



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

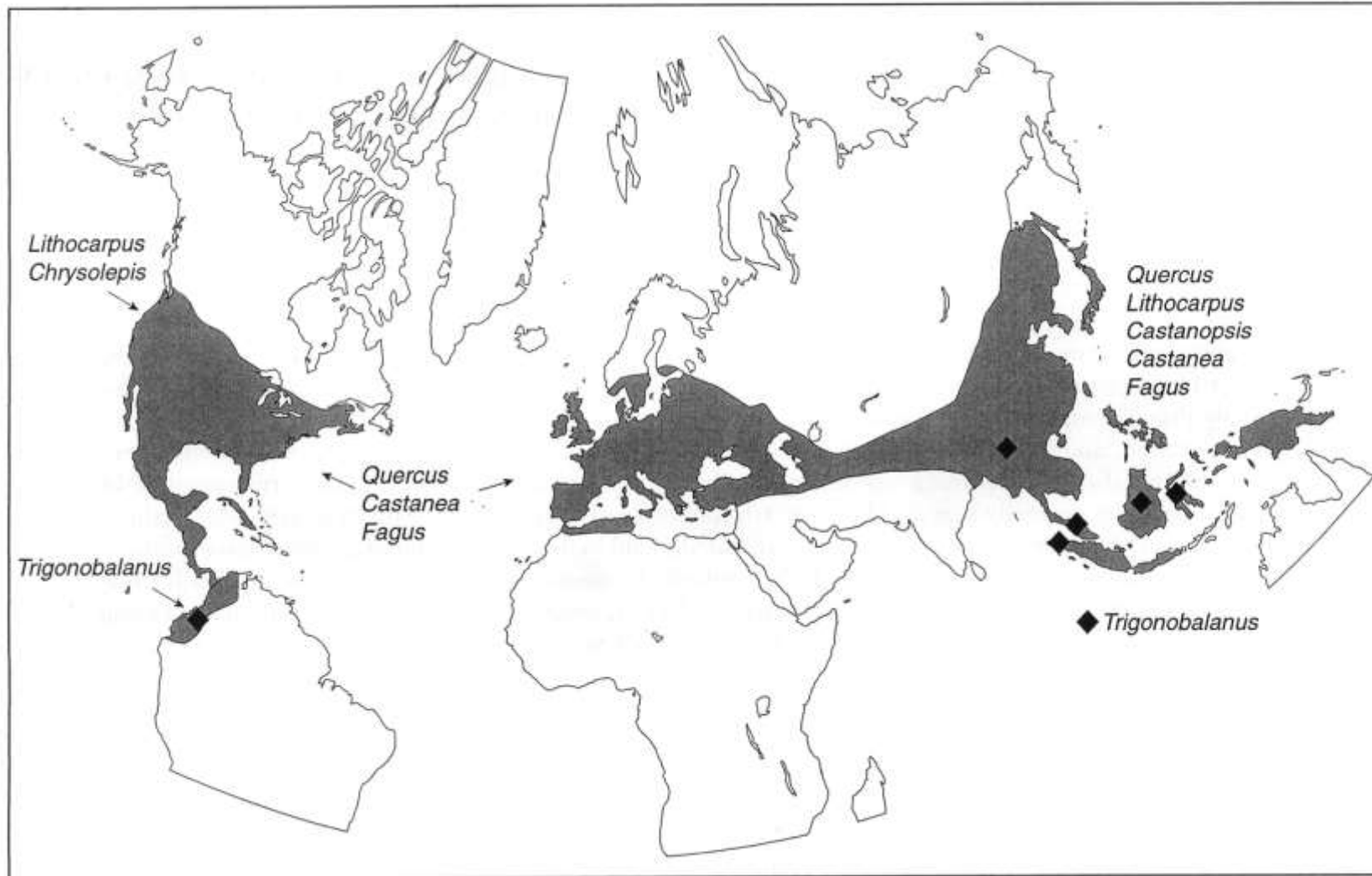


LES CHÊNES

Comment définir un chêne?

Avec la participation d'Alexis Ducousso

AIRE DE RÉPARTITION DES FAGACÉES



Aire de répartition des *Fagaceae* (Manos et Stanford, 2001)

EXEMPLE DE
CHÊNAIE
EUROPÉENNE

CHÊNE
PÉDONCULÉ
EN SERBIE



EXEMPLE DE
CHÊNAIE
EUROPÉENNE

FORÊT DE
BIALOWIEZA,
POLOGNE



EXEMPLE DE
« GRAND
CROU »
CHÊNE-PESSILE
EN FD DE BERCÉ

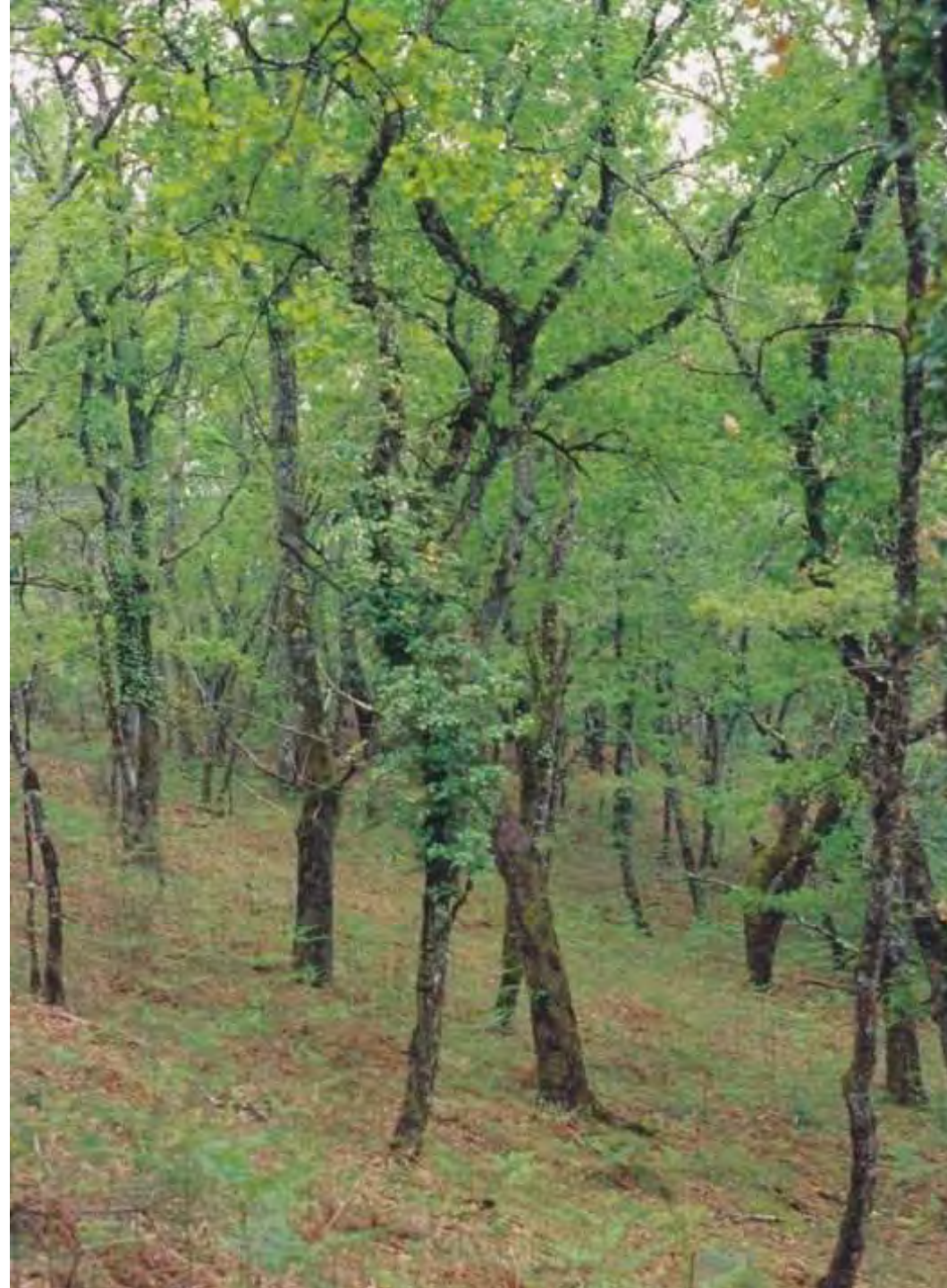


EXEMPLE DE
CHêNAIE
FRANçAISES...

CHêNAIE IBêRO-
ATLANTIQUE

*QUERCUS ROBUR +
QUERCUS PYRENAICA*

[SUD OUEST]



EXEMPLE DE
CHÊNAIE
FRANÇAISE...

POPULATION
MARGINALE DE
VACHÈRES, HAUTE
PROVENCE]



EXEMPLE DE
CHÊNAIE
FRANÇAISE...

