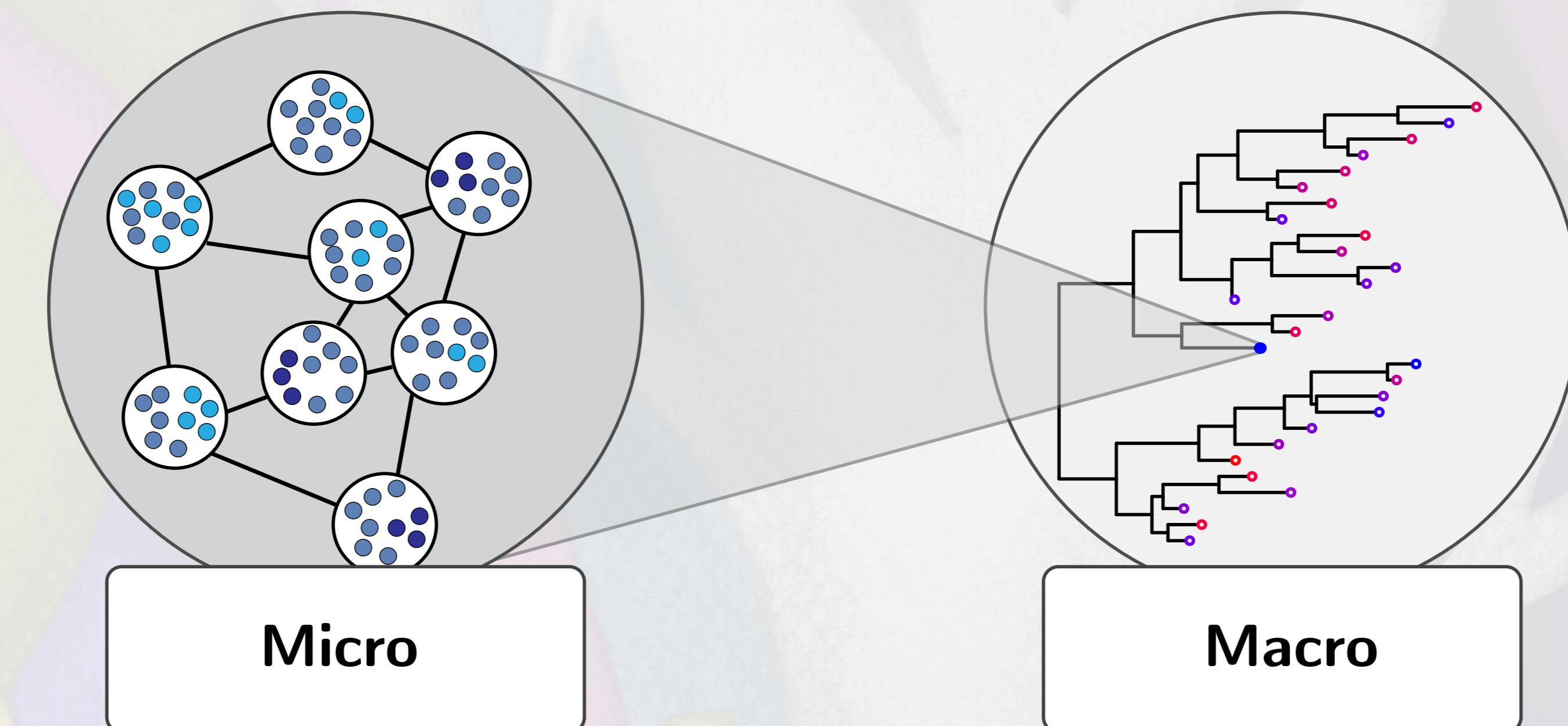


# Comprendre et caractériser la sélection naturelle en intégrant micro et macro évolution.



Micro

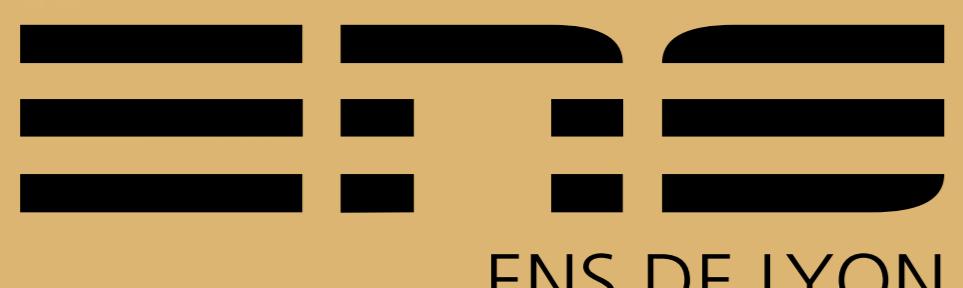
Macro

Thibault Latrille

Projet CNRS d'intégration au LBBE (Lyon)

Études

Uppsala (Suède),  
Montpellier et Lyon



2013-2017

Thèse  
Lyon



2017-2020

ATER  
Lyon



2020-2021

Postdoc

Lausanne (Suisse)



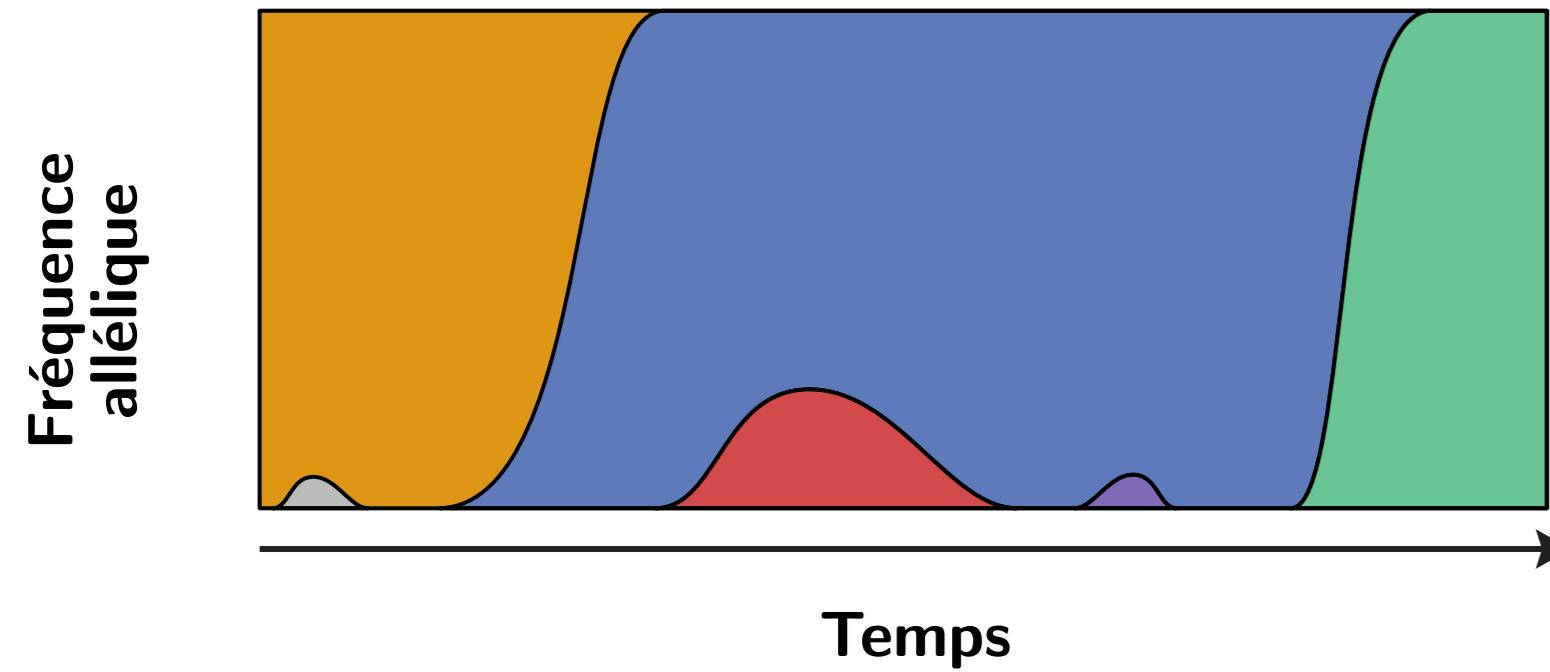
UNIL | Université de Lausanne

2021-2025

# Comment intégrer micro et macro évolution ?

Par des modèles théoriques, méthodes statistiques et des études empiriques.

## Modèles théoriques

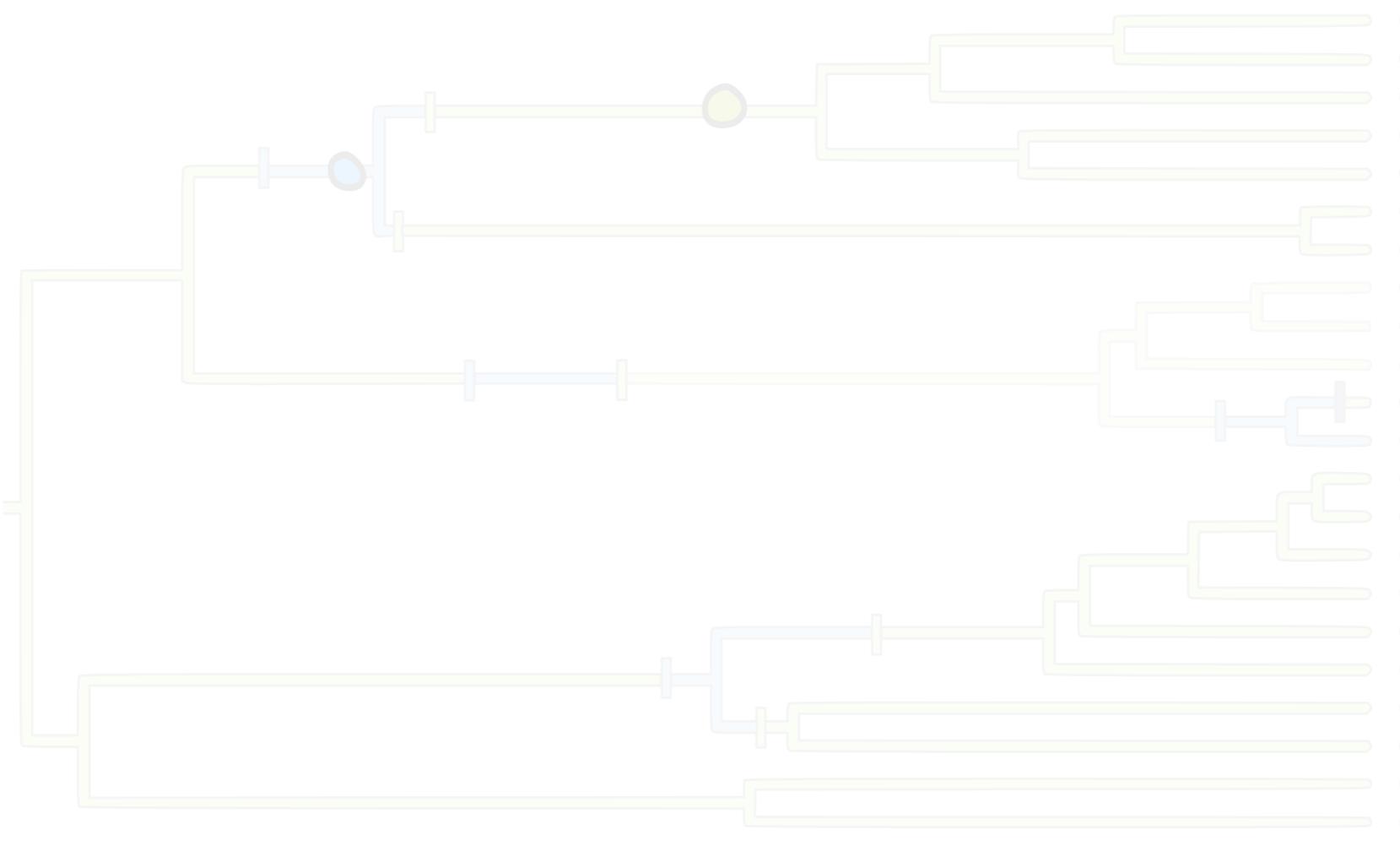


Latrille, Duret & Lartillot.  
*Philos. Trans. R. Soc. B*, 2017

Latrille & Lartillot  
*Theoretical Population Biology*, 2021

Latrille, Bastian, Gaboriau & Salamin  
*Journal of Evolutionary Biology*, 2024

## Méthodes statistiques



Latrille, Lanore & Lartillot  
*Molecular Biology and Evolution*, 2021

Latrille & Lartillot  
*Molecular Biology and Evolution*, 2022

## Études empiriques



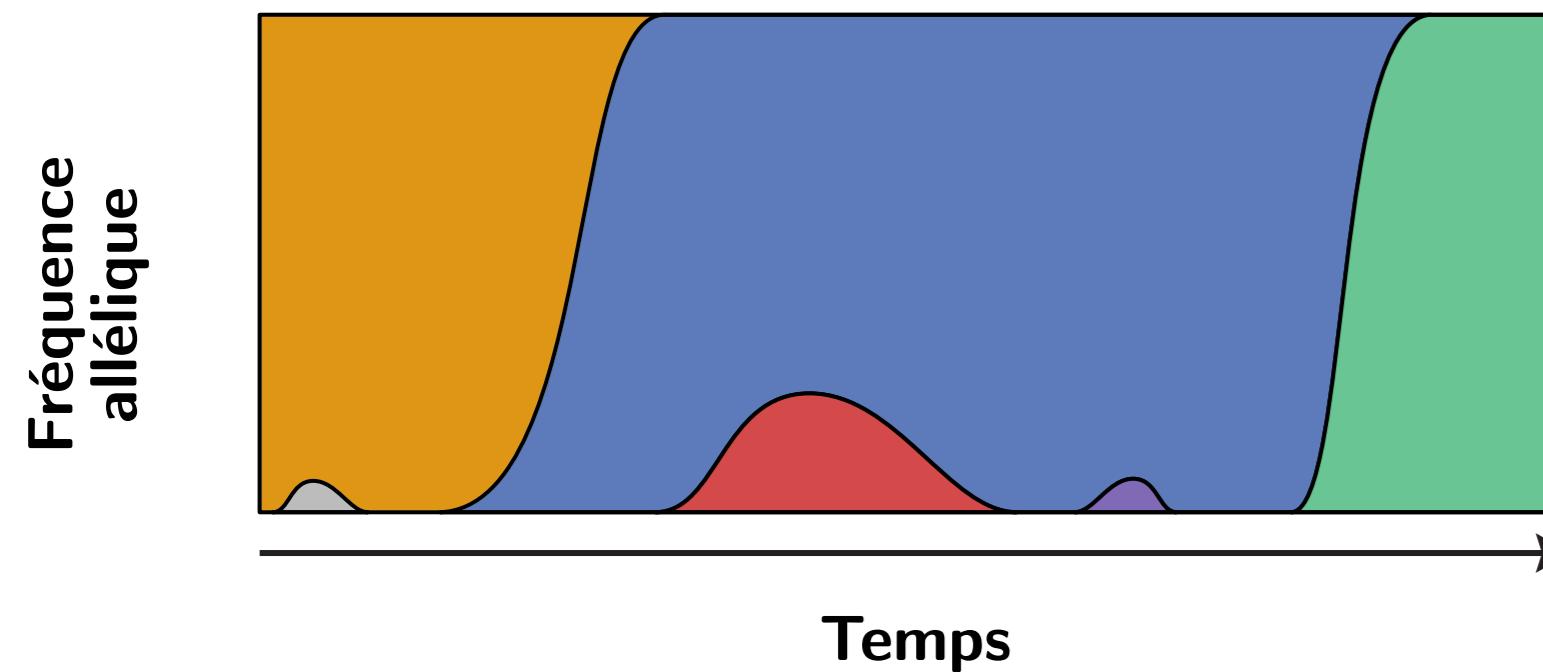
Latrille, Rodrigue & Lartillot.  
*PNAS*, 2023

Latrille, Joseph, Hartasanchez & Salamin.  
*PLOS Genetics*, 2024

# Comment intégrer micro et macro évolution ?

Par des modèles théoriques, méthodes statistiques et des études empiriques.

## Modèles théoriques

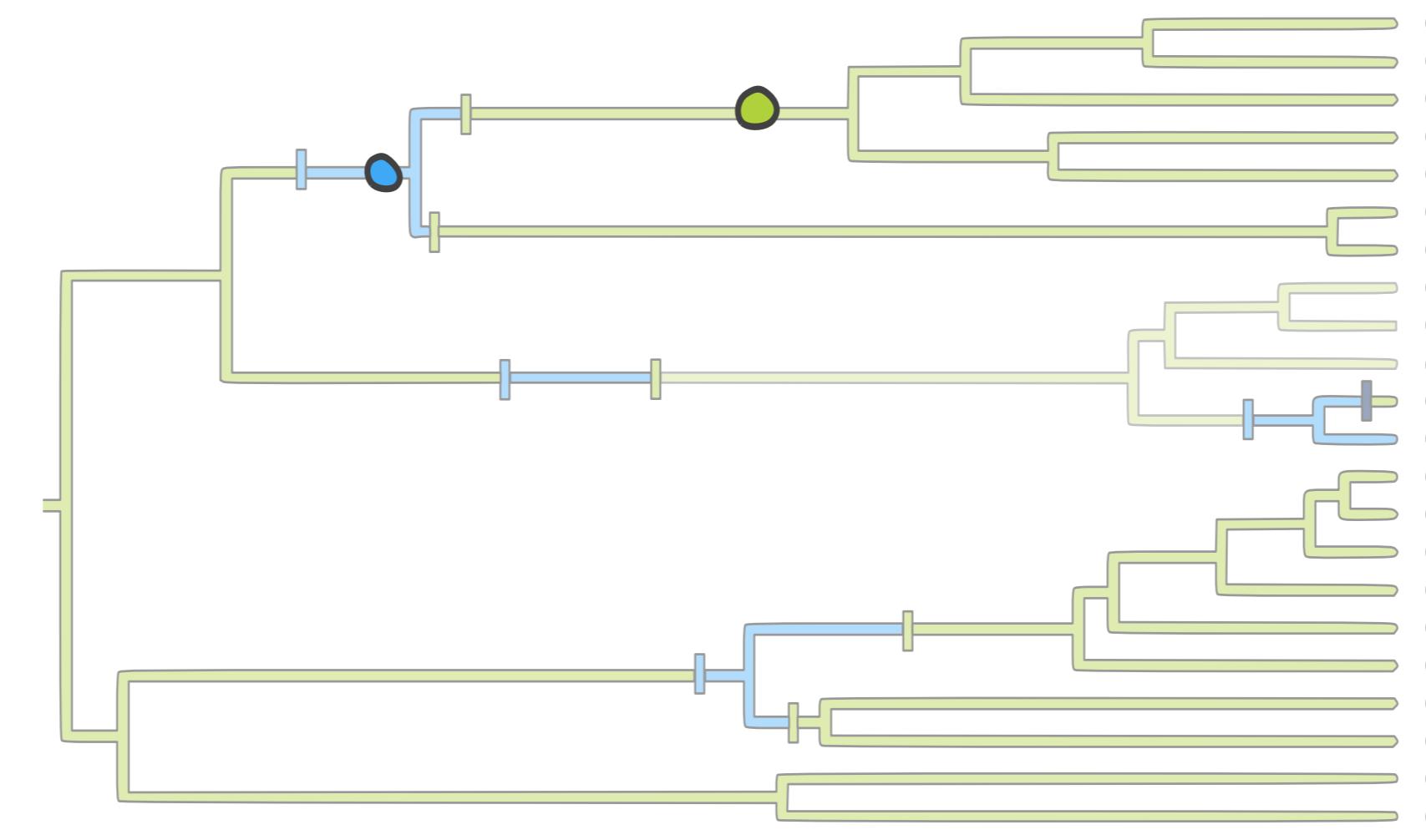


Latrille, Duret & Lartillot.  
*Philos. Trans. R. Soc. B*, 2017

Latrille & Lartillot  
*Theoretical Population Biology*, 2021

Latrille, Bastian, Gaboriau & Salamin  
*Journal of Evolutionary Biology*, 2024

## Méthodes statistiques



Latrille, Lanore & Lartillot  
*Molecular Biology and Evolution*, 2021

Latrille & Lartillot  
*Molecular Biology and Evolution*, 2022

## Études empiriques



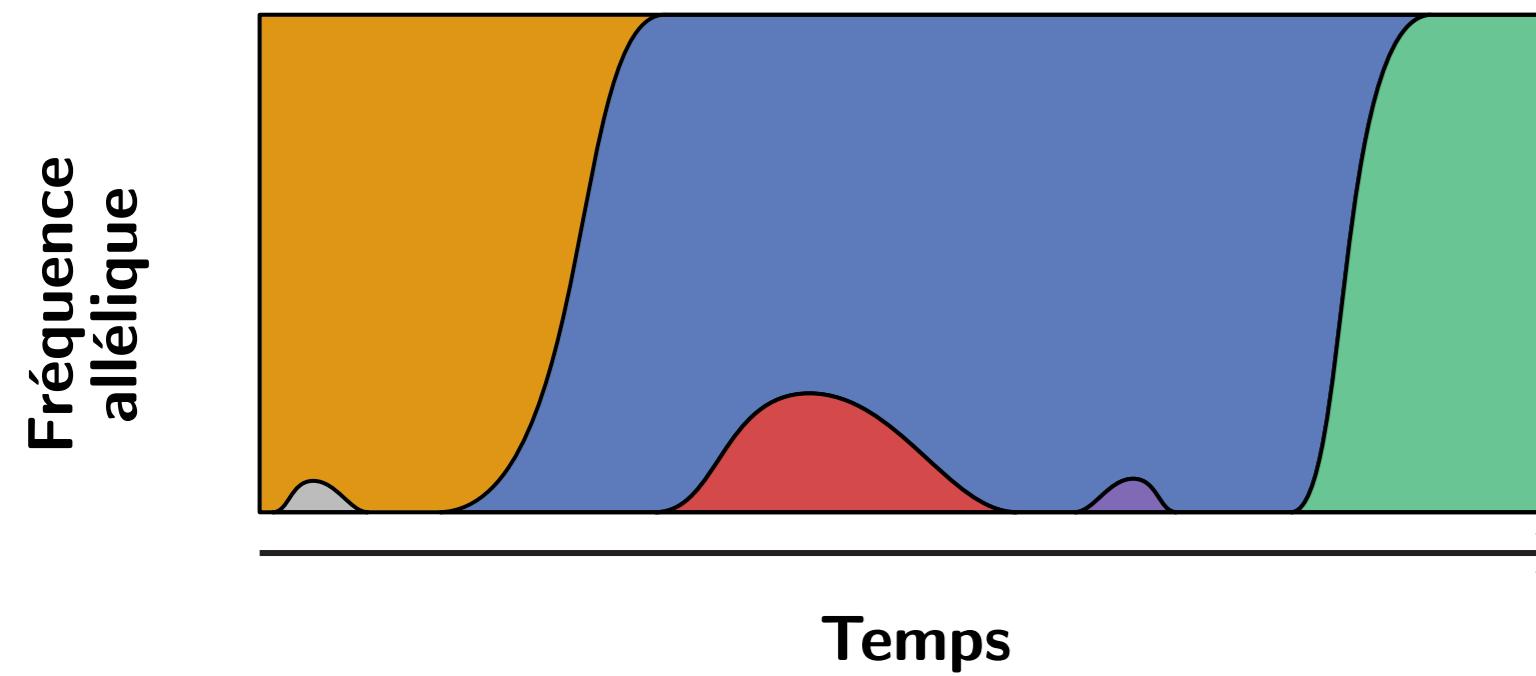
Latrille, Rodrigue & Lartillot.  
*PNAS*, 2023

