

Université de Liège,  
Faculté des sciences,  
Département de biologie, écologie et évolution,  
Unité de biologie de l'évolution et de la conservation (E. Sérusiaux)

Université  
de Liège

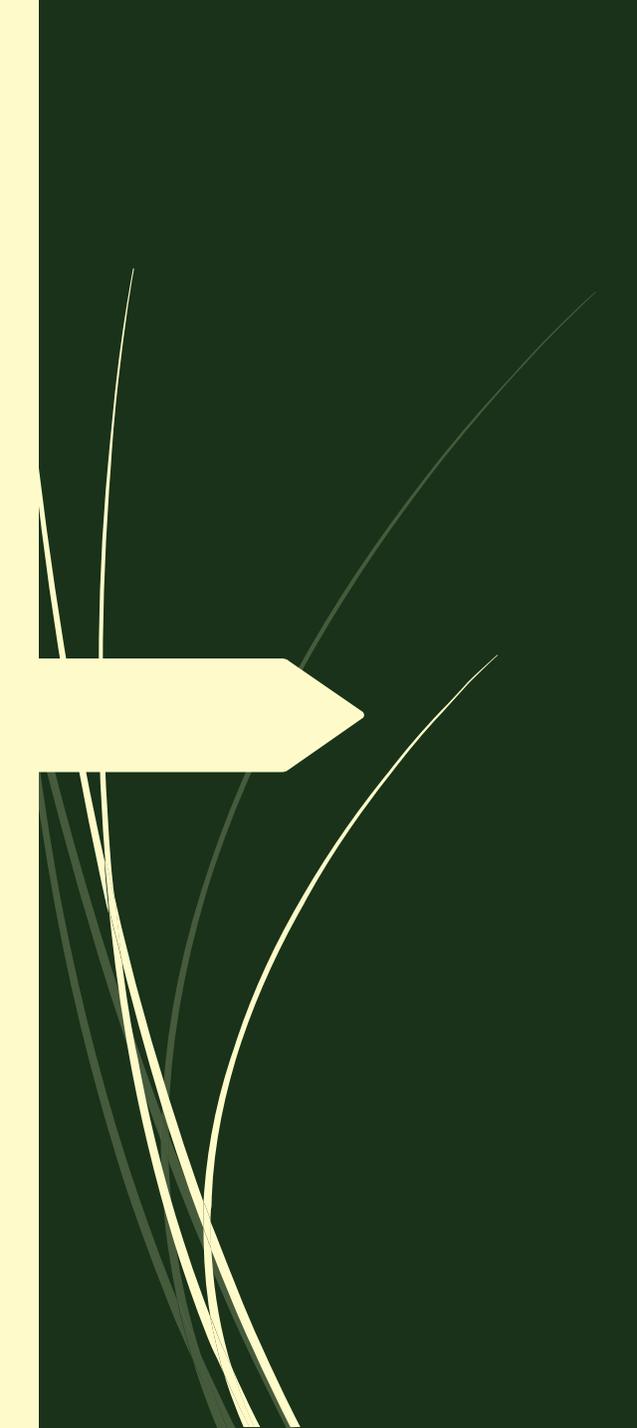


# Analyse de la biogéographie historique du dernier maximum glaciaire des bryophytes d'Europe tempérée à travers les statistiques bayésiennes approximées

---

Juin 2015

Mémoire défendu par Alice Ledent  
Dans le but d'obtenir le grade de Master en Biologie des Organismes et Écologie  
Promoteur : Alain Vanderpoorten ; Co-promoteur : Jairo Patiño



# Introduction

- Impact du réchauffement climatique sur la répartition des espèces ?
  - Etude des changements climatiques passés
    - (Petit *et al.*, 2005)
- Répartition actuelle des espèces ?
  - Périodes glaciaires du « Quaternaire »
    - dernier maximum glaciaire (26 000 - 19 000 ans) = le plus virulent
      - (Hewitt, 1996, 1999, 2000)
- Europe : 2 hypothèses biogéographiques

- Animaux : hypothèse des refuges Sud
  - Survie possible dans 52 refuges méditerranéens identifiés via diversité génétique



Refuges méditerranéens (Médail & Diadema, 2009)

- Recolonisation lente des régions tempérées depuis ceux-ci
  - (Hewitt, 1996, 1999, 2000)

- Animaux : hypothèse des refuges Sud
  - Survie possible dans 52 refuges méditerranéens identifiés via diversité génétique
  - Recolonisation lente des régions tempérées depuis ceux-ci
    - (Hewitt, 1996, 1999, 2000)
- Angiospermes : hypothèse des microrefuges nordiques
  - Méditerranée isolée au vu de la divergence génétique entre régions méditerranéenne et extra-méditerranéennes
  - Survie possible dans des microrefuges du nord de l'Europe
  - Recolonisation des régions tempérées depuis ceux-ci
    - (Petit *et al.*, 2003, 2005)

- Particularités des bryophytes
  - Poïkilohydrie



- Particularités des bryophytes
  - Poïkilohydrie
  - Capacités de dispersion à longue distance



→ **Organismes modèles pour l'étude des changements climatiques**

- Particularités des bryophytes
  - Poïkilohydrie
  - Capacités de dispersion à longue distance
- Capacités dispersives
  - Migrations transocéaniques
  - Recrutements d'individus extra-européens
    - D'Amérique du Nord et de Macaronésie
    - Structuration Est-Ouest de l'Europe
      - Nouvelles hypothèses biogéographiques

