

Journée suisse de l'arbre 2019

Jeudi 28 novembre

Colloque « Parlons chênes ! »

HEPIA, aula Georges Charpak
rue de la Prairie 4, 1202 Genève


Evolution et adaptation des chênes aux changements climatiques passés et futurs

Antoine Kremer

université
de BORDEAUX

biogeco

INRA
SCIENCE & IMPACT



Journée suisse de l'arbre 2019

Jeudi 28 novembre

Colloque « Parlons chênes ! »

HEPIA, aula Georges Charpak
rue de la Prairie 4, 1202 Genève

De la petite histoire
des gènes
à la grande histoire
des chênes ...

Antoine Kremer

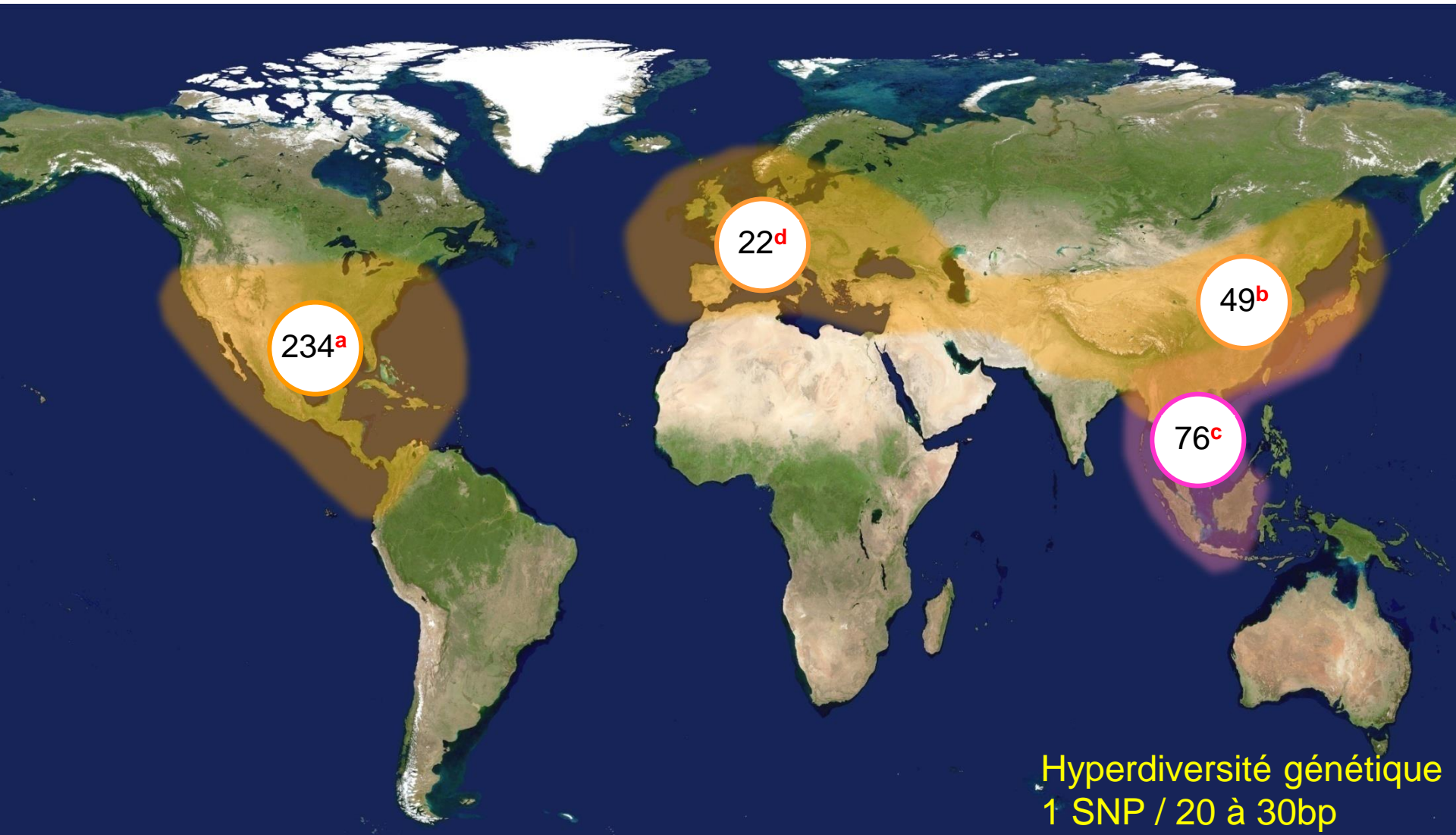
université
de BORDEAUX

biogeco

INRA
SCIENCE & IMPACT

LES CHENES : LE GENRE *QUERCUS*

(≈ 350 espèces)



Hyperdiversité génétique
1 SNP / 20 à 30bp

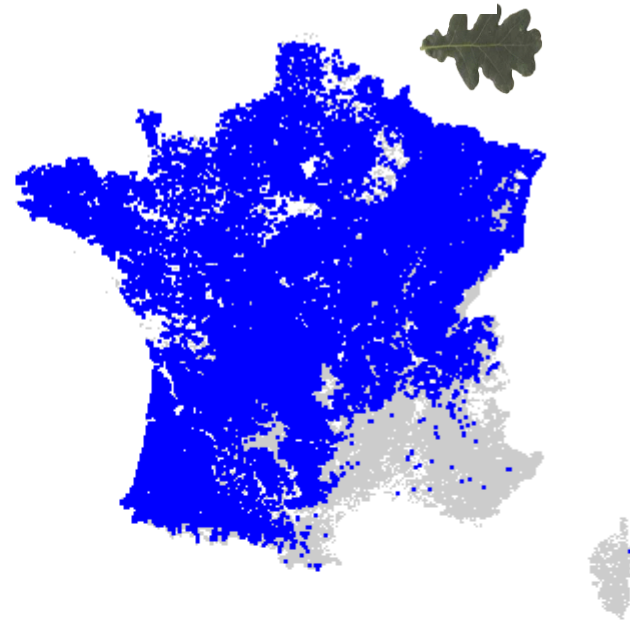
a According to Valencia (2004) and Nixon (1993)
b and **c** : according to Menitsky (1984, 2005)
d: according to Flora europea

Number of species in subgenus *Euquercus*
297 this compilation
346 according to Camus