POPULATION
MARGINALE DE
CHÊNE SESSILE
DU PÉGUÈRE
(1400-1850 M, PN
PYRÉNÉES)



ESPÈCES DE CHÊNES EN EUROPE

SECTION *QUERCUS*: 18
SPECIES

SECTION *CERRIS* : 10
SPECIES

Cerris

Quercus afares

Quercus brantii

Quercus cerris

Quercus coccifera

Quercus crenata

Quercus ilex

Quercus ithaburensis

Quercus libani

Quercus rotundifolia

Quercus suber

Quercus trojana

Quercus

Quercus afares

Quercus alnifolia

Quercus aucheri

Quercus canariensis

Quercus congesta

Quercus dalechampii

Quercus faginea

Quercus frainetto

Quercus hartwissiana

Quercus infectoria

Quercus lusitanica

Quercus macranthera

Quercus petraea

Quercus pontica

Quercus pubescens

Quercus pyrenaica

Quercus robur

Quercus sicula

Quercus vulcanica

t

En France : 4 espèces de la section des chênes blancs (*Quercus*



Quercus robur



Quercus petraea



Quercus pubescens



Quercus pyrenaica



EN FRANCE : 5 CHÊNES DE LA SECTION *CERRIS*



Quercus suber



Quercus ilex



Quercus cerris



Quercus crenata



Quercus coccifera

**LE CONCEPT D'ESPÈCE
:
LE CAS DES CHÊNES**

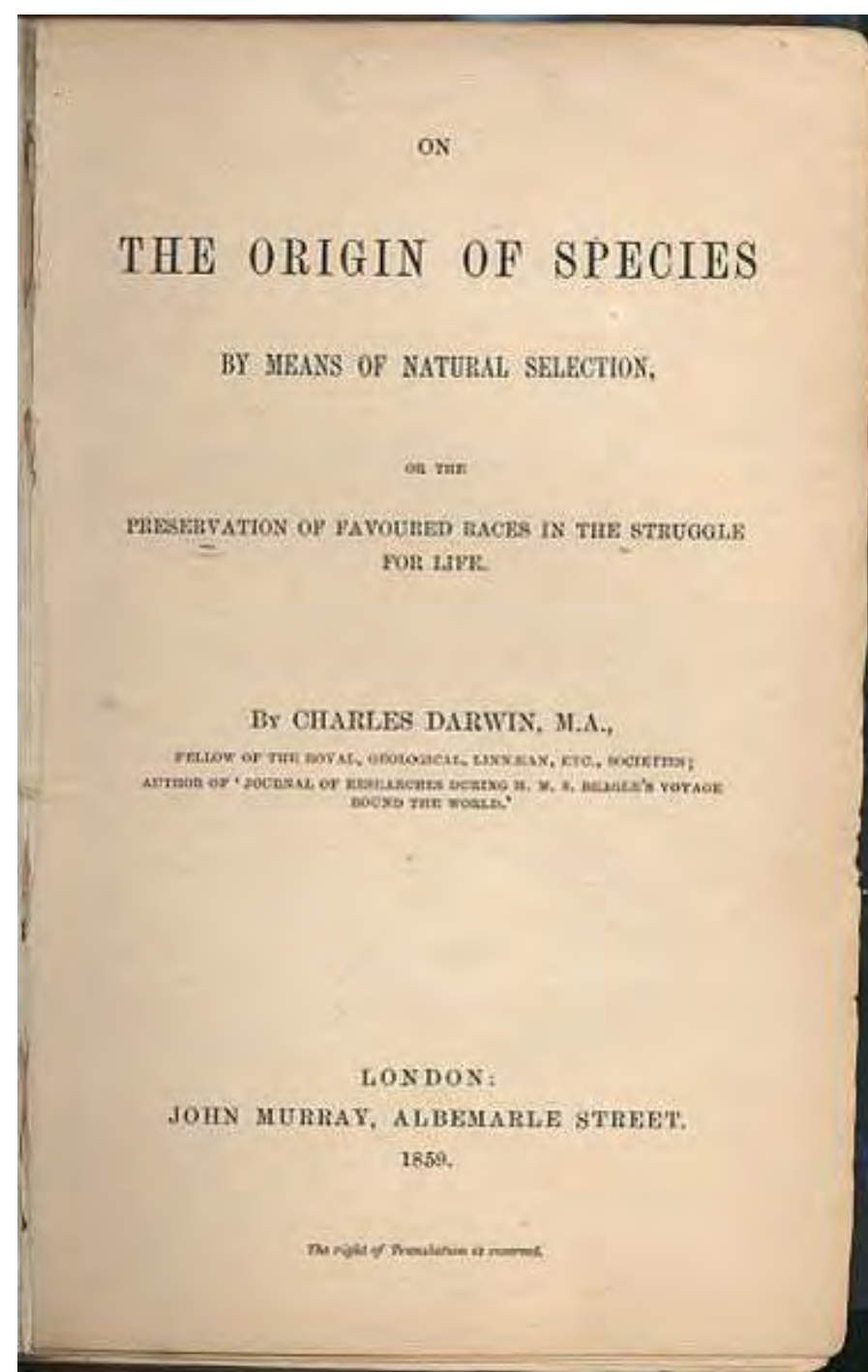




COMMENT DÉFINIR UNE ESPÈCE?

LA CONTROVERSE ÉMERGE AVEC
CHARLES DARWIN DANS LE
CHAPITRE 2 DE « ORIGIN OF
SPECIES »

« LES CHÊNES
SONT DES ESPÈCES
DOUTEUSES »



DIFFÉRENCES MORPHOLOGIQUES



Quercus robur



Quercus petraea

Ann. For. Sci. 59 (2002) 777–787
© INRA, EDP Sciences, 2002
DOI: 10.1051/forest:2002065

777

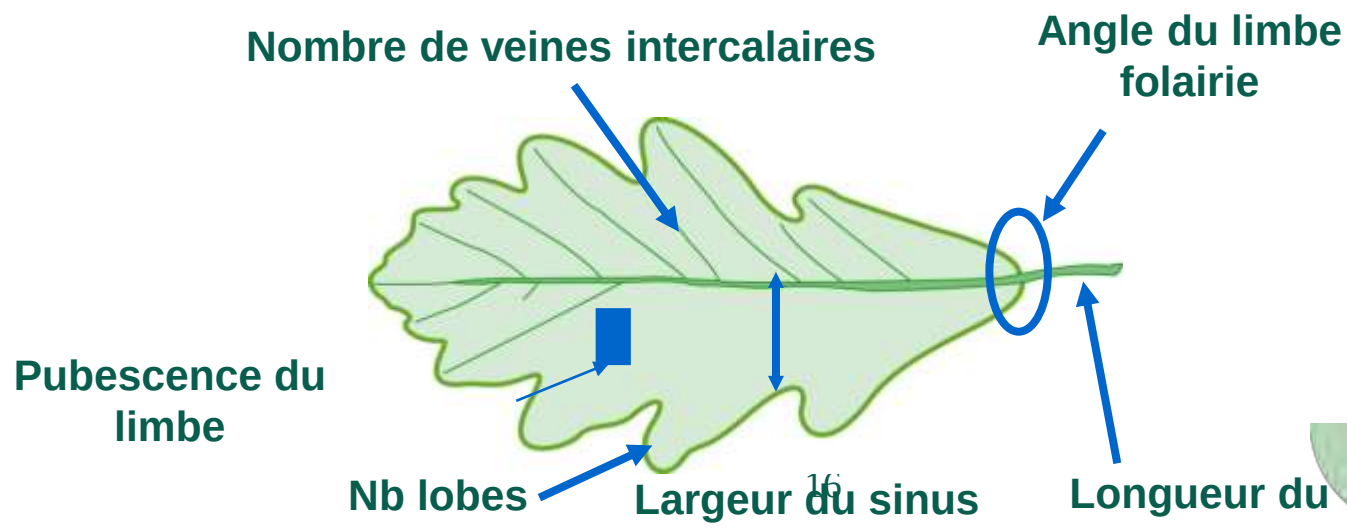
Original article

Leaf morphological differentiation between *Quercus robur* and *Quercus petraea* is stable across western European mixed oak stands

Antoine Kremer^{a*}, Jean Luc Dupouey^b, J. Douglas Deans^c, Joan Cottrell^d, Ulrike Csaikl^e,
Reiner Finkeldey^f, Santiago Espinel^g, Jan Jensen^h, Jochen Kleinschmitⁱ, Barbara Van Dam^j,
Alexis Ducousso^a, Ian Forrest^d, U. Lopez de Heredia^k, Andrew J. Lowe^c, Marcela Tutkova^e,
Robert C. Munro^e, Sabine Steinhoffⁱ and Vincent Badeau^b

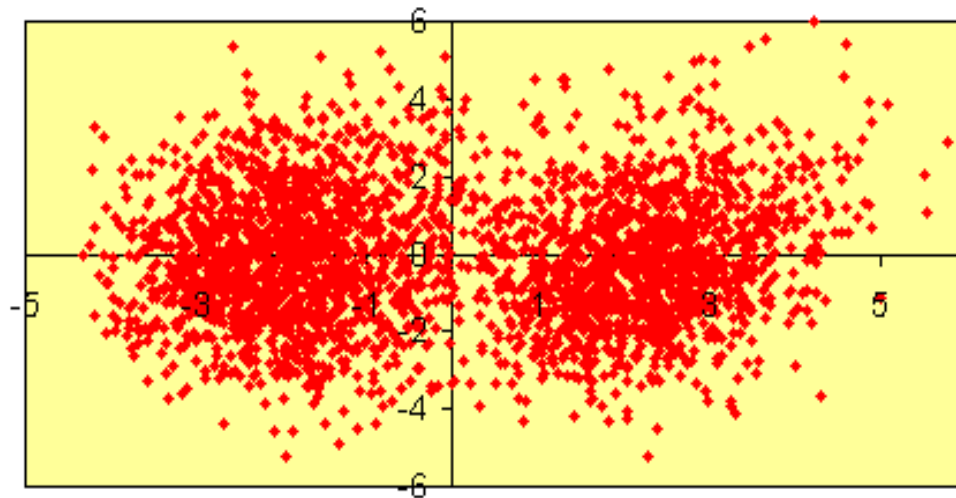
Caractères discriminants:

13 caractères étudiés

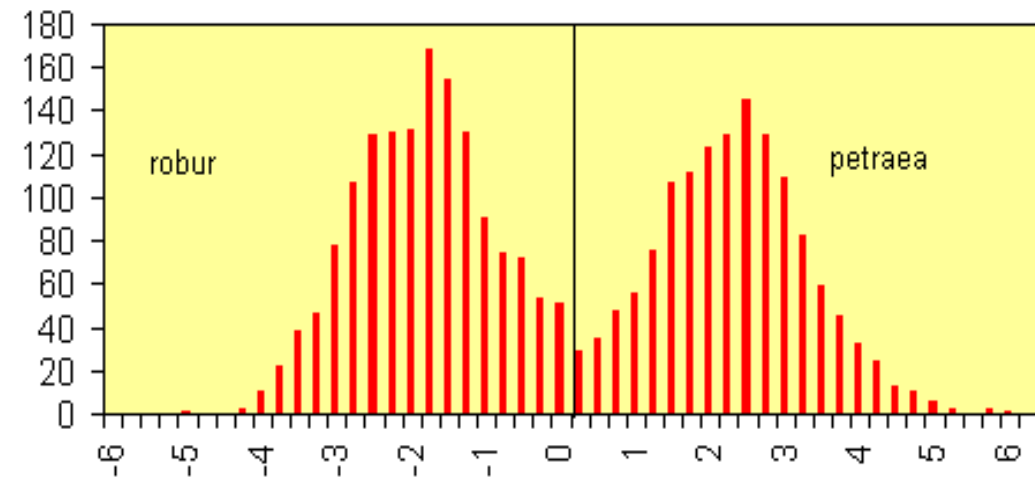


ACP SUR LES 13 CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

All sites
Graph of the 2 first components



All sites
Distribution of component 1



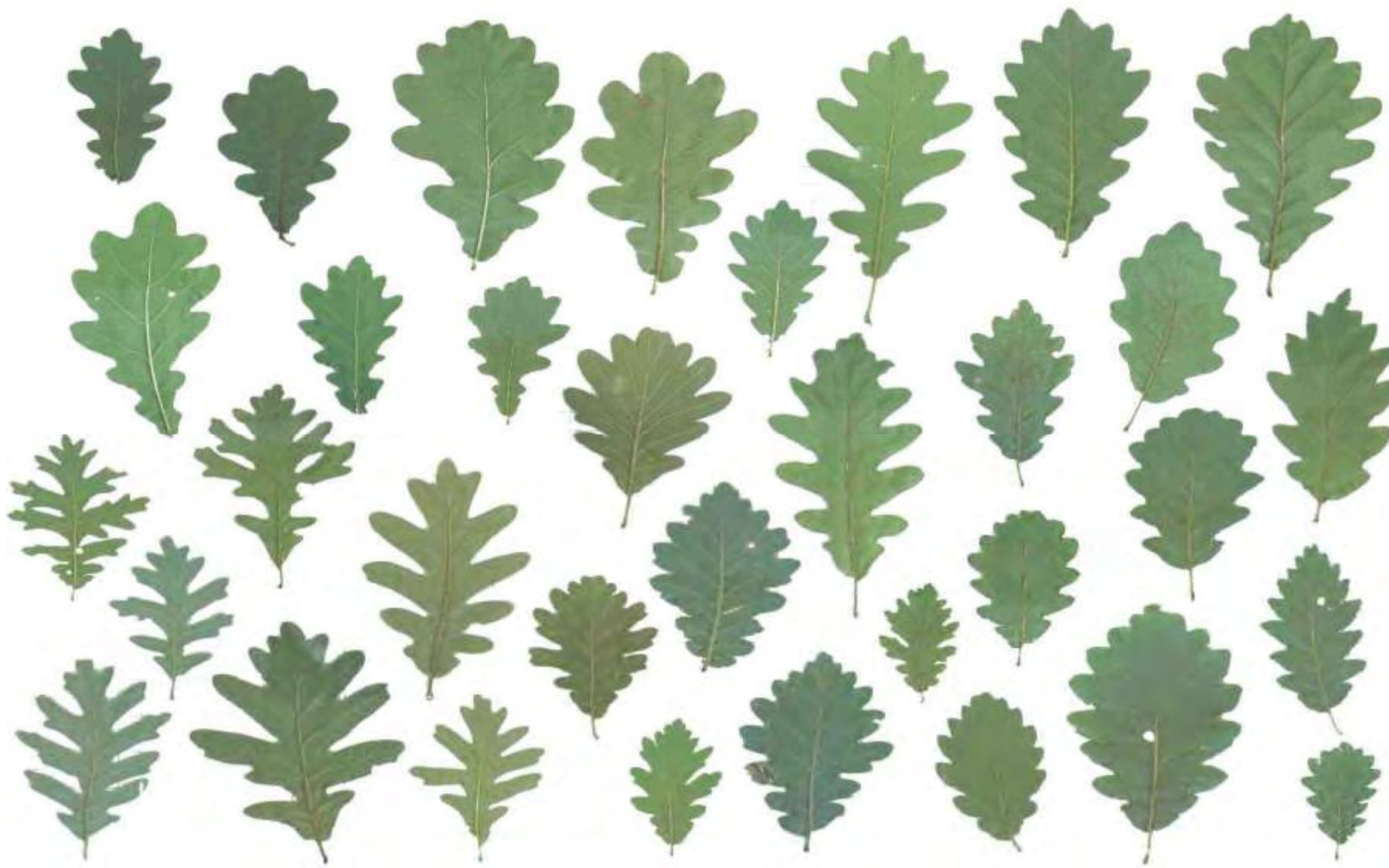
2865 trees
1346 petraea
1519 robur

Threshold value of component 1 between the two species is : 0.25

Distribution of the first two synthetic variables according to multivariate analyses of leaf morphological traits in *Quercus*

petraea and *Q. robur*. A, C and E correspond to the diagram of the trees along the first two synthetic variables (1st variable as x axis, second variable as y axis); B, D and F represents the distribution of the first synthetic variable; principal component analysis (PCA1 and PCA2 are the first two synthetic variables of PCA)

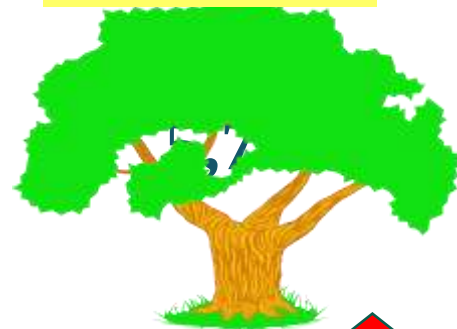
OUI MAIS!



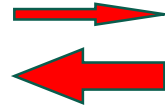
CARACTÈRES BIOLOGIQUES

ESPÈCE BIOLOGIQUE: UN GROUPE D'INDIVIDUS CAPABLES DE SE REPRODUIRE ET DONNANT DES DESCENDANTS FERTILES MÂLE ET FEMELLE ET C'EST UN GROUPE ISOLÉ DES AUTRES GROUPES AVEC LESQUELS LA REPRODUCTION N'EXISTE (NORMAL) PAS.

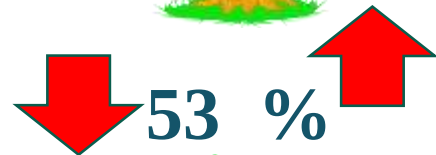
Quercus robur



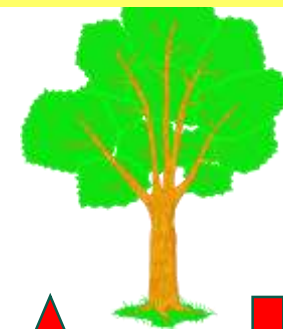
-24%



47 %



Quercus petraea





LES HYBRIDES CHEZ LES CHÊNES BLANCS



Populations	Péd	Sess	Pub	Tau	Ped X Ses	Ped X Pub	Ped X Tau	Ses X Pub	Ses X Tau	Pub X Tau	Espèces pures	Hybrides
Forêts privées d'Occitanie	34,0	1,7	13,6	22,8	4,3	5,0	4,8	1,0	3,9	8,9	72,2	27,8
FD Petite Charnie (72)	48,9	32,1	0	0	5,7	4,2	4,6	2,7	1,9	0	80,9	19,1
Gradients Pyrénéens	0,3	77,4	1,4	0	10,8	1,0	0,3	3,1	5,2	0,3	79,2	20,8
Grandes forêts domaniales	22,2	61,0	0,4	0	4,6	2,1	0,8	4,9	4,0	0	83,7	16,3
Total	28,3	30,7	6,9	11,2	5,4	3,7	3,1	2,5	3,8	4,4	77,1	22,9

Espèces :

Péd : pédonculé ; Sess : sessile ; Pub : pubescent et Tau : tauzin

Populations :

- Forêts privées d'Occitanie : forêt paysanne de trois cantons;
- FD Petite Charnie : parcelle de 5 ha dans la Sarthe;
- Gradients pyrénéens : trois gradients altitudinaux dans les Pyrénées;
- Grandes Forêts Domaniales : Réno-Valdieu, Bellême, Bercé, Tronçais, Darney...

