

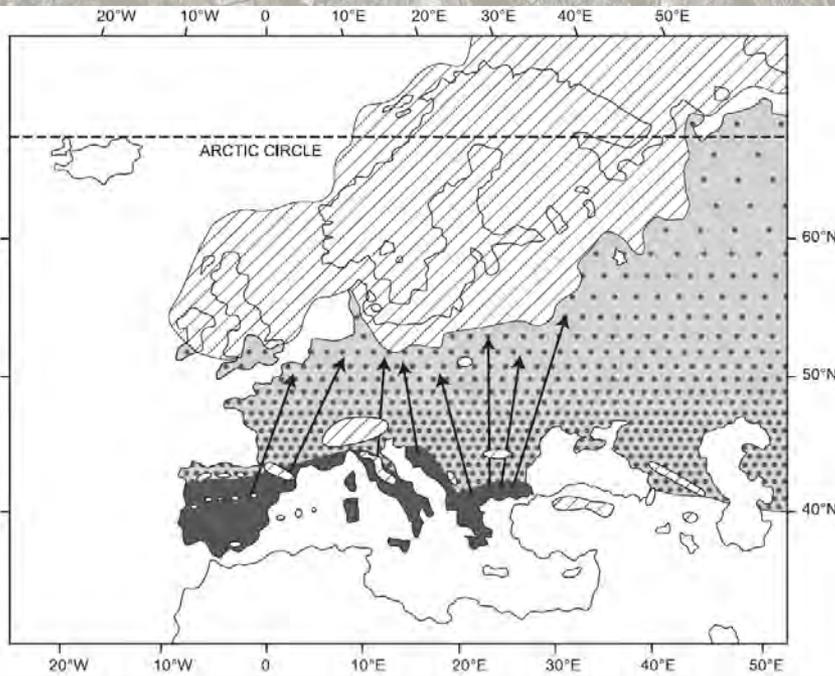
# Hêtre ou ne pas hêtre: une approche intégrée pour reconstituer l'histoire écologique de *Fagus sylvatica* à sa marge chaude de répartition.

G. de Lafontaine, A. Ducouso, C. A. Amasifuen Guerra,  
S. Lefèvre & R. J. Petit

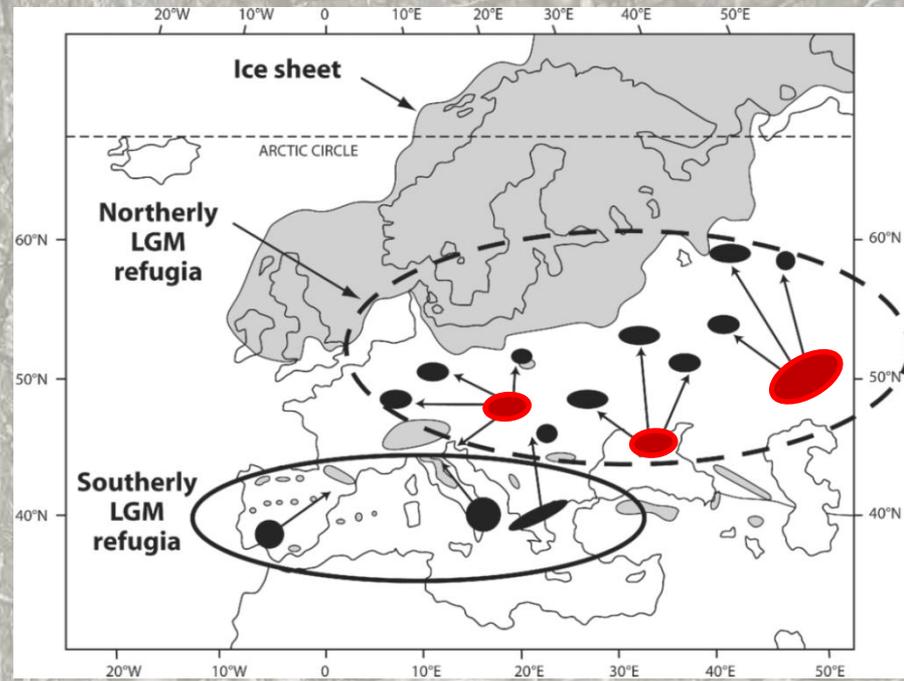
7<sup>e</sup> colloque annuel du Centre d'Étude de la Forêt  
Session Dynamique des populations  
23 avril 2013  
Montebello, Québec



# THÉORIES DES REFUGES GLACIAIRES



Bhagwat & Willis 2008



Birks & Willis 2008

## MACROREFUGES (basses latitudes)

Séquences palynologiques (Huntley & Birks 1983, Tzedakis *et al.* 2002)

Relevés phylogéographiques (Taberlet *et al.* 1998, Hewitt 1999, 2000)

## MICROREFUGES (hautes latitudes)

“hardly detectable by palaeoecological analysis”

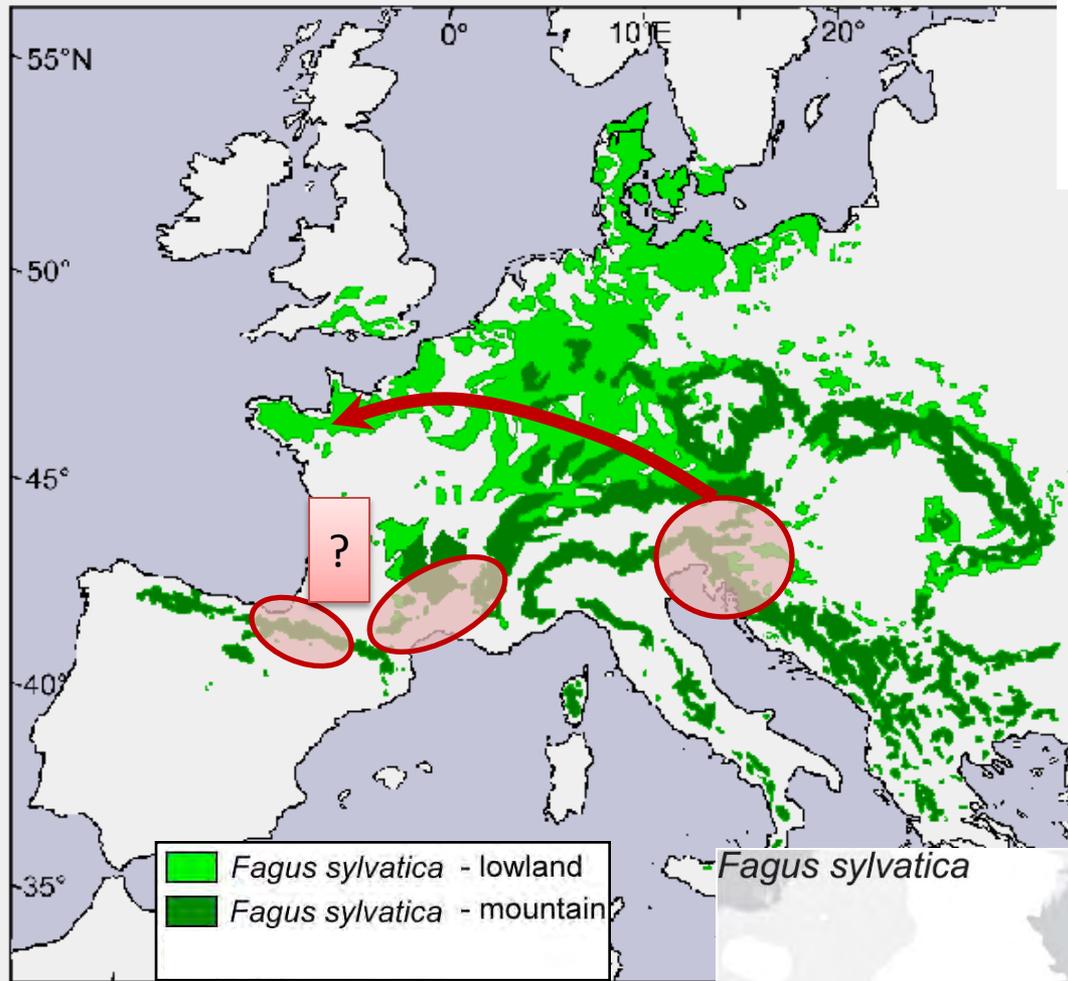
“so far, microrefugia are no more than a theoretical necessity”

Rull 2009

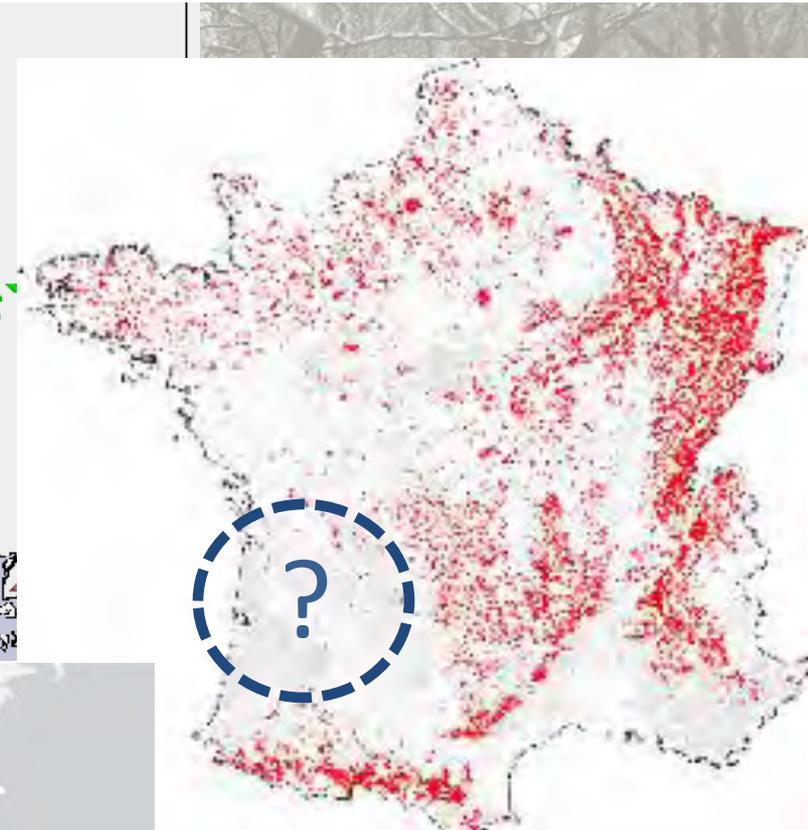
# MODÈLE BIOGÉOGRAPHIQUE

Le Hêtre (*Fagus sylvatica* L.) dans les Landes de Gascogne et à leur périphérie

Timbal & Ducouso 2010



Magri *et al.* 2006



*Fagus sylvatica*



Svenning *et al.* 2008

# OBJECTIFS

1. Déterminer la structure génétique des différents refuges glaciaires du hêtre  
→ Différentiation génétique ( $F_{ST}$ ) élevée & structure génétique spatiale (SGS) accrue

