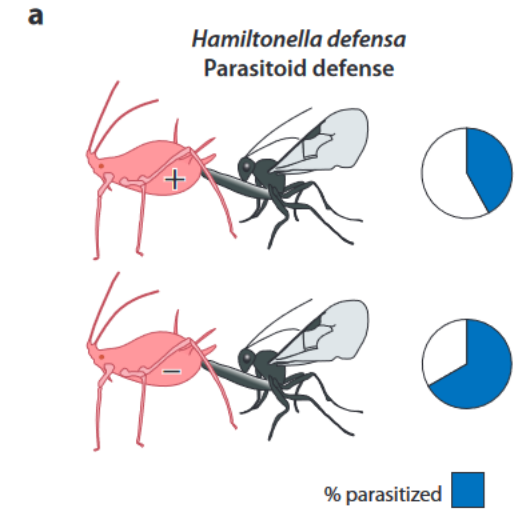
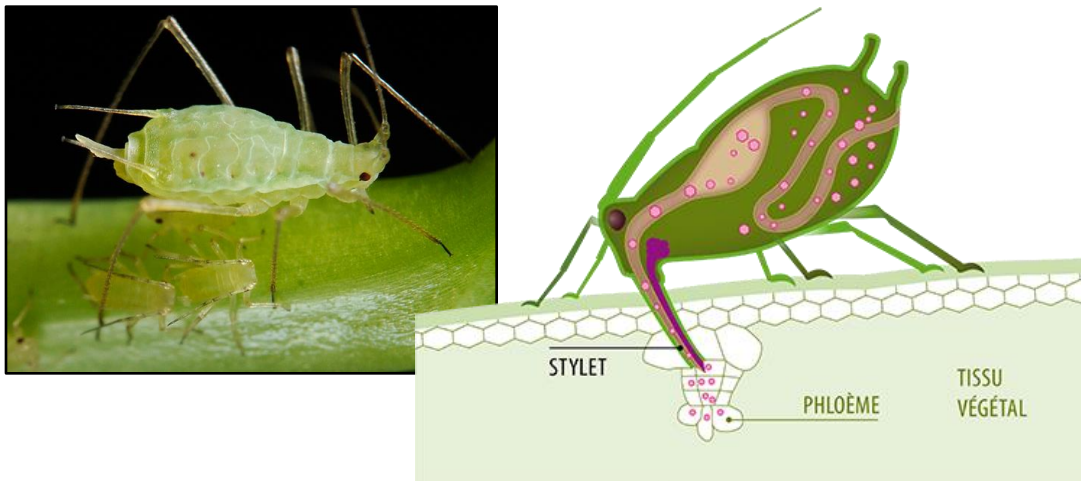


L'endosymbiose chez le puceron

→ Symbioses facultatives

- Présente chez certains individus seulement
- Très diversifié

(*Sodalis*, *Erwinia*, *Fukatsua*, *Serratia*, *Wolbachia*, *Hamiltonella*, *Rickettsia*...)



(Oliver et al. 2010)

L'endosymbiose chez le puceron

→ Symbioses facultatives

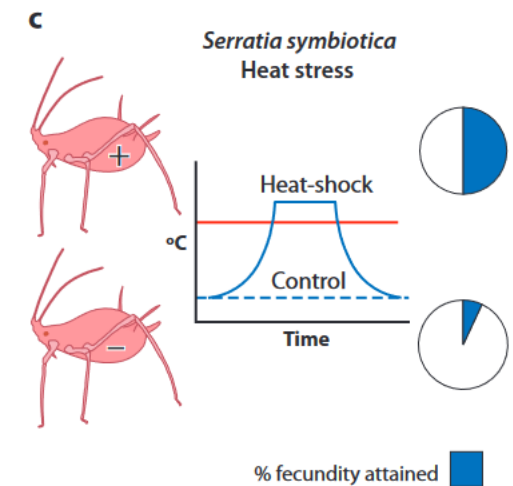
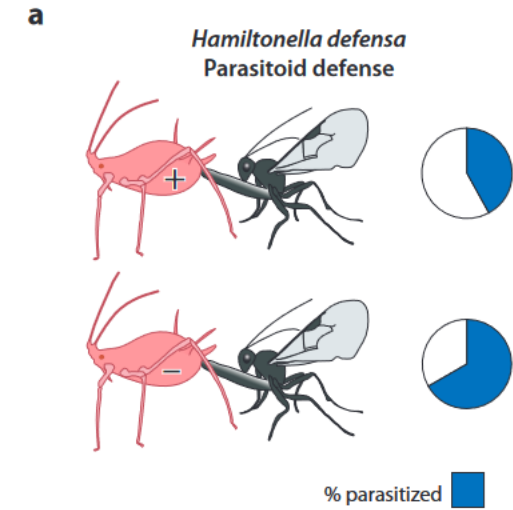
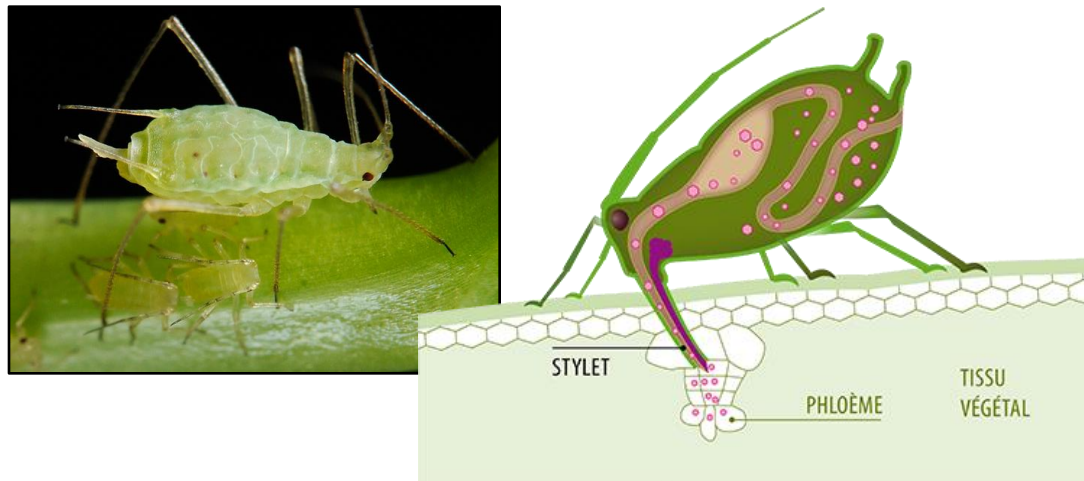
- Présente chez certains individus seulement

- Très diversifié

(*Sodalis*, *Erwinia*, *Fukatsua*, *Serratia*, *Wolbachia*, *Hamiltonella*, *Rickettsia*...)

- Rôles divers :

- Protection contre parasitoïde (*Hamiltonella defensa*)
- Résistance à des stress thermiques (*Serratia symbiotica*)

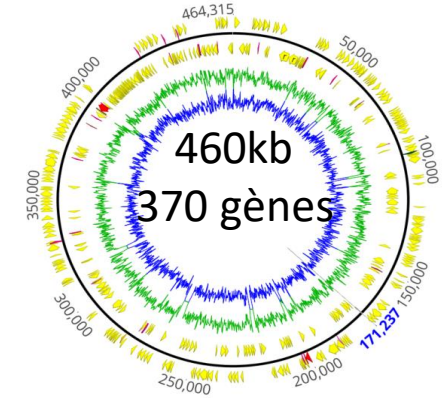


(Oliver et al. 2010)

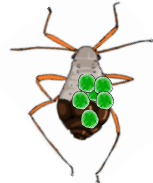
L' endosymbiose obligatoire chez les *Cinara*

→ *Cinara cedri* : Génome de *Buchnera* réduit et perte de gènes

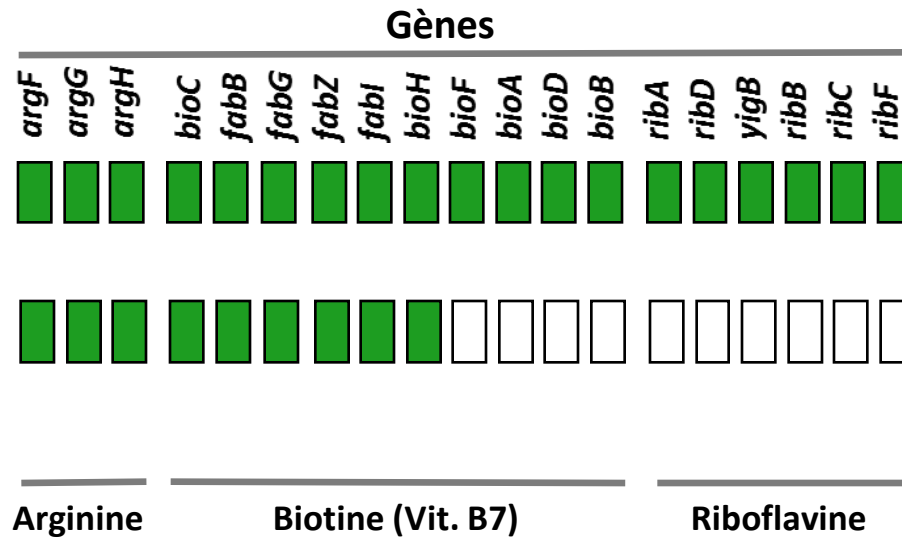
(Pérez-Brocal et al. 2006)



Système mono-symbiotique :
puceron du pois

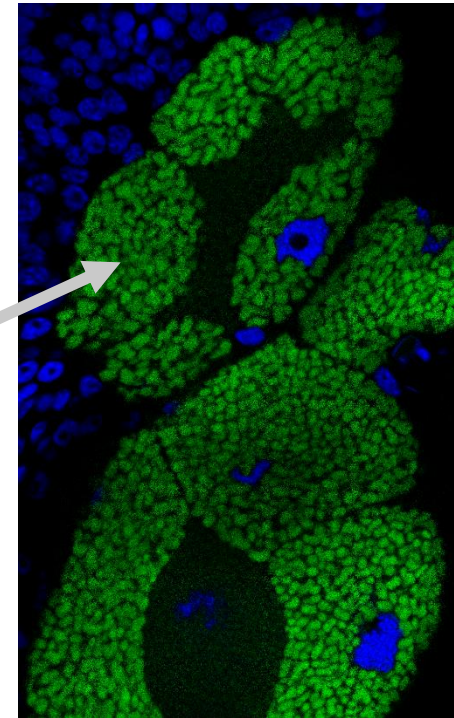


Système multi-symbiotique :
Cinara spp



Buchnera

Buchnera



(Rouil J.)

La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*

→ *Cinara cedri* : Génome de *Buchnera* réduit et perte de gènes

(Pérez-Brocal et al. 2006)

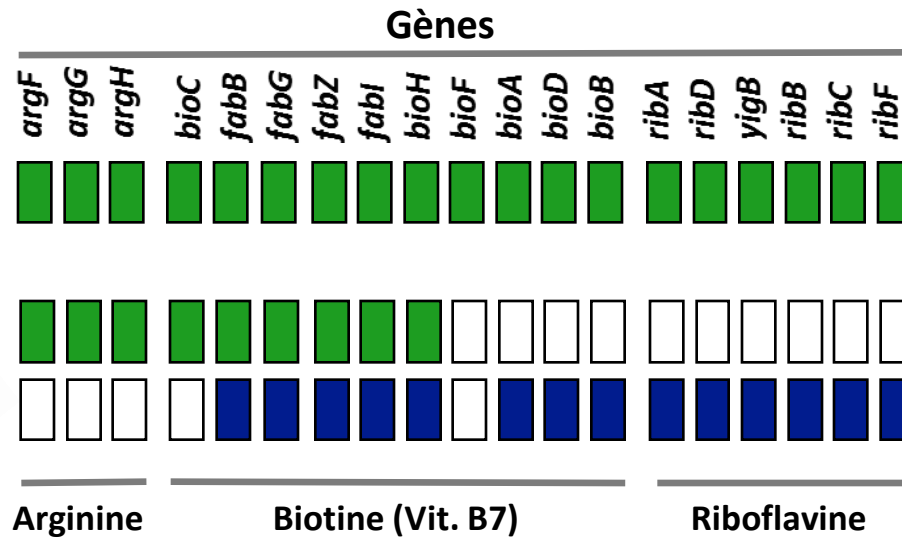
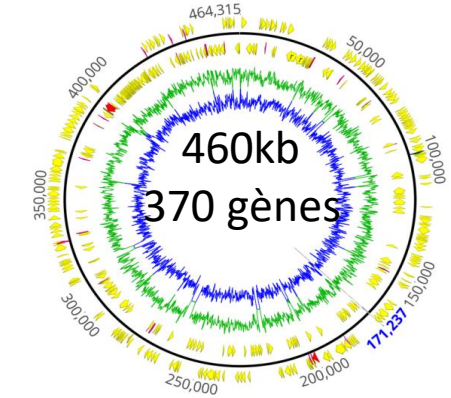
→ *Cinara cedri* : complémentation de *Buchnera* par *Serratia symbiotica*

(Lamelas et al. 2008 et Gosalbes et al. 2008)

Système mono-symbiotique :
puceron du pois



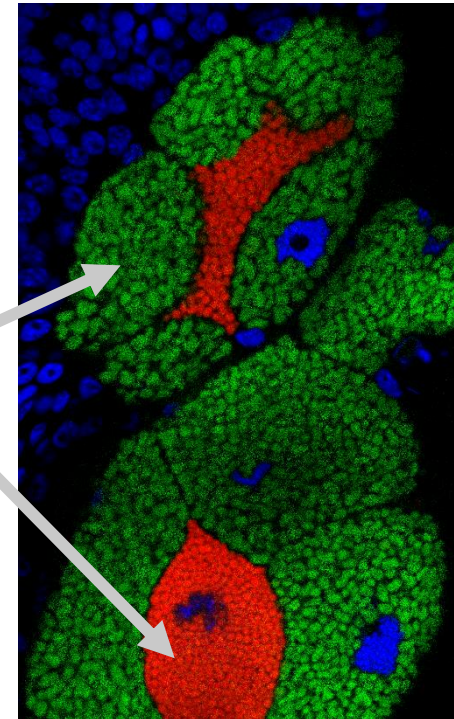
Système multi-symbiotique :
Cinara spp



Buchnera

Buchnera

Symbiote II



(Rouil J.)

La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*

→ *Cinara cedri* : Génome de *Buchnera* réduit et perte de gènes

(Pérez-Brocal et al. 2006)

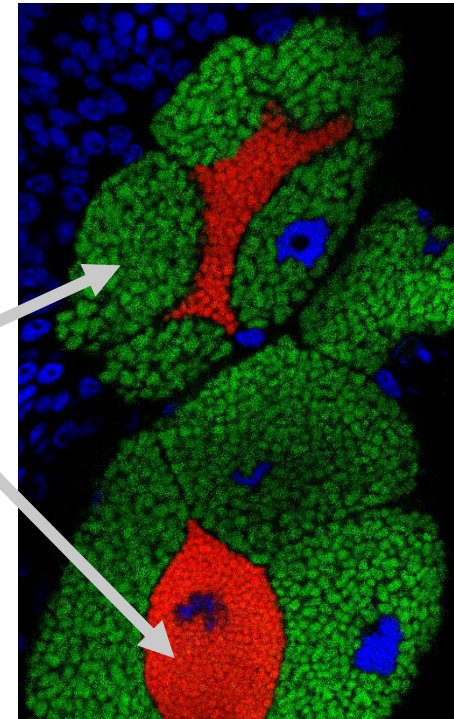
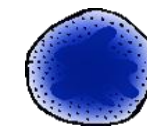
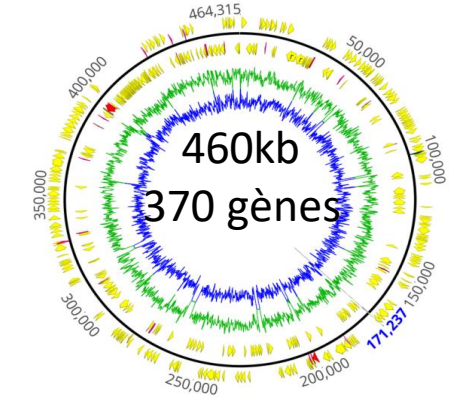
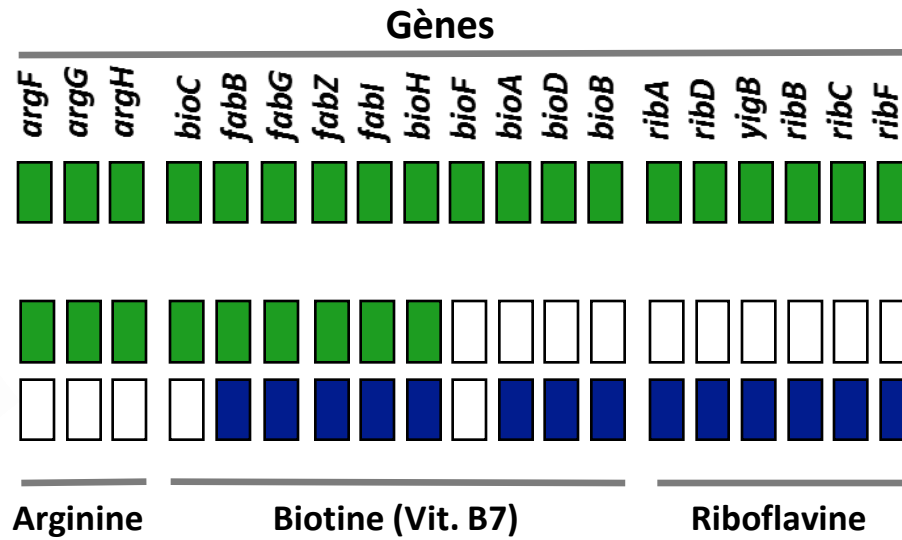
→ *Cinara cedri* : complémentation de *Buchnera* par *Serratia symbiotica*

(Lamelas et al. 2008 et Gosalbes et al. 2008)

Système mono-symbiotique :
puceron du pois



Système multi-symbiotique :
Cinara spp



(Rouil J.)

La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*

→ *Cinara cedri* : Génome de *Buchnera* réduit et perte de gènes

(Pérez-Brocal et al. 2006)

→ *Cinara cedri* : complémentation de *Buchnera* par *Serratia symbiotica*

(Lamelas et al. 2008 et Gosalbes et al. 2008)

→ Observations similaires chez *Cinara tujaefilina* (Manzano-Marín et al. 2016)



(Pančić I.)



(Rouïl J.)

La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*

→ Les *Cinara*

- 248 espèces
- Répartis dans tout l'hémisphère Nord
- Exclusivement sur les conifères



(Pančić I.)



(Rouil J.)



(Pilon C.)

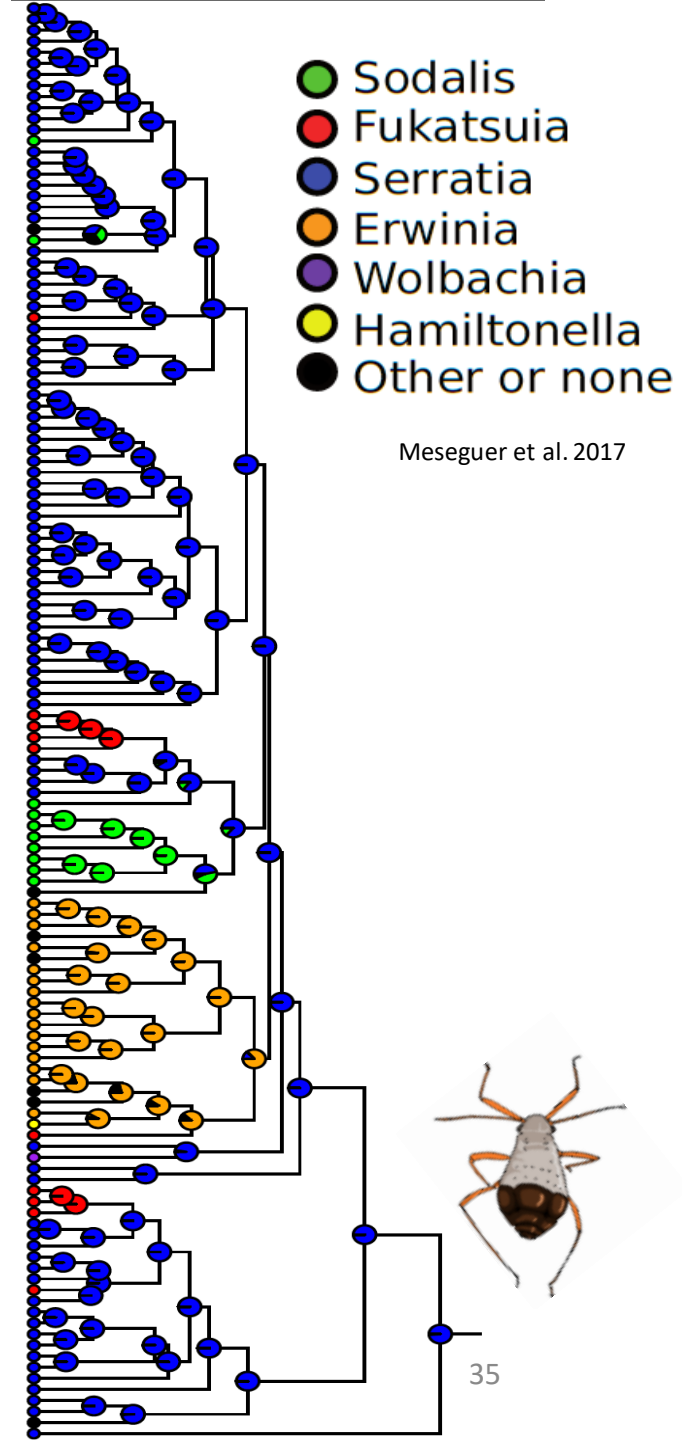


(Pilon C.)

La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*

→ L'histoire évolutive des *Cinara* (Meseguer et al. 2017)

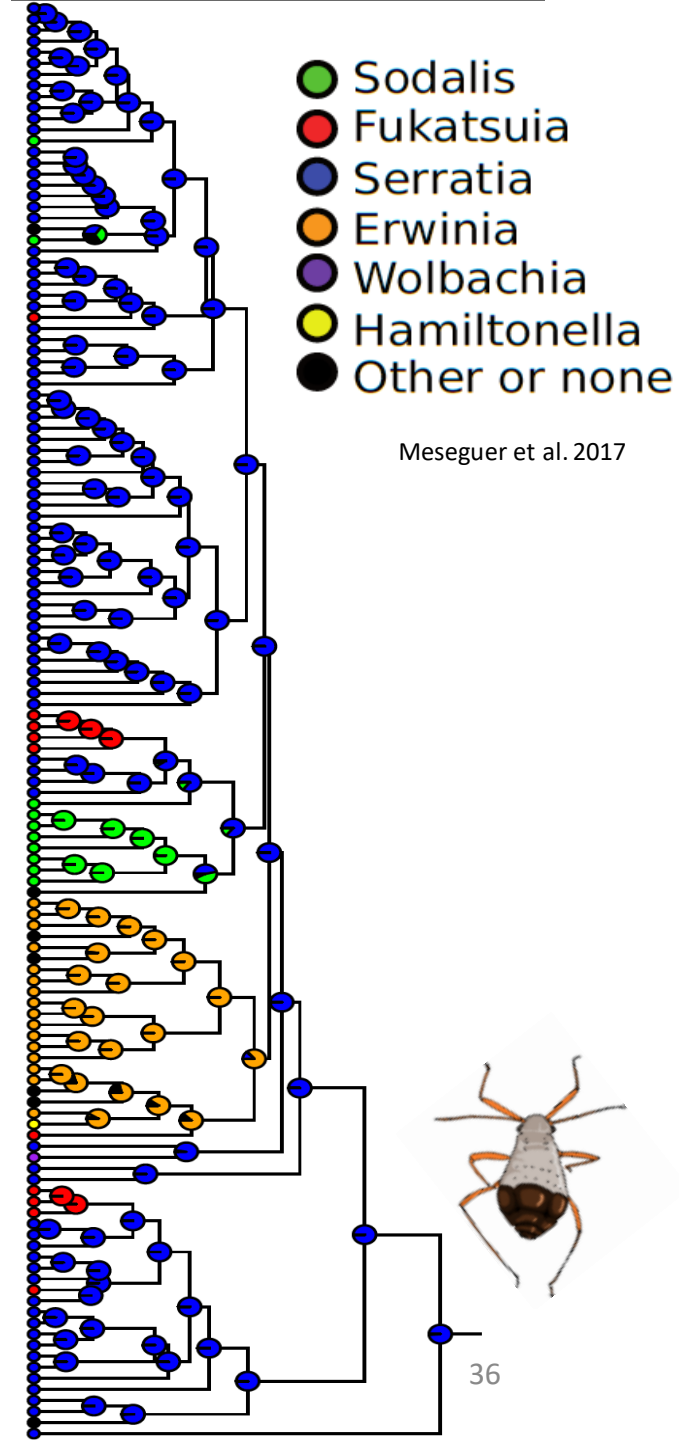
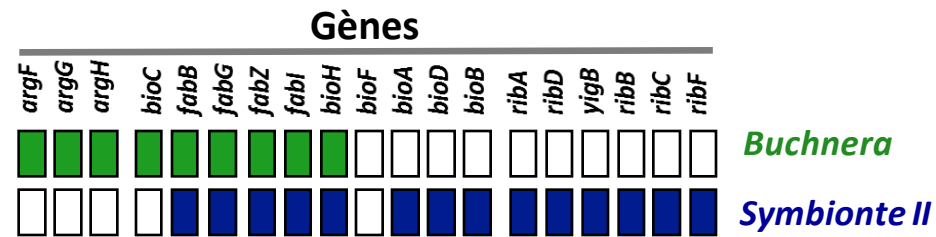
- Endosymbiontes omniprésents (via screening 16S)
- Différentes espèces



La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*

→ L'histoire évolutive des *Cinara* (Meseguer et al. 2017)