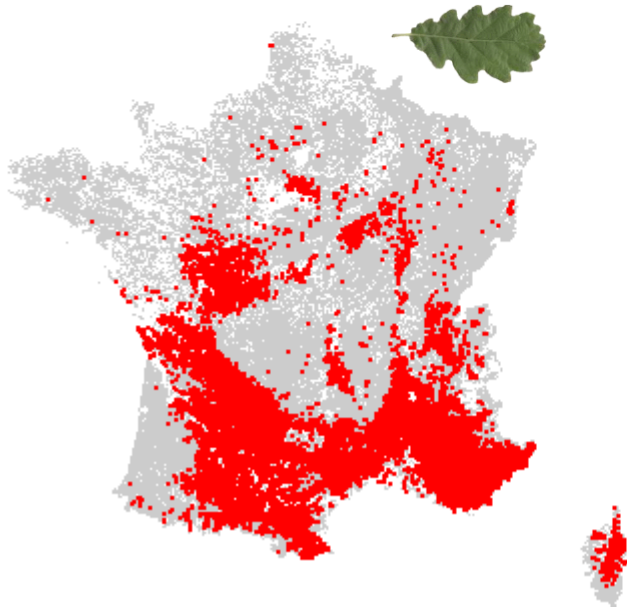
Chêne sessile



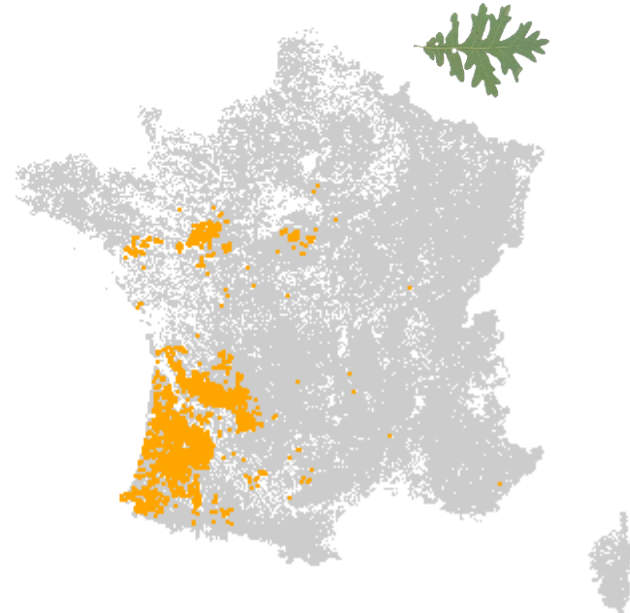
Chêne pédonculé



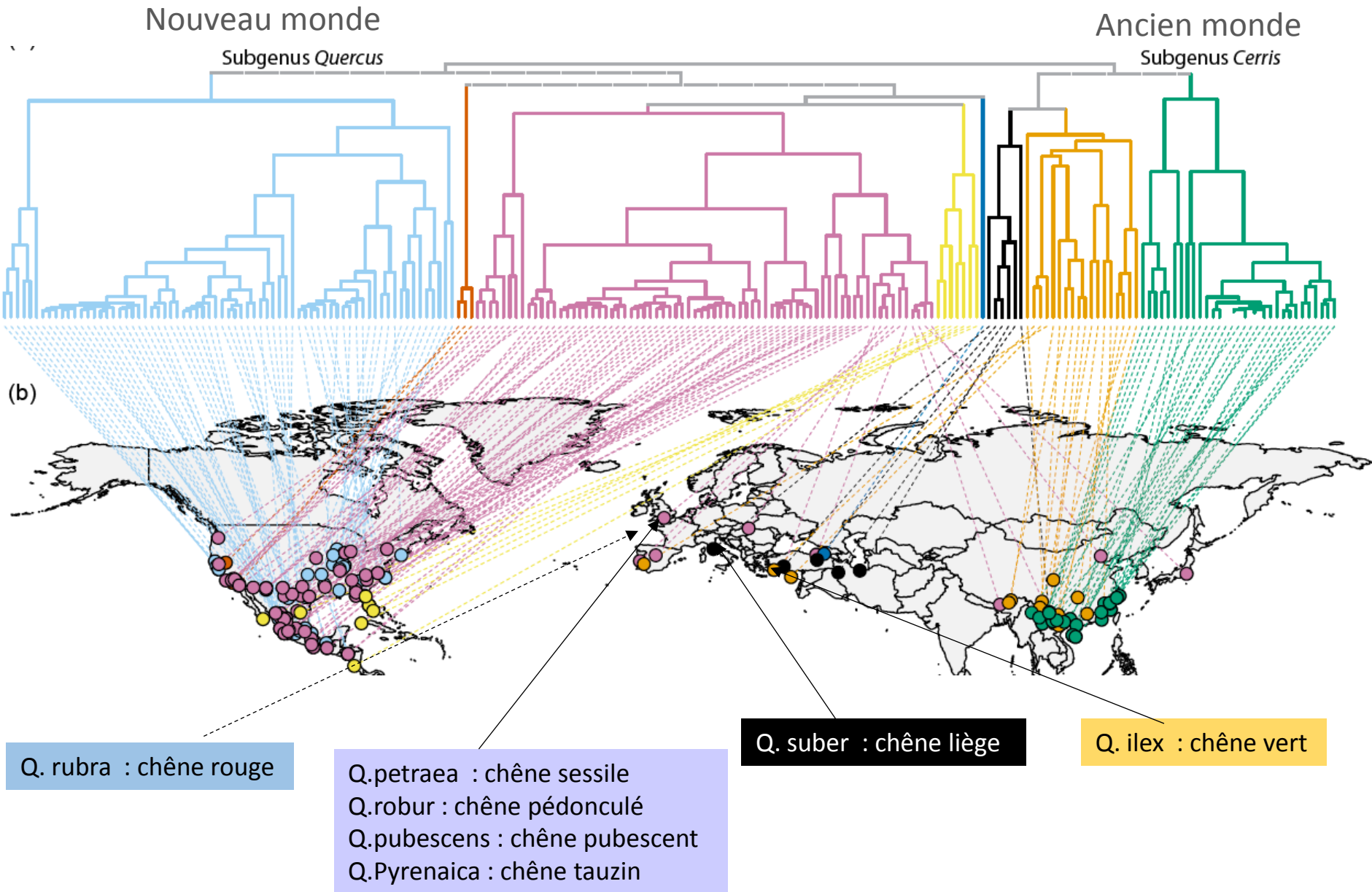
Chêne pubescent



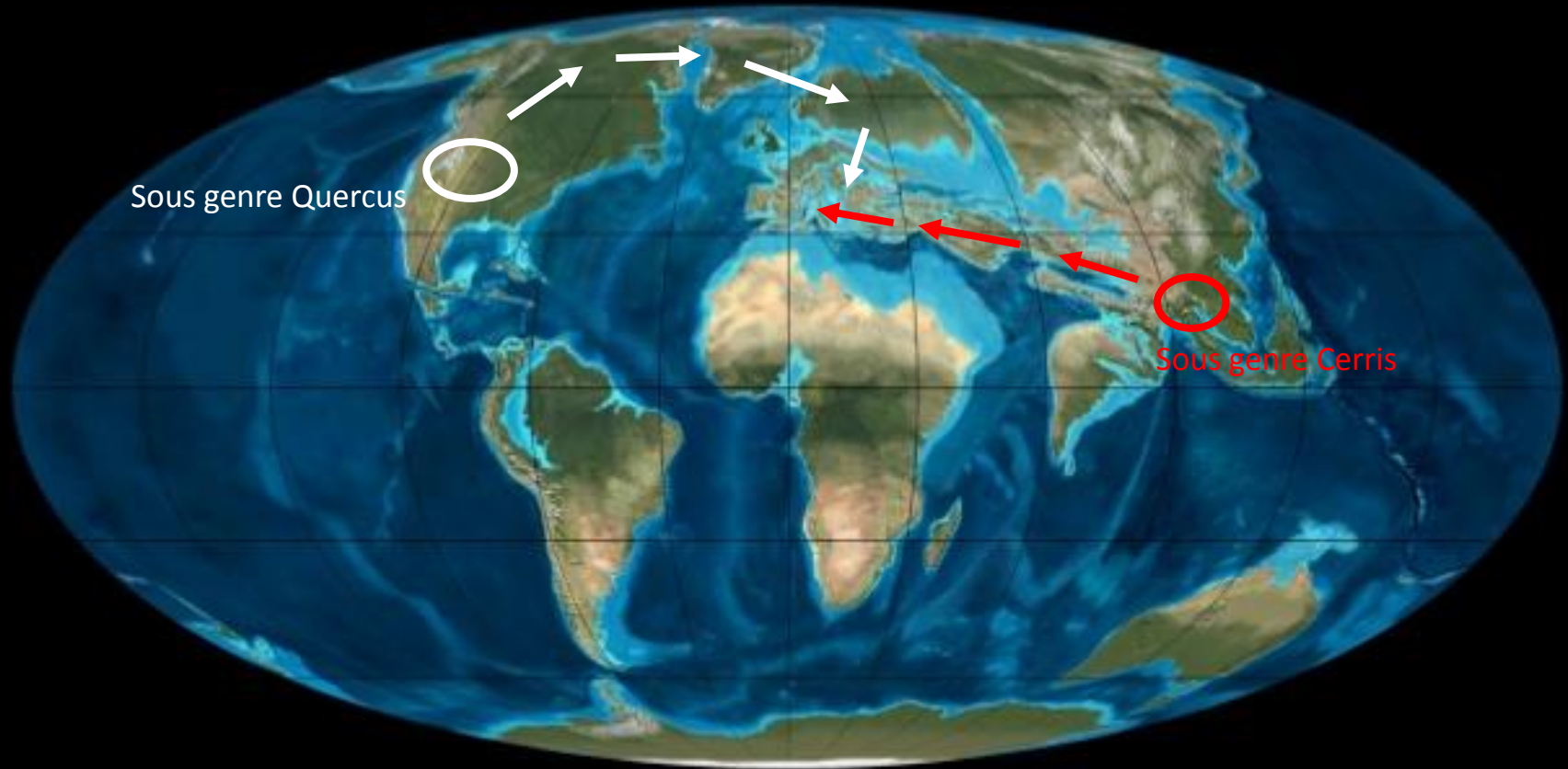
Chêne tauzin



PHYLOGENIE DES CHENES



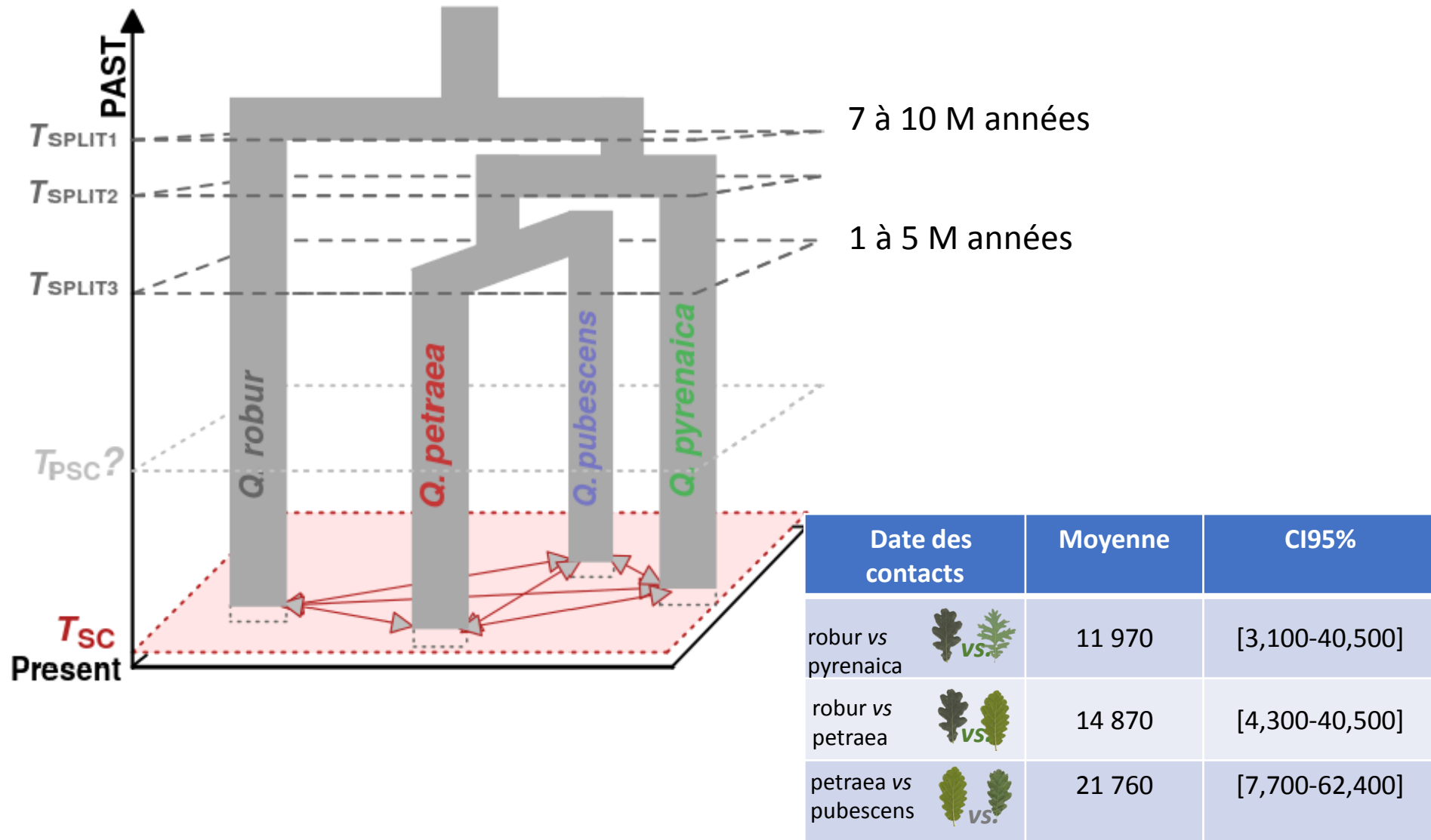
MIGRATION DES CHENES

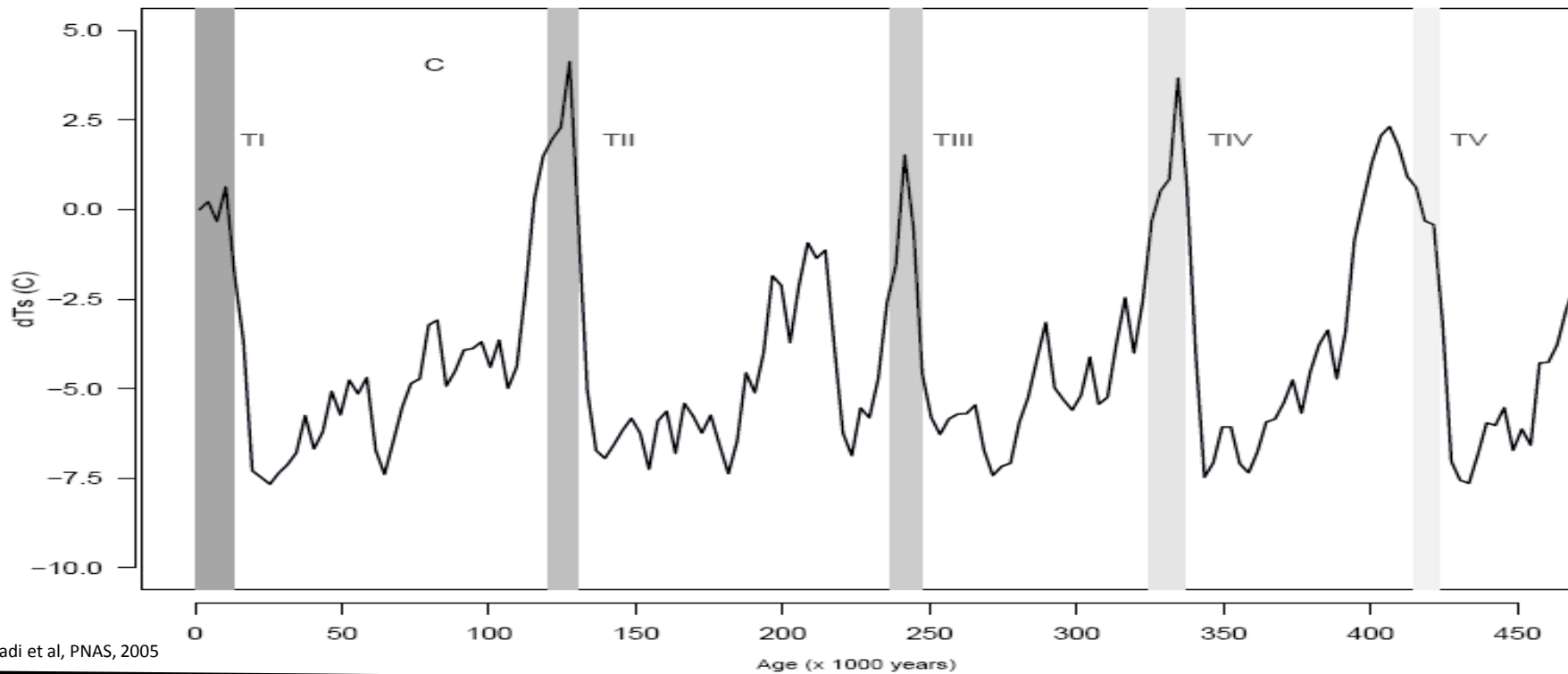


Eocene, 50 M années

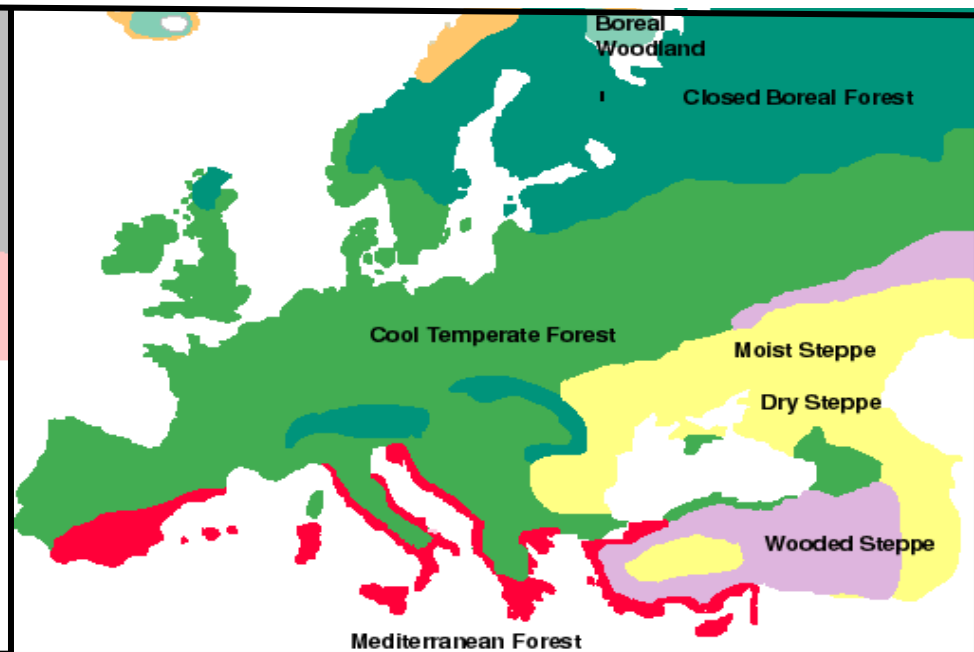
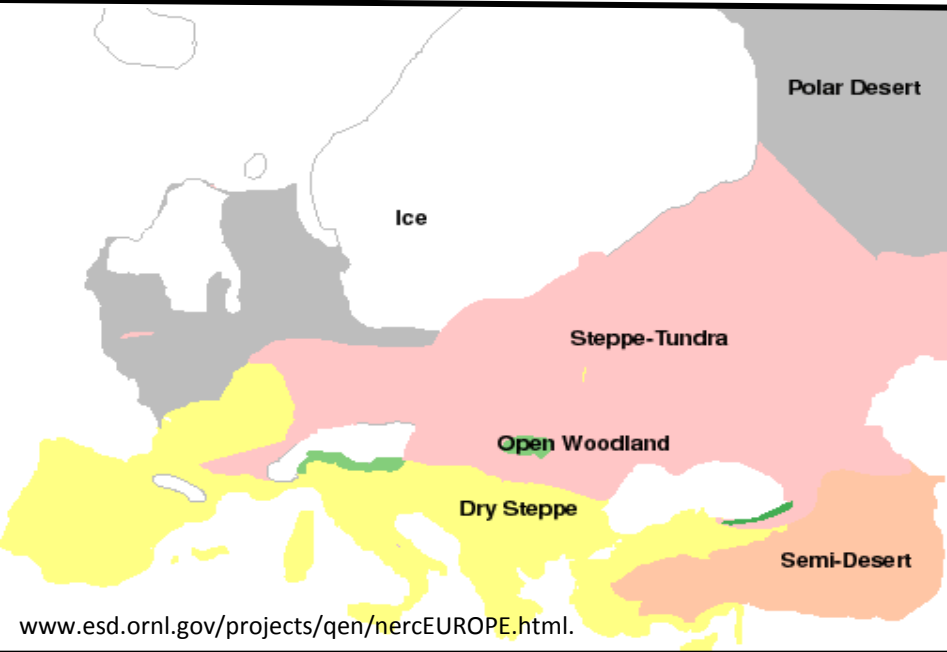
<https://image.slidesharecdn.com/paleomapsen-140307053242-phpapp01/95/earth-paleomaps-history-of-continental-drift-31-638.jpg?cb=1394170789>

EVOLUTION DES CHENES AQUITAINS





Cheddadi et al, PNAS, 2005



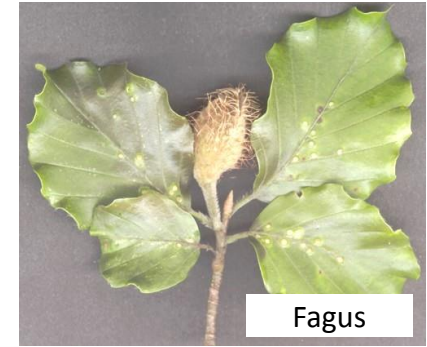
www.esd.ornl.gov/projects/qen/nercEUROPE.html



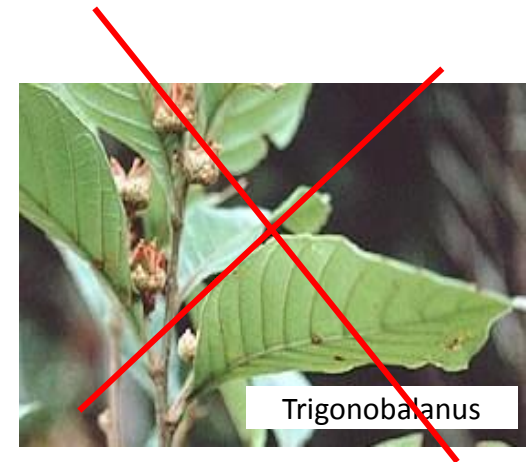
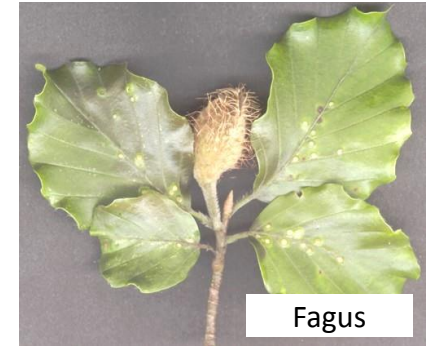
LES LECONS DU PASSE

