

Camille Roux

Projet : ÉVOLUTION EXPÉRIMENTALE DE LA SPÉCIATION

2007 – 2010 : Doctorat (Lille 1)

Génomique de la spéciation chez *Arabidopsis*

Xavier Vekemans et Vincent Castric

2011 – 2013 : post-doctorat (Montpellier 2)

Génomique comparative de la spéciation

Nicolas Galtier et Nicolas Bierne

2013 – 2016 : post-doctorat (Lausanne)

Spéciation et polyploidisation

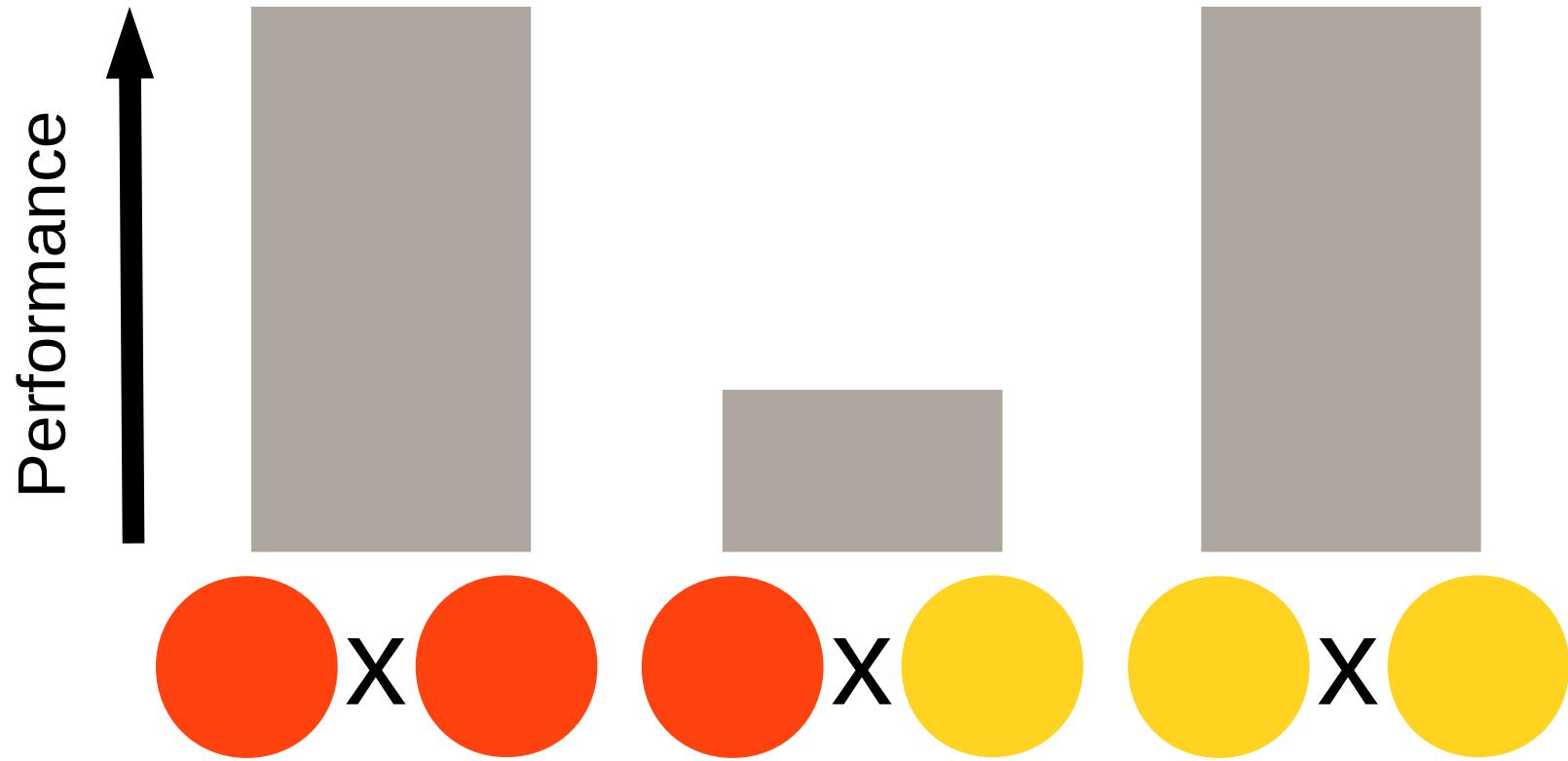
John Pannell

2017 – 2019 : post-doctorat (Cambridge UK)

Introgession adaptative

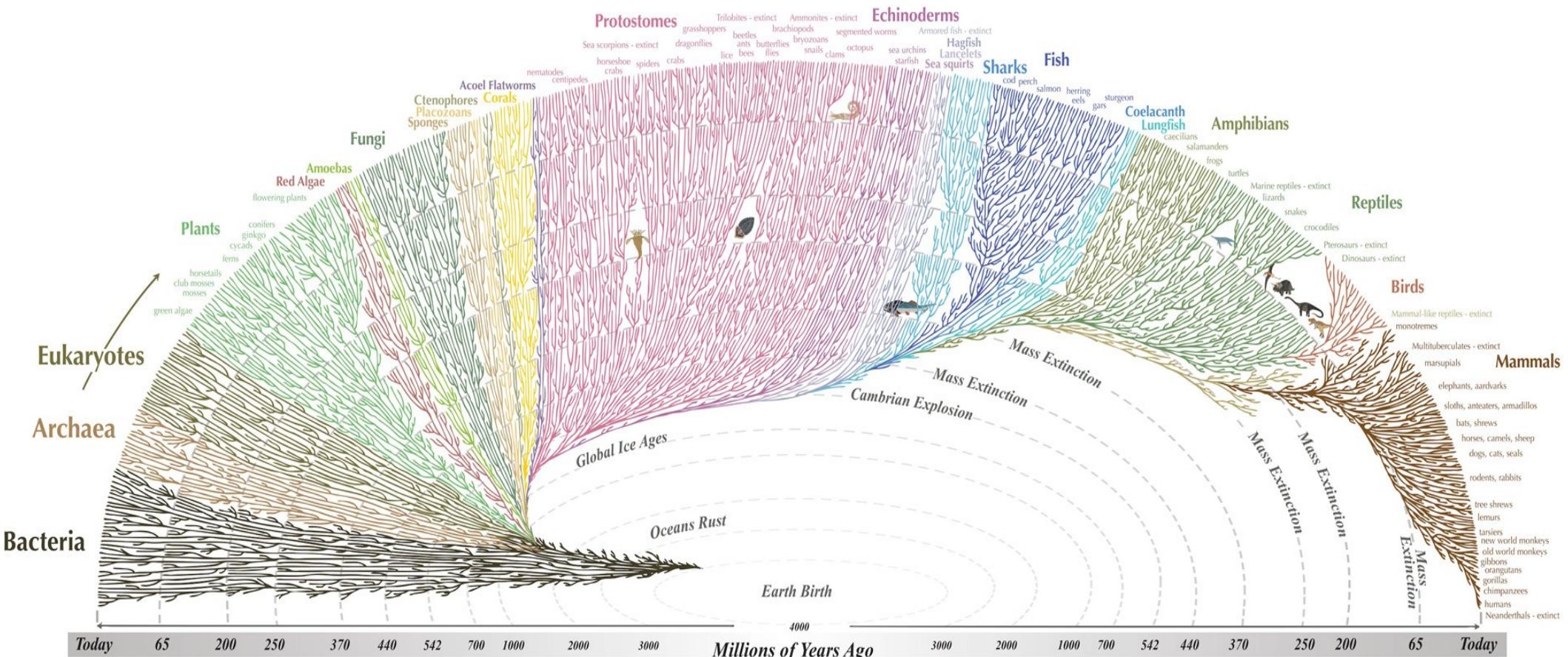
Chris Jiggins

SPÉCIATION: ACCUMULATION DE BARRIÈRES GÉNOMIQUES



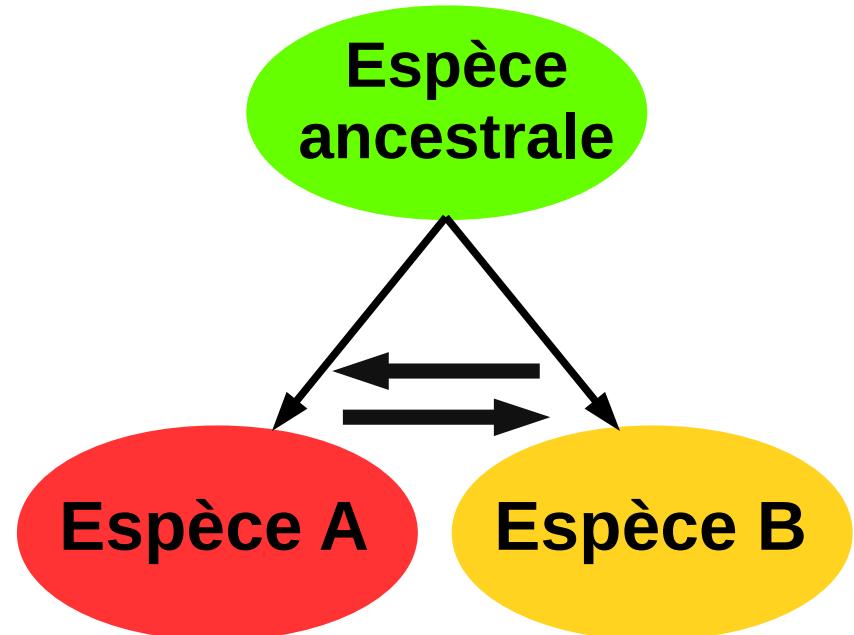
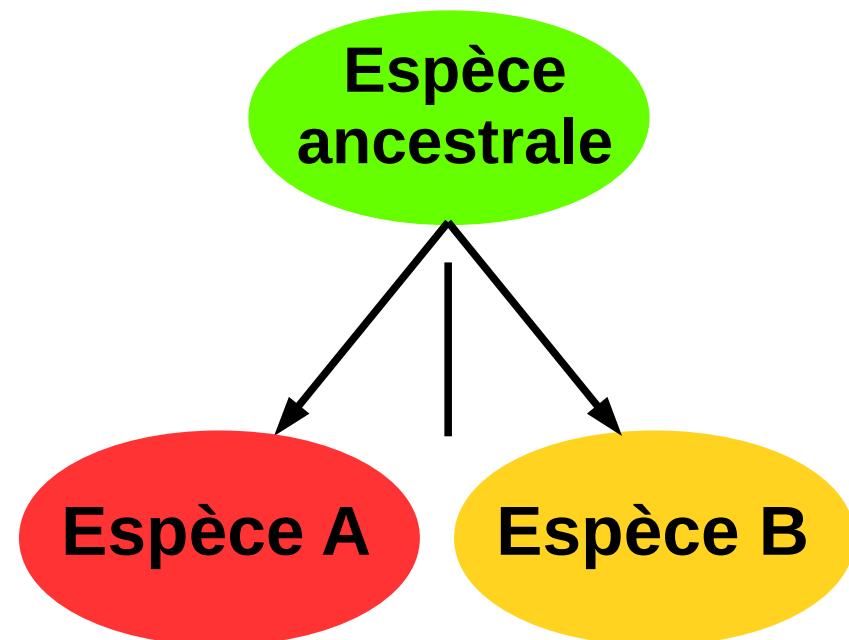
Performances intra-espèce > Performances des hybride

SPÉCIATION: ACCUMULATION DE BARRIÈRES GÉNOMIQUES



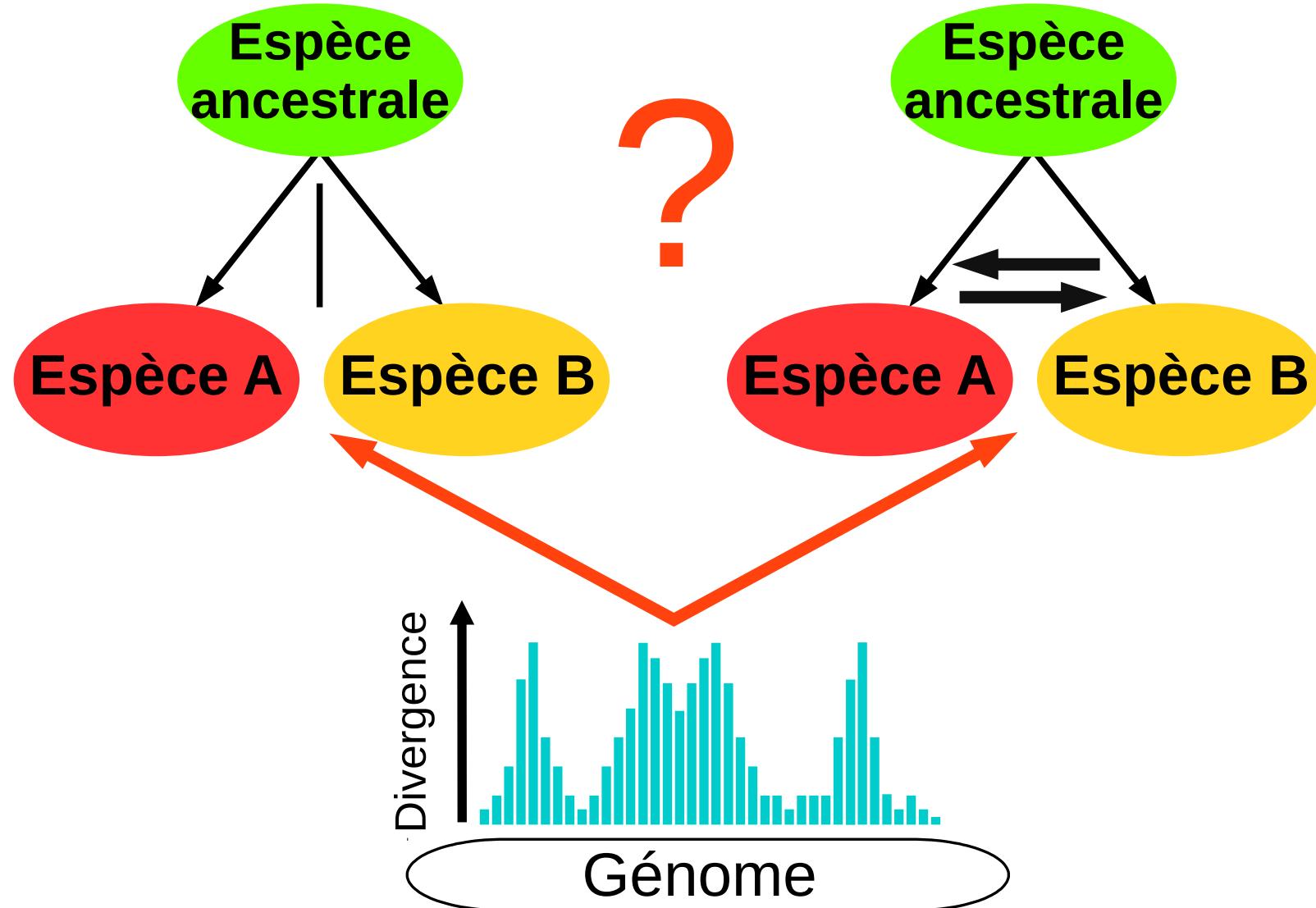
Les barrières maintiennent la diversité du vivant

DANS QUEL CONTEXTE HISTORIQUE APPARAISSENT LES BARRIÈRES ?



Endler (1977) Barton & Hewitt (1985)
Noor & Bennett (2009) Bierne et al (2013) Cruickshank & Hahn (2014)

DANS QUEL CONTEXTE HISTORIQUE APPARAISSENT LES BARRIÈRES ?

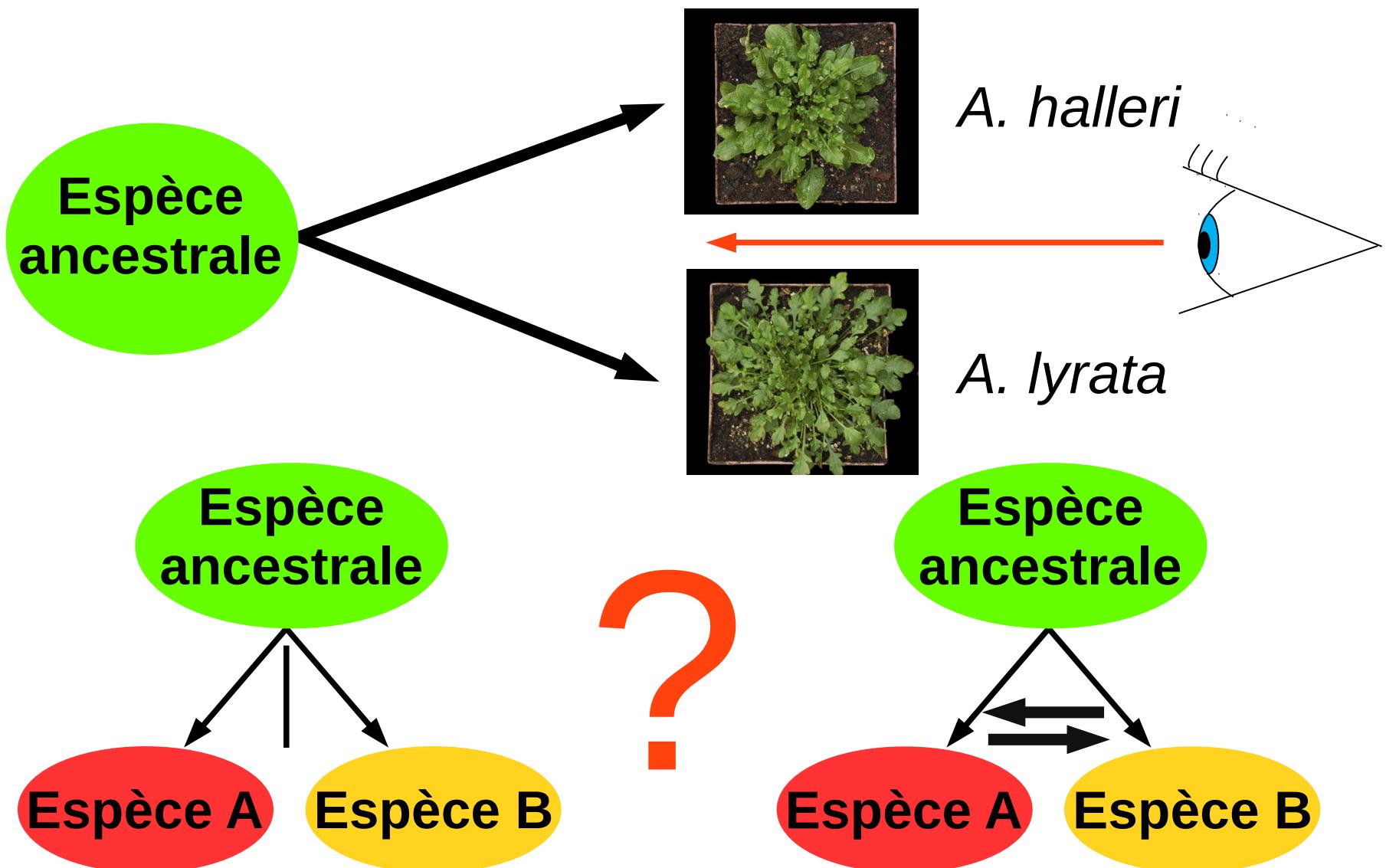


Thèse et postdoc : approche *a posteriori* pour comparer des scénarios alternatifs