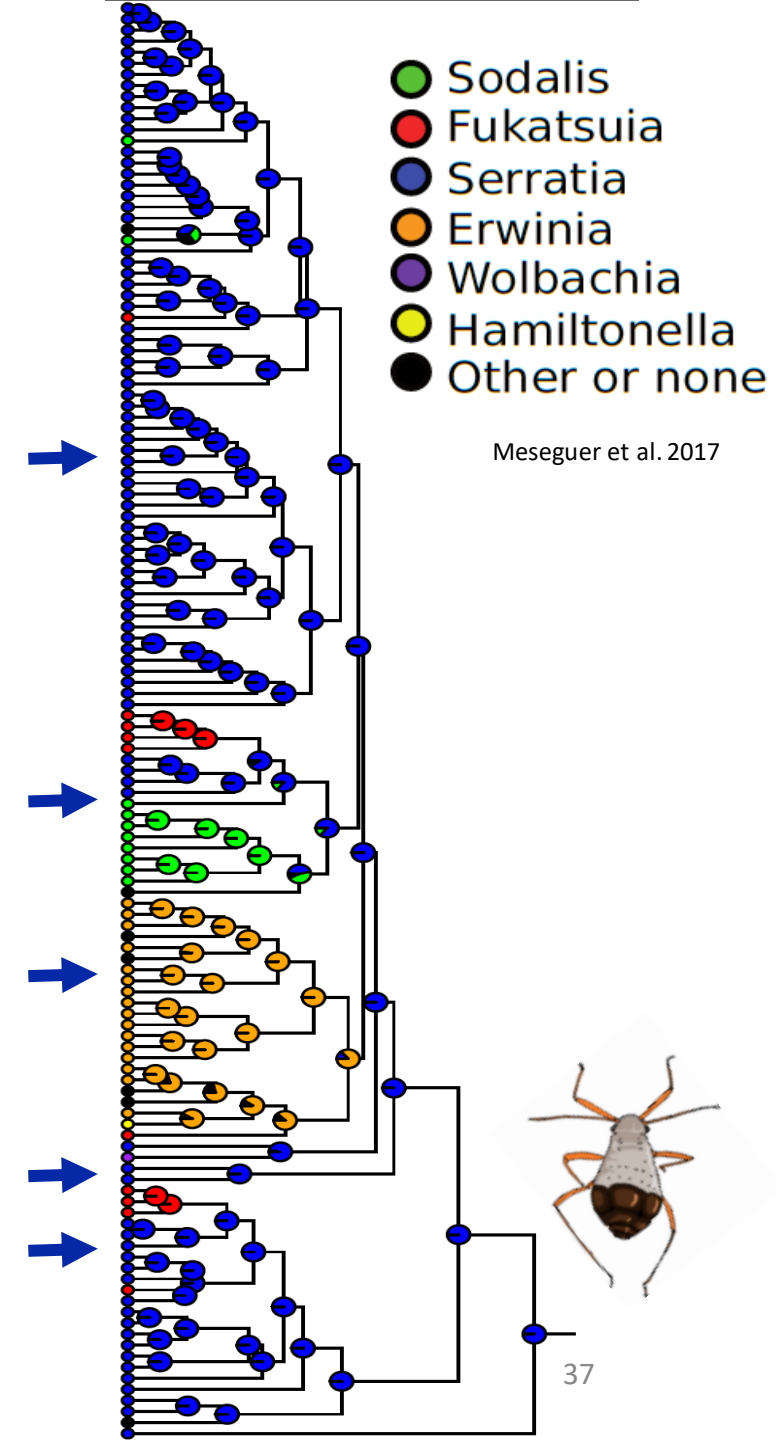
- Endosymbiontes omniprésents (via screening 16S)
- Différentes espèces
- Hypothèse d'un rôle de complémentation



La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*



→ L'histoire évolutive des *Cinara* (Meseguer et al. 2017)

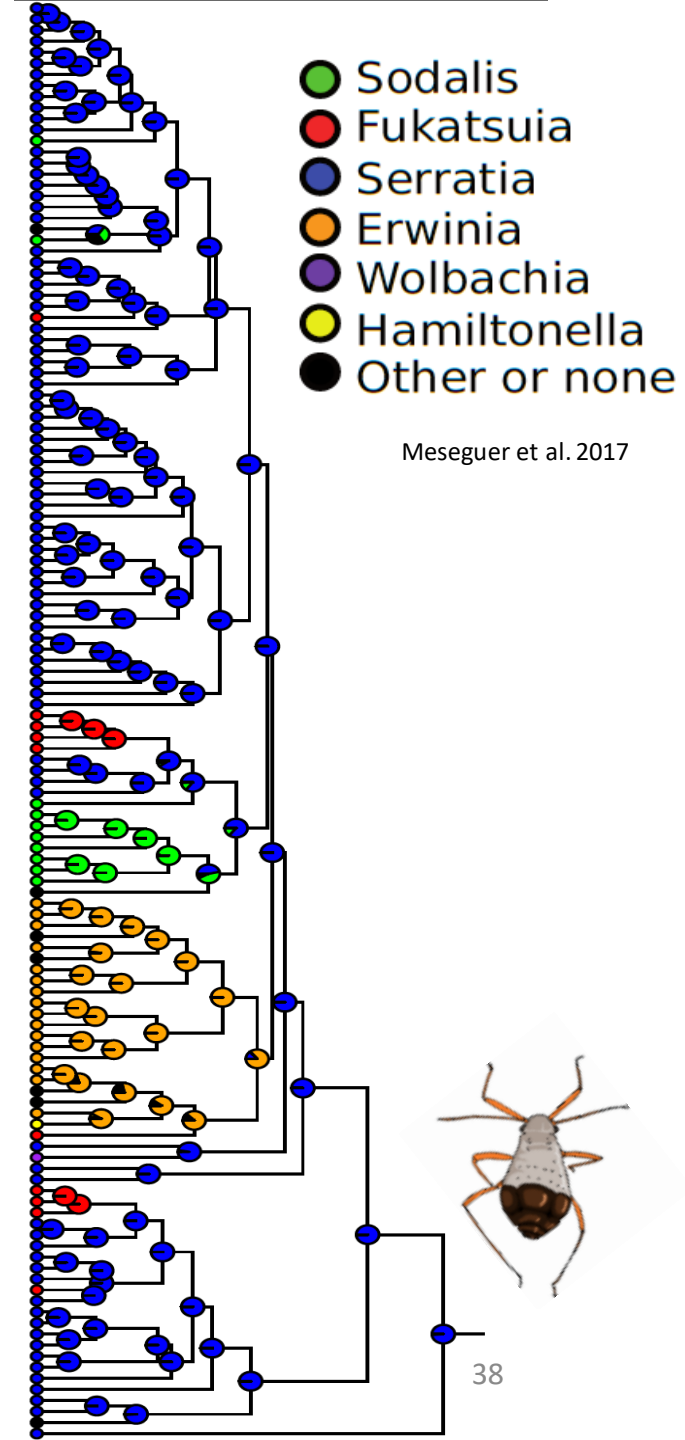
- Endosymbiontes omniprésents (via screening 16S)
- Différentes espèces
- Hypothèse d'un rôle de complémentation
 - Cas vérifiés par les données génomiques des bactéries →



La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*

→ L'histoire évolutive des *Cinara* (Meseguer et al. 2017)

- Endosymbiontes omniprésents (via screening 16S)
- Différentes espèces
- Hypothèse d'un rôle de complémentation
- Pas de lien entre niche écologique  et co-symbionte 

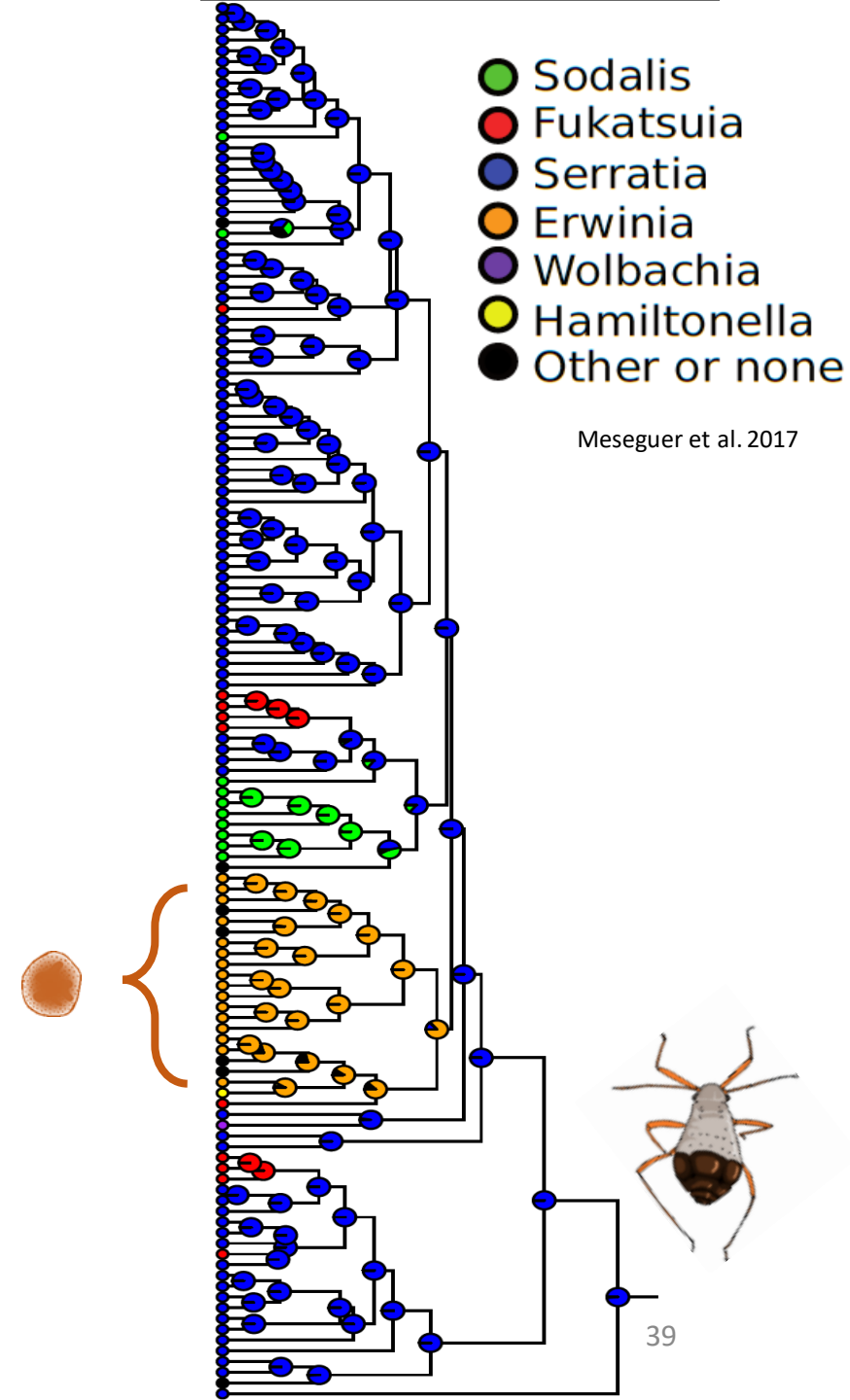


La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*

→ L'histoire évolutive des *Cinara* (Meseguer et al. 2017)

- Endosymbiontes omniprésents (via screening 16S)
- Différentes espèces
- Hypothèse d'un rôle de complémentation
- Pas de lien entre niche écologique et co-symbionte

→ Co-évolution entre *Cinara* et *Erwinia* (Manzano-Marín et al. 2020)



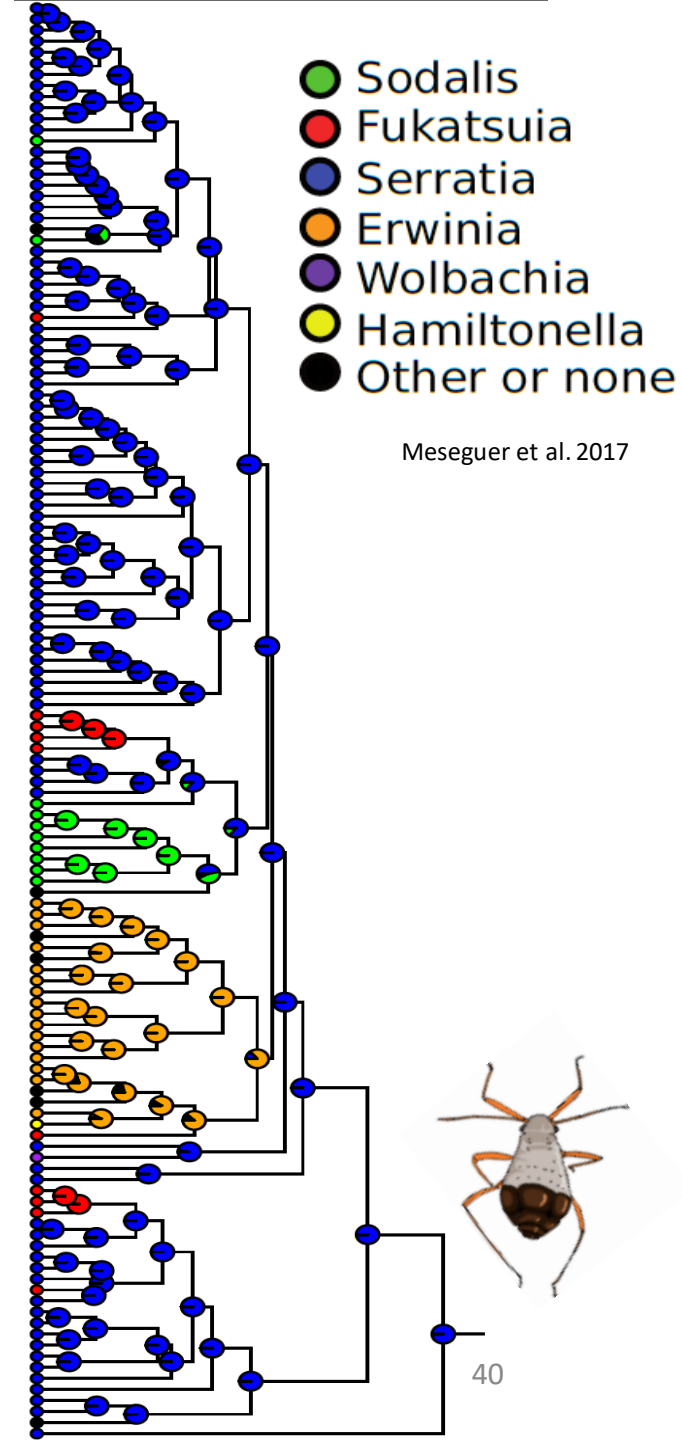
La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*

→ L'histoire évolutive des *Cinara* (Meseguer et al. 2017)

- Endosymbiontes omniprésents (via screening 16S)
- Différentes espèces
- Hypothèse d'un rôle de complémententation
- Pas de lien entre niche écologique et co-symbionte

→ Co-évolution entre *Cinara* et *Erwinia* (Manzano-Marín et al. 2020)

→ Histoire de l'association entre *Cinara* et *Serratia*



Meseguer et al. 2017

La co-symbiose obligatoire chez les *Cinara*

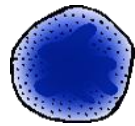
→ Objectif de mon projet de thèse :

- Quelle est l'histoire de l'association *Cinara/Serratia* ?
 - La distribution dans la phylogénie suggère 1 acquisition
 - L'analyse des génomes suggère plusieurs acquisitions



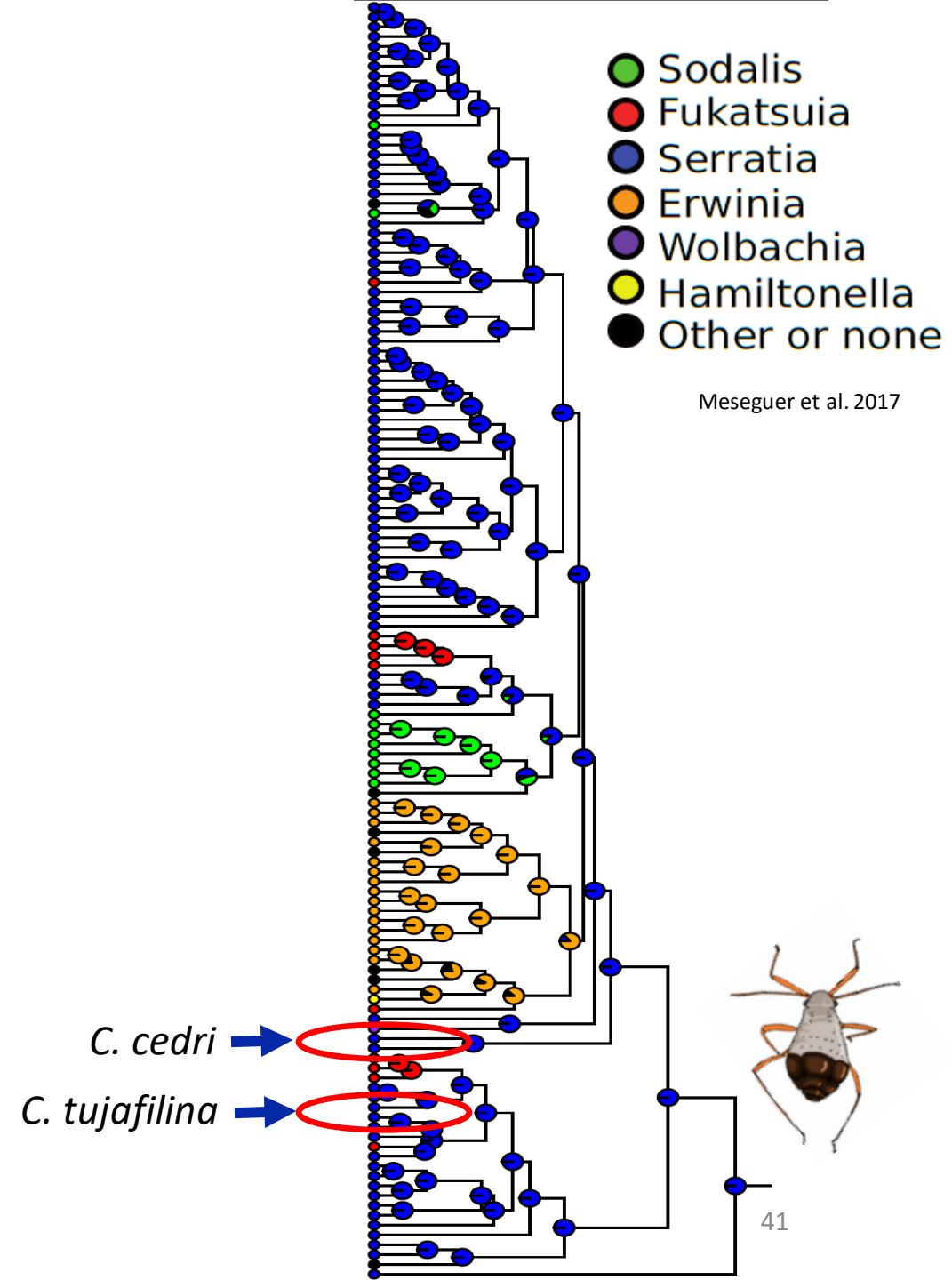
C. tujaefilina

- Extracellulaire
- Gros génome



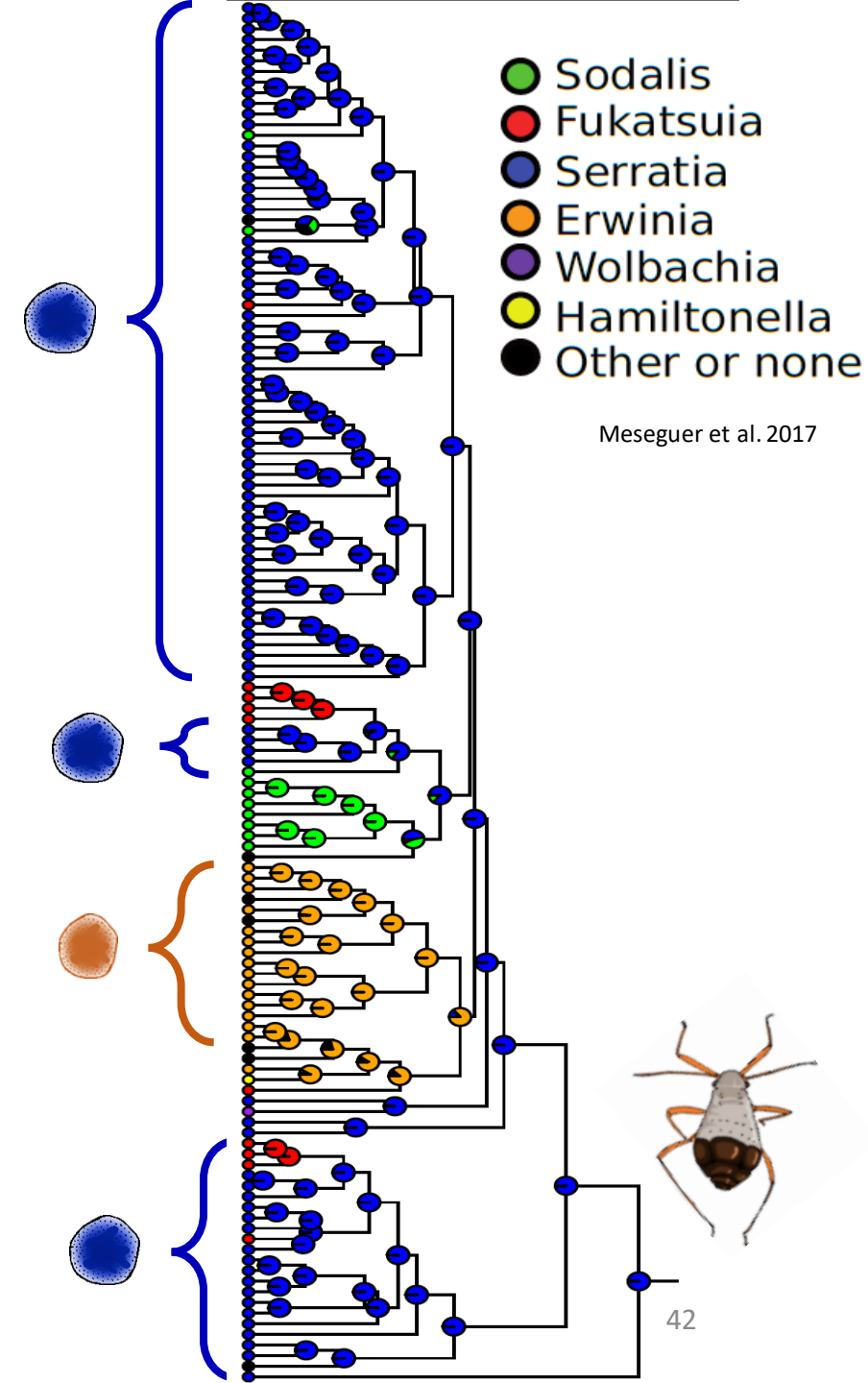
C. cedri

- Intracellulaire
- Petit génome



→ Objectif de mon projet de thèse :

- Quelle est l'histoire de l'association *Cinara/Serratia* ?
 - La répartition suggère 1 acquisition
 - L'analyse des génomes suggère plusieurs acquisitions
- Comment évoluent les génomes dans le cas d'une co-évolution des deux symbiontes ?
 - Complémentation métabolique
 - Stabilité des génomes
 - Taux d'évolution
 - Régimes de sélection et pertes de gènes

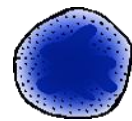


→ Objectif de mon projet de thèse :

- Quelle est l'histoire de l'association *Cinara/Serratia* ?
 - La répartition suggère 1 acquisition
 - L'analyse des génomes suggère plusieurs acquisitions
- Comment évoluent les génomes dans le cas d'une co-évolution des deux symbiontes ?
 - Stabilité des génomes
 - Taux d'évolution
 - Régimes de sélection et pertes de gènes
- Comment sont régulés les deux symbiontes dans un contexte d'acquisition multiple ?