Latrille, Joseph, Hartasanchez & Salamin.  
*PLOS Genetics*, 2024

# Comment intégrer micro et macro évolution ?

## Par des modèles théoriques, méthodes statistiques et des études empiriques.

### Modèles théoriques

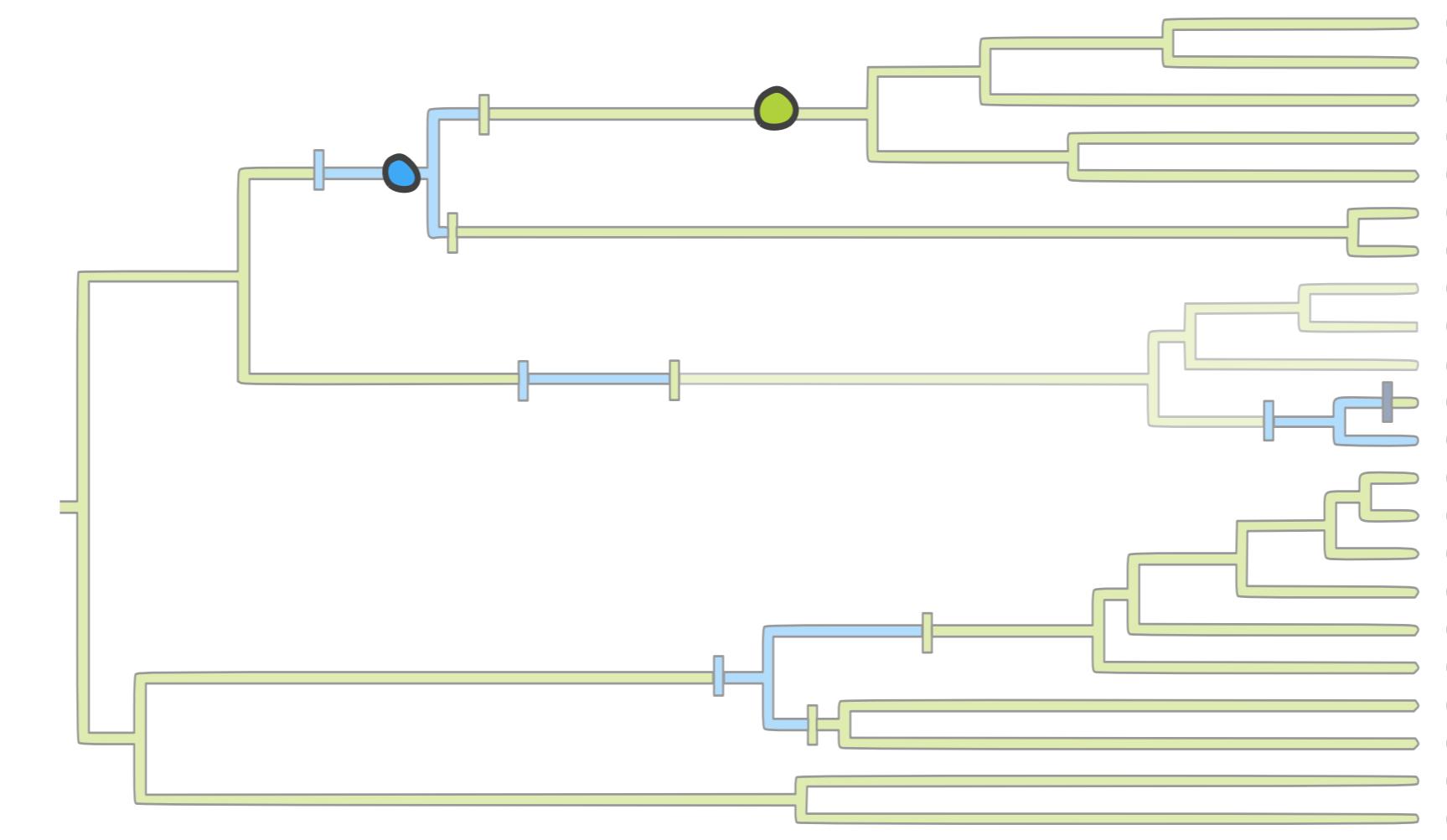


Latrille, Duret & Lartillot.  
*Philos. Trans. R. Soc. B*, 2017

Latrille & Lartillot  
*Theoretical Population Biology*, 2021

Latrille, Bastian, Gaboriau & Salamin  
*Journal of Evolutionary Biology*, 2024

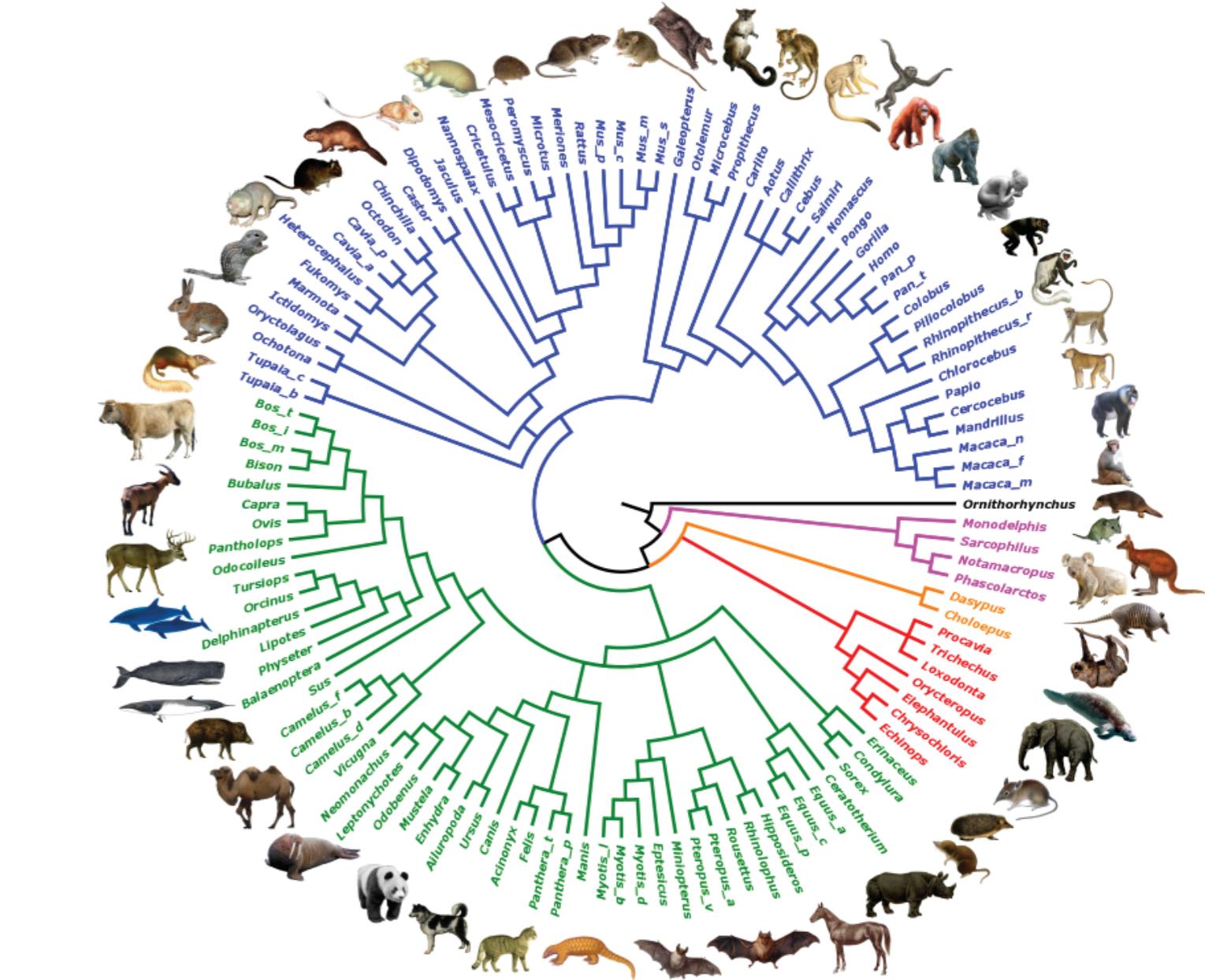
### Méthodes statistiques



Latrille, Lanore & Lartillot  
*Molecular Biology and Evolution*, 2021

Latrille & Lartillot  
*Molecular Biology and Evolution*, 2022

### Études empiriques



Latrille, Rodrigue & Lartillot.  
*PNAS*, 2023

Latrille, Joseph, Hartasanchez & Salamin.  
*PLOS Genetics*, 2024

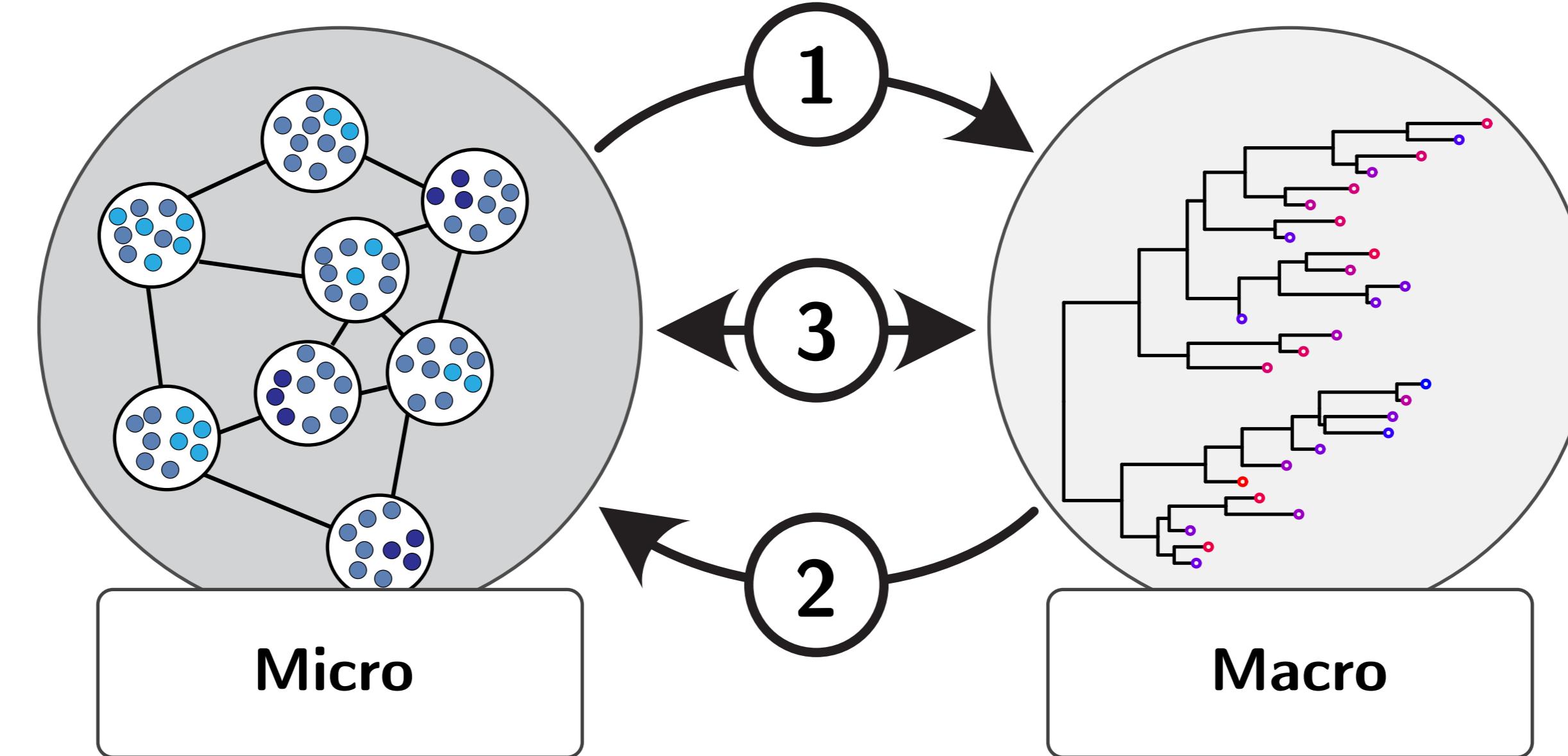
# Comment intégrer micro et macro évolution ?

En trois parties.

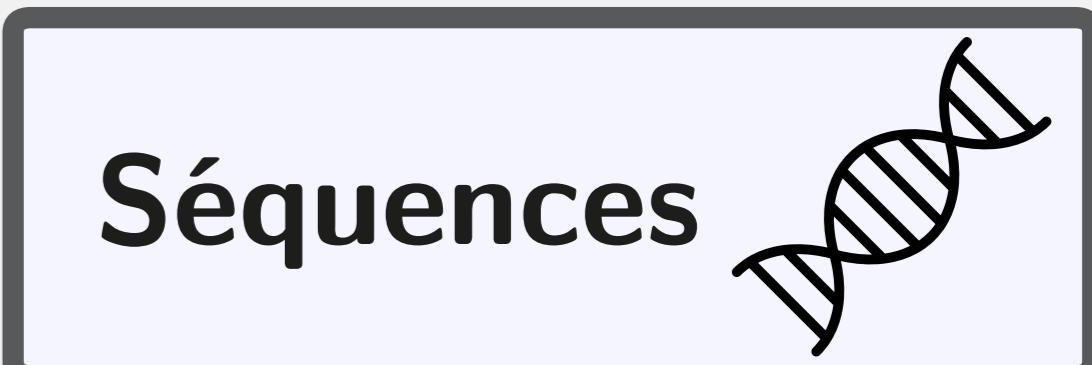
## 1. La micro apporte à la macro.



- Contexte
- Projet de recherche cnrs



## 2. La macro apporte à la micro.



- Contexte
- Projet de recherche cnrs

## 3. Intégrer micro et macro.

- Projet de recherche cnrs

# Comment intégrer micro et macro évolution ?

Présentation en 3 parties.

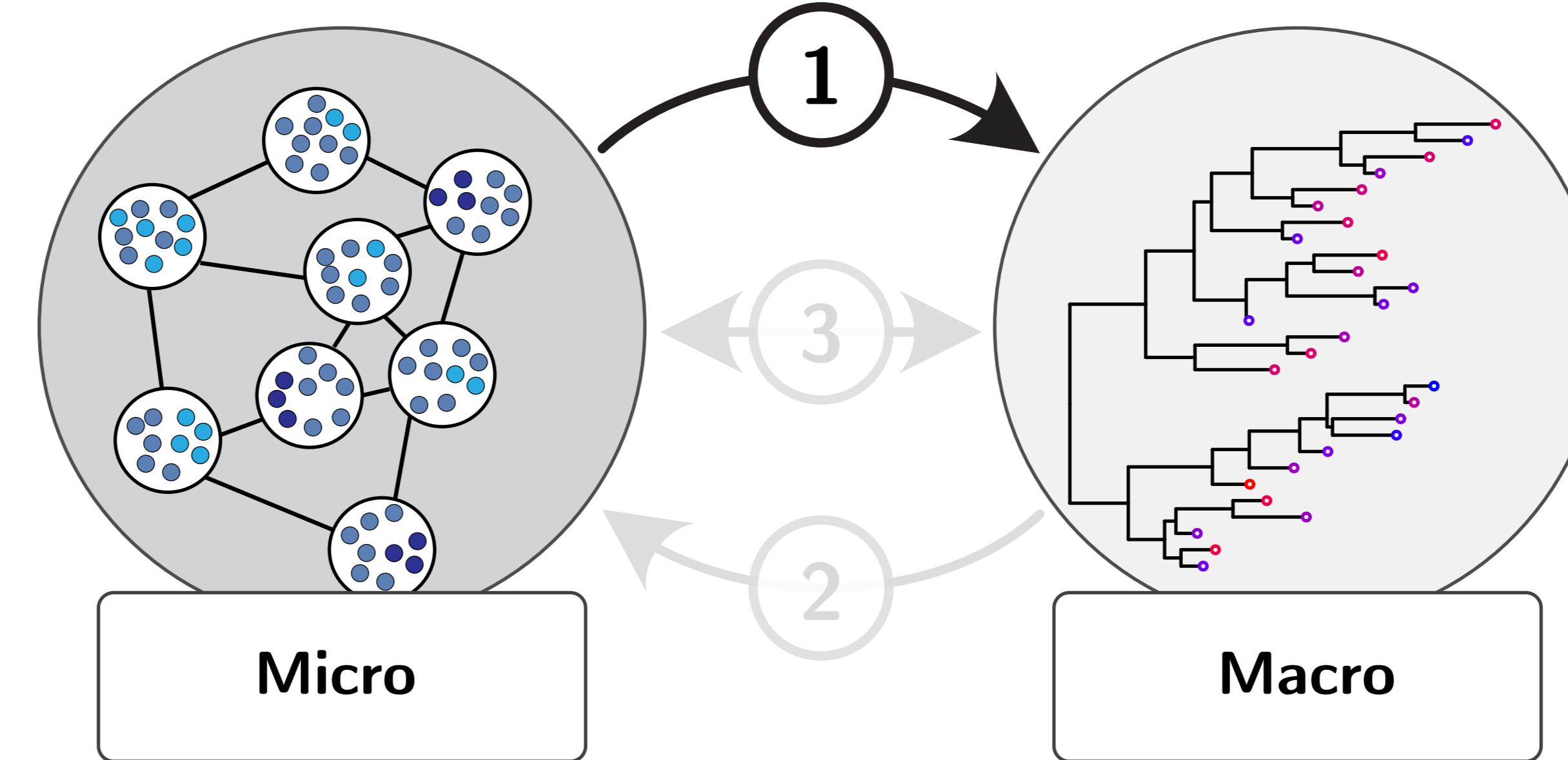
## 1. La micro apporte à la macro.



- Contexte



- Projet de recherche

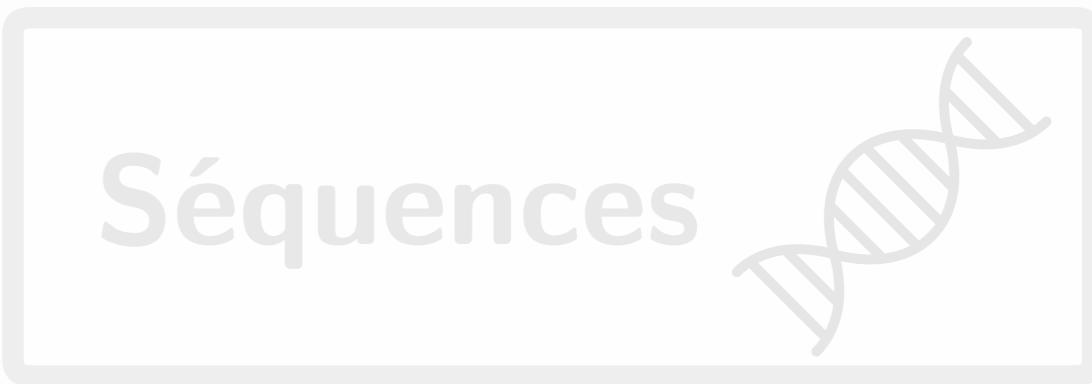


## 3. Intégrer micro et macro.

- Projet de recherche



## 2. La macro apporte à la micro.



- Contexte

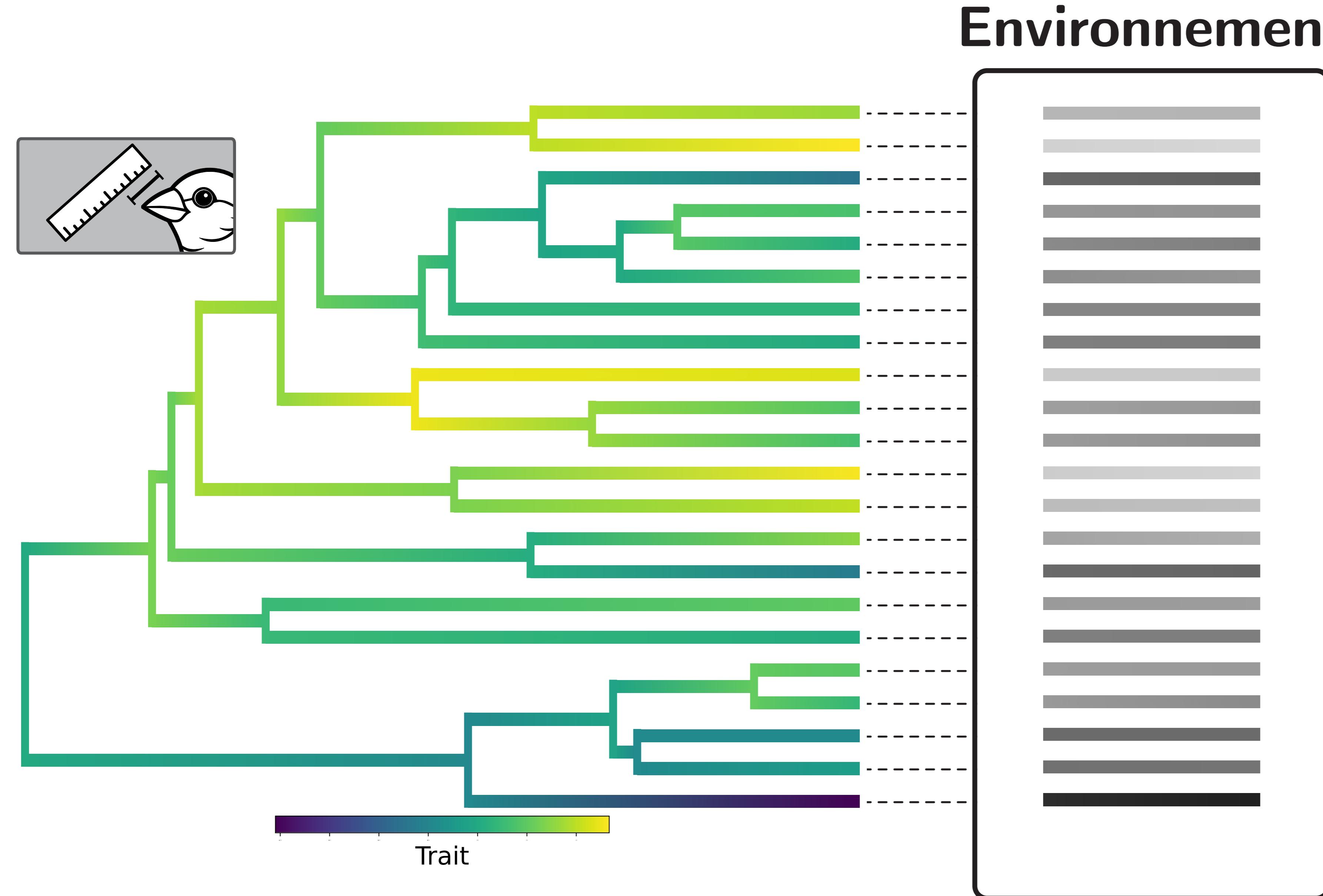
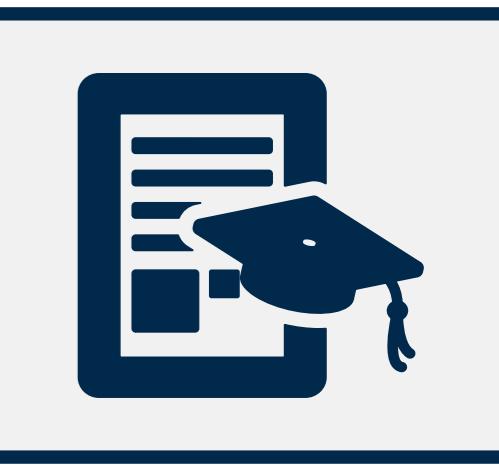


- Projet de recherche



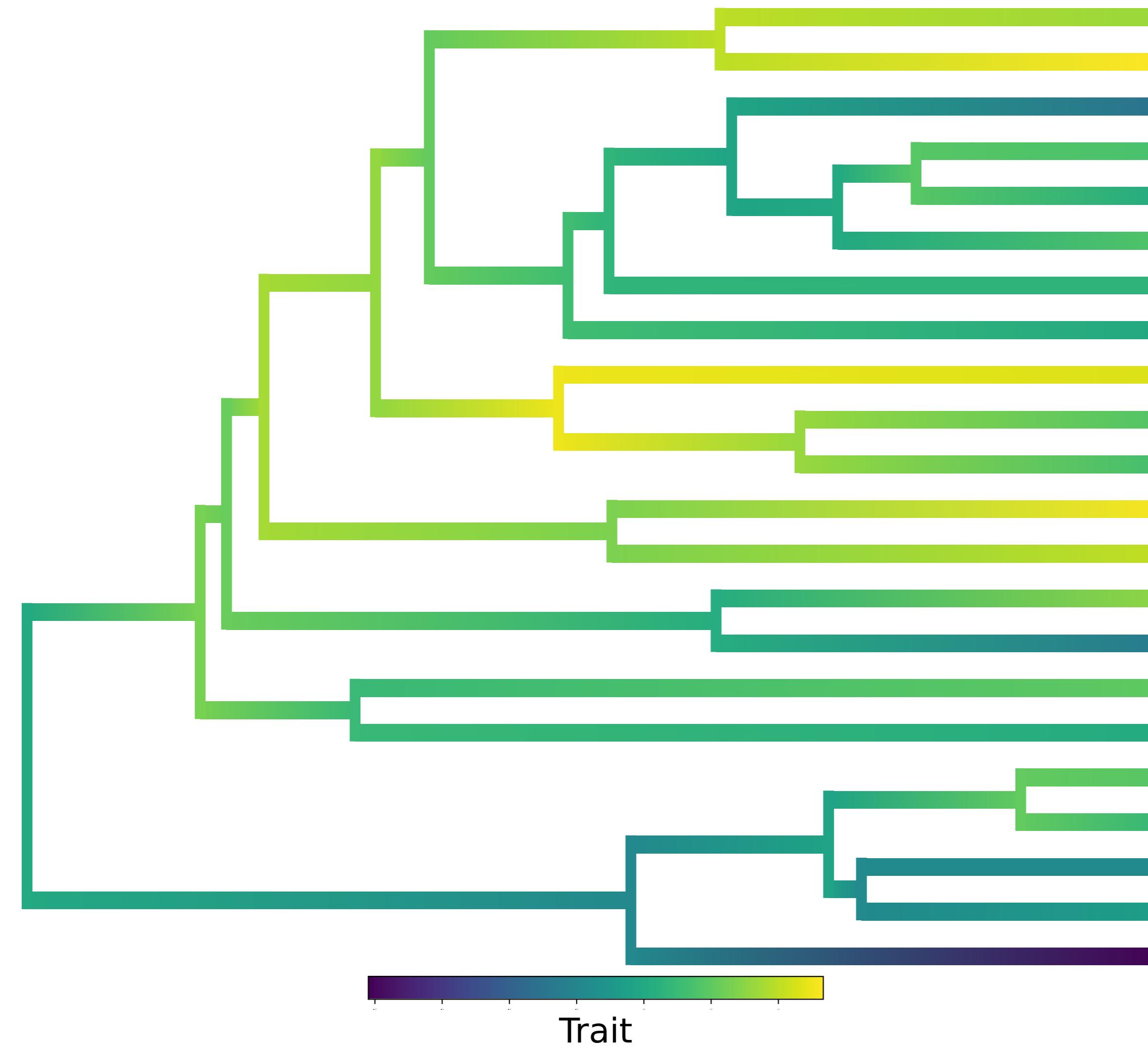
# 1. La micro apporte à la macro.