## **Différentiation génétique ( $F_{ST}$ ) élevée:**

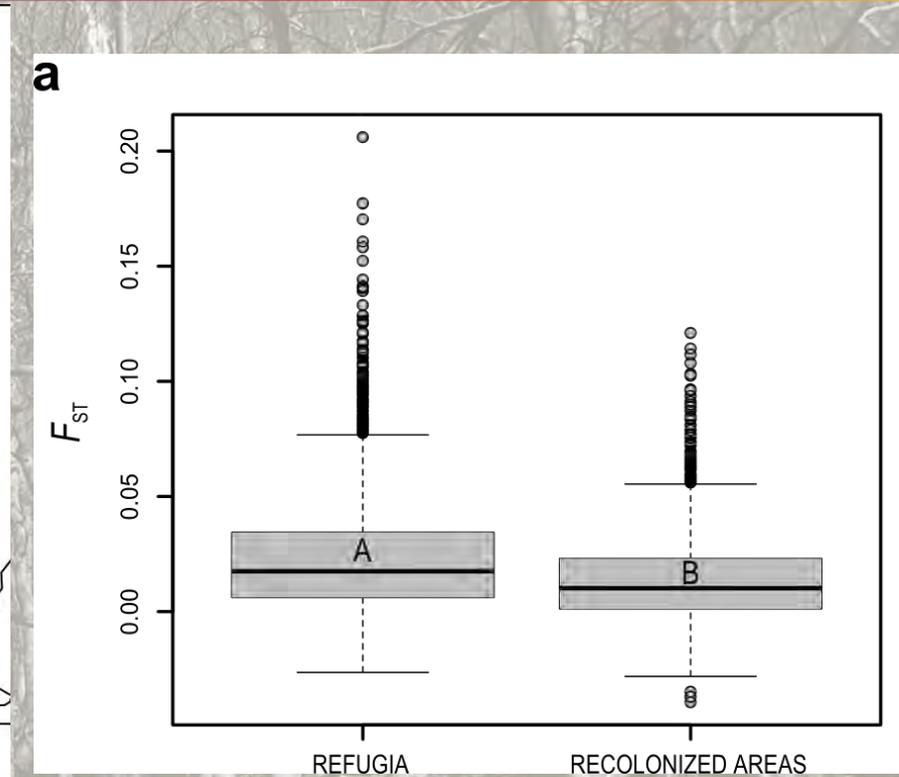
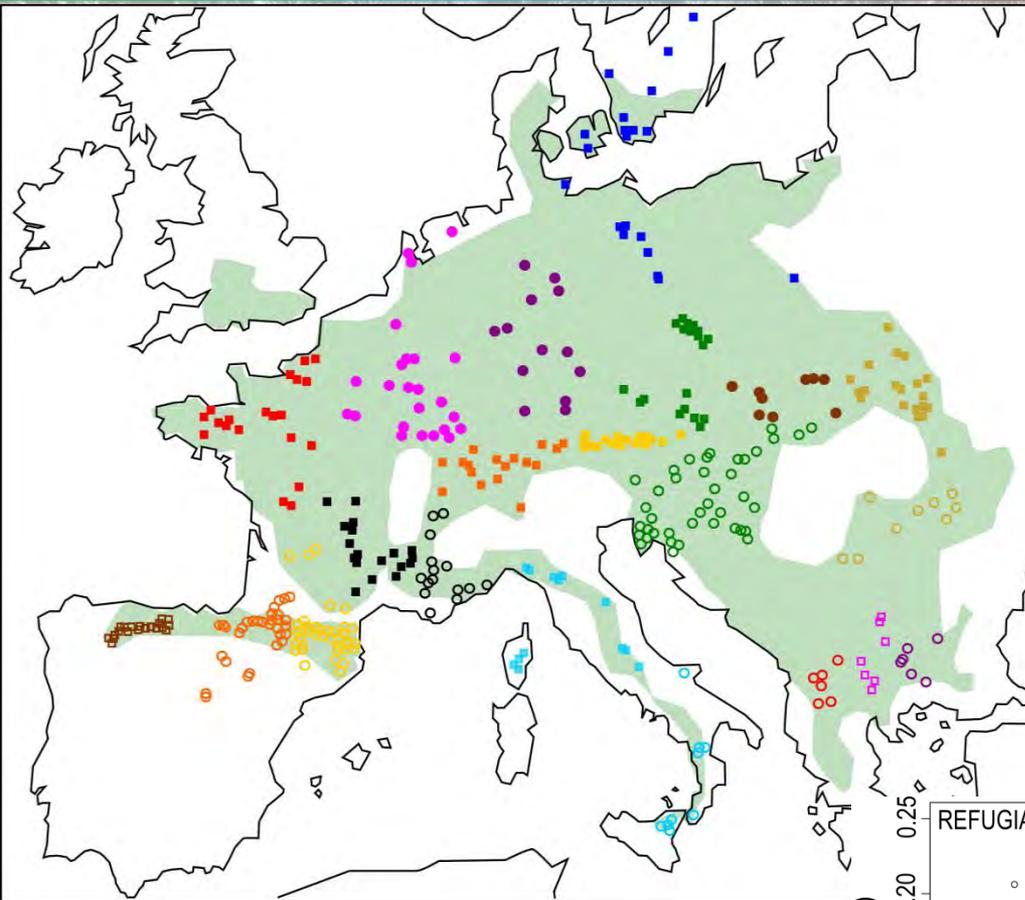
*Taille réduite et longue période d'isolement des populations* (Hampe & Petit 2005)

## **Structure génétique spatiale (SGS) accrue :**

*IBD* (équilibre entre flux de gène et dérive génétique) avec une augmentation du temps depuis l'établissement des populations (Slatkin 1993, Hutchison & Templeton 1999)

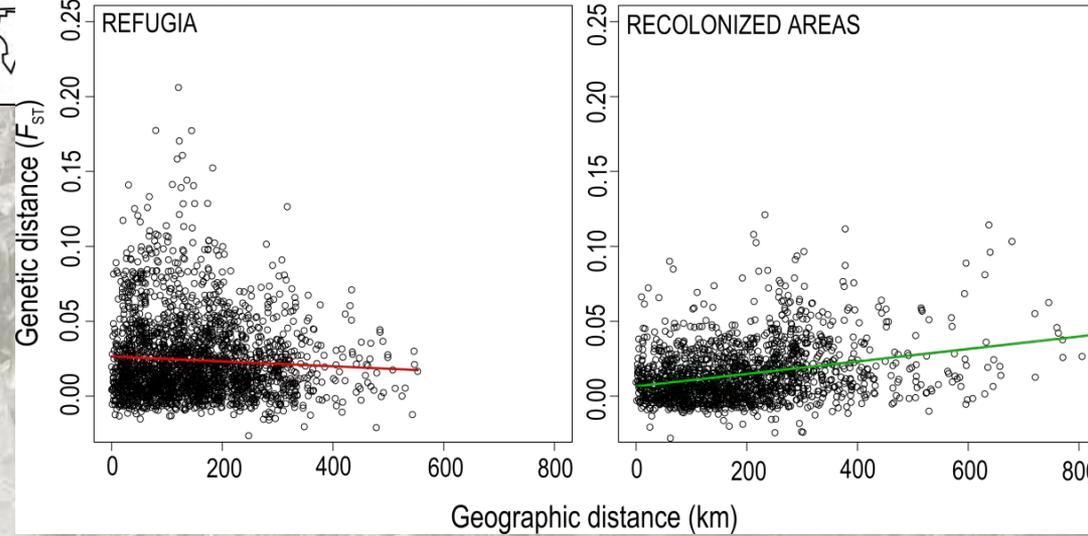
2. Déterminer l'origine des peuplements de hêtre isolés à la limite sud en basse altitude  
→ **Recolonisation postglaciaire ou refuge glaciaire cryptique?**

# EUROPE: $F_{ST}$ & SGS



375 populations: 10 refuges & 11 zones recolonisées (données: Comps *et al.* 2001)

$F_{ST}$  élevé et faible SGS: signal génétique propre aux zones refuges



# ÉCHANTILLONNAGE FRANCE (& CATALOGNE)

**LAN/E2M**  
entre 44 & 45°N  
< 100 m asl

Refuge  
cryptique???