- Dynamique

- Localisation



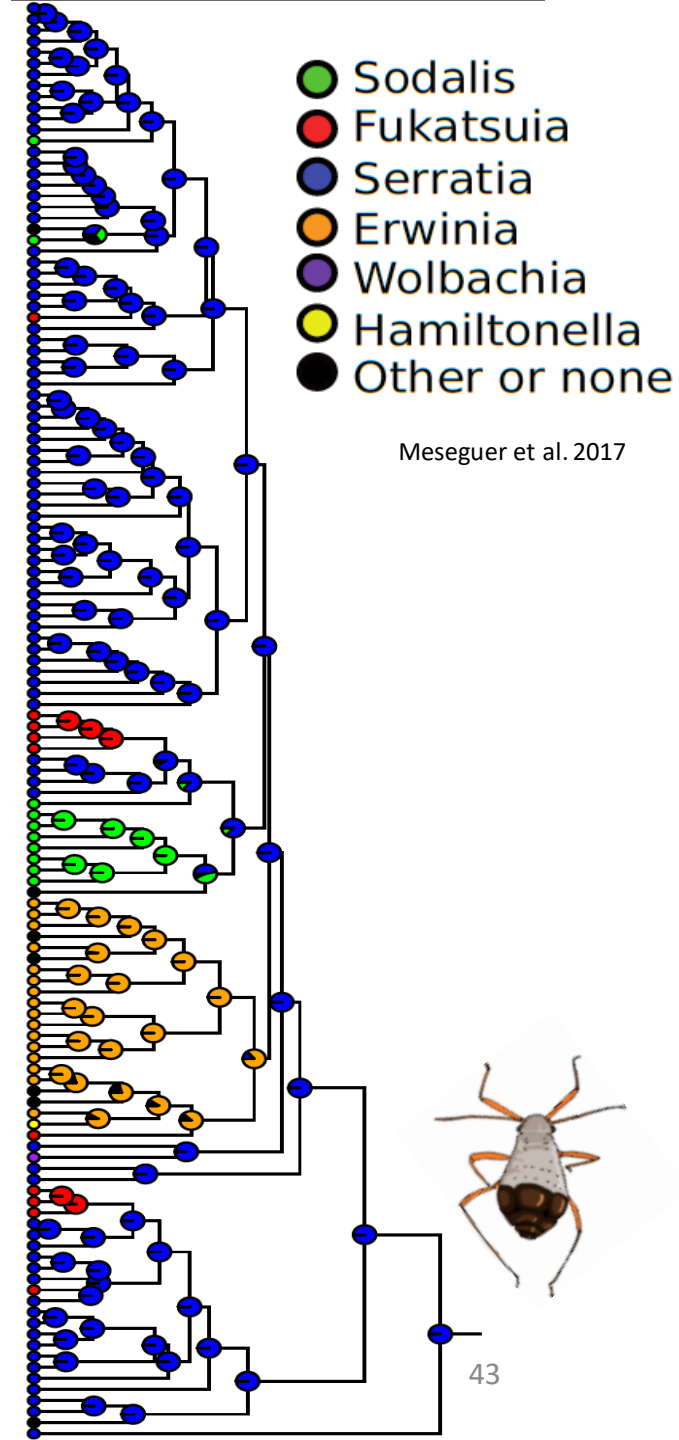
C. tujafilina

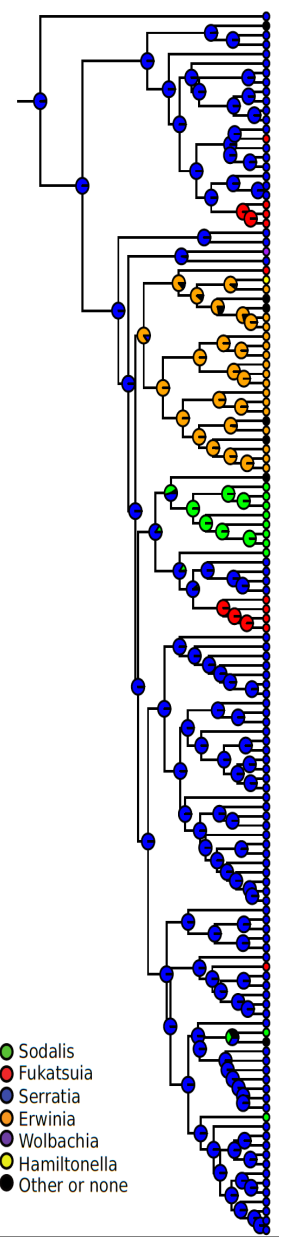
- Extracellulaire
- Gros génome



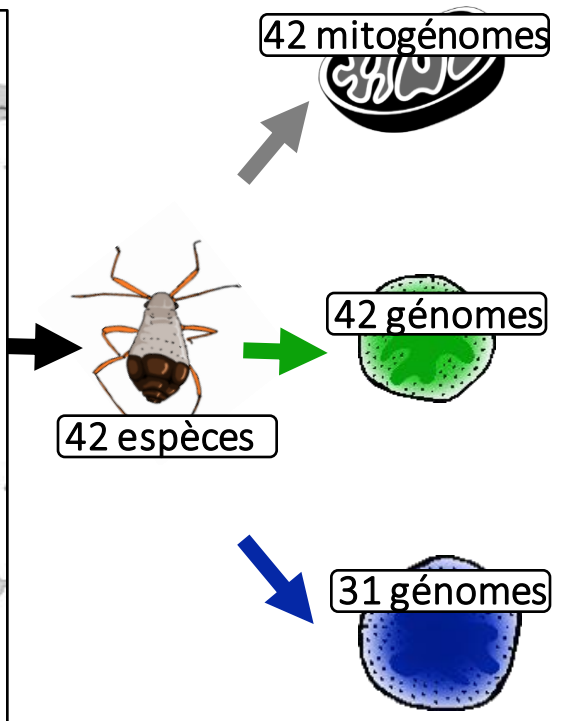
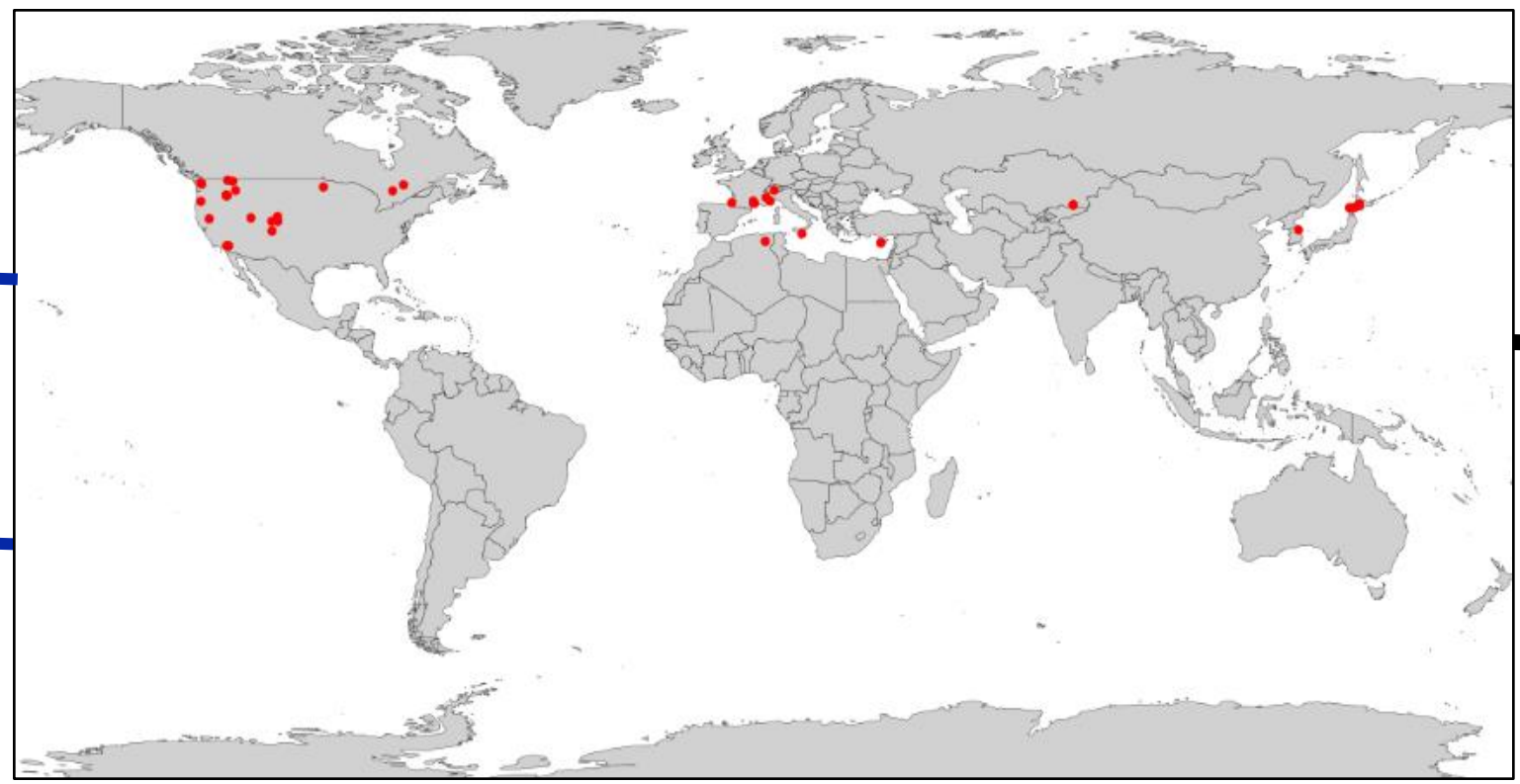
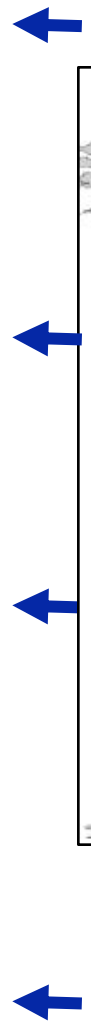
C. cedri

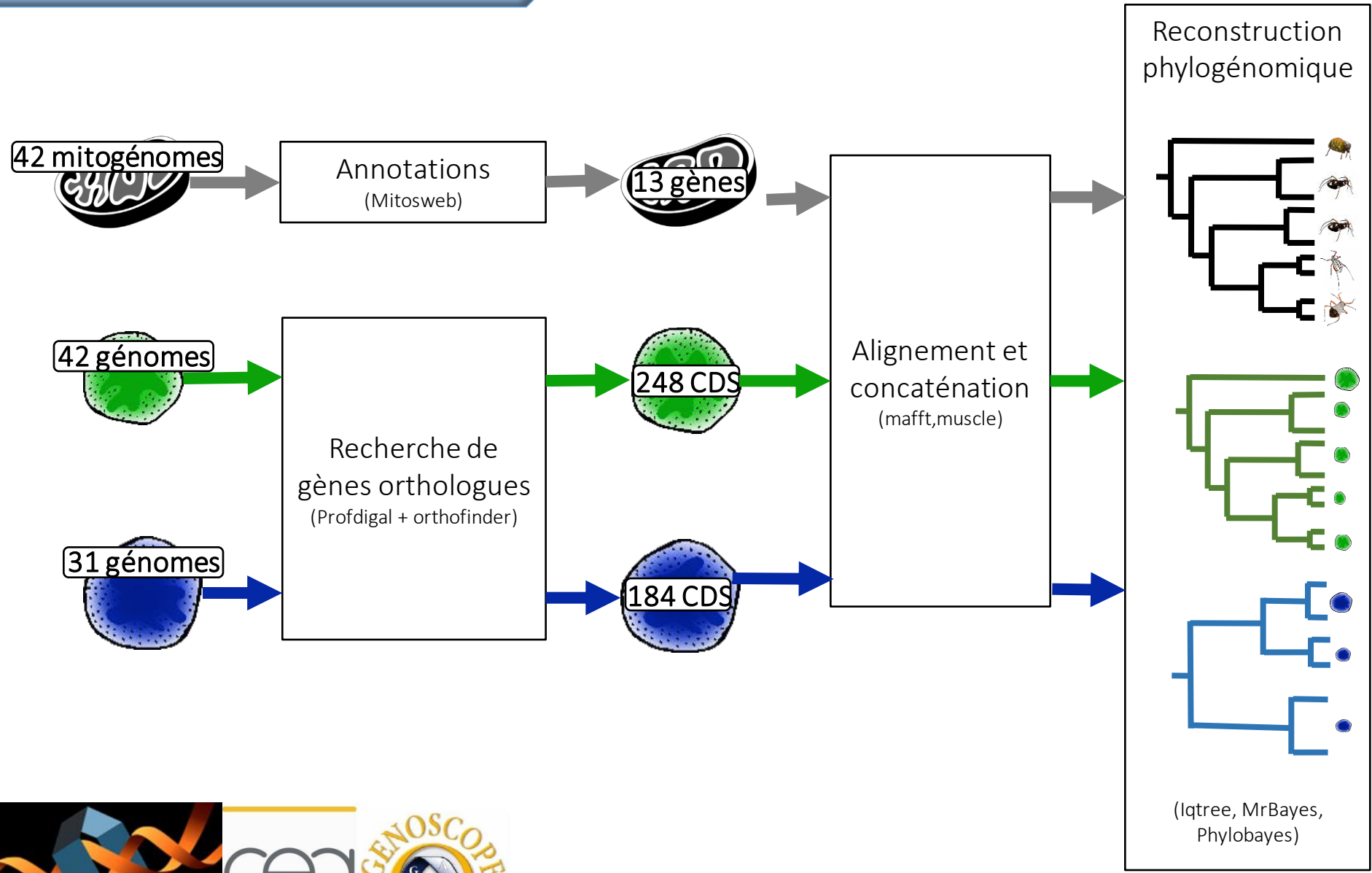
- Intracellulaire
- Petit génome





- Sodalis
- Fukatsuia
- Serratia
- Erwinia
- Wolbachia
- Hamiltonella
- Other or none





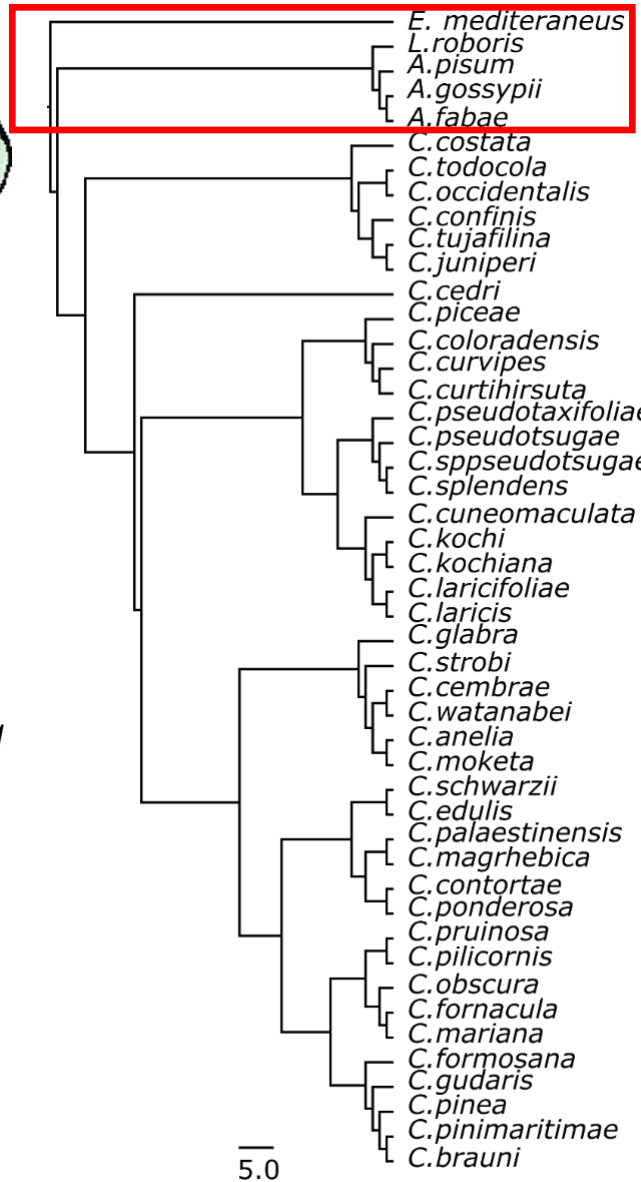
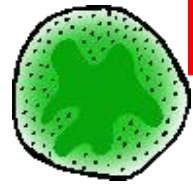
→ Phylogénie des *Buchnera*

- Congruence hôte/symbionte



- Identique aux précédentes études sur *Cinara*

(Meseguer et al 2017)



→ Phylogénie des *Buchnera*

- Congruence hôte/symbionte

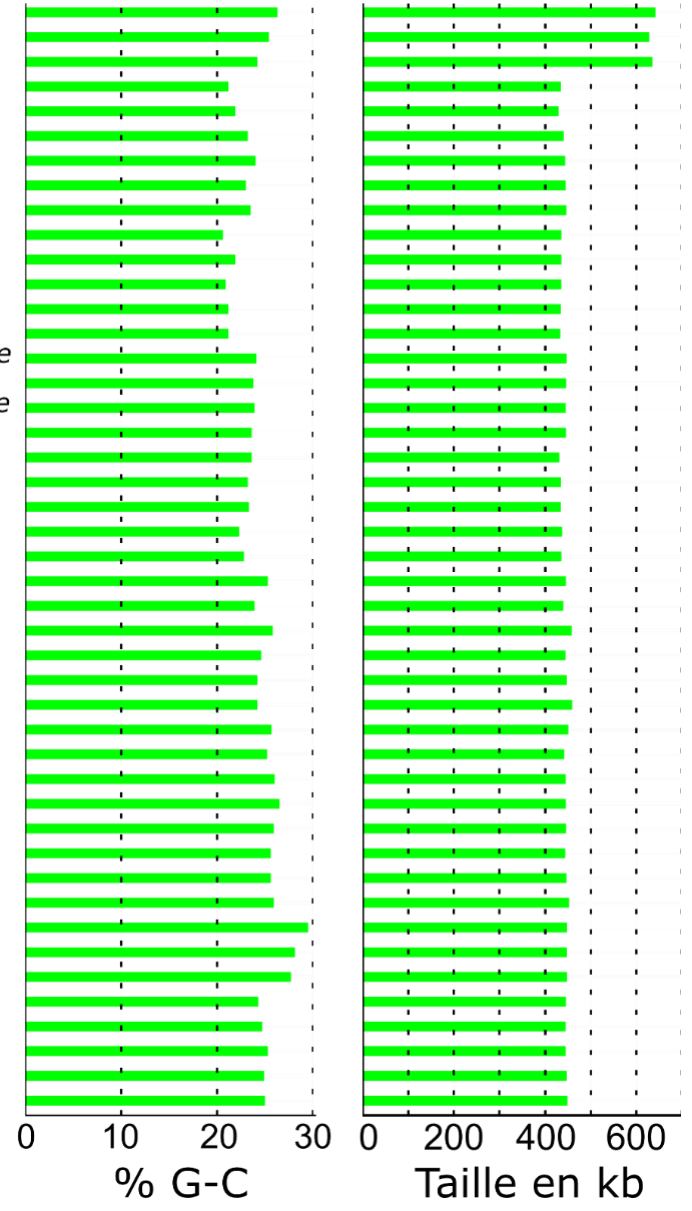
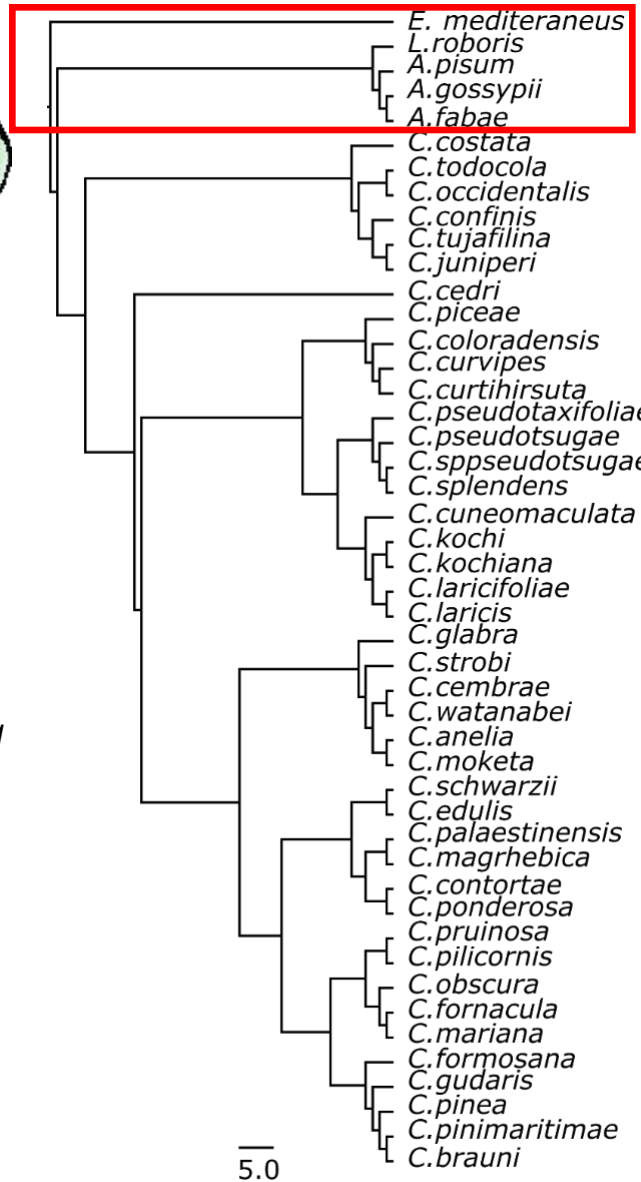
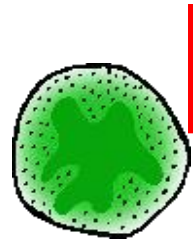


- Identique aux précédentes études sur *Cinara*

(Meseguer et al 2017)

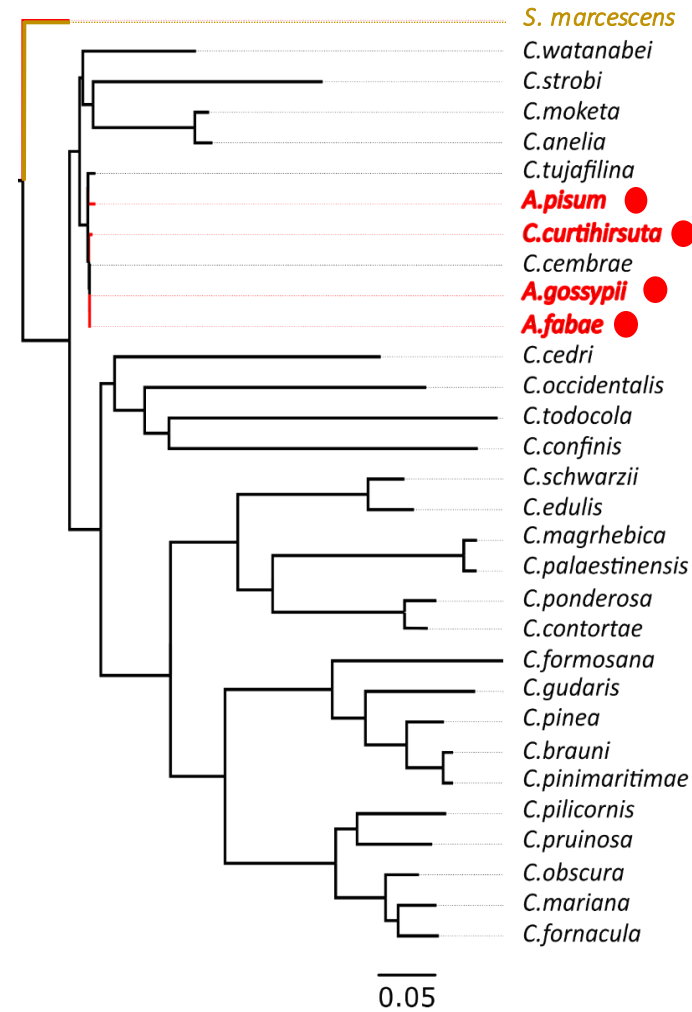
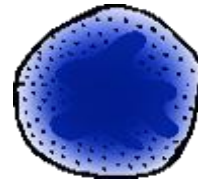
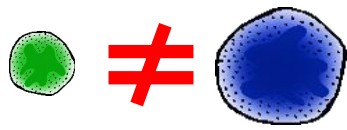


- Caractéristiques des génomes identiques



→ Phylogénie des *Serratia*

- Phylogénie non congruente avec *Buchnera*



S. marcescens

C. watanabei

C. strobi

C. moketa

C. anelia

C. tujafilina

A. pisum ●

C. curtihirsuta ●

C. cembrae

A. gossypii ●

A. fabae ●

C. cedri

C. occidentalis

C. todocola

C. confinis

C. schwarzii

C. edulis

C. magrhebica

C. palaestinensis

C. ponderosa

C. contortae

C. formosana

C. gударis

C. pinea

C. brauni

C. pinimaritimae

C. pilicornis

C. pruinosa

C. obscura

C. mariana

C. fornacula

0.05

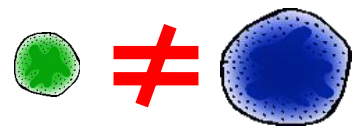
● facultative

— Libre

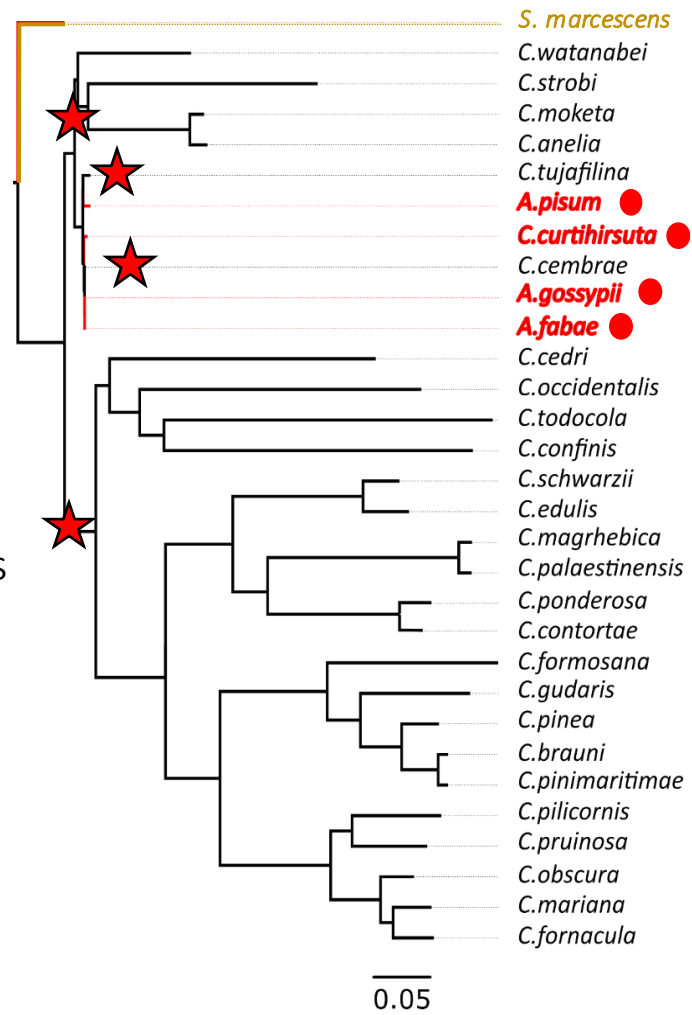
→ Phylogénie des *Serratia*



- Phylogénie non congruente avec *Buchnera*



- Plusieurs transitions de bactéries facultatives vers obligatoires

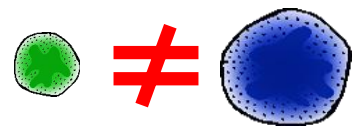


● facultative
— Libre

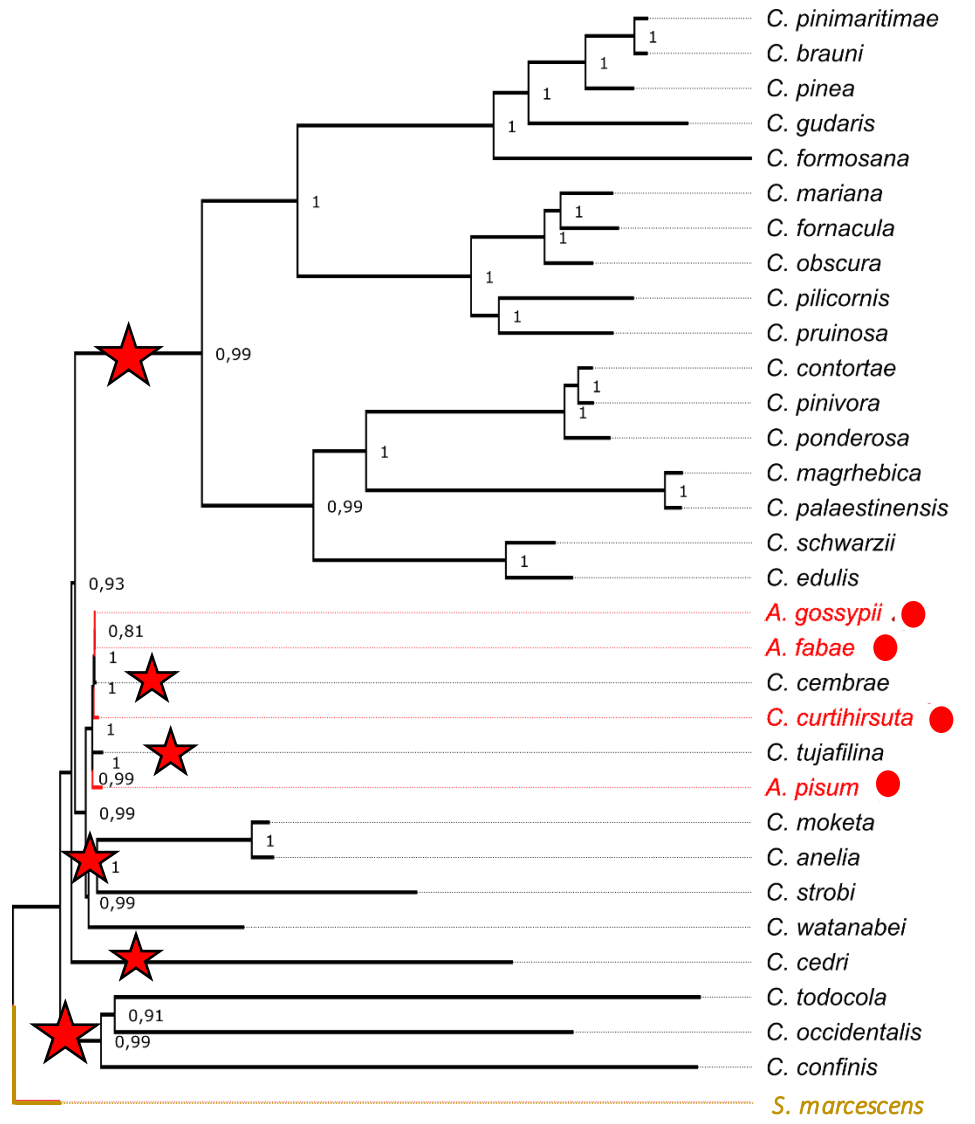
→ Phylogénie des *Serratia*



- Phylogénie non congruente avec *Buchnera*



- Plusieurs transitions de bactéries facultatives vers obligatoires
- Plusieurs topologies selon la méthode
 - Biais dus aux caractéristiques génomiques (taux GC ?)
 - Nœuds profonds incertains