Contexte : détecter une évolution adaptative.



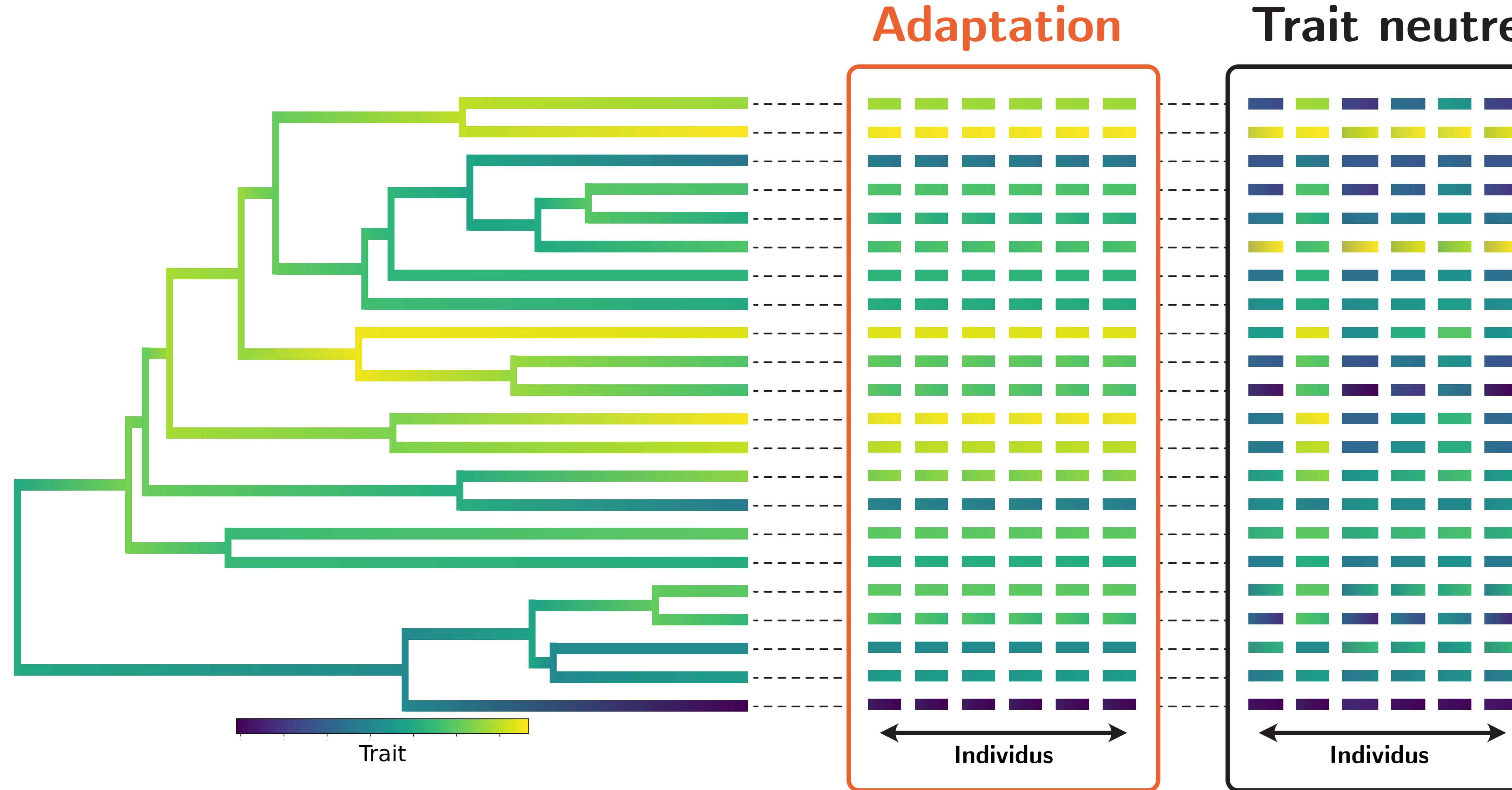
# 1. La micro apporte à la macro.

Contexte : distinguer évolution adaptative et neutre.



# 1. La micro apporte à la macro.

Contexte : distinguer évolution adaptative et neutre.

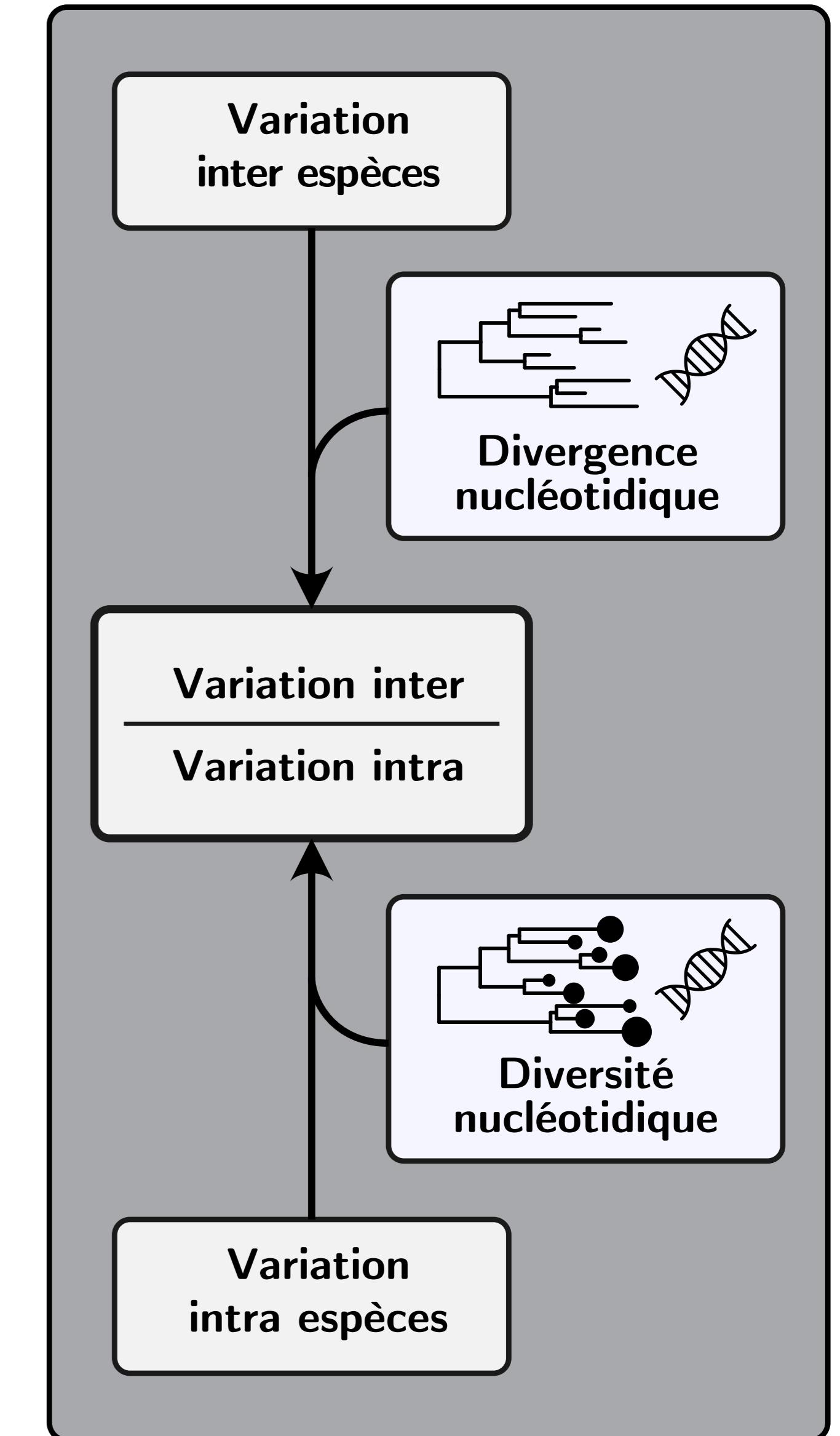
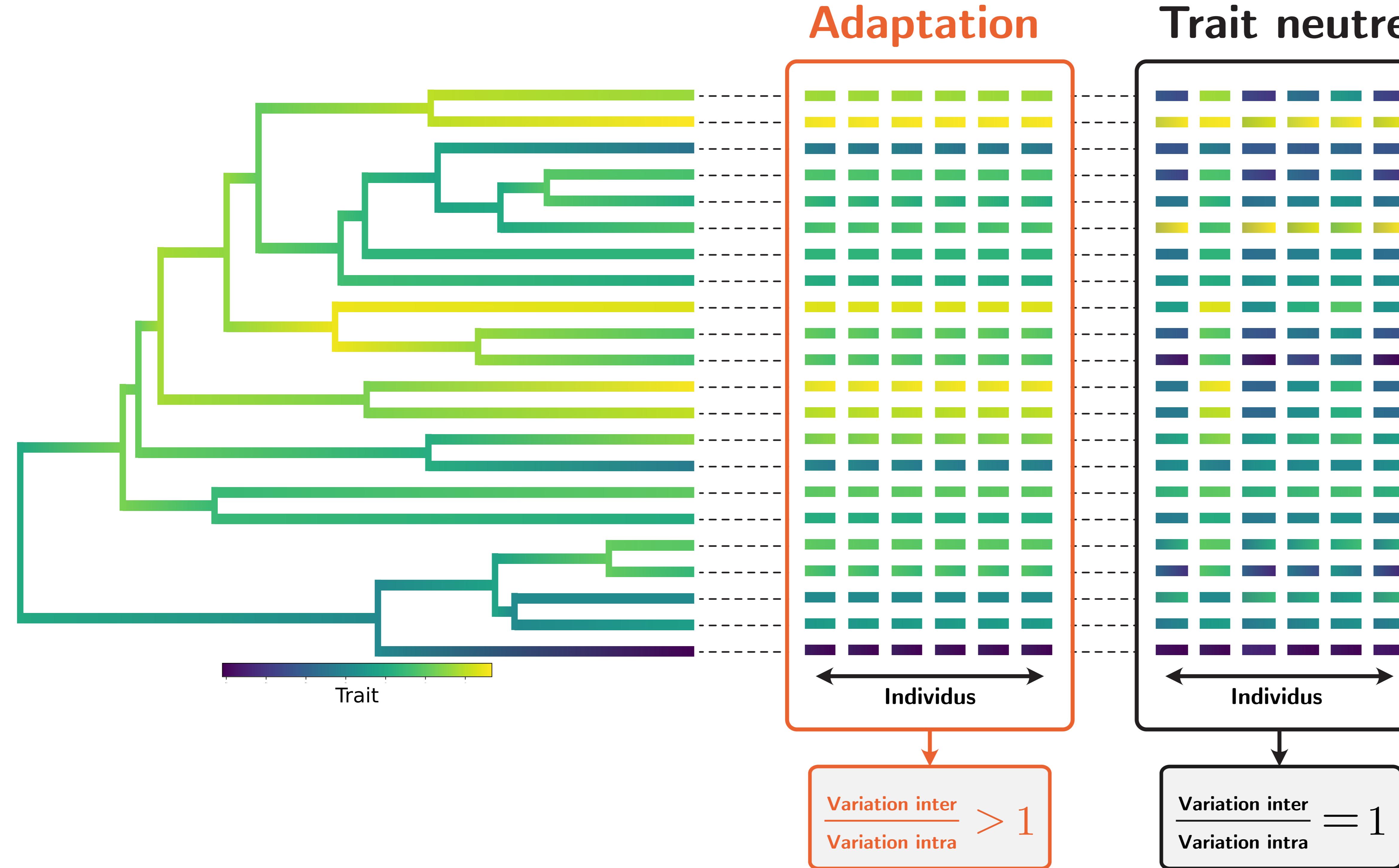


Latrille *et al.* (*J. Evol. Biol.*, 2024)



# 1. La micro apporte à la macro.

Contexte : distinguer évolution adaptative et neutre.



Latrille *et al.* (*J. Evol. Biol.*, 2024)

# 1. La micro apporte à la macro.

Projet : détecter l'adaptation sur le niveau d'expression.

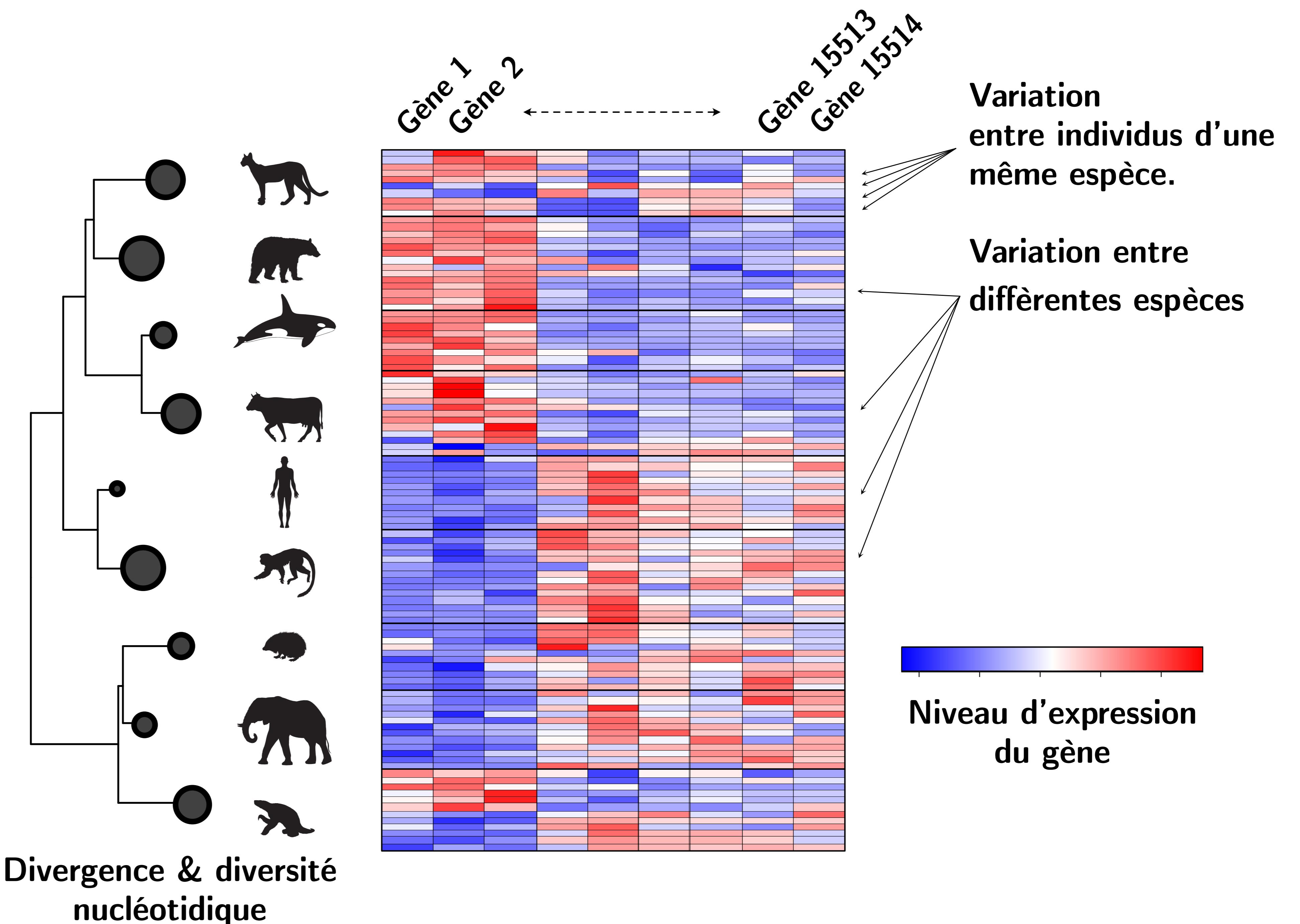


**Quels gènes sont sous adaptation  
pour leur niveau d'expression  
à l'échelle du clade ?**

# 1. La micro apporte à la macro.

Projet : détecter l'adaptation sur le niveau d'expression.

Quels gènes sont sous adaptation pour leur niveau d'expression à l'échelle du clade ?



# 1. La micro apporte à la macro.

Projet : détecter l'adaptation sur le niveau d'expression.

Quels gènes sont sous adaptation pour leur niveau d'expression à l'échelle du clade ?



Laurent  
Duret



Marc  
Robinson-Rechavi

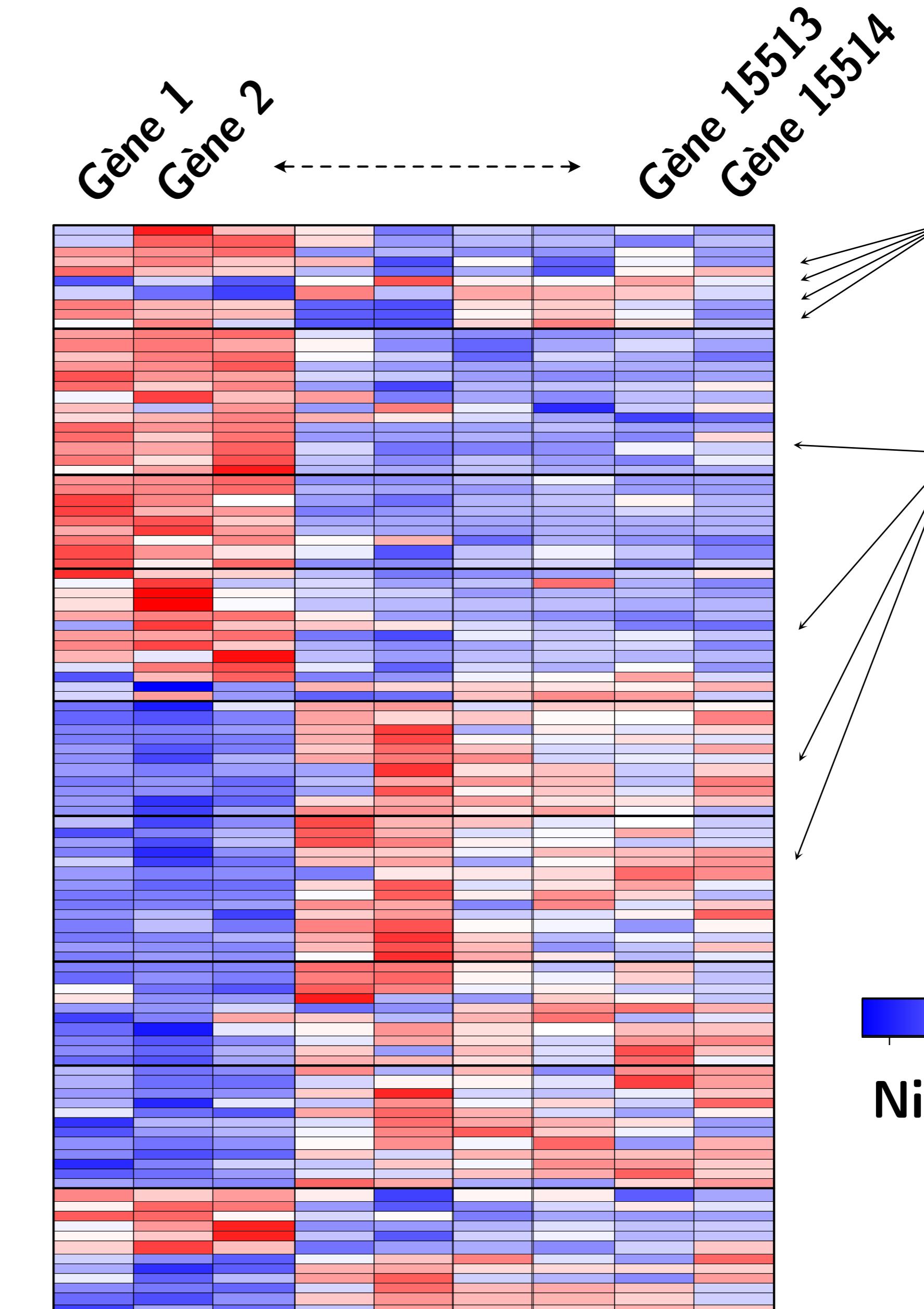
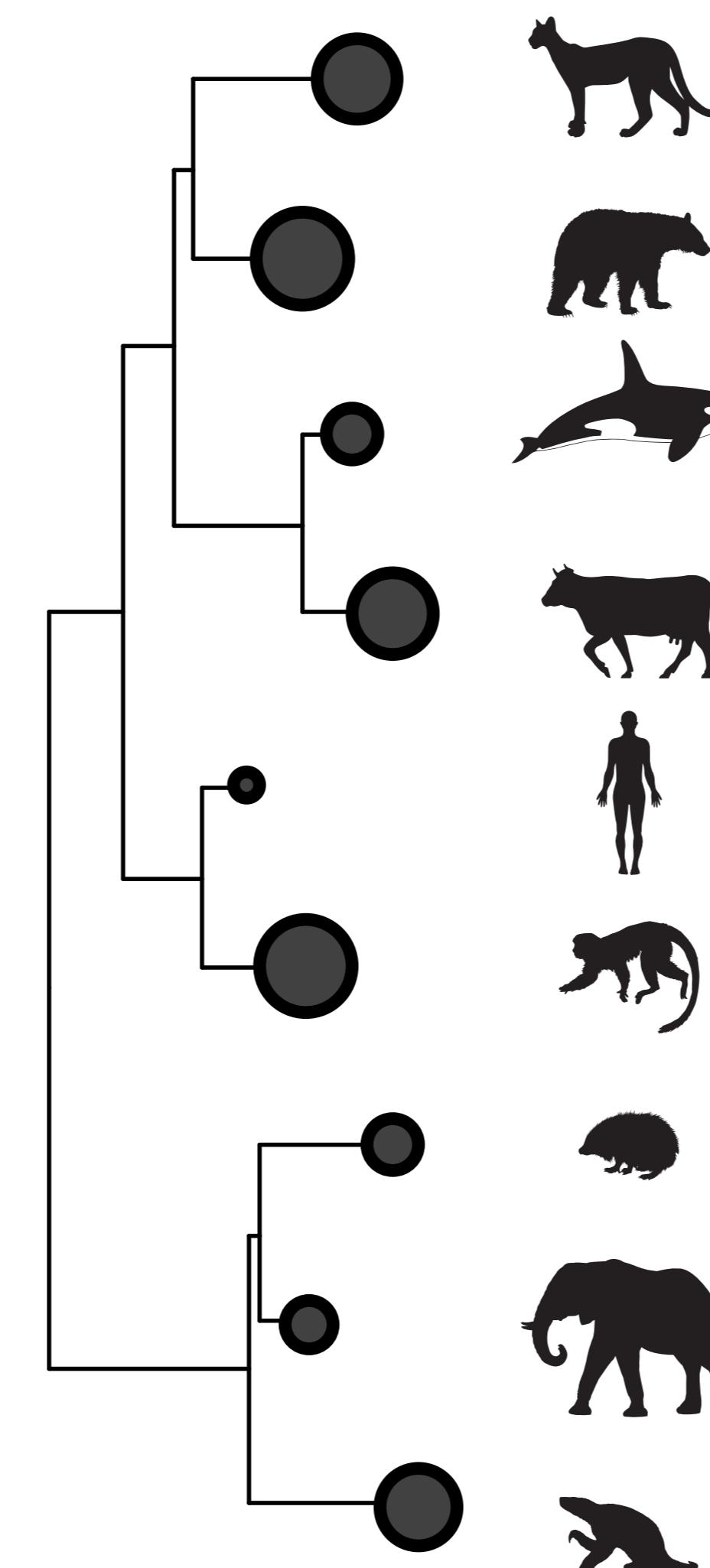


Anamaria  
Necsulea

**LBBE**



Divergence & diversité nucléotidique



**Bgee**

Gène 1  
Gène 2

Gène 15513  
Gène 15514

Variation entre individus d'une même espèce.