Molecular Ecology (2009) 18, 2228–2242

doi: 10.1111/j.1365-294X.2009.04137.x

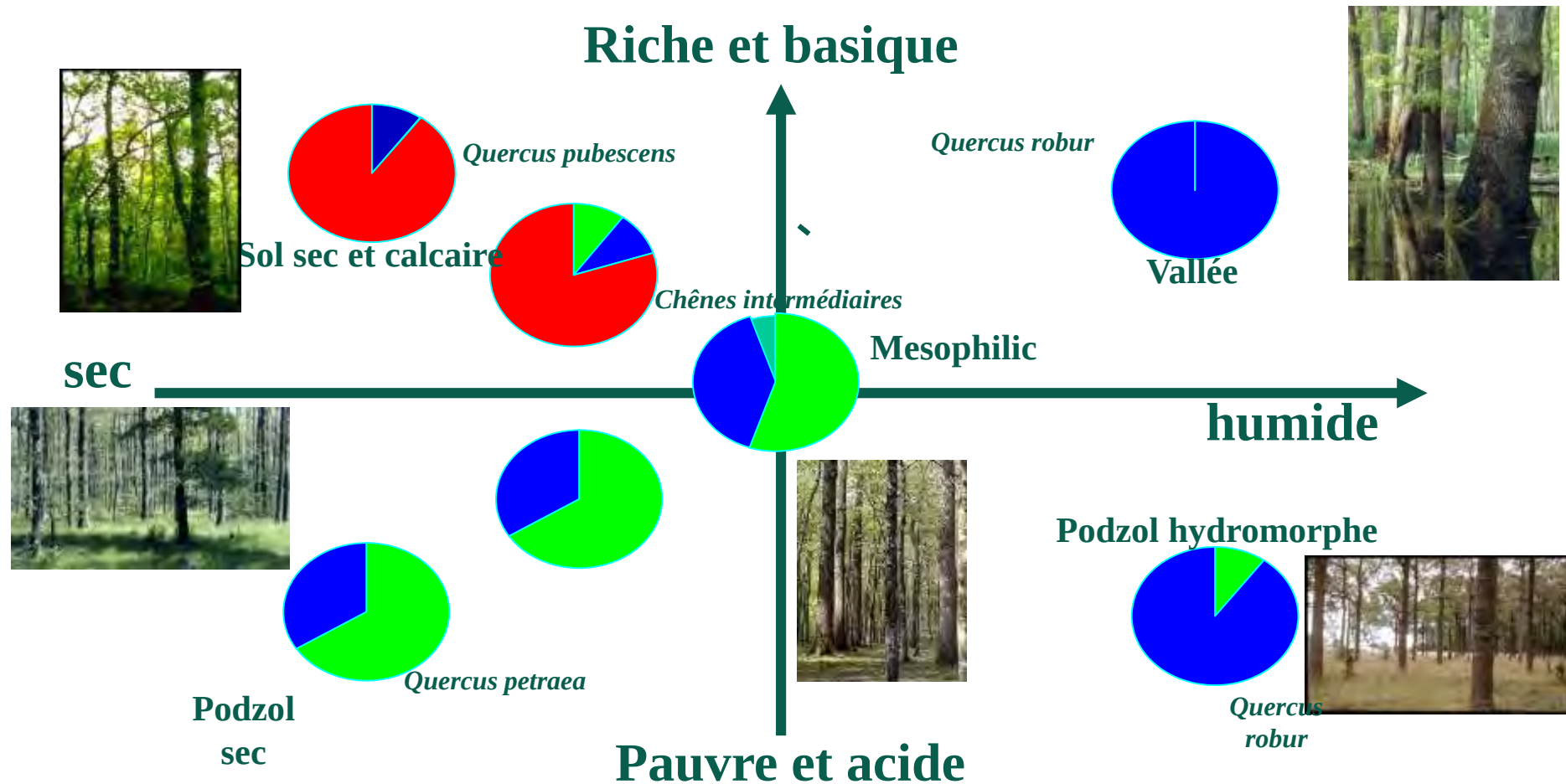
Species relative abundance and direction of introgression in oaks

O. LEPAIS,*†‡ R. J. PETIT,*† E. GUICHOUX,*† J. E. LAVABRE,*†§ F. ALBERTO,*†
A. KREMER*† and S. GERBER*†

*INRA, UMR 1202 BIOGECO, 69 route d'Arcachon, F-33612 Cestas cedex, France, †Université de Bordeaux, UMR 1202 BIOGECO,
69 route d'Arcachon, F-33612 Cestas cedex, France

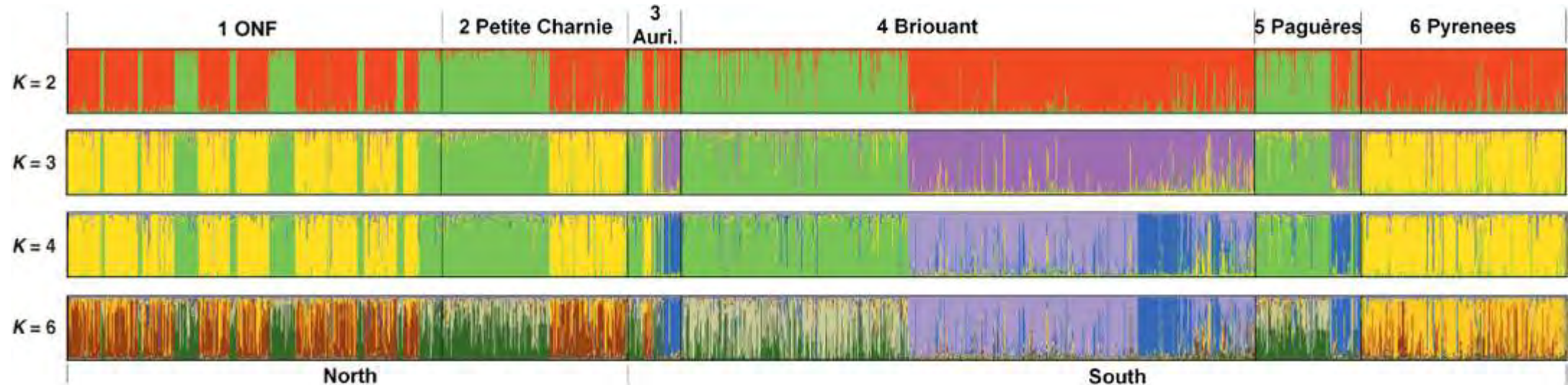
CARACTÈRES ÉCOLOGIQUES

ESPÈCE ÉCOLOGIQUE : UN GROUPE D'INDIVIDUS ADAPTÉS À DES RESSOURCES DE L'ENVIRONNEMENT APPELÉ NICHE ÉCOLOGIQUE. SELON CE CONCEPT, LES POPULATIONS FORME DES REGROUPEMENTS PHÉNÉTIQUE* QUI SONT IDENTIFIÉS COMME DES ESPÈCES CAR LES PROCESSUS ÉCOLOGIQUE ET ÉVOLUTIF CONTRÔLANT L'ALLOCATION DES RESSOURCES TEND À PRODUIRE CES REGROUPEMENTS.



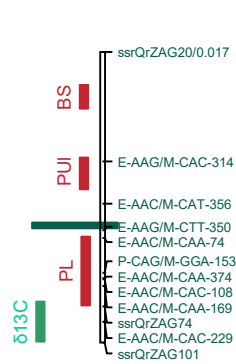
CARACTÈRES GÉNÉTIQUES

UNE ESPÈCE: GROUPES GÉNOTYPIQUES D'INDIVIDUS AVEC PEU OU PAS DE FORMES INTERMÉDIAIRES AVEC LES AUTRES GROUPES, ELLE SE BASE SUR LA SIMILITUDE DES MARQUEURS MOLÉCULAIRES OU DES SÉQUENCES ADN DES INDIVIDUS OU DES POPULATIONS