Endler (1977) Barton & Hewitt (1985)

Noor & Bennett (2009) Bierne et al (2013) Cruickshank & Hahn (2014)

ÉTUDIER LA SPÉCIATION : APPROCHES *A POSTERIORI*

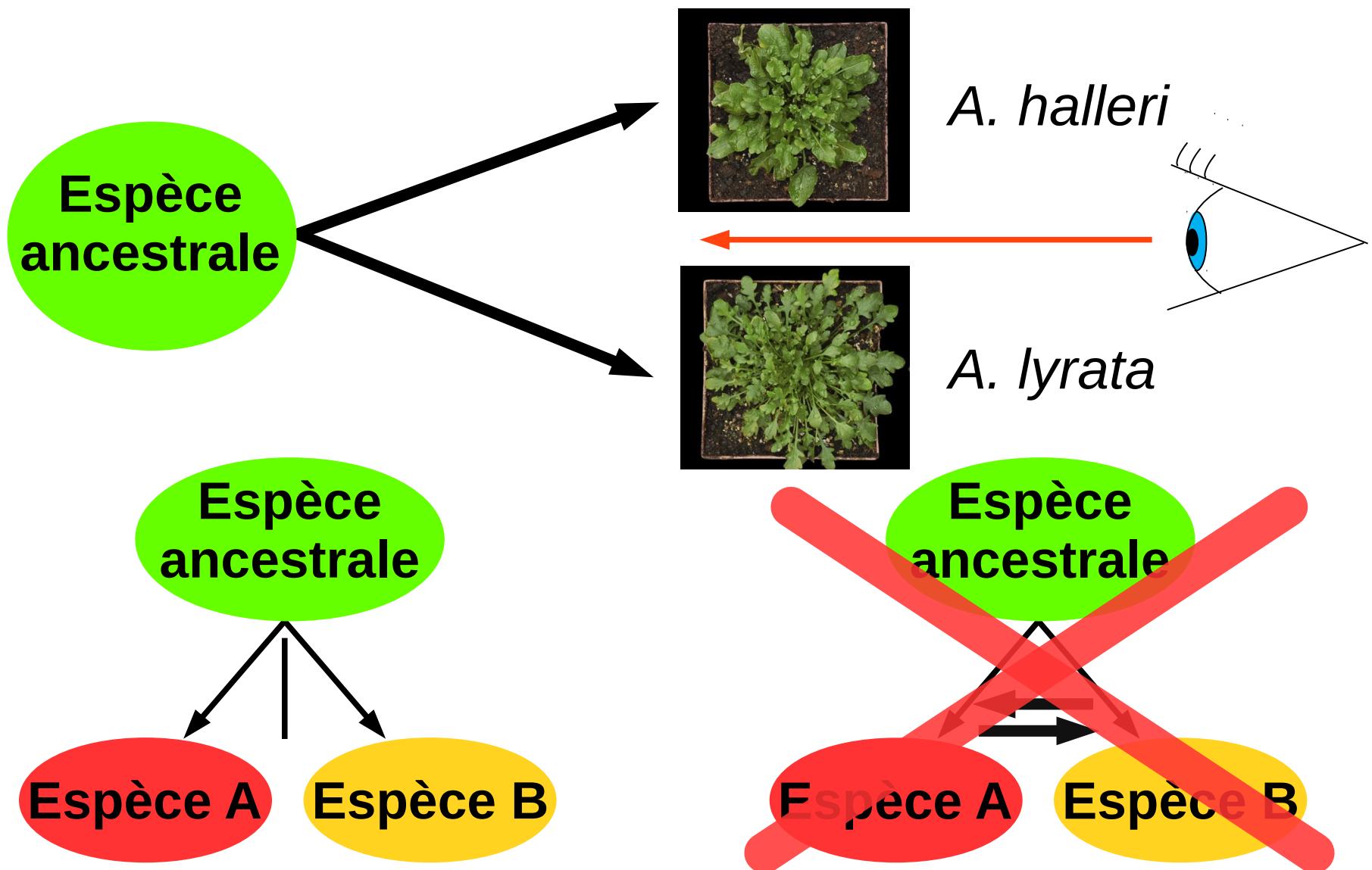


Doctorat à Lille : 2007 à 2010 (Vincent Castric et Xavier Vekemans)

Roux et al., 2011, *PLOS ONE* (I.F = 3,234)

Roux et al., 2012, *Molecular Biology and Evolution* (I.F = 13.649)

ÉTUDIER LA SPÉCIATION : APPROCHES *A POSTERIORI*

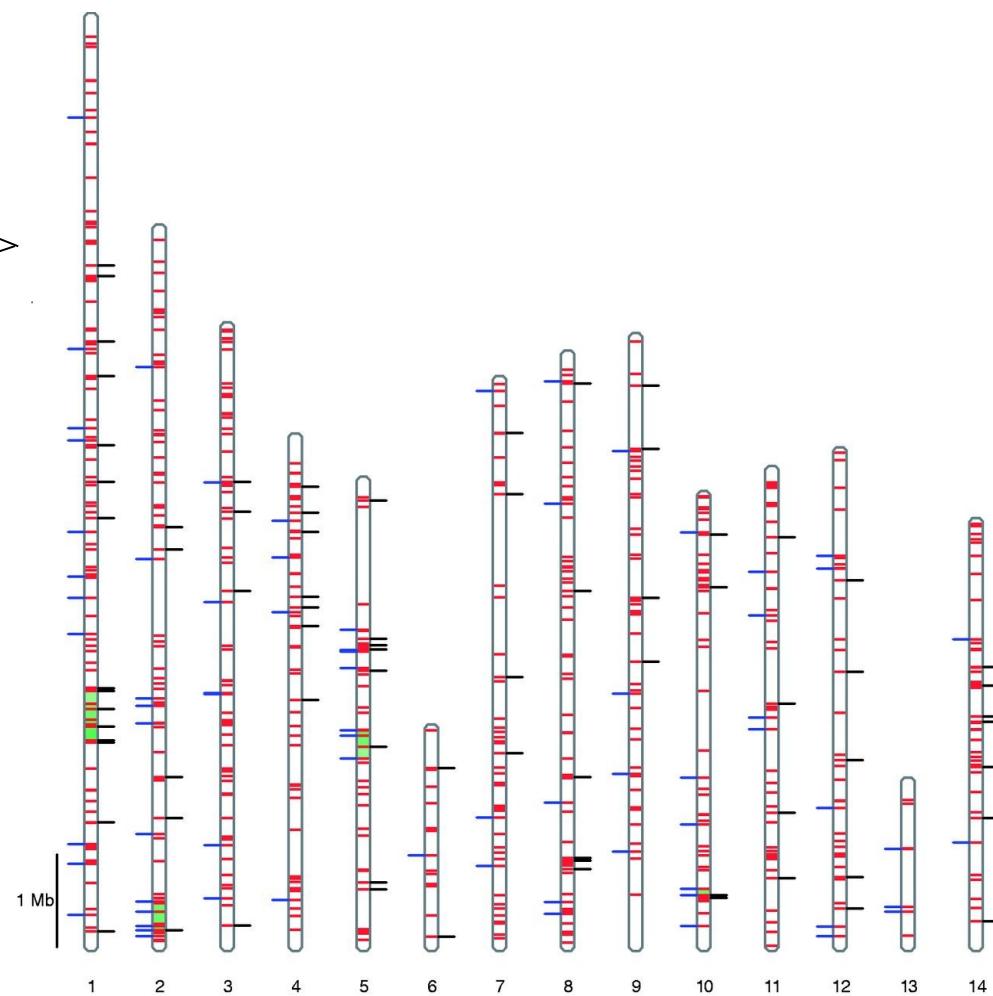
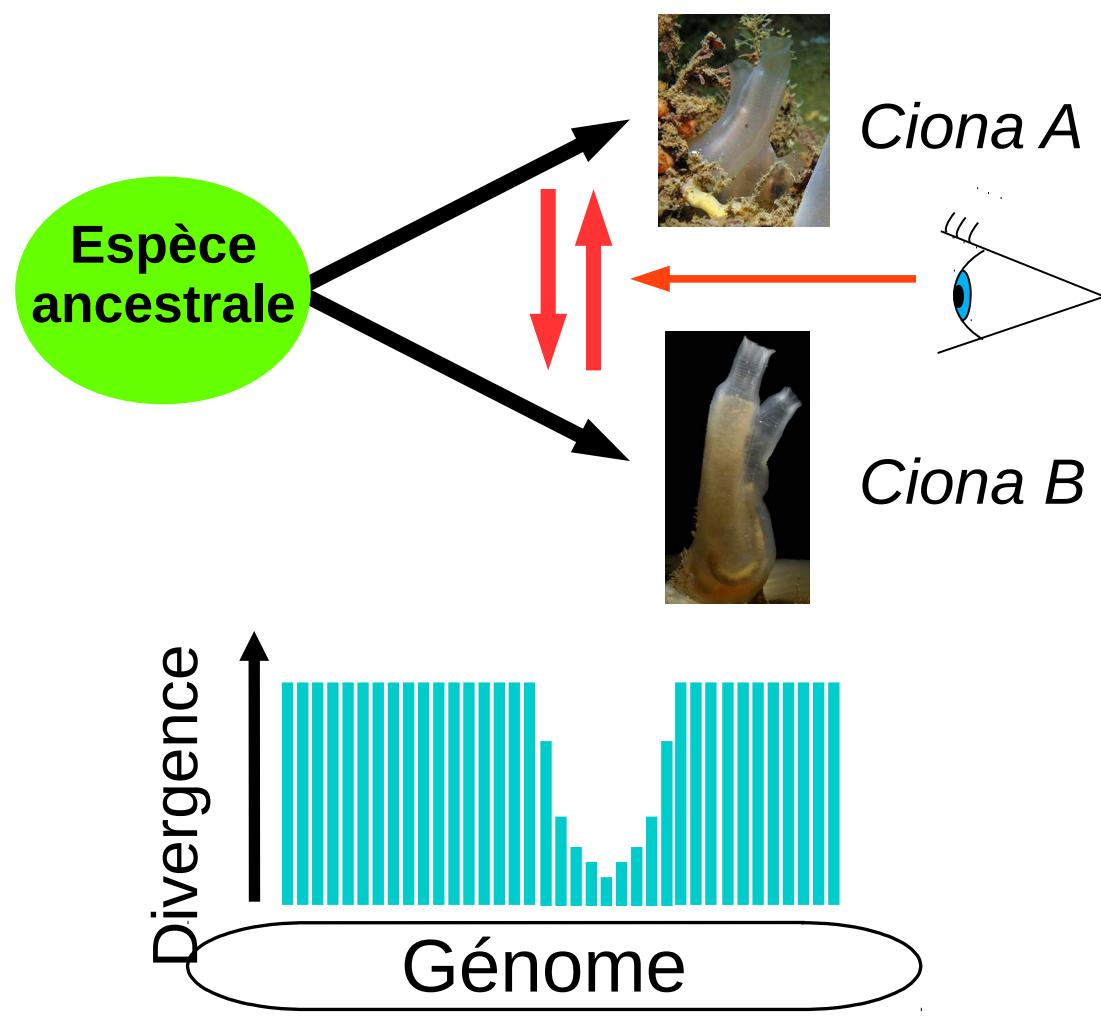


Doctorat à Lille : 2007 à 2010 (Vincent Castric et Xavier Vekemans)

Roux et al., 2011, *PLOS ONE* (I.F = 3,234)

Roux et al., 2012, *Molecular Biology and Evolution* (I.F = 13.649)

ÉTUDIER LA SPÉCIATION : APPROCHES *A POSTERIORI*



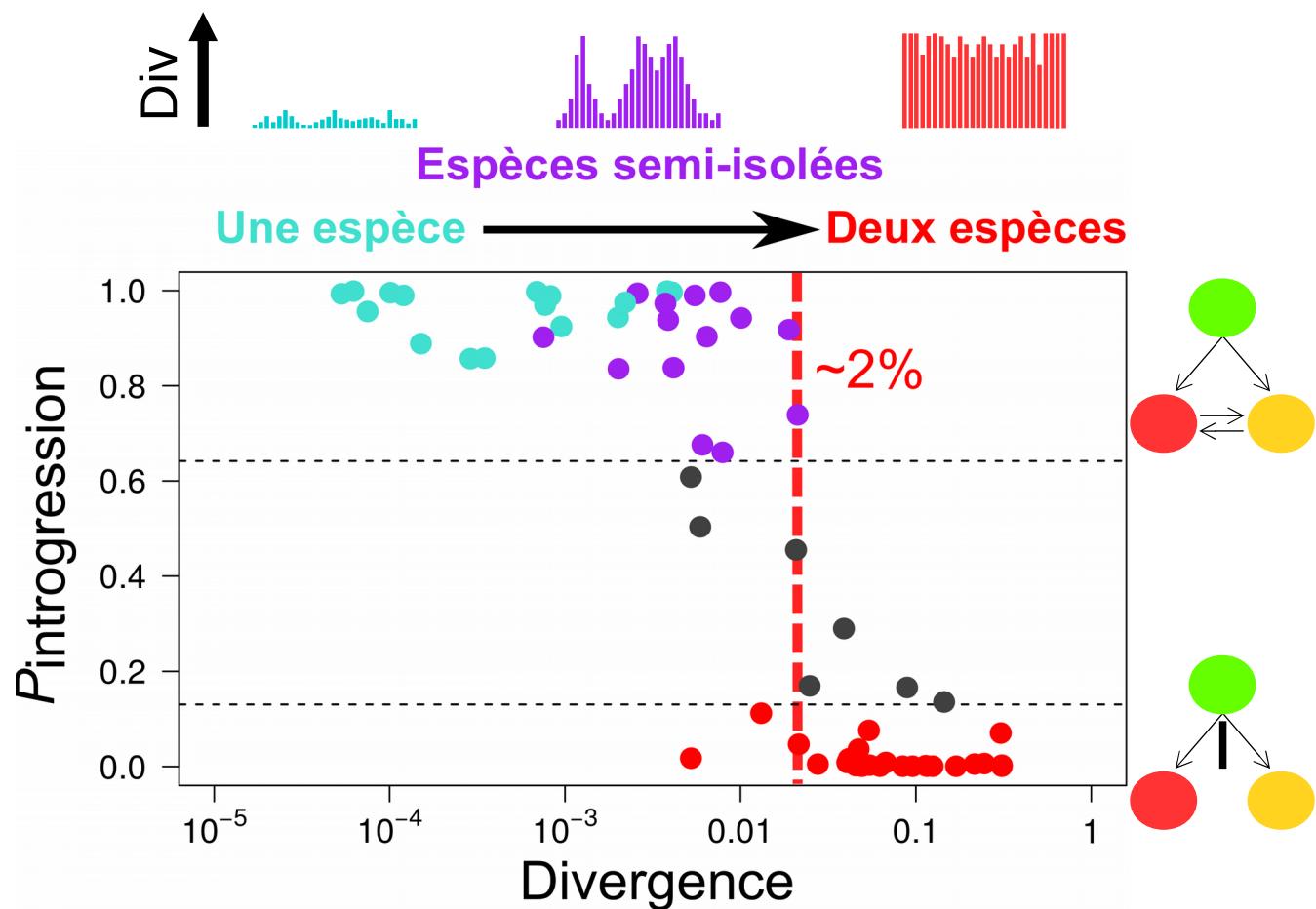
Post-doctorat à Montpellier: 2011 à 2012 (Nicolas Bierne et Nicolas Galtier)

Roux et al., 2013, *Molecular Biology and Evolution* (I.F = 13.649)

Roux et al., 2014, *Journal of Evolutionary Biology* (I.F = 3.483)

ÉTUDIER LA SPÉCIATION : APPROCHES *A POSTERIORI*

61 paires d'espèces



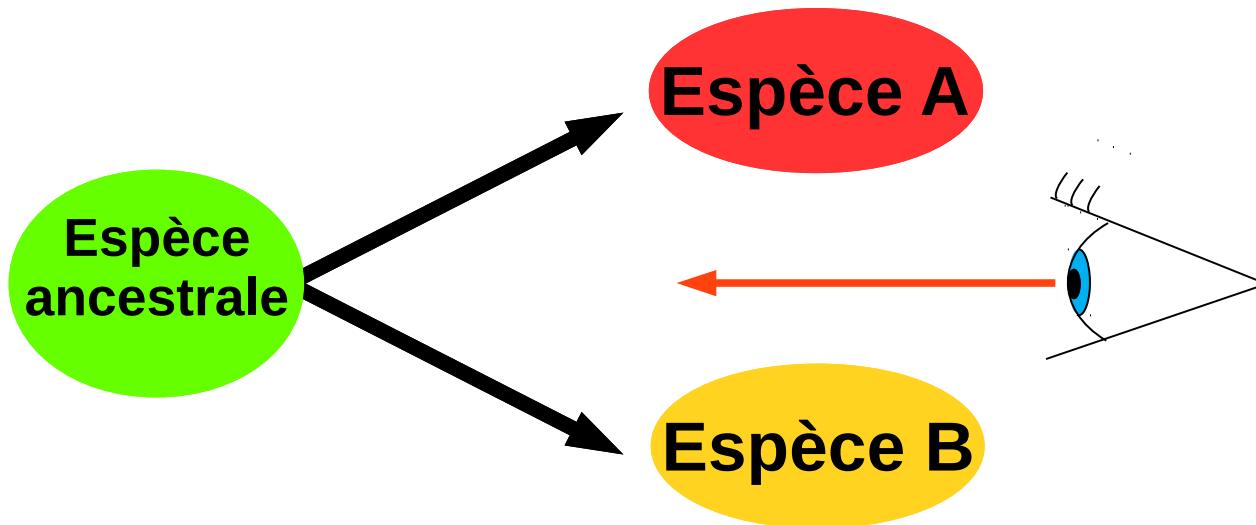
- 1) Horloge moléculaire de la spéciation
- 2) Aucun flux de gène en population naturelle au-delà de 2 %

Post-doctorat à Montpellier: 2011 à 2012 (Nicolas Bierne et Nicolas Galtier)