Variation entre différentes espèces

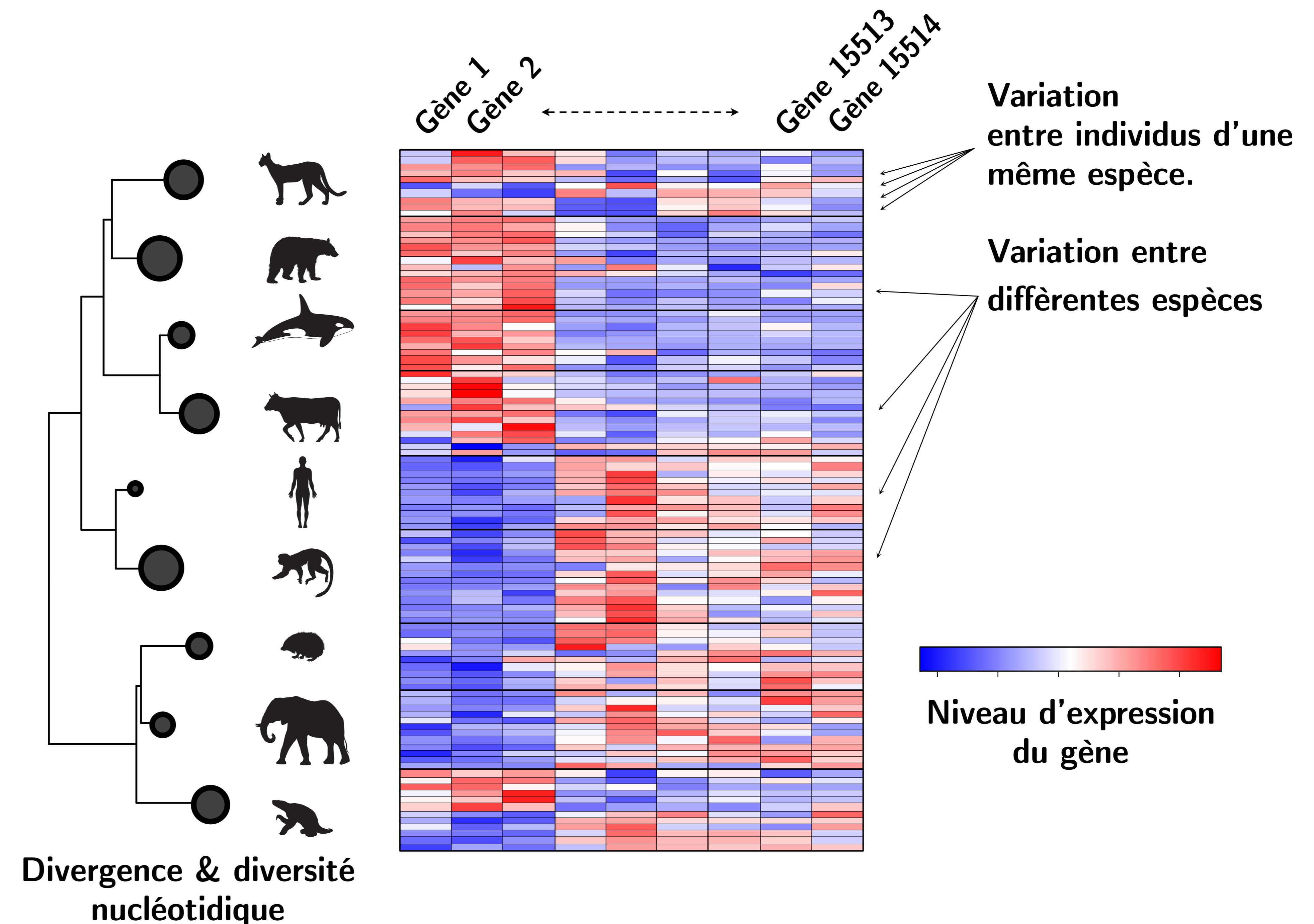
Niveau d'expression du gène

# 1. La micro apporte à la macro.

Projet : détecter l'adaptation sur le niveau d'expression.

Quels gènes sont sous adaptation pour leur niveau d'expression à l'échelle du clade ?

Ces gènes sont-ils aussi sous adaptation à une autre échelle évolutive ?  
Chez les primates ?



# Comment intégrer micro et macro évolution ?

Présentation en 3 parties.

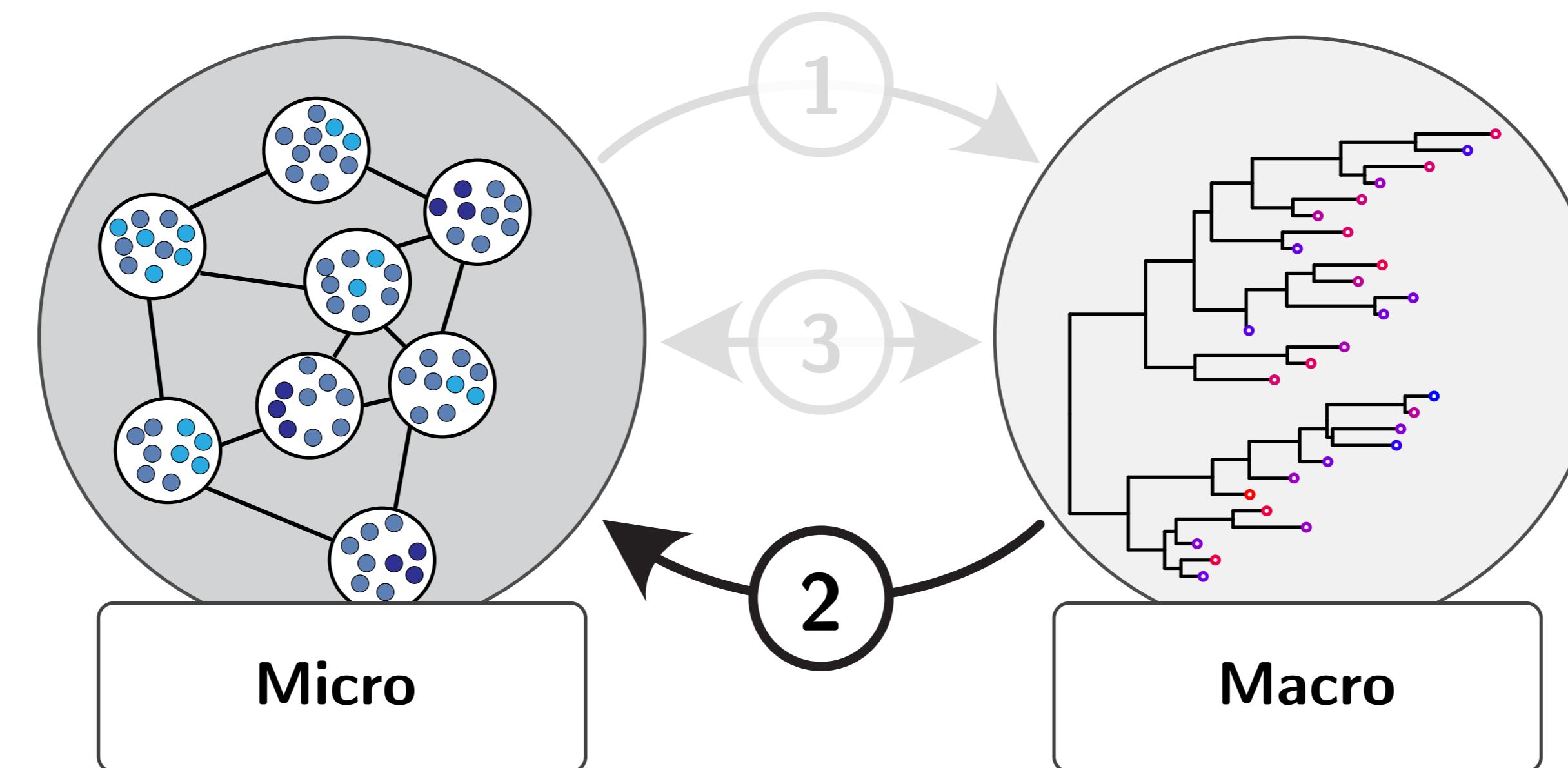
## 1. La micro apporte à la macro.



- Contexte



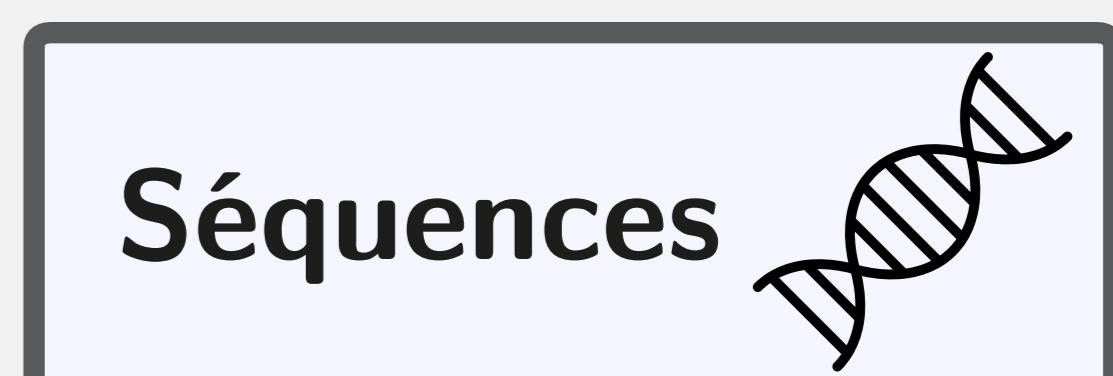
- Projet de recherche 



## 3. Intégrer micro et macro.

- Projet de recherche 

## 2. La macro apporte à la micro.



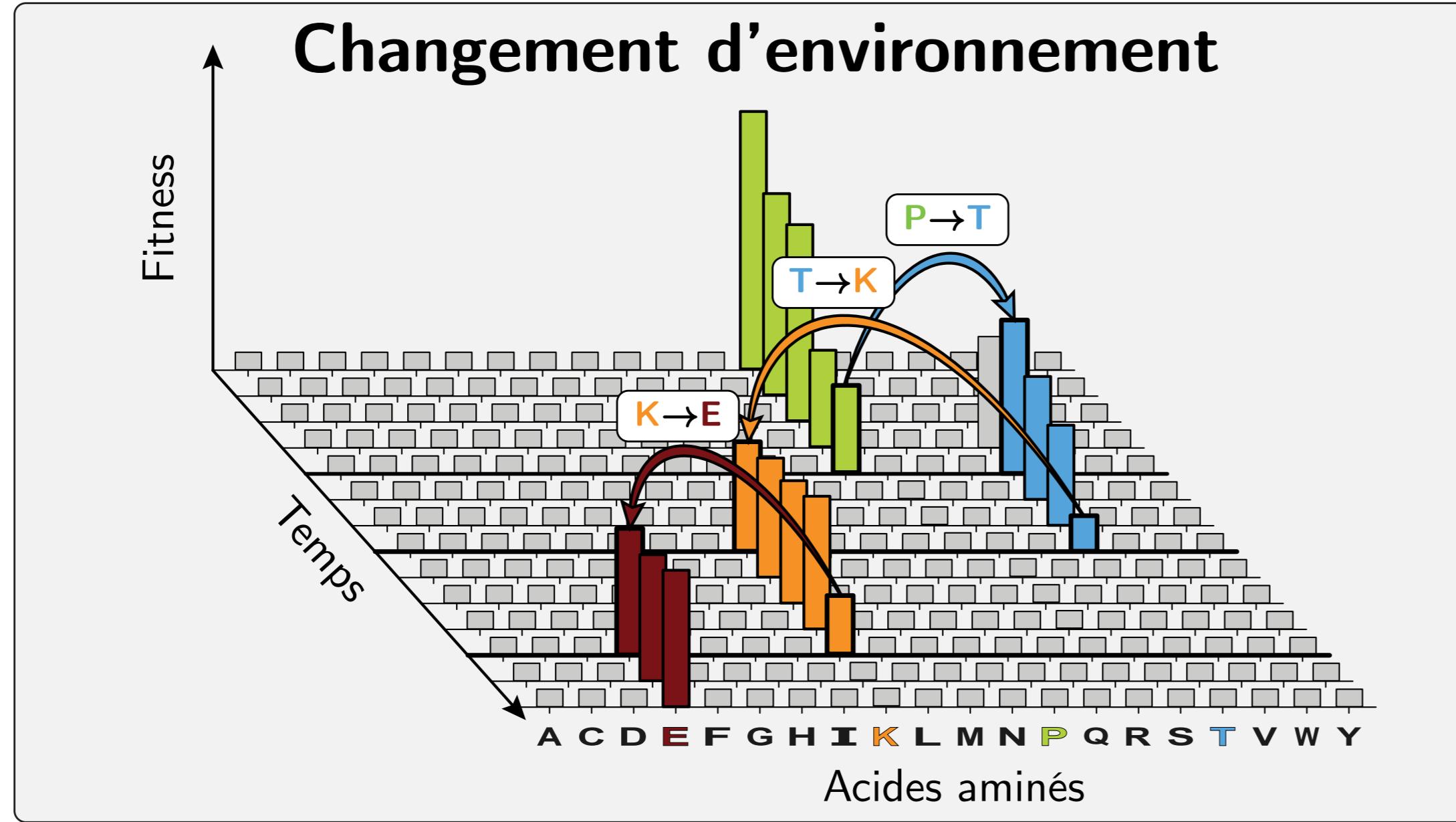
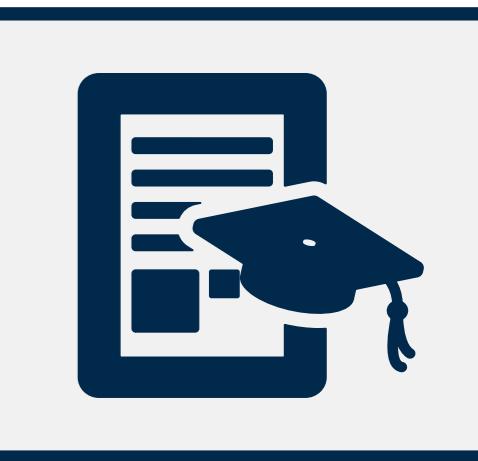
- Contexte



- Projet de recherche 

## 2. La macro apporte à la micro.

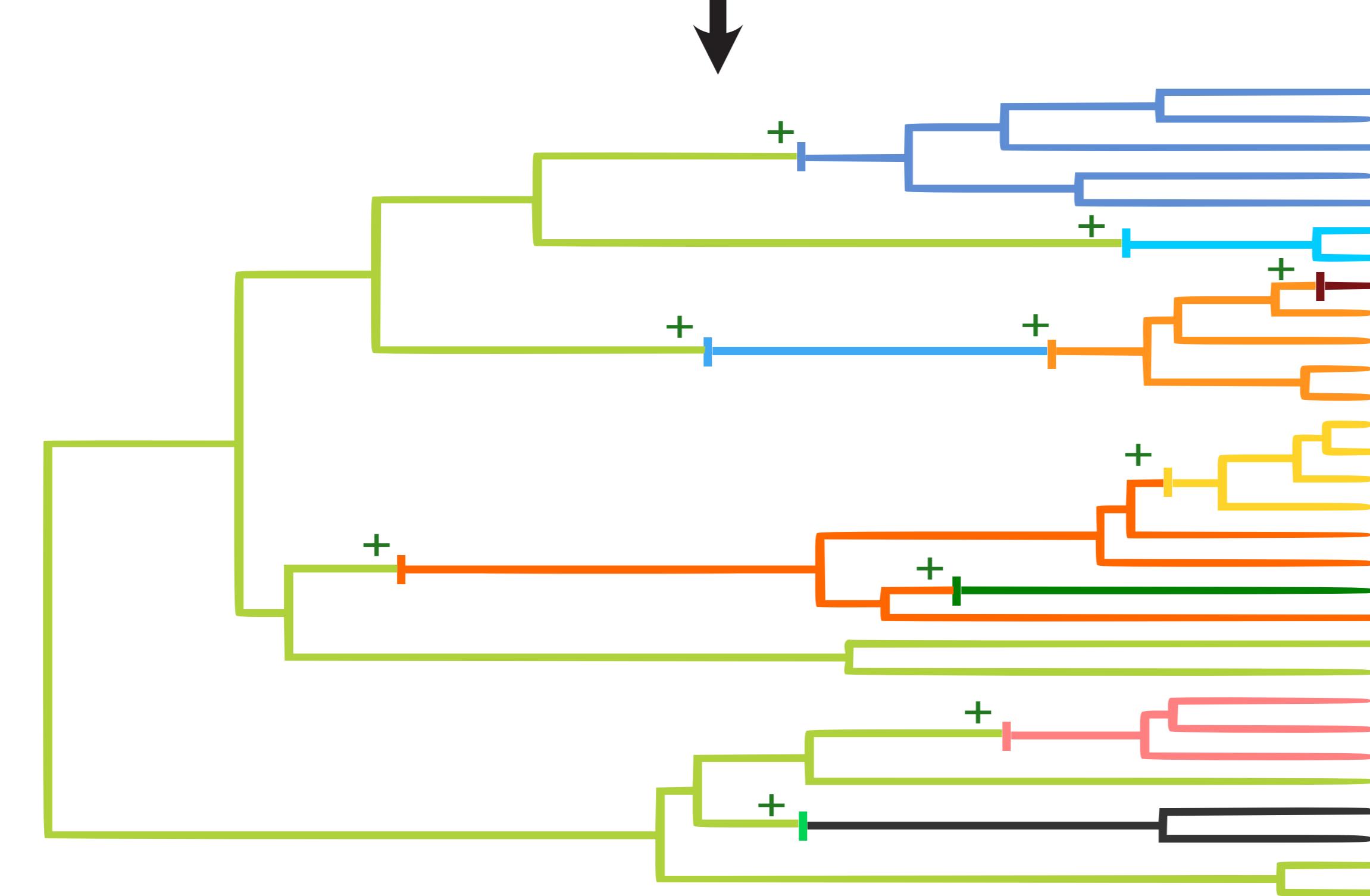
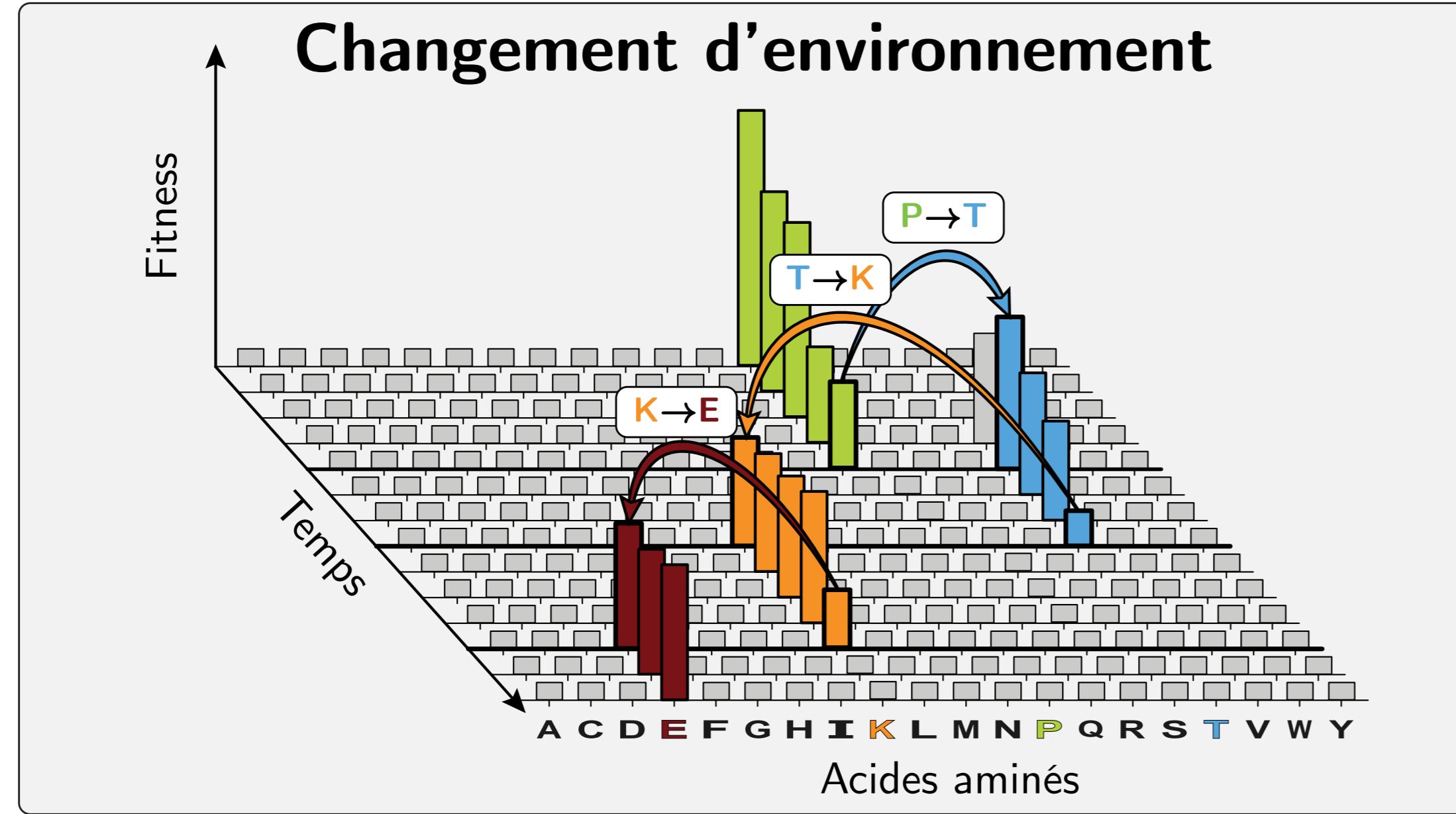
Contexte : détecter de l'adaptation récurrente en macro.