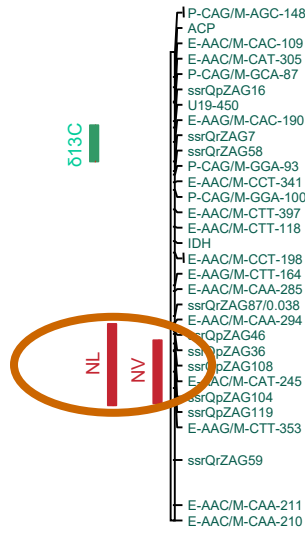




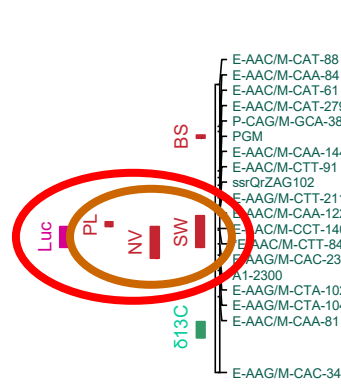
Consensus 1



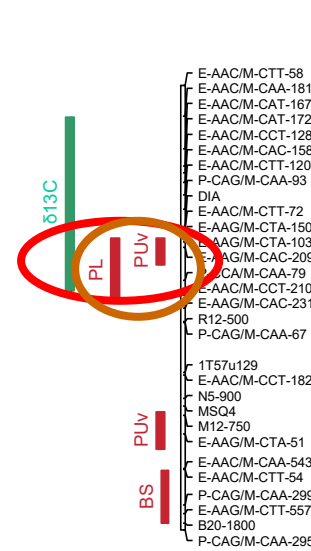
Consensus 2



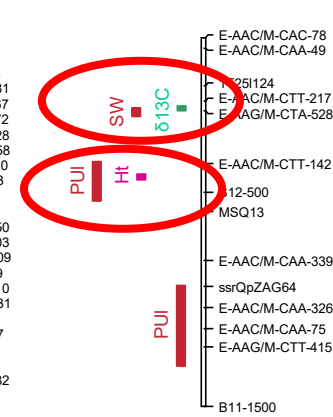
Consensus 3



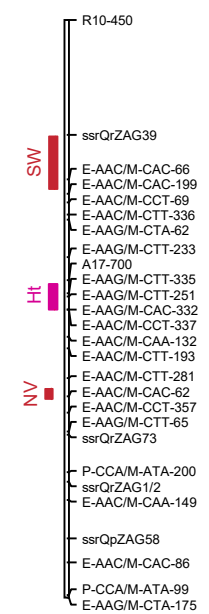
Consensus 4



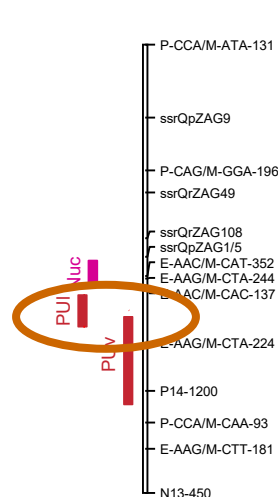
Consensus 6



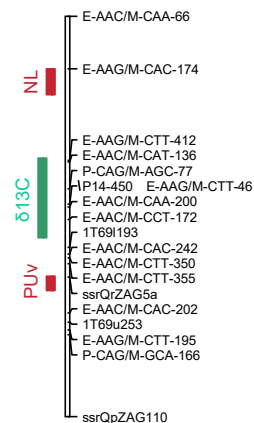
Consensus 5



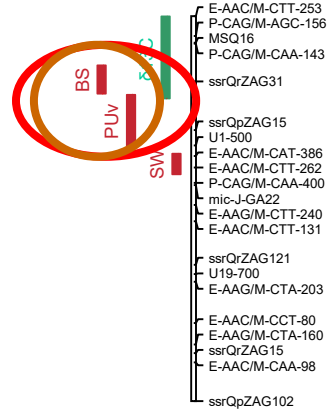
Consensus 7



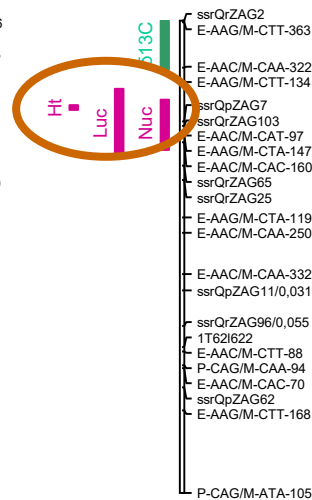
Consensus 8



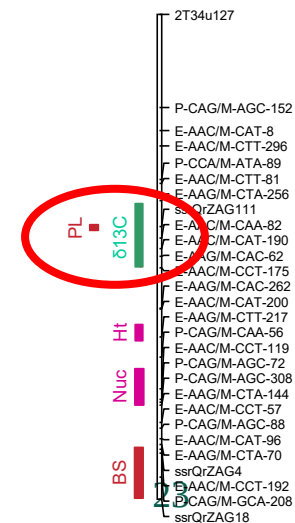
Consensus 9



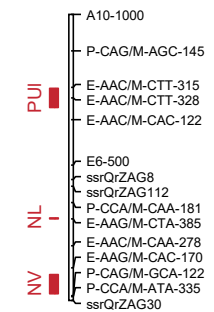
Consensus 10



Consensus 11



Consensus 12

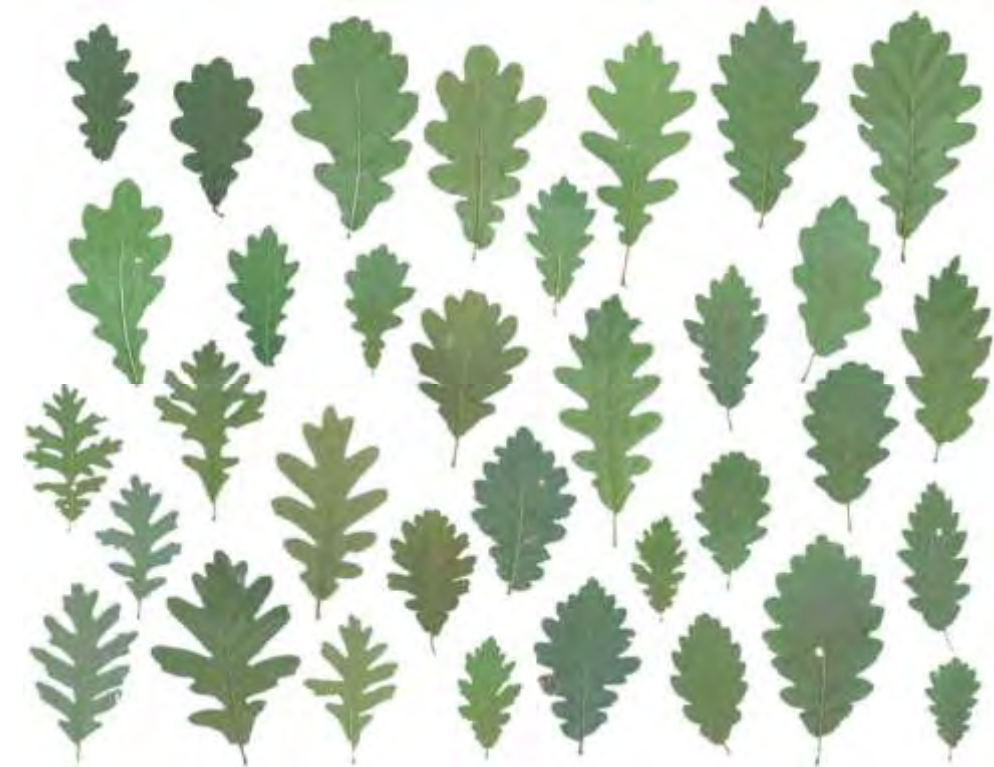


Complexe d'espèces (Pernès, 1984)

Groupe d'espèces distinctes qui échangent des gènes. Ces échanges sont évolutivement stables.

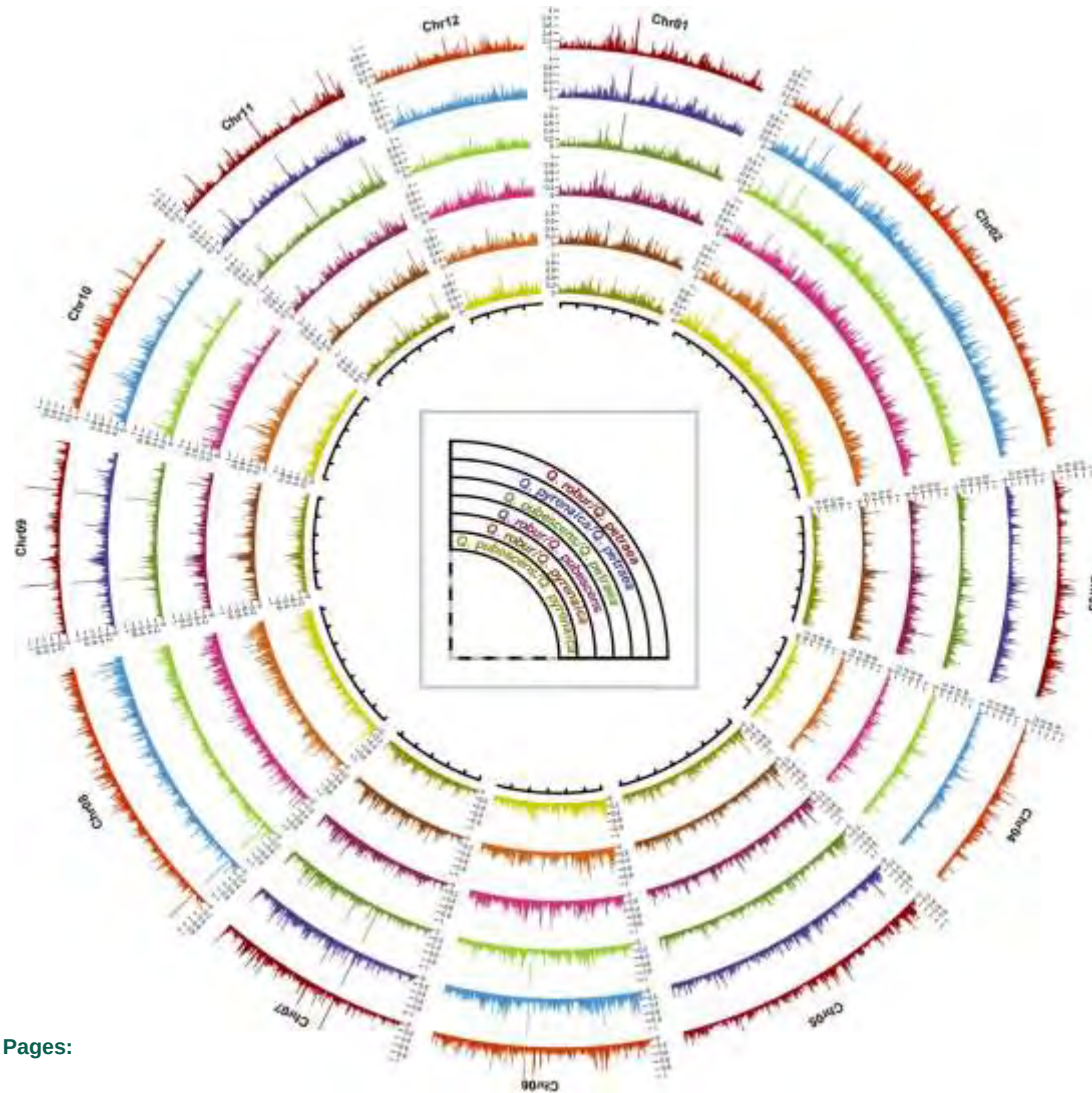
Exemples de complexes d'espèces chez les arbres présents sur le territoire français :

- Chênes pédonculé, sessile, pubescent et tauzin;
- Chênes chevelu, liège, feuille ronde et vert;
- Erables champêtre – Montpellier – feuille d'obier;
- Tilleuls à petites feuilles – grandes feuilles;
- Bouleaux verruqueux et pubescent;
- Alisiers blanc et alisier torminal;
- Pins sylvestre et pin à crochet;
- Peuplier noir et peuplier blanc;
- Saules;
-



GÉNOMIQUE D'UN COMPLEXE D'ESPÈCES:

COMPARAISON DES GÉNOMES DES DIFFÉRENTES ESPÈCES DES CHÊNES BLANCS

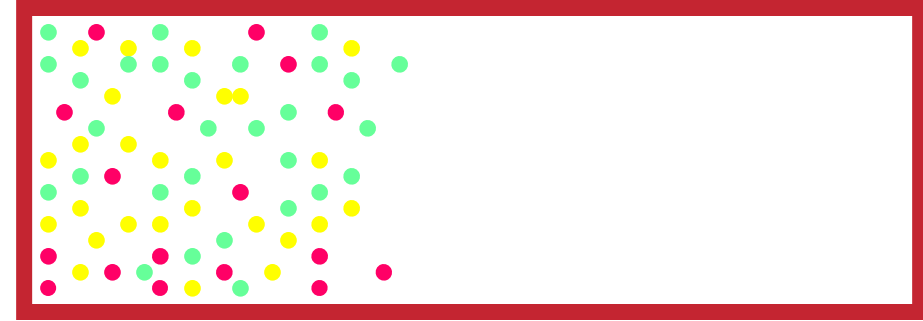
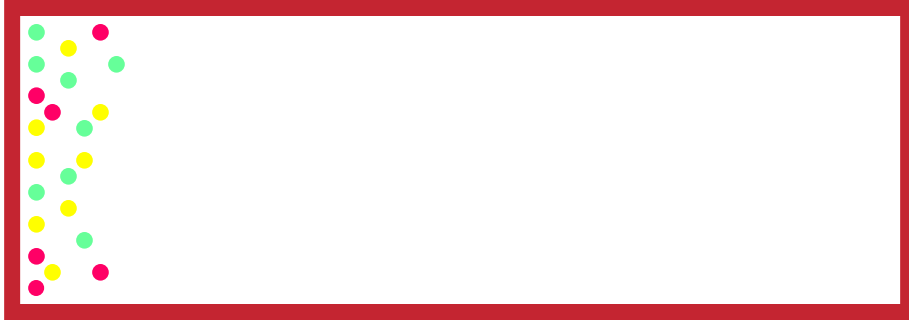