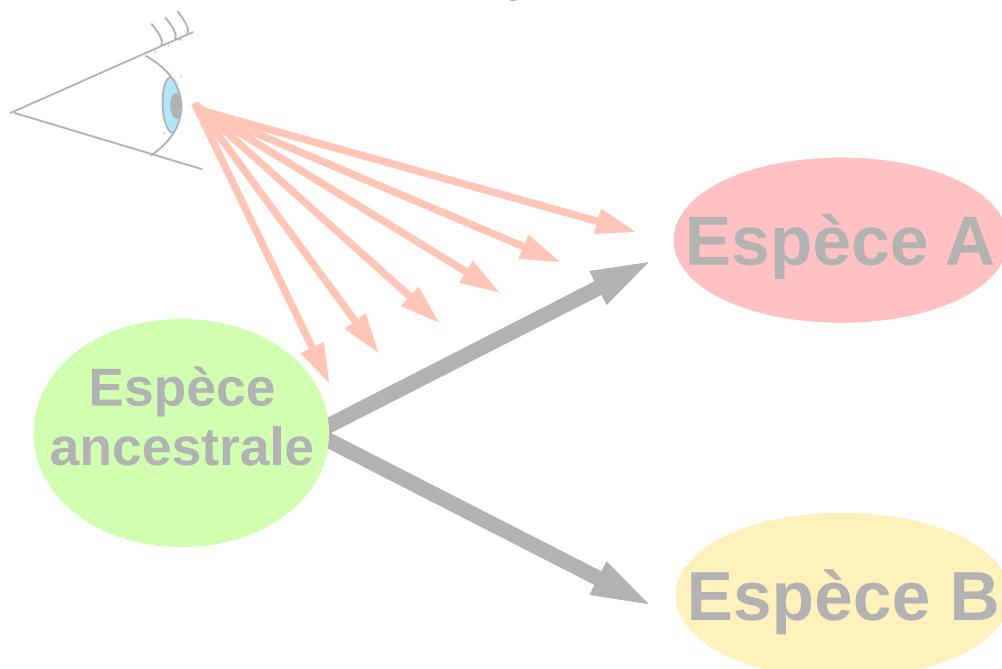
Roux et al., 2016, *PLOS Biology* (I.F = 9,343)

ÉTUDIER LA SPÉCIATION

Approche adoptée pendant **doctorat et post-doctorat** :

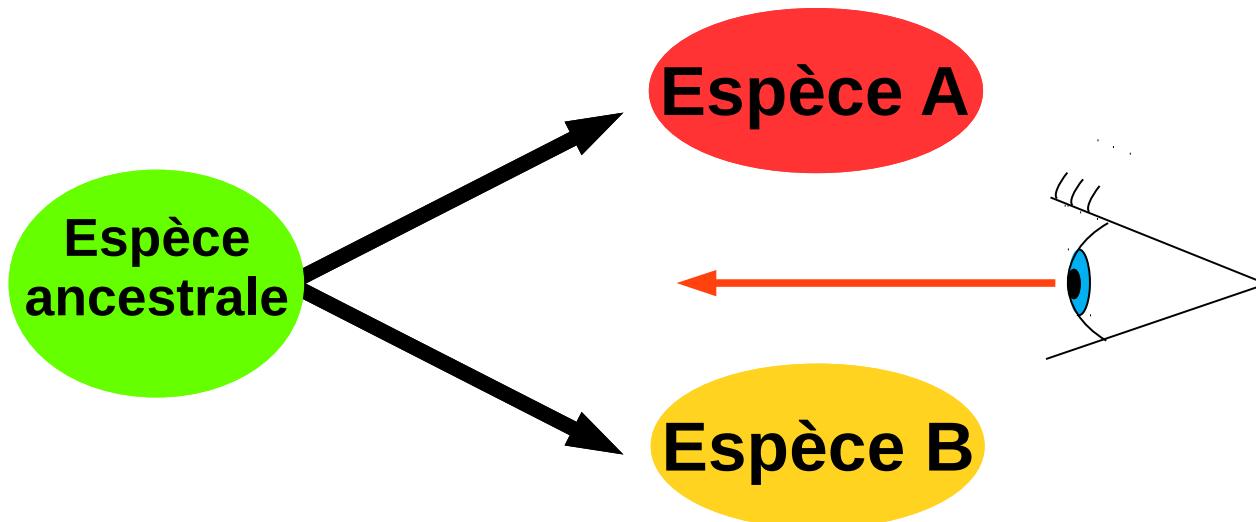


Projet CNRS : évolution expérimentale de la spéciation

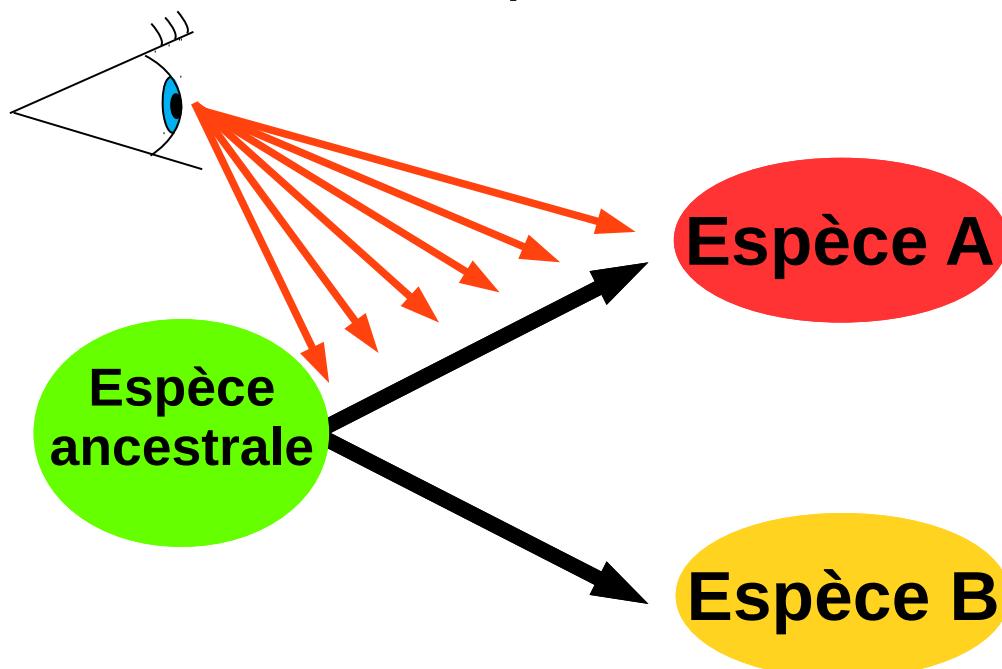


ÉTUDIER LA SPÉCIATION

Approche adoptée pendant **doctorat et post-doctorat** :

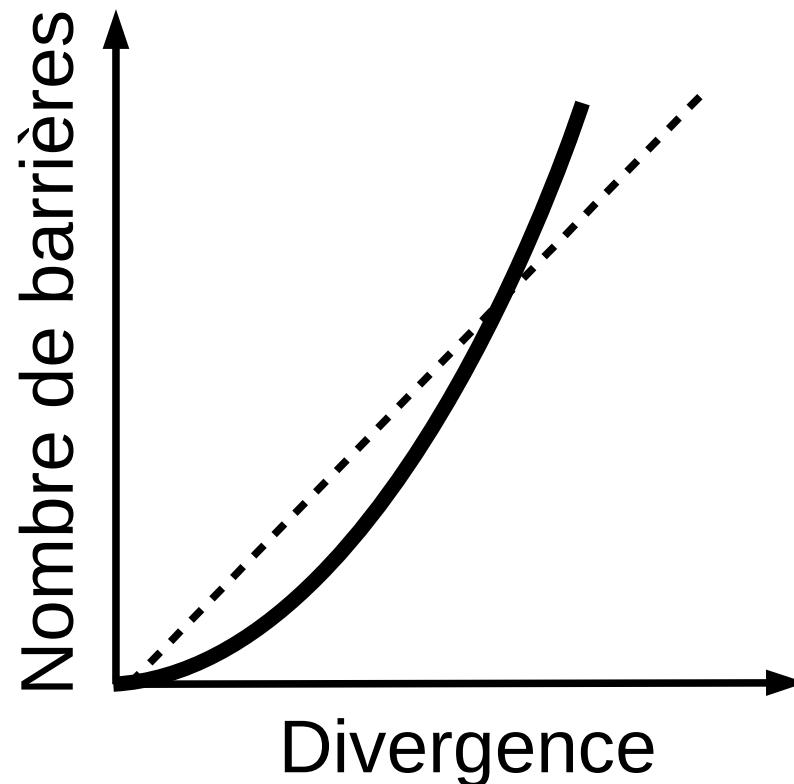


Projet CNRS : évolution expérimentale de la spéciation



TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES D'ESPÈCES

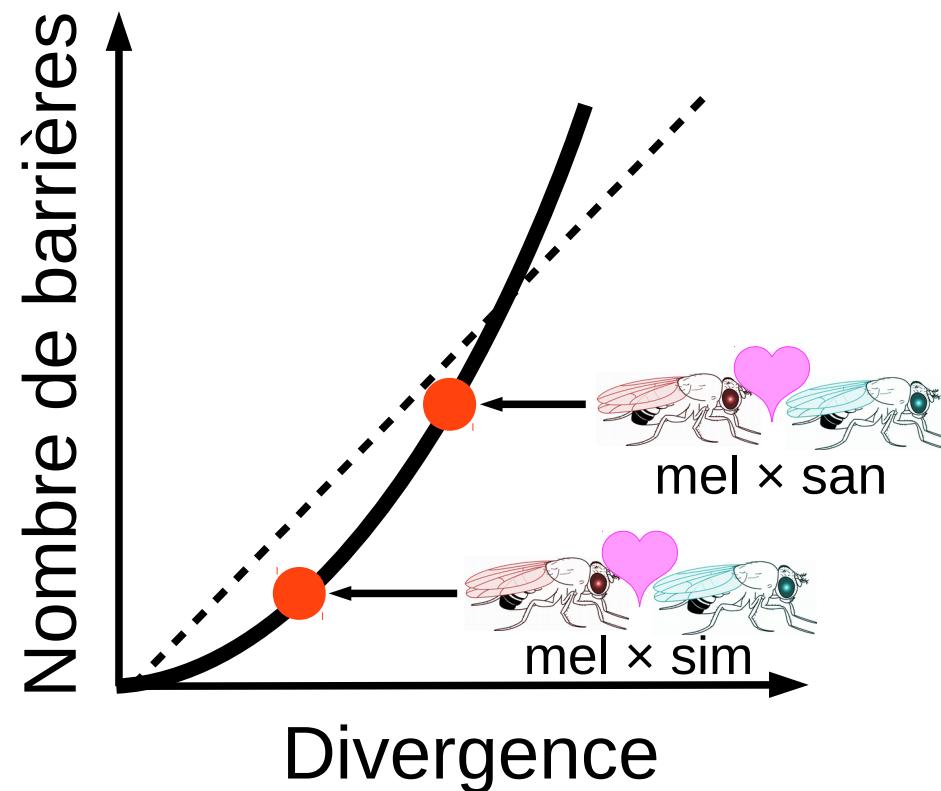
Effet « boule de neige »



La théorie → Probabilité qu'une nouvelle mutation soit une barrière **augmente plus vite que la divergence**

TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES D'ESPÈCES

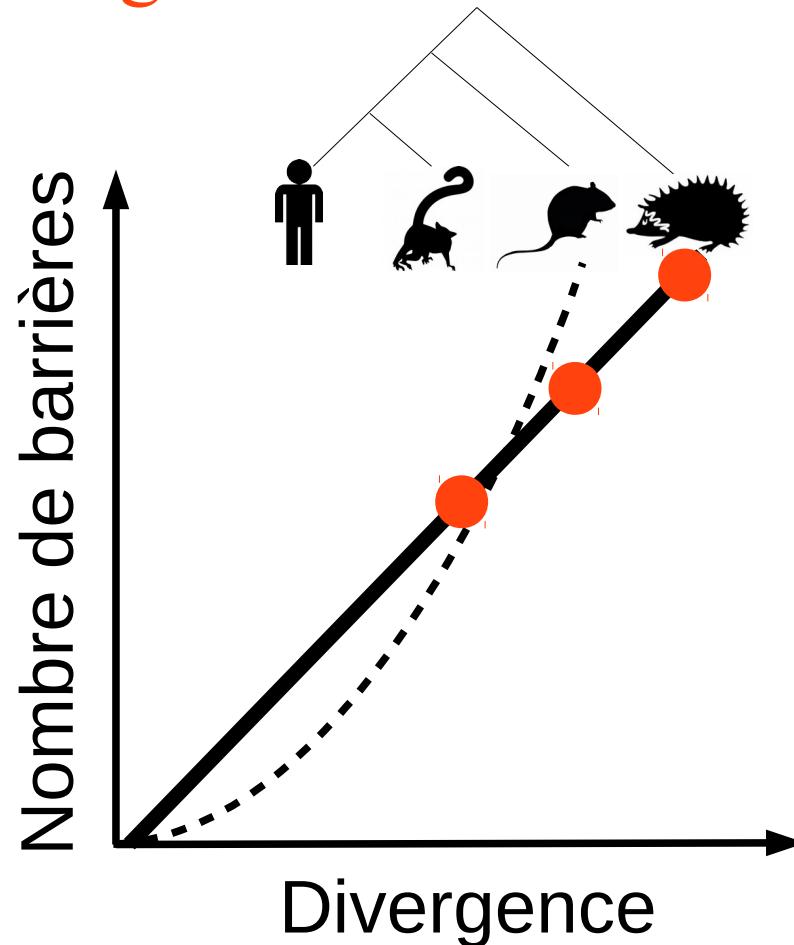
Effet « boule de neige » ?



Mais : testent relation avec deux observations temporelles

TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES D'ESPÈCES

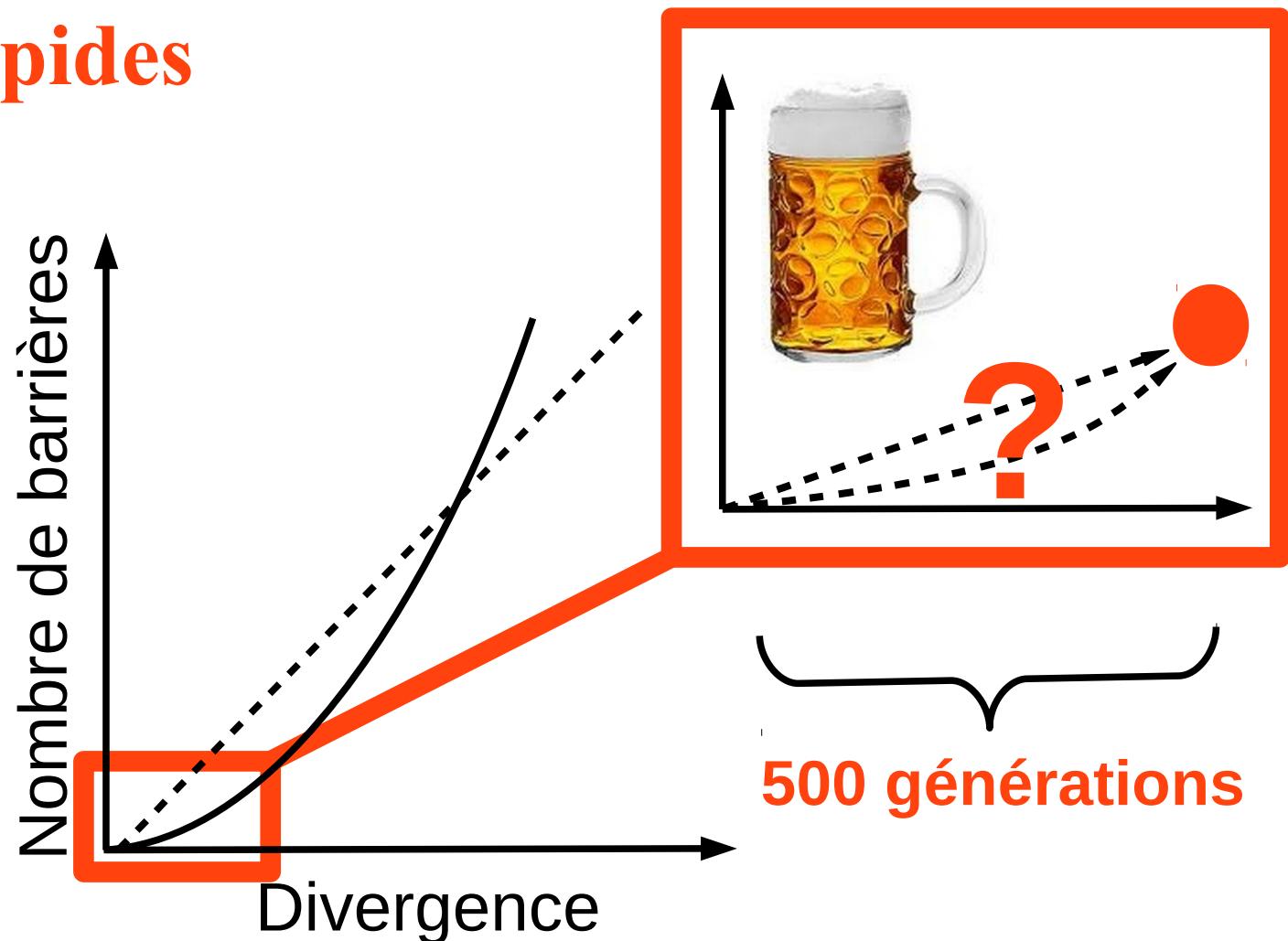
Effet « boule de neige » ?