Latrille *et al.* (*PLoS Genet.*, 2024)

## 2. La macro apporte à la micro.

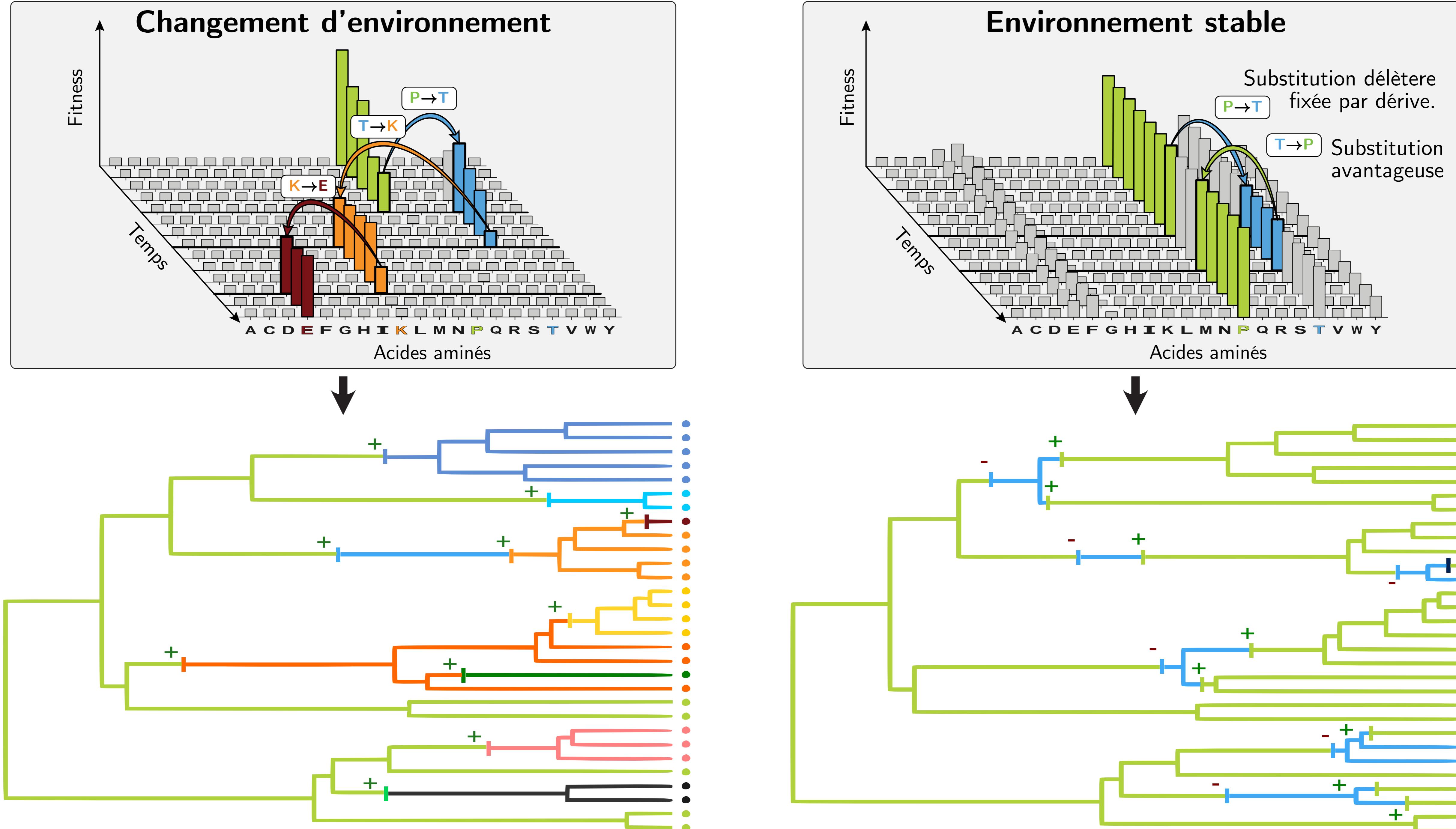
Contexte : détecter de l'adaptation récurrente en macro.



Latrille et al. (PLoS Genet., 2024)

## 2. La macro apporte à la micro.

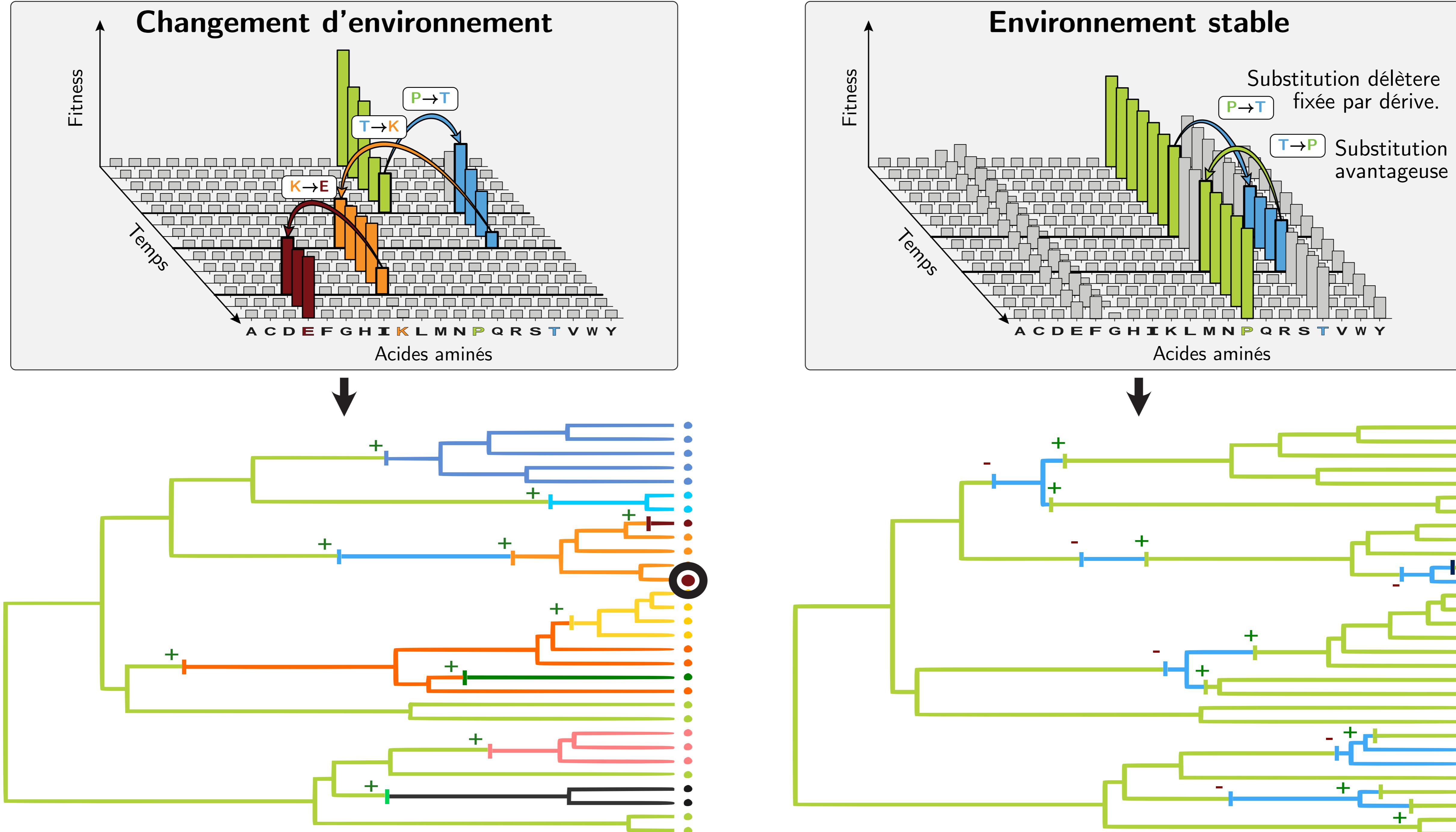
Contexte : détecter différents régimes de sélection en macro.



Latrille et al. (PLoS Genet., 2024)

## 2. La macro apporte à la micro.

Contexte : détecter différents régimes de sélection en macro.

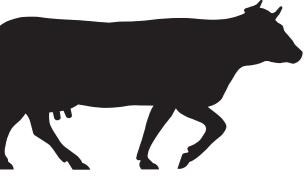
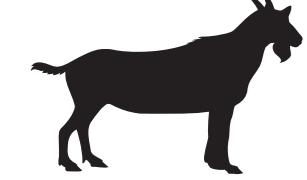
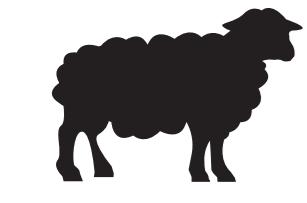
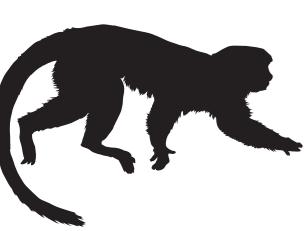
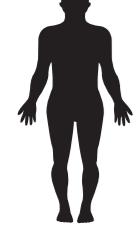


Latrille et al. (PLoS Genet., 2024)

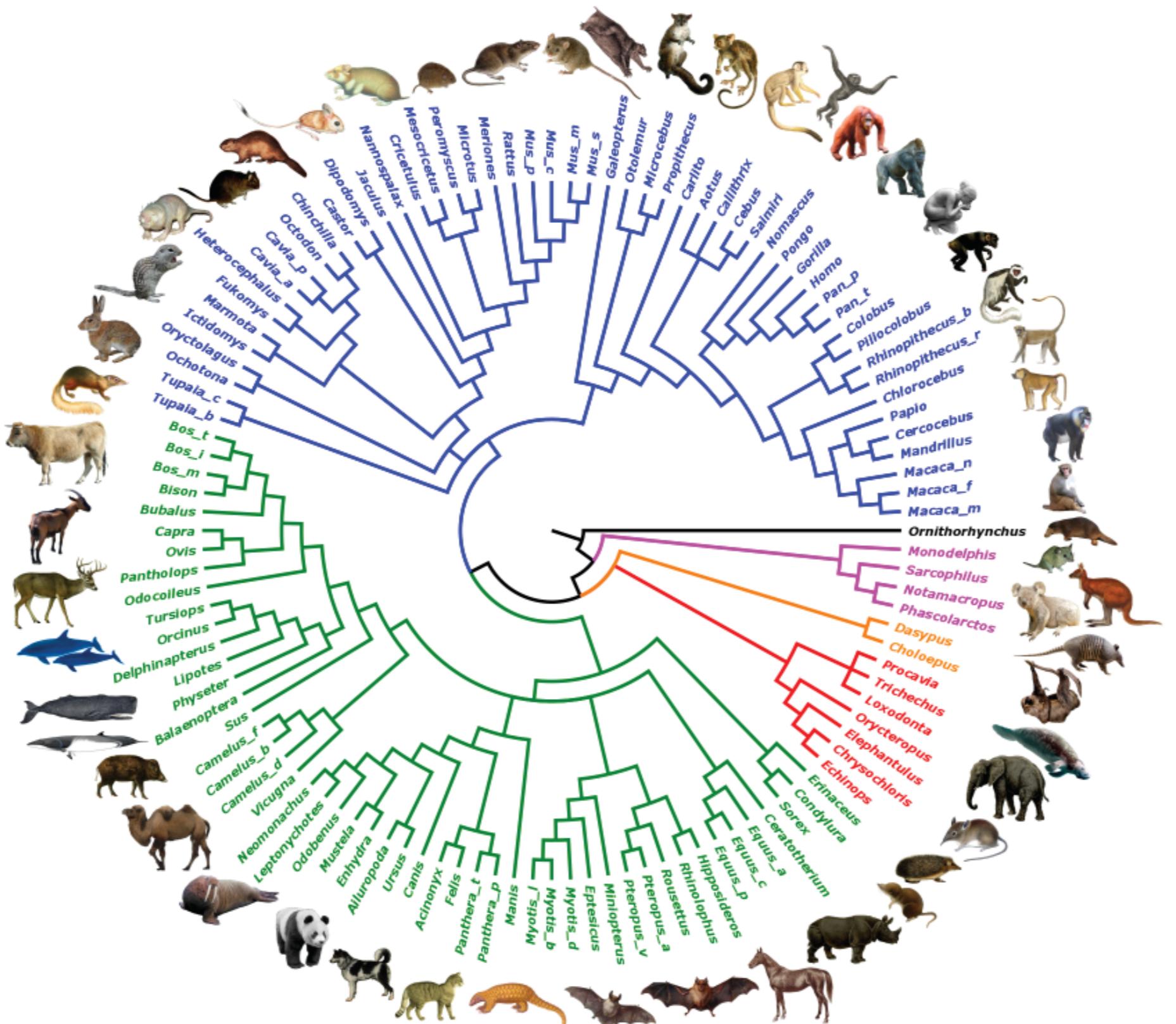


## 2. La macro apporte à la micro.

Contexte : la macro apporte de la prise de recul.

-  **Equus caballus** (6 individus)
-  **Bos taurus** (34 individus)
-  **Capra hircus** (217 individus)
-  **Ovis aries** (278 individus)
-  **Chlorocebus sabaeus** (157 individus)
-  **Homo sapiens** (2504 individus)

**Micro-évolution**



**Macro-évolution**

Dans les protéines, de 20% à 40% des mutations avantageuses qui ségrégent aujourd'hui le sont pour compenser un fardeau de mutations délétères.

Latrille *et al.* (*PLoS Genet.*, 2024)



## 2. La macro apporte à la micro.

Contexte : la macro apporte de la prise de recul.

**Equus caballus** (6 individus)

**Bos taurus** (34 individus)

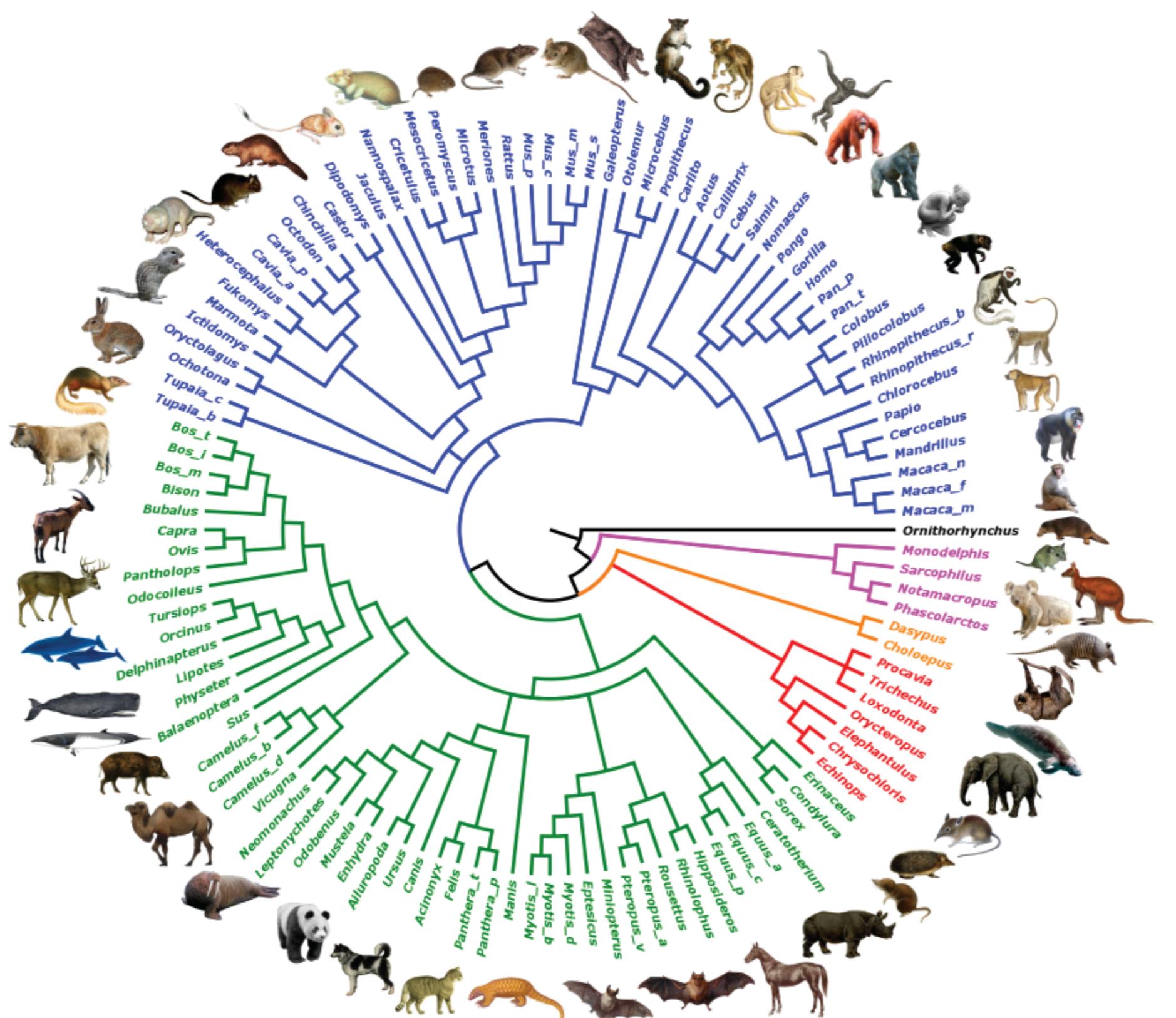
**Capra hircus** (217 individus)

**Ovis aries** (278 individus)

**Chlorocebus sabaeus** (157 individus)

**Homo sapiens** (2504 individus)

**Micro-évolution**



**Macro-évolution**

Dans les protéines, de 20% à 40% des mutations avantageuses qui ségrégent aujourd'hui le sont pour compenser un fardeau de mutations délétères.

Latrille *et al.* (*PLoS Genet.*, 2024)

Les gènes et sites sous adaptation à travers les mammifères sont également sous adaptation dans les lignées terminales.

Latrille *et al.* (*PNAS*, 2023)

## 2. La macro apporte à la micro.

Projet : Distinguer adaptation récurrente et locale.

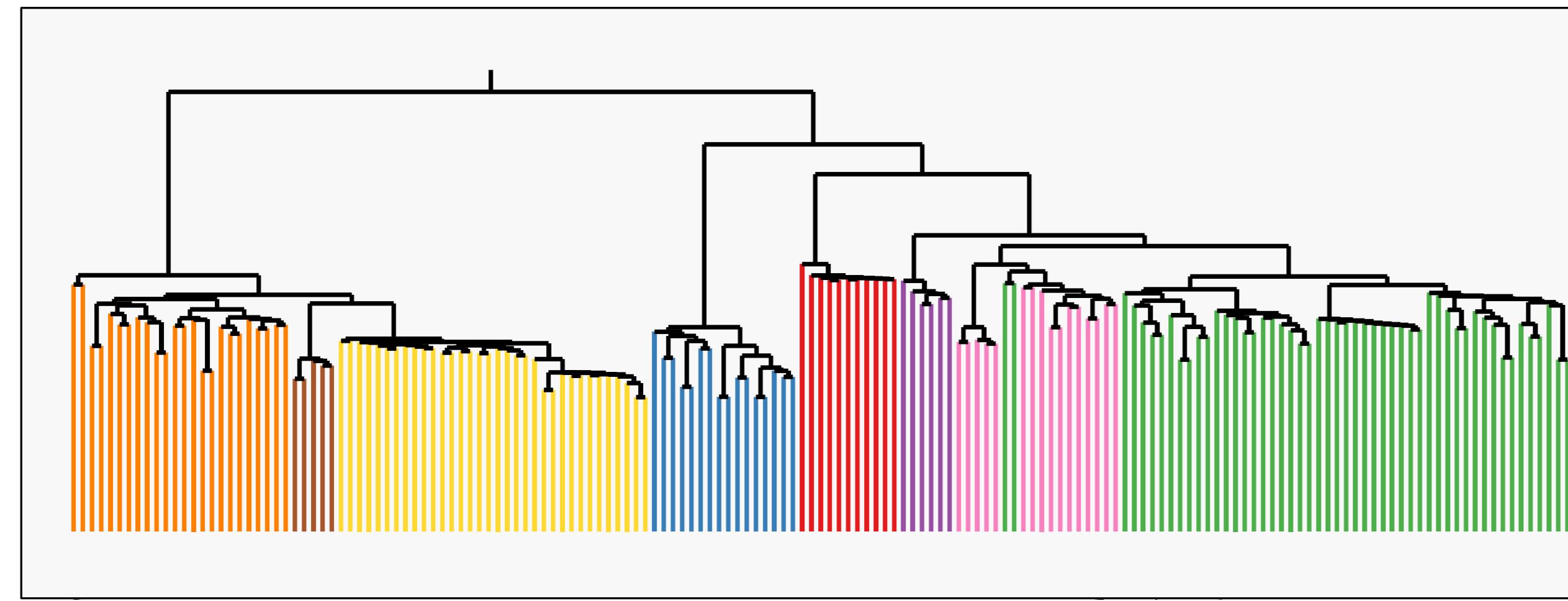


**La différenciation génétique est-elle la conséquence  
de l'adaptation locale ou l'adaptation récurrente ?**

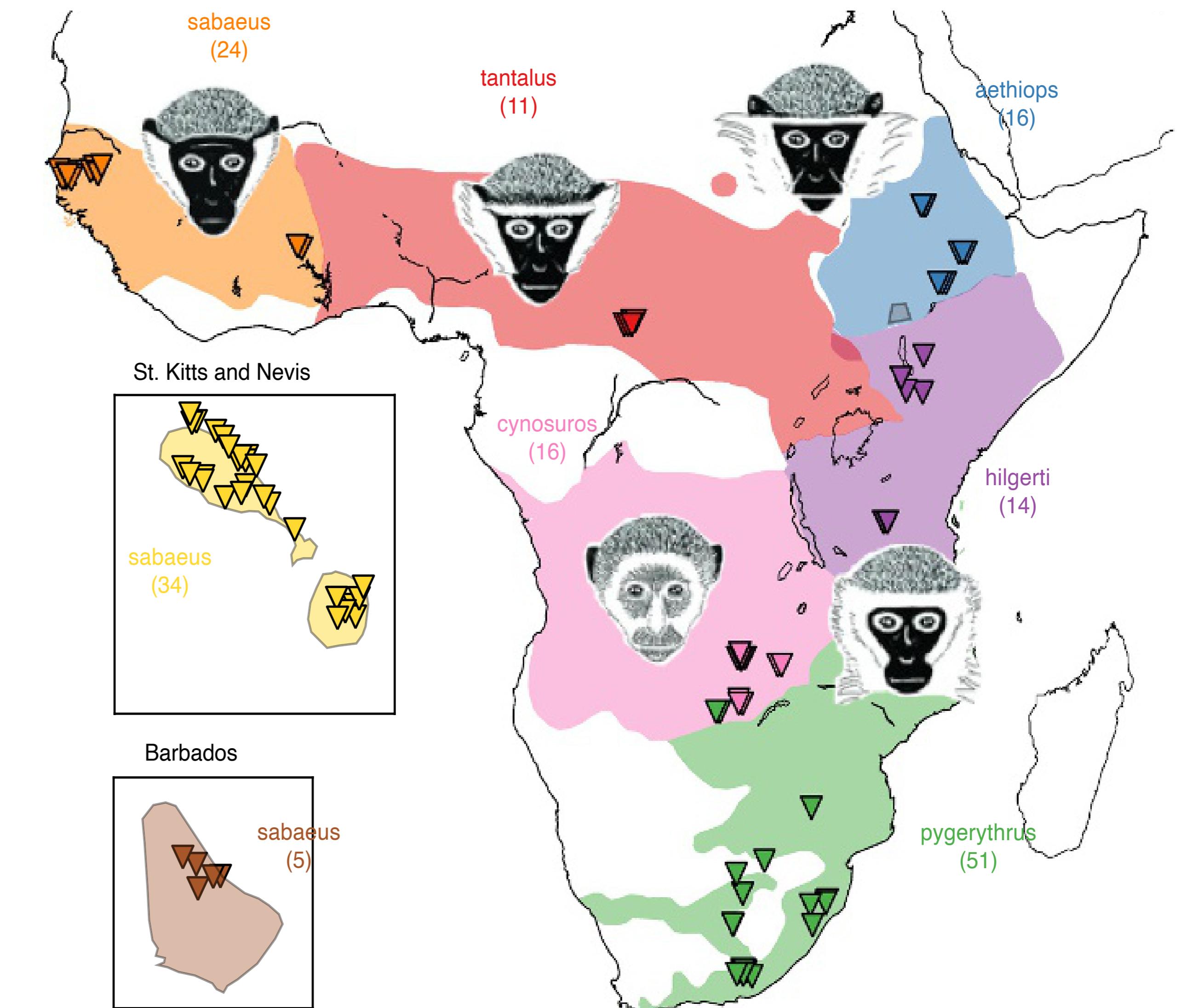
## 2. La macro apporte à la micro.

Projet : Distinguer adaptation récurrente et locale.

La différenciation génétique est-elle la conséquence  
de l'adaptation locale ou l'adaptation récurrente ?



Génomes de 163 singes verts, 12 populations.