**WPYR**  
sud de 46°N  
> 600 m asl

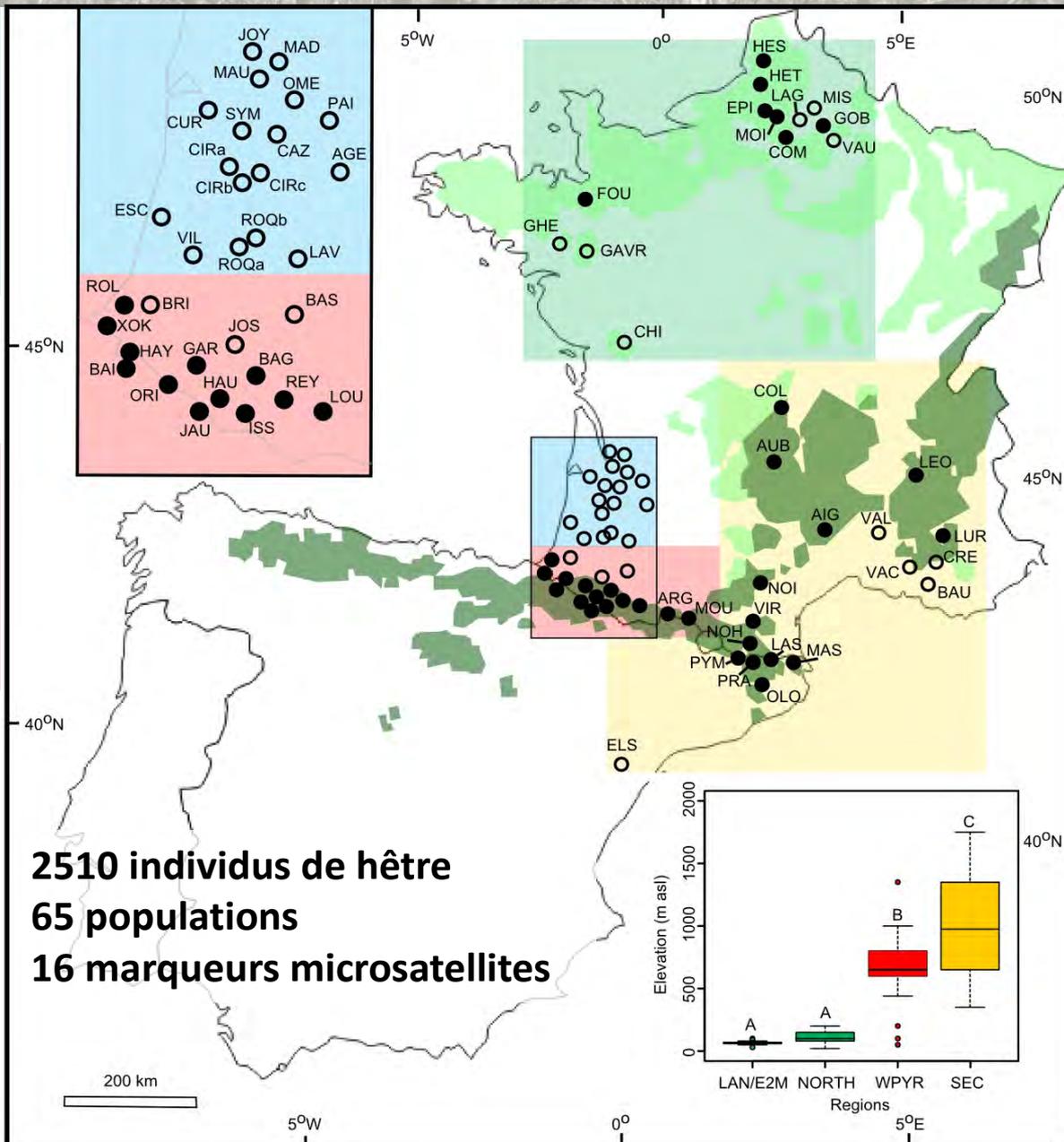
refuge glaciaire

**NORTH**  
nord de 46°N  
< 200 m asl

zone recolonisée

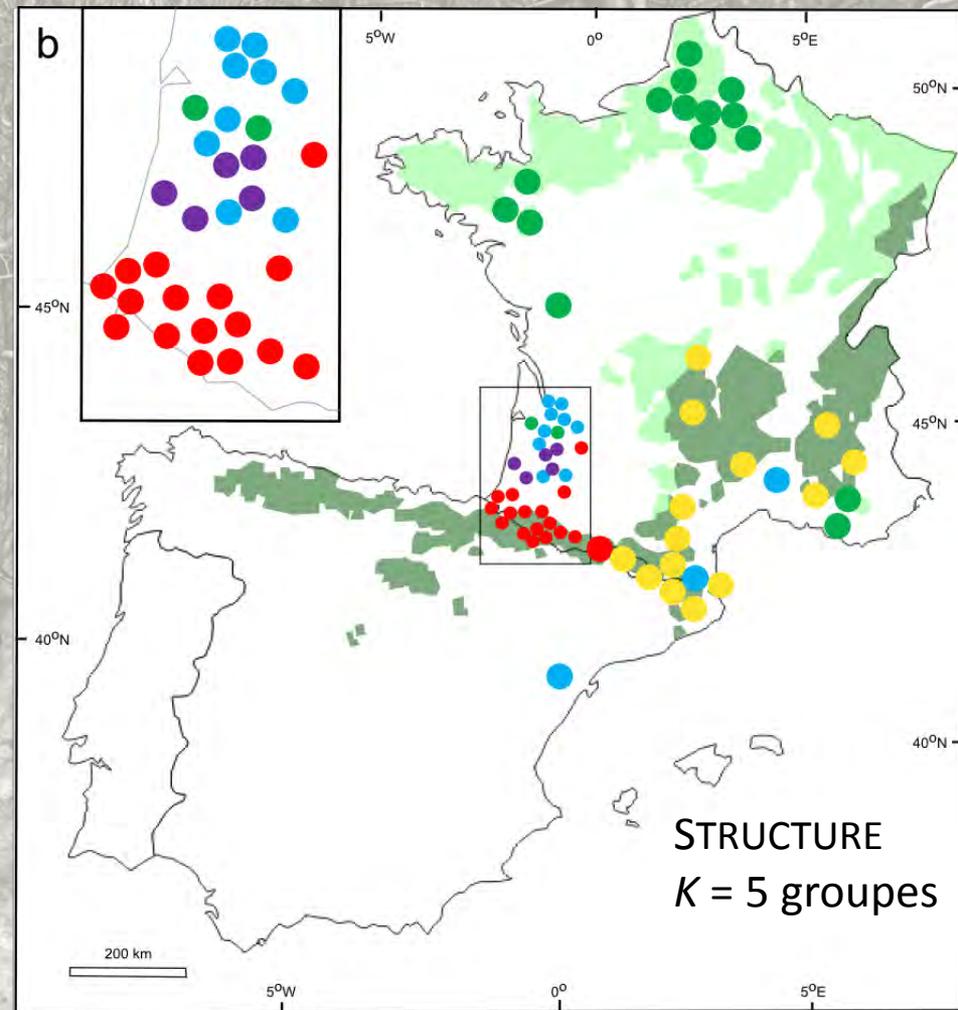
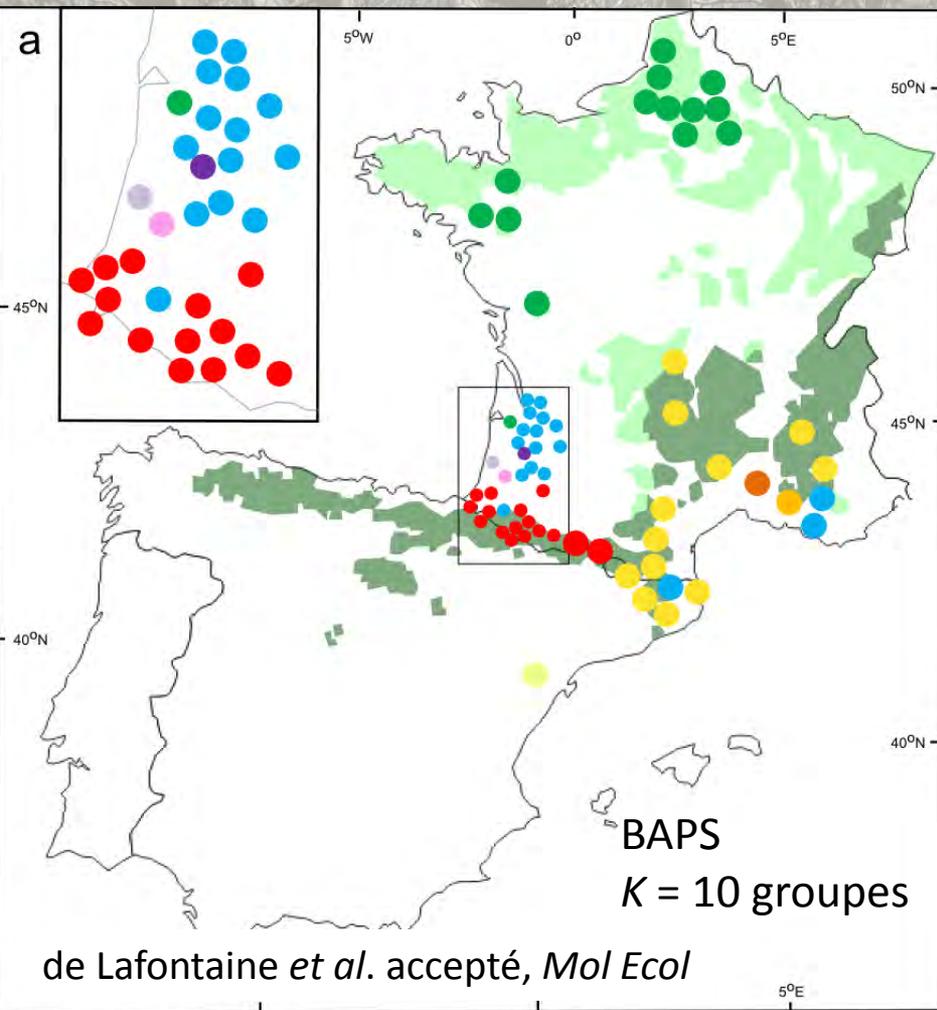
**SOUTHEAST**  
sud de 46°N  
> 600 m asl