- EXTINCTIONS DÈS LES PREMIERS CYCLES GLACIAIRES (dus refroidissement et non au réchauffement)
- MIGRATION POST GLACIAIRE EXTRÊMEMENT RAPIDE
- ADAPTATION LOCALE
- HYBRIDATION A FACILITE MIGRATION ET ADAPTATION
- MAINTIEN DE LA DIVERSITÉ

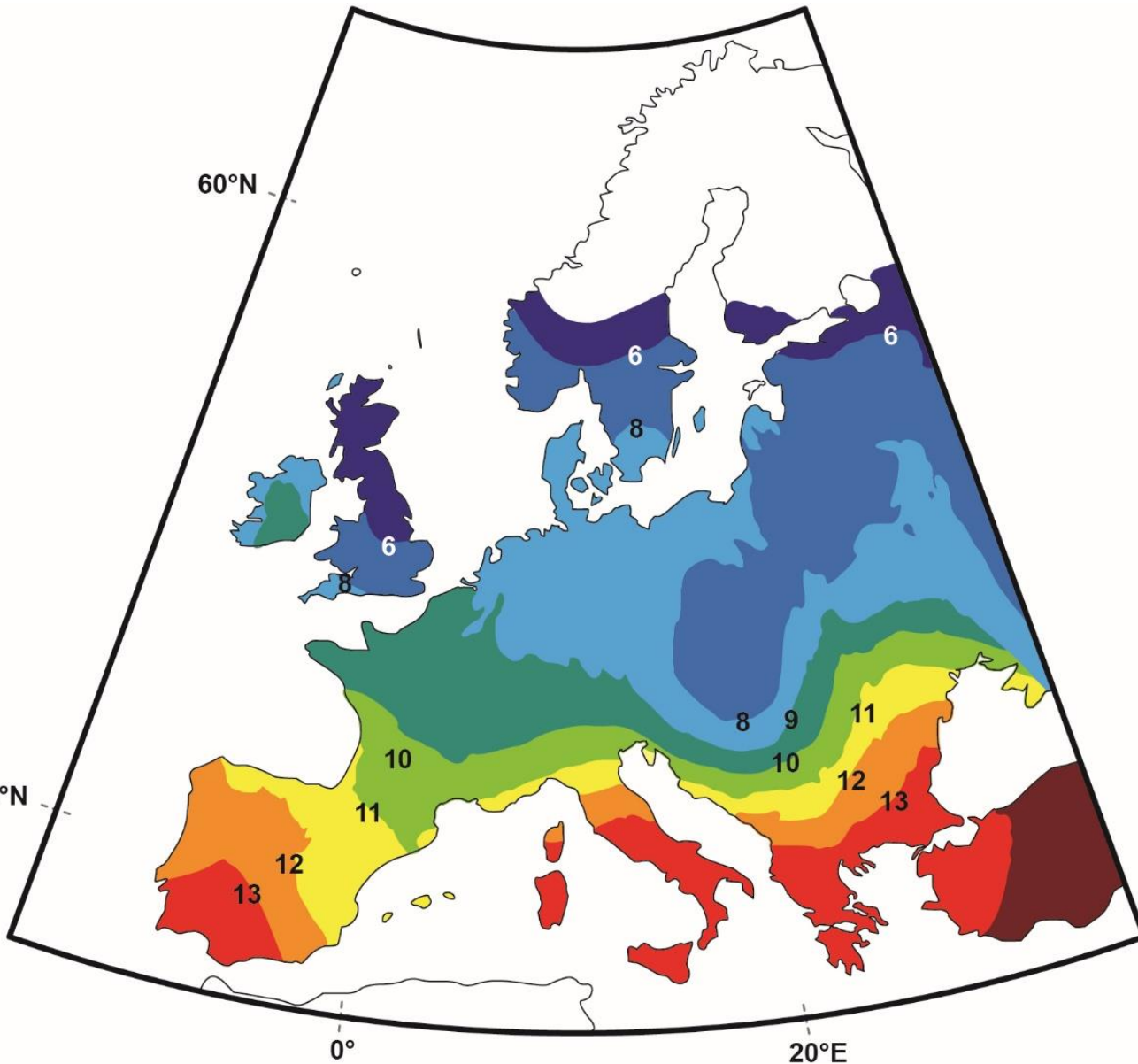
EXTINCTION D'ESPECES AU DEBUT DU QUATERNAIRE (Exemple des Fagacées)



EXTINCTION D'ESPECES AU DEBUT DU QUATERNAIRE (Exemple des Fagacées)



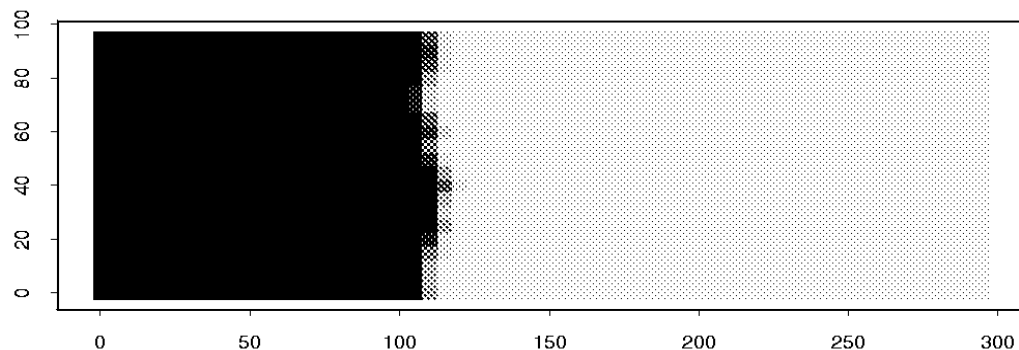
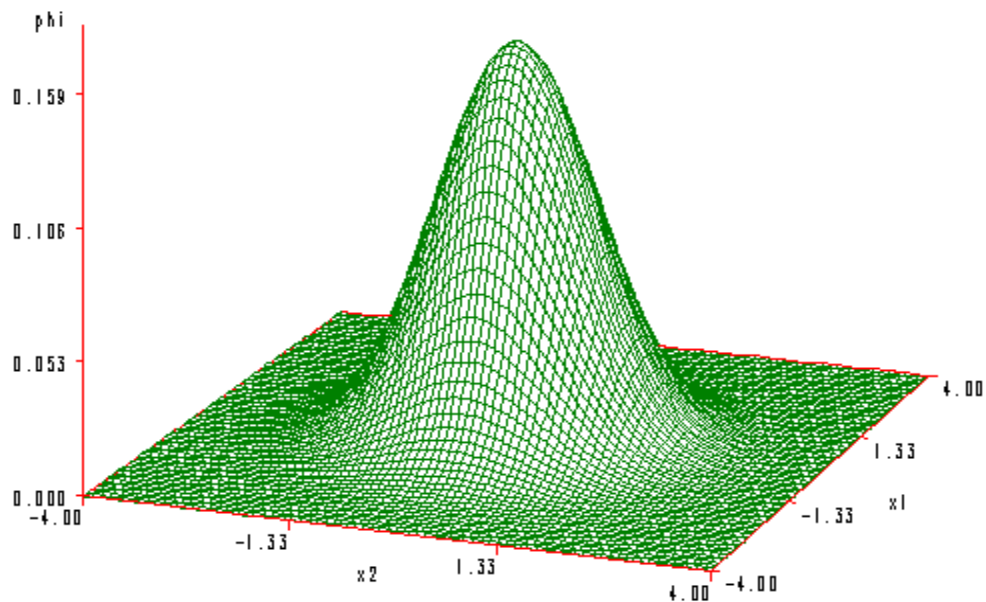
CARTE ISOPOLLINIQUE DES CHENES (Tranche de 1000ans)



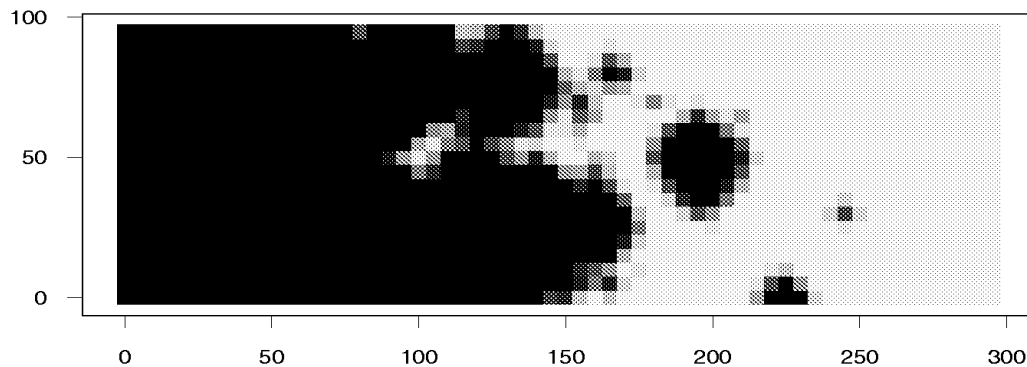
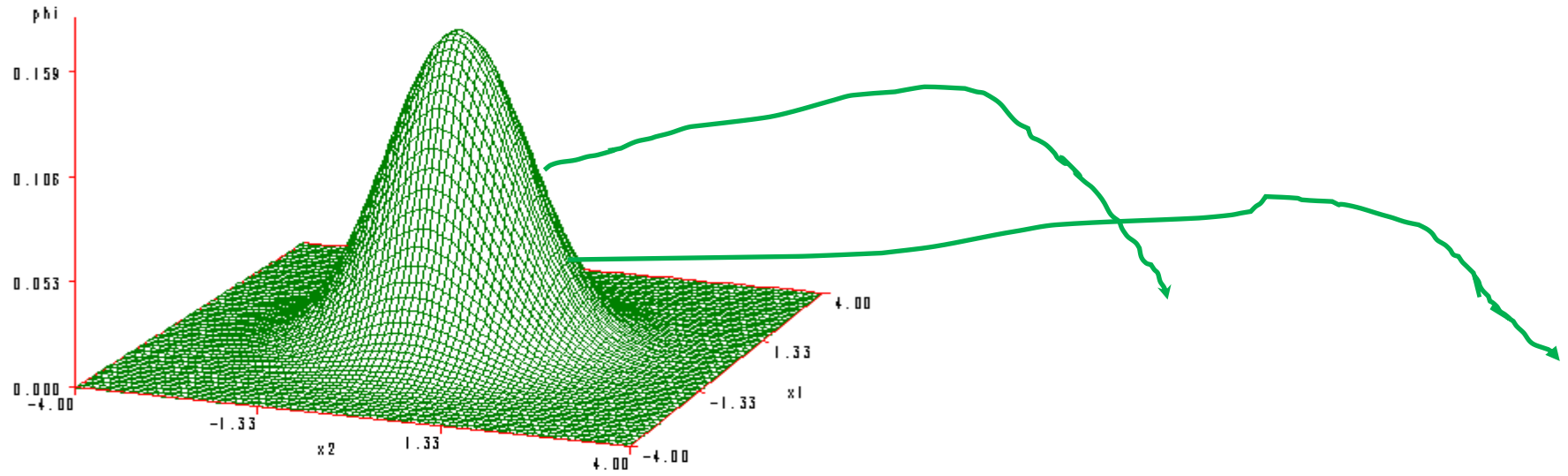
**EN MOYENNE LA VITESSE
DE MIGRATION ÉTAIT DE
400m./an**