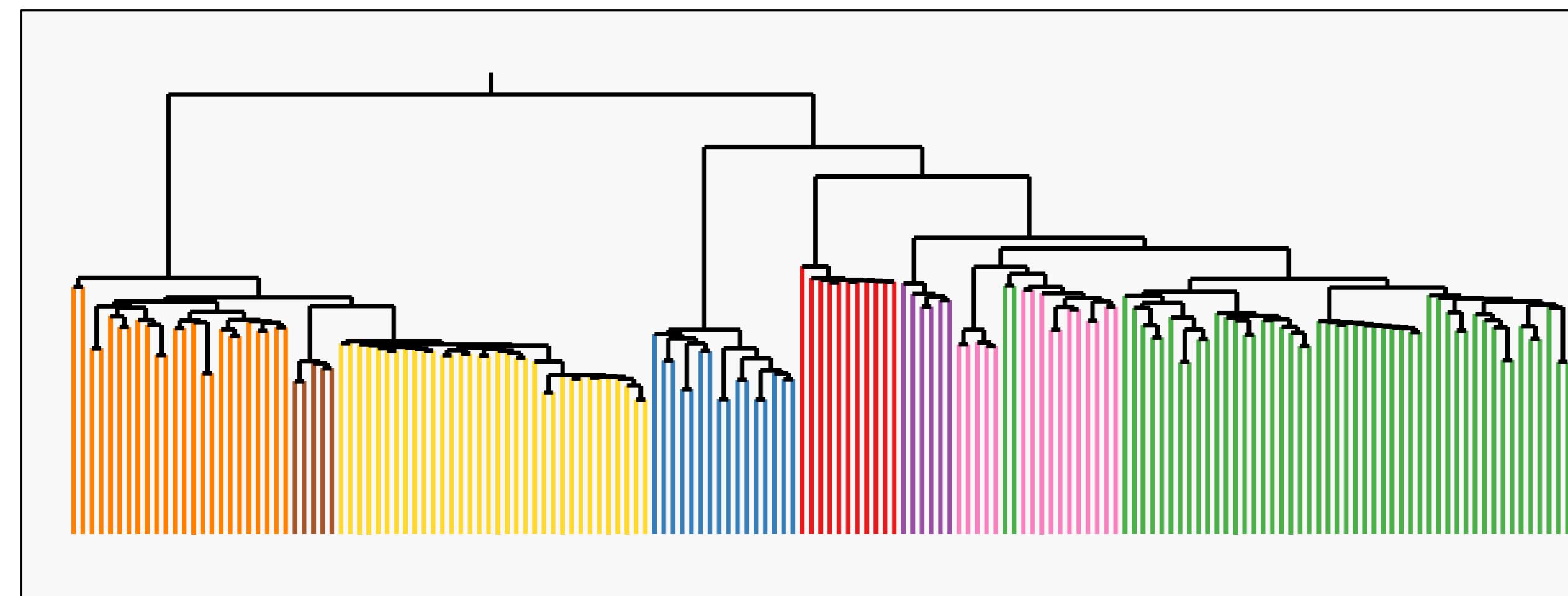


Adaptée de Svardal *et al.* (2017)

## 2. La macro apporte à la micro.

Projet : Distinguer adaptation récurrente et locale.

La différenciation génétique est-elle la conséquence de l'adaptation locale ou l'adaptation récurrente ?



Génomes de 163 singes verts, 12 populations.



Carina Farah  
Mugal



Laure  
Segurel



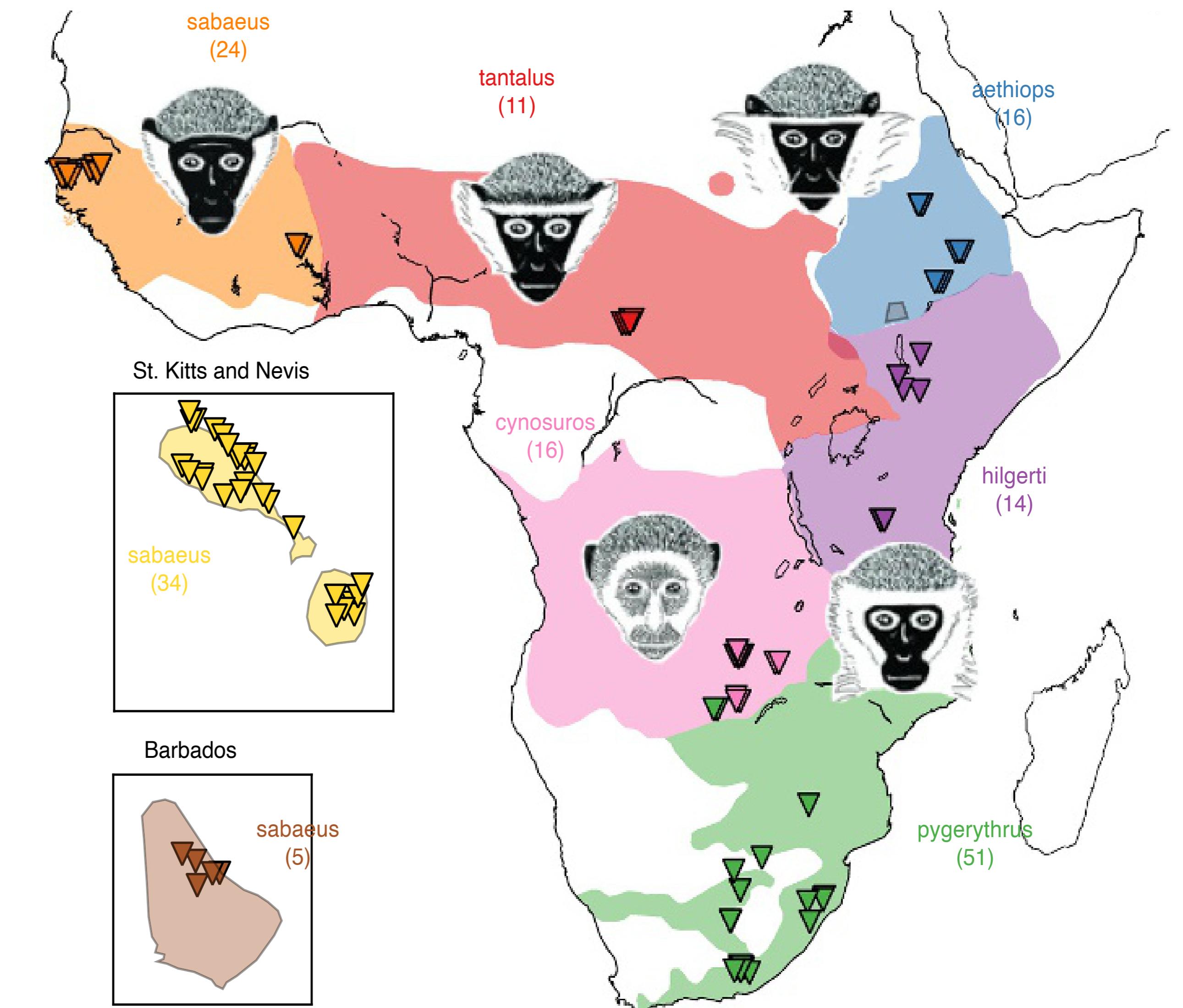
Erica  
Van de Waal



Jerome  
Goudet

**LBBE**

*Unil*

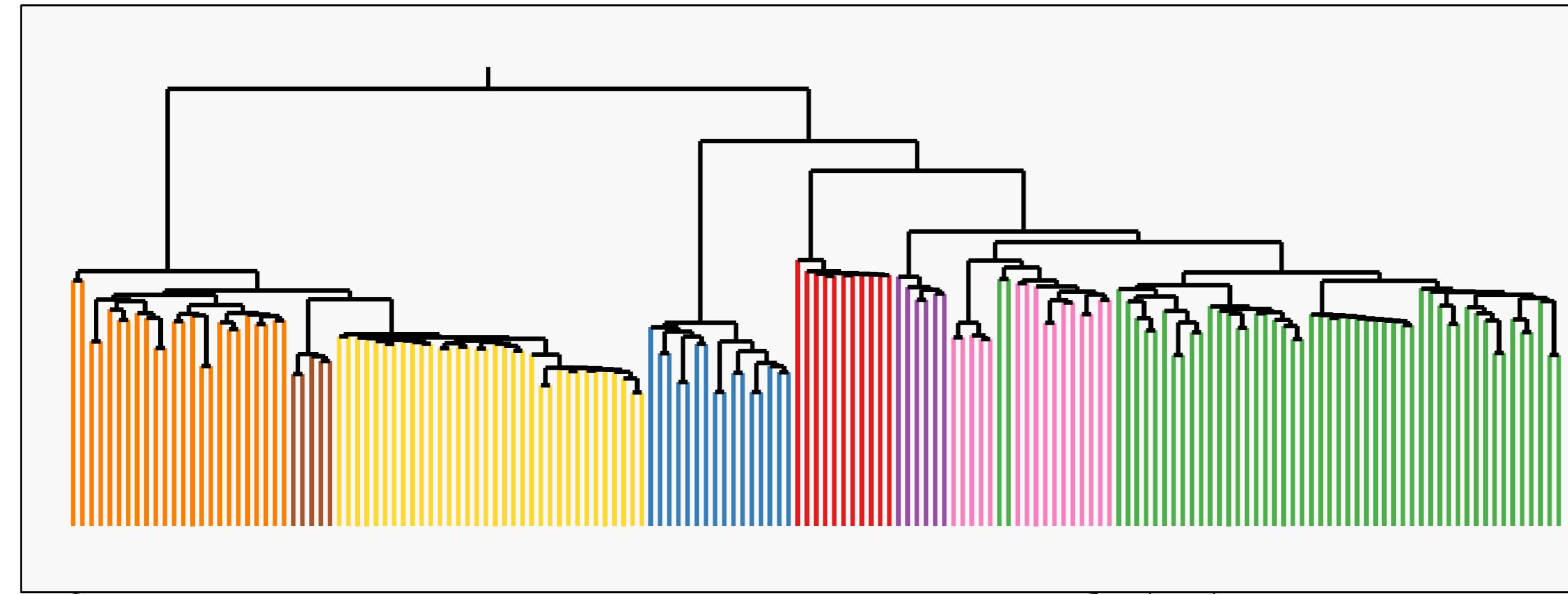


Adaptée de Svardal et al. (2017)

## 2. La macro apporte à la micro.

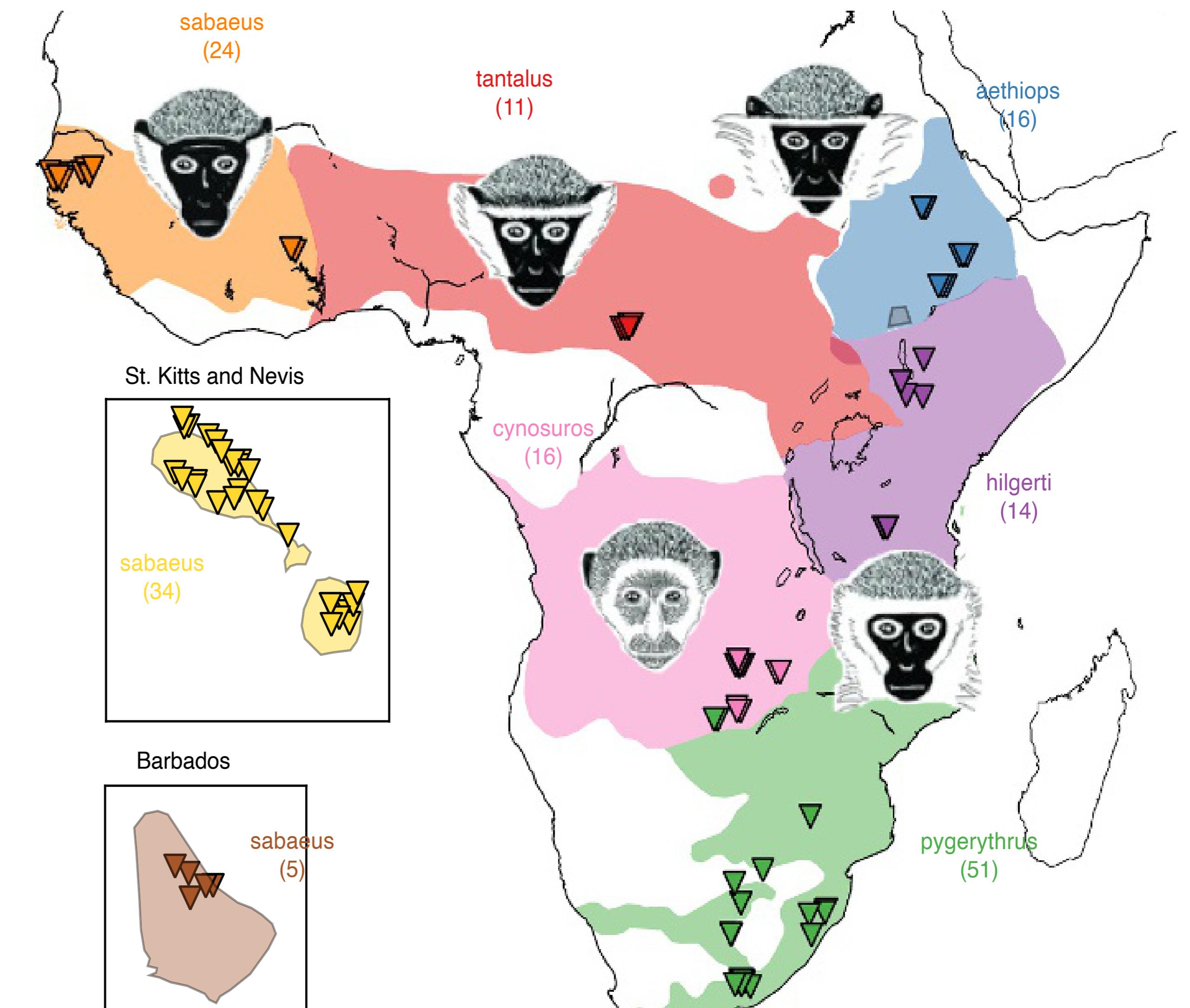
Projet : Distinguer adaptation récurrente et locale.

La différenciation génétique est-elle la conséquence de l'adaptation locale ou l'adaptation récurrente ?



Génomes de 163 singes verts, 12 populations.

L'adaptation à l'échelle des mammifères ou des primates permet-elle de prédire la différenciation génétique chez les populations de singes verts ?



Adaptée de Svardal et al. (2017)

# Comment intégrer micro et macro évolution ?

Présentation en 3 parties.

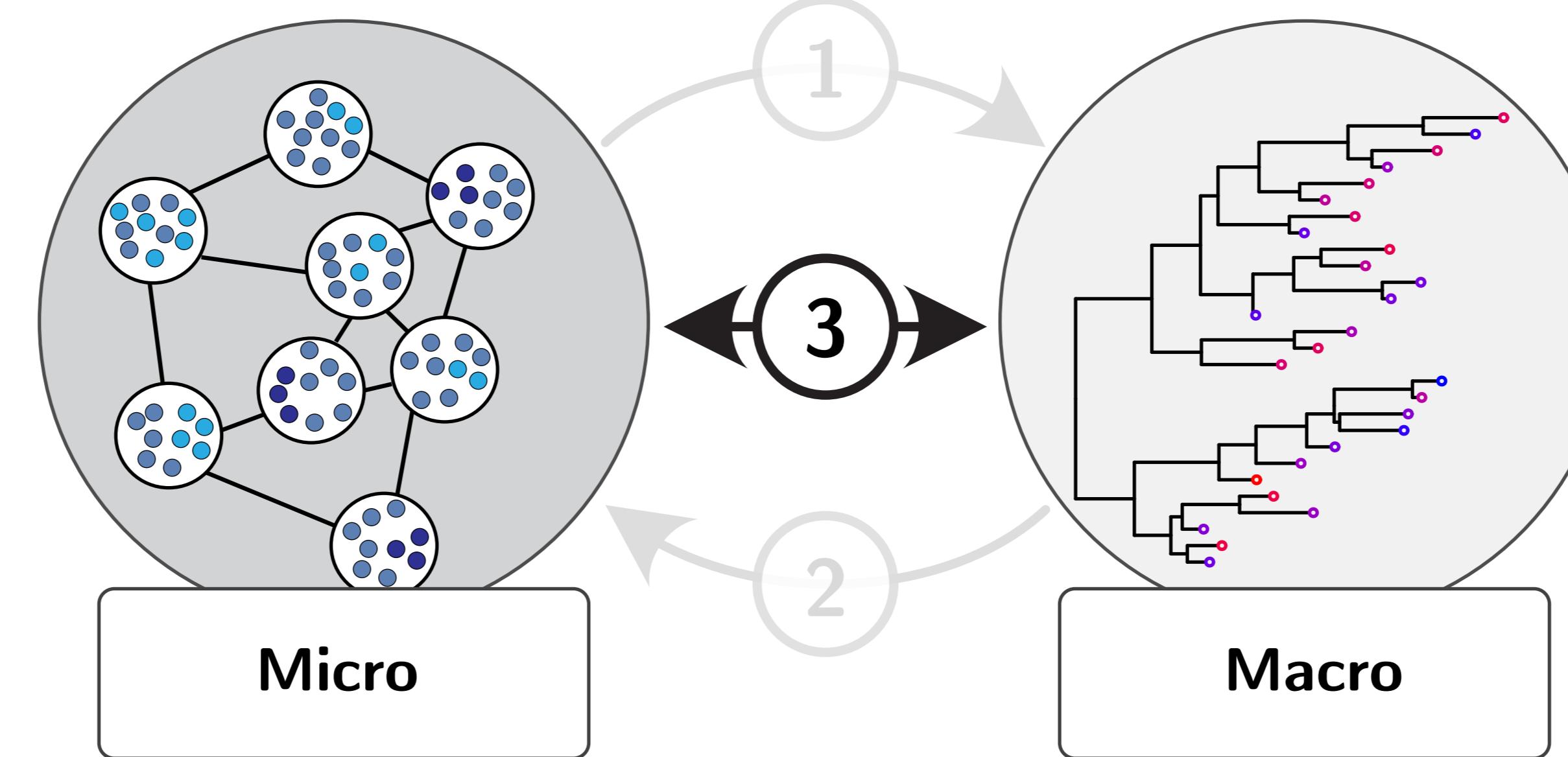
1. La micro apporte  
à la macro.



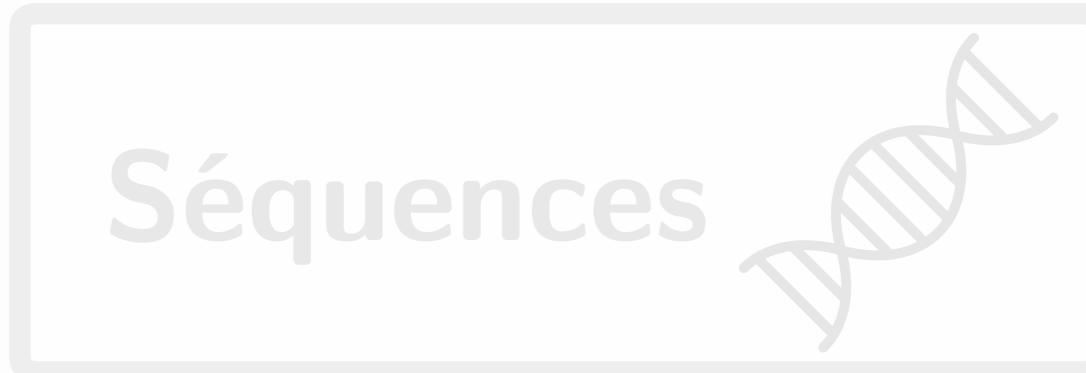
• Contexte



• Projet de recherche 



2. La macro apporte  
à la micro.



• Contexte



• Projet de recherche 

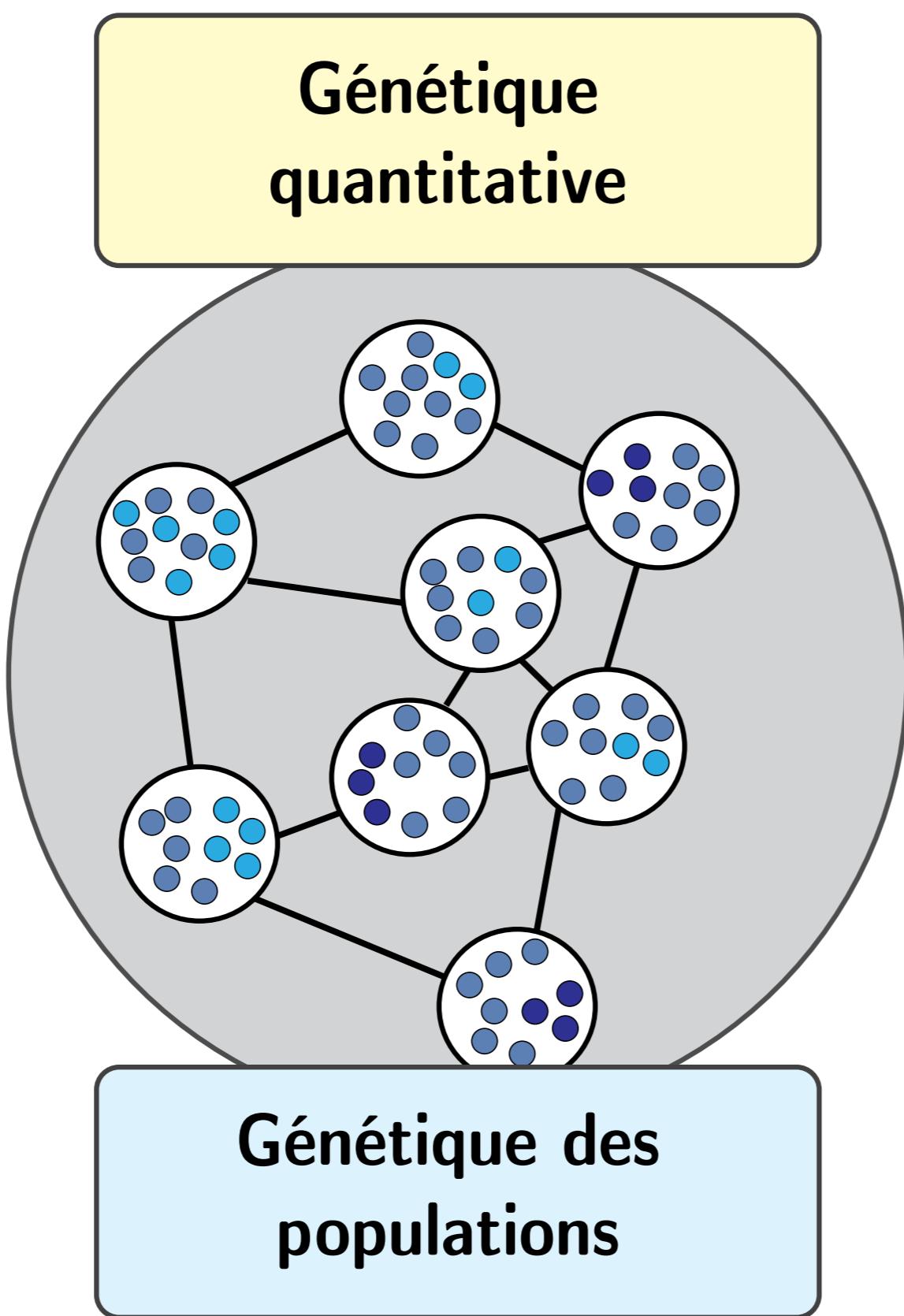
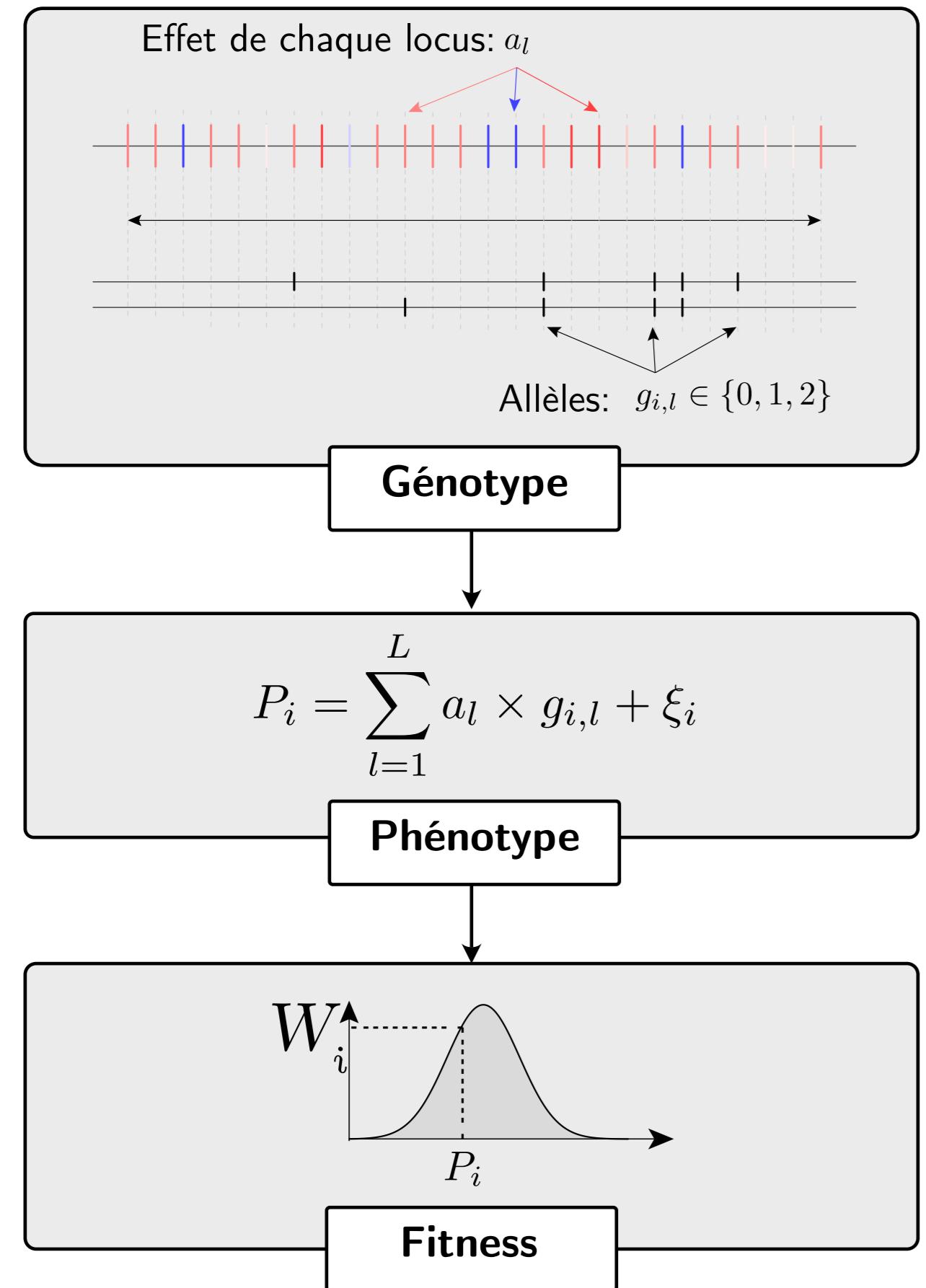
## 3. Intégrer micro et macro.