refuge glaciaire



de Lafontaine *et al.*  
accepté, *Mol Ecol*

# RESULTATS: MÉTHODES BAYÉSIENNES D'AFFECTATION

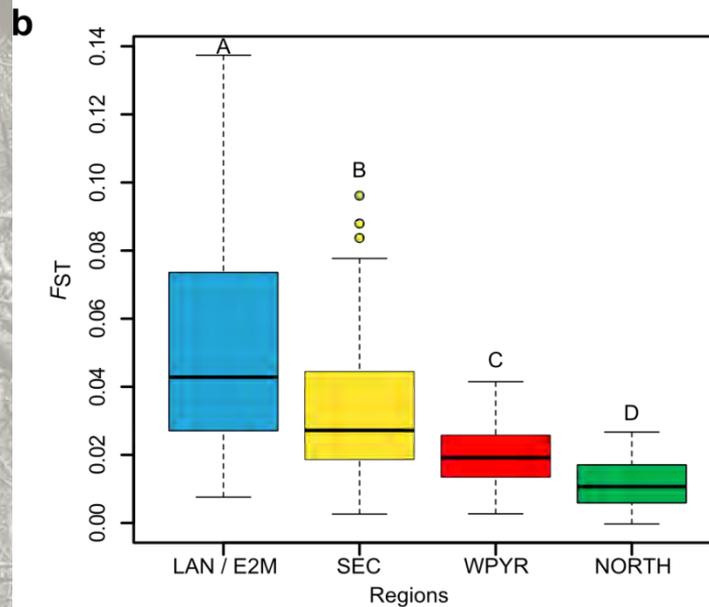


**49 populations assignées par BAPS & STRUCTURE à 4 groupes (3 refuges + 1 zone recolonisée)**

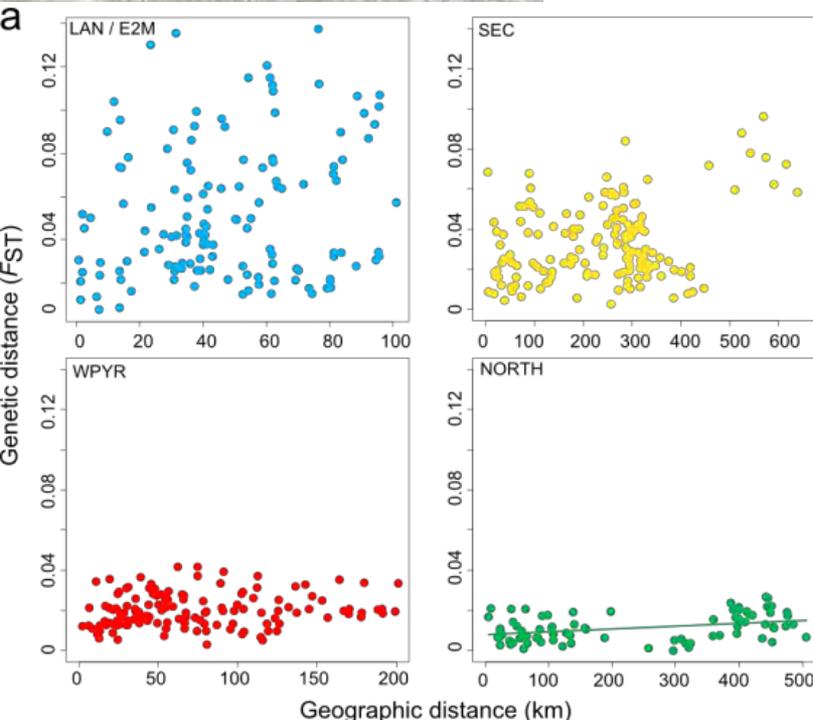
16 populations outliers: 8 dans LAN/E2M, 6 dans SEC, 2 dans WPYR, 0 dans NORTH

13/16 populations outliers sont isolées géographiquement (forte dérive génétique)

# FRANCE: $F_{ST}$ & SGS



- $F_{ST}$  plus élevé dans les refuges
- SGS significative seulement dans la zone recolonisée = signal de la recolonisation postglaciaire (surfing), pas de l'IBD

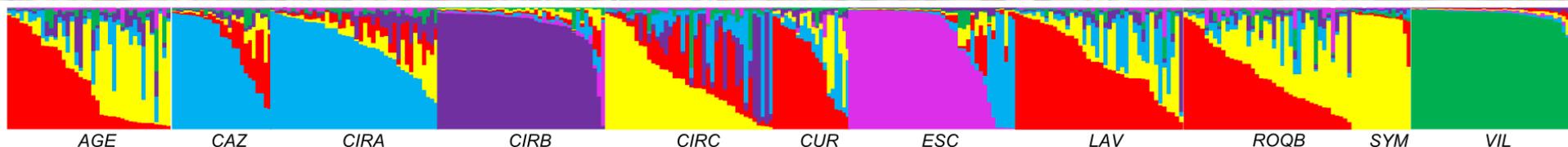


LAN/E2M exprime le plus distinctement ce signal de refuge!!!  
isolement inter-population prolongé (i.e. depuis le Pléistocène) ayant causé une dérive génétique extrême.

# OBJECTIFS

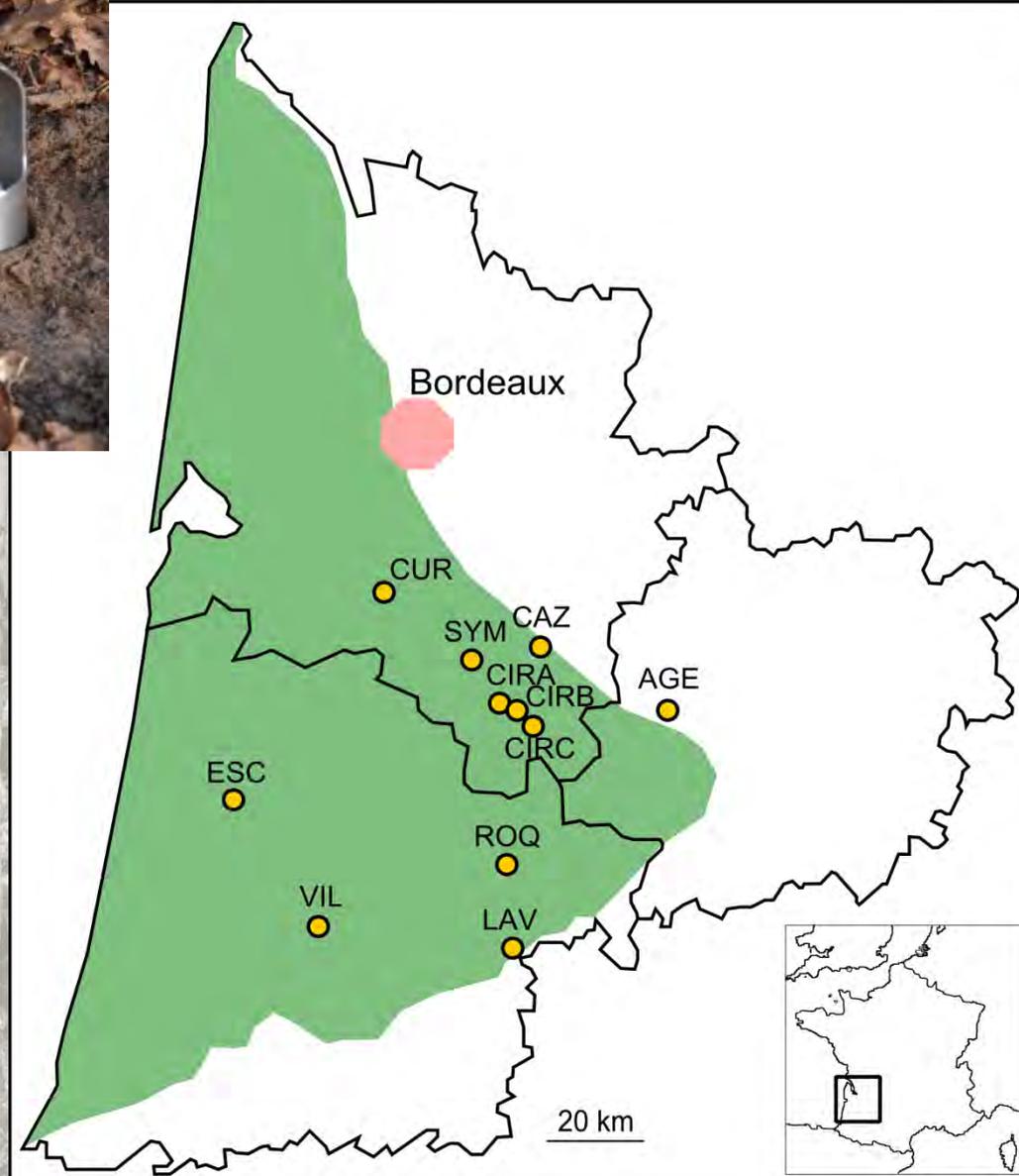
1. Déterminer la structure génétique des différents refuges glaciaires du hêtre  
→ Différentiation génétique ( $F_{ST}$ ) élevée (OUI) & SGS accrue (NON)
2. Déterminer l'origine des peuplements de hêtre isolés à la limite sud en basse altitude  
→ Recolonisation postglaciaire ou refuge glaciaire cryptique (preuve indirecte)
3. Peut-on trouver des preuves directes de ces microrefuges *in situ*?