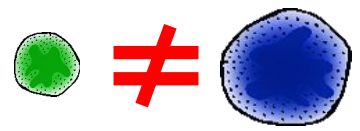


● facultative
— Libre

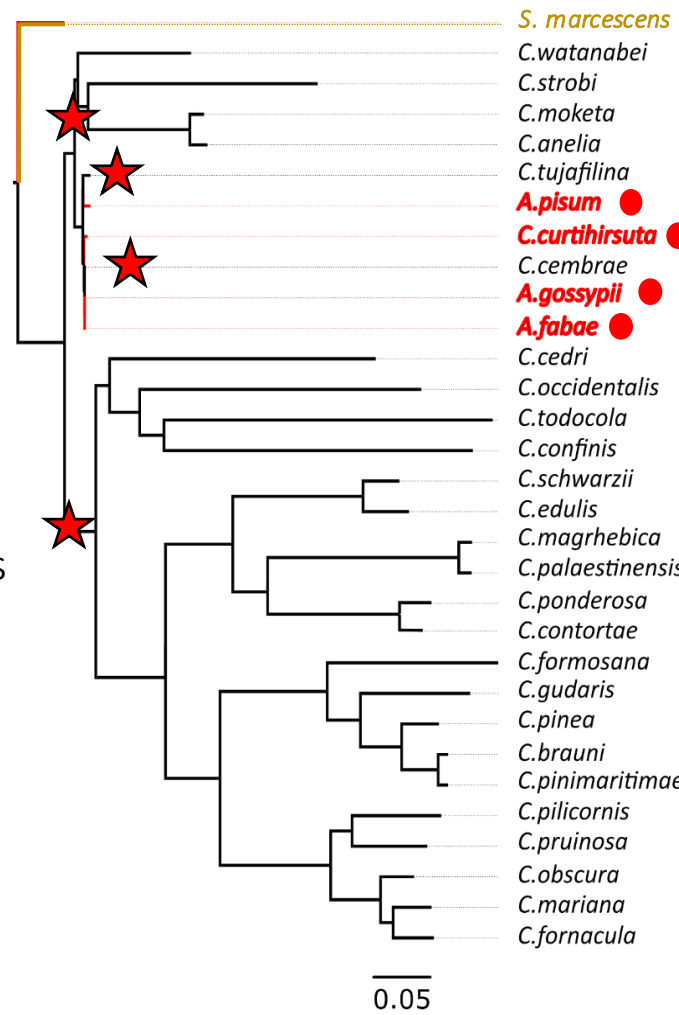
→ Phylogénie des *Serratia*



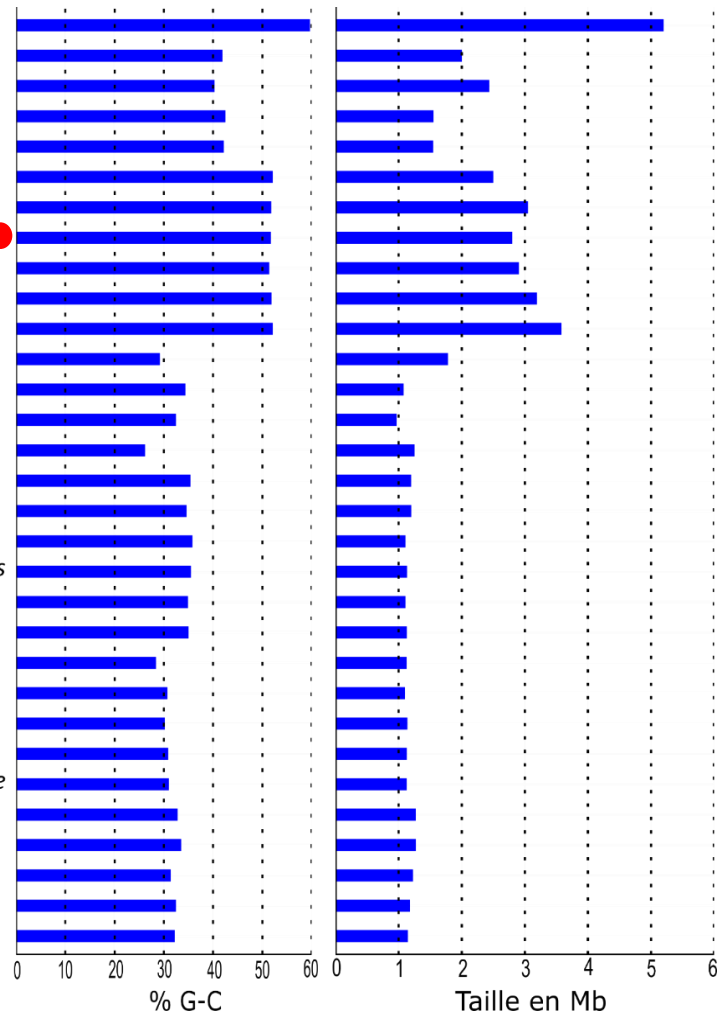
- Phylogénie non congruente avec *Buchnera*



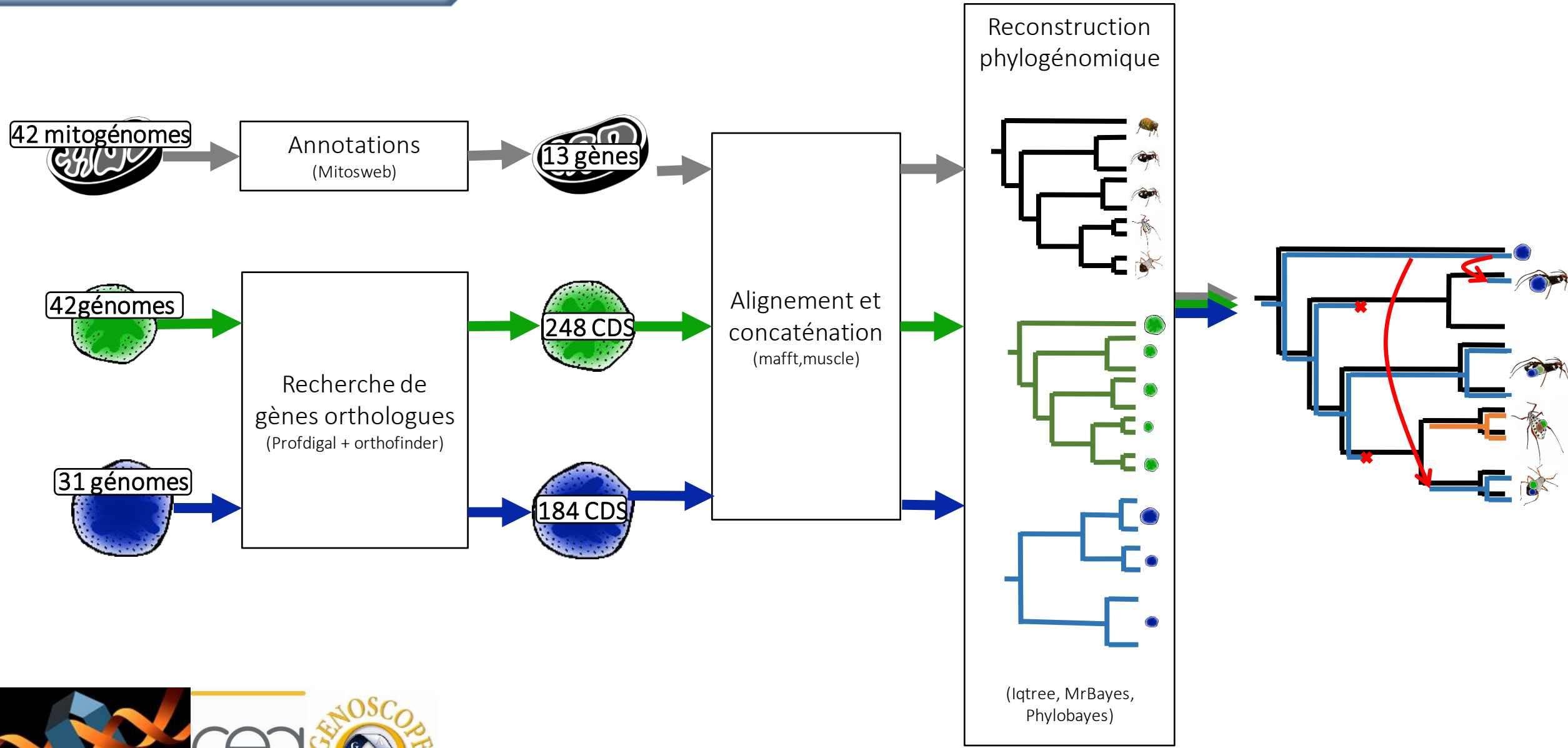
- Plusieurs transitions de bactéries facultatives vers obligatoires
- Plusieurs topologies selon la méthode
- Caractéristiques des génomes différentes

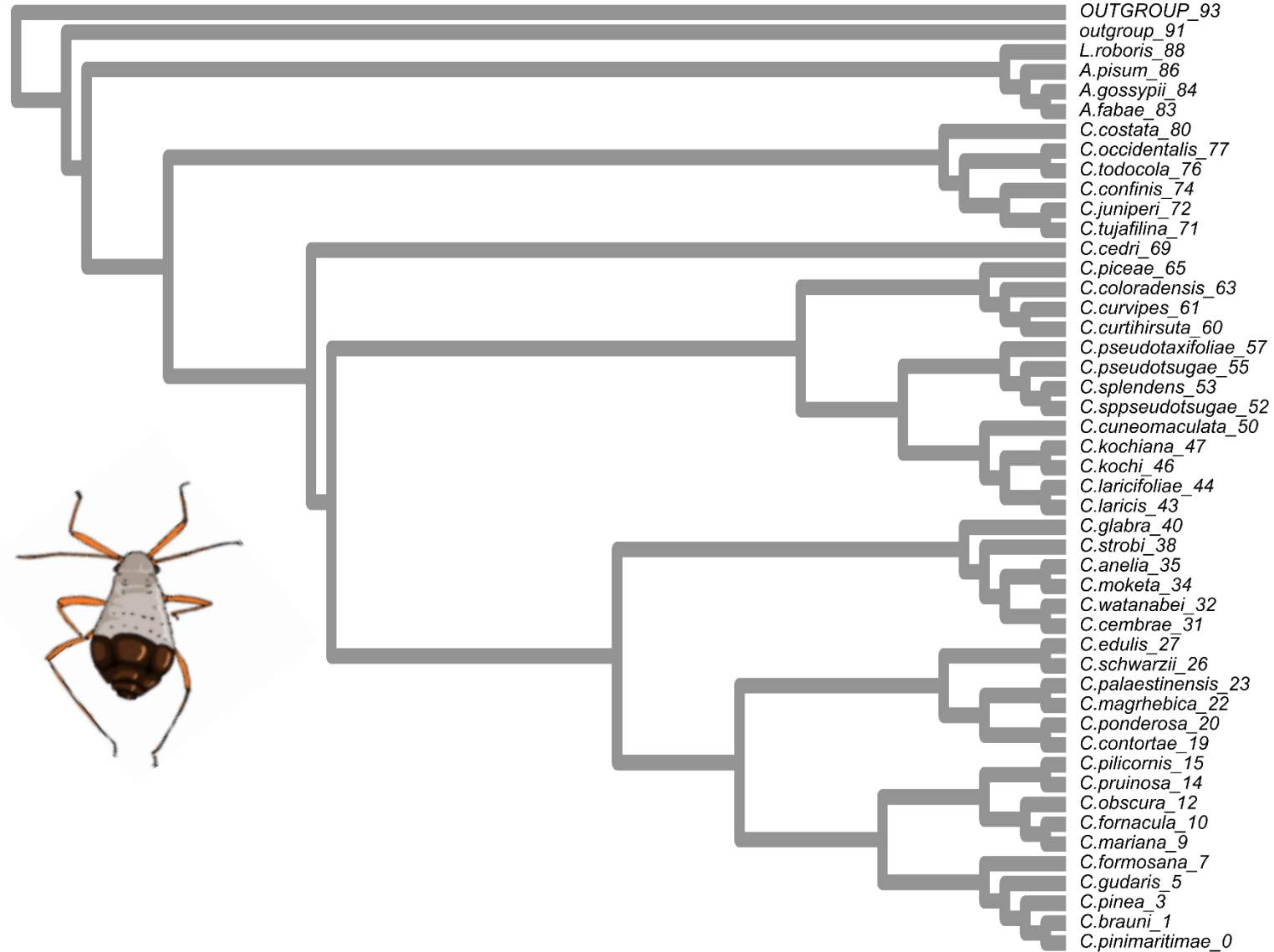


- S. marcescens*
- C. watanabei*
- C. strobi*
- C. moketa*
- C. anelia*
- C. tujafilina*
- A. pisum* ●
- C. curthirsuta* ●
- C. cembrae*
- A. gossypii* ●
- A. fabae* ●
- C. cedri*
- C. occidentalis*
- C. todocola*
- C. confinis*
- C. schwarzii*
- C. edulis*
- C. magrhebica*
- C. palaestinensis*
- C. ponderosa*
- C. contortae*
- C. formosana*
- C. gударis*
- C. pinea*
- C. brauni*
- C. pinimaritimae*
- C. pilicornis*
- C. pruinosa*
- C. obscura*
- C. mariana*
- C. fornacula*