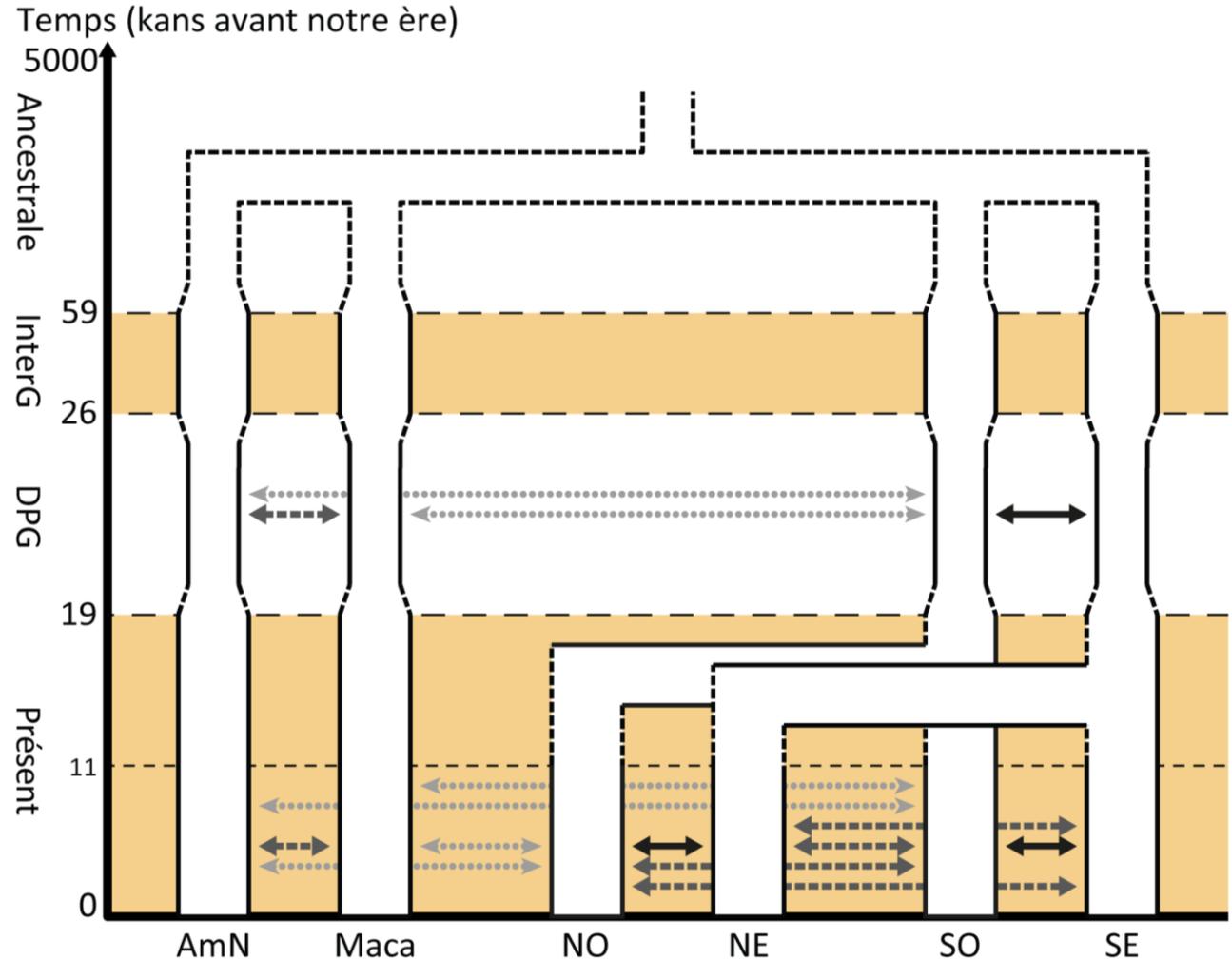
# Objectifs

- Evaluer, en Europe, l'impact du dernier maximum glaciaire sur la répartition des bryophytes tempérées à travers les statistiques bayésiennes approximées
- Plus spécifiquement,
  - Déterminer s'il existe différents scénarios évolutifs qui conduisent à la distribution tempérée telle qu'observée actuellement
  - Contraster les hypothèses biogéographiques suivantes :

# Hypothèse des refuges Sud (scénario 1)

## Introduction

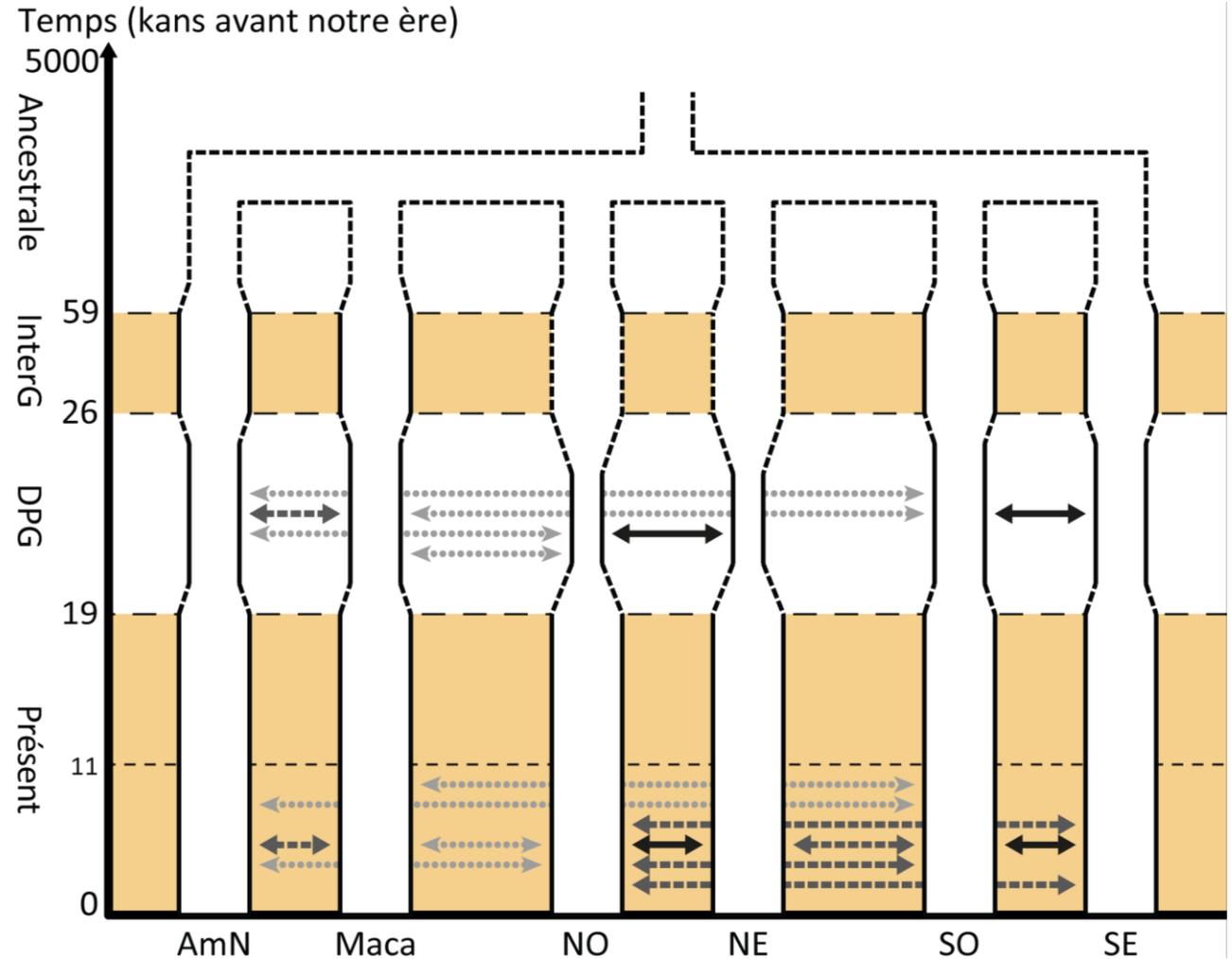
- Structuration Nord-Sud
- Pas de survie dans les régions extraméditerranéennes
- Survie dans des refuges méditerranéens
  - Recolonisation des régions tempérées depuis ceux-ci
- Migrations faibles entre l'ouest de l'Europe et, l'Amérique du Nord et la Macaronésie