HYPOTHESE 2: MIGRATION PAR SAUT DE PUCE

SCENARIO 1 : DISPERSION PAR DIFFUSION

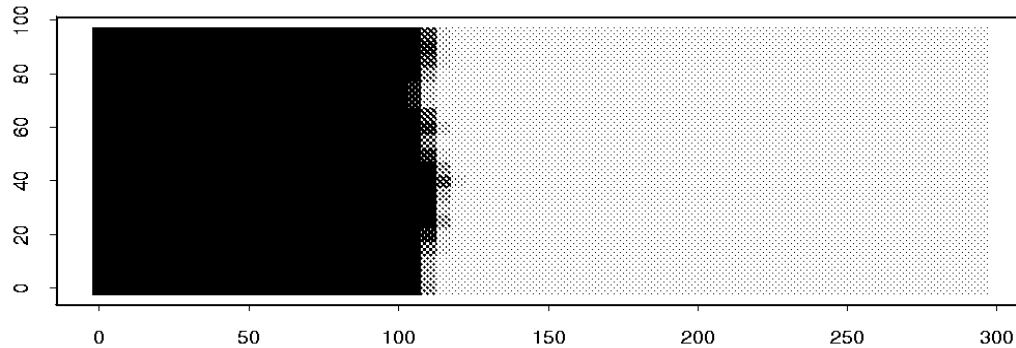


SCENARIO 2: DIFFUSION + DISPERSION A LONGUE DISTANCE



COMPARAISON DES DEUX STRATEGIES DE DISPERSION

vitesse = 100 mètres/an

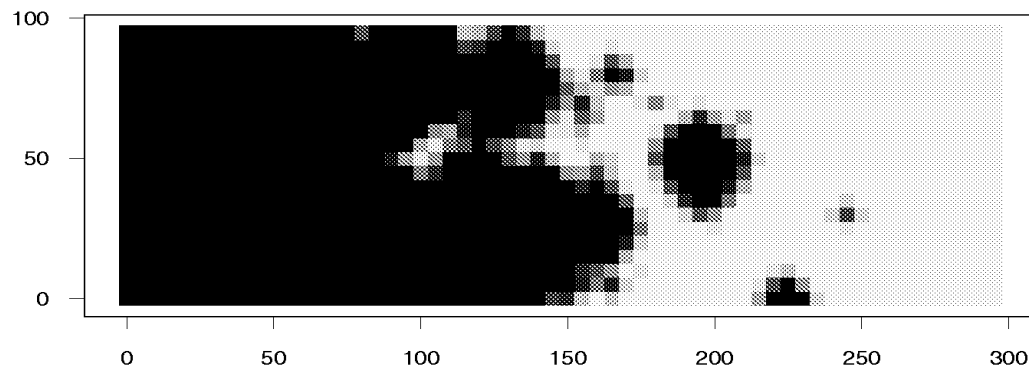


1. Diffusion

Loi de dispersion =

$N(0, \text{sd1} = 250 \text{ m})$

vitesse = 400 mètres/an



2. Diffusion + dispersion

à longues distances

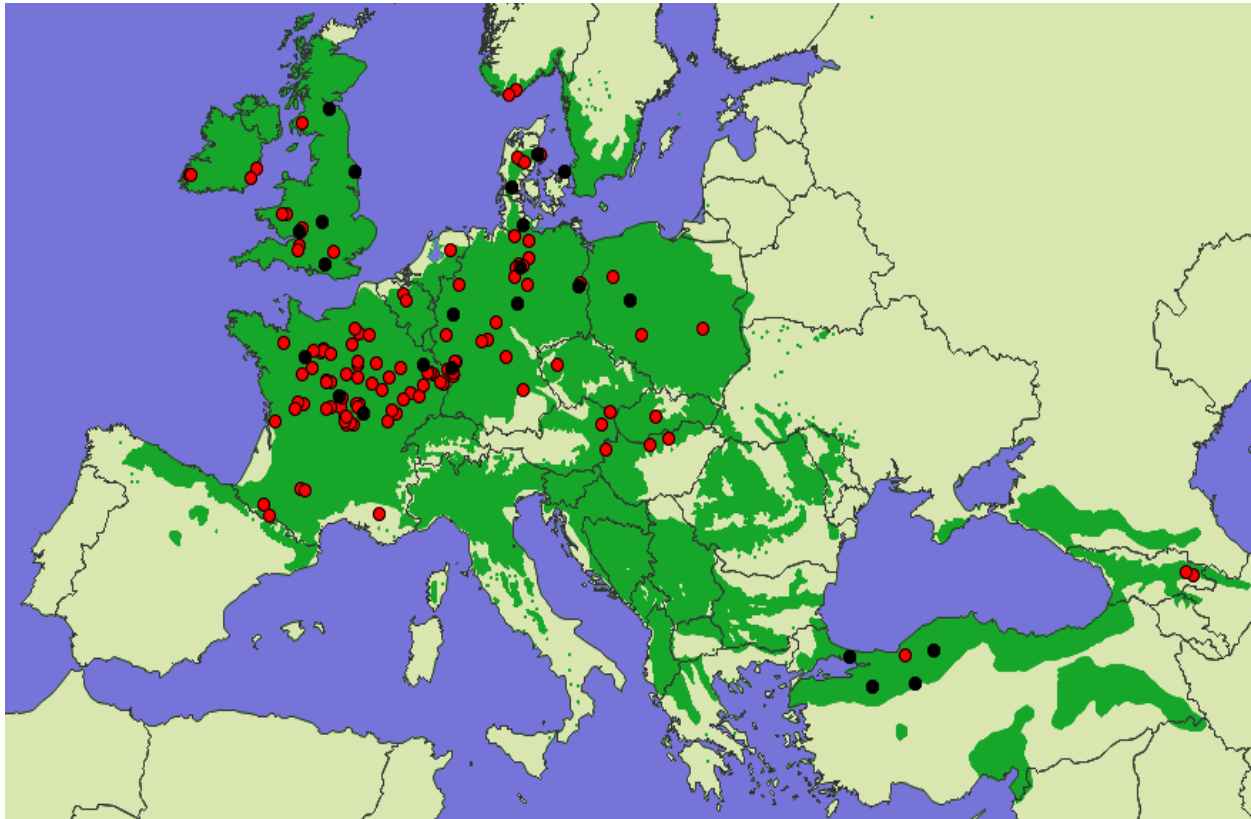
Loi de dispersion =

$N(0, \text{sd1} = 250 \text{ m})$

+ $5 \cdot 10^{-6} N(0, \text{sd2} = 50 \text{ km})$

ADAPTATION LOCALE..

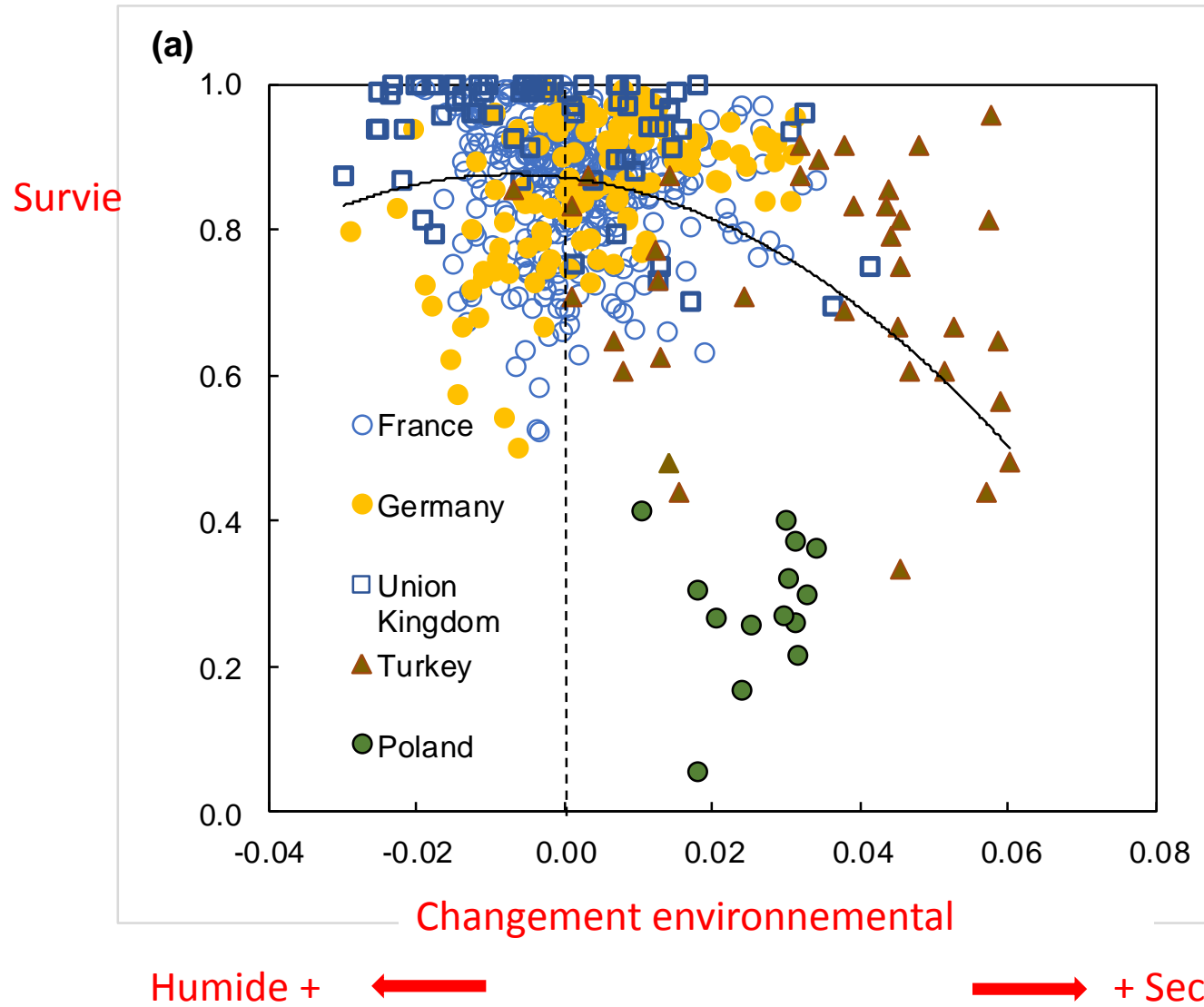
Les tests de provenances



116 Pops, 23 sites

Survie

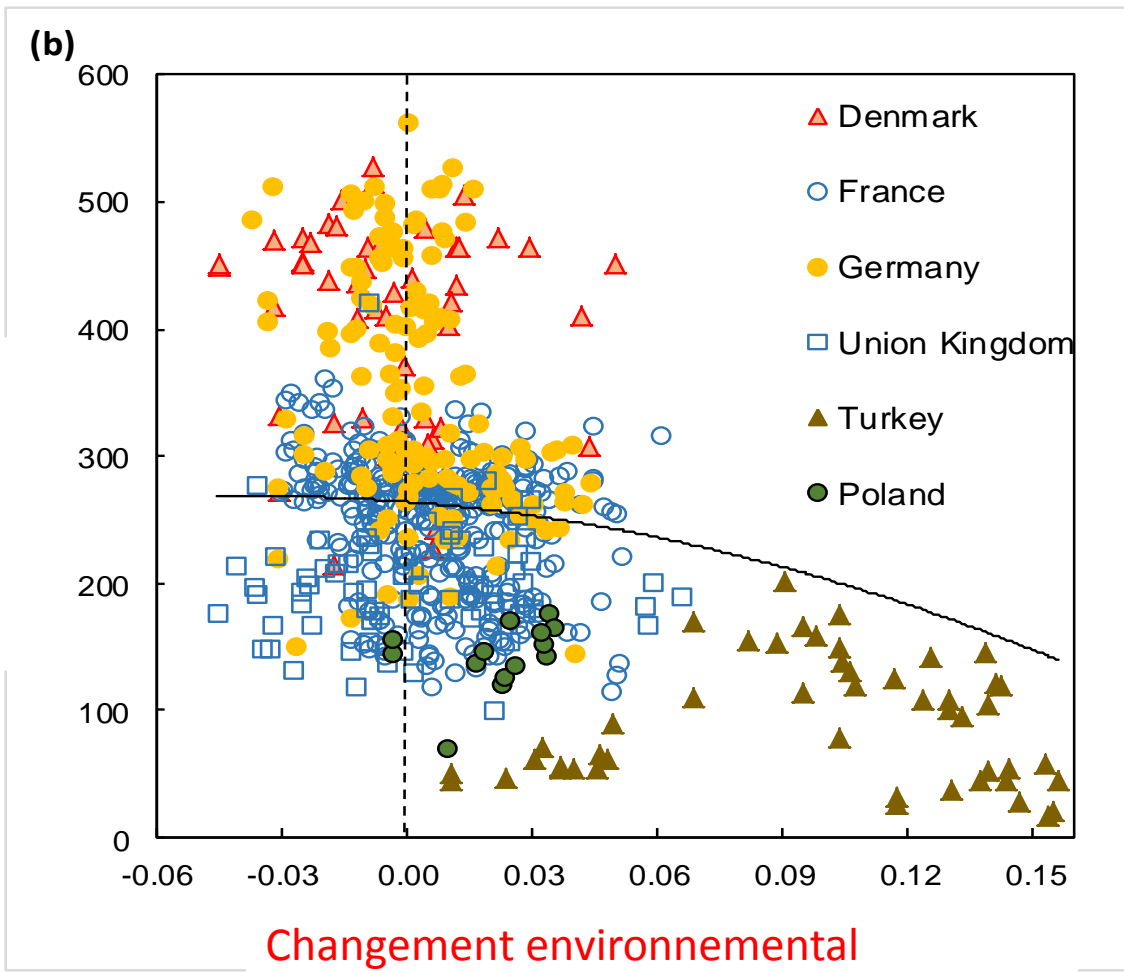
Les provenances locales ont meilleure survie que les provenances venant d'ailleurs



Croissance

Les provenances locales ont meilleure croissance que les provenances venant d'ailleurs

Hauteur à 10 ans (cm)

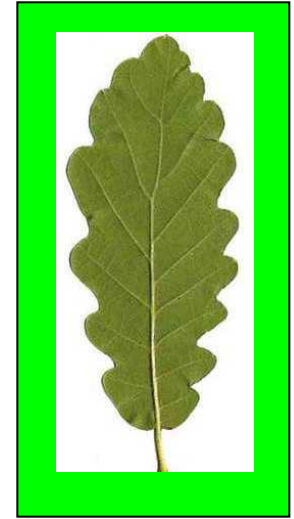
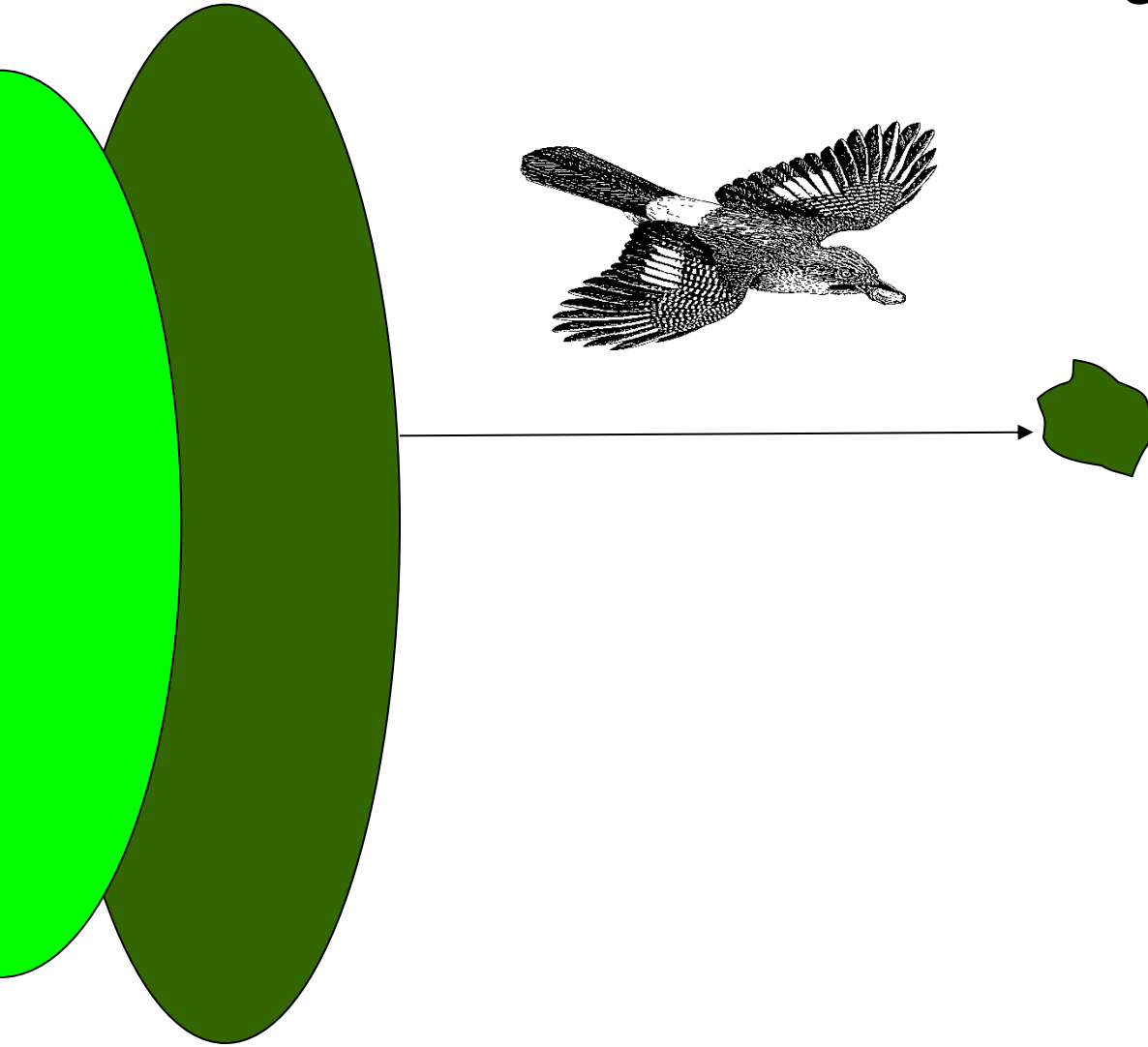