• Projet de recherche



### 3. Intégrer micro et macro.

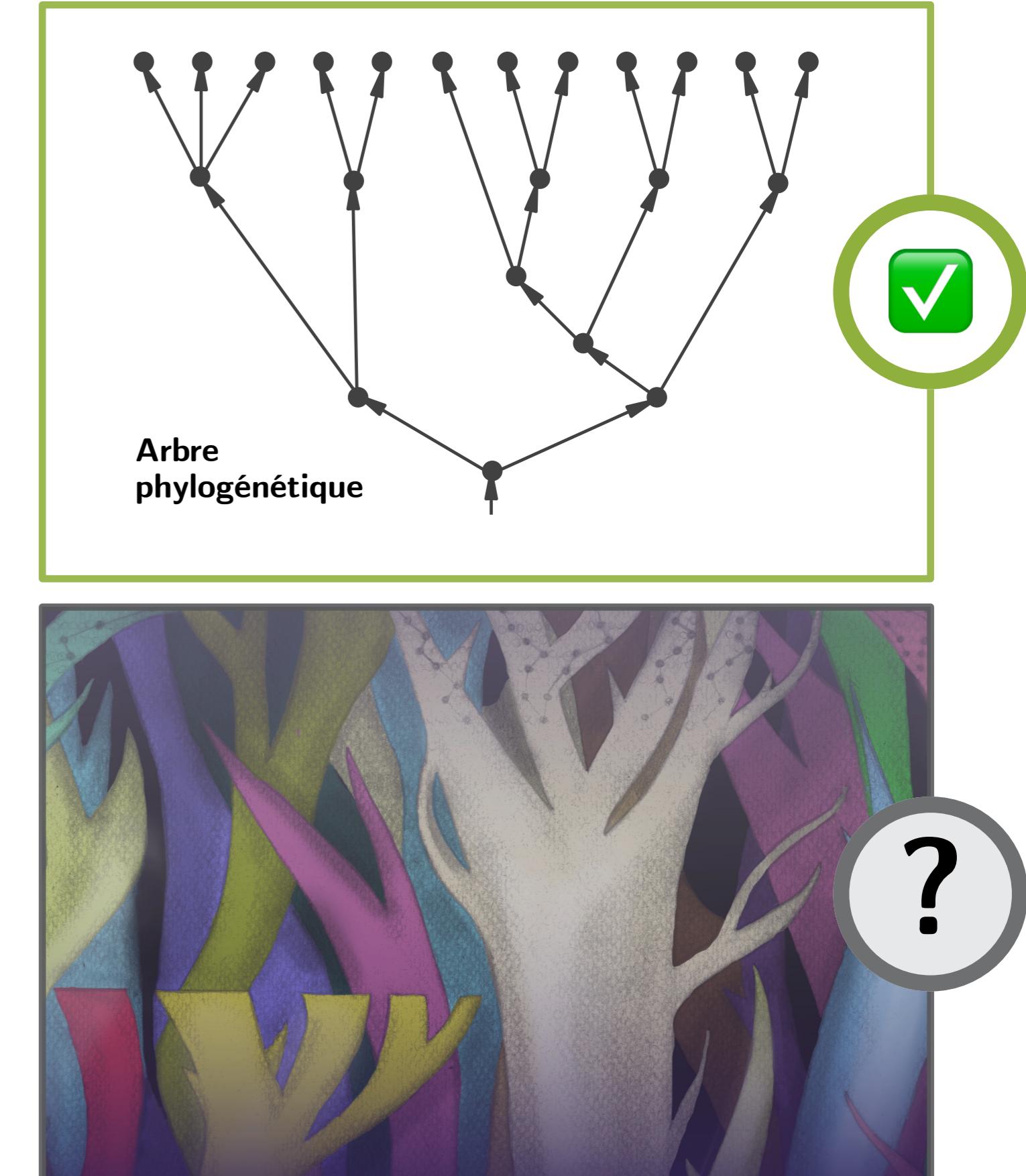
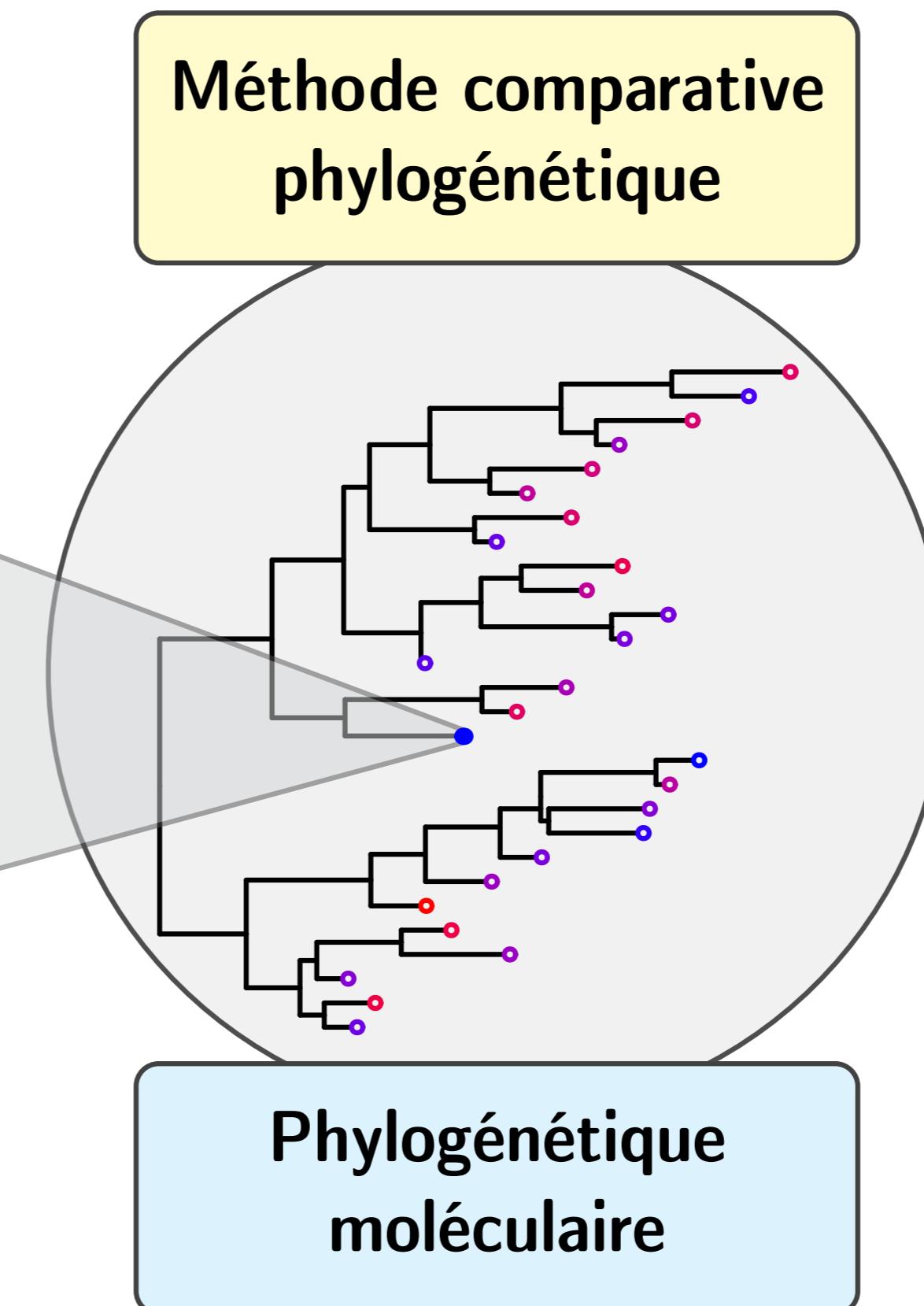
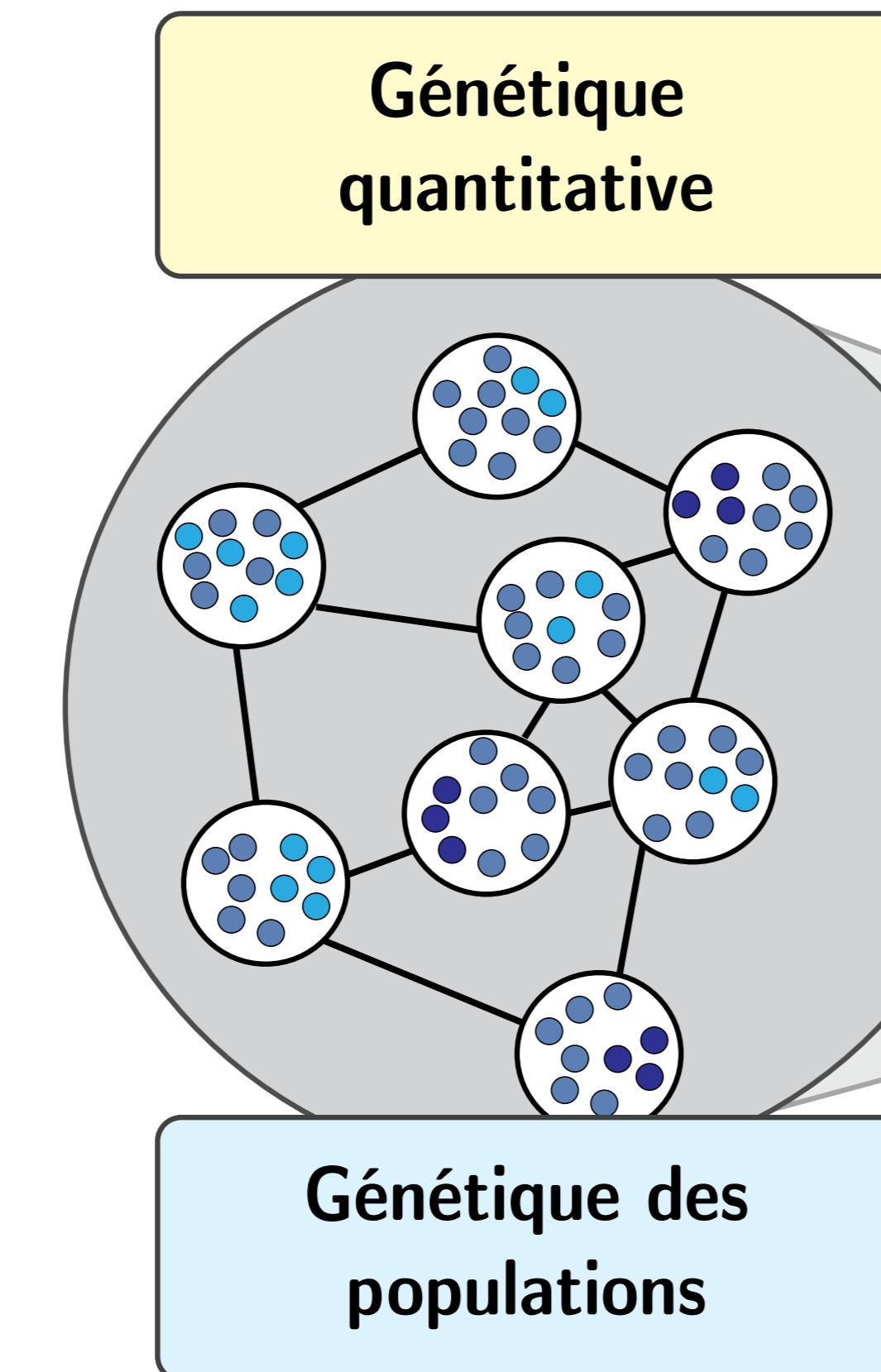
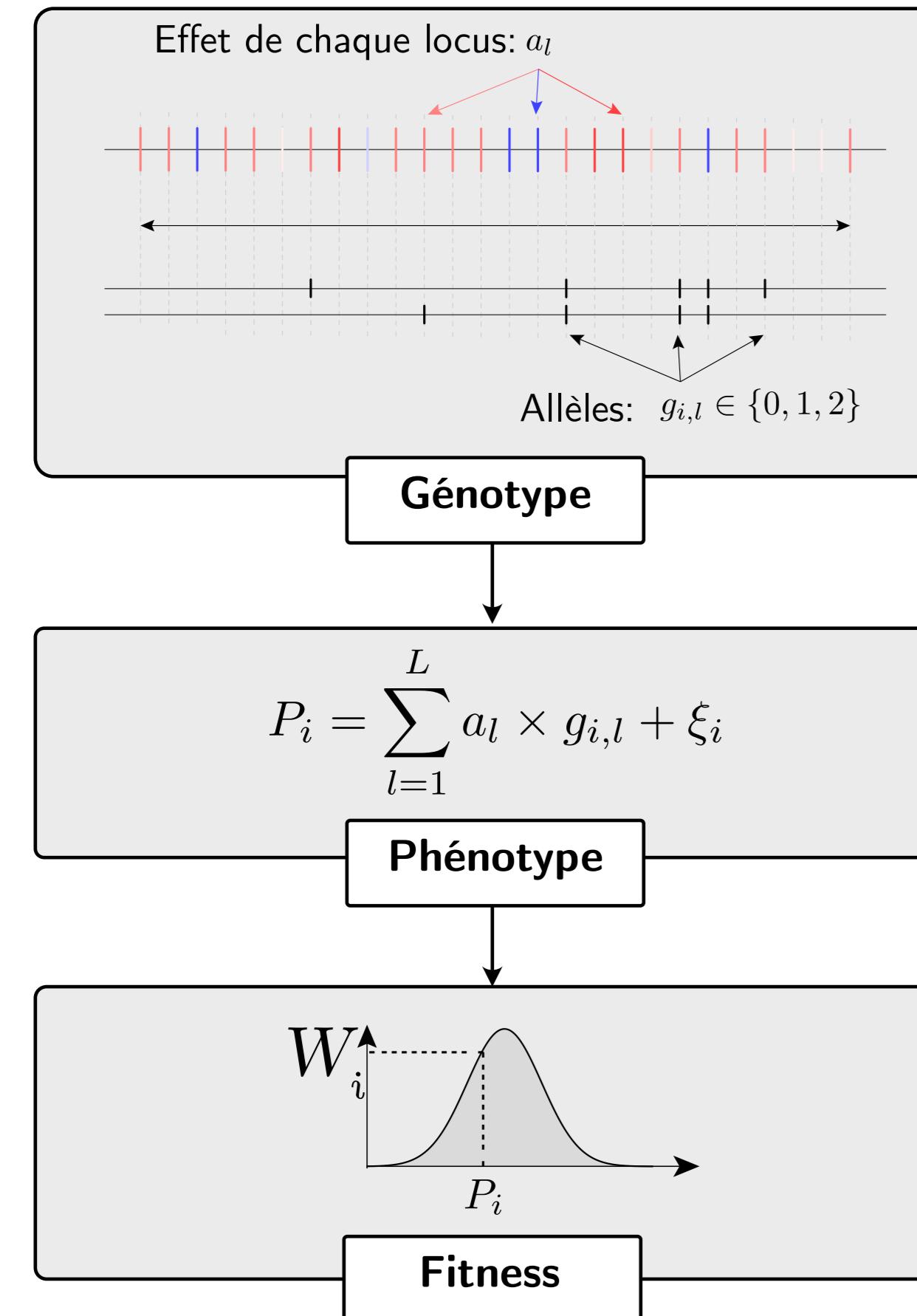
Projet : Repousser les limites des méthodes phylogénétiques.



Comment l'architecture de traits et les structures de populations influencent la vitesse d'évolution du trait ?

### 3. Intégrer micro et macro.

Projet : Repousser les limites des méthodes phylogénétiques.

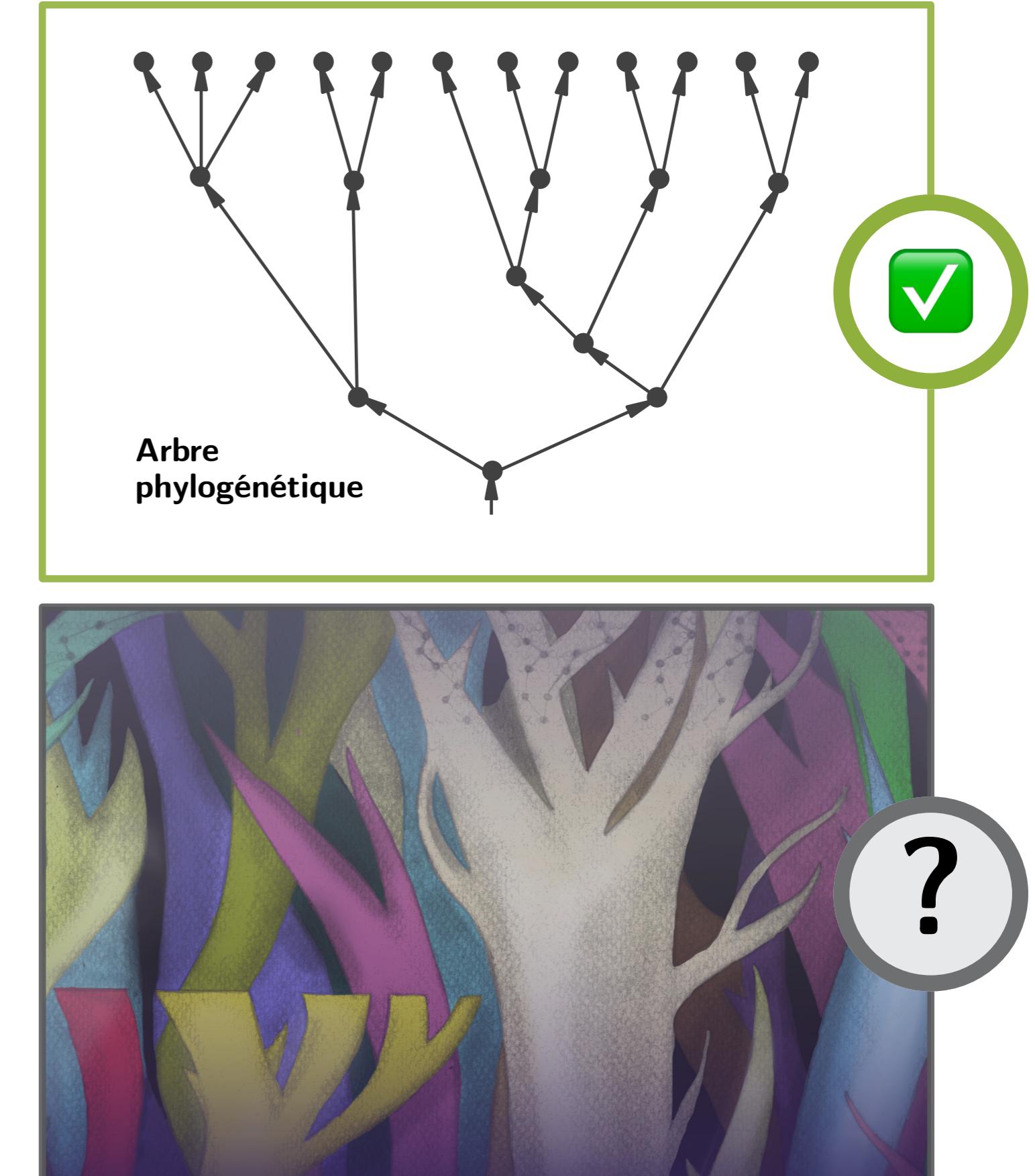
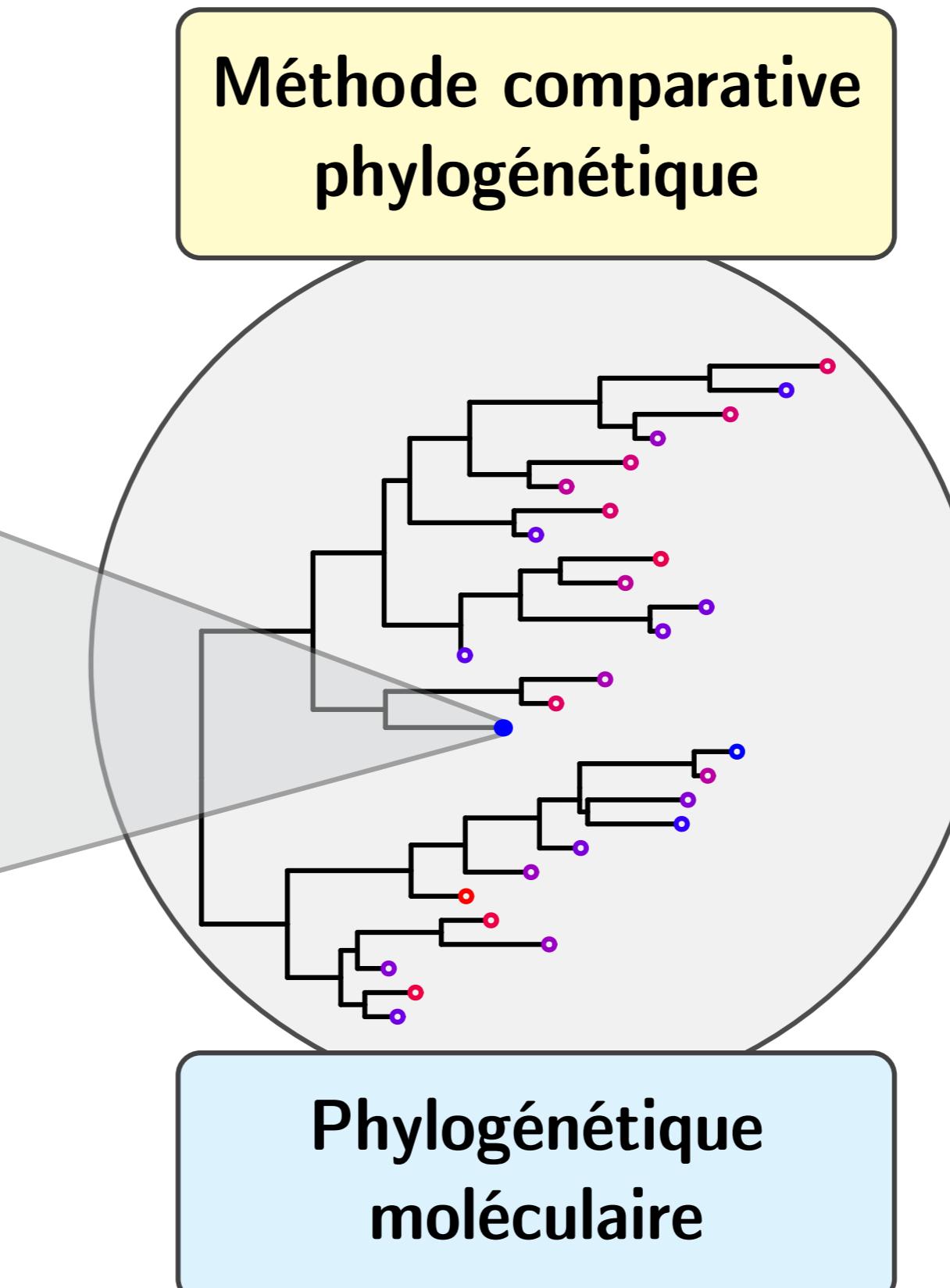
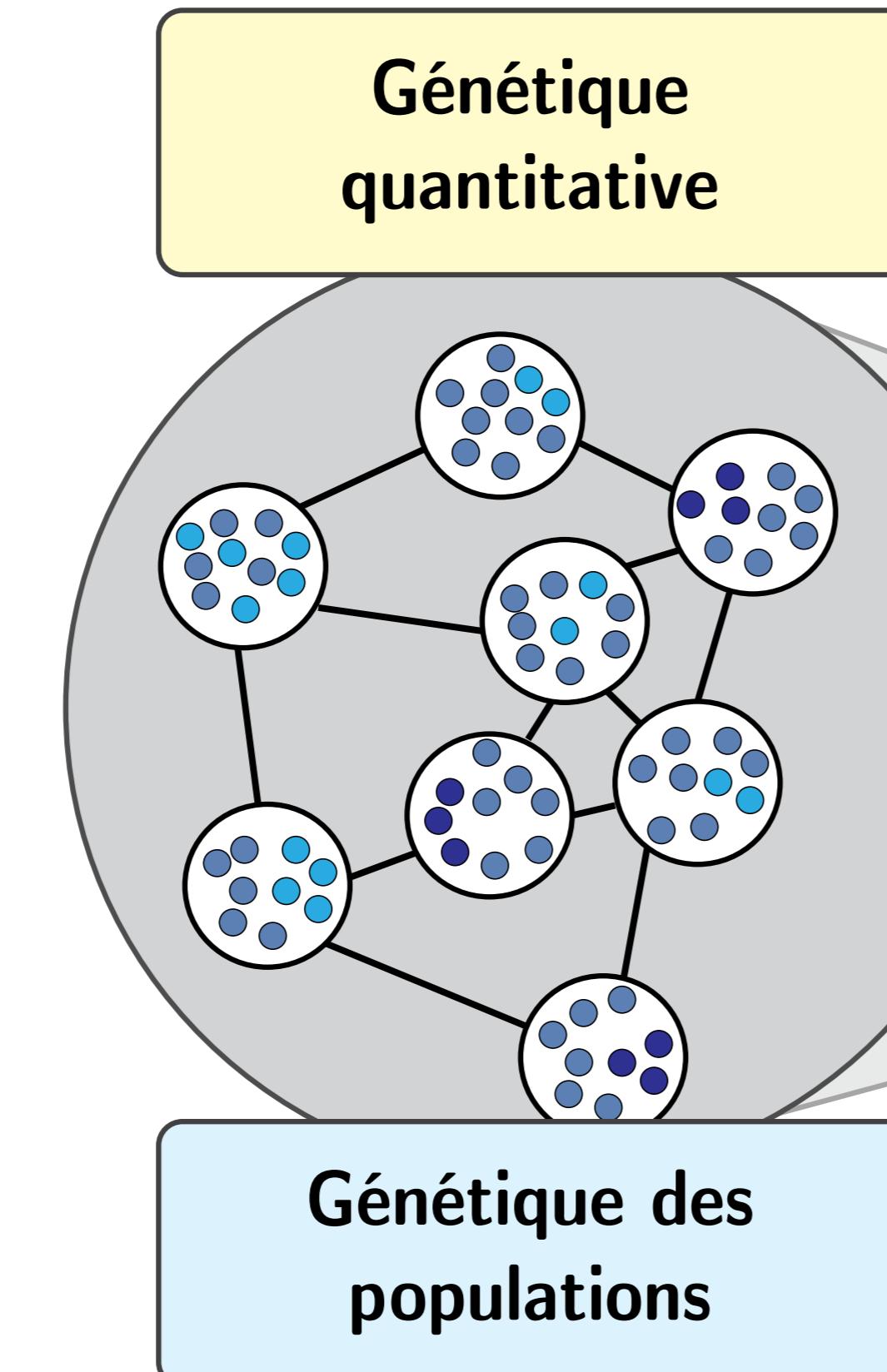
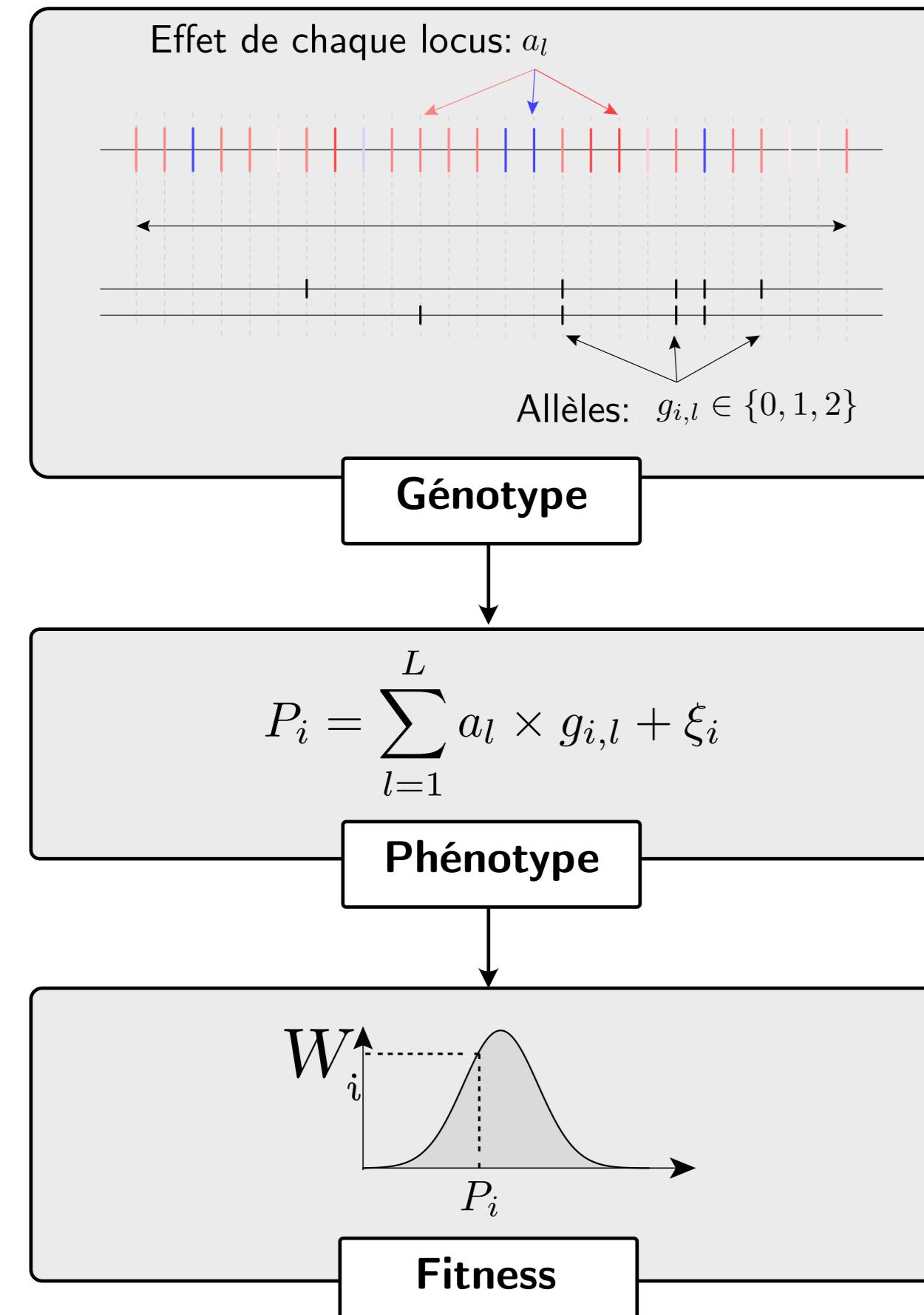


**Comment l'architecture de traits et les structures de populations influencent la vitesse d'évolution du trait ?**

**Comment intégrer les processus d'échanges génétiques dans les méthodes comparatives phylogénétiques ?**

### 3. Intégrer micro et macro.

Projet : Repousser les limites des méthodes phylogénétiques.



Bastien  
Boussau



Nicolas  
Lartillot



Julien  
Joseph



Isabela  
Jeronimo do Ó



Nicolas  
Salamin

# Avec qui mener ce projet de recherche ?

## Au sein du LBBE et avec des collaborateurices externes.



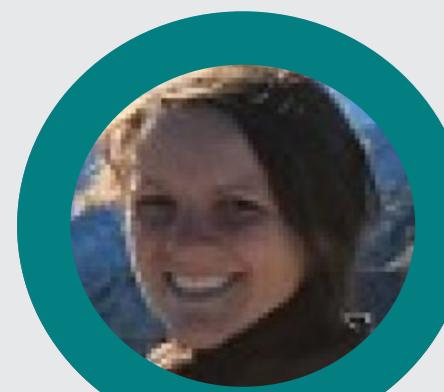
### 1. Déetecter l'adaptation sur le niveau d'expression.



Laurent  
Duret



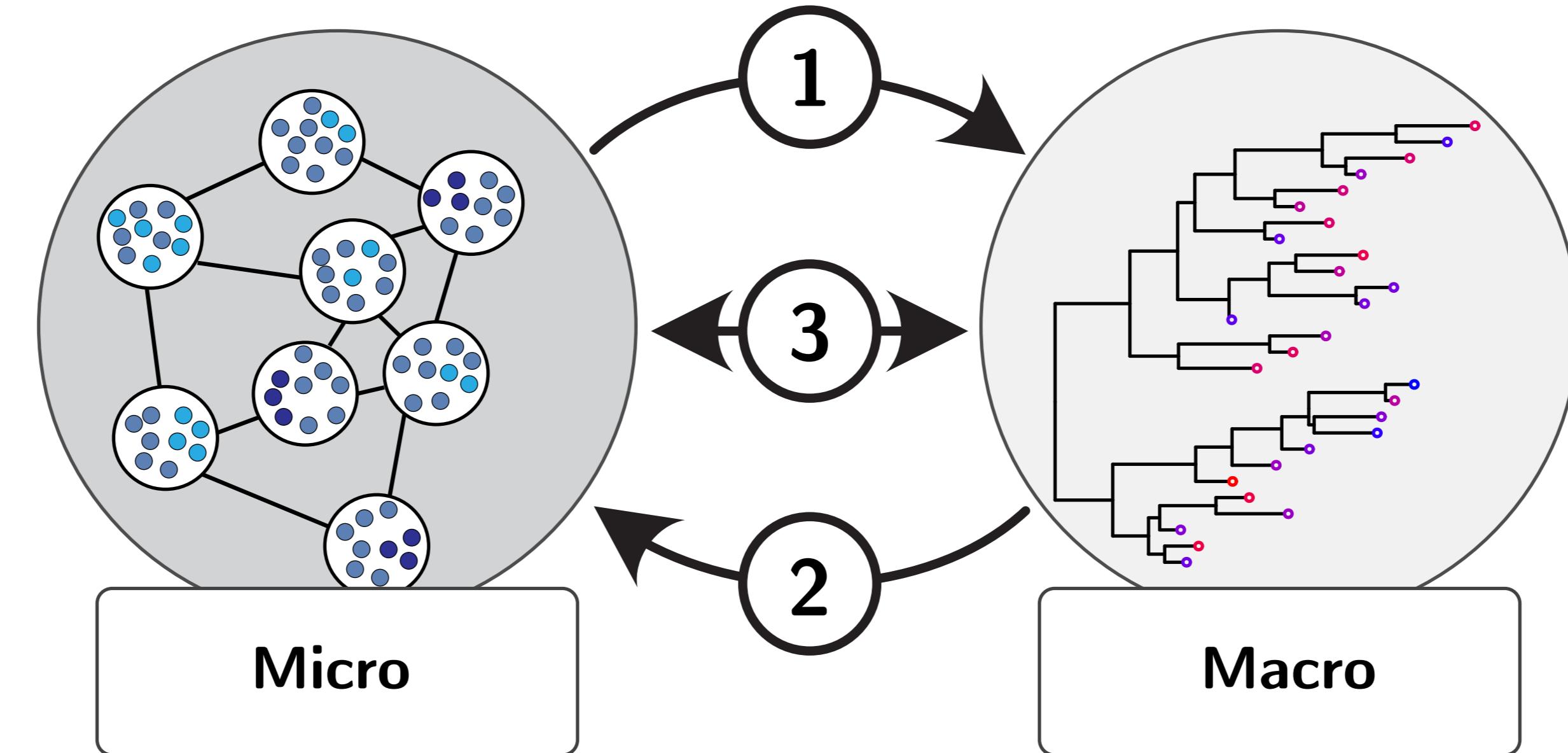
Marc  
Robinson-Rechavi



Anamaria  
Necsulea



Alexandre  
Laverré



### Laboratoire d'accueil



**LBBE**

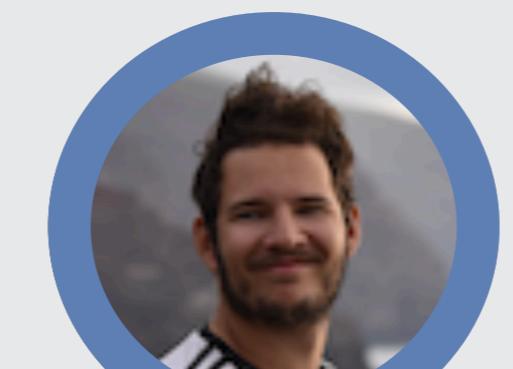
### 3. Repousser les limites des méthodes phylogénétiques



Bastien  
Boussau



Nicolas  
Lartillot



Julien  
Joseph



Isabela  
Jeronimo do Ó



Nicolas  
Salamin

### 2. Distinguer adaptation récurrente et locale



Carina Farah  
Mugal



Erica  
Van de Waal



Laure  
Segurel



Jerome  
Goudet

### Collaborateurices externes

**Unil**

Université de Lausanne



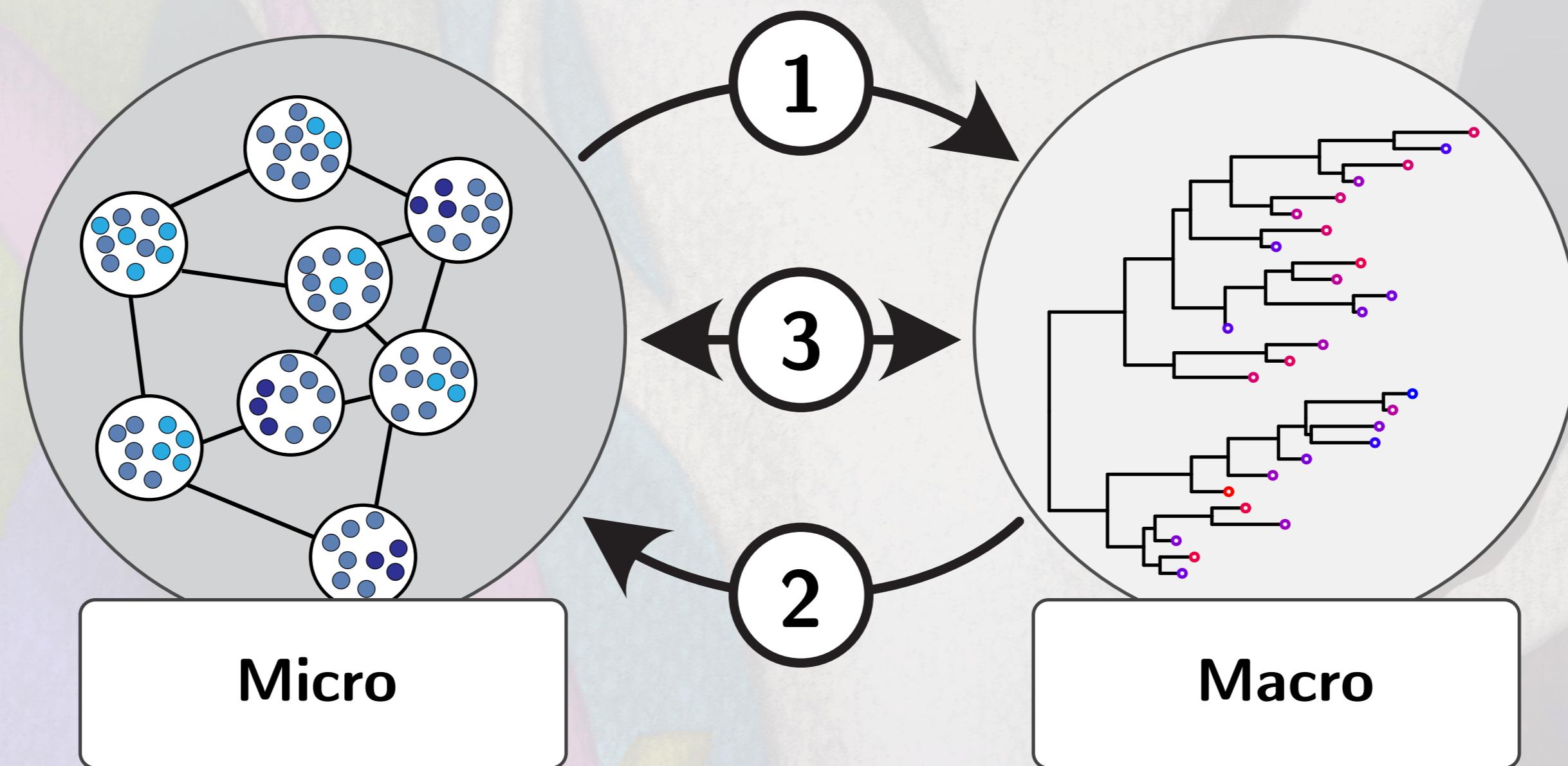
Département de Biologie Computationnelle

**LEHNA**



## 1. Déetecter l'adaptation sur le niveau d'expression.

- ↳ Quels gènes sont sous adaptation pour leur expression à l'échelle du clade ?
- ↳ Ces gènes sont-ils aussi sous adaptation à une autre échelle évolutive ? Chez les primates ? Chez les rongeurs ?
- ↳ Les gènes sous adaptation pour leur niveau d'expression le sont-ils aussi pour leur séquence d'ADN ?



- 11 manuscripts sur 2020-2024.

- 7 en 1<sup>er</sup> auteur.



- Éditeur pour *J. Evol. Biol.*

- 14 présentations en conférences.



## 3. Repousser les limites des méthodes phylogénétiques

- ↳ Comment l'architecture de traits et structures de populations influencent la vitesse d'évolution ?
- ↳ Comment intégrer les processus d'échange génétique dans les méthodes comparatives phylogénétiques ?



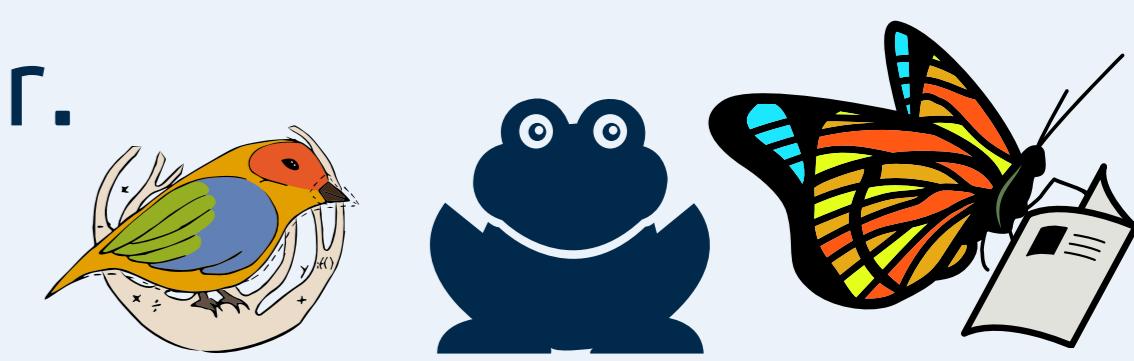
## 2. Distinguer adaptation récurrente et locale

- ↳ La différenciation génétique est-elle la conséquence de l'adaptation locale ou de l'adaptation récurrente ?
- ↳ L'adaptation à l'échelle des mammifères ou des primates permet-elle de prédire la différenciation génétique chez les populations de singes verts ?



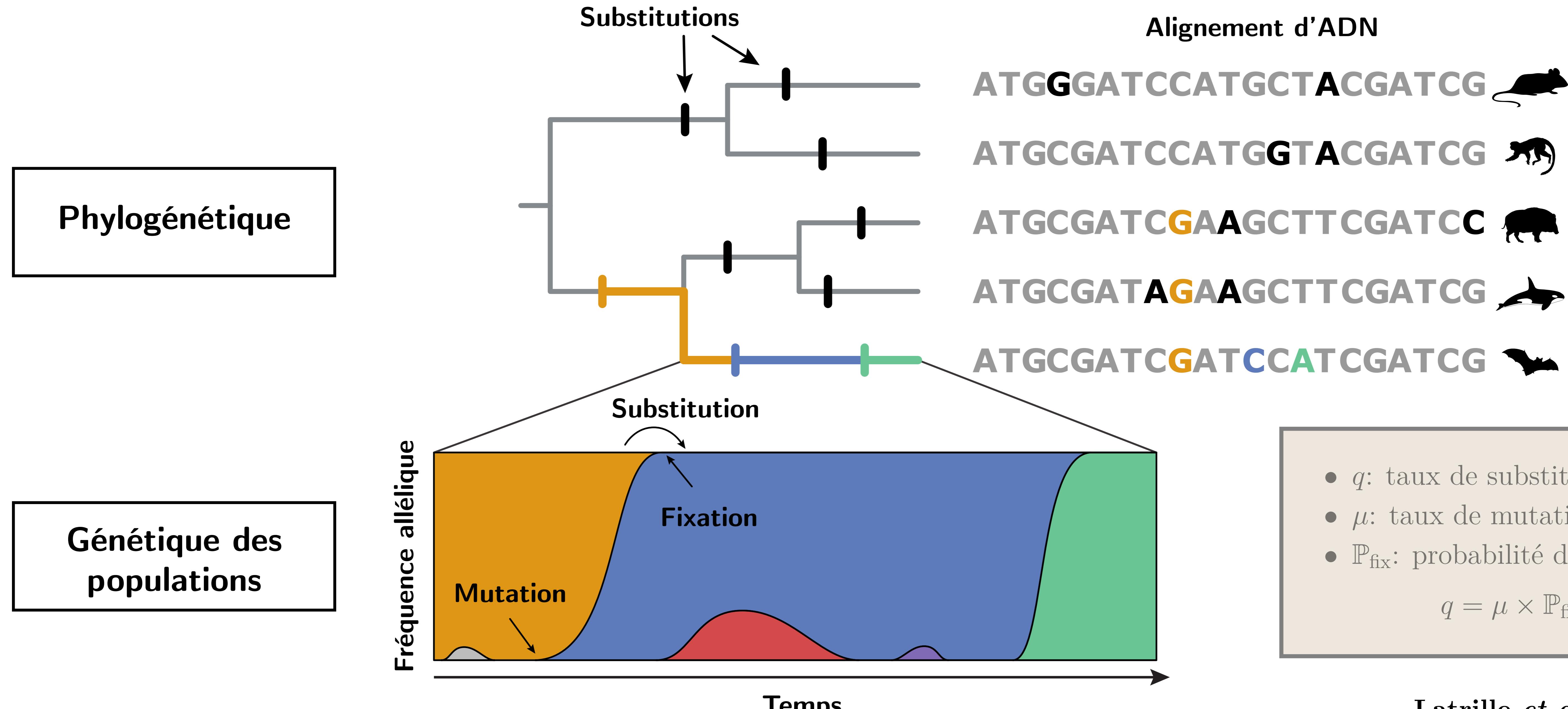
- >300h TP/TD, cours magistraux, formations et ateliers.

- Fondateur de ControverSciences et MonPotager.



# Comment détecter une évolution adaptative pour une séquence?

Il est nécessaire de formaliser les signatures de sélection.



- $q$ : taux de substitution.
- $\mu$ : taux de mutation.
- $P_{fix}$ : probabilité de fixation.

$$q = \mu \times P_{fix}$$

Latrille *et al.* (MBE, 2021)  
Latrille & Lartillot (MBE, 2022)  
Hartasanchez *et al.* (Math. Coll., 2023)

# Avec qui mener ces projets de recherche ?

Au sein du LBBE et avec des collaborateurices externes.



## Laboratoire d'accueil



Laurent  
Duret



Carina Farah  
Mugal



Anamaria  
Necsulea



Laure  
Segurel



Bastien  
Boussau



Nicolas  
Lartillot



Marc  
Robinson-Rechavi



Alexandre  
Laverré



Julien  
Joseph



Erica  
Van de Waal



Isabela  
Jeronimo do Ó



Jerome  
Goudet



Nicolas  
Salamin

## Collaborateurices externes



*Unil*

UNIL | Université de Lausanne



Département de  
Biologie Computationnelle