# Hypothèse des microrefuges nordiques (scénario 2)

## Introduction

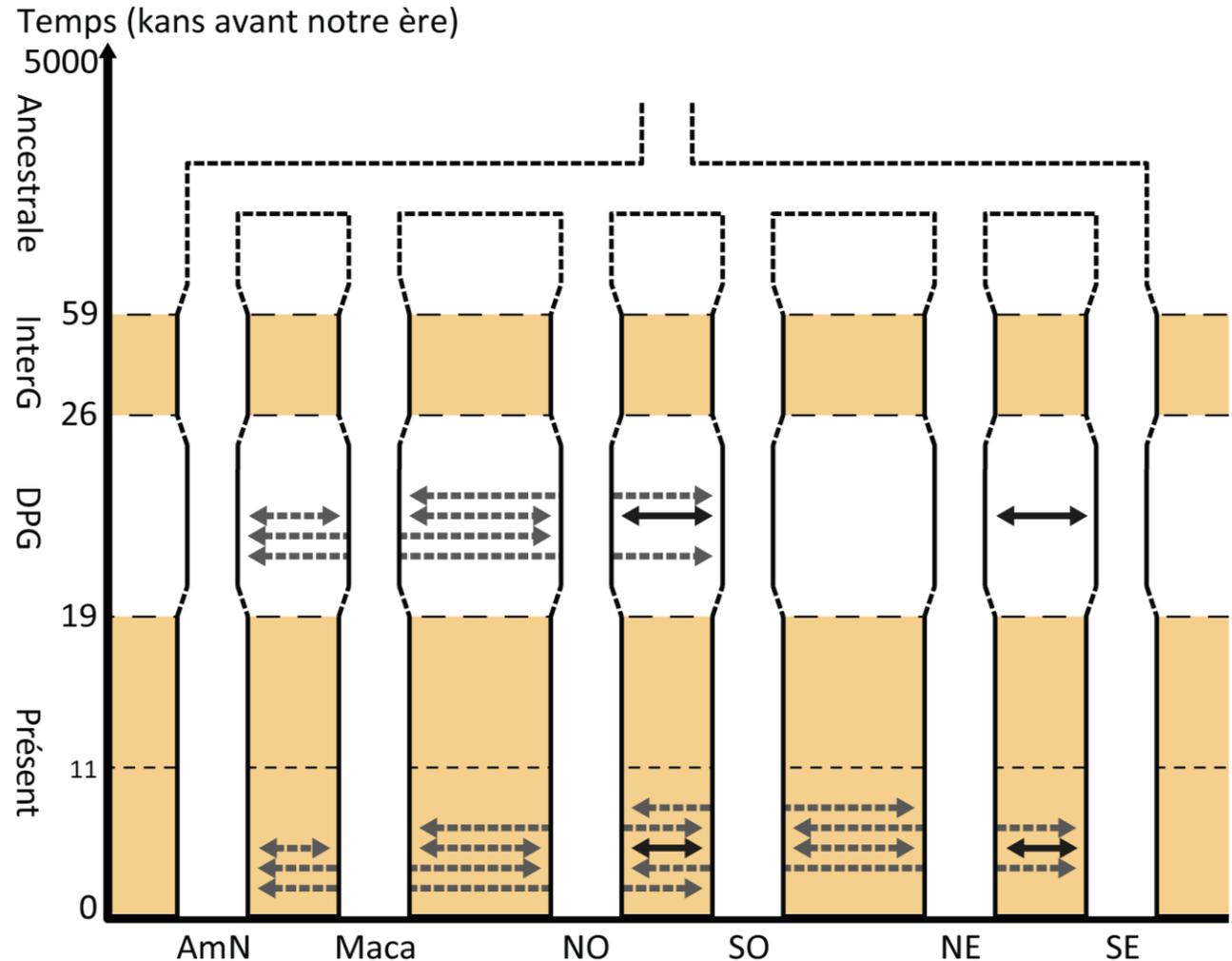
- Survie dans les régions extra-méditerranéennes
- Recolonisation des régions tempérées depuis les microrefuges nordiques
- Pas de migrations entre ces régions durant la dernière période glaciaire