Mais : espèces très divergentes

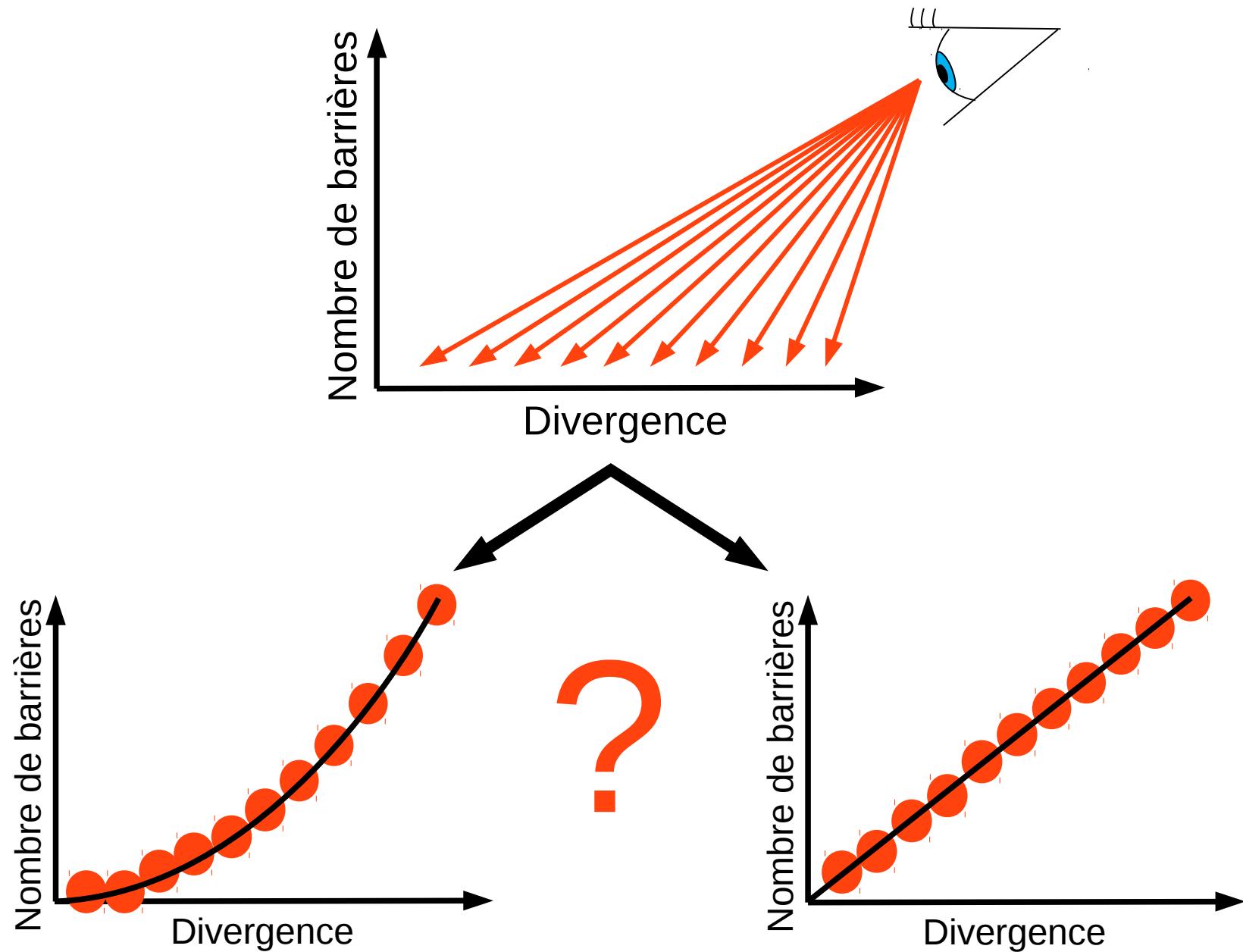
TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES D'ESPÈCES

Barrières rapides

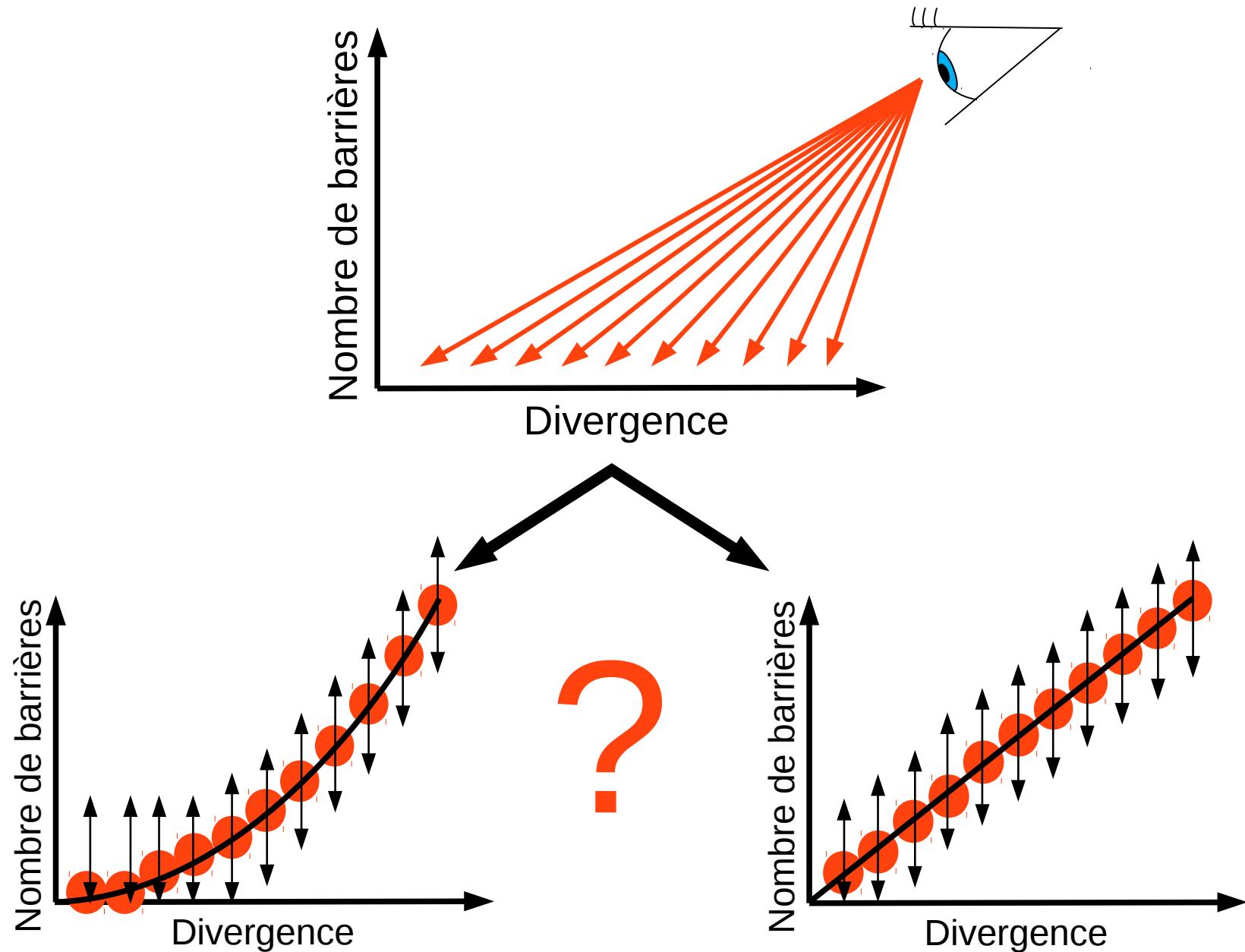


Mais : ne cherchent pas les bases génétiques des barrières

SUIVRE EXPÉIMENTALEMENT L'ACCUMULATION



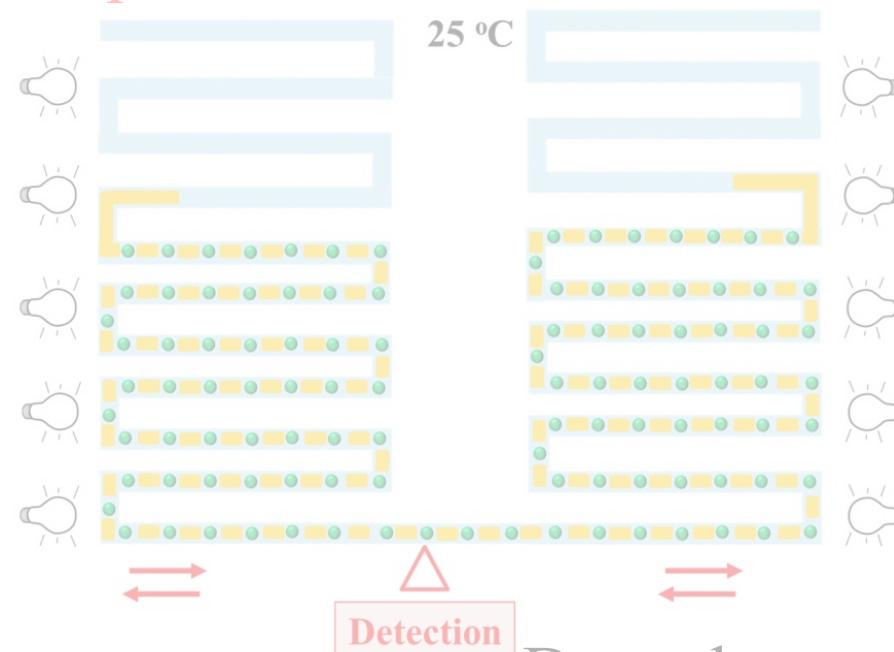
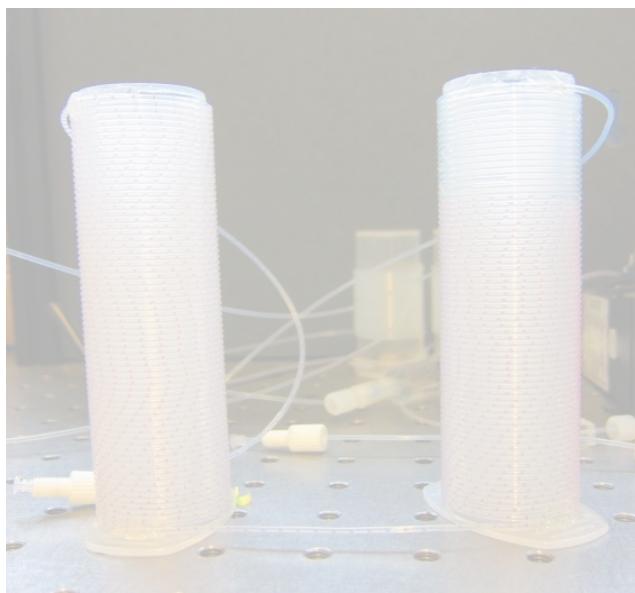
SUIVRE EXPÉIMENTALEMENT L'ACCUMULATION



Apport des réplications expérimentaux → tester la prédictibilité de la spéciation

ÉVOLUTION EXPÉRIMENTALE CHEZ *CHLAMYDOMONAS REINHARDTII*

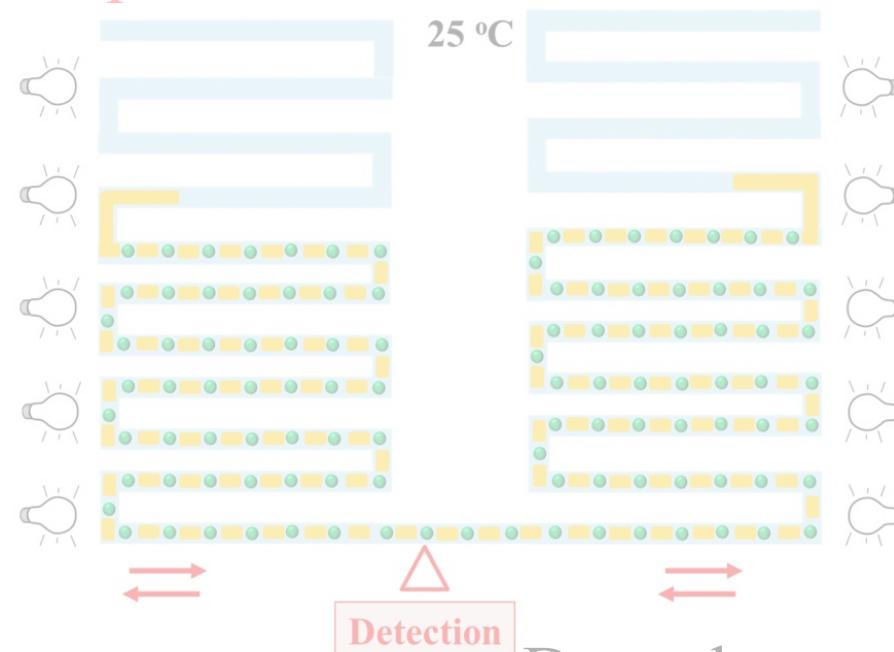
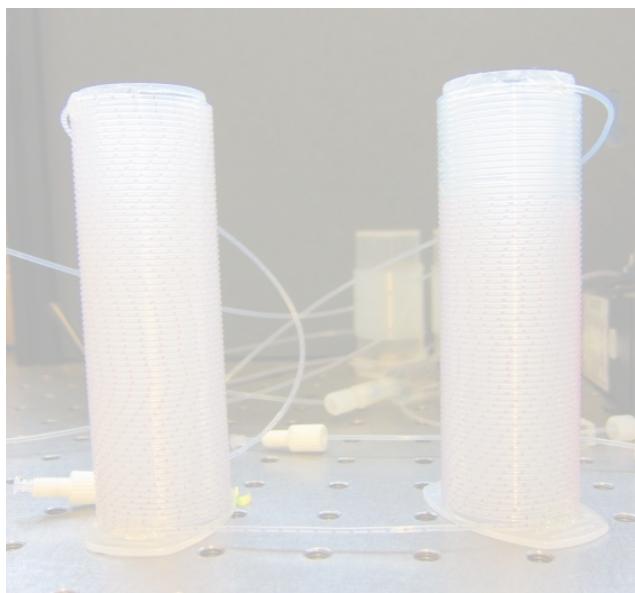
- Algue unicellulaire
- Cellules végétatives haploïdes
- Reproduction sexuée inductible
- 3-4 générations par jour
- Génome entièrement séquencé et annoté (120Mb)
- Méthode de phénotypage à haut débit
→ mesure de la performance pour ~10,000 individus



Damodaran et al., 2015

ÉVOLUTION EXPÉRIMENTALE CHEZ *CHLAMYDOMONAS REINHARDTII*

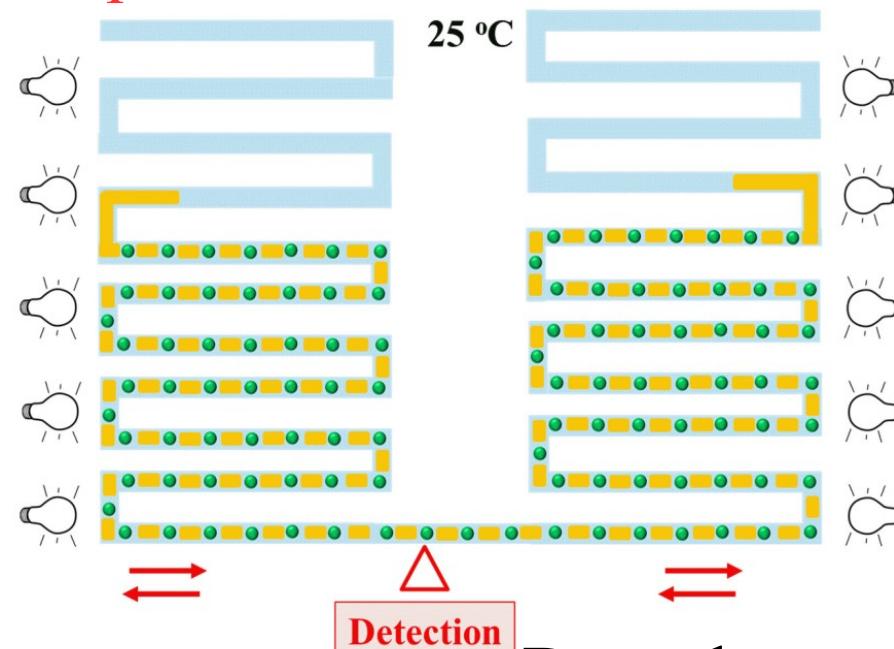
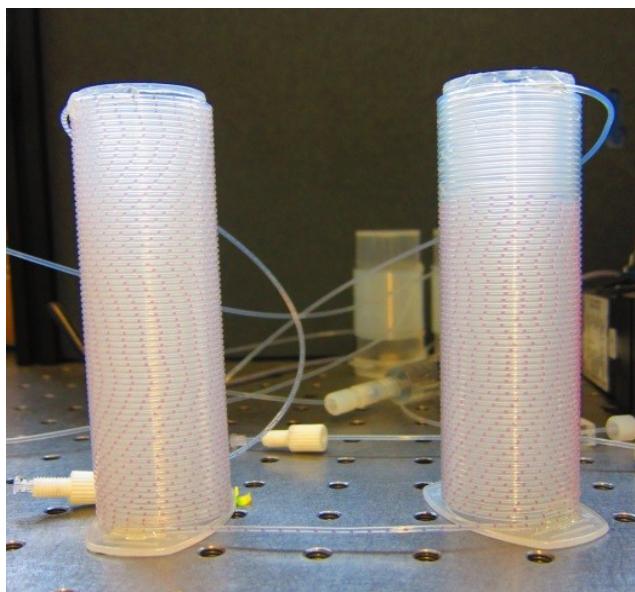
- Algue unicellulaire
- Cellules végétatives haploïdes
- Reproduction sexuée inductible
- 3-4 générations par jour
- Génome entièrement séquencé et annoté (120Mb)
- Méthode de phénotypage à haut débit
→ mesure de la performance pour ~10,000 individus



Damodaran et al., 2015

ÉVOLUTION EXPÉRIMENTALE CHEZ *CHLAMYDOMONAS REINHARDTII*

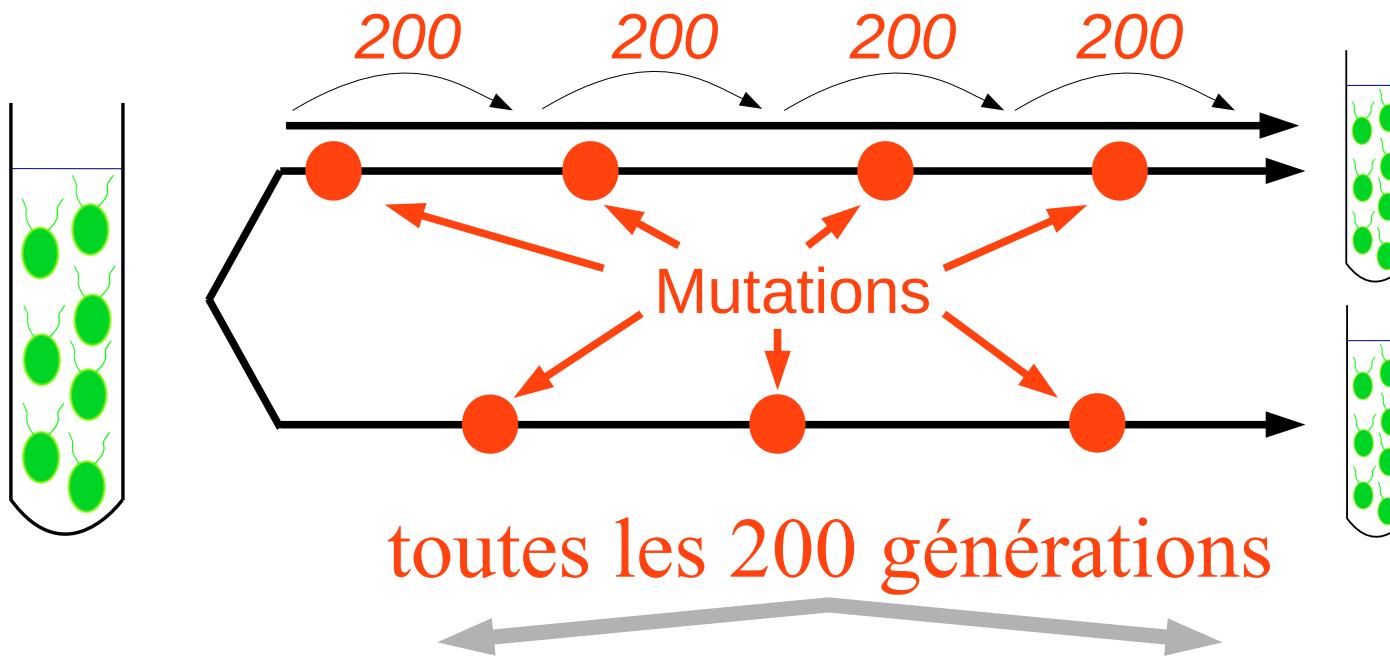
- Algue unicellulaire
- Cellules végétatives haploïdes
- Reproduction sexuée inductible
- 3-4 générations par jour
- Génome entièrement séquencé et annoté (120Mb)
- Méthode de phénotypage à haut débit
→ mesure de la performance pour ~10,000 individus