Représentation circulaire des valeurs FST le long des 12 chromosomes du chêne. Le FST a été calculé à partir des fréquences des allèles

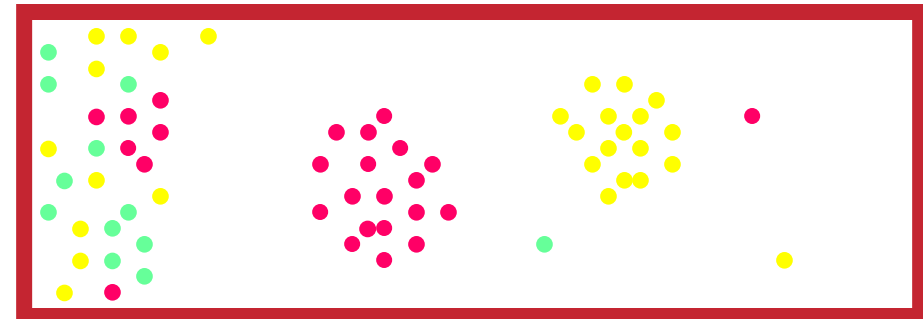
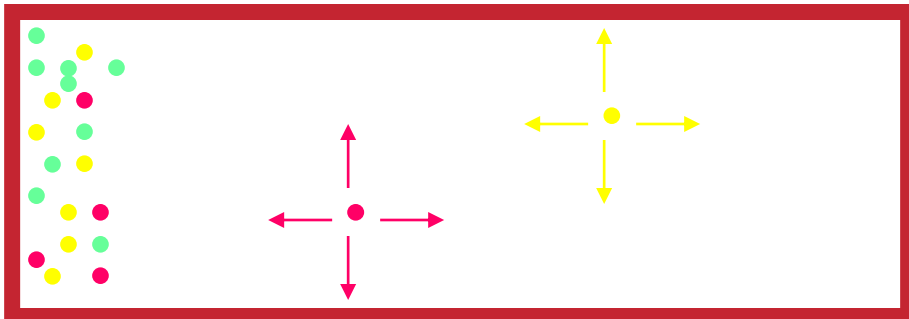
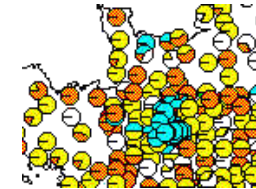


IMPORTANCE DE L'HYBRIDATION DANS LA RECOLONISATION POST-GLACIAIRE

Diffusion

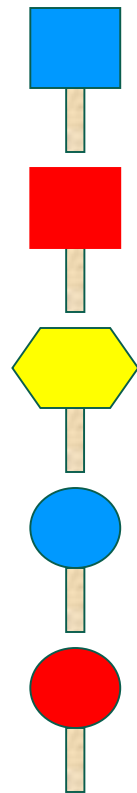


Dispersion à longue distance



IMPORTANCE DE L'HYBRIDATION DANS LA RECOLONISATION POST-GLACIAIRE

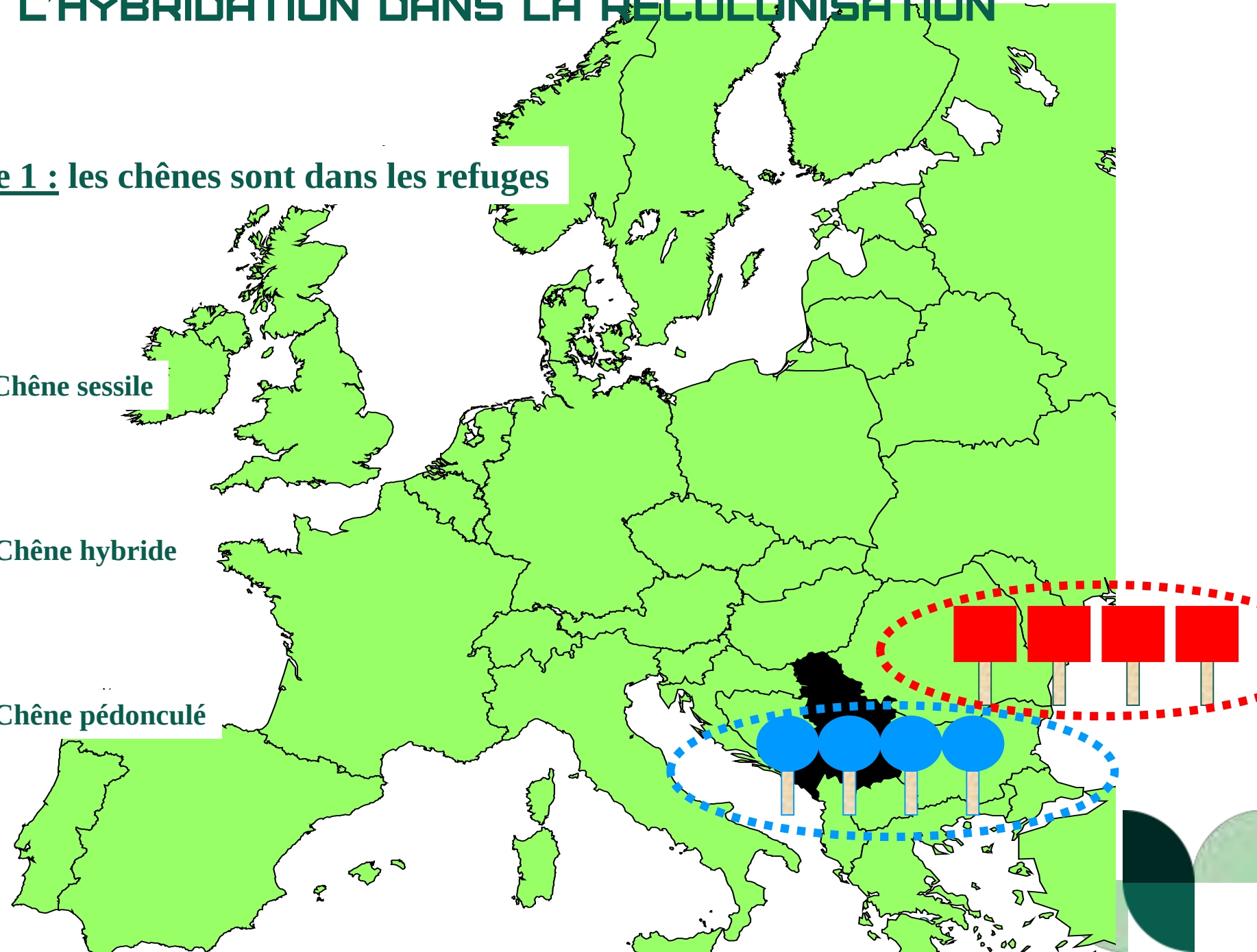
Etape 1 : les chênes sont dans les refuges