Humide + ←

→ + Sec

HYBRIDATION ET MIGRATION (AUTO STOP)

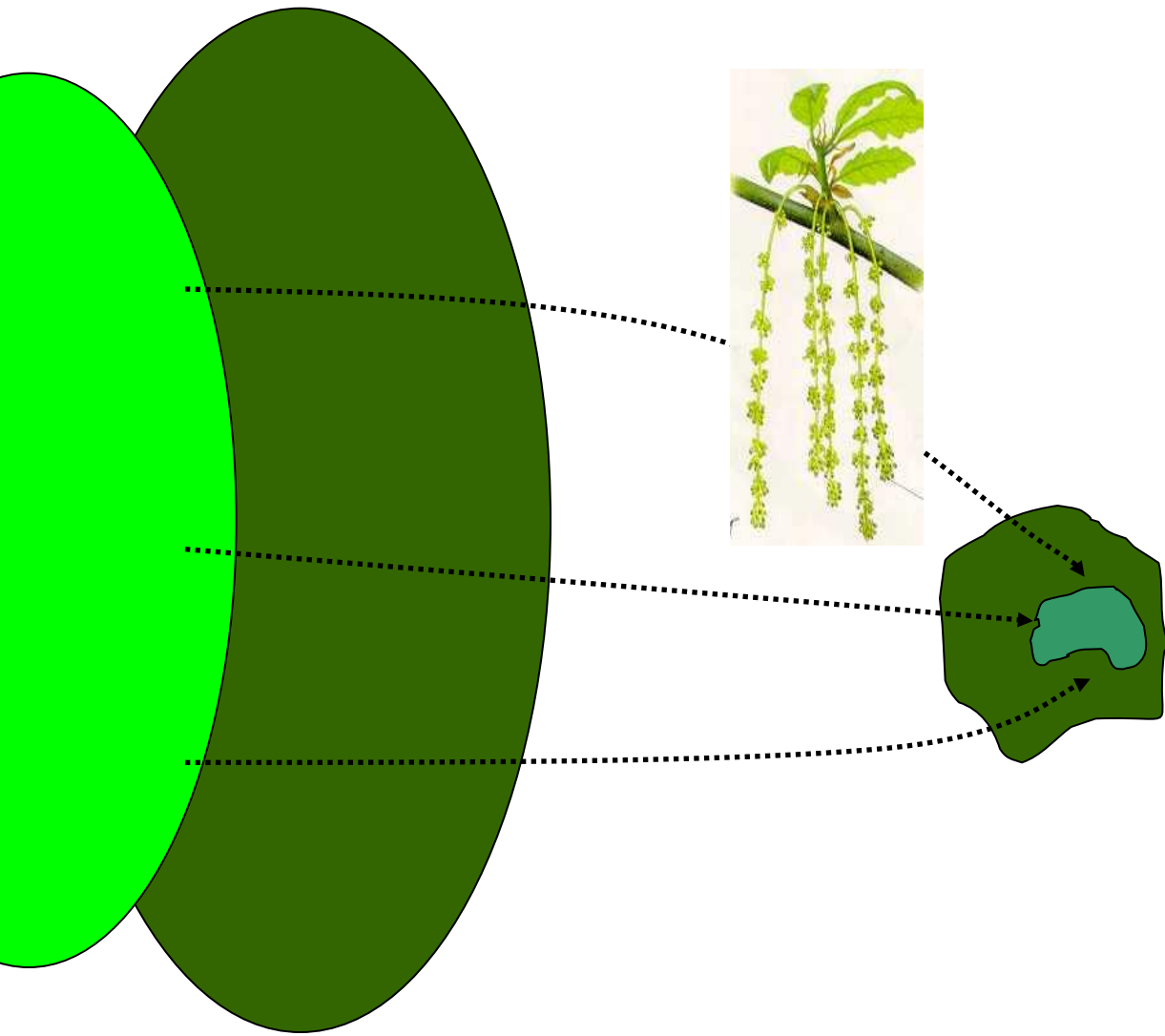
Q. petraea (chêne sessile)



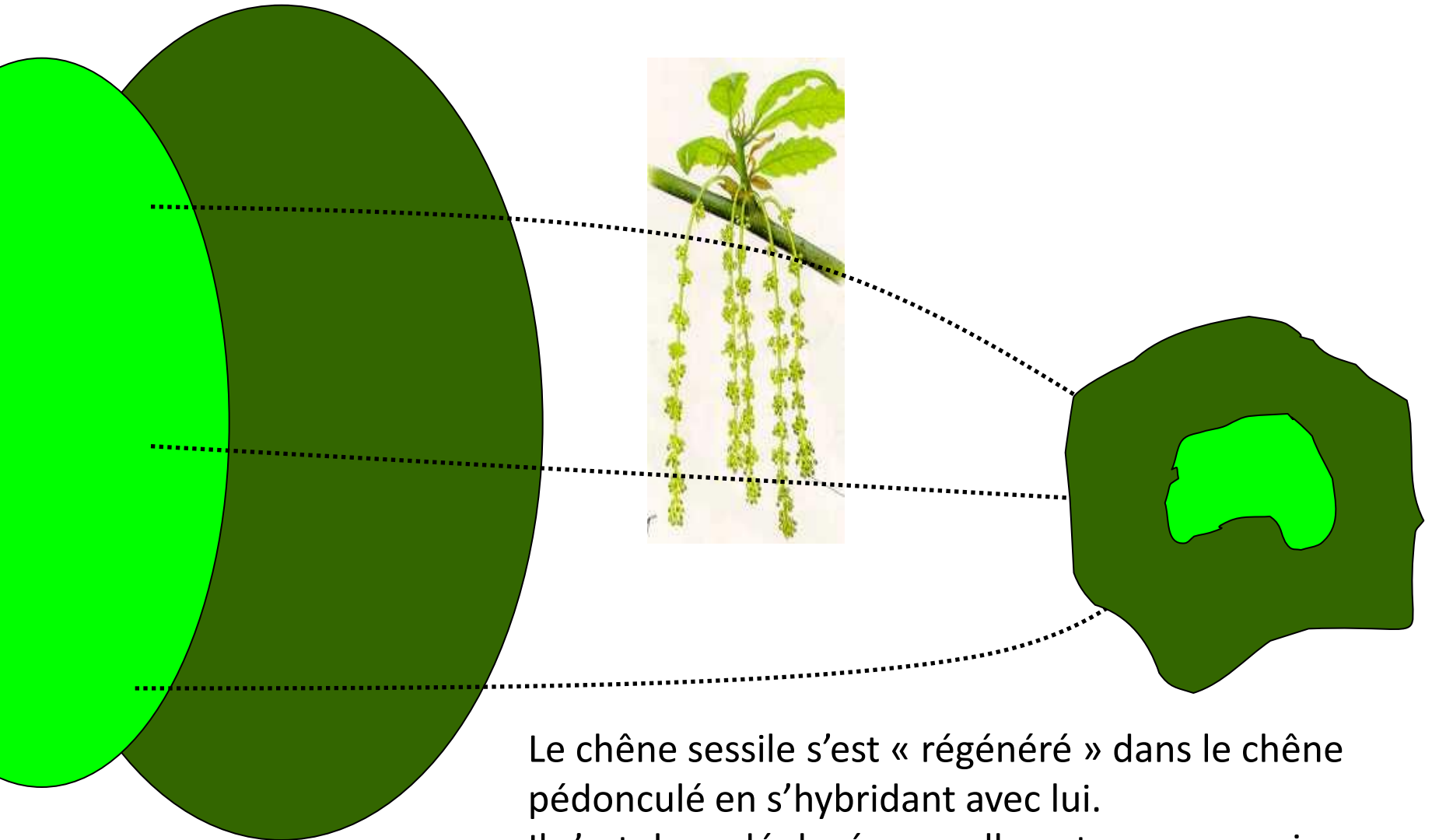
Q. robur (chêne pédonculé)

POLLEN DU CHENE SESSILE

HYBRIDIATION

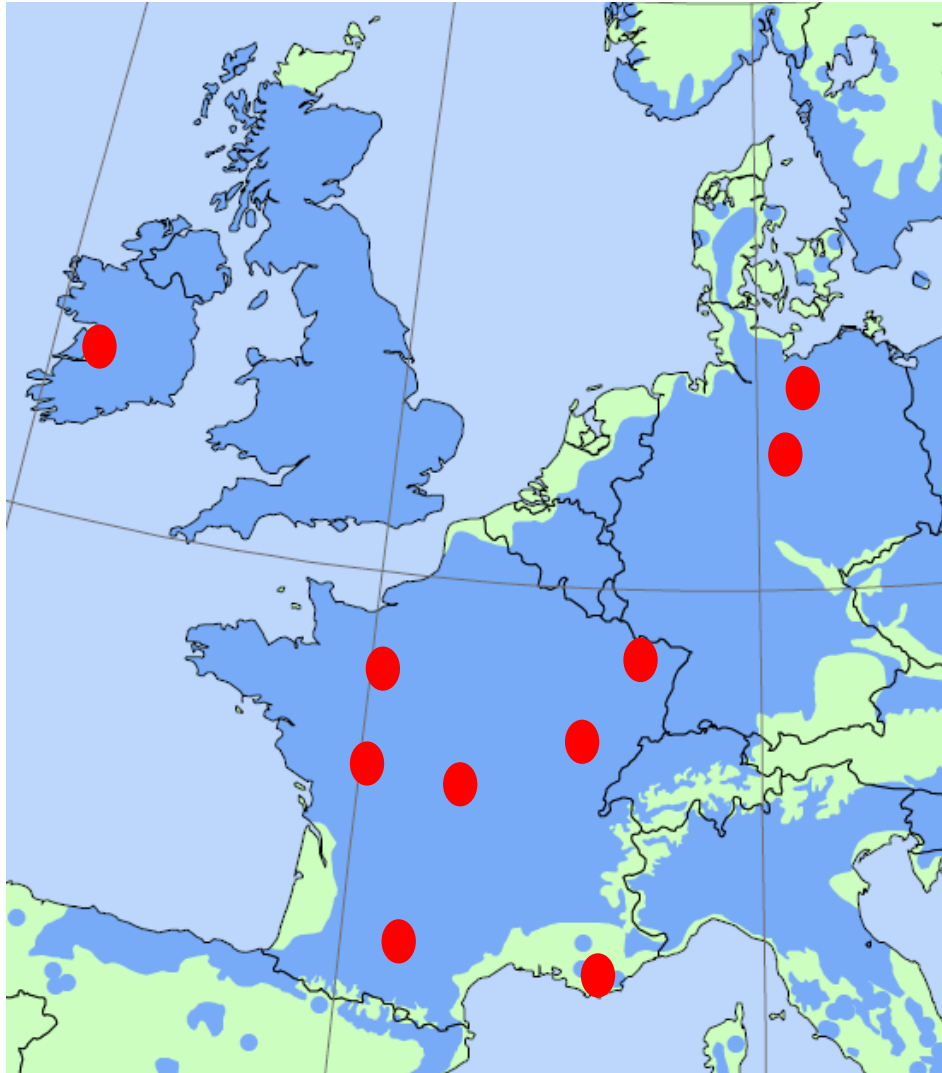


RETROCROISEMENTS ASYMETRIQUES

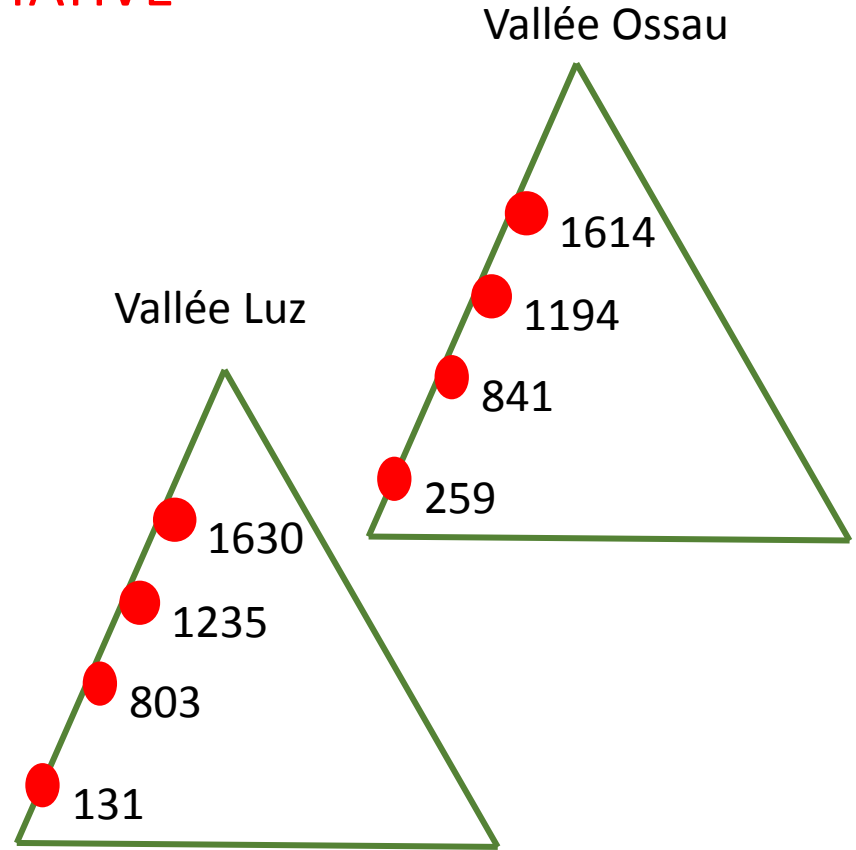


Le chêne sessile s'est « régénéré » dans le chêne pédonculé en s'hybridant avec lui.
Il s'est donc déplacé par pollen et non par graines.
C'est le chêne pédonculé qui l'a emmené avec lui!