Damodaran et al., 2015

MESURER LES TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES

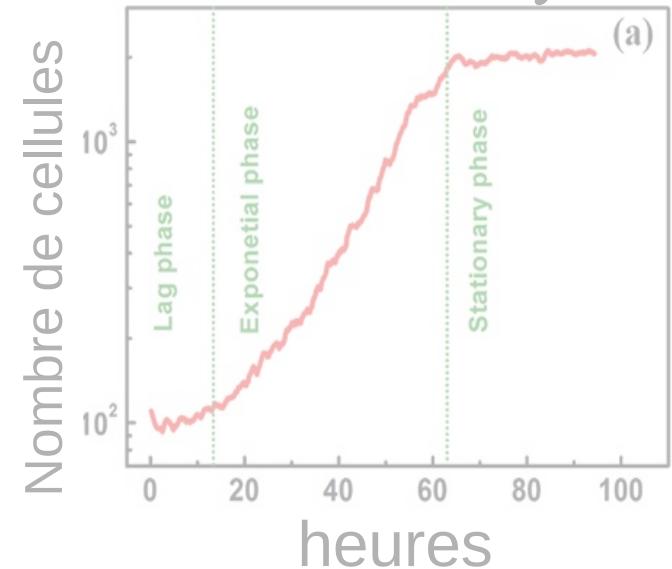
► Évolution de lignées isolées à partir d'une **souche hypermutatrice**



► Re-séquençage des lignées

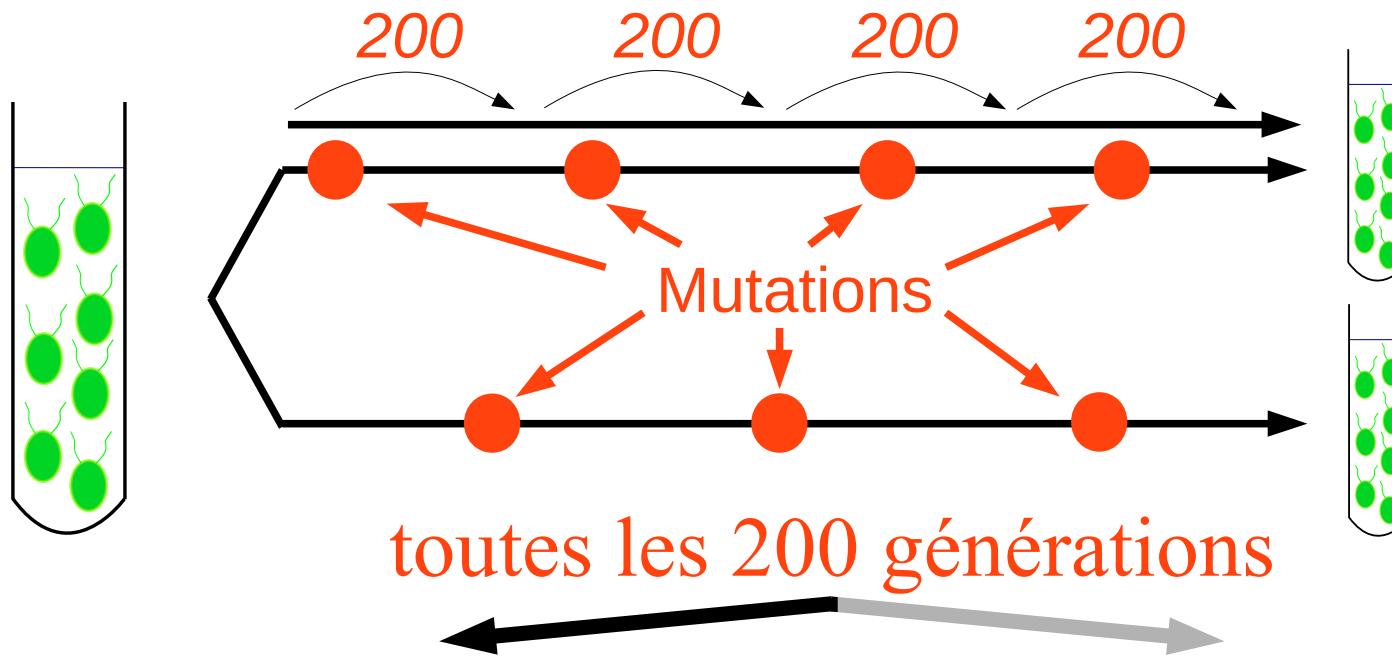


► Performance des hybrides

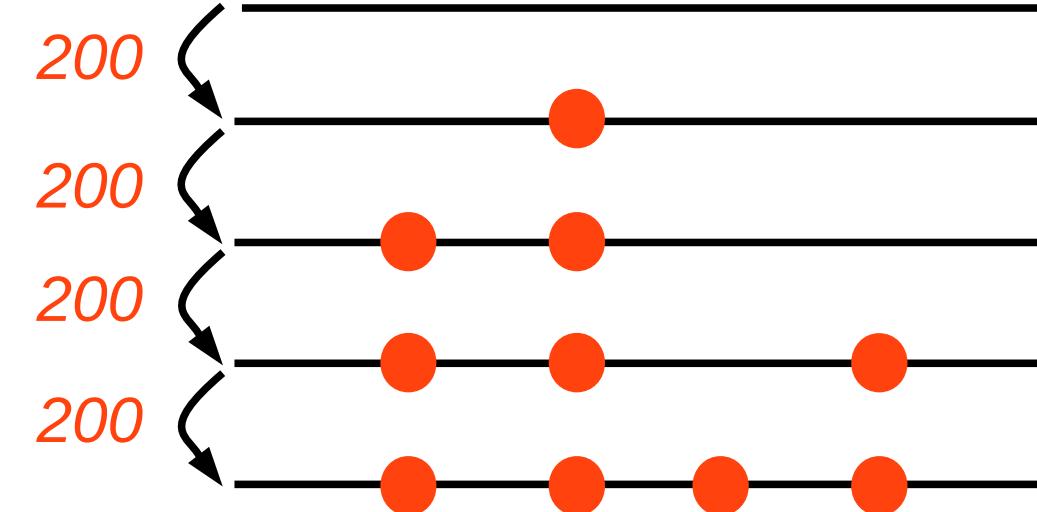


MESURER LES TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES

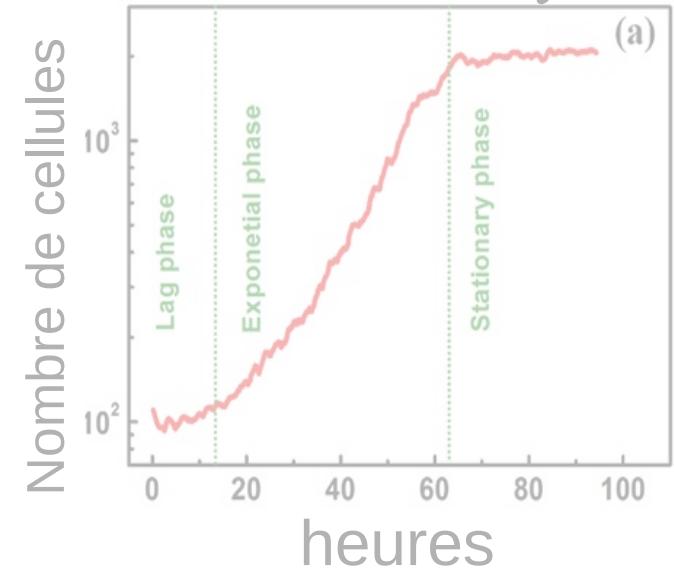
► Évolution de lignées isolées à partir d'une **souche hypermutatrice**



► Re-séquençage des lignées

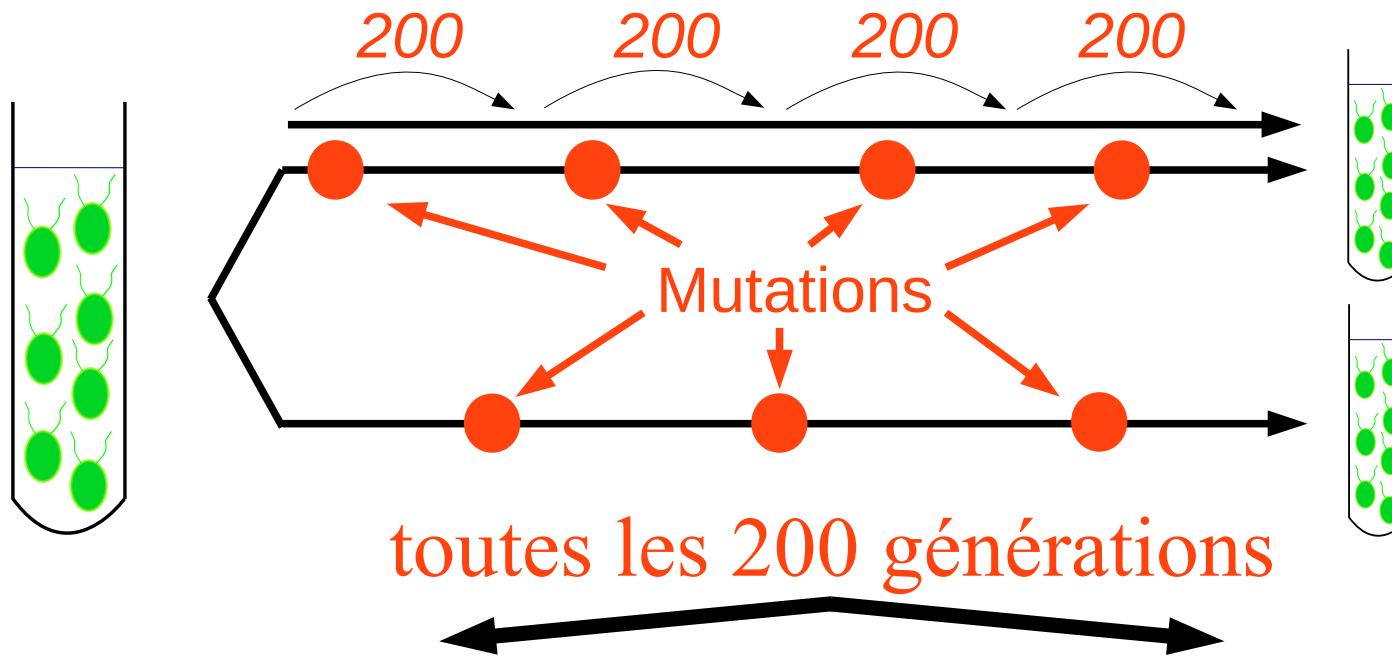


► Performance des hybrides

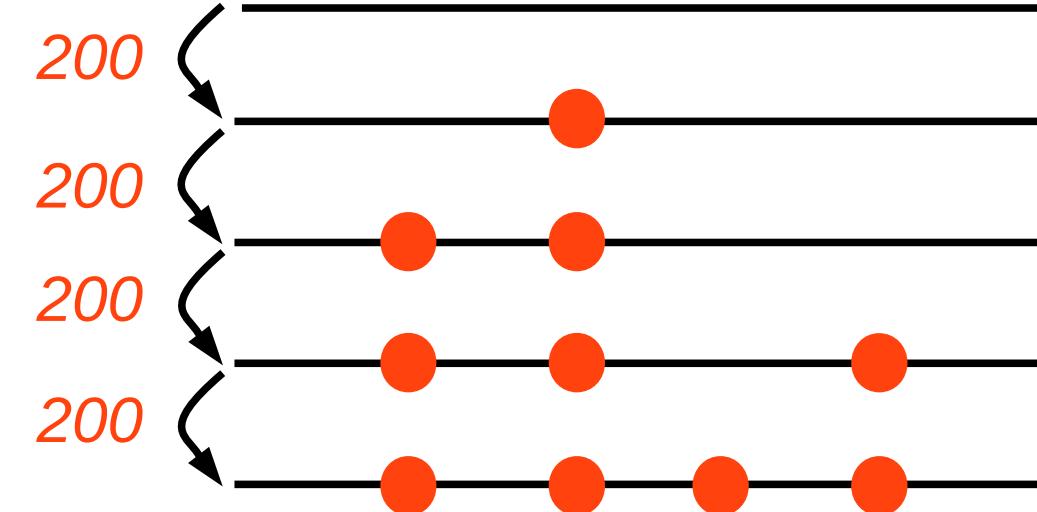


MESURER LES TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES

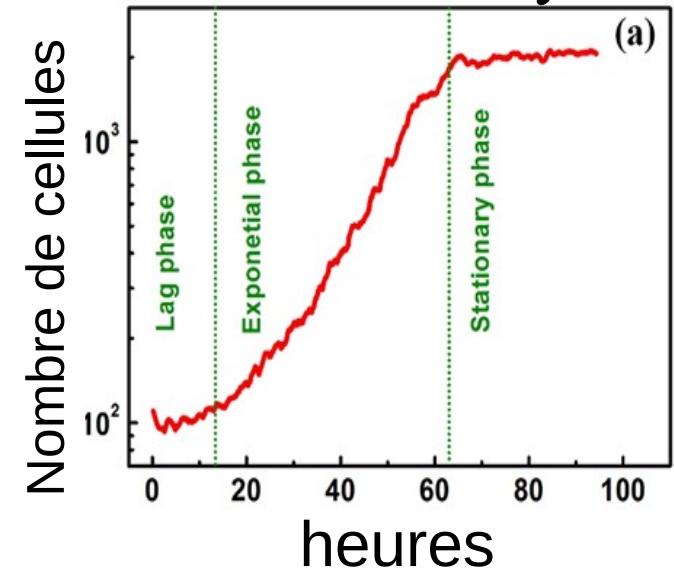
► Évolution de lignées isolées à partir d'une **souche hypermutatrice**



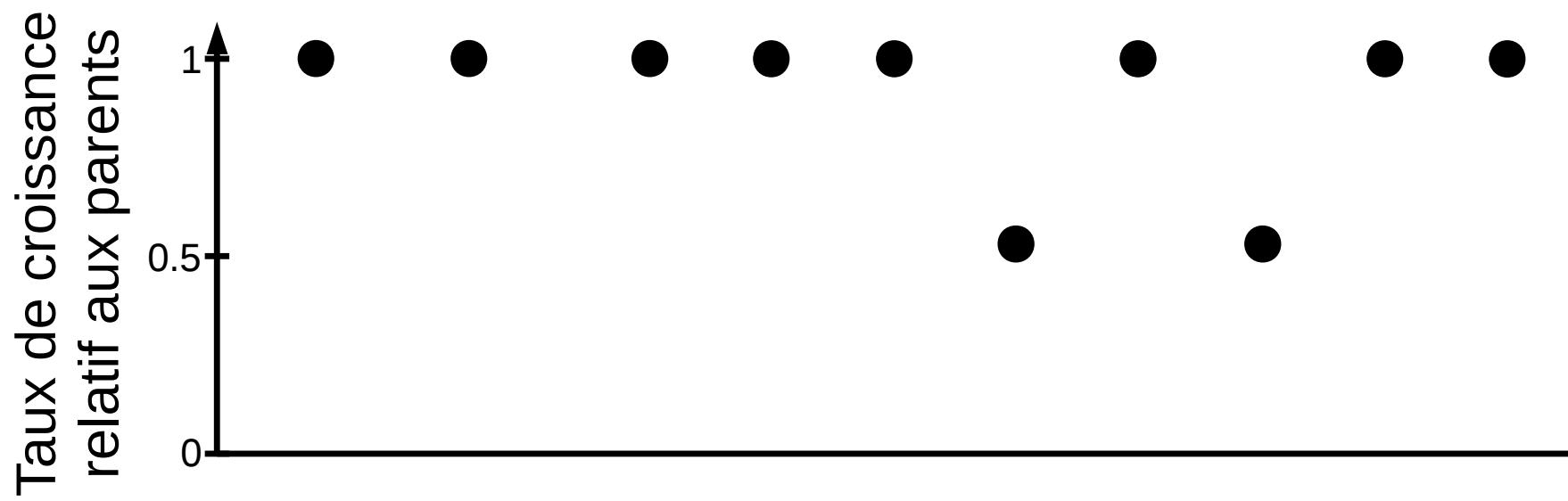
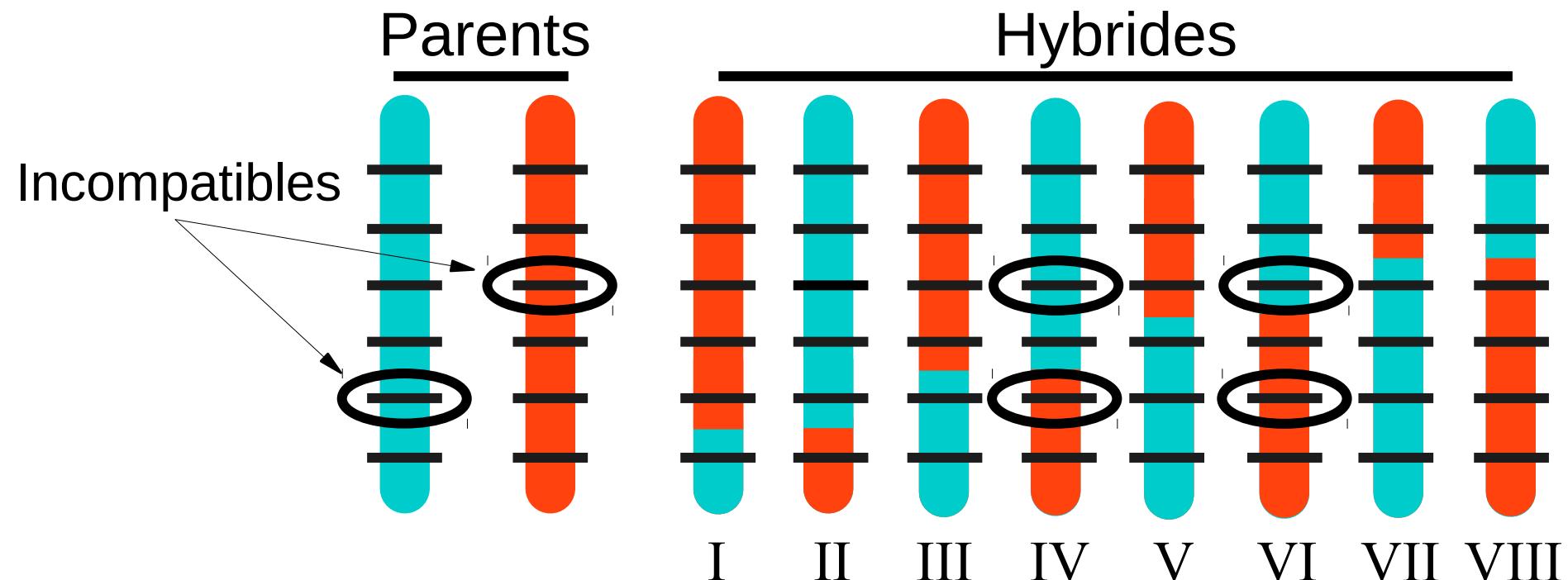
► Re-séquençage des lignées