# Hypothèse de structuration Est-Ouest (scénario 3)

## Introduction

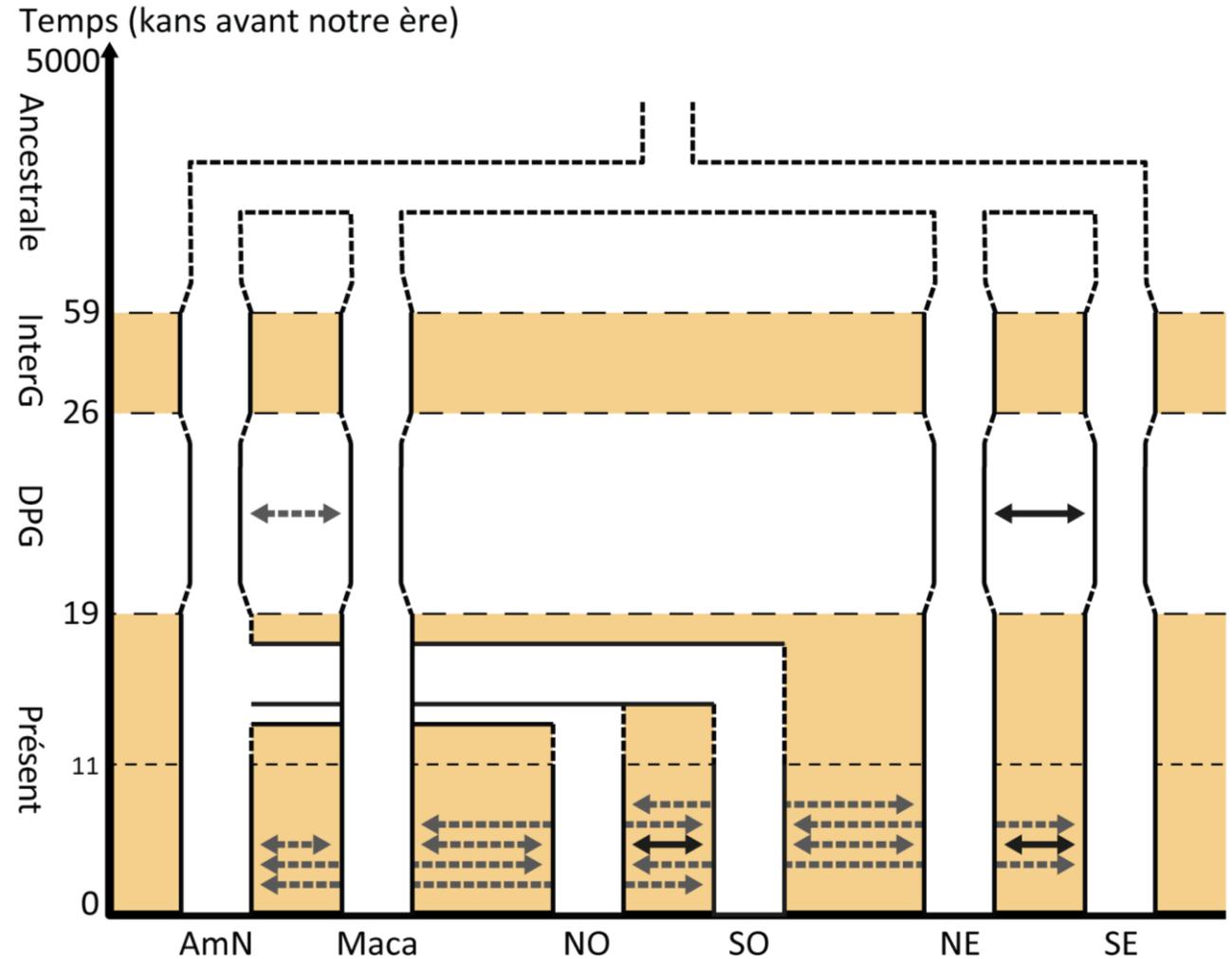
- Structuration Est-Ouest
- Survie dans les régions est- et ouest-européennes
- Pas de migrations entre ces régions durant la dernière période glaciaire
- Migrations moyennes entre l'ouest de l'Europe et, l'Amérique du Nord et la Macaronésie



# Hypothèse de recolonisation extra-européenne : origine nord-américaine (scénario 4a)

## Introduction

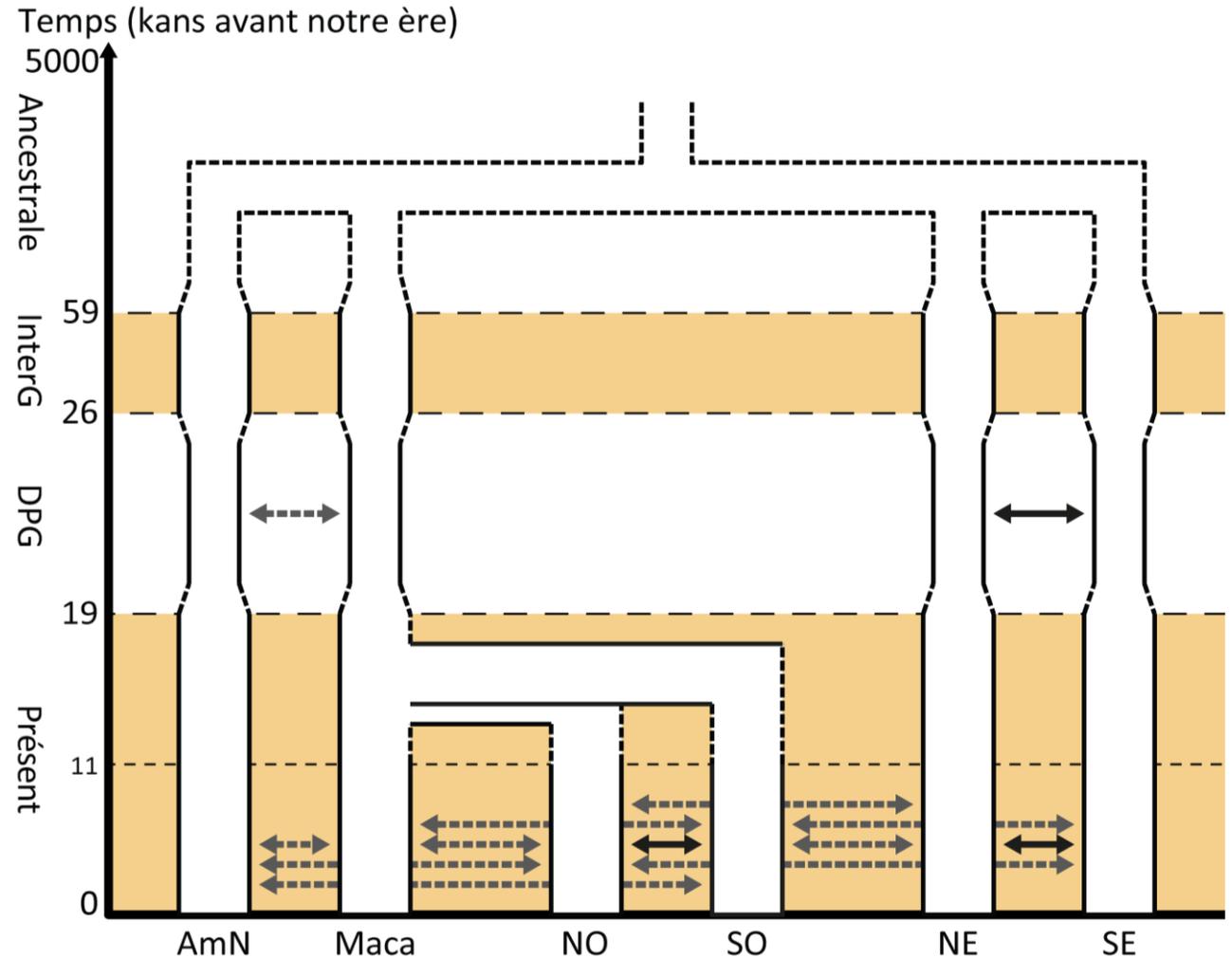
- ▶ Pas de survie dans la région ouest-européenne
- ▶ Recolonisation de celle-ci depuis l'Amérique du Nord