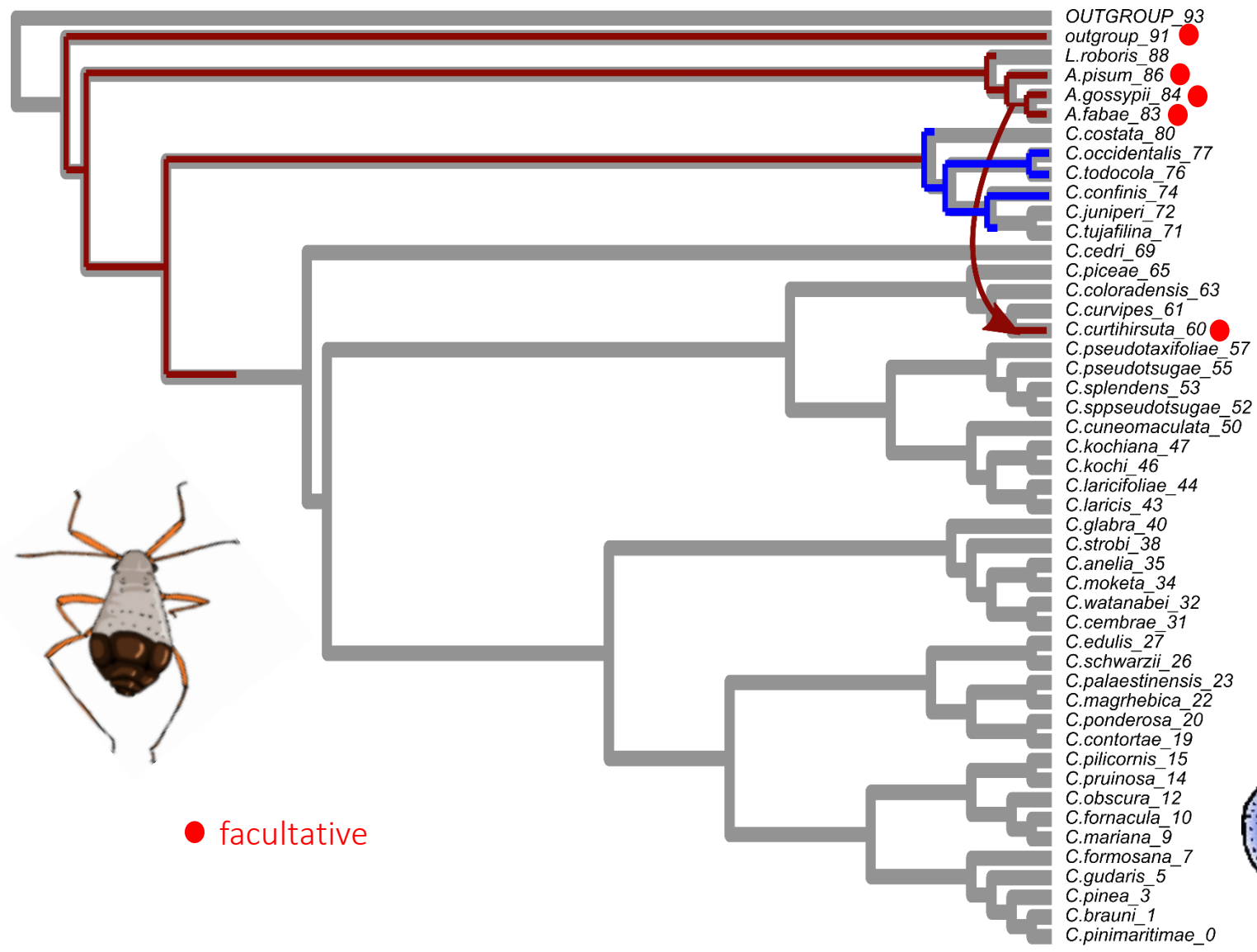


● facultative
— Libre





➔ Phylogénie des *Cinara en gris*

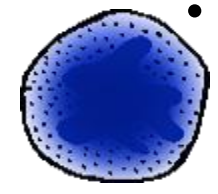


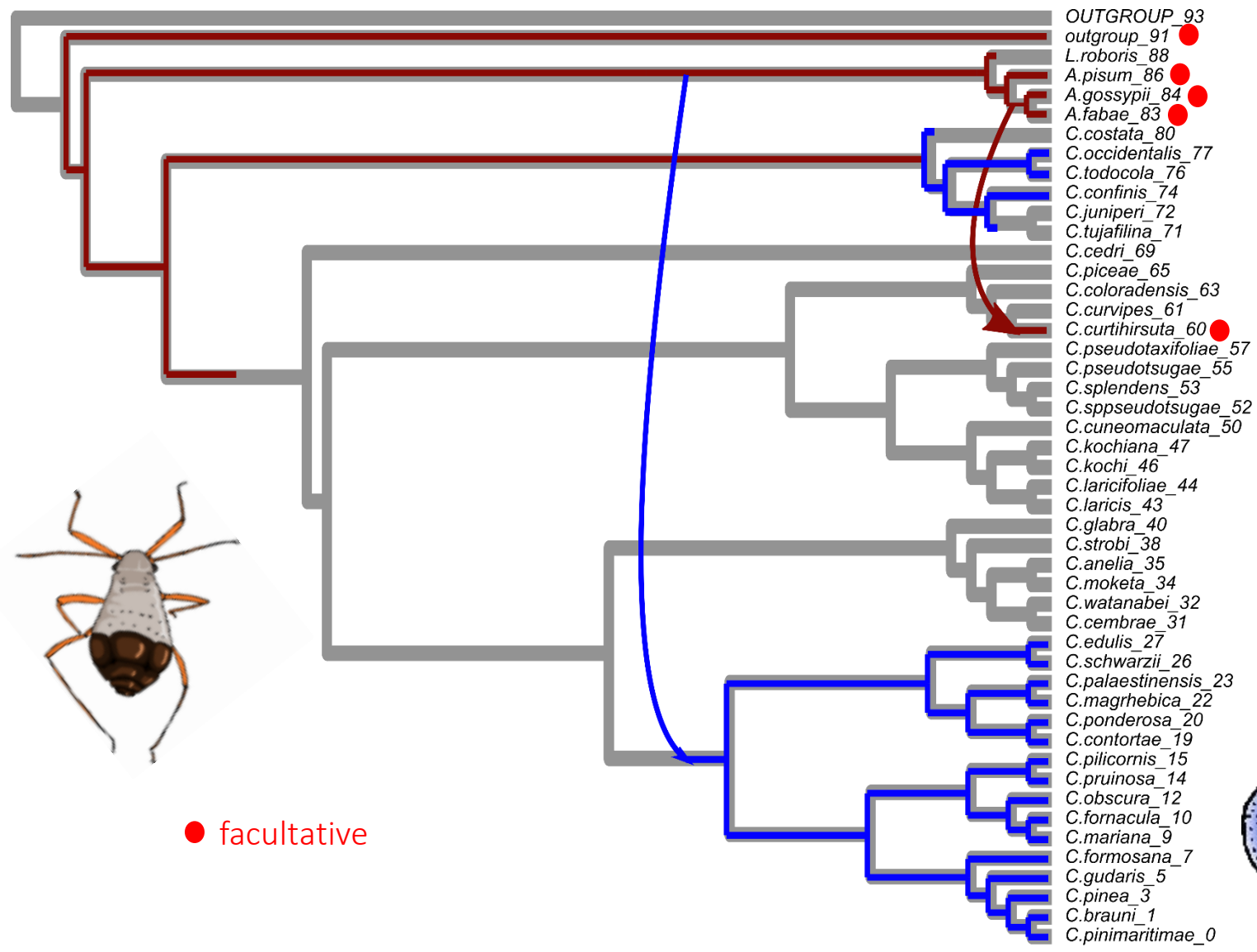
● facultative

→ Phylogénie des *Cinara en gris*

→ Phylogénie des *Serratia*

- En rouge non obligatoire
- En bleu obligatoire

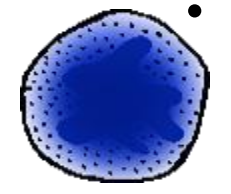


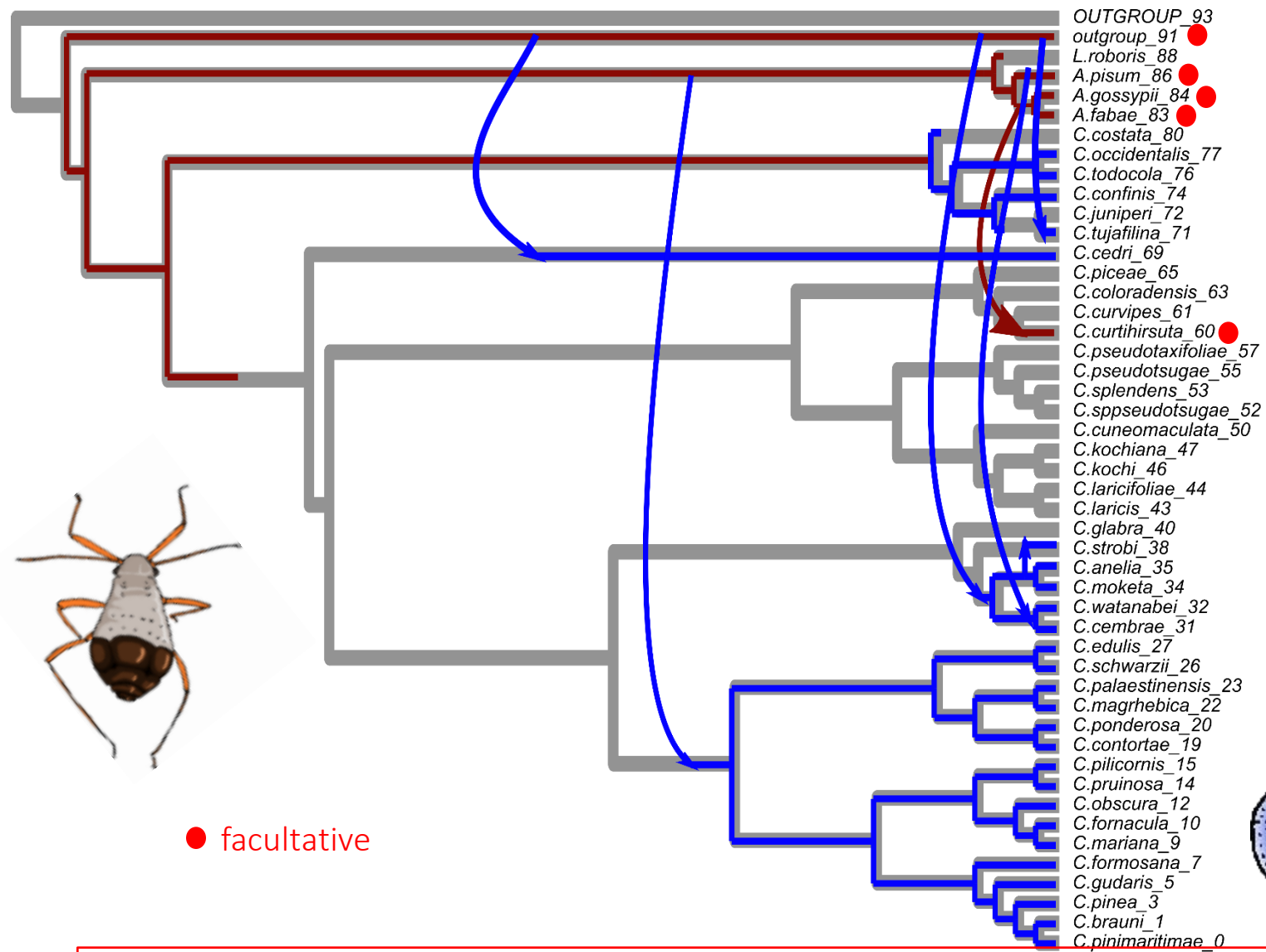


● facultative

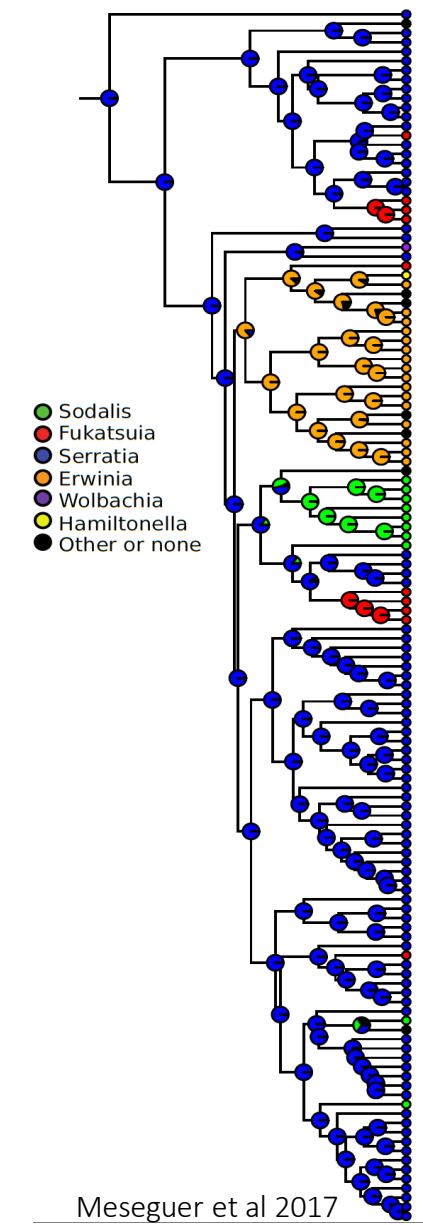
→ Phylogénie des *Cinara en gris*

- Phylogénie des *Serratia*
- En rouge non obligatoire
 - En bleu obligatoire



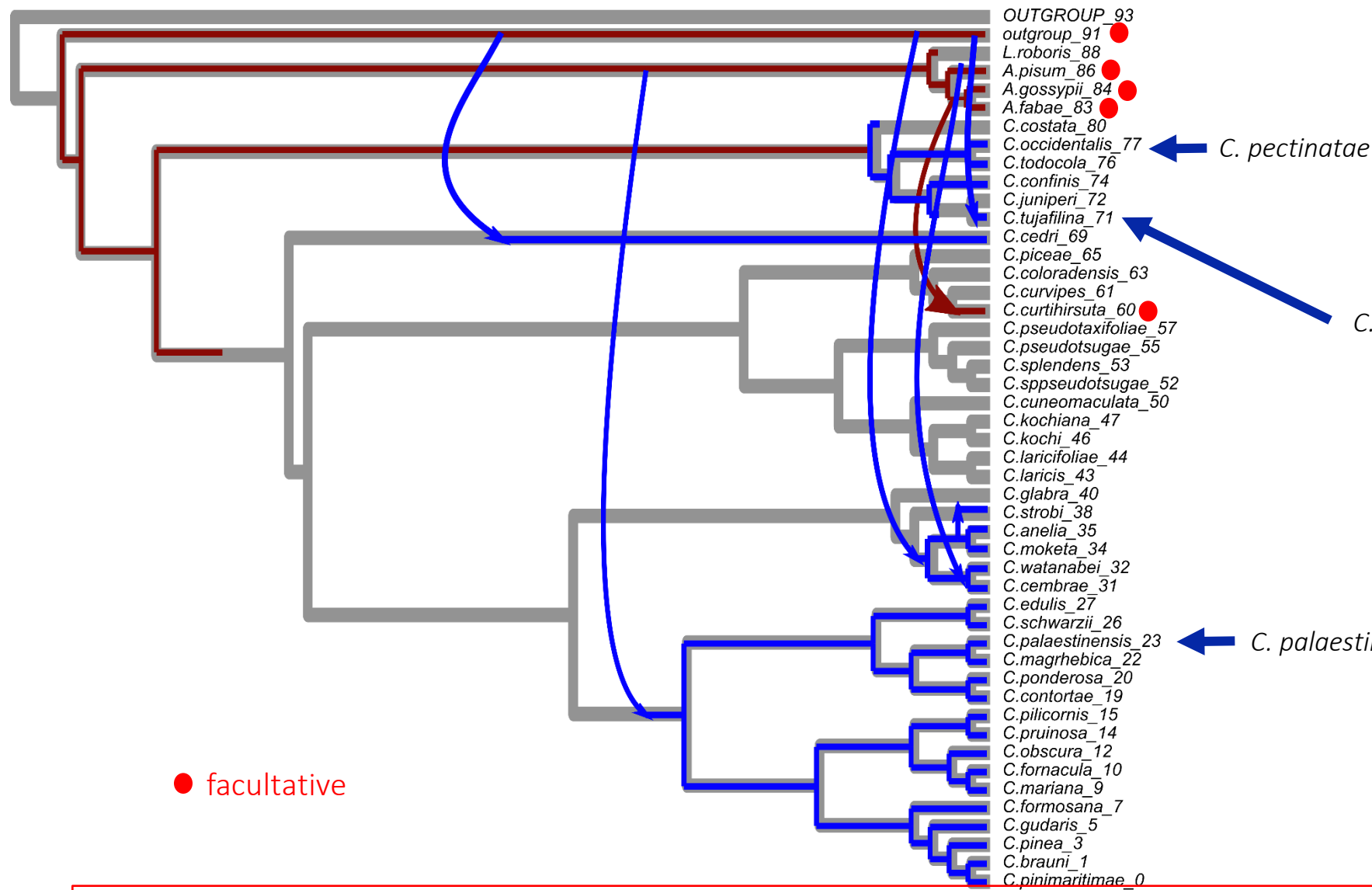


● facultative



Meseguer et al 2017

➔ Histoire complexe : 5 transitions de bactéries facultatives à obligatoires

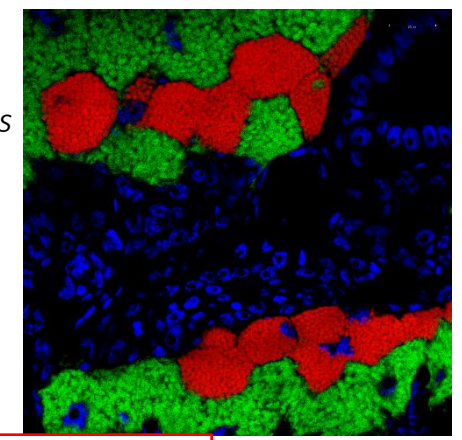
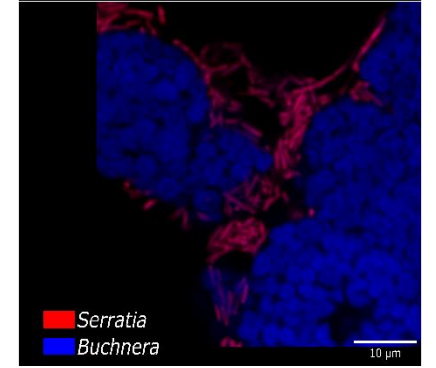
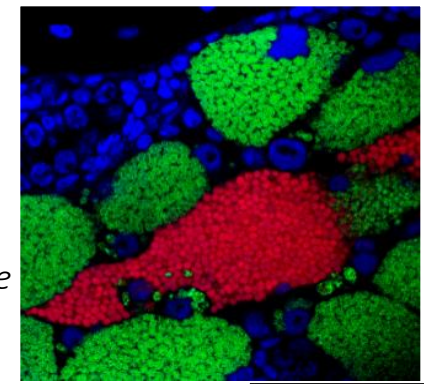


● facultative

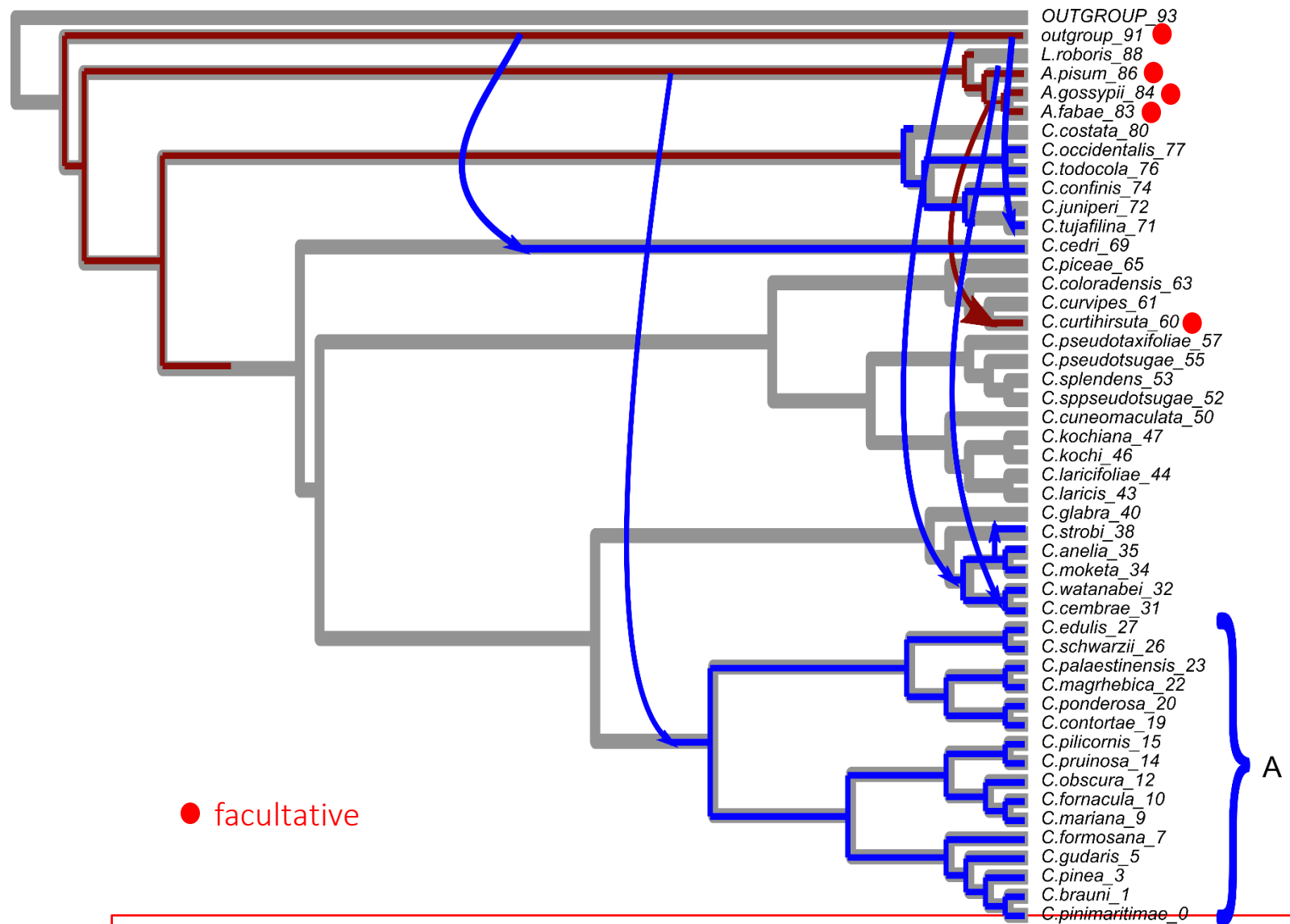
C. pectinatae

C. tujafilina

C. palaestinensis



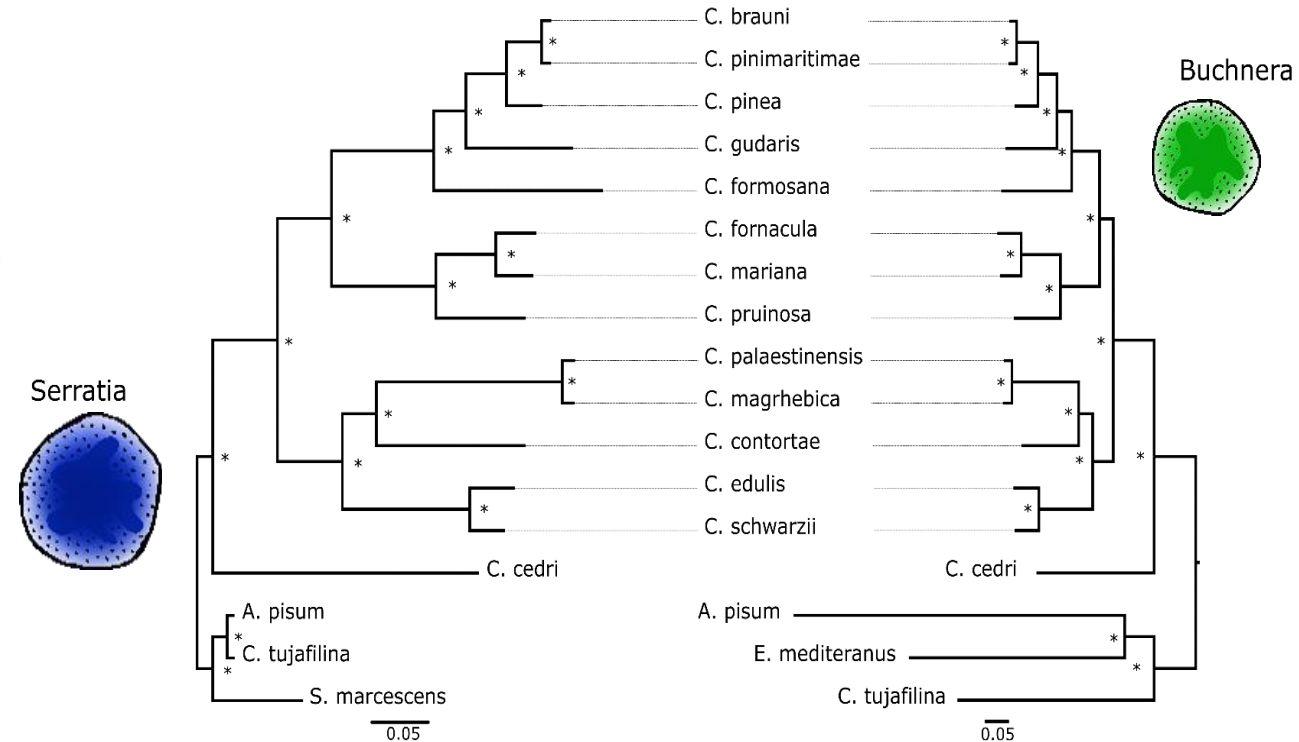
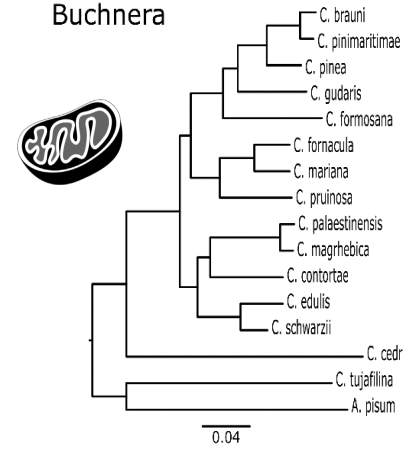
➔ Histoire complexe : 5 transitions de bactéries facultatives à obligatoires



→ Une co-évolution entre les trois partenaires de la symbiose dans le clade A

→ Quelles sont les conséquences de la symbiose à deux partenaires sur l'évolution des génomes ?

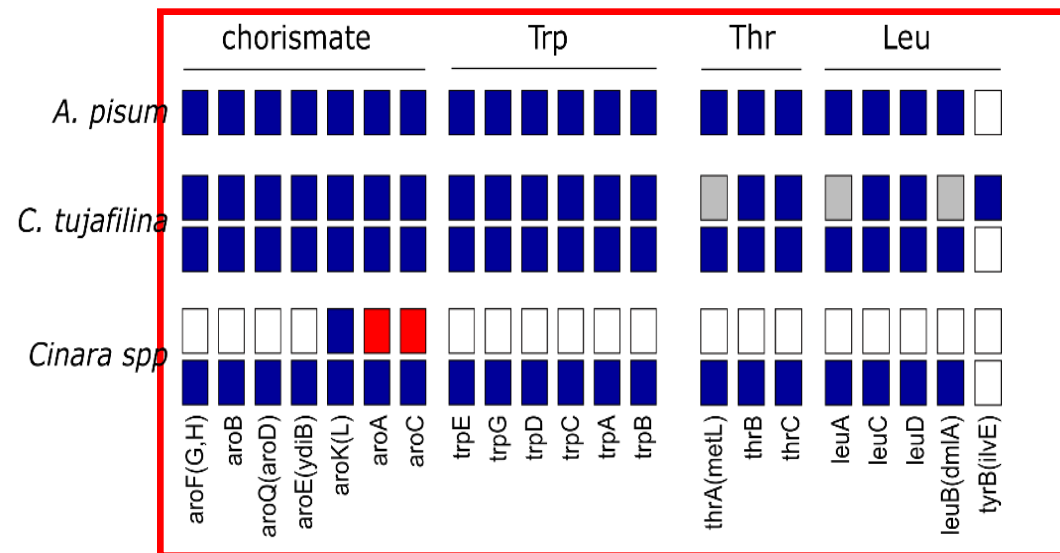
- Comment est maintenue la supplémentation de l'hôte ?
- *Serratia* et *Buchnera* ont-elles des génomes stables ?
- Conséquences sur les régimes de sélections ?
- Conséquences sur les vitesses d'évolution des symbiontes ?



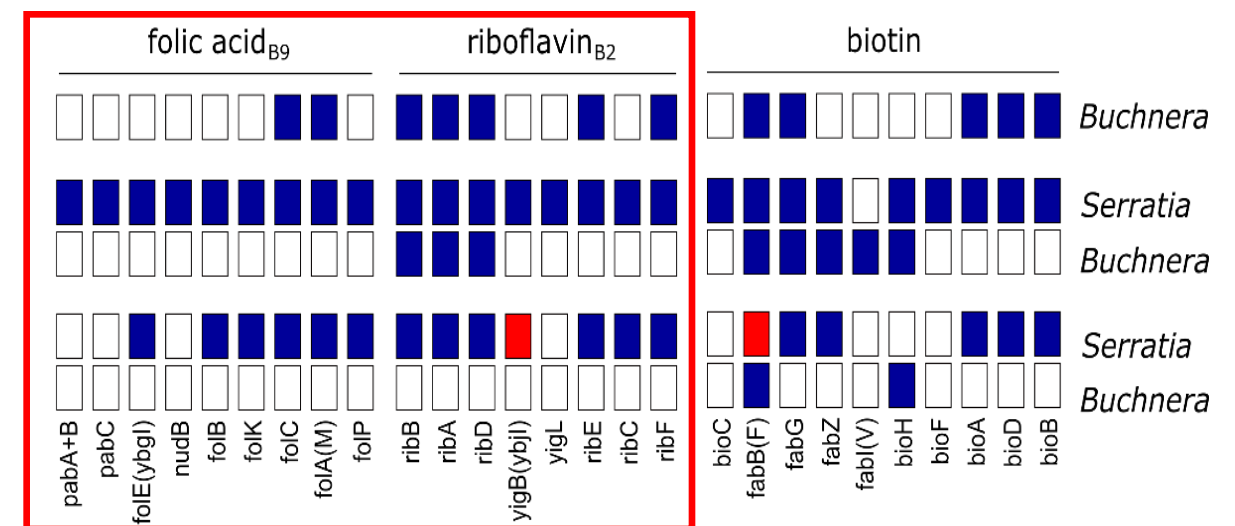
→ Comment est maintenue la supplémentation de l'hôte ?

- Annotation des génomes

Essential amino acids



Co-factors & B vitamins

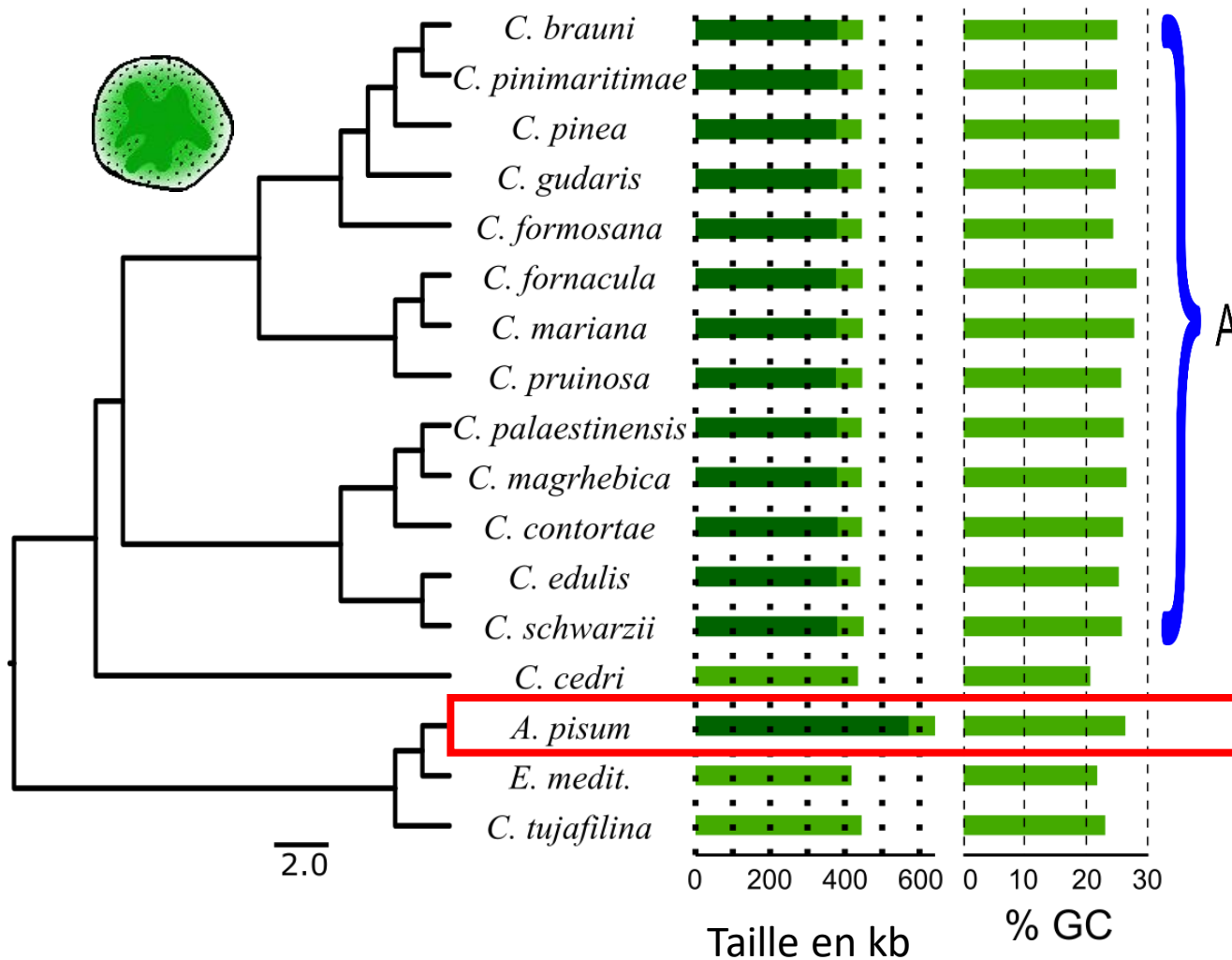


□ Perdu
■ Présent

■ Pseudogène
■ Perdu partiellement

→ Les génomes de *Buchnera* sont-ils stables ?

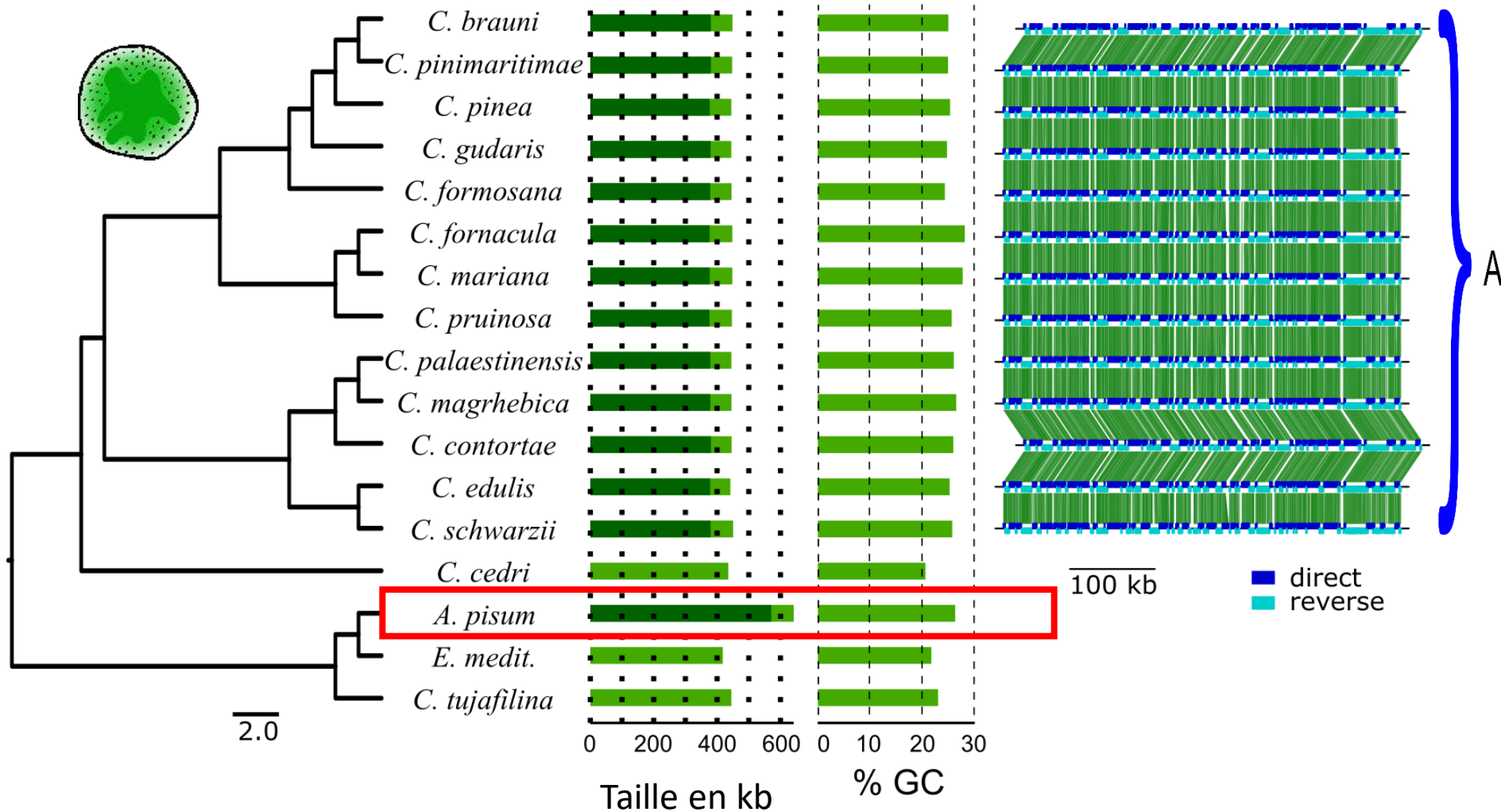
- % GC
- Contenu en gènes (372)
- Taille



→ Les génomes de *Buchnera* sont-ils stables ?