Chêne sessile

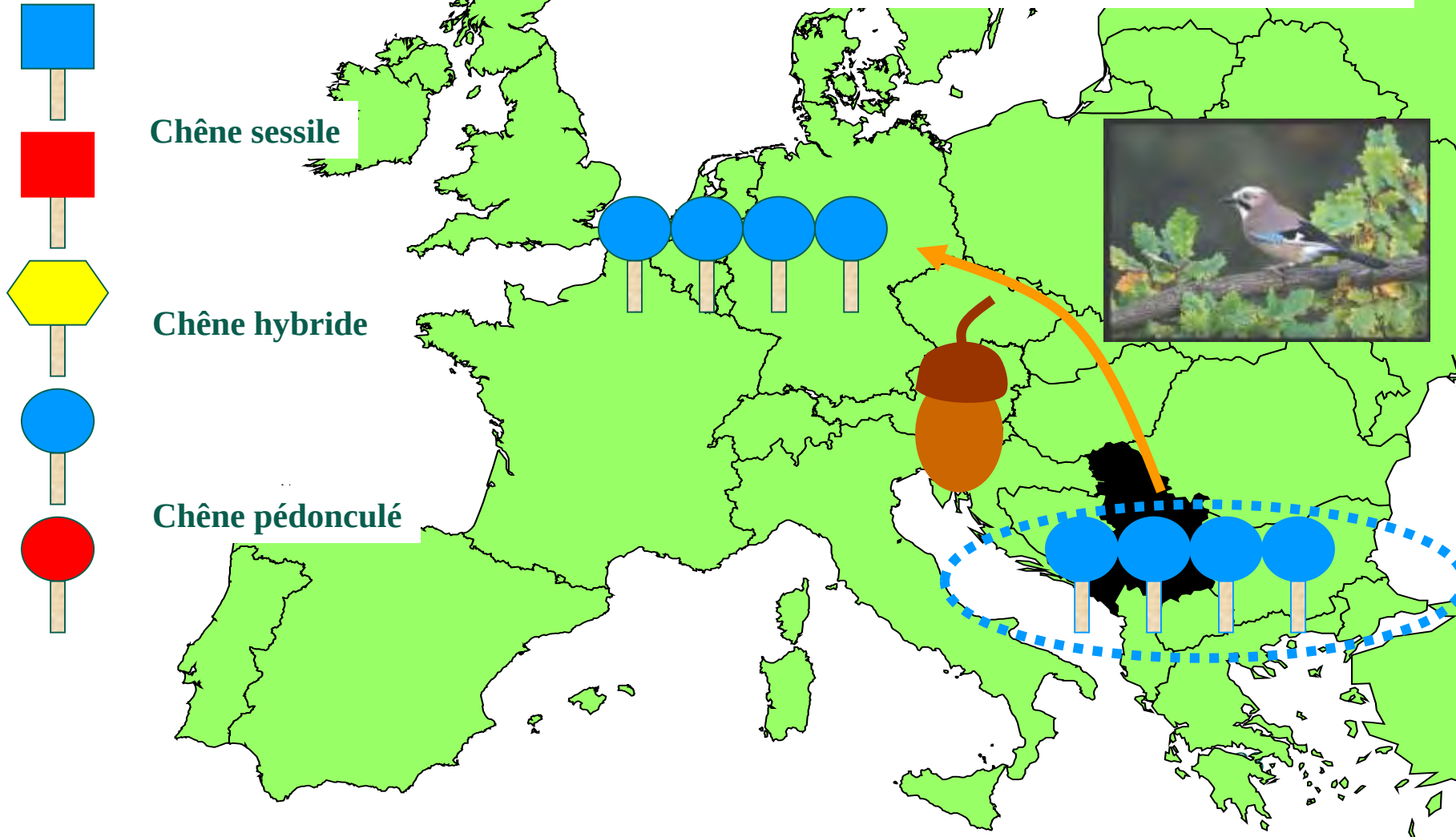
Chêne hybride

Chêne pédonculé

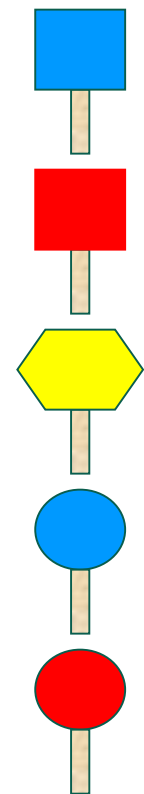


IMPORTANCE DE L'HYBRIDATION DANS LA RECOLONISATION POST-GLACIAIRE

Etape 2 : le pédonculé recolonise l'Europe



IMPORTANCE DE L'HYBRIDATION DANS LA RECOLONISATION POST-GLACIAIRE

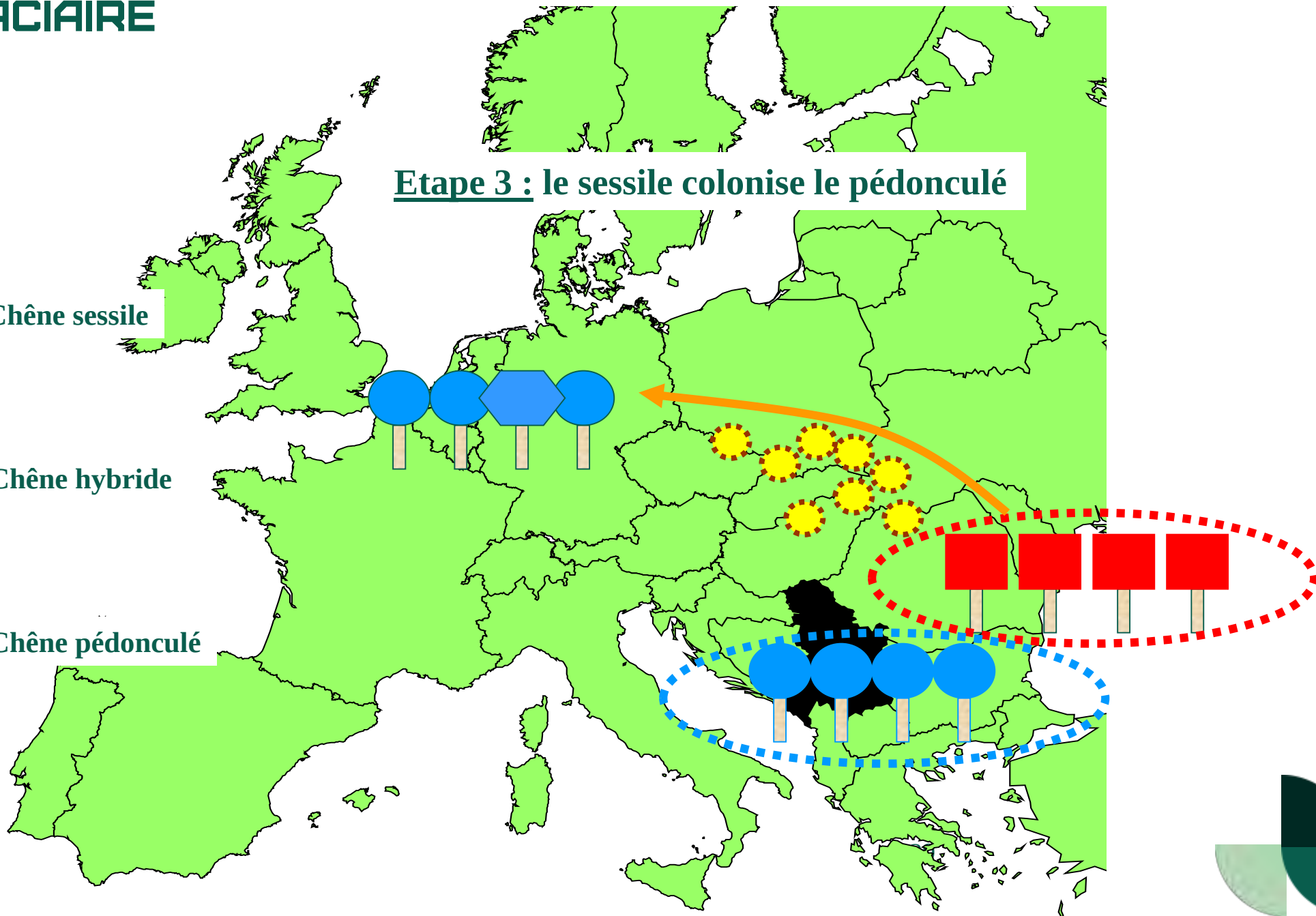


Chêne sessile

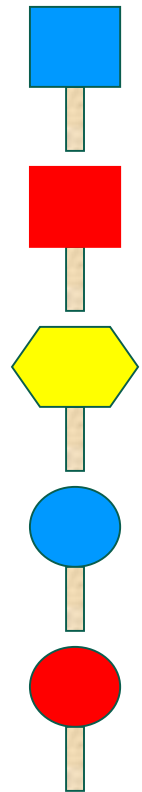
Chêne hybride

Chêne pédonculé

Etape 3 : le sessile colonise le pédonculé



IMPORTANCE DE L'HYBRIDATION DANS LA RECOLONISATION POST-GLACIAIRE

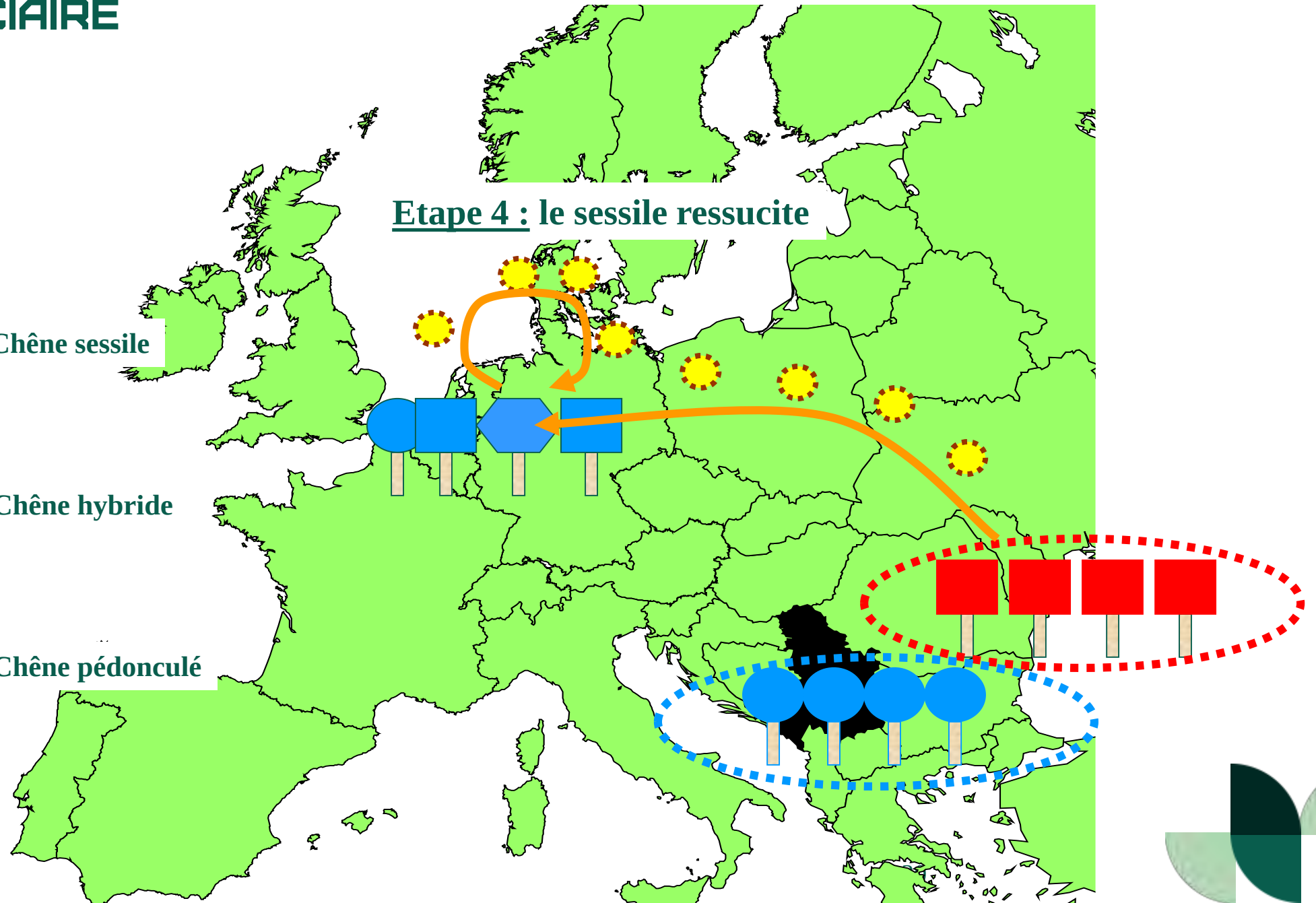


Chêne sessile

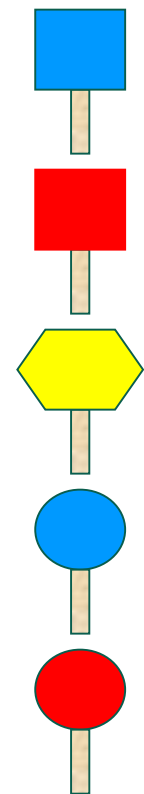