► Performance des hybrides

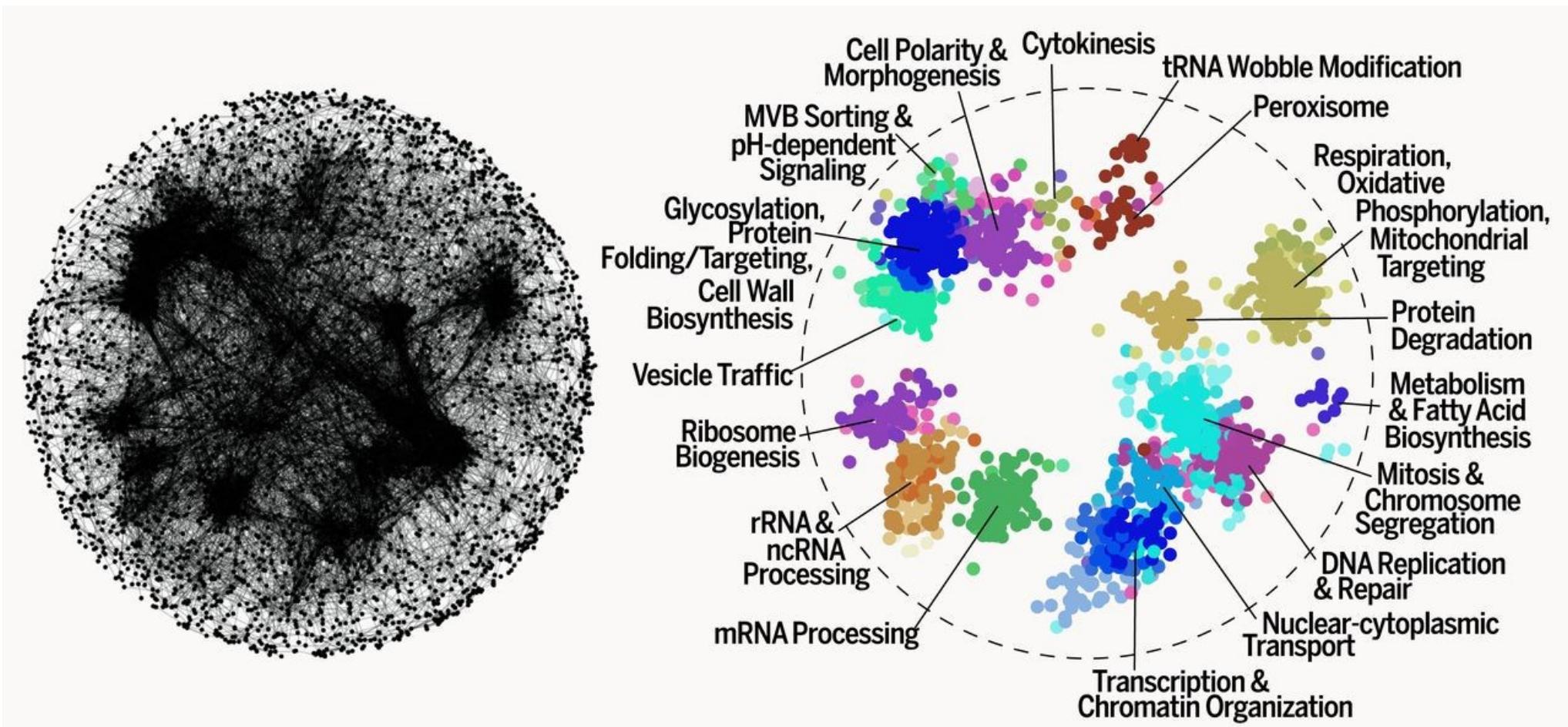


IDENTIFIER LES MUTATIONS CAUSALES DE LA SPÉCIATION



- Tests d'**association** entre les mutations et la performance des hybrides

Positionner les barrières dans les réseaux d'interactions



Est-ce que certaines fonctions sont des **cibles privilégiées** des barrières ?

ENVIRONNEMENT SCIENTIFIQUE

Local

Vincent Castric, DR CNRS-Lille 1 (laboratoire d'accueil)
Xavier Vekemans, professeur Lille 1 (laboratoire d'accueil)
Steven Ball, professeur Lille 1

National

Francis-André Wollman, DR CNRS-UPMC
Nicolas Bierne, DR CNRS-Montpellier 2

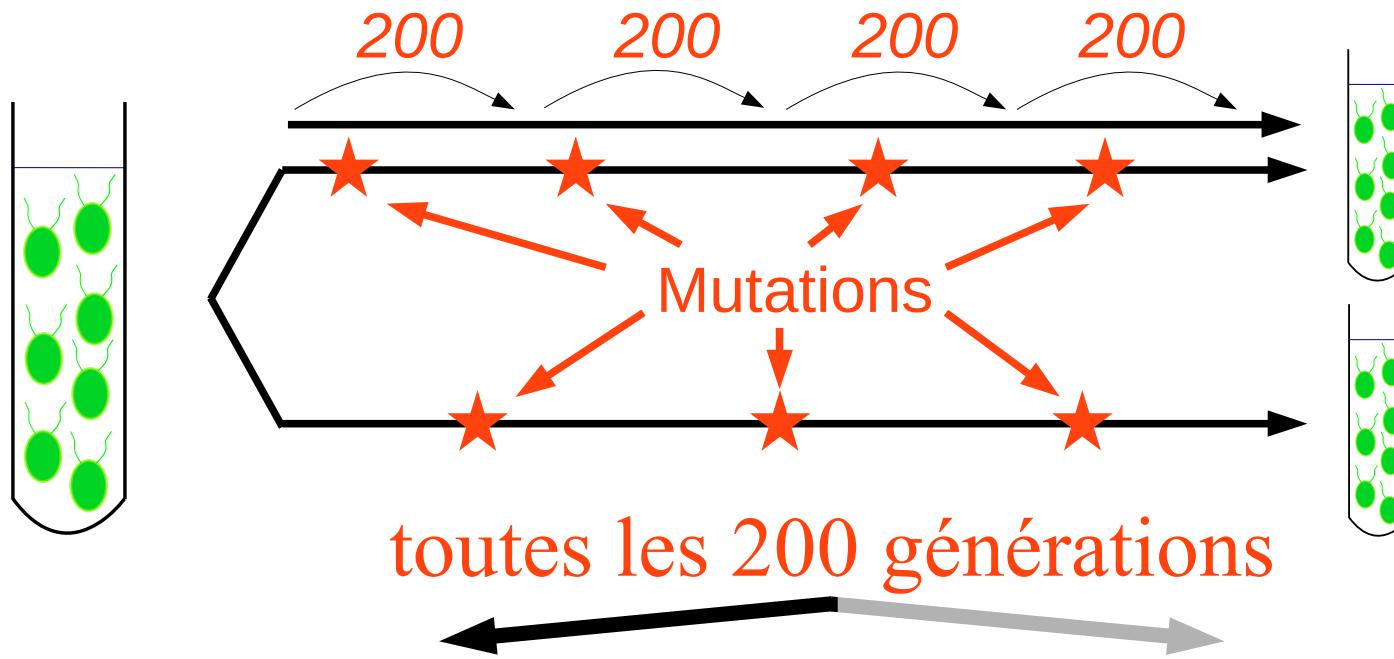
International

John Welch, PI Cambridge (UK)
Peter Keightley, PI Edinburgh (UK)

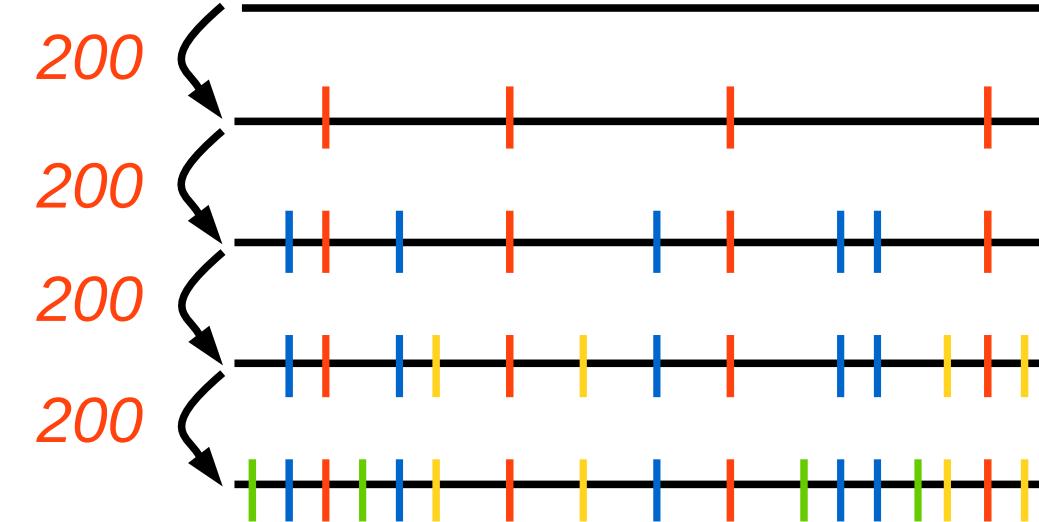


MESURER LES TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES

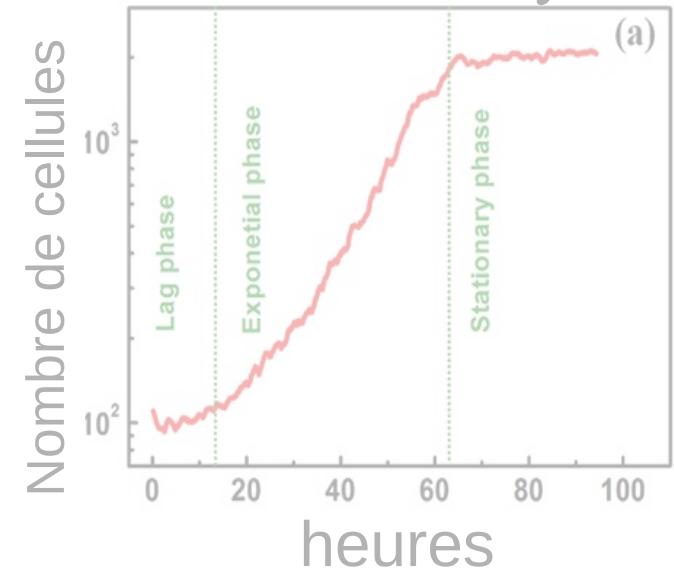
► Évolution de lignées isolées à partir d'une **souche hypermutatrice**



► Re-séquençage des lignées

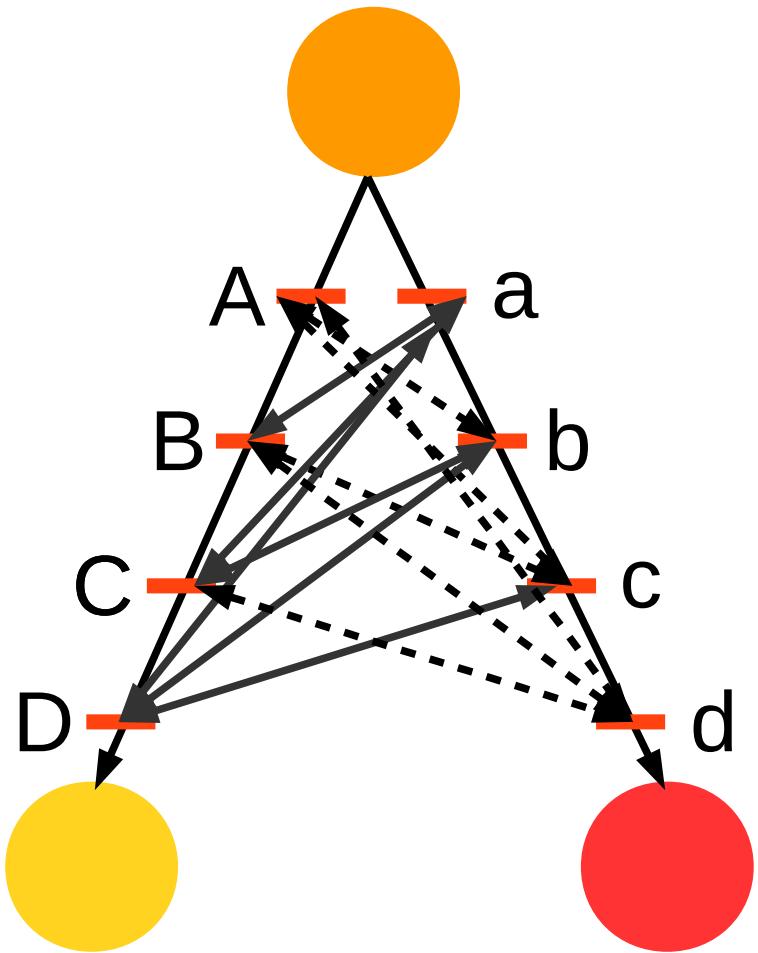


► Performance des hybrides



MODÈLE D'ÉVOLUTION DES BARRIÈRES

Quels gènes deviennent des barrières entre espèces ?



. $d = 2$

.Nouvelles interactions possibles : Ab et aB

.Probabilité p que chaque interaction soit incompatible

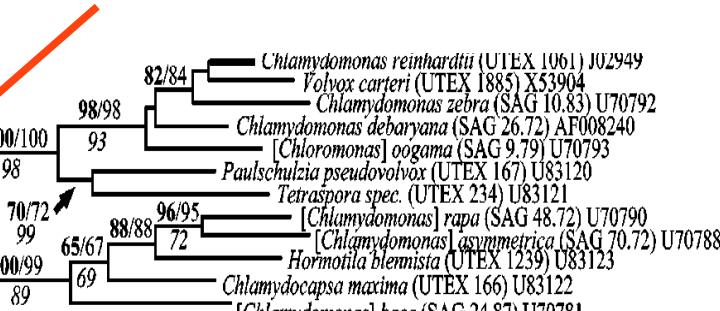
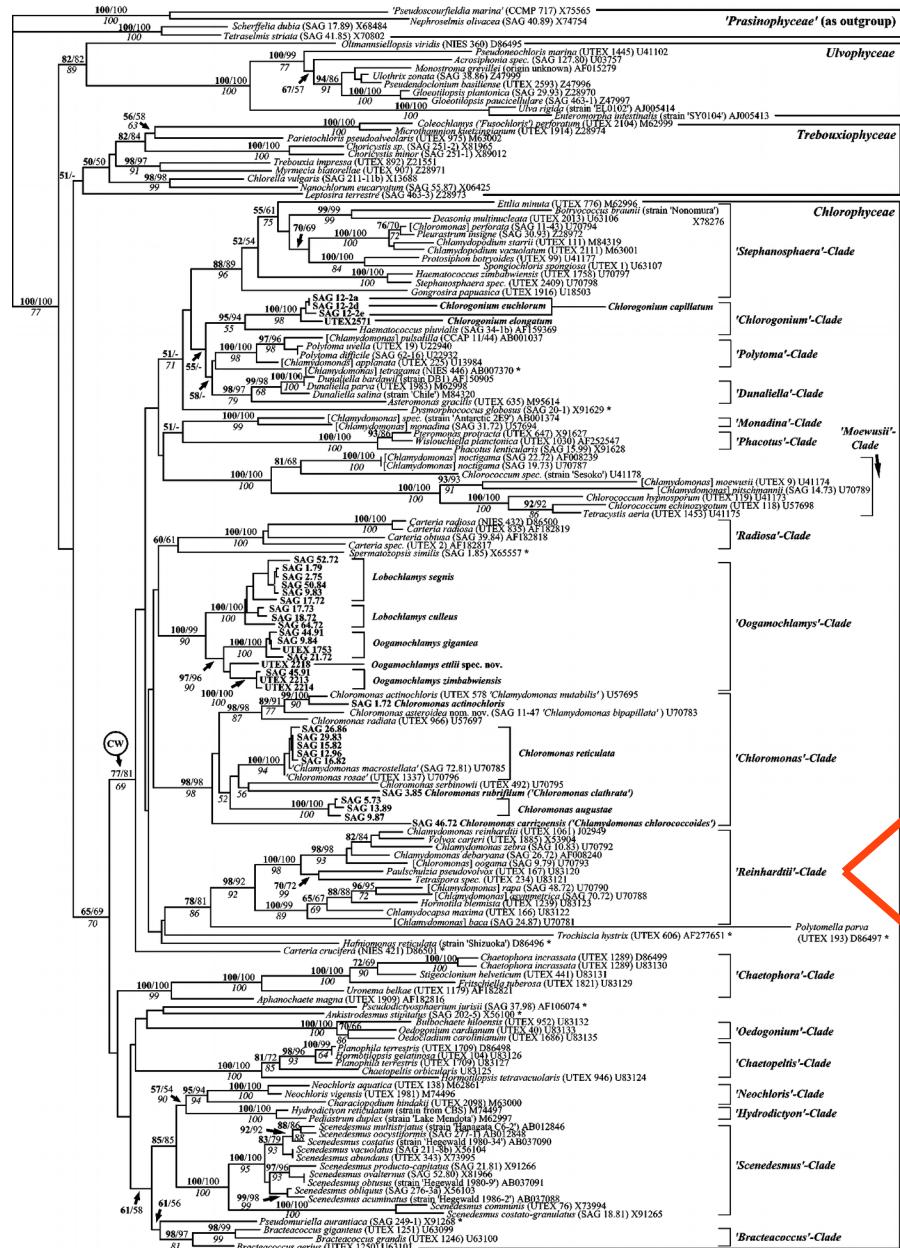
. $d = 3$