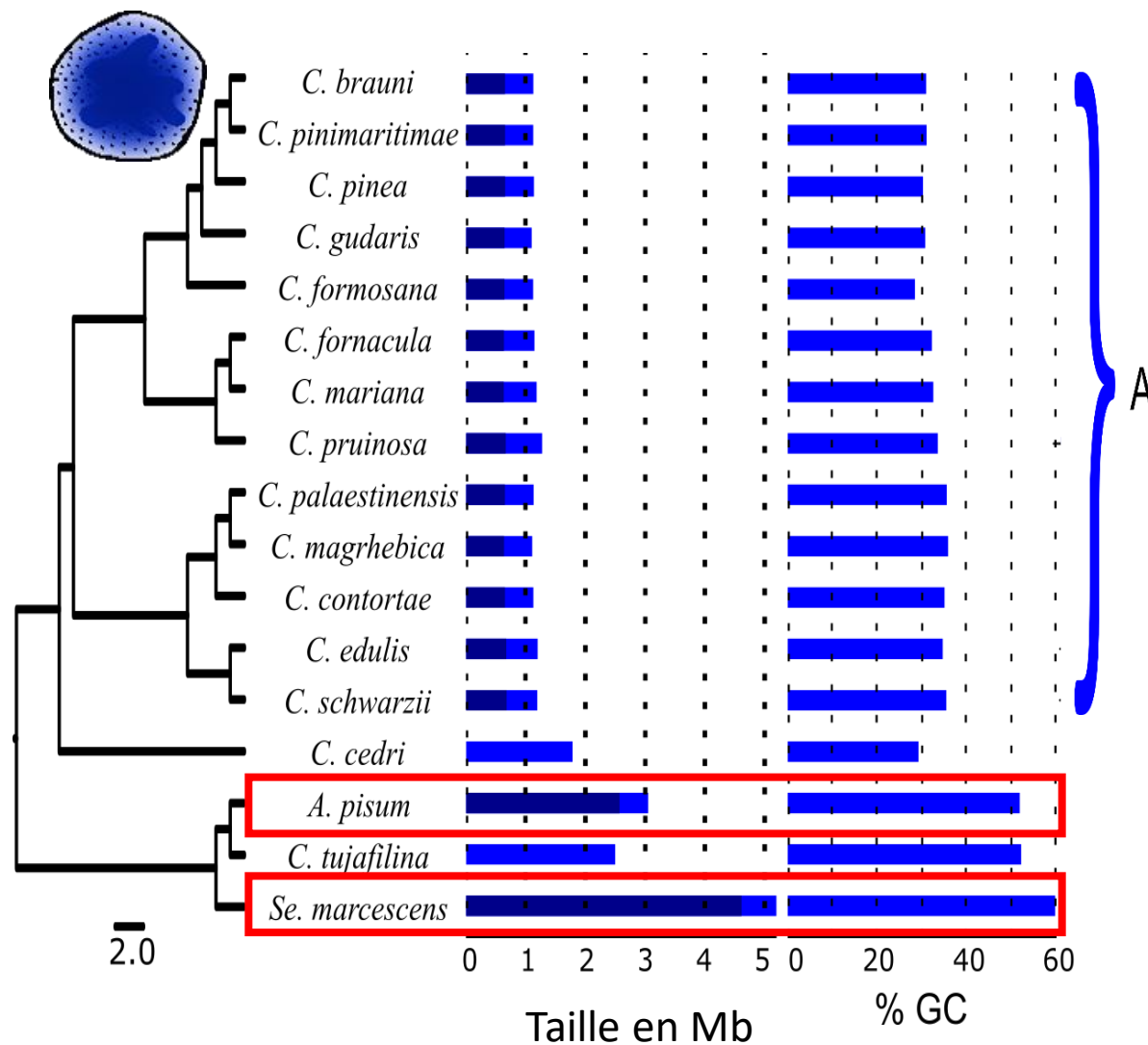
- % GC
- Contenu en gènes (372)
- Taille
- Synténie

→ Génomes stables



→ Les génomes de *Serratia* sont-ils stables ?

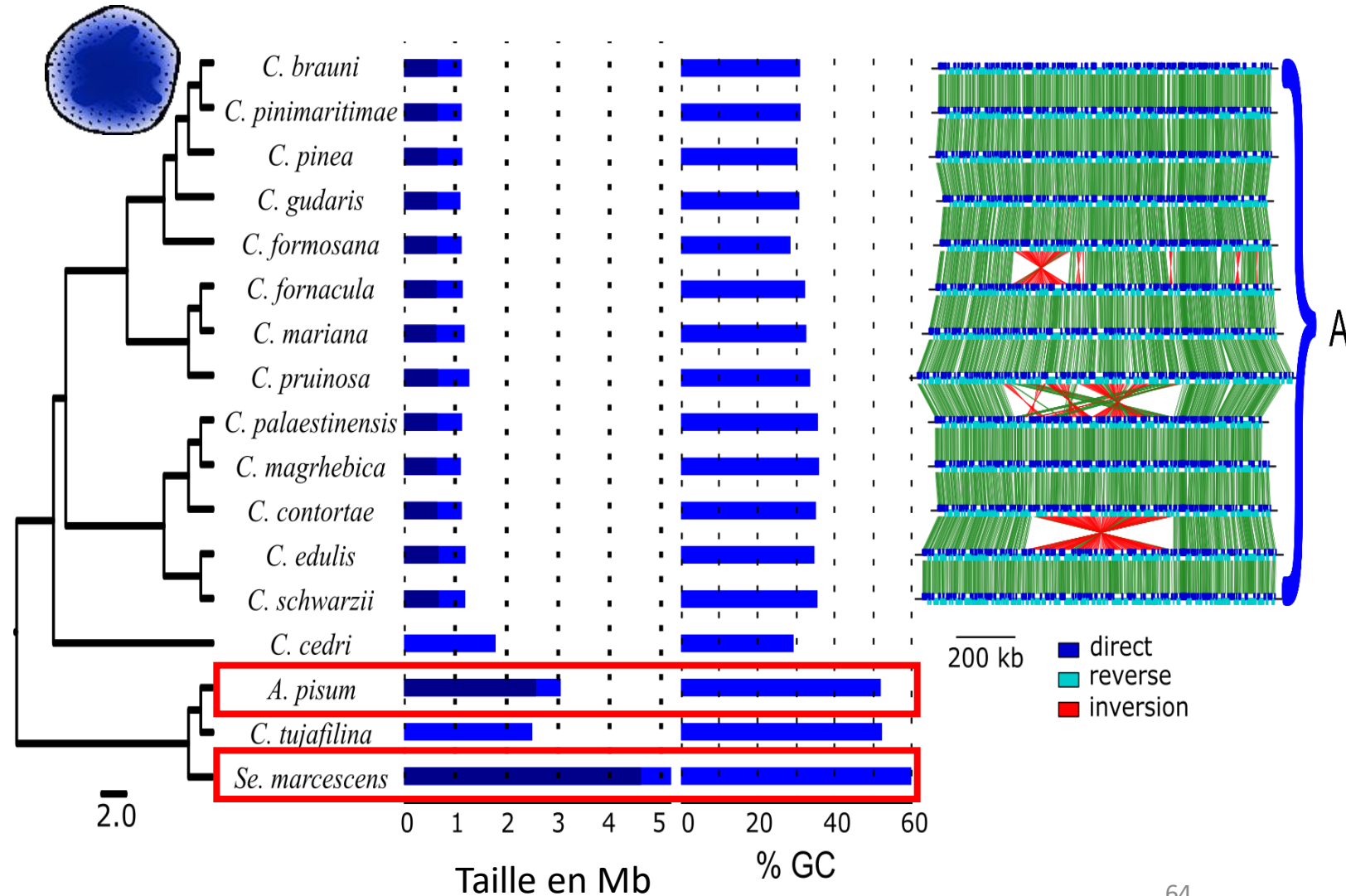
- Dégradation des génomes
- Taille réduite
- % GC: Bas comparé aux facultatives



→ Les génomes de *Serratia* sont-ils stables ?

- Dégradation des génomes
- Taille réduite
- % GC : bas comparé aux facultatives
- Synténie : quelques inversions

→ Génomes plutôt stables





→ Conséquences sur les régimes de sélections ?

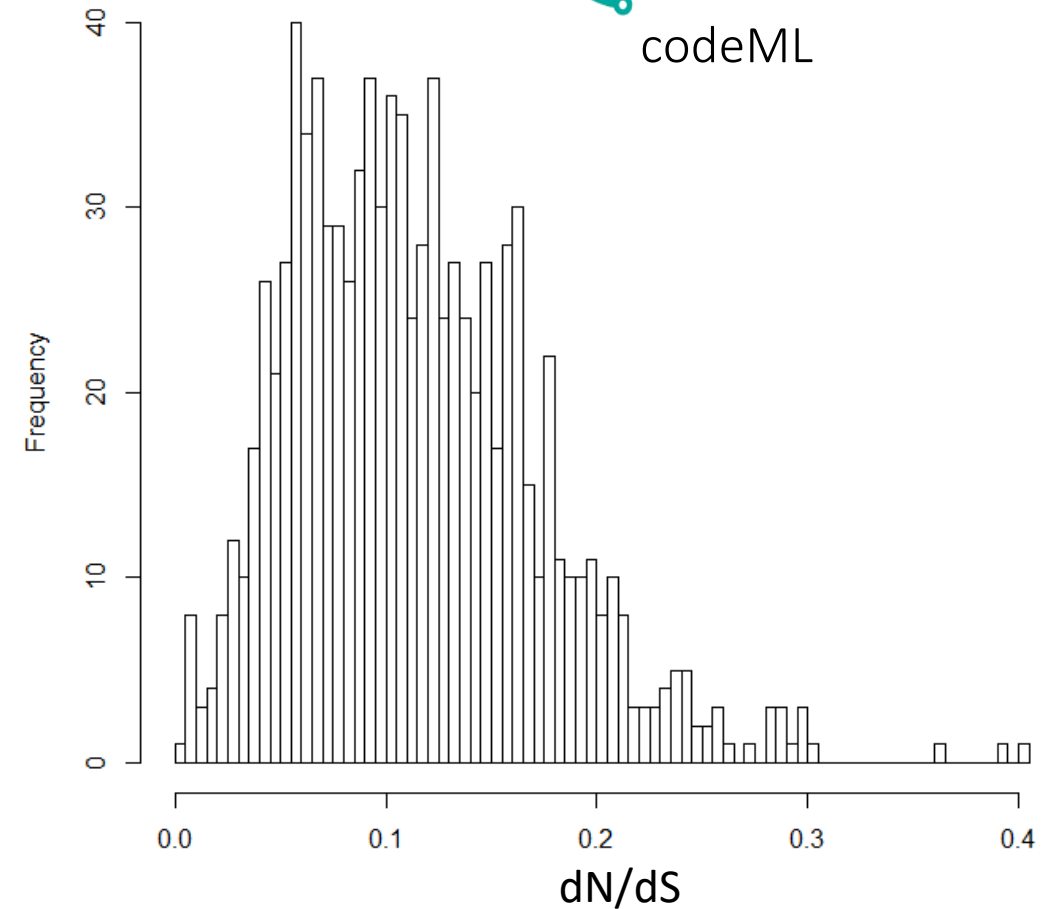
- Gènes redondants entre *Buchnera* et *Serratia*
 - Gènes métaboliques supposés être sous sélection relâchée
 - Gènes des processus cellulaires supposés être stables

→ Conséquences sur les régimes de sélections ?

- Gènes redondants entre *Buchnera* et *Serratia*
 - Gènes métaboliques supposés être sous sélection relâchée
 - Gènes des processus cellulaires supposés être stables

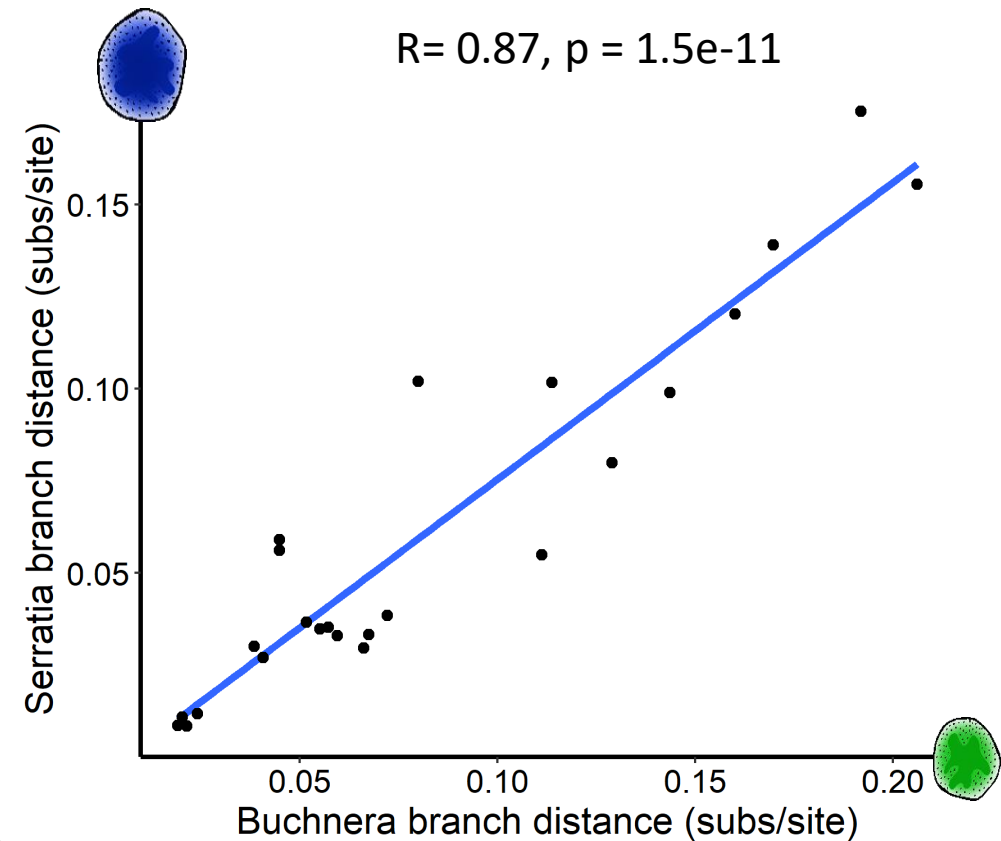
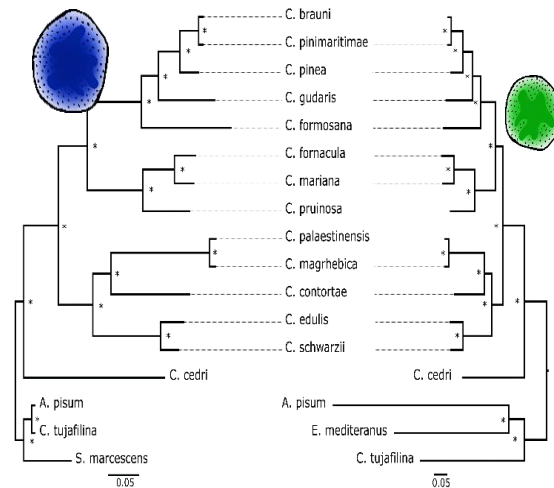
→ Sélection purifiante sur tous les gènes

- dN/dS très bas



→ Conséquences sur les vitesses d'évolution des symbiontes ?

- Substitution par sites entre les branches parallèles des phylogénies
- Corrélation entre les vitesses d'évolution des 2 bactéries

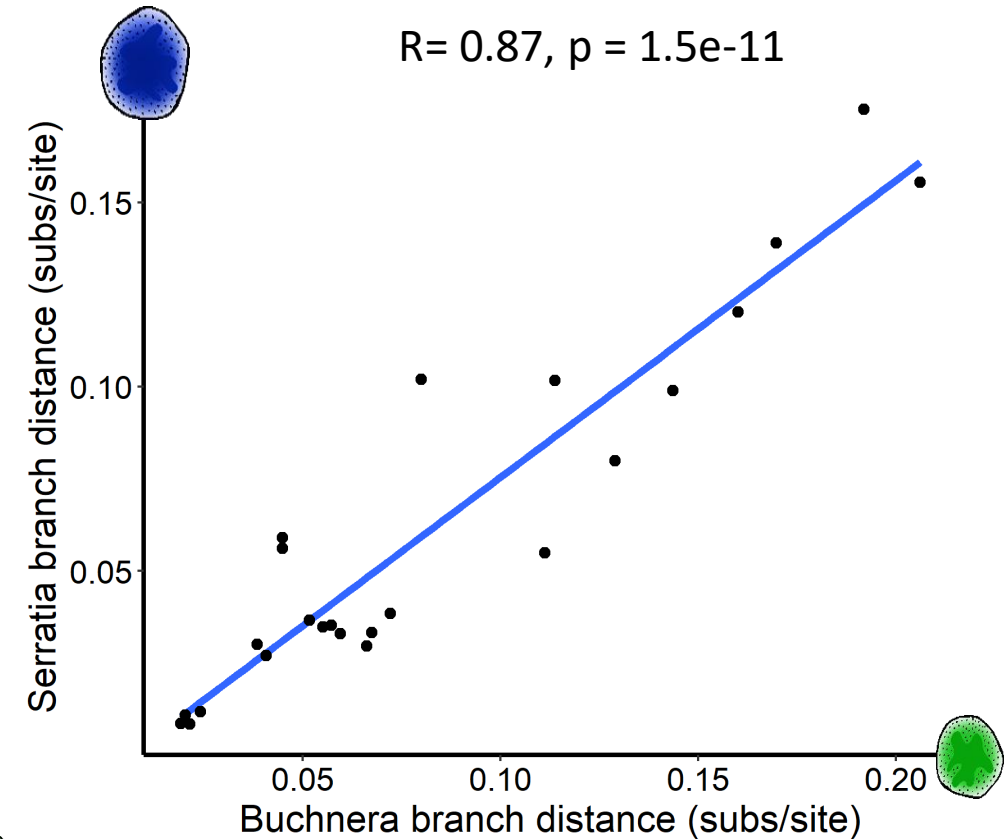
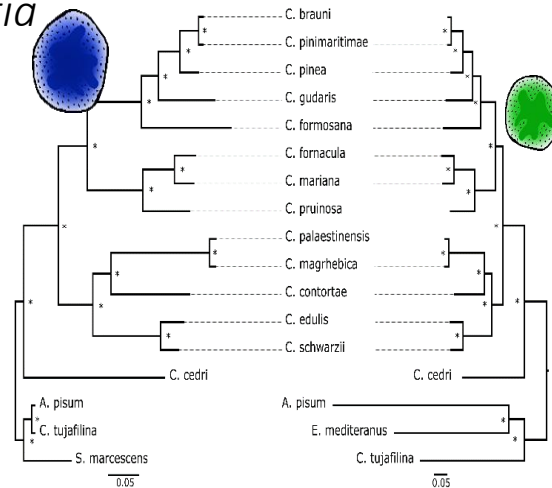


→ Conséquences sur les vitesses d'évolution des symbiontes ?

- Substitution par sites entre les branches parallèles des phylogénies
- Corrélation entre les vitesses d'évolution des 2 bactéries
- Taux moyens similaires :

0.00105 subst/site/Ma pour *Buchnera*

0.00095 subst/site/Ma pour *Serratia*



→ Conséquences sur les vitesses d'évolution des symbiontes ?

- Substitution par sites entre les branches parallèles des phylogénies
- Corrélation entre les vitesses d'évolution des 2 bactéries
- Taux moyens similaires :

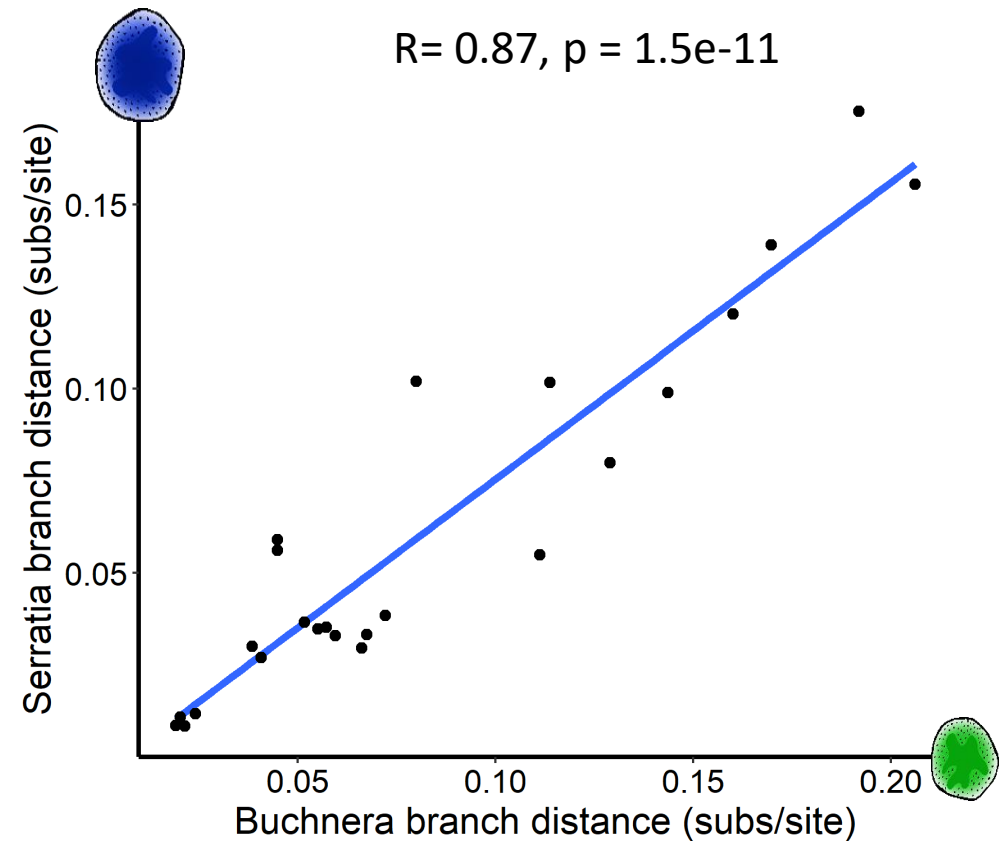
0.00105 subst/site/Ma pour *Buchnera*

0.00095 subst/site/Ma pour *Serratia*



→ Évolution parallèle des deux bactéries

- Pressions de sélections similaires
- Evènements démographiques similaires ?

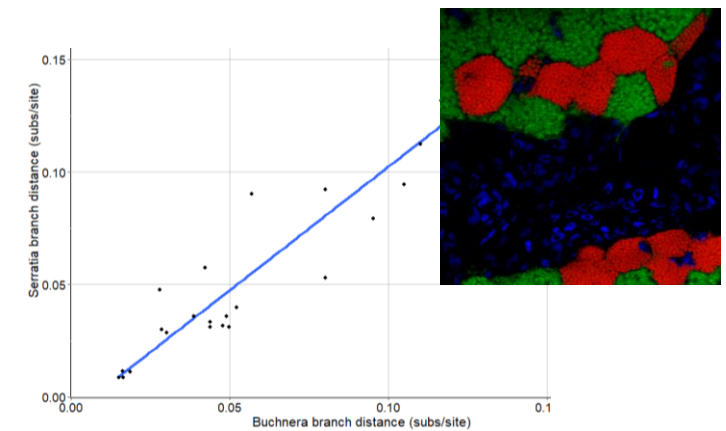
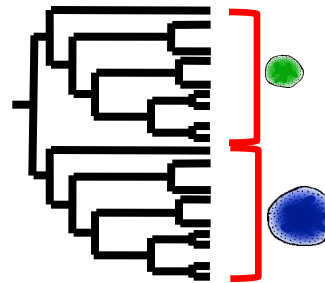
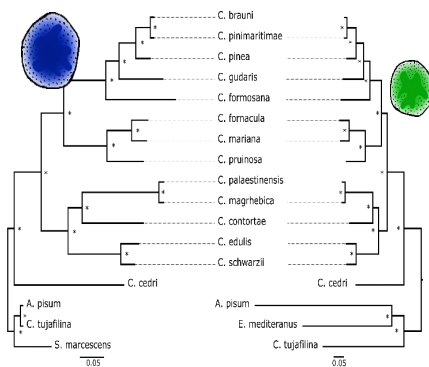
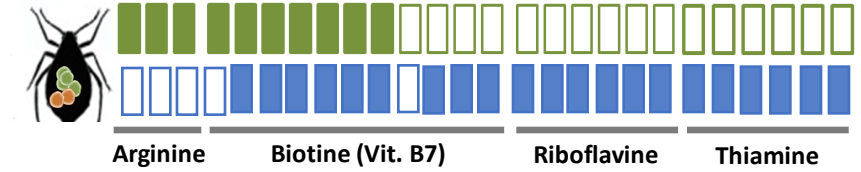


→ Supplémentation de l'hôte maintenue

→ Génomes stables

→ Gènes sous sélection purifiante

→ Evolution parallèle des génomes symbiotiques (événements démographiques similaires ?)



➔ Comment sont régulés les deux symbiontes dans une symbiose à plusieurs partenaires ?

➔ Quelle dynamique suit la densité de symbiontes au cours du temps ?

- Dépend-elle des besoins de l'hôte ?
- Dépend-elle de l'âge / la localisation du symbionte ?

→ *Sodalis*, Symbionte obligatoire du charançon des céréales (*Sitophilus oryzae*) (Vigneron et al 2014)

- Augmentation de la densité de *Sodalis* lors du passage à l'âge adulte
- Non indispensable à l'âge adulte
 - Croissance (cuticule)



Vigneron et al 2014

→ *Sodalis*, Symbionte obligatoire du charançon des céréales (*Sitophilus oryzae*) (Vigneron et al 2014)

- Augmentation de la densité de *Sodalis* lors du passage à l'âge adulte
- Non indispensable à l'âge adulte

→ Croissance (cuticule)

→ *Wigglesworthia*, Symbionte obligatoire de la mouche Tsetse (*G. morsitans*) (rio et al 2006)

- Augmentation de la densité chez les femelles adultes et diminution chez les males

→ Reproduction



→ *Sodalis*, Symbionte obligatoire du charançon des céréales (*Sitophilus oryzae*) (Vigneron et al 2014)

- Augmentation de la densité de *Sodalis* lors du passage à l'âge adulte
- Non indispensable à l'âge adulte

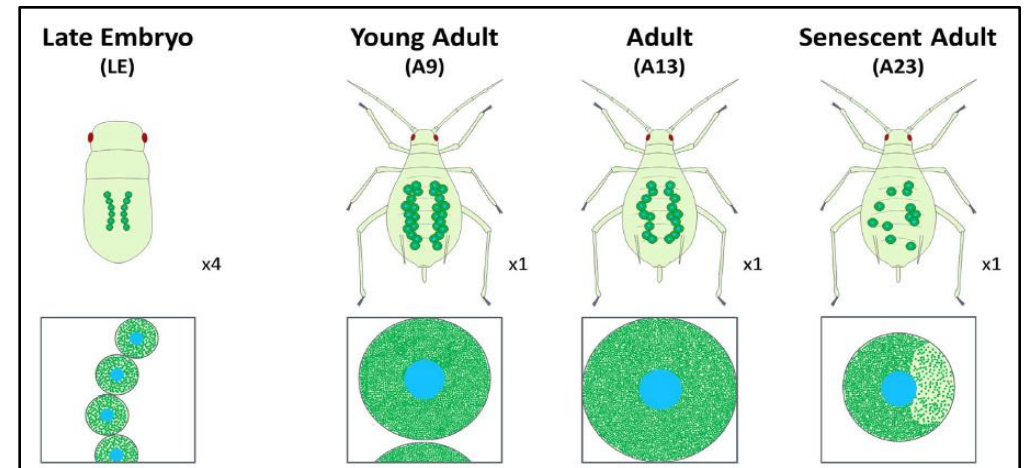
→ Croissance (cuticule)

→ *Wigglesworthia*, Symbionte obligatoire de la mouche Tsetse (*G. morsitans*) (rio et al 2006)

- Augmentation de la densité chez les femelles adultes et diminution chez les males

→ Reproduction

→ *Buchnera aphidicola*, Symbionte nutritionnel obligatoire (Nishikori et al. 2009, Simonet et al. 2016)



Simonet et al. 2016.