***HÊTRE OU NE PAS HÊTRE, LÀ EST LA QUESTION!!!!***  
***(to beech or not to beech...)***



STRUCTURE K = 6 groupes au sein des 11 sites étudiées en paléoécologie ( $\subseteq$  LAN/E2M)

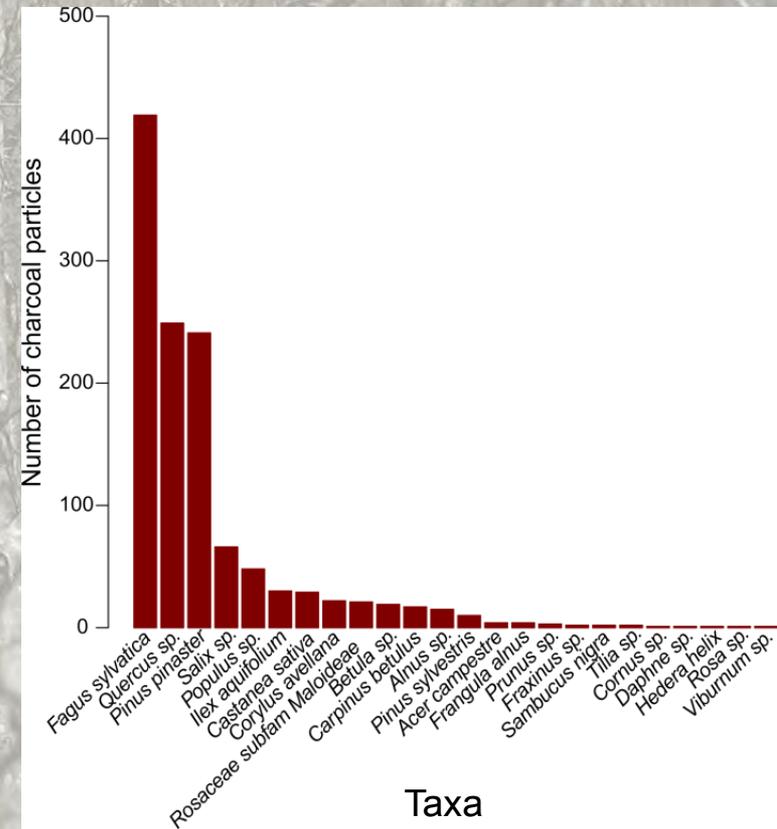
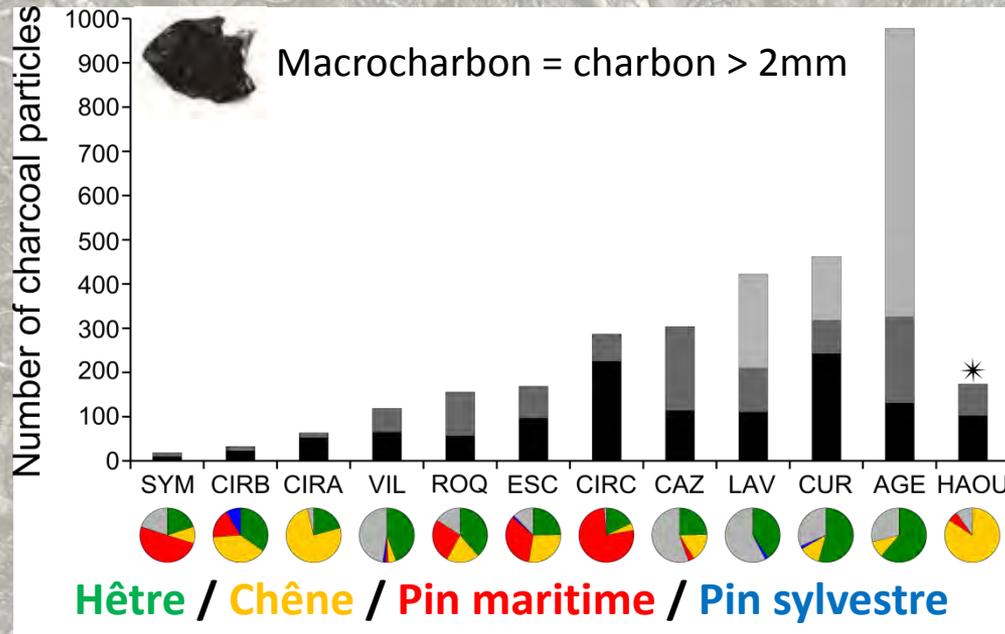
# ÉCHANTILLONNAGE: ANALYSE MACROFOSSILE DU CHARBON DU SOL



**25 carottes de sol (750cc) par site  
provenant de 11 hêtraies dans les  
Landes de Gascogne**

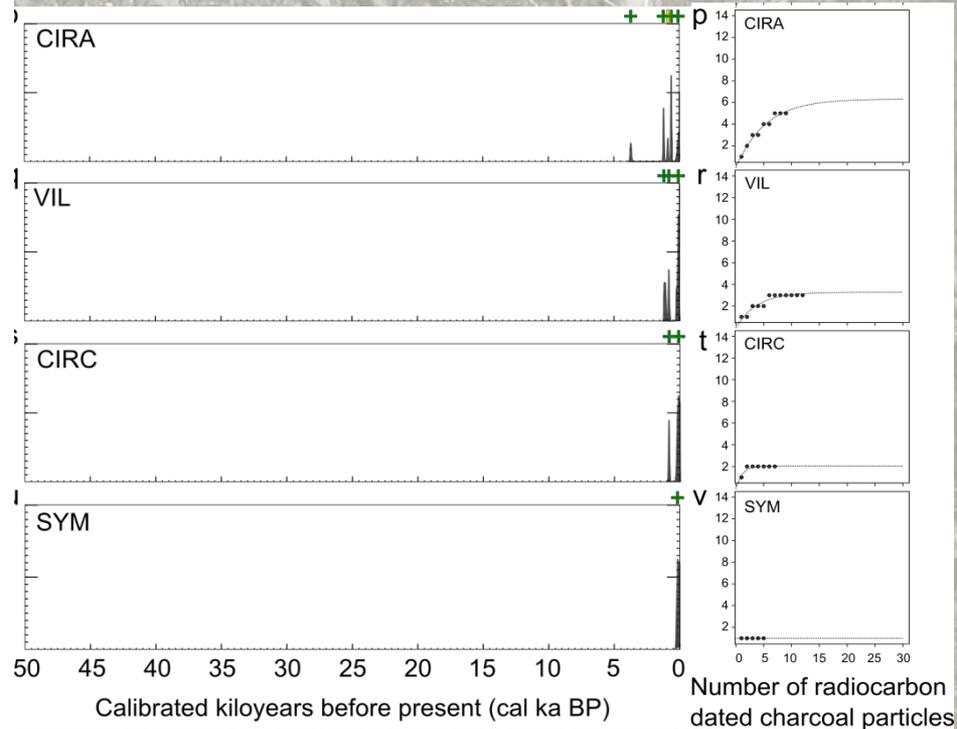
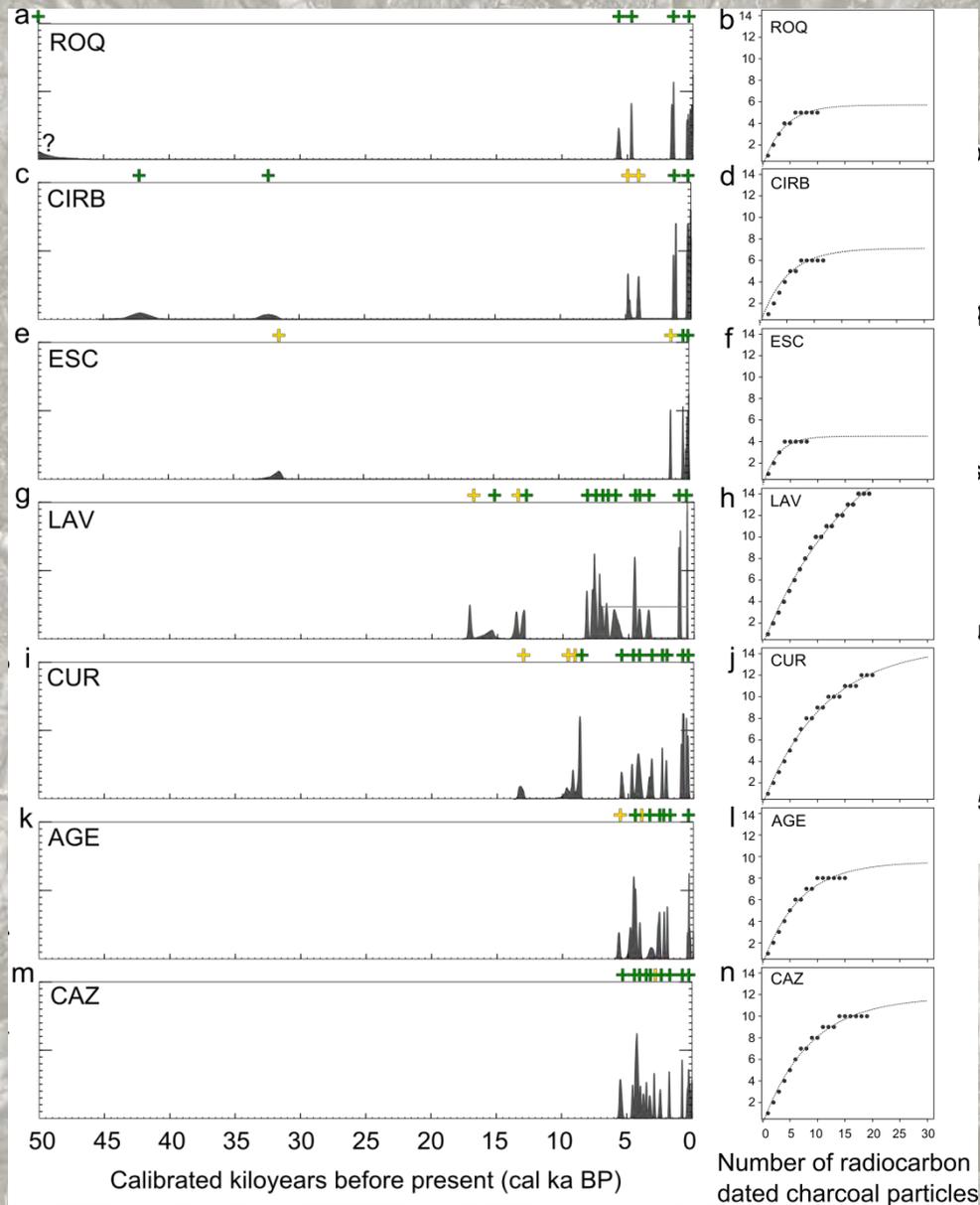
**SMCA= Identification botanique du  
charbon par l'anatomie du bois et  
140 dates radiocarbone AMS**