HYBRIDATION ET INTROGRESSION ADAPTATIVE

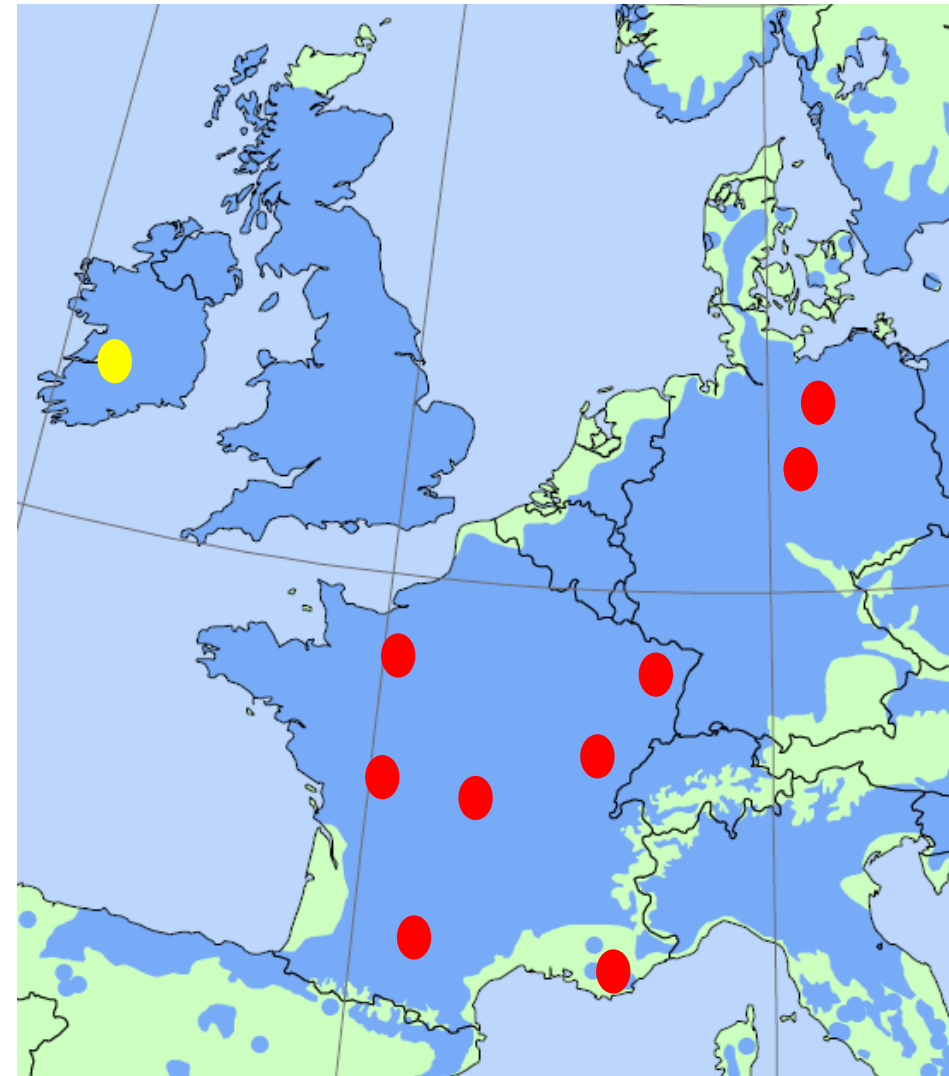


18 Populations
Whole genome sequencing
1.7 million SNPs
Treemix (Prickrell & Pritchard, 2012 Plos Genetics)

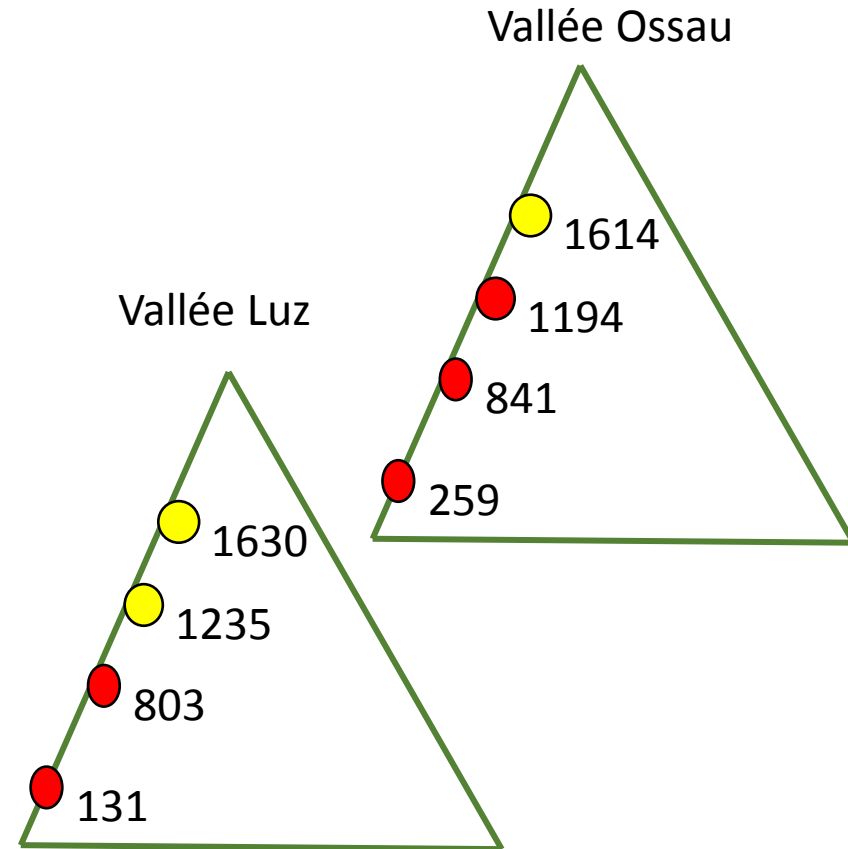


- Quercus robur
- Quercus pubescens
- Quercus pyrenaica

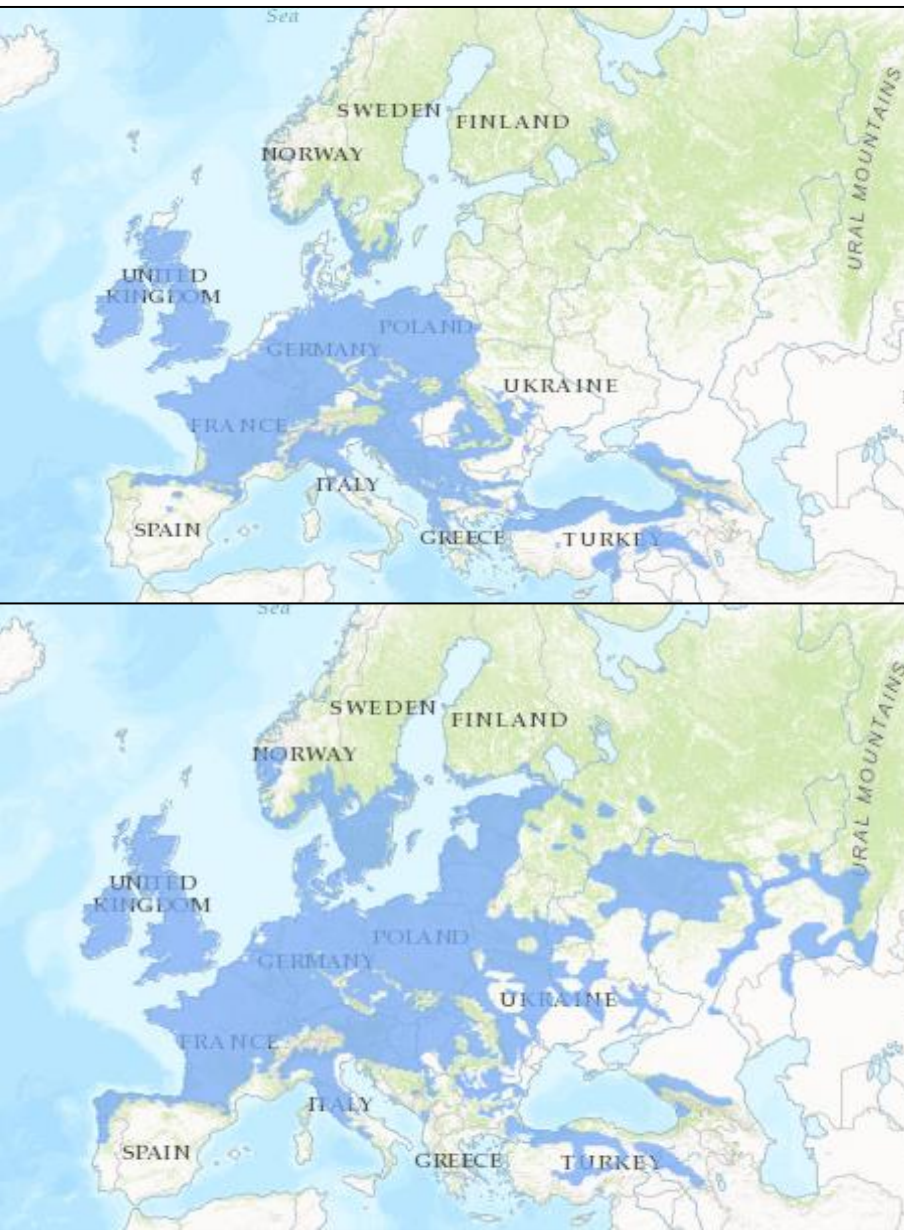
OÙ Y A-T-IL EU INTROGRESSION CHEZ LE SESSILE ET AVEC QUI ??



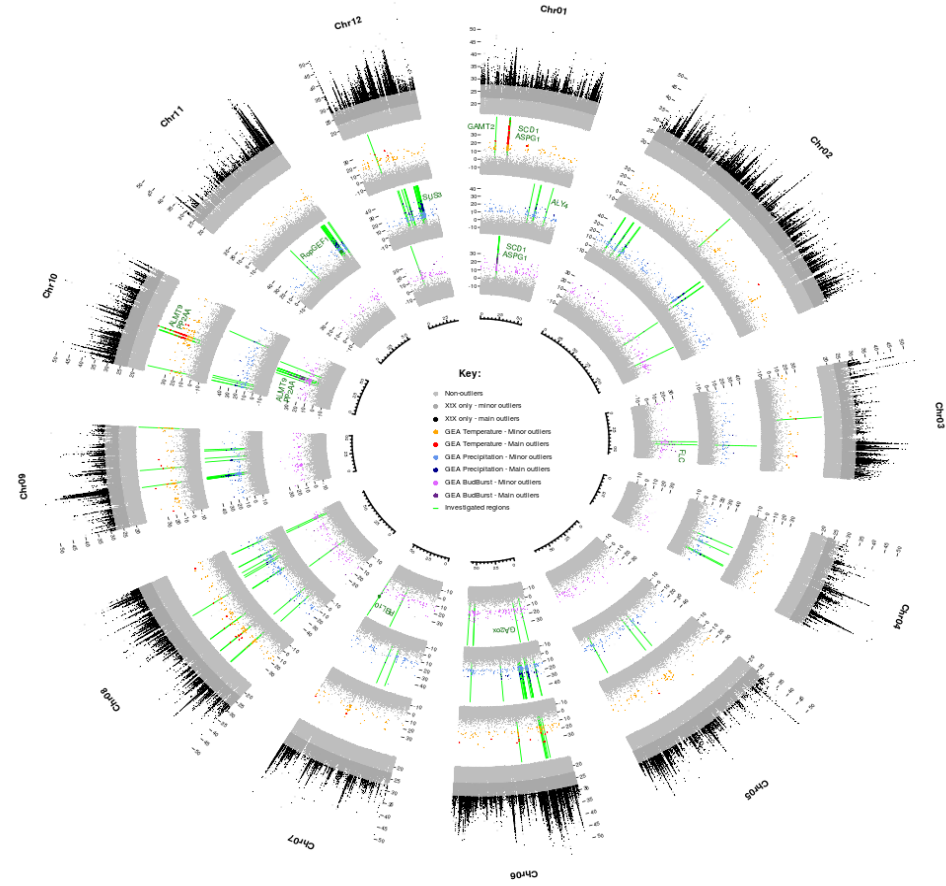
Seulement avec *Q. robur*
Haute altitude.. Haute latitude



GRACE A L'HYBRIDATION, LE CHENE SESSILE A « RECUPERE » CHEZ LE CHENE PEDONCULE LES GENES QUI LUI ONT PERMIS DE S'ADAPTER AU FROID

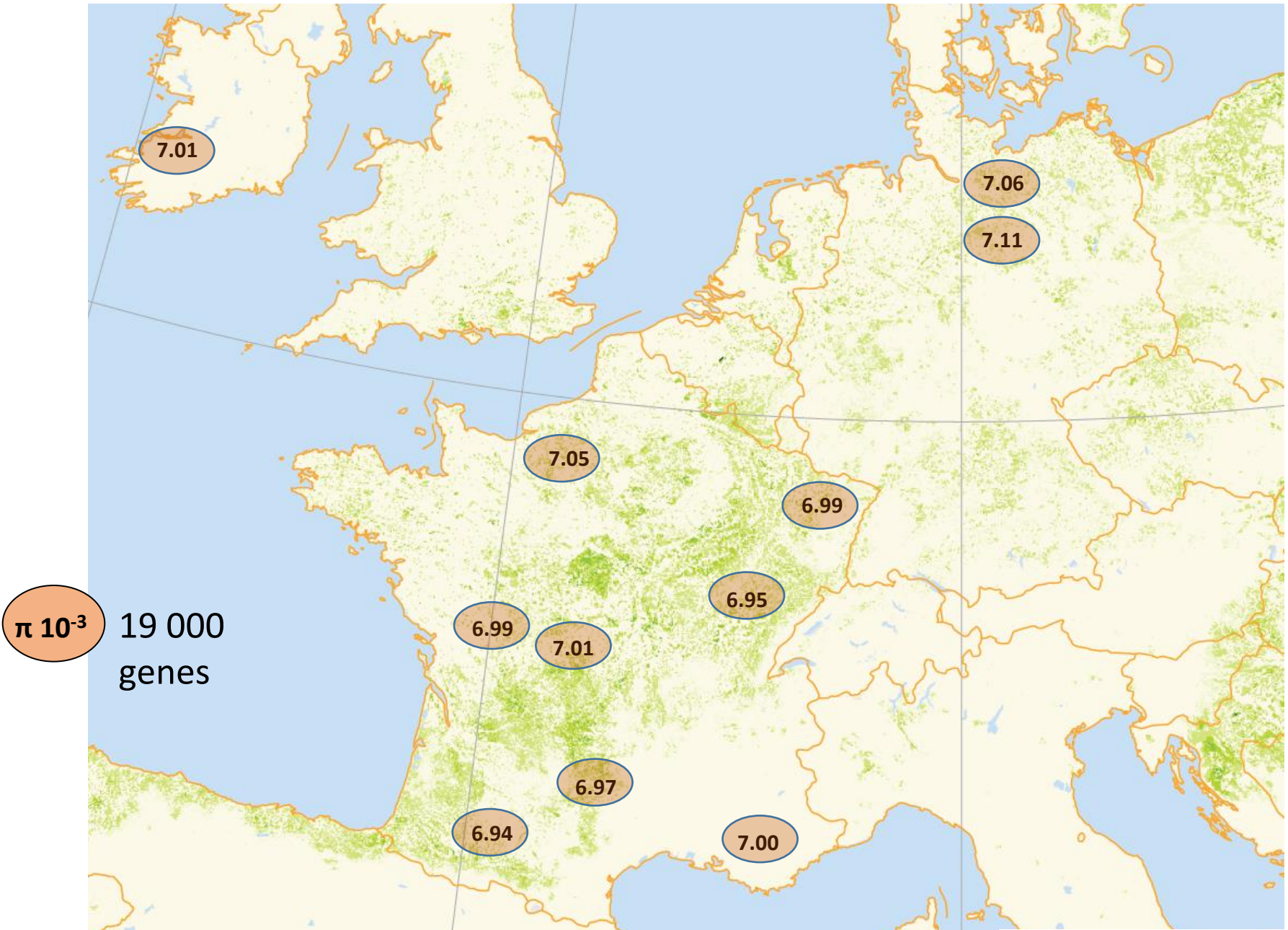


Chêne sessile



Chêne pédonculé

MAINTIEN DE LA DIVERSITE GENETIQUE CHEZ *Q. petraea*



Leroy et al. 2018 (unpublished data)



ET QUID DE L'AVENIR ??