Chêne hybride

Chêne pédonculé

Etape 4 : le sessile ressucite



IMPORTANCE DE L'HYBRIDATION DANS LA RECOLONISATION POST-GLACIAIRE

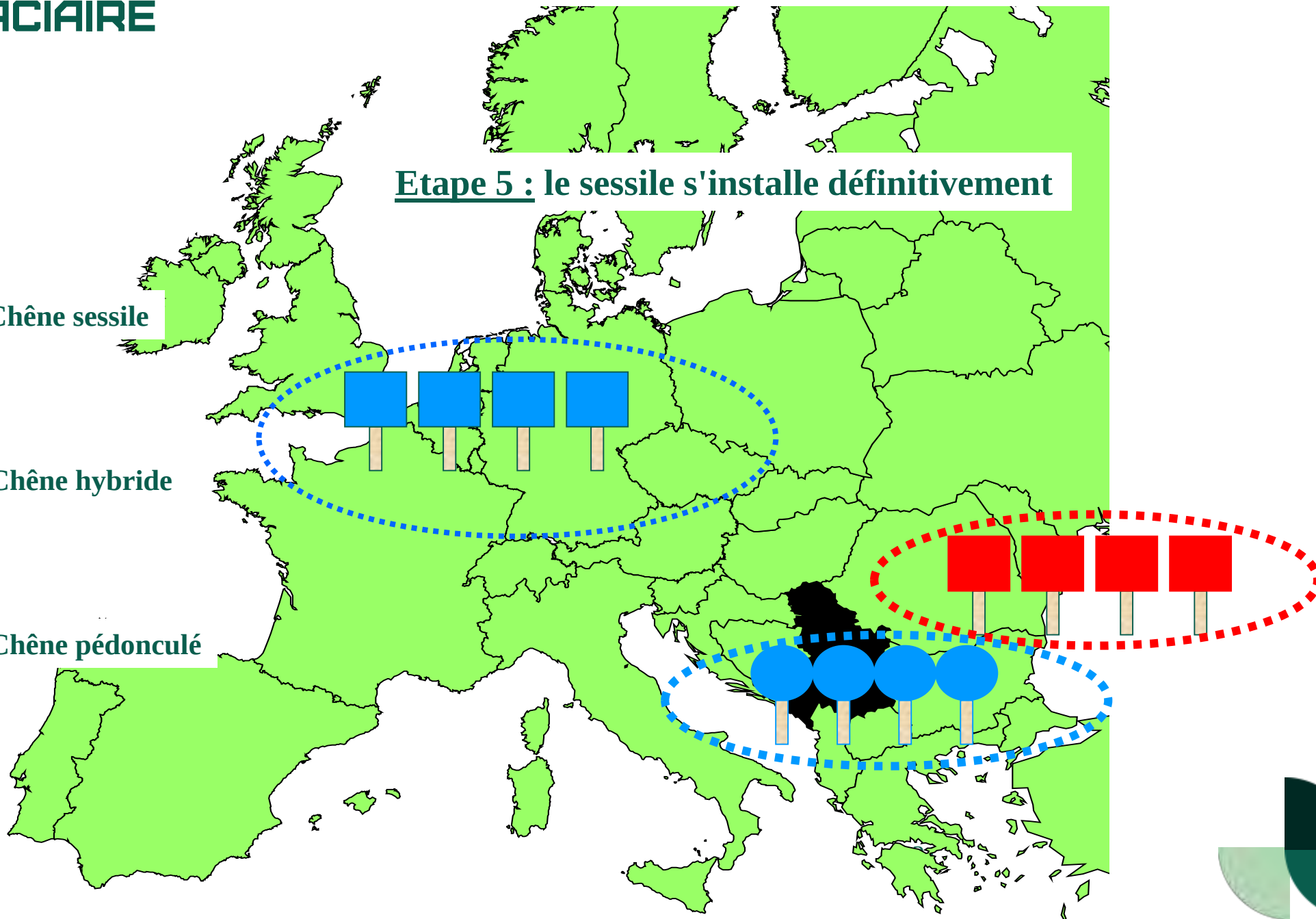


Chêne sessile

Chêne hybride

Chêne pédonculé

Etape 5 : le sessile s'installe définitivement





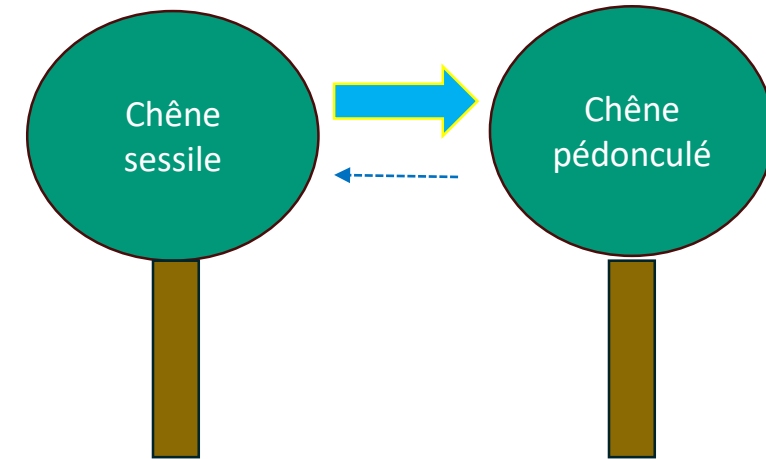
LE COMPLEXE D'ESPÈCES

UN FACTEUR CLEF DANS LA RÉUSSITE DE LA RECOLONISATION POST GLACIAIRE DES CHÊNES BLANCS

Le chêne pédonculé recolonise l'Europe : pionnier, dispersion par les corvidés

Le chêne sessile s'hybride avec le pédonculé

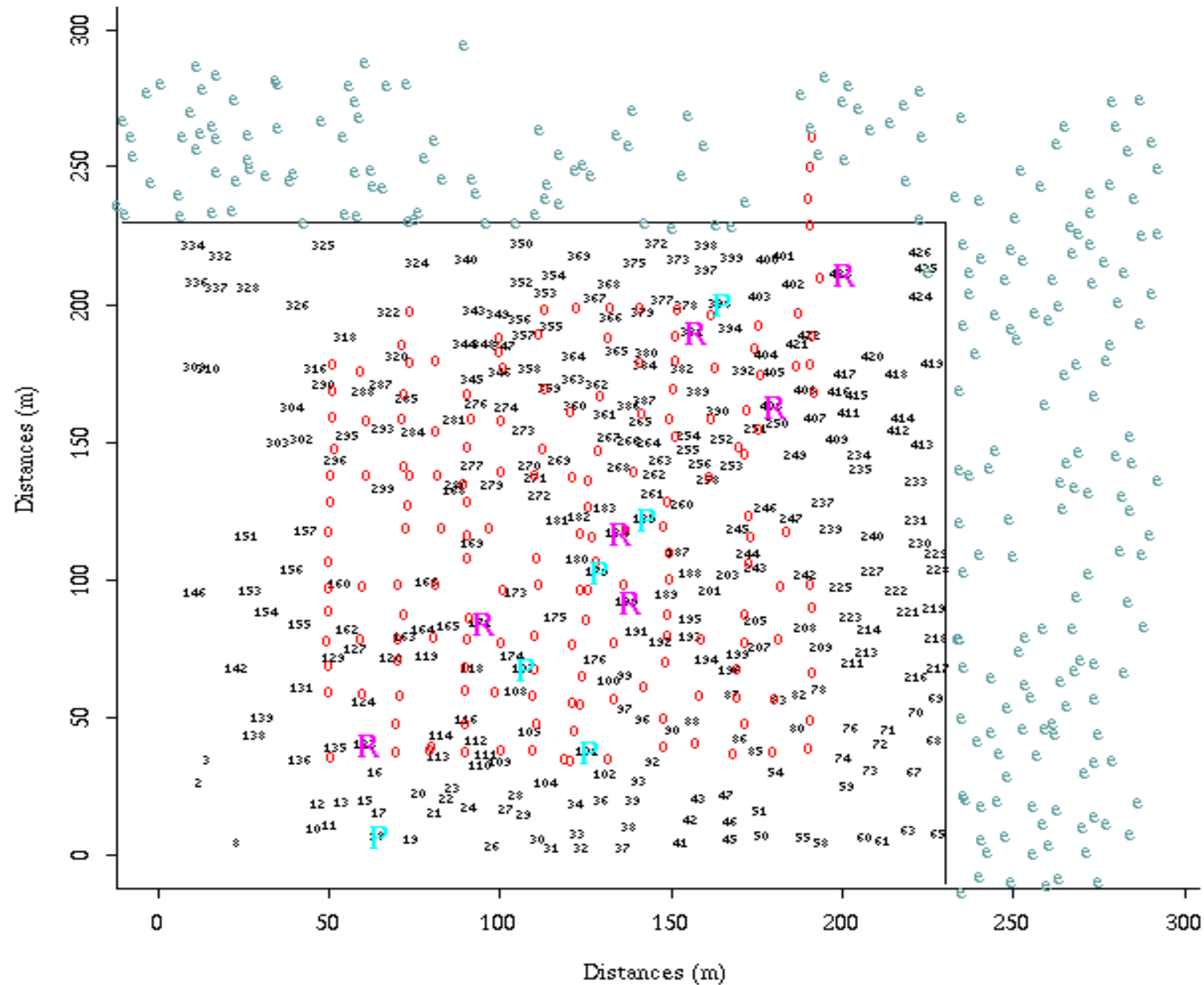
Le chêne sessile ressuscite



=> Stratégie Evolutivement Stable