→ Croissance ?

→ *Sodalis*, Symbionte obligatoire du charançon des céréales (*Sitophilus oryzae*) (Vigneron et al 2014)

- Augmentation de la densité de *Sodalis* lors du passage à l'âge adulte
- Non indispensable à l'âge adulte

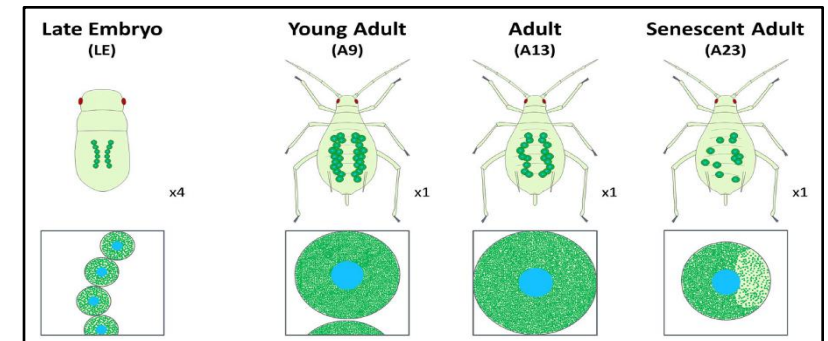
→ Croissance (cuticule)

→ *Wigglesworthia*, Symbionte obligatoire de la mouche Tsetse (*G. morsitans*) (rio et al 2006)

- Augmentation de la densité chez les femelles adultes et diminution chez les males

→ Reproduction

→ *Buchnera aphidicola*, Symbionte nutritionnel obligatoire (Nishikori et al. 2009, Simonet et al. 2016)



Simonet et al. 2016.

→ Croissance ?

→ Régulation suggère des Coûts et bénéfices

- Difficiles à mesurer

(Lu et al. 2012; Osborne et al. 2012)

→ *Sodalis*, Symbionte obligatoire du charançon des céréales (*Sitophilus oryzae*) (Vigneron et al 2014)

- Augmentation de la densité de *Sodalis* lors du passage à l'âge adulte
- Non indispensable à l'âge adulte

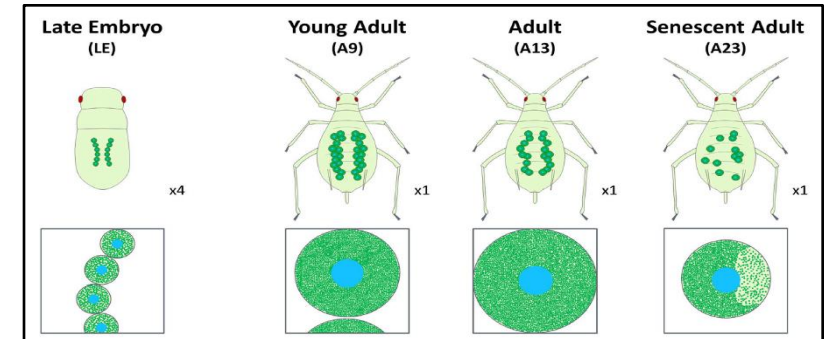
→ Croissance (cuticule)

→ *Wigglesworthia*, Symbionte obligatoire de la mouche Tsetse (*G. morsitans*) (rio et al 2006)

- Augmentation de la densité chez les femelles adultes et diminution chez les males

→ Reproduction

→ *Buchnera aphidicola*, Symbionte nutritionnel obligatoire (Nishikori et al. 2009, Simonet et al. 2016)



Simonet et al. 2016.

→ Croissance ?

→ Régulation suggère des Coûts et bénéfices

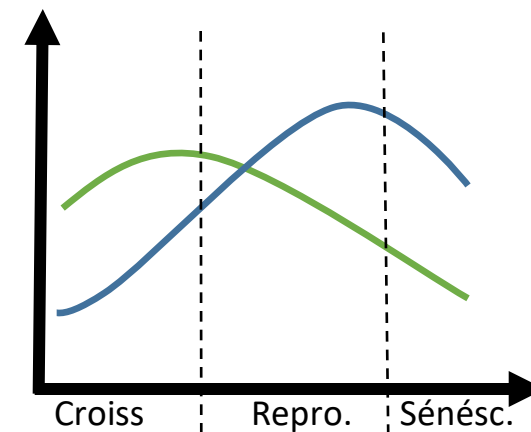
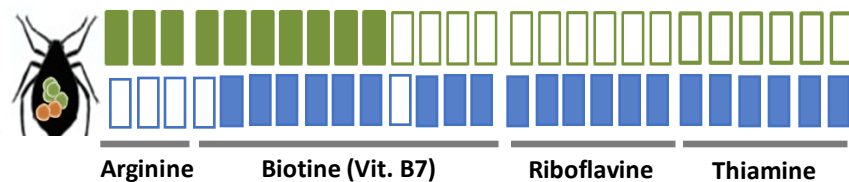
- Difficiles à mesurer

(Lu et al. 2012; Osborne et al. 2012)

→ Systèmes di-symbiotiques ?

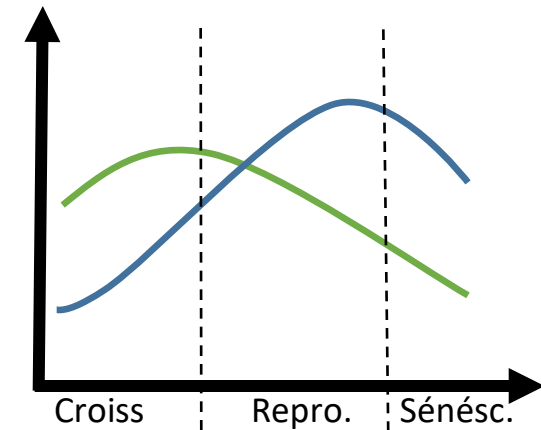
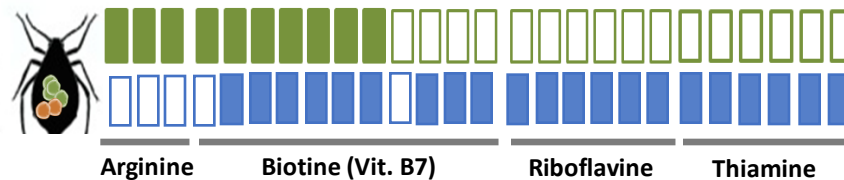
→ La dynamique des 2 symbiontes varie-t-elle selon les besoins de l'hôte ?

- Croissance (ex : *Sodalis* et charançon)
- Reproduction (ex : *Wigglesworthia* et Tsétsé)



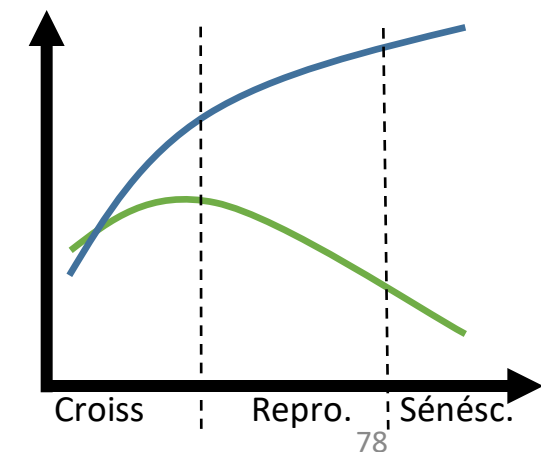
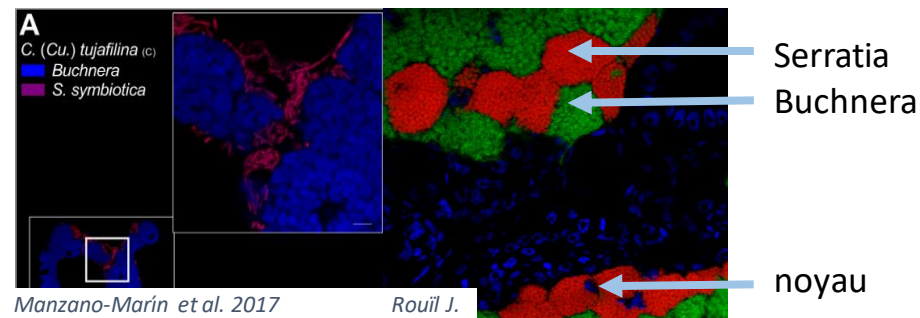
→ La dynamique des 2 symbiontes varie-t-elle selon les besoins de l'hôte ?

- Croissance (ex : *Sodalis* et charançon)
- Reproduction (ex : *Wigglesworthia* et Tsétsé)



→ La dynamique du co-symbionte varie-t-elle selon son âge et sa localisation ?

- Variation de la localisation
- Mécanisme de l'initiation de la réplication ? (Akman et al 2002)
- Régulation lysosomale (Simonet et al 2018)
- Système immunitaire ?



→ Echantillonnage de *Cinara spp**Cinara tujaefilina*

→ Elevage :

- *Cinara tujaefilina* (*Serratia* récente) => riboflavine
- *Cinara palaestinensis* (*Serratia* ancienne) => riboflavine et thiamine



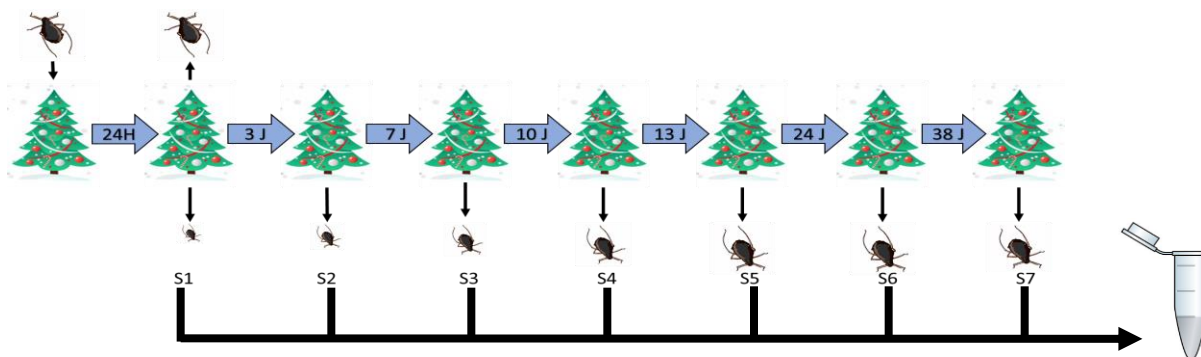
→ Echantillonnage de *Cinara spp*



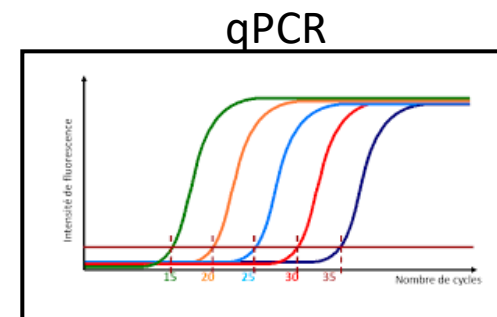
Cinara tujaefilina

→ Elevage :

- *Cinara tujaefilina* (*Serratia* récente) => riboflavine
- *Cinara palaestinensis* (*Serratia* ancienne) => riboflavine et thiamine

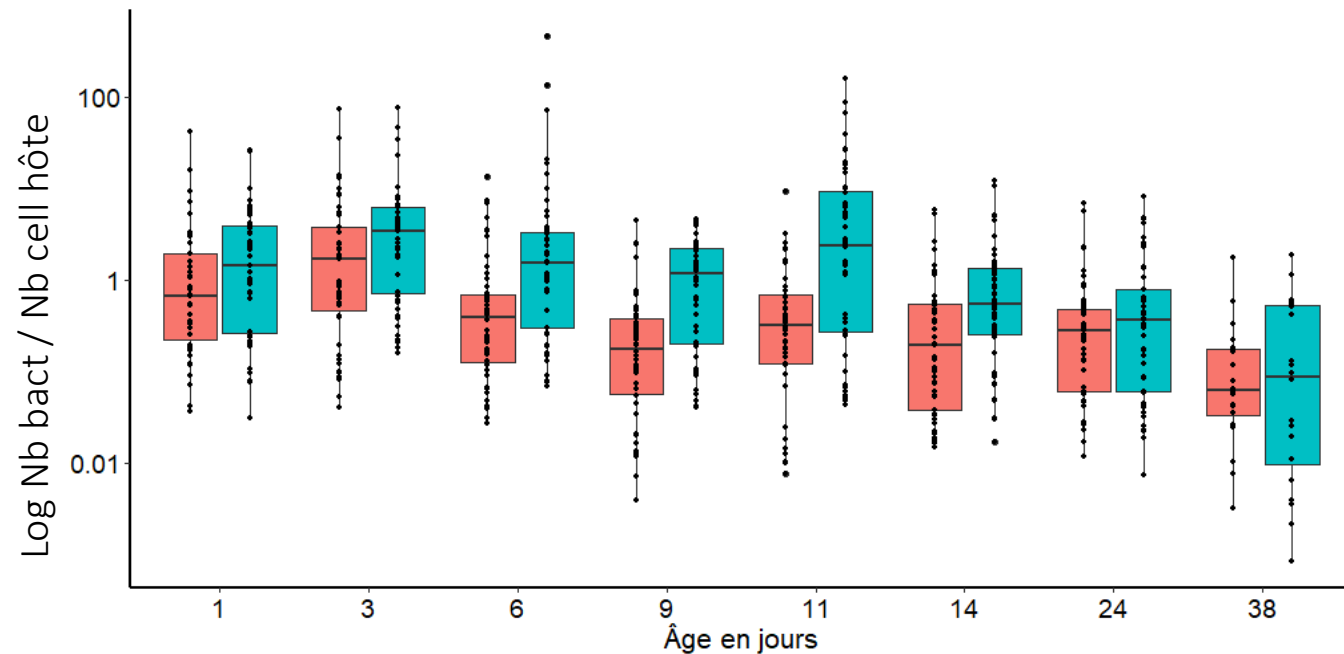
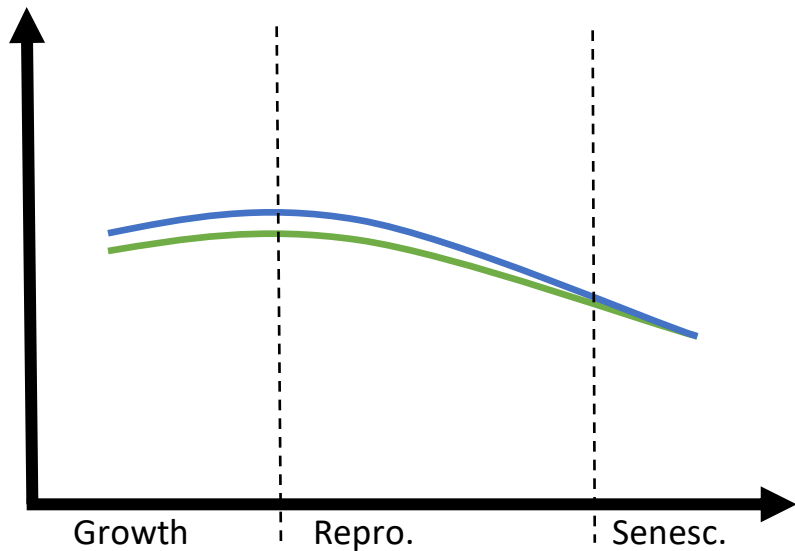


Extraction



→ *Cinara palaestinensis* (*Serratia* ancienne, intracellulaire)

- Dynamiques similaires de *Buchnera* et *Serratia*

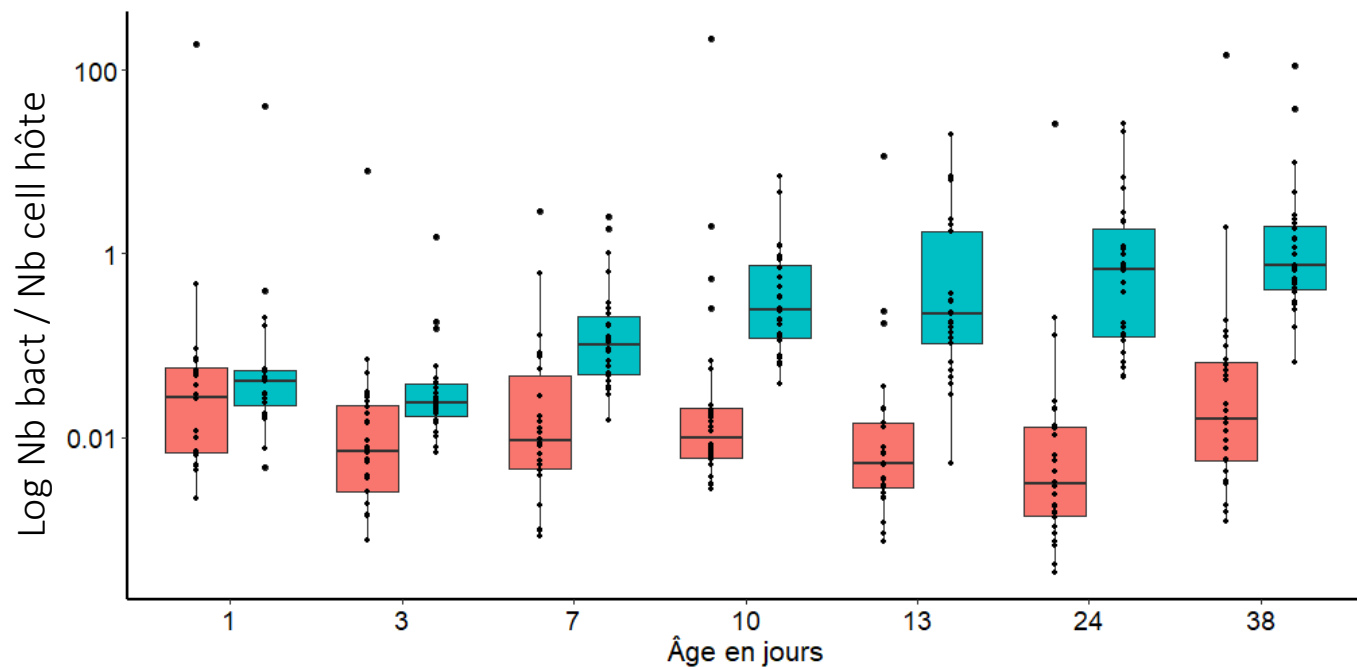
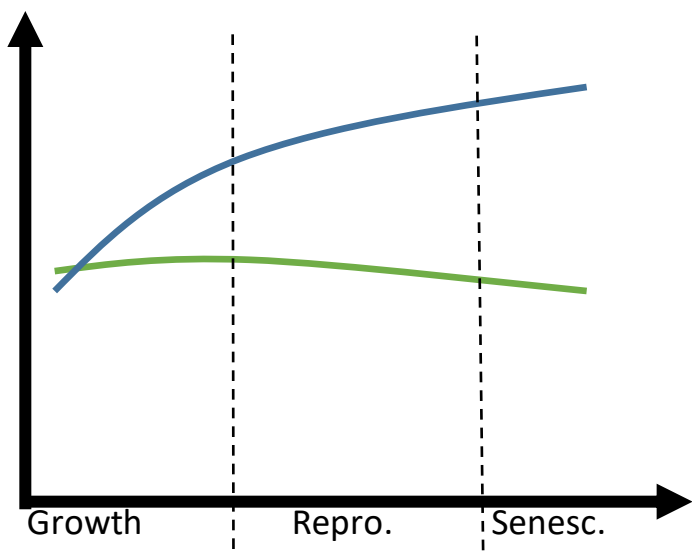


■ Densité de *Buchnera*
 ■ Densité de *Serratia*

Âge	1	3	6	9	11	14	24	38
Nb	43	47	52	50	52	52	49	20

→ *Cinara tujafilina* (acquisition récente, extracellulaire)

- Dynamiques différentes
 - *Buchnera* stable
 - Croissance constante de *Serratia*
 - Plus de *Serratia*



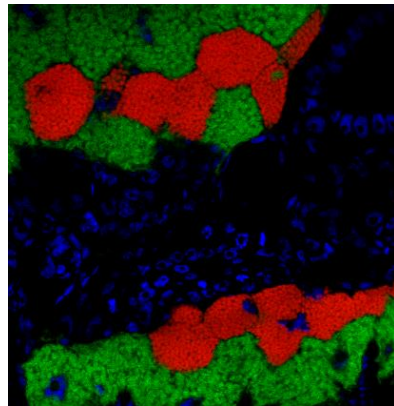
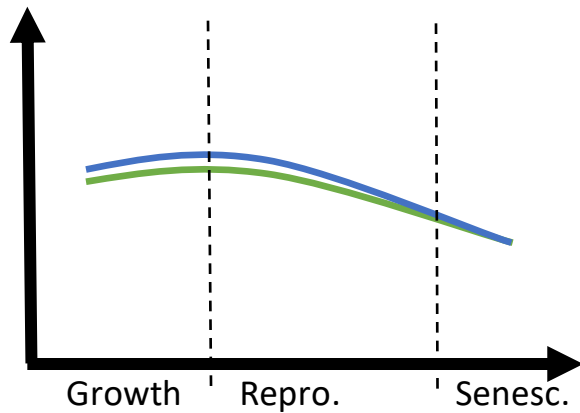
■ Densité de *Buchnera*
 ■ Densité de *Serratia*

Âge	1	3	7	10	13	24	38
Nb	30	36	33	42	39	36	37

→ *Cinara palaestinensis* :

- Acquisition ancienne
- Intracellulaire
- Dynamiques similaires

→ Mécanismes de régulations similaires ?

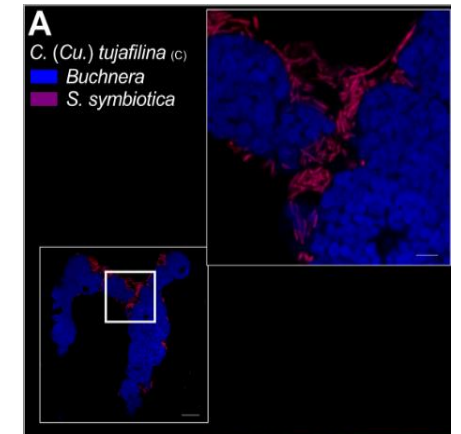
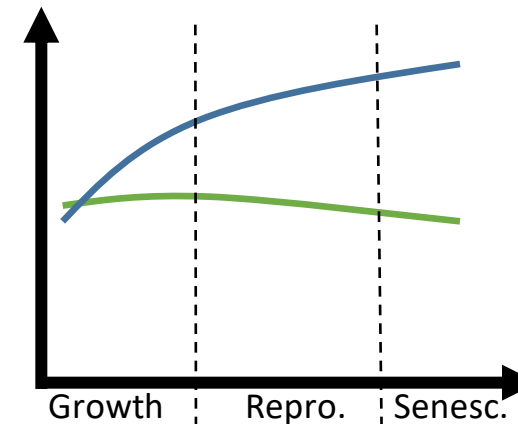
→ *Cinara tujafilina* :

- Acquisition récente
- Extracellulaire
- Dynamiques différentes

→ Mécanismes de régulations différents ?

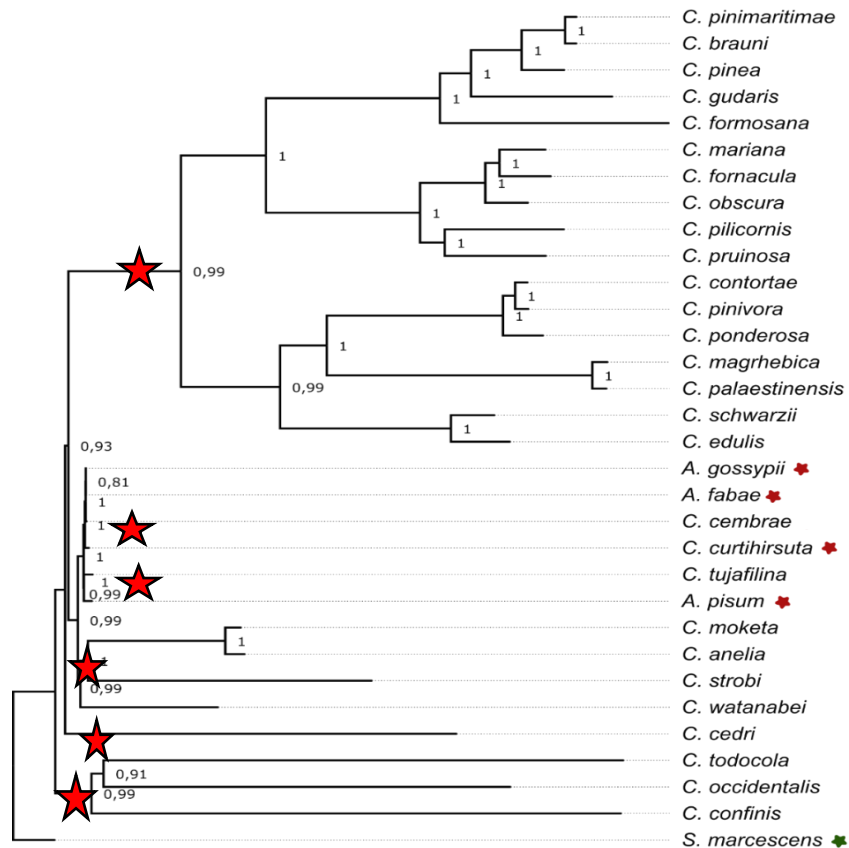
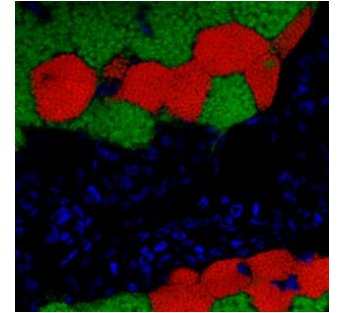
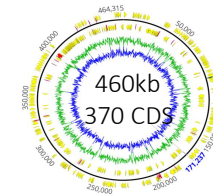
→ Absence de régulation ?

→ Besoins différents ?