MIGRATION

Comment suivre le déplacement du climat ?

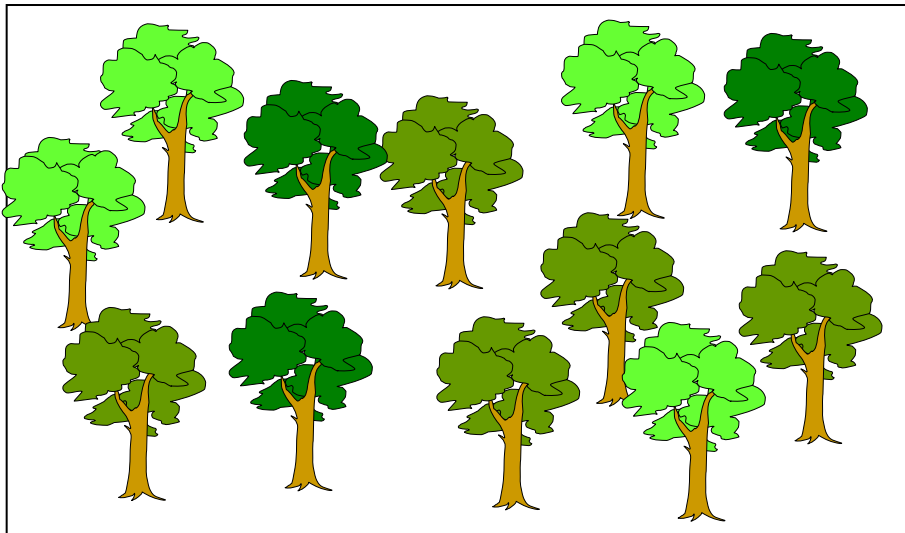
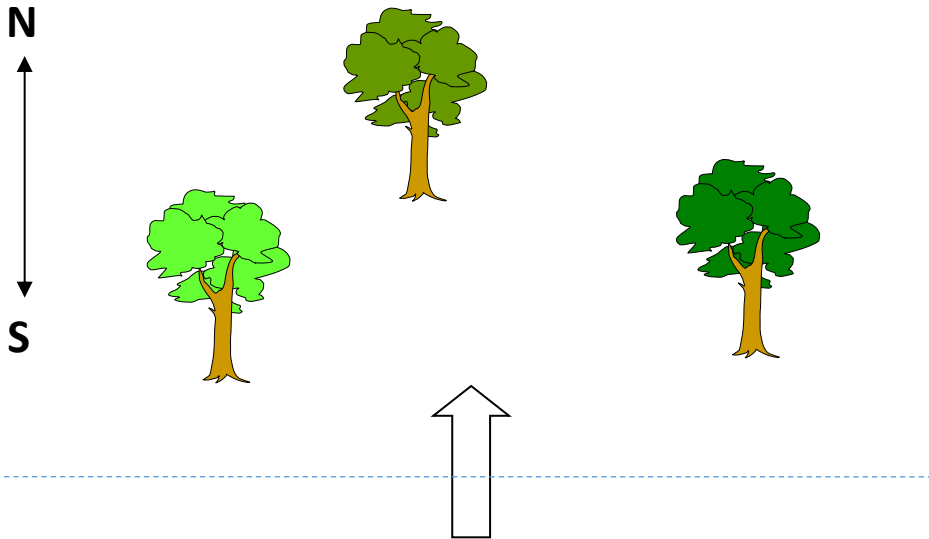
ADAPTATION

Y a-t-il un potentiel adaptatif ?

HYBRIDATION

L'autre solution ?

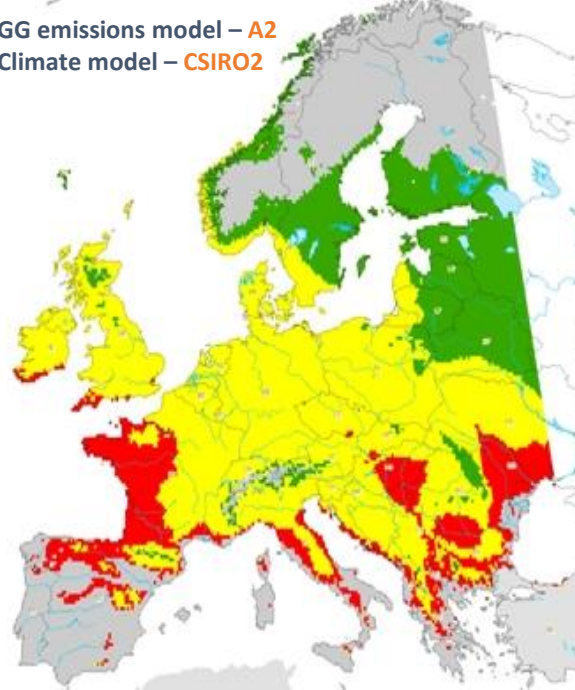
LE DILEMME EVOLUTIF FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



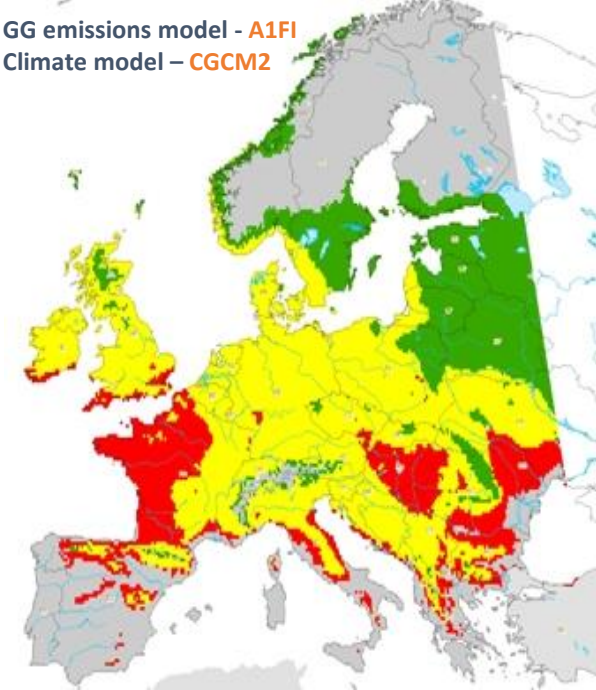
**RESTER SUR PLACE
ET S'ADAPTER
OU
EMIGRER ??**



GG emissions model – **A2**
Climate model – **CSIRO2**

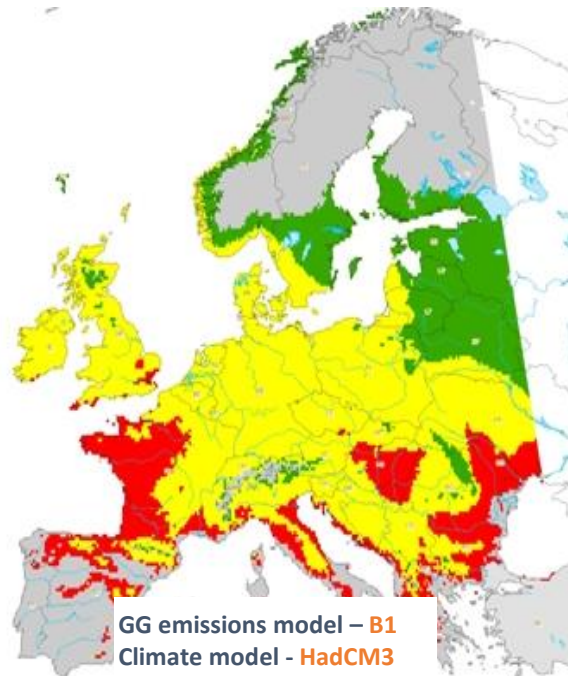


GG emissions model - **A1FI**
Climate model – **CGCM2**

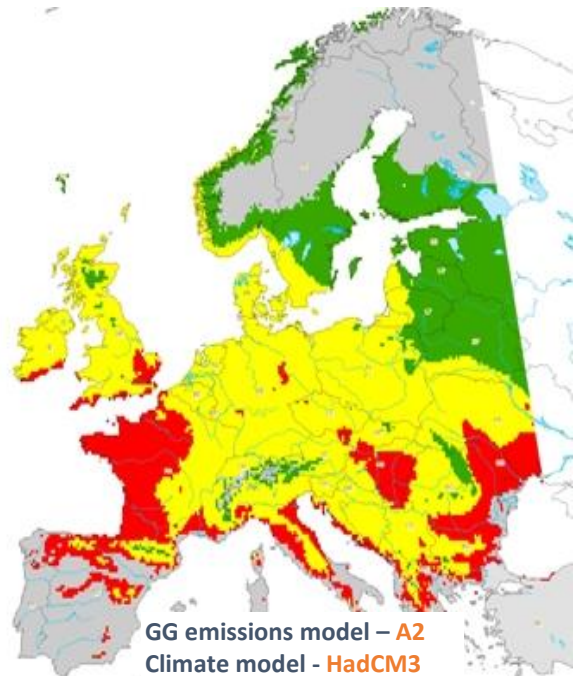


PREDICTED BIOCLIMATIC ENVELOPES OF *Q. petraea* IN 2080

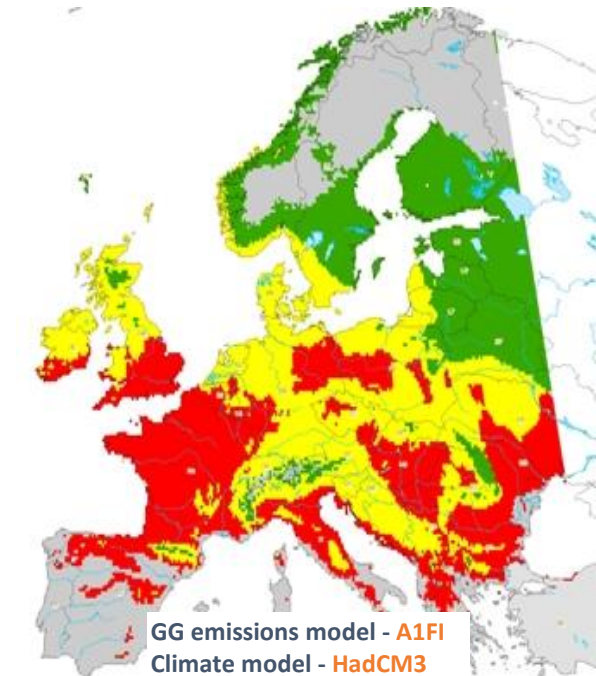
Thuiller GCB 2003, Thuiller et al. PNAS 2005



GG emissions model – **B1**
Climate model - **HadCM3**

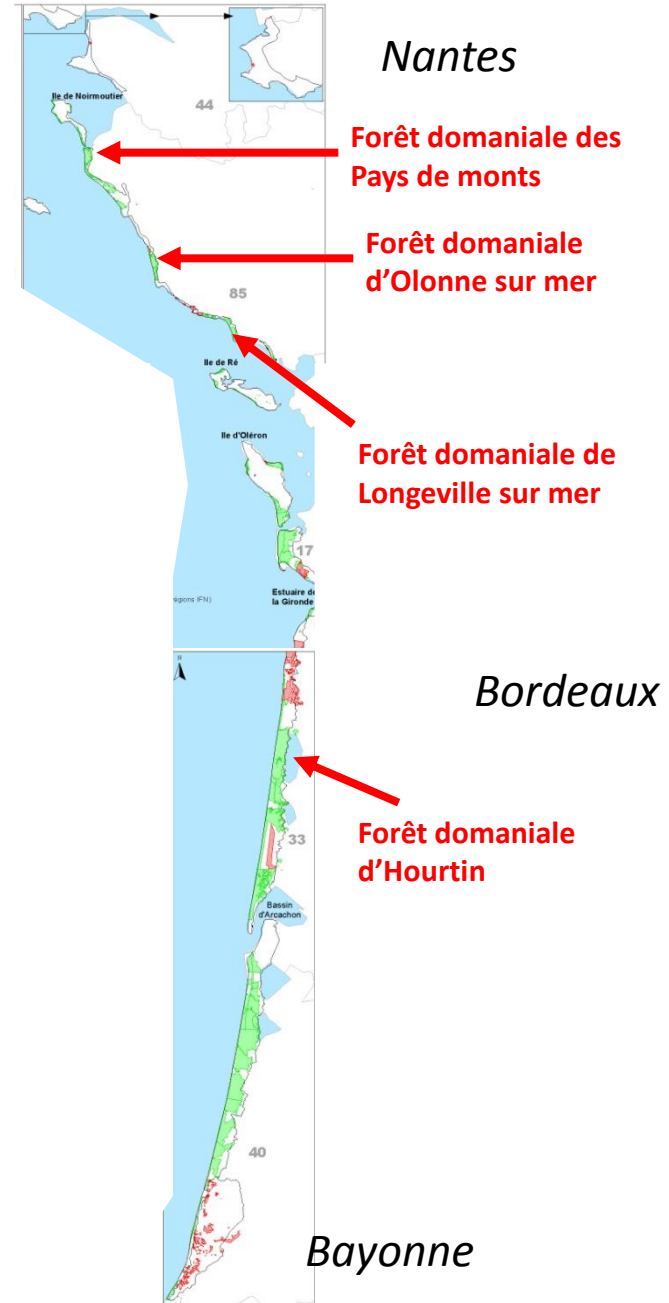
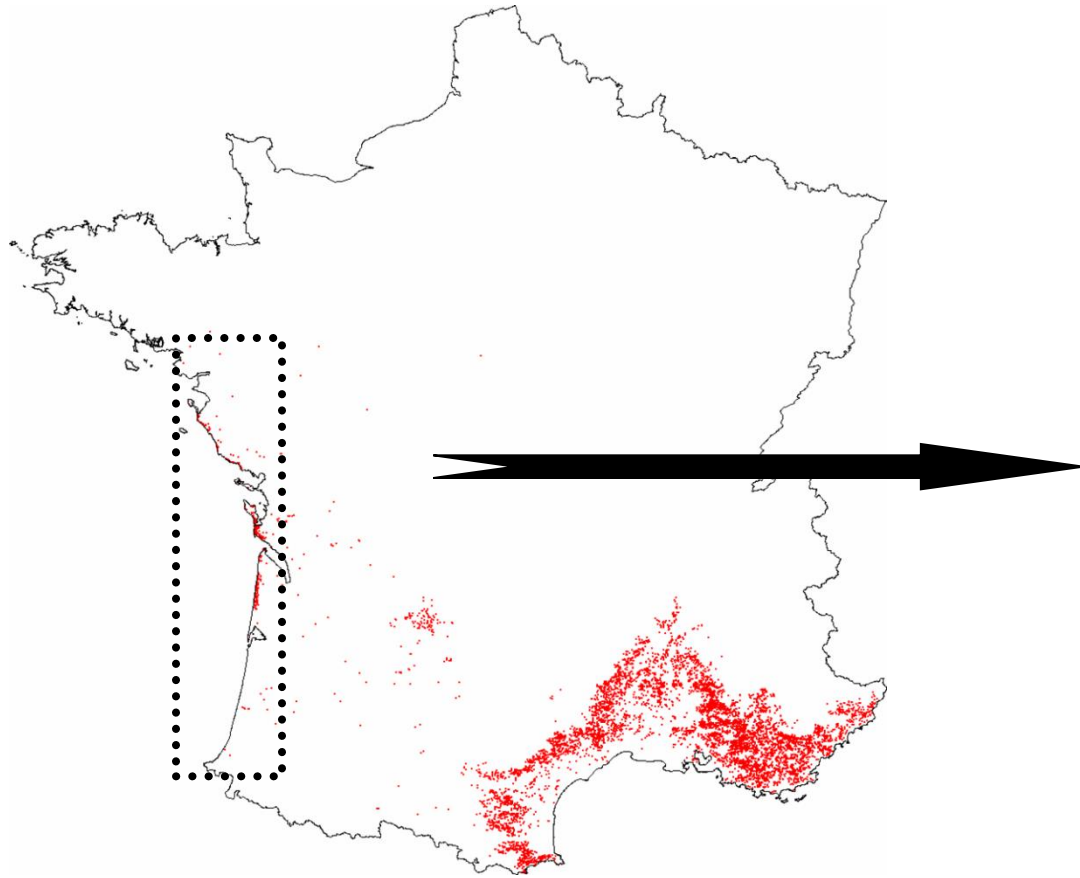