# RÉSULTATS: ABONDANCE ET IDENTIFICATION DU CHARBON



1. Il y a du **charbon dans tous les sites** échantillonnés.
2. Présence de **charbon de hêtre dans tous les sites où il y a du hêtre**
3. Le seul site sans charbon de hêtre est aussi le seul site où le hêtre est absent
4. 24 taxa représentatif de la flore **Thermo-atlantique**
5. Exception = ***Pinus sylvestris*** une espèce boréale actuellement absente de la région

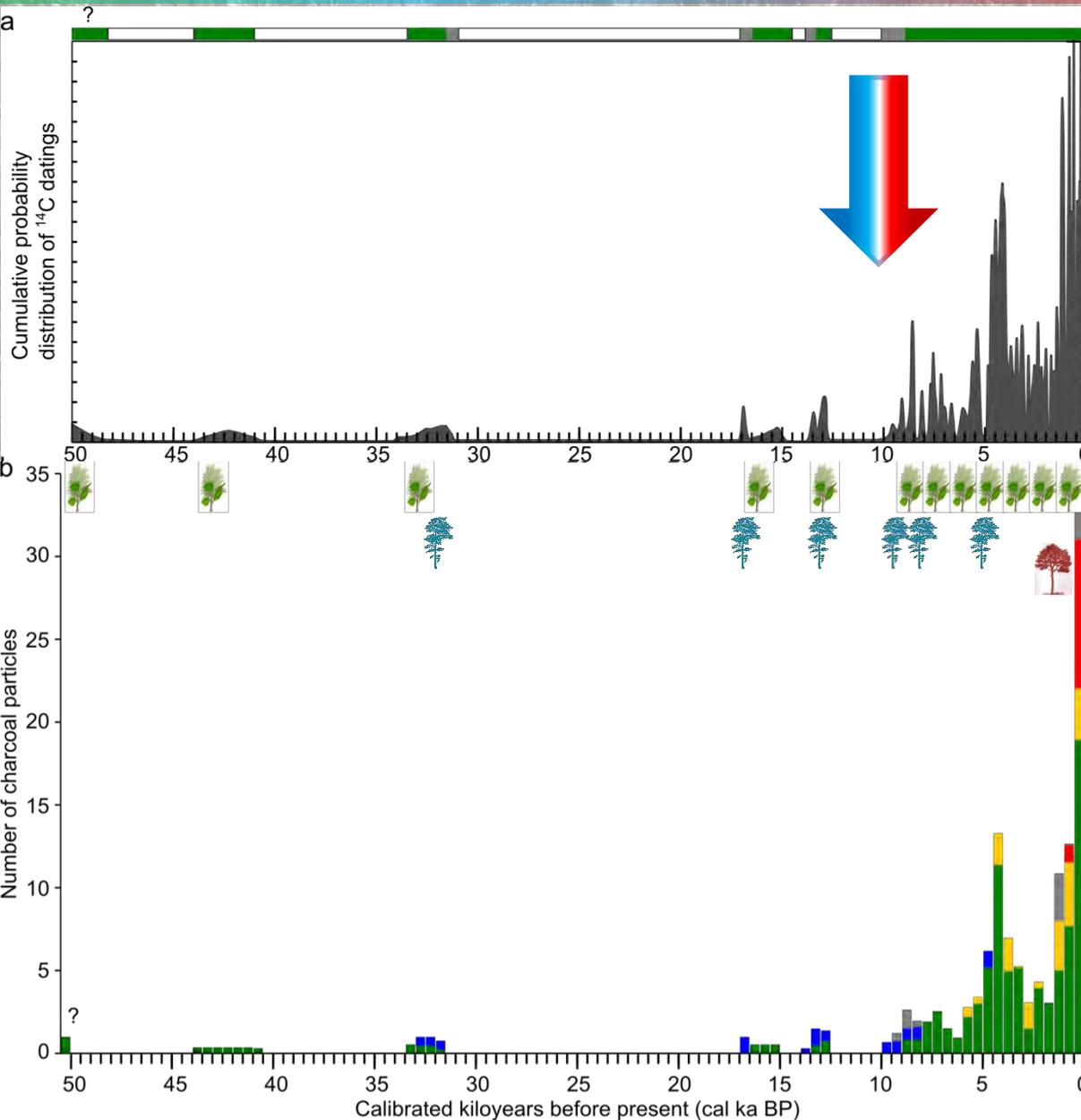
# RÉSULTATS: HISTOIRE LOCALE DES FEUX



Entre 1 et 14 feux par site



# RÉSULTATS: ÉCHELLE RÉGIONALE



- Histoire depuis 51,000  $^{14}\text{C}$  BP (limite du radiocarbone!)

- Changement du régime de feu au début de l'Holocène

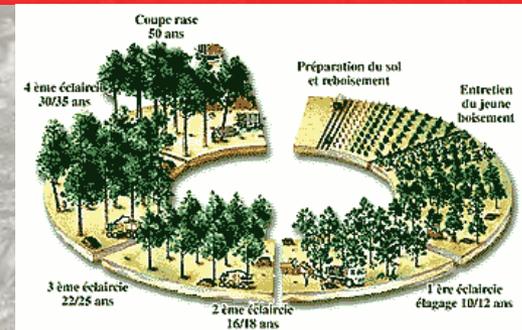
- Hiatus pendant le maximum glaciaire

Hêtre sporadique au Pléistocène & continu depuis 9000 cal BP.

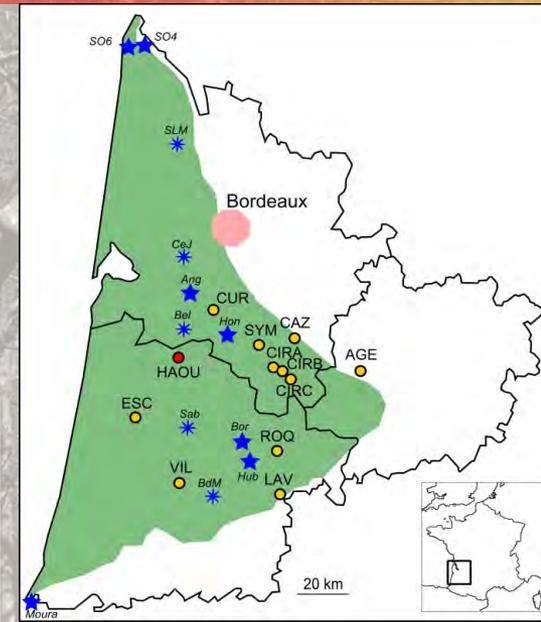
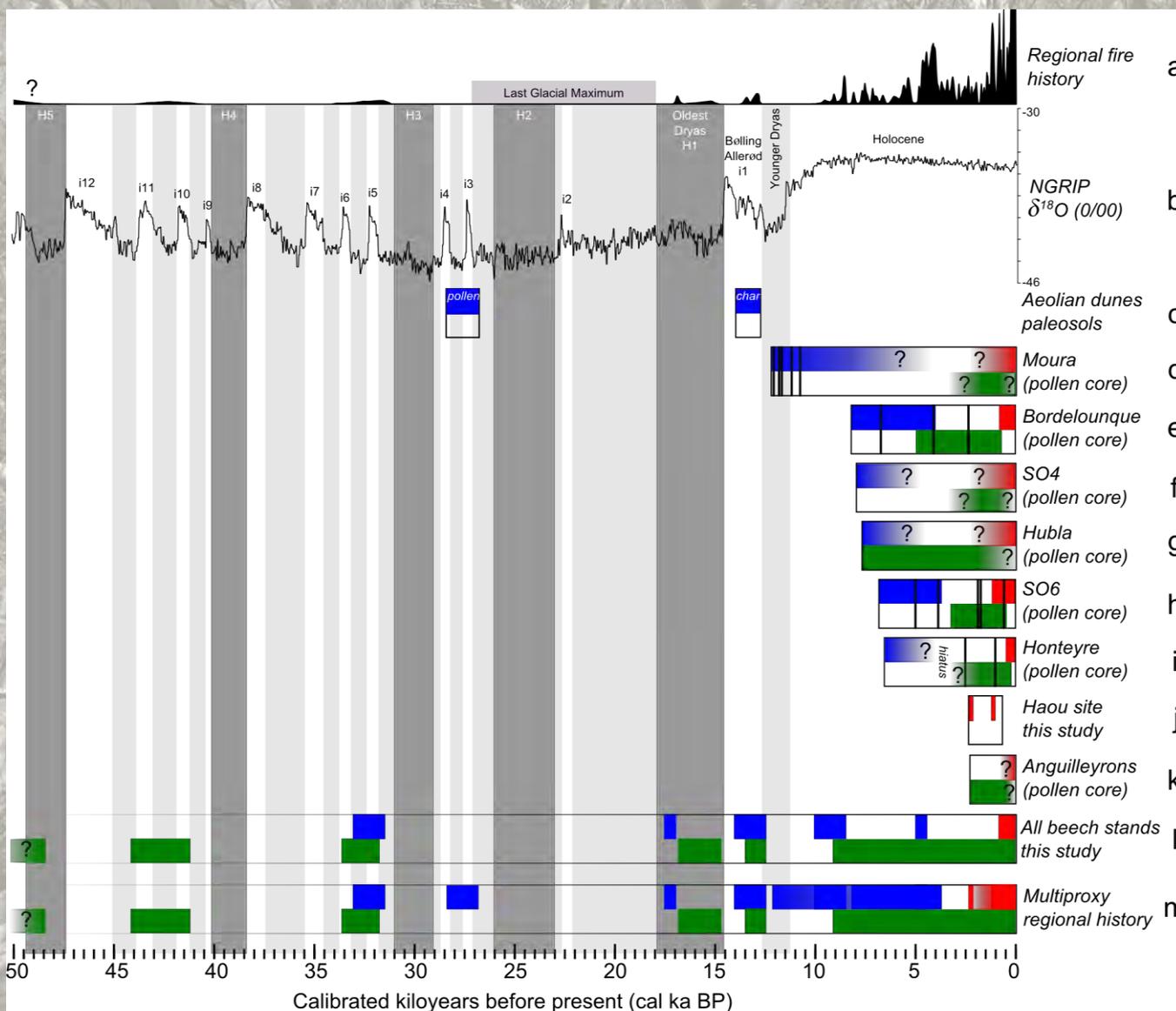
*Pinus sylvestris* contemporain au hêtre jusqu'à 4700 cal BP.