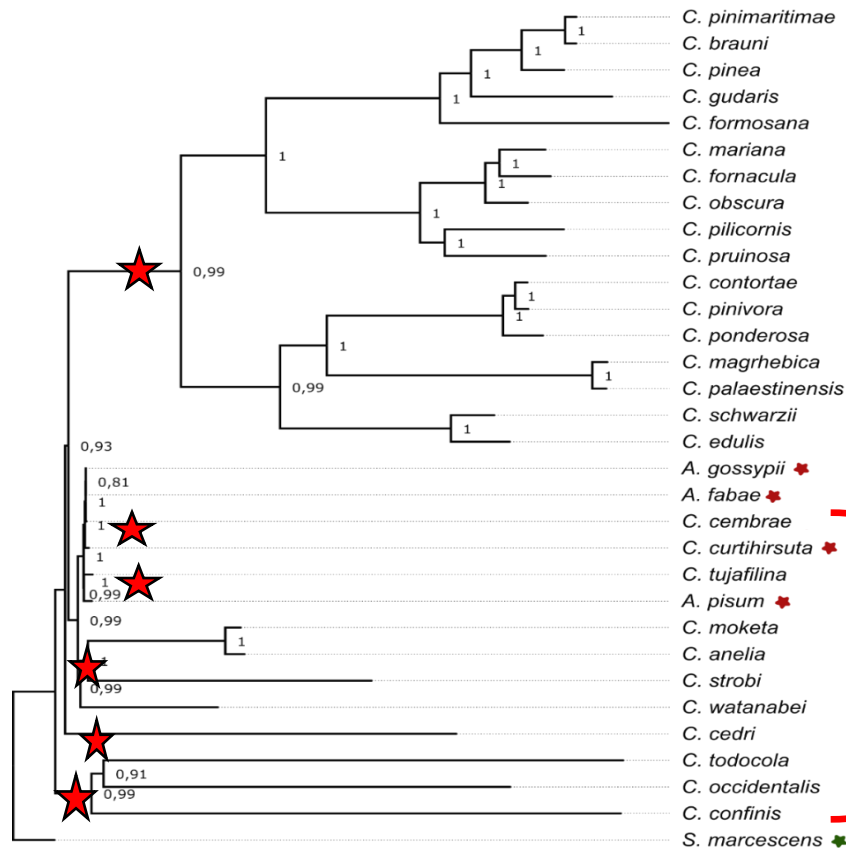
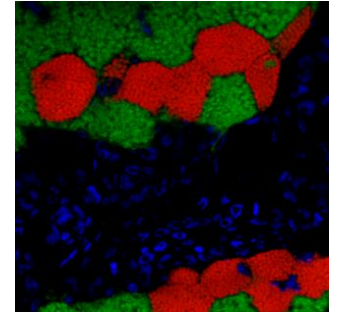
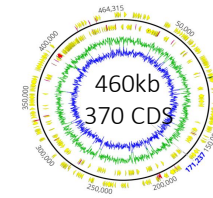
➔ Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*

- Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
- Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...) (Meseguer et al. 2017)



➔ Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*

- Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
- Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...) (Meseguer et al. 2017)



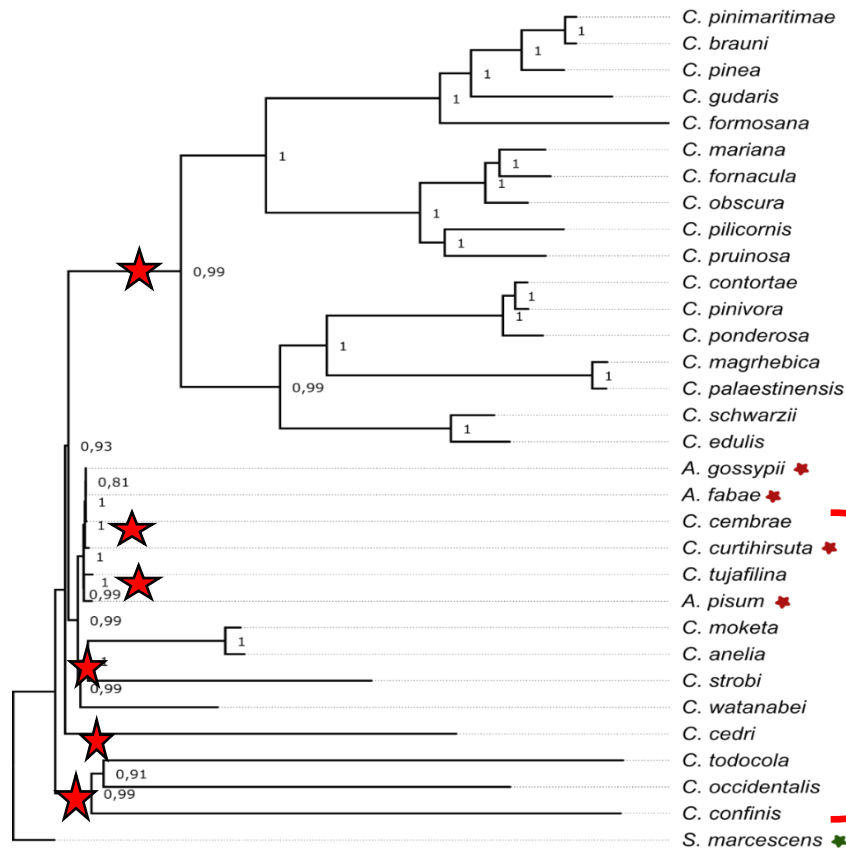
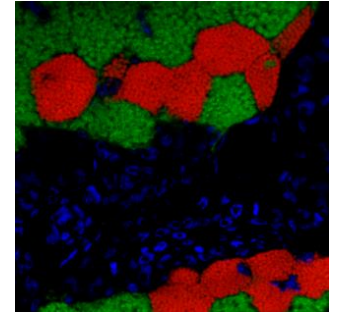
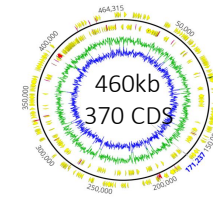
Phylogénies incertaines :

Ajouter des espèces

➔ Soutenir la phylogénie (nœuds profonds)

➔ Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*

- Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
- Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...) (Meseguer et al. 2017)



Phylogénies incertaines :

Ajouter des espèces

Meilleur assemblage



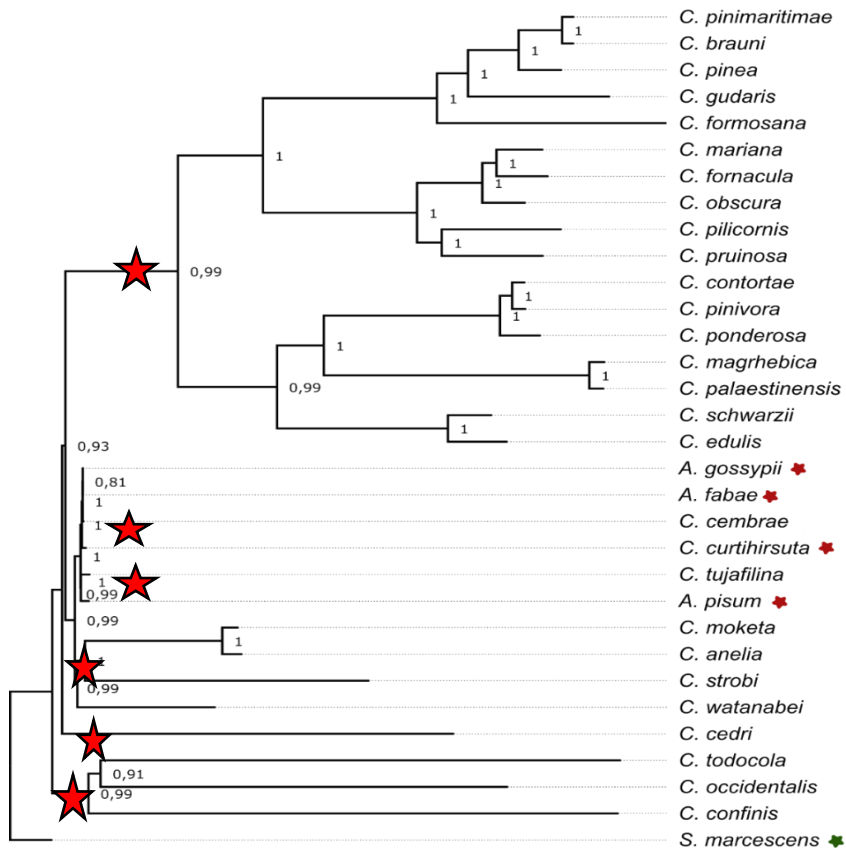
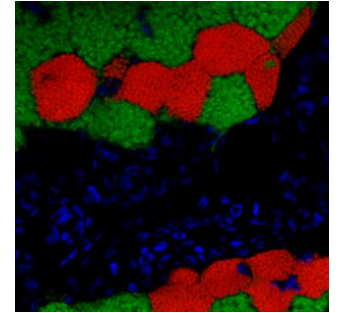
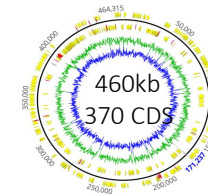
200 kb

■ direct
■ reverse
■ inversion

➔ Soutenir la phylogénie (nœuds profonds)

➔ Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*

- Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
- Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...) (Meseguer et al. 2017)



Ajouter des espèces



Facultatif



Transition ?

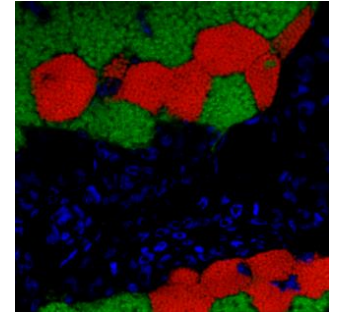
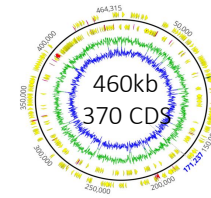


Obligatoire

➔ Pas ou peu d'intermédiaires
➔ Processus rapide ?

→ Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*

- Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
- Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...) (Meseguer et al. 2017)



→ Pourquoi y a-t-il de multiple remplacements ?

→ Pas de corrélation entre :

plante hôte  /identité du co-symbionte 

(Meseguer et al. 2017)

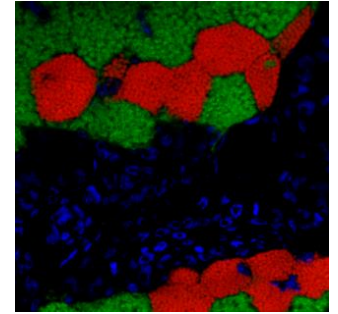
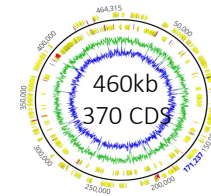
Synthèse de Thiamine par :

- *Serratia* (clade A)
- *Erwinia* (manzano-marín et al. 2020)
- *Buchnera* (Neophyllaphidinae et Mindaridinae)

→ lien avec les conifères ?

→ Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*

- Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
- Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...) (Meseguer et al. 2017)

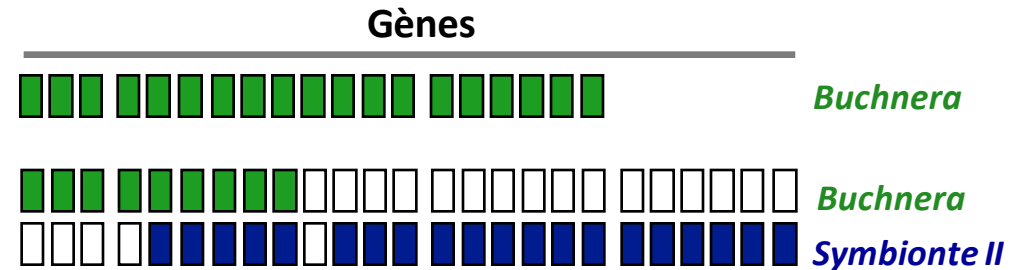


→ Pourquoi y a-t-il de multiple remplacements ?

→ Pas de corrélation entre :

plante hôte  /identité du co-symbionte 

(Meseguer et al. 2017)



→ Différence de capacité entre *Serratia* ?

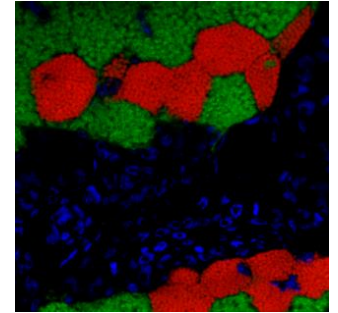
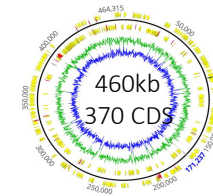
Synthèse de Thiamine par :

- *Serratia* (clade A)
- *Erwinia* (manzano-marín et al. 2020)
- *Buchnera* (Neophyllaphidinae et Mindaridinae)

→ lien avec les conifères ?

→ Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*

- Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
- Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...) (Meseguer et al. 2017)



→ Pourquoi y a-t-il de multiple remplacements ?

→ Pas de corrélation entre :

plante hôte  /identité du co-symbionte 

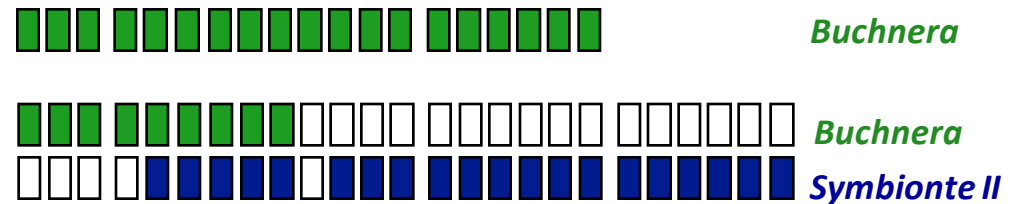
(Meseguer et al. 2017)

Synthèse de Thiamine par :

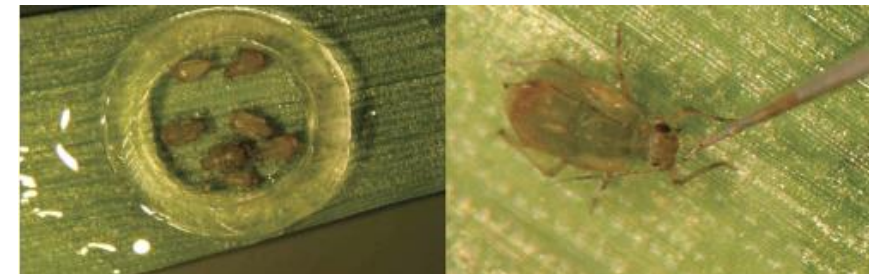
- *Serratia* (clade A)
- *Erwinia* (manzano-marin et al. 2020)
- *Buchnera* (Neophyllaphidinae et Mindaridinae)

→ lien avec les conifères ?

Gènes



→ Différence de capacité entre *Serratia* ?



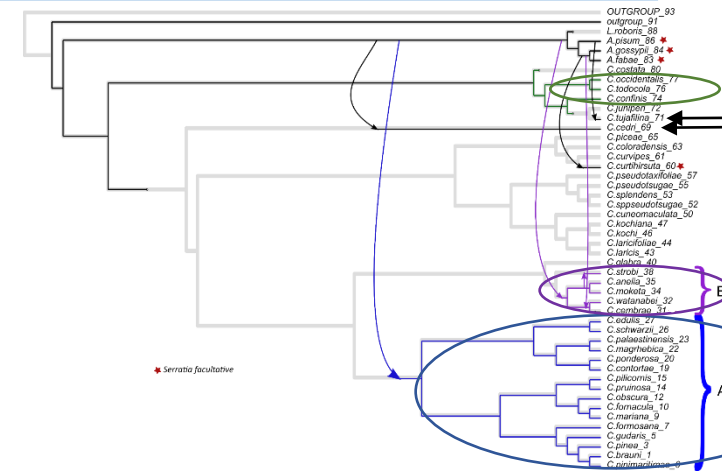
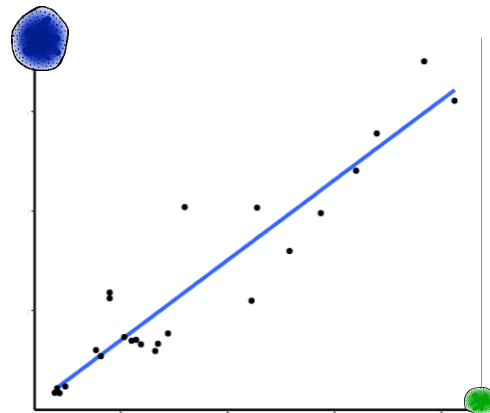
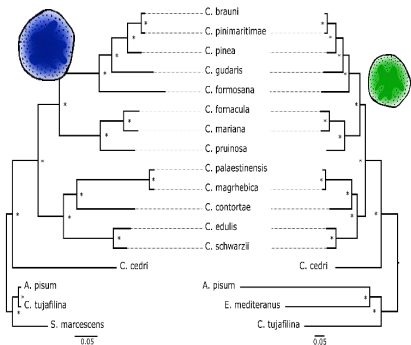
→ Composition de la sève ?

→ Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*

- Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
- Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...)

→ Conséquences de la co-évolution dans la symbiose à deux partenaires

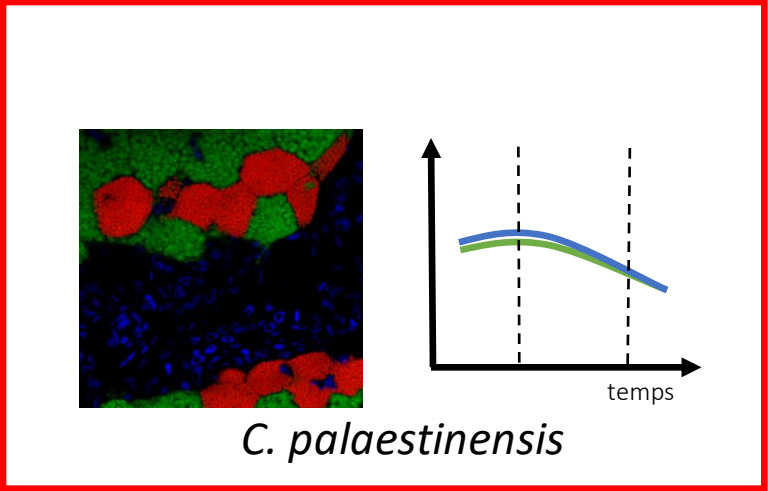
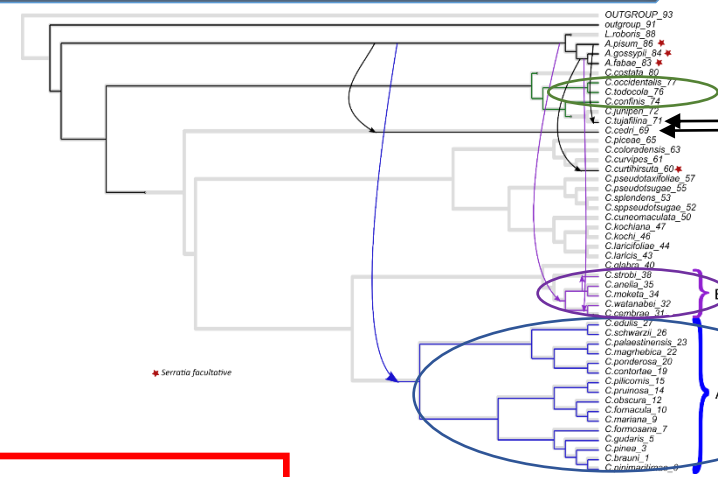
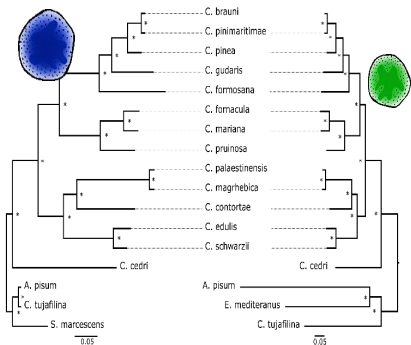
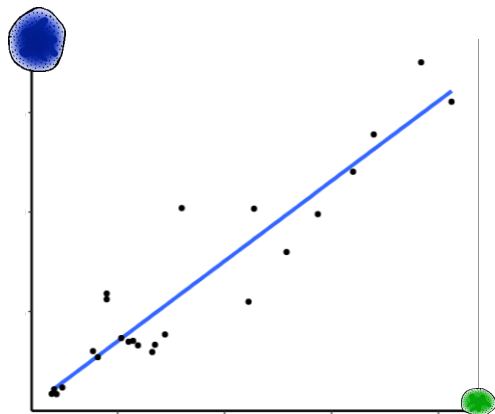
- Supplémentation de l'hôte maintenue
- Génomes stables et gènes sous sélection purifiante
- Evolution parallèle des génomes symbiotiques



- Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*
 - Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
 - Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...)

→ Conséquences de la co-évolution dans la symbiose à deux partenaires

- Supplémentation de l'hôte maintenue
- Génomes stables et gènes sous sélection purifiante
- Evolution parallèle des génomes symbiotiques



→ Transmission à la descendance ?
 → Quantifier les goulots d'étranglements

→ Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*

- Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
- Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...)

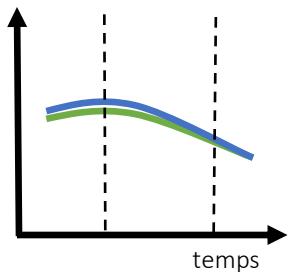
→ Conséquences de la co-évolution dans la symbiose à deux partenaires

- Supplémentation de l'hôte maintenue
- Génomes stables et gènes sous sélection purifiante
- Evolution parallèle des génomes symbiotiques

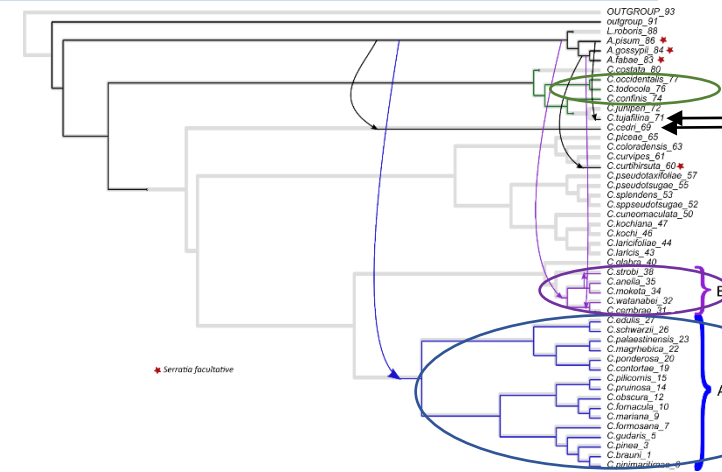
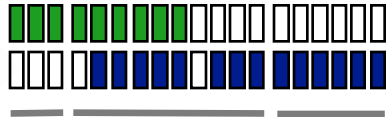
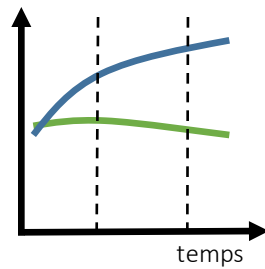
→ Régulations de la densité des symbiontes

- Variable selon l'espèce : localisation et âge d'acquisition

C. Palaestinensis



C. tujaefilina

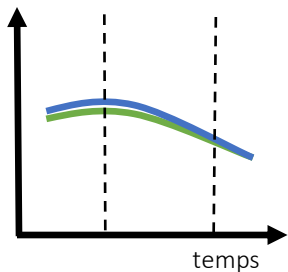


- Histoire de l'association des co-symbiontes chez les *Cinara*
 - Plusieurs acquisitions indépendantes de *Serratia* (5+)
 - Présence de plusieurs remplacements (*Serratia*, *Erwinia*, *Sodalis*...)
- Conséquences de la co-évolution dans la symbiose à deux partenaires
 - Supplémentation de l'hôte maintenue
 - Génomes stables et gènes sous sélection purifiante
 - Evolution parallèle des génomes symbiotiques

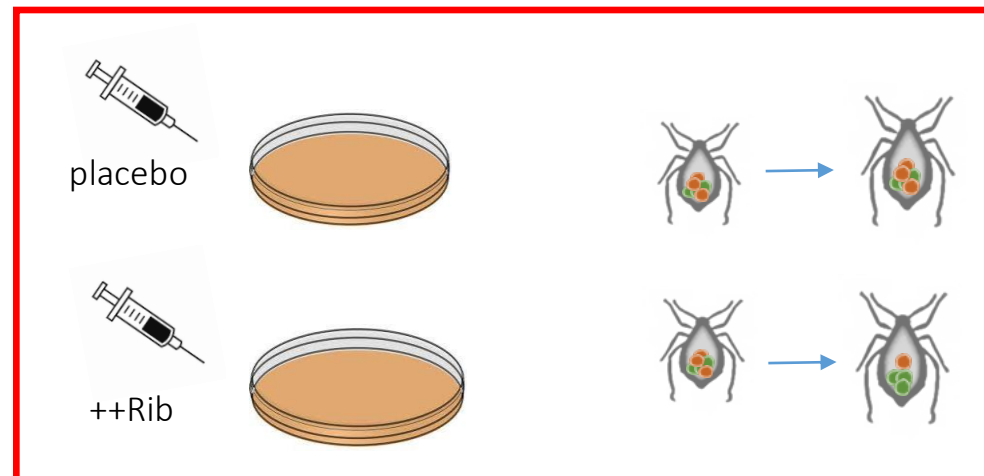
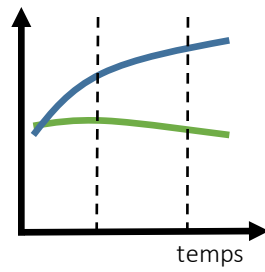
→ Régulations de la densité des symbiontes

- Variable selon l'espèce : localisation et âge d'acquisition

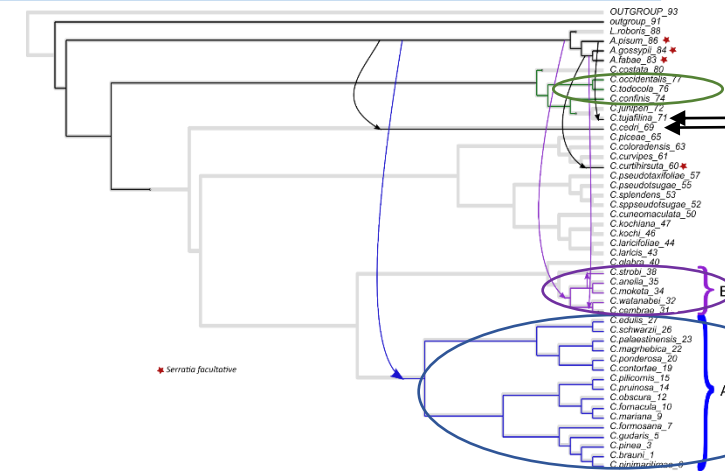
C. Palaestinensis



C. tujaefilina



→ Régulation selon les besoins ?





Emmanuelle
Jousselin

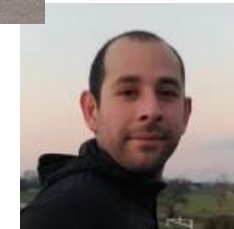
Anne-laure
Clamens

Armelle Cœur
d'acier

Merci



Valerie Barbe
Céline Orvain
Corinne Cruaud



Alejandro
Manzano-Marín