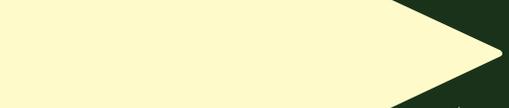


# Hypothèse de recolonisation extra-européenne : origine macaronésienne (scénario 4b)

## Introduction

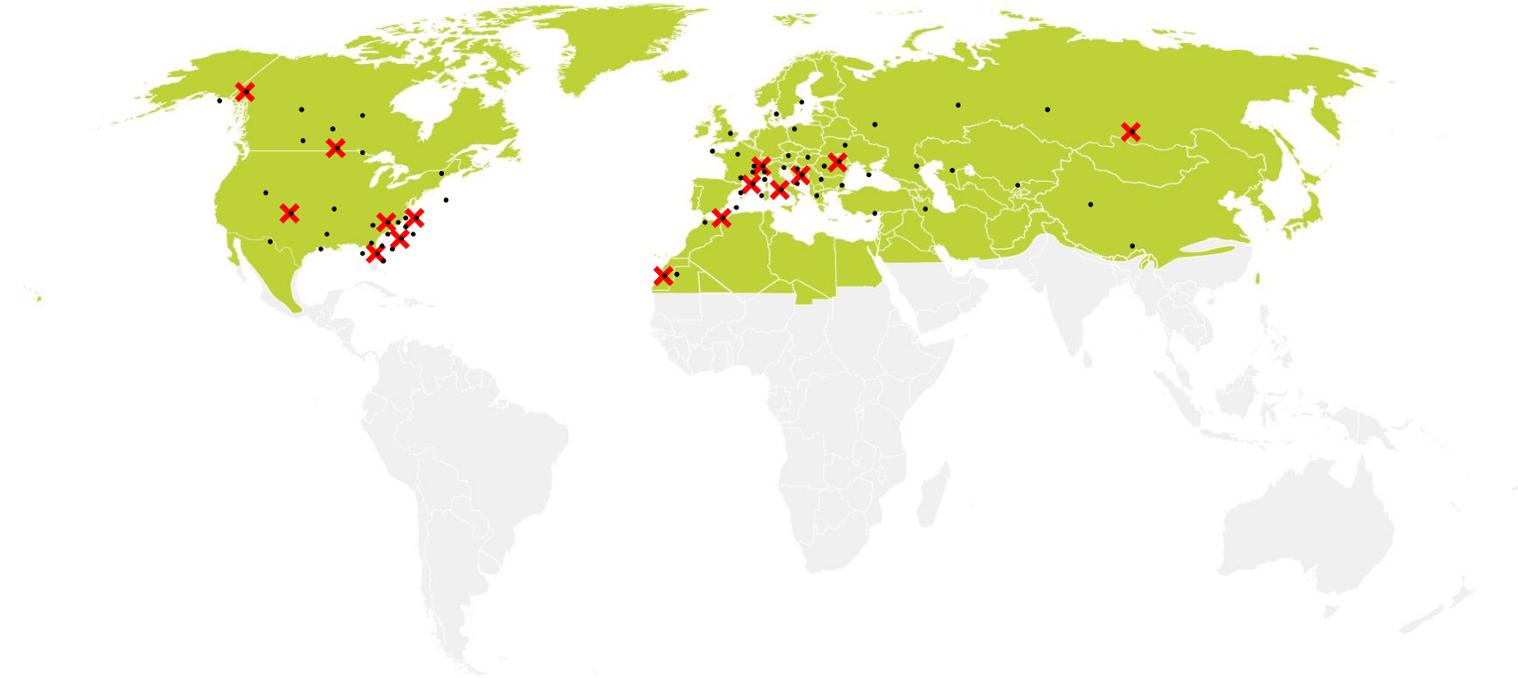
- Pas de survie dans la région ouest-européenne
- Recolonisation de celle-ci depuis la Macaronésie





# Matériel et méthodes

# I Echantillonnage taxonomique et populationnel



- Point de présence
- ✕ Point échantillonné (39-217)

X 13 espèces

I Echantillonnage taxonomique et populationnel

X 13 espèces



II Extraction, amplification et séquençage de l'ADN

<b>X</b> <sub>1</sub>	=	ACGATCCCAA	...	TAGTGGCATG
<b>X</b> <sub>2</sub>	=	CGGATGCATG	...	ACGTTAGCTC
.				
.				
.				
<b>X</b> <sub>n</sub>	=	CGAATTACGG	...	CATGCAATAT
		<i>locus 1</i>	<i>...</i>	<i>locus z</i>

Matrice de séquences observées

**X** = Point échantillonné (39-217)

X 13 espèces

I Echantillonnage taxonomique et populationnel

X 13 espèces



II Extraction, amplification et séquençage de l'ADN

X 13 espèces



III Analyse de Calculs Bayésiens Approximés (ABC)

*X Amphidium mougeotii*

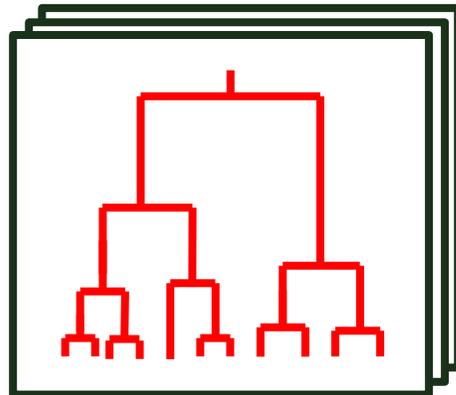


3 étapes

# 1. Simulation de généalogies d'individus

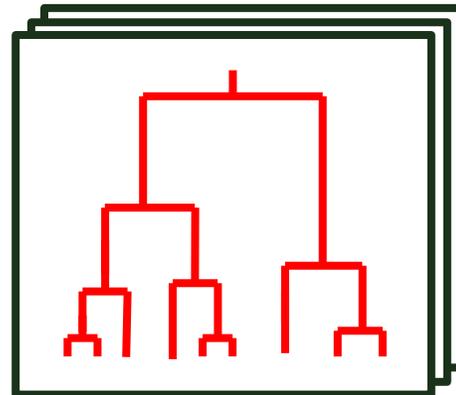
- Sous la contrainte des différents scénarios biogéographiques étudiés

Scénario 1



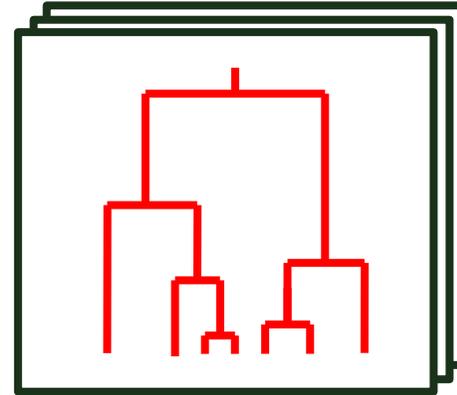
$\times 10^6$

Scénario 2



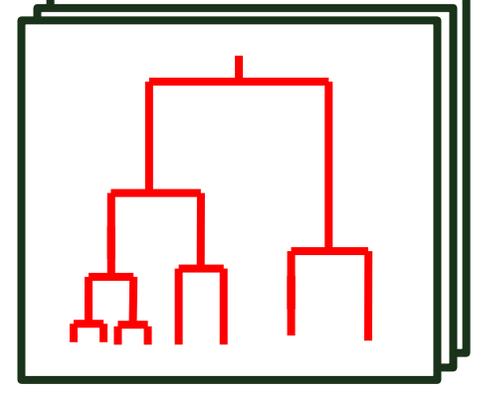
$\times 10^6$

Scénario 3



$\times 10^6$

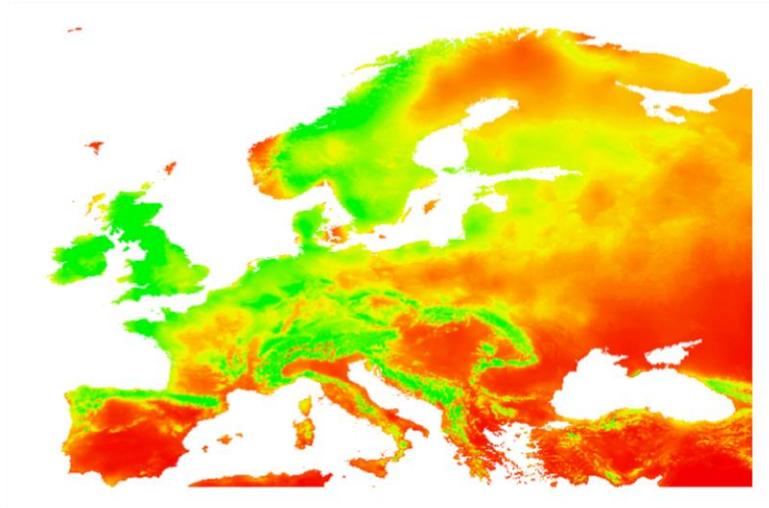
Scénario 4



$\times 10^6$

# 1. Simulation de généalogies d'individus

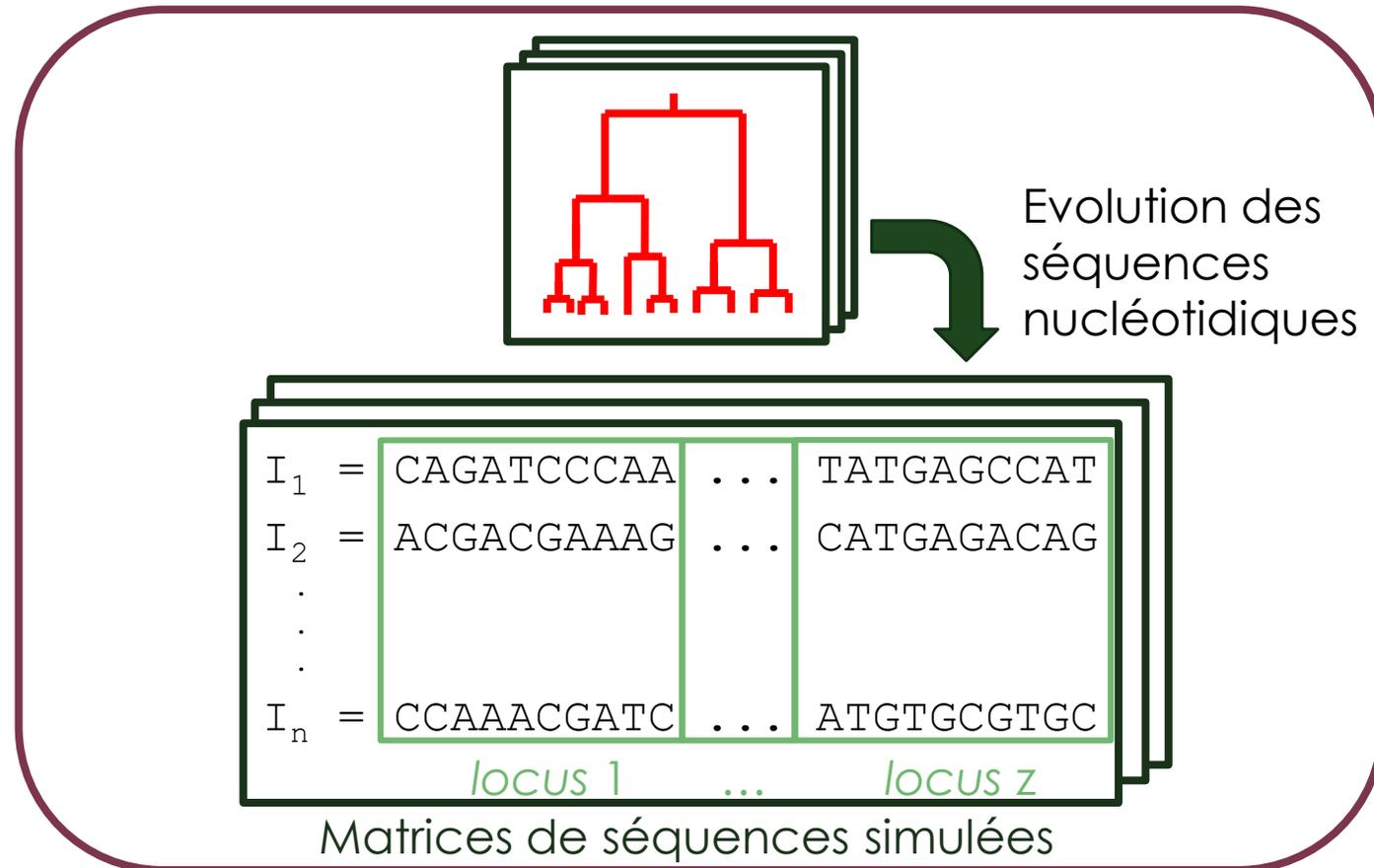
- Choix de la distribution *a priori* de chaque paramètre démographique pour chaque scénario
  - Gamme de valeurs compatible avec chaque scénario
  - Ex. : taux de migration
  - Ex. : tailles efficaces de population



Modèle de distribution d'espèces

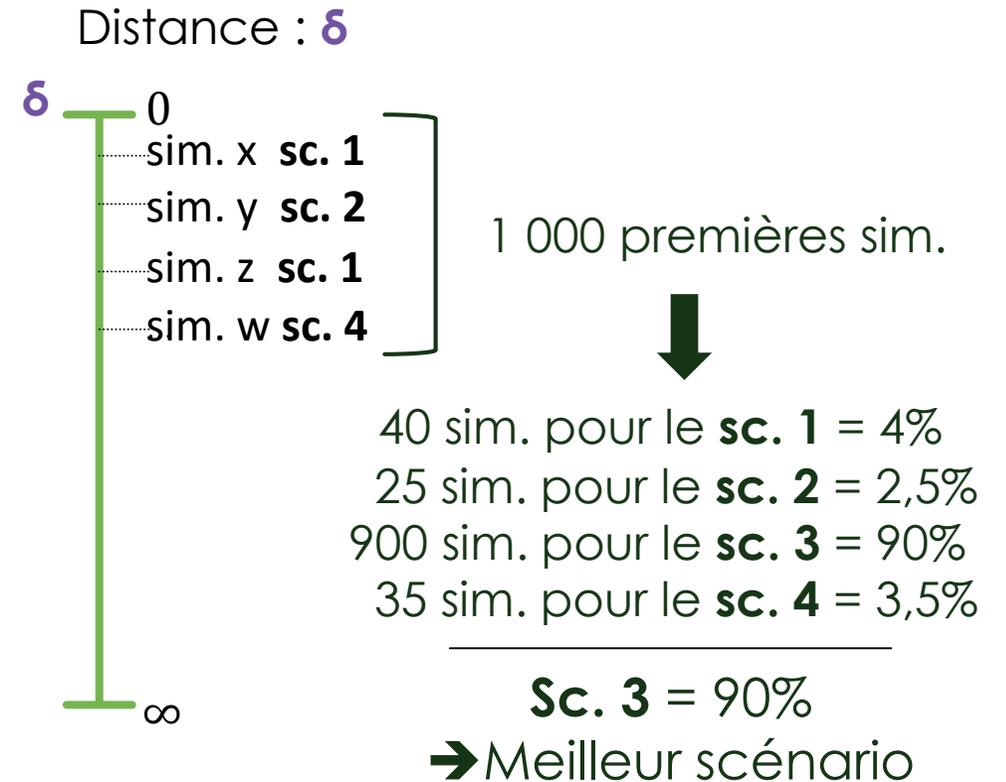
## 2. Simulation de matrices de séquences

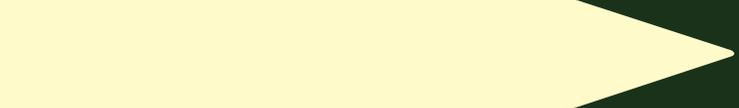
- Evolution des séquences nucléotidiques le long de chaque généalogie



### 3. Sélection du meilleur scénario

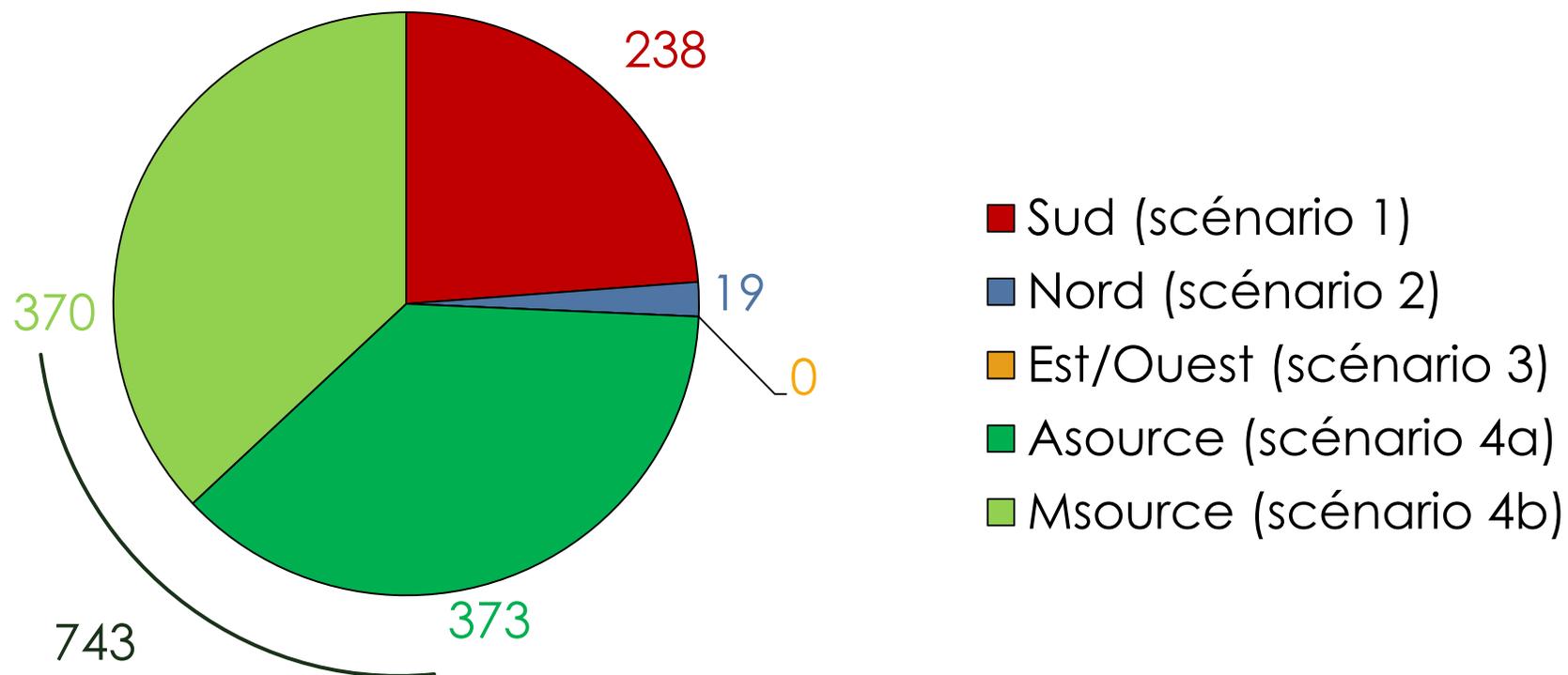
- Calcul de la distance entre les données observées et chaque jeu de données simulées
- Trier les distances euclidiennes par ordre croissant
- Sélection des 1 000 plus petites distances
- Sélection du meilleur scénario *i.e.* celui dont la proportion de simulation parmi les 1 000 meilleures est la plus importante



A yellow pencil graphic pointing to the right, positioned on the left side of the slide. The pencil is oriented horizontally, with its tip pointing towards the text.

# Résultats et Discussion

Proportion de chaque scénario parmi les 1 000 meilleures simulations



*Amphidium mougeotii*

Deux scénarios ressortent de l'étude (scénarios 4 et 1)

### ► Scénarios 4 et 1 : points communs

#### ► Extinction dans les régions tempérées

- Scénario 4 : région atlantique

- Scénario 1 : régions extra-méditerranéennes

#### ► Recolonisation depuis des régions extra-tempérées

- Scénario 4a : Amérique du Nord

- Scénario 4b : Macaronésie

- Scénario 1 : région méditerranéenne

→ Conditions climatiques des régions tempérées défavorables par rapport aux régions extra-tempérées

### Différence climatique

- Régions tempérées plus sèches que régions méditerranéenne et extra-européennes
    - Amérique du Nord : toundra moins étendue ; plus de forêts
    - Macaronésie : prépondérance des laurisylves (hygrophiles) sur les végétations xérophiles
    - Région méditerranéenne : seule région d'Europe avec forêts
    - Régions tempérées : couvertes d'une toundra ou d'une steppe
  - Bryophytes peu résistantes à la sécheresse
- Faible résistance à la sécheresse = caractéristique importante dans l'explication des histoires biogéographiques

## Recolonisation depuis des régions extra-tempérées

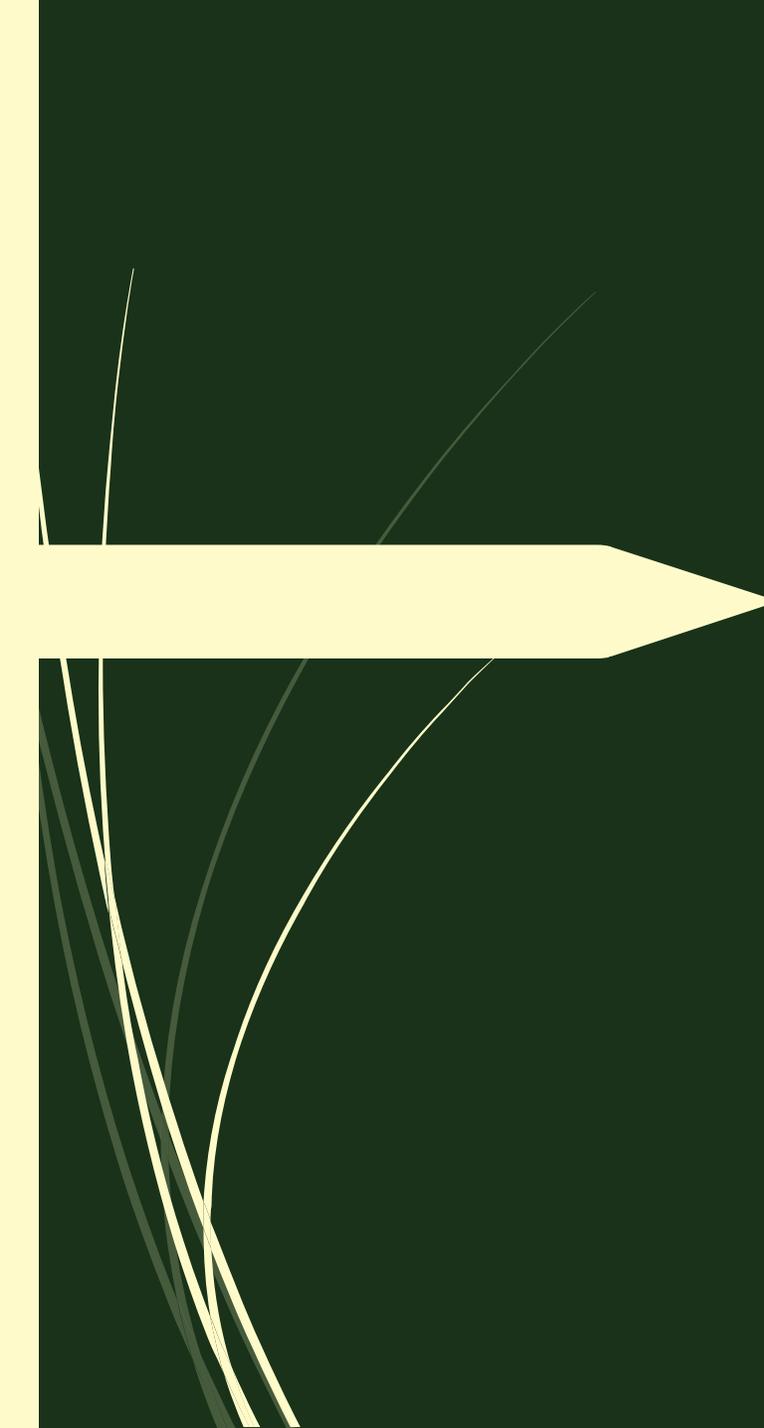
- Dispersions transocéaniques (scénario 4)
- Dispersions au-delà des habituelles barrières à la dispersion (mers et montagnes d'Europe ; scénario 1)

→ Fortes capacités dispersives = caractéristique importante dans l'explication des histoires biogéographiques

→ Multiplient les origines possibles des migrants

→ Expliquent la réponse hétérogène des bryophytes par rapport aux réponses congruentes observées pour les animaux et les angiospermes

- Animaux : hypothèse des refuges Sud
- Angiospermes : hypothèse des microrefuges nordiques



# Conclusion & Perspectives

- ABC → contraster différents scénarios biogéographiques
  - Coexistence de plusieurs scénarios pour une seule espèce
  - Hétérogénéité contraste par rapport aux réponses homogènes observées pour les autres organismes vivants
  - Hétérogénéité s'explique par les capacités dispersives → augmentent origines possibles des migrants
  
- Méthodologie mise au point dans le cadre d'une méta-étude
  - Résultats d'*Amphidium mougeotii* seront combinés à ceux des 12 autres espèces
  - Réponses observées homogènes entre les espèces ?

# Remerciements

- Tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail
- Pr. Jonathan Shaw, Université de Duke
- Pr. Patrick Mardulyn Université Libre de Bruxelles

Merci pour votre attention!



Place aux questions!