*Pinus pinaster* depuis c. 500 cal BP = plantations intensives depuis le XVII<sup>e</sup> siècle

Hêtre / Chêne / Pin maritime / Pin sylvestre



# SMCA vs APPROCHES PALÉO TRADITIONNELLES



a  
b  
c  
d  
e  
f  
g  
h  
i  
j  
k  
l  
m

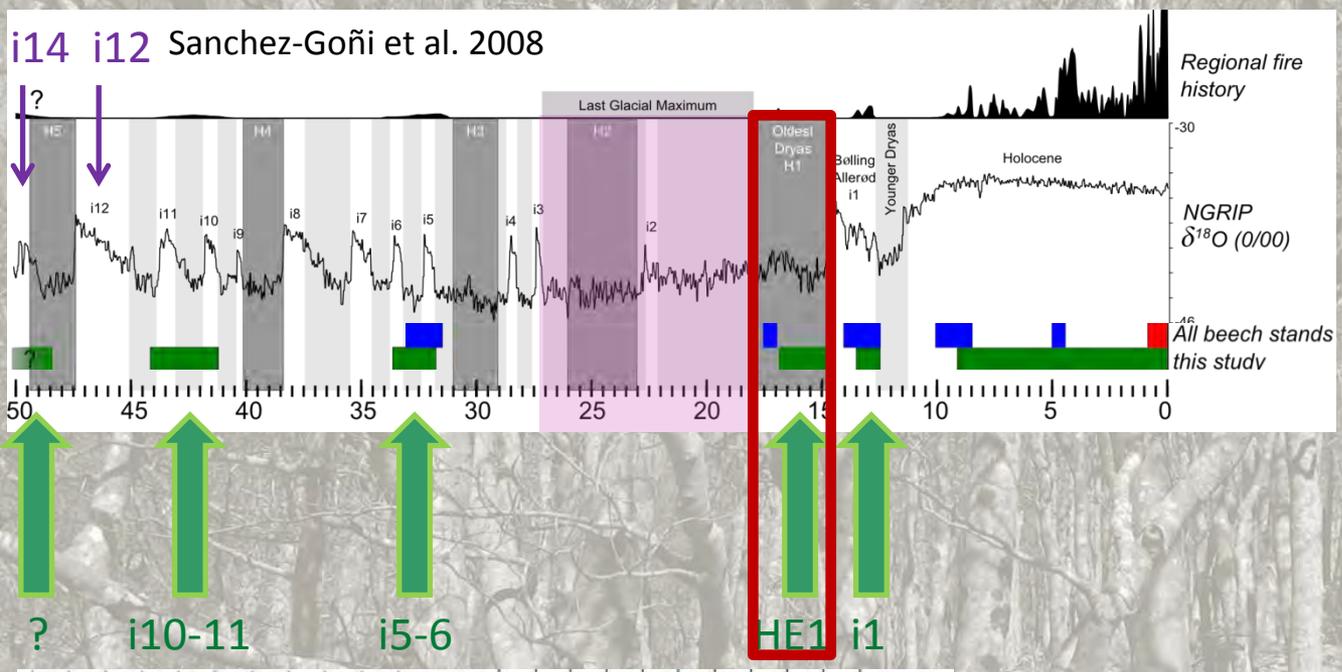
Données paléo publiées  
(Reille 1993, Diot & Tastet  
1995, Bertran *et al.* 2009, 2011,  
Faure & Galop 2011, Sitzia *et al.*  
*in prep*)

Cette étude

Cumul de toutes les  
données régionales

de Lafontaine *et al.* soumis

# QUELQUES INTERPRÉTATIONS

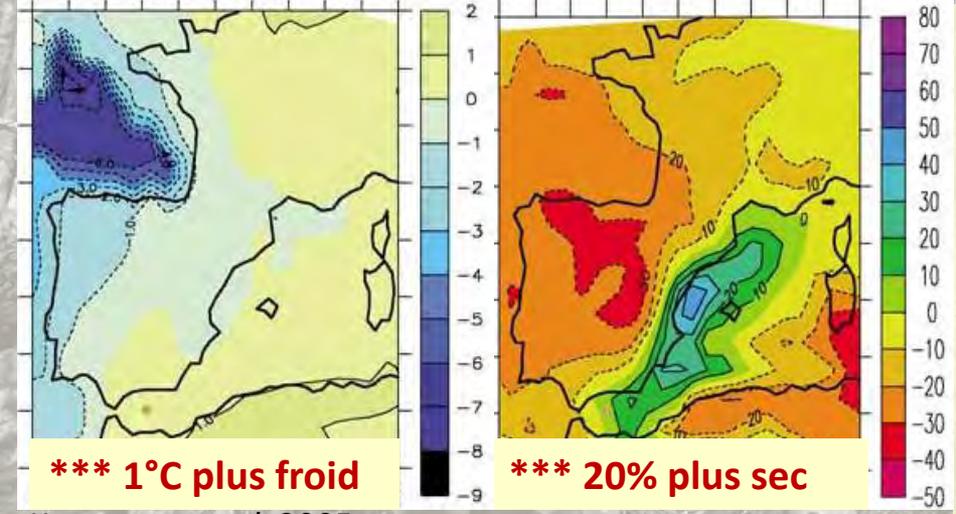


Pas de hêtre au maximum glaciaire (3 scénarios *a priori*)

~~1. Absent pendant le glaciaire~~

2. Intermittent (dynamique millénaire)

3. Microrefuges



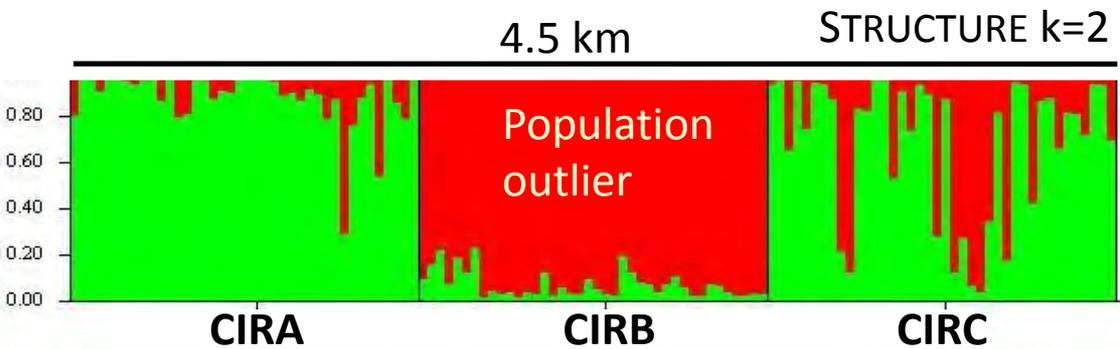
Kageyama et al. 2005

HE1 dans l'ouest européen: climat moins favorable par rapport au maximum glaciaire