GG emissions model – **A2**
Climate model - **HadCM3**



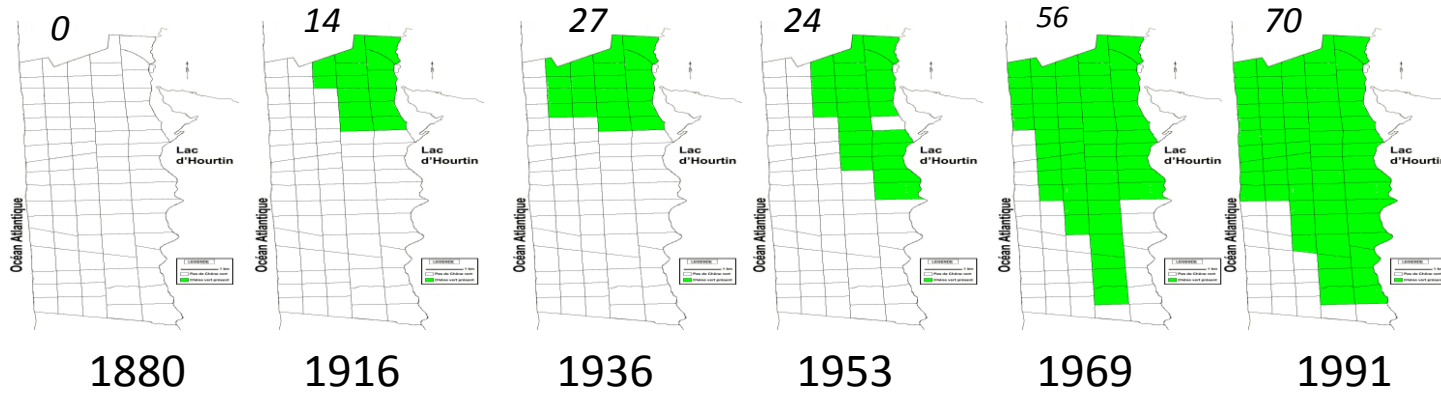
GG emissions model - **A1FI**
Climate model - **HadCM3**

Migration du chêne vert (encina) en limite d'aire

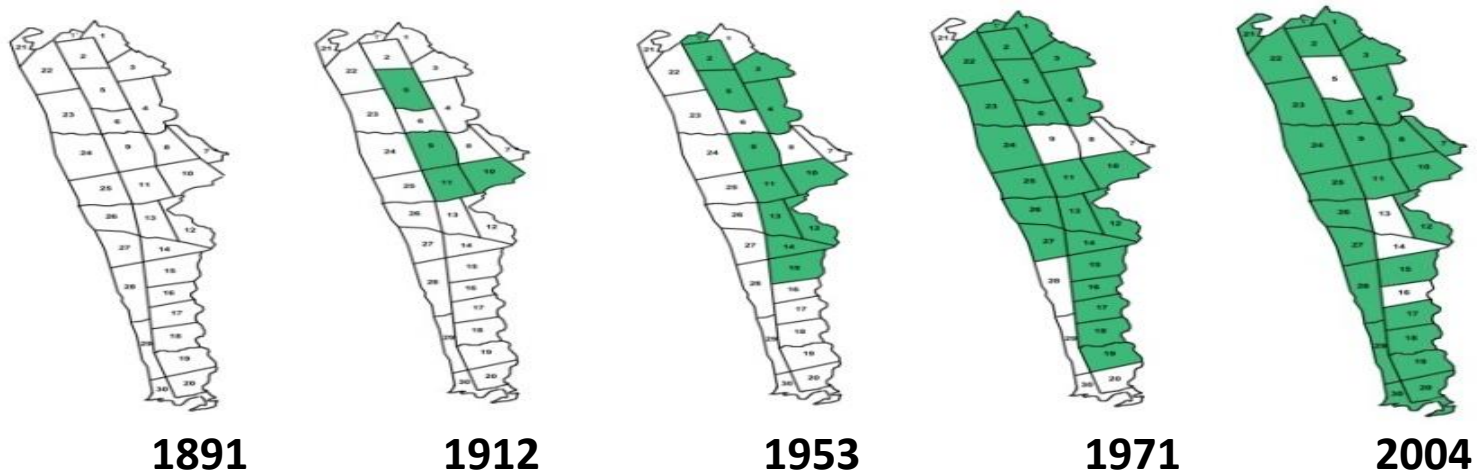


Migration du chêne vert en limite d'aire

Forêt domaniale d'Hourtin



Forêt domaniale d'Olonne sur mer



Taux de migration : 30 m / an.... 3Km / 100 ans

MIGRATIONS EN LIMITE D'AIRE EN UN SIECLE

PREDITES A PARTIR DES NICHES BIOCLIMATIQUES :
100 à 500 Kms

OBSERVEES AU COURS DE L'HOLOCENE (DONNEES
POLLINIQUES): 40 Kms

OBSERVEES ACTUELLEMENT : 3 Kms



ADAPTATION OBSERVEE DANS LES TESTS DE PROVENANCES

Approche synchronique (*Q. petraea* + *Q. robur*)

CARACTERE	DIFFERENCIATION
CROISSANCE Hauteur, diamètre	++
PHENOLOGIE Date de débourrement	+++
REPRODUCTION Production de graines	++
STRUCTURE Densité du bois	0
PHYSIOLOGIE-METABOLISME DE L'EAU Densité stomatique, $\Delta^{13}C$	+
HYDRAULIQUE Potentiel de l'eau , P50 , Vulnérabilité à l'embolisme	0

Lobo A. 2017 *Forest Ecology and Management* 424: 53-61
 Kremer A et al. 2016 *Functional Ecology* 28: 22-36
 Firmat et al. 2017 *Journal of Evolutionary Biology* 30: 2116-2131
 Torrez-Ruiz JM et al. 2019 *Tree Physiology* (in press)

POTENTIEL D'EVOLUTION

Approche synchronique

CARACTERE	EVOLVABILITE, POTENTIEL D'EVOLUTION
CROISSANCE Hauteur, diamètre	+ +
PHENOLOGIE Date de débourrement	+ + +
REPRODUCTION Production de graines	+
STRUCTURE Densité du bois	+ + +
PHYSIOLOGIE-METABOLISME DE L'EAU Densité stomatique, $\Delta^{13}C$	+
HYDRAULIQUE Potentiel de l'eau , P50 , Vulnérabilité à l'embolisme	Non disponible

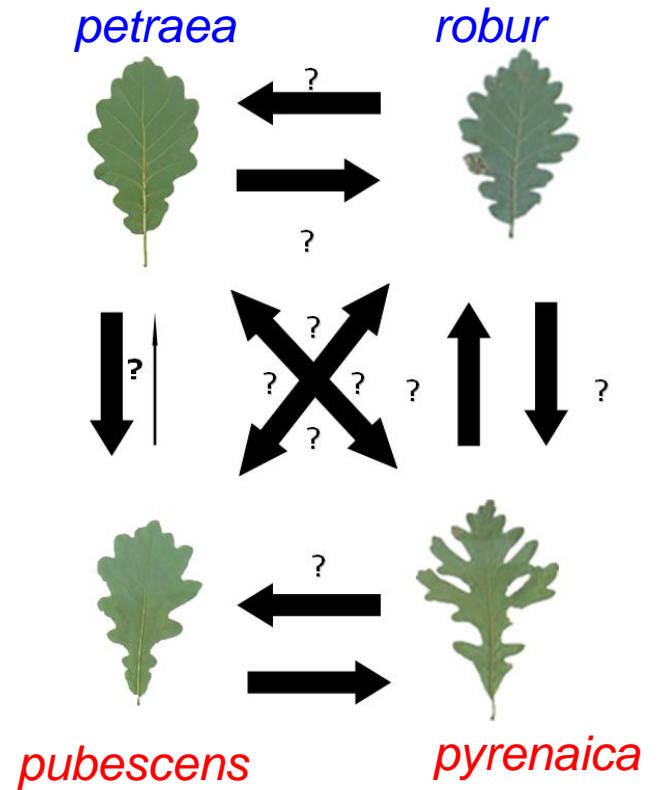
Evolvabilité

Q. robur* < *Q. petraea

DIVERSITE DES CHENES EUROPE



F. Spada, 2010



Q. petraea

Q. robur

Q. pubescens

Q. pyrenaica

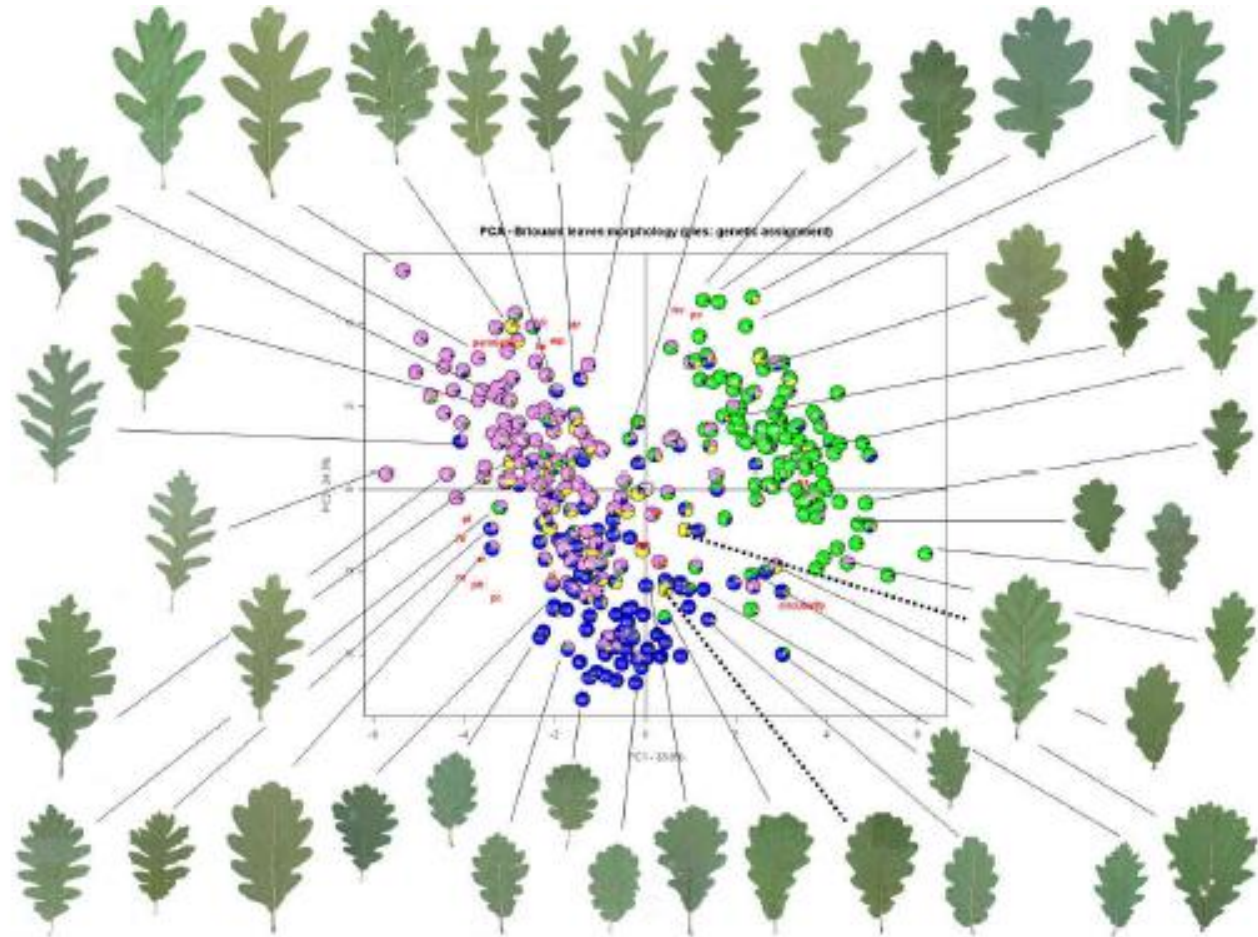
HYBRIDATION DANS UN PEUPELEMENT MIXTE DE CHENES

● pyrenaica

● robur

● pubescens

● petraea





En guise de
conclusion

Un peuple de migrants

Le sens de l'échange

Des mécanismes originaux de réponse au cc

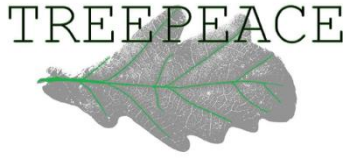
Des mécanismes déjà en action, mais sans
doute non suffisants

REMERCIEMENTS



European
Research
Council

From Holocene to Anthropocene: the
pace of microevolution in trees



Evolution of trees as drivers of terrestrial
biodiversity



Models for adaptive forest management



Towards the Sustainable Management of
Forest Genetic Resources in Europe



Mechanisms of adaptation to climate change: how will
phenotypic plasticity, microevolution and migration affect
forest tree phenology.