.Interactions possibles : Ab, aB, Ac, ..., cD

$$E[I_{d,n}] = p \cdot \binom{d}{n}$$

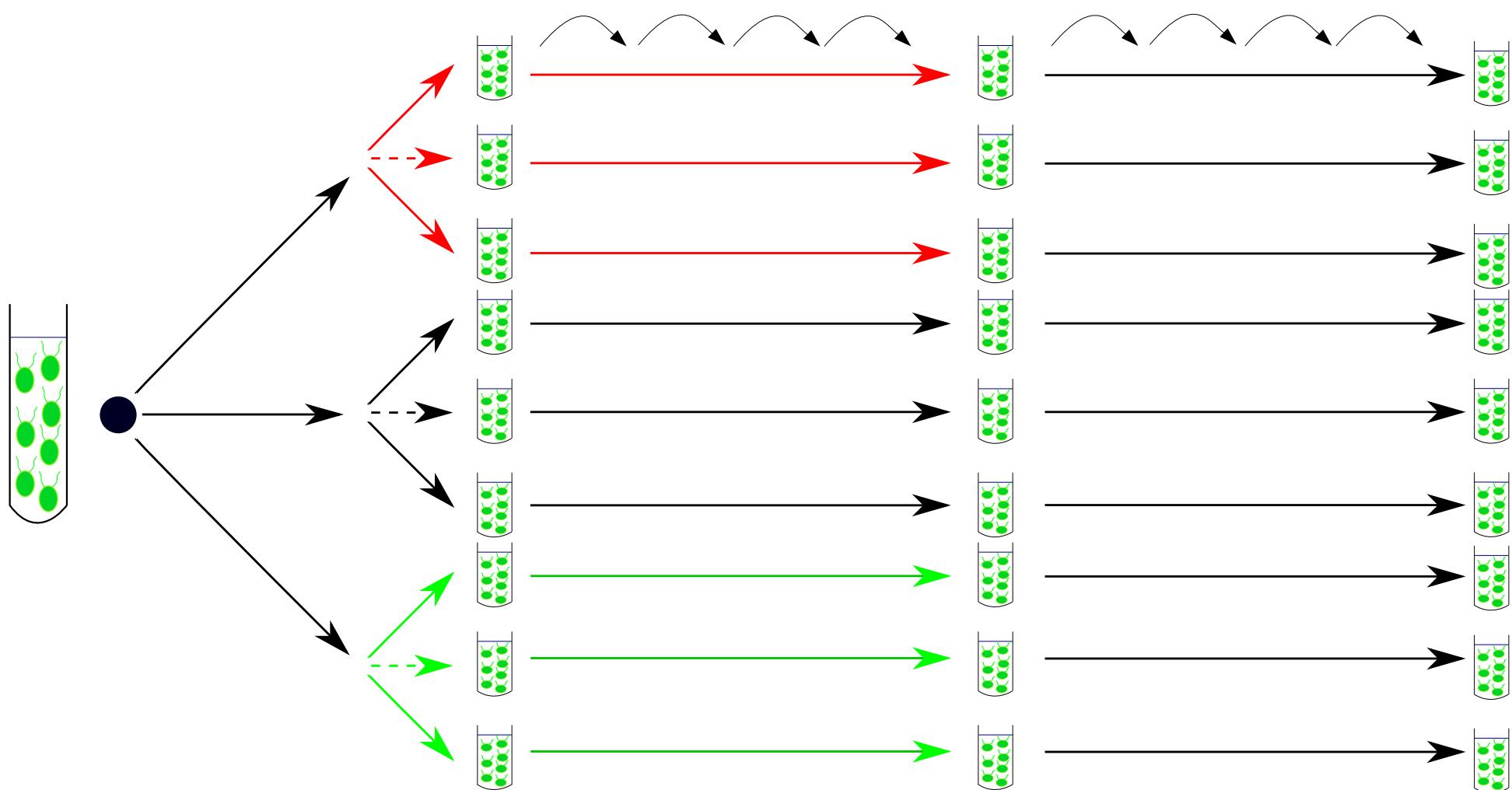
$$E[I_{d,2}] = p \cdot \frac{d \cdot (d-1)}{2} \approx p \cdot \frac{d^2}{2}$$

PHYLOGÉNIE DES CHLOROPHYTES



0.005 changes

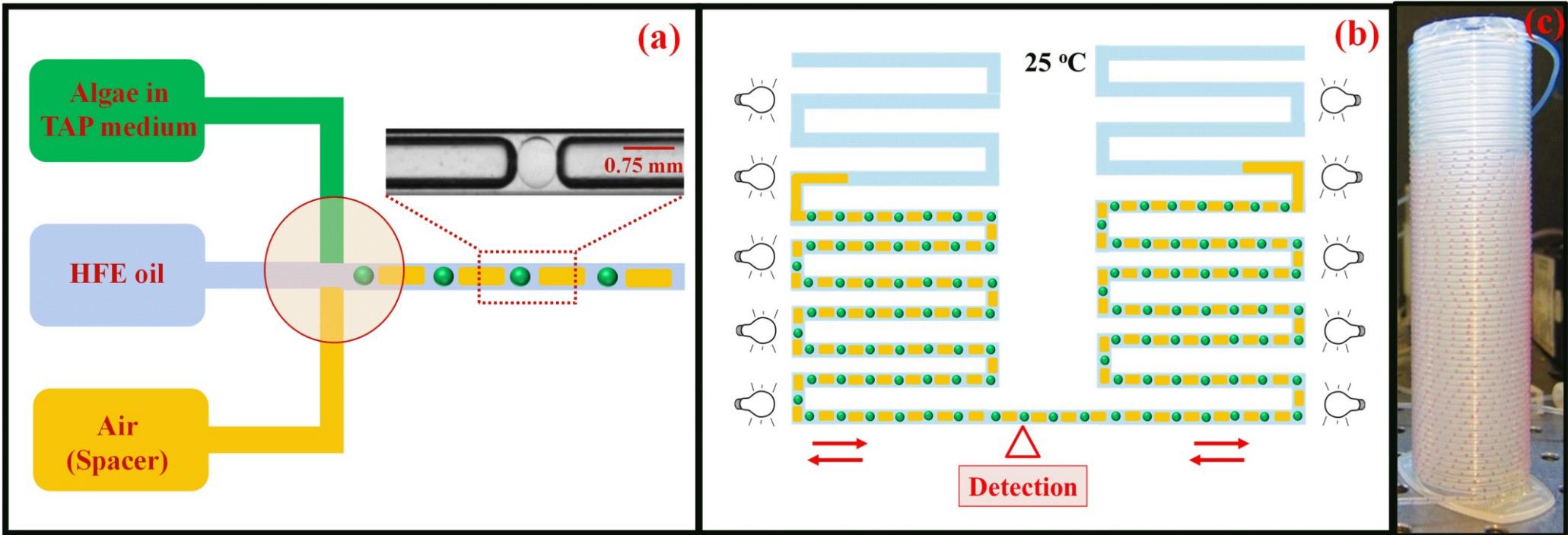
EFFET DES PROCESSUS ADAPTATIFS



Hétérotrophie

Mixotrophie

Autotrophie



Taille des gouttes : 600 µm - Volume : 150 nL

Les gouttes sont générées par des pompes/seringues de haute précision

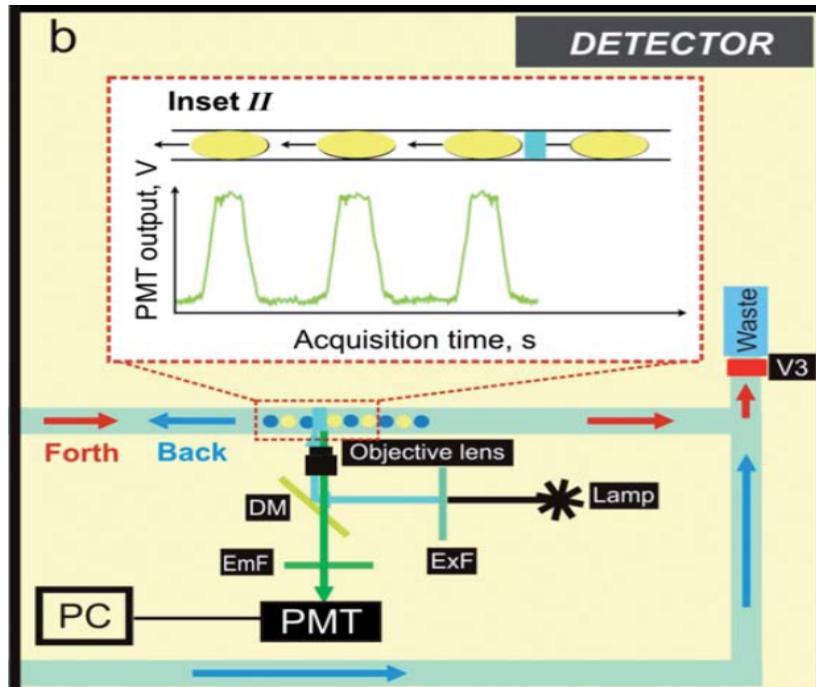
- pas ou très peu de variabilité de la taille/volume des gouttes
- milieu de remplissage uniforme dans chaque goutte

Air Spacers :

- Isolent chimiquement chaque goutte d'une autre
- Chaque goutte est un bioréacteur indépendant
- Contiennent O₂ et CO₂ qui peuvent diffuser librement vers les gouttes (respiration/photosynthèse)

Agitation des gouttes par mouvement du train

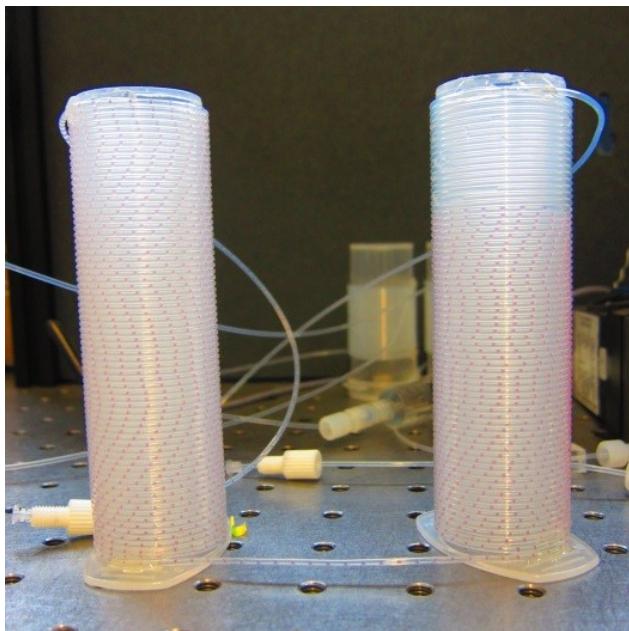
Détection des cellules par fluorescence



→ Le train de milligouttes avance d'une spirale
à l'autre, puis revient en arrière

→ Le point de détection est fixe

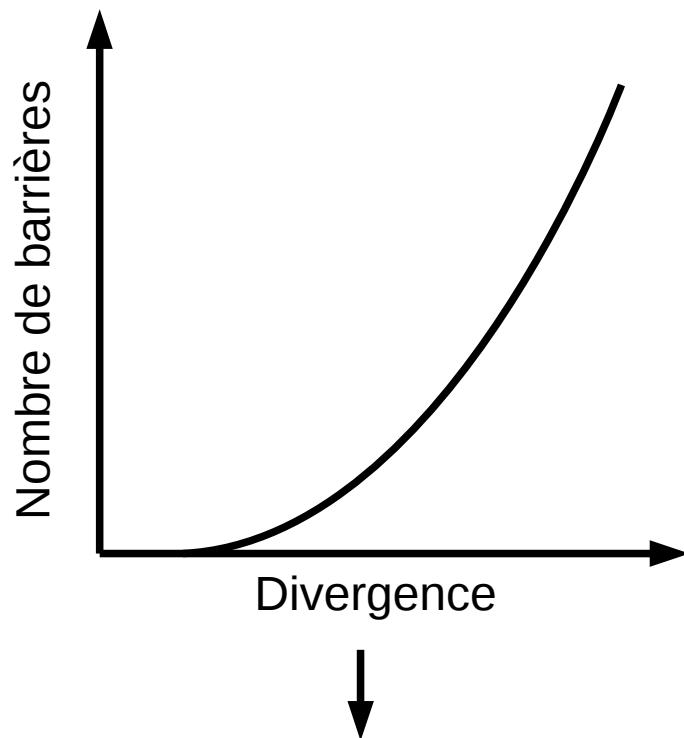
Les gouttes sont déplacées par injection de phase
continue aux bords du trains



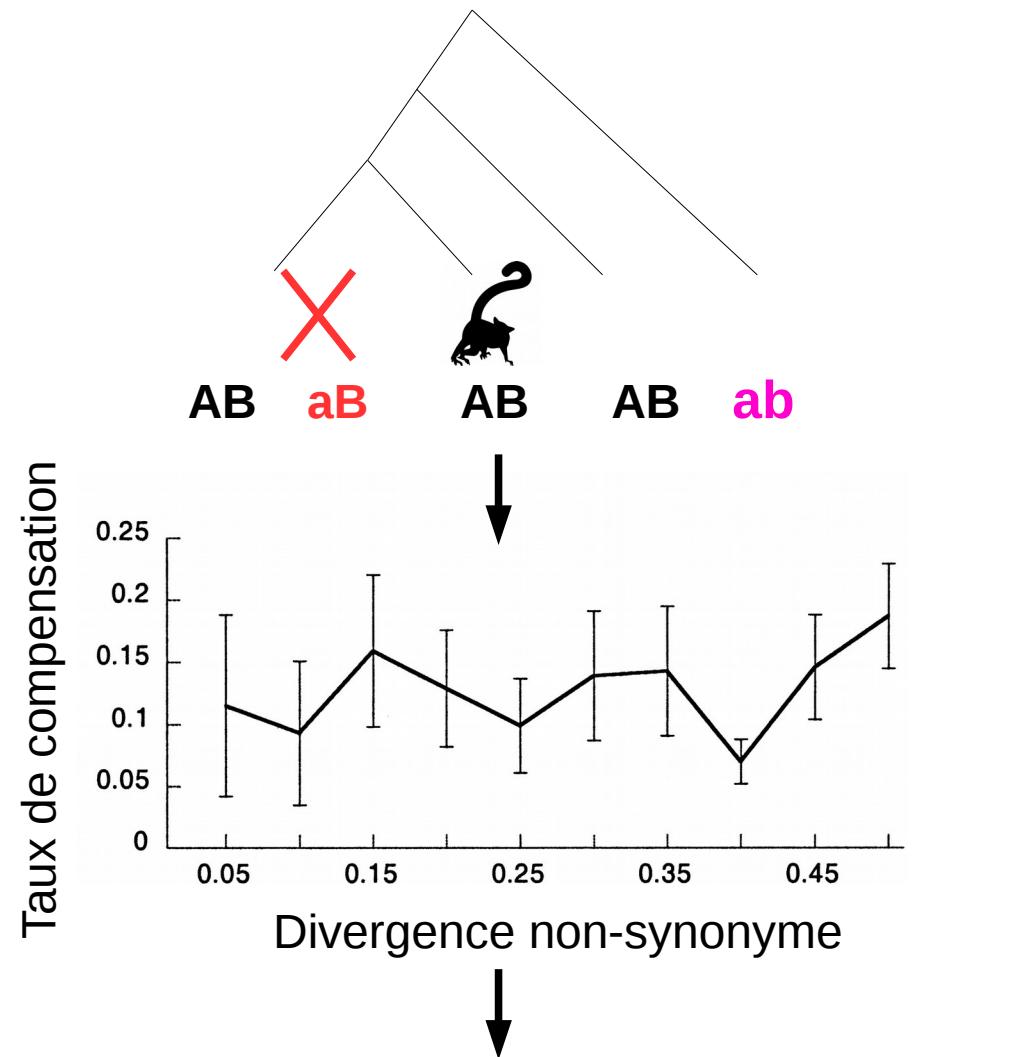
Détection de la fluorescence
de gouttes individuelles
Excitation : LED bleue de 470 nm
Emission de fluorescence à 660/682 nm

La fluorescence de chaque goutte peut être
individuellement enregistrée sur environ 140
heures

TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES D'ESPÈCES



Effet « boule de neige »

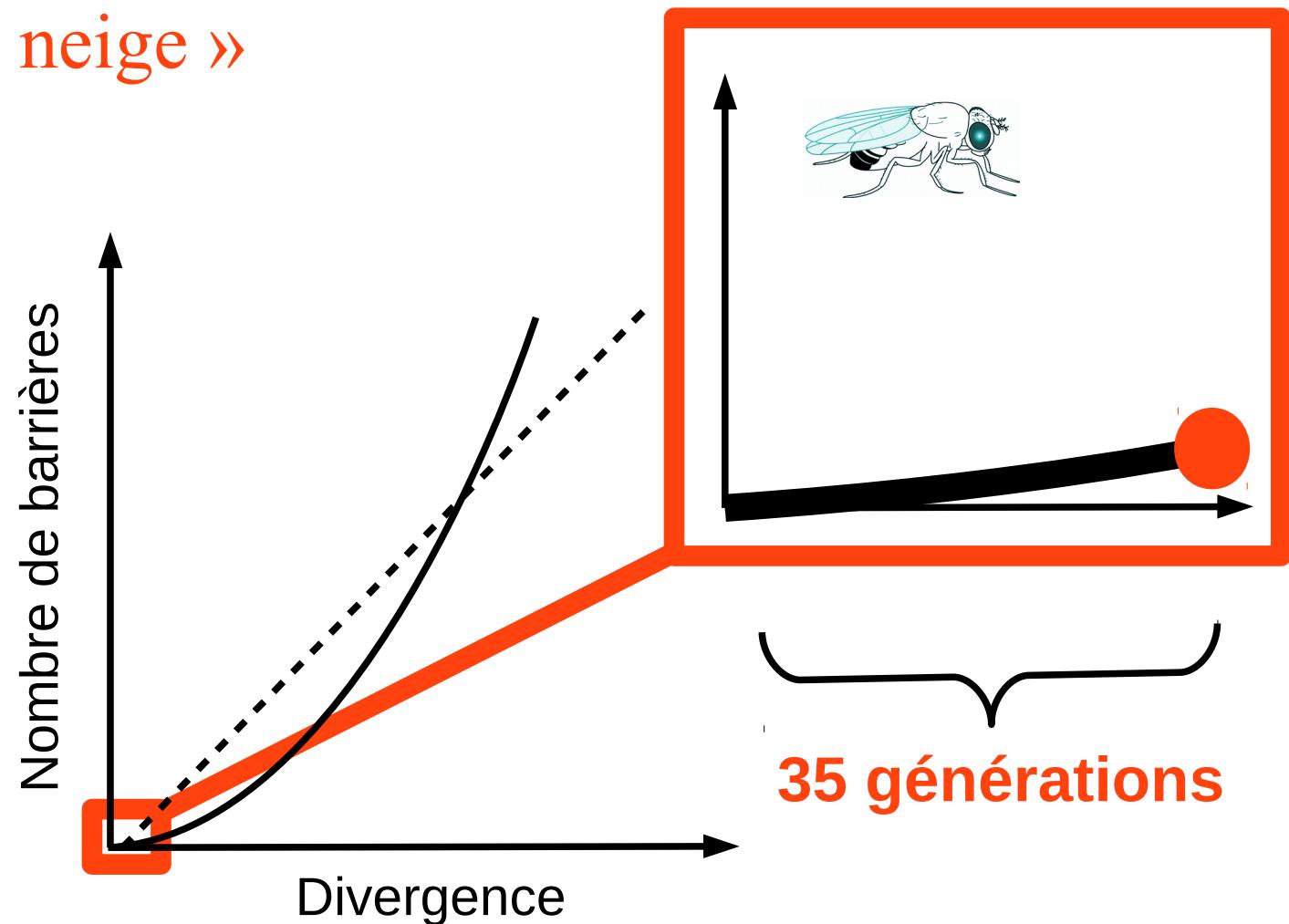


Probabilité qu'une mutation devienne une barrière ne dépend pas de la divergence

Mesurer en « temps réel » l'apparition des barrières

TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES D'ESPÈCES

Effet « boule de neige »

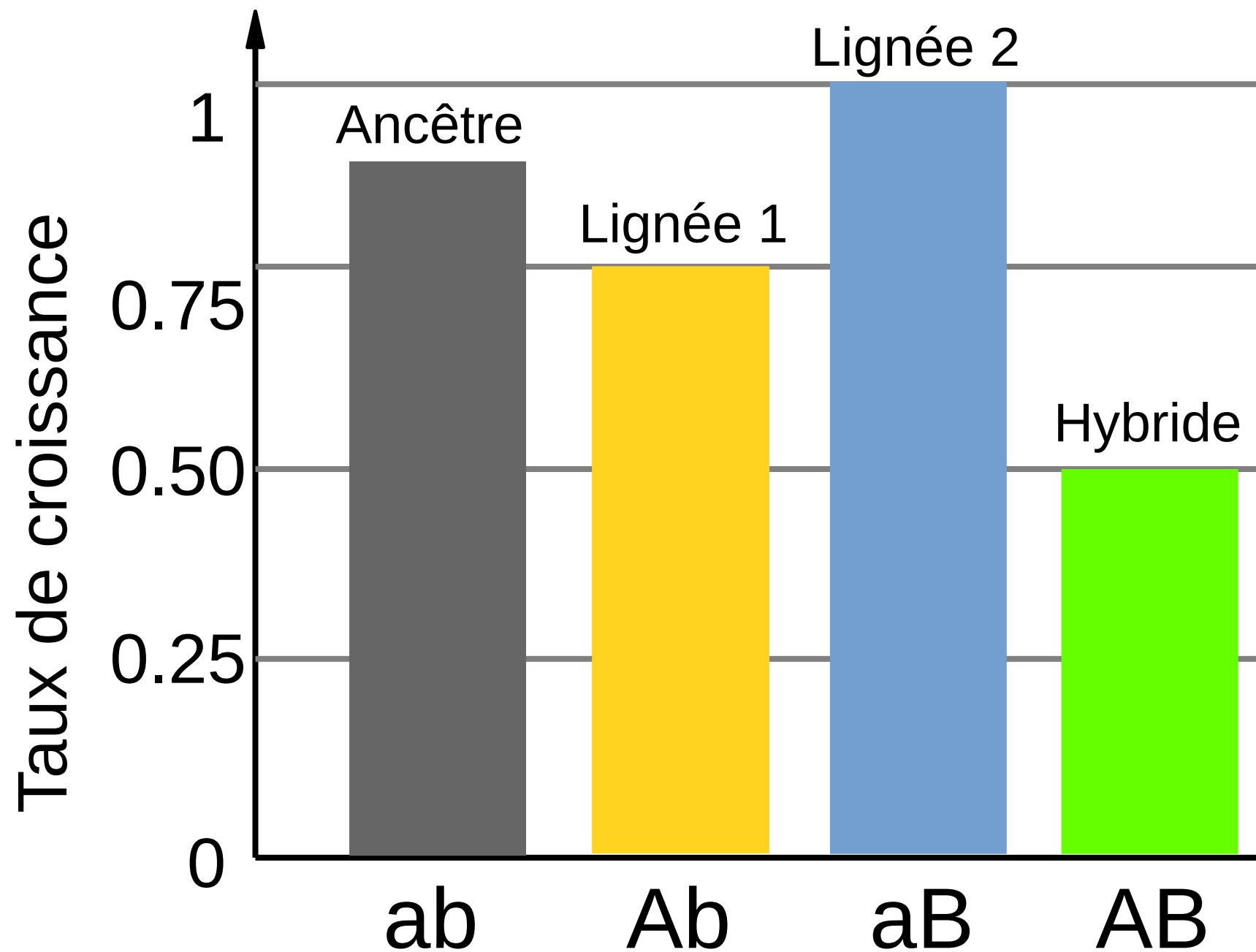


Barrières **pré-zygotiques** rapides

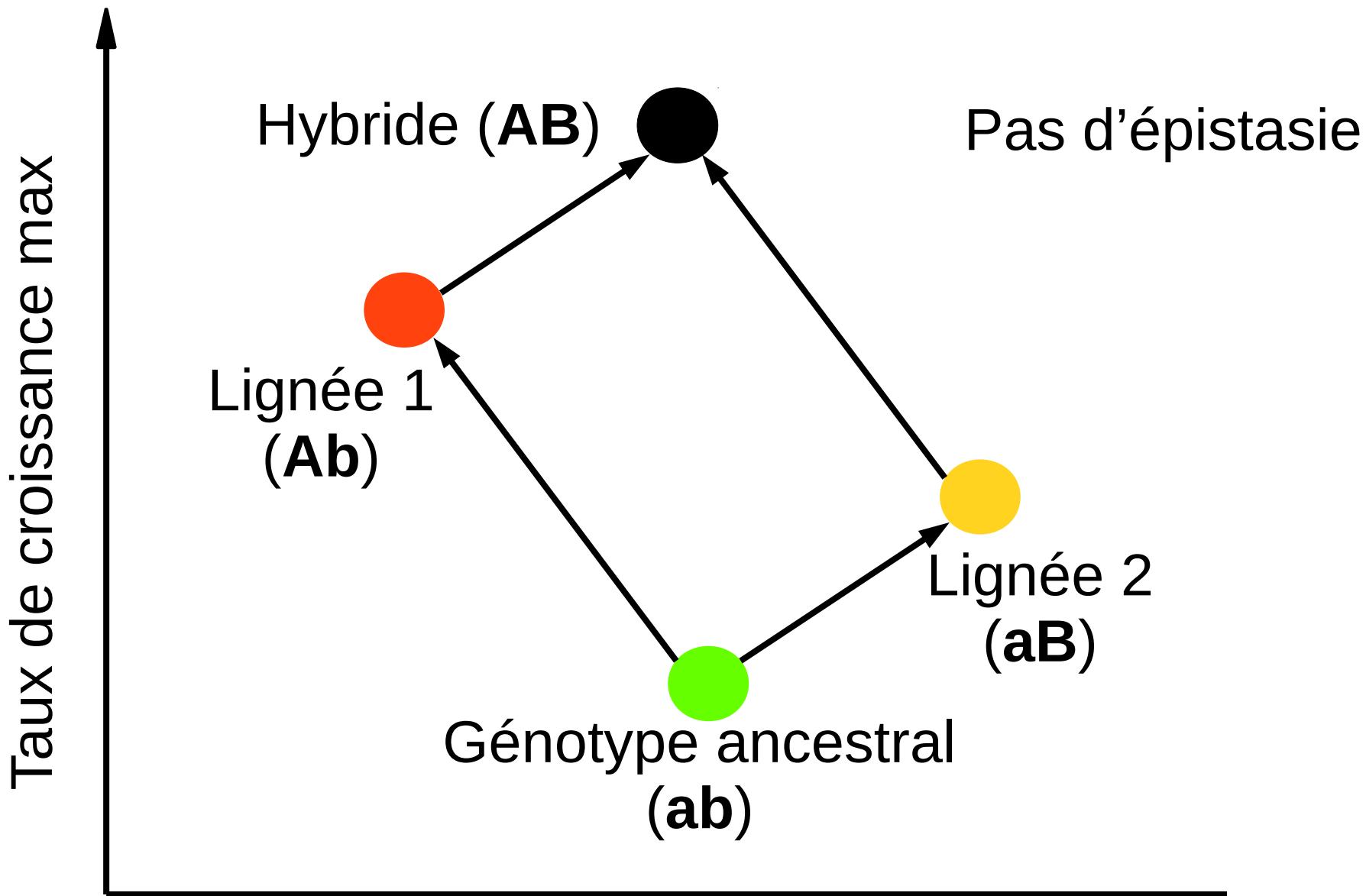
Ne cherche pas les bases génétiques des barrières

Dodd (1989)

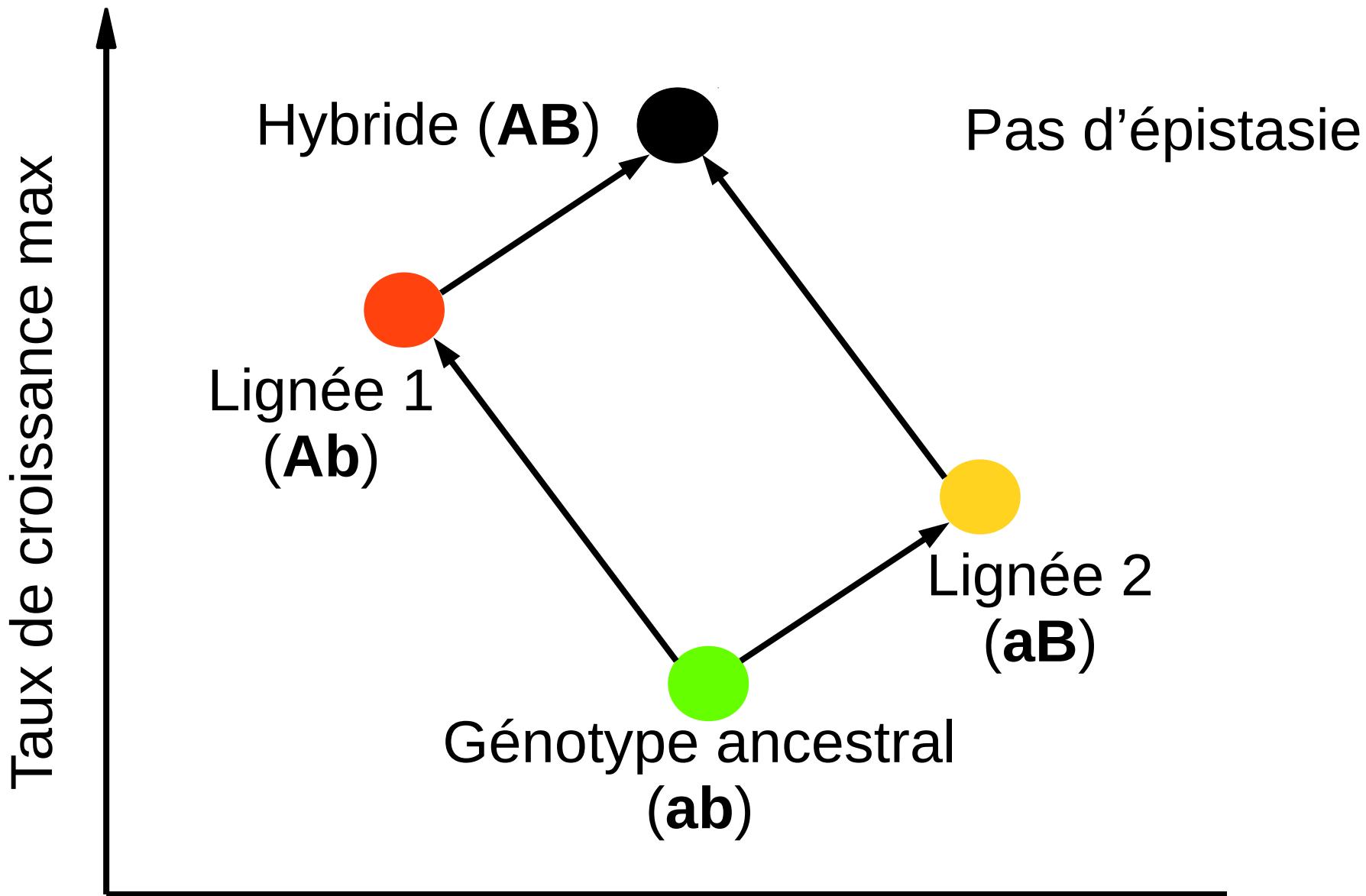
IDENTIFIER LES MUTATIONS CAUSALES DE LA SPÉCIATION



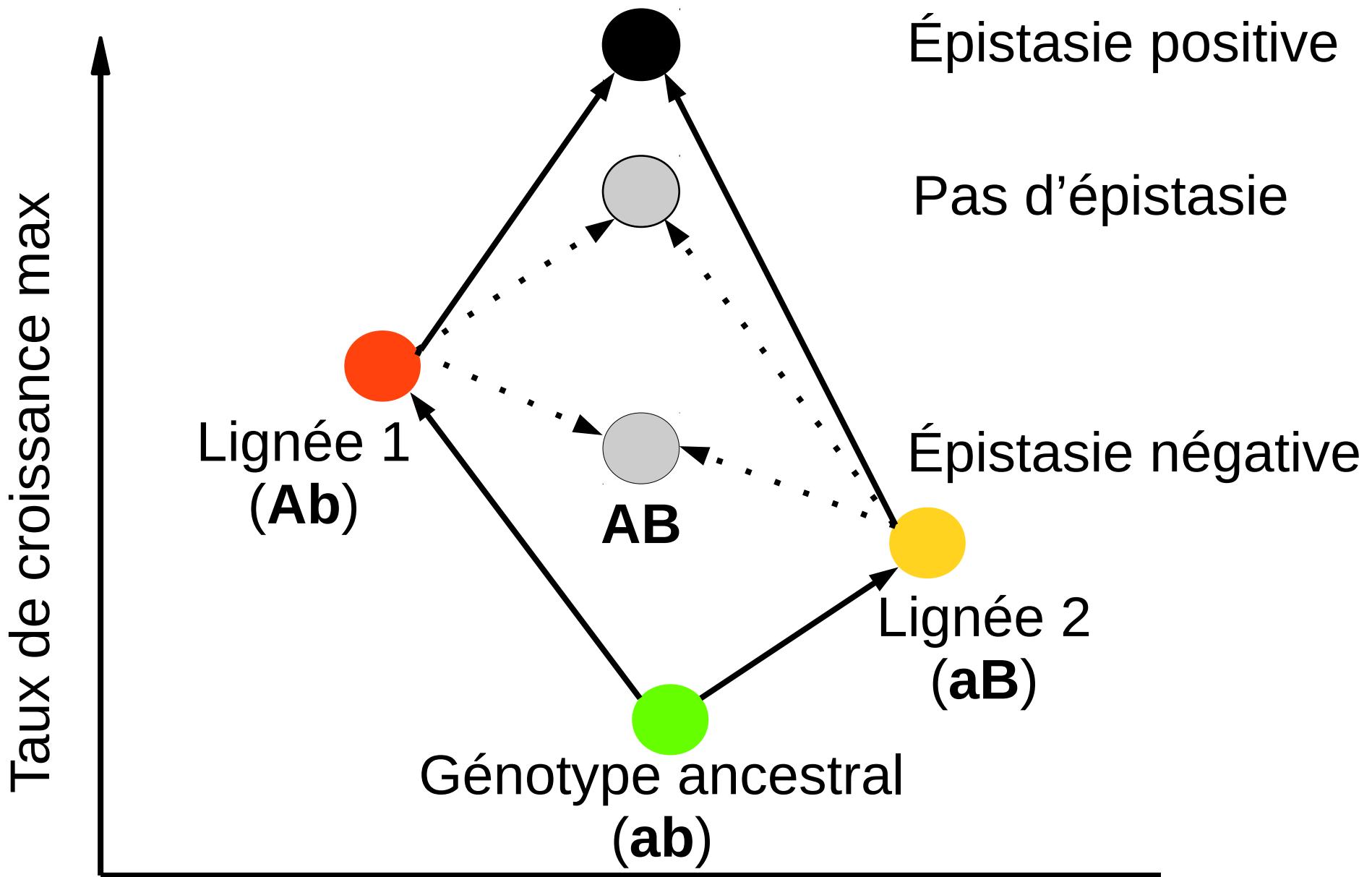
IDENTIFIER LES MUTATIONS CAUSALES DE LA SPÉCIATION



IDENTIFIER LES MUTATIONS CAUSALES DE LA SPÉCIATION



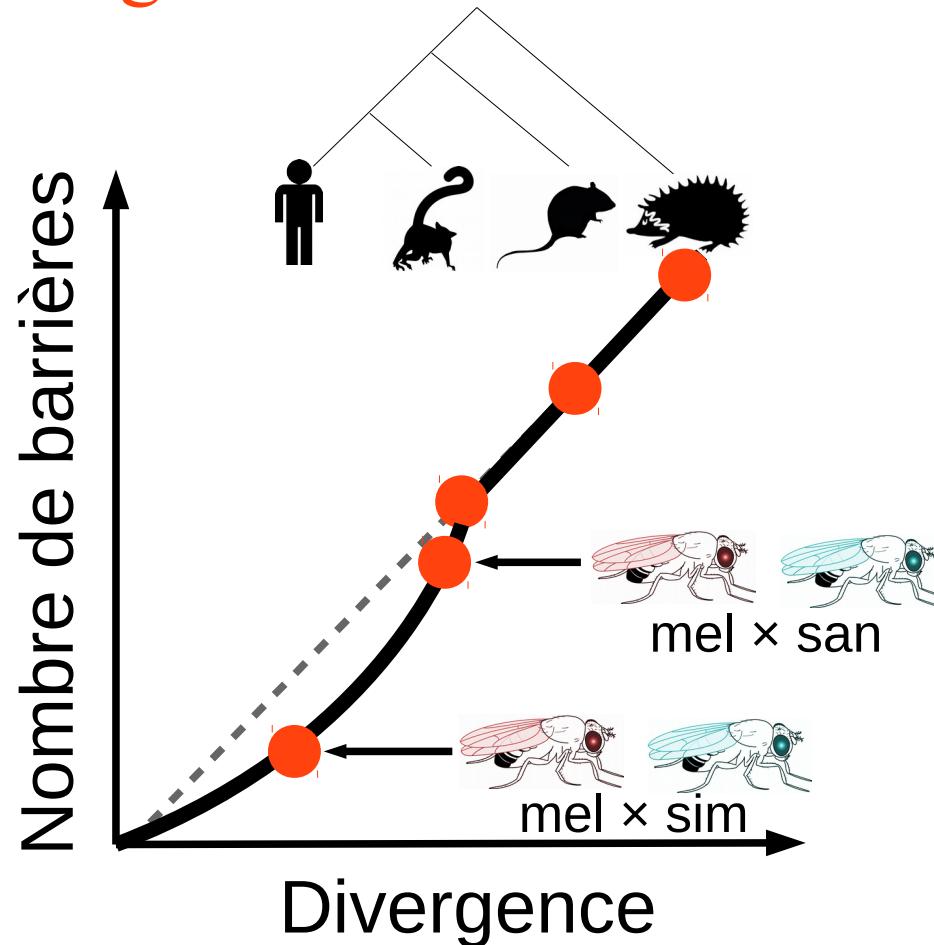
IDENTIFIER LES MUTATIONS CAUSALES DE LA SPÉCIATION



Tests d'**association** entre les mutations et la performance des hybrides

TAUX D'ACCUMULATION DES BARRIÈRES D'ESPÈCES

Effet « boule de neige » ?



Plusieurs phases de divergence avec variation du taux

IDENTIFIER LES MUTATIONS CAUSALES DE LA SPÉCIATION