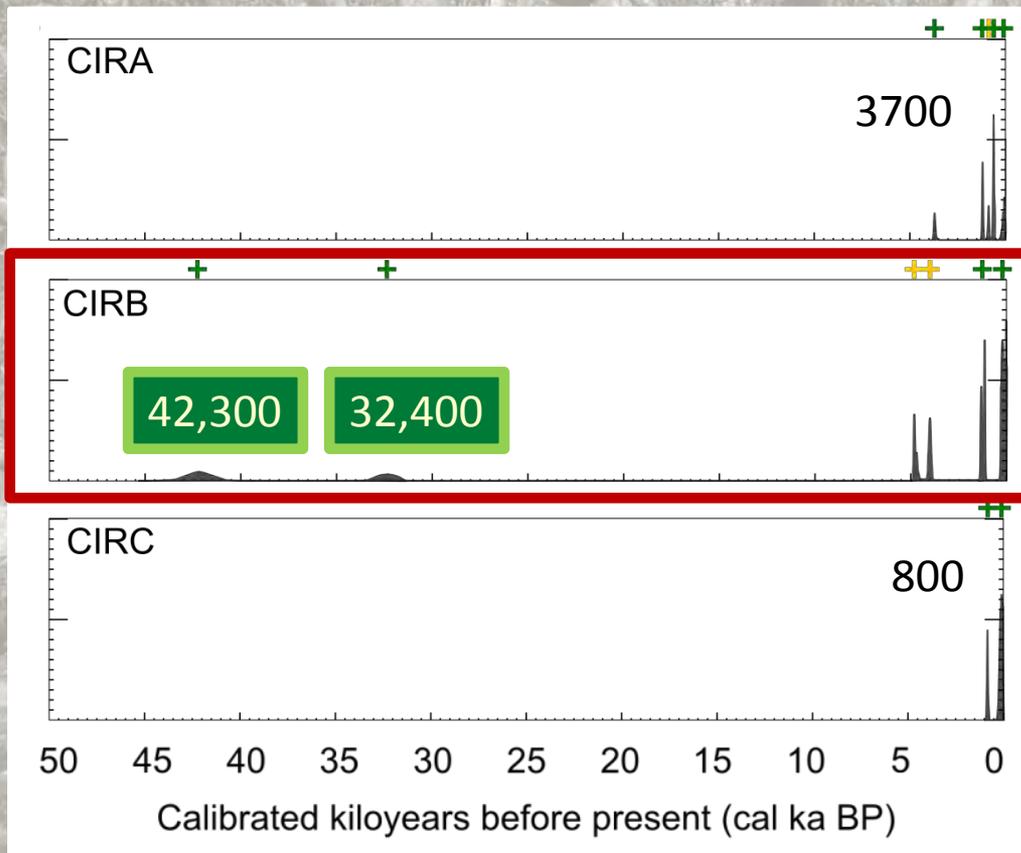
(Kageyama et al. 2005, Fletcher & Sanchez Goni 2008, Clark 2012)

c'est la seule hypothèse qui explique la structure génétique!

# APPROCHE INTÉGRÉE (Exemple du Ciron)



La structure génétique et les données paléo au Ciron suggèrent que CIRB pourrait être un microrefuge glaciaire.



# MERCI

L'an prochain les résultats du projet:

**Genomic admixture of a progenitor-  
derivative spruce species pair**



# METHODS: SOIL MACROFOSSIL CHARCOAL ANALYSIS (SMCA) ANALYSE MACROFOSSILE DU CHARBON DU SOL

SOLUTION KOH ou  $\text{Na}_2\text{PO}_4$



TAMISAGE HUMIDE



TRI



SÉCHAGE



PESÉE

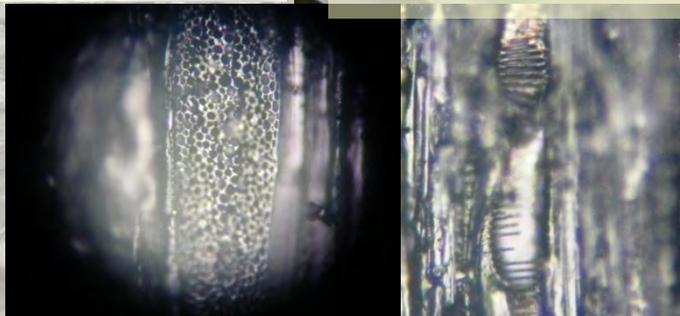


IDENTIFICATION

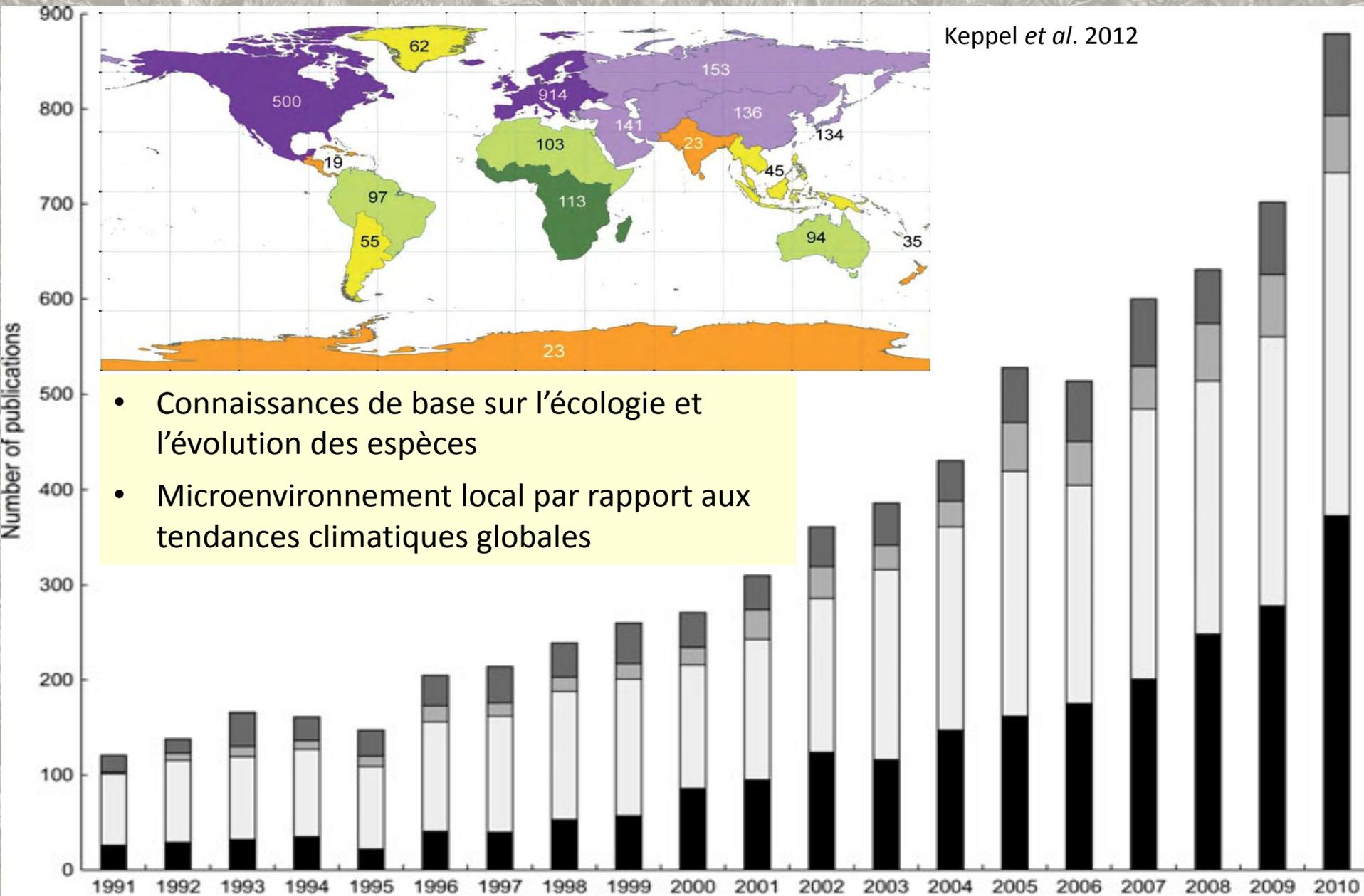


+ un **film** décrivant la méthode optimisée à voir absolument!!!

DATATION AU RADIOCARBONE



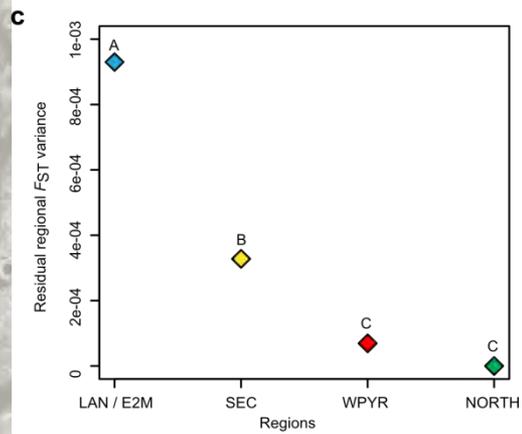
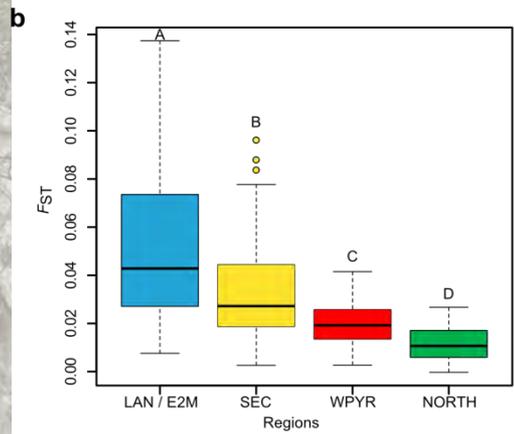
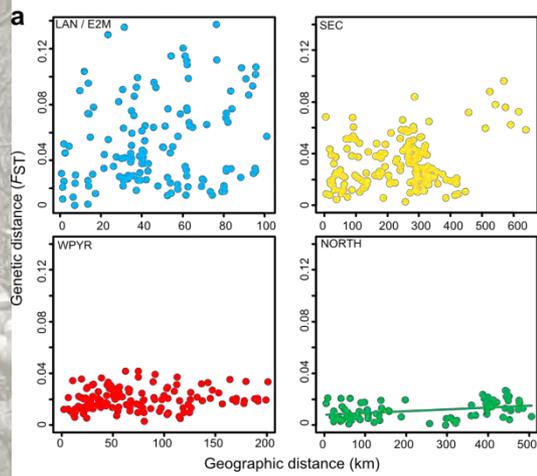
# THÉORIES DES REFUGES GLACIAIRES



Keppel et al. 2012

- Connaissances de base sur l'écologie et l'évolution des espèces
- Microenvironnement local par rapport aux tendances climatiques globales

Keppel & Wardell-Johnson 2012

SGS analysis: geographical regions defined *a priori*

Conservative SGS analysis: Bayesian clusters with outlier populations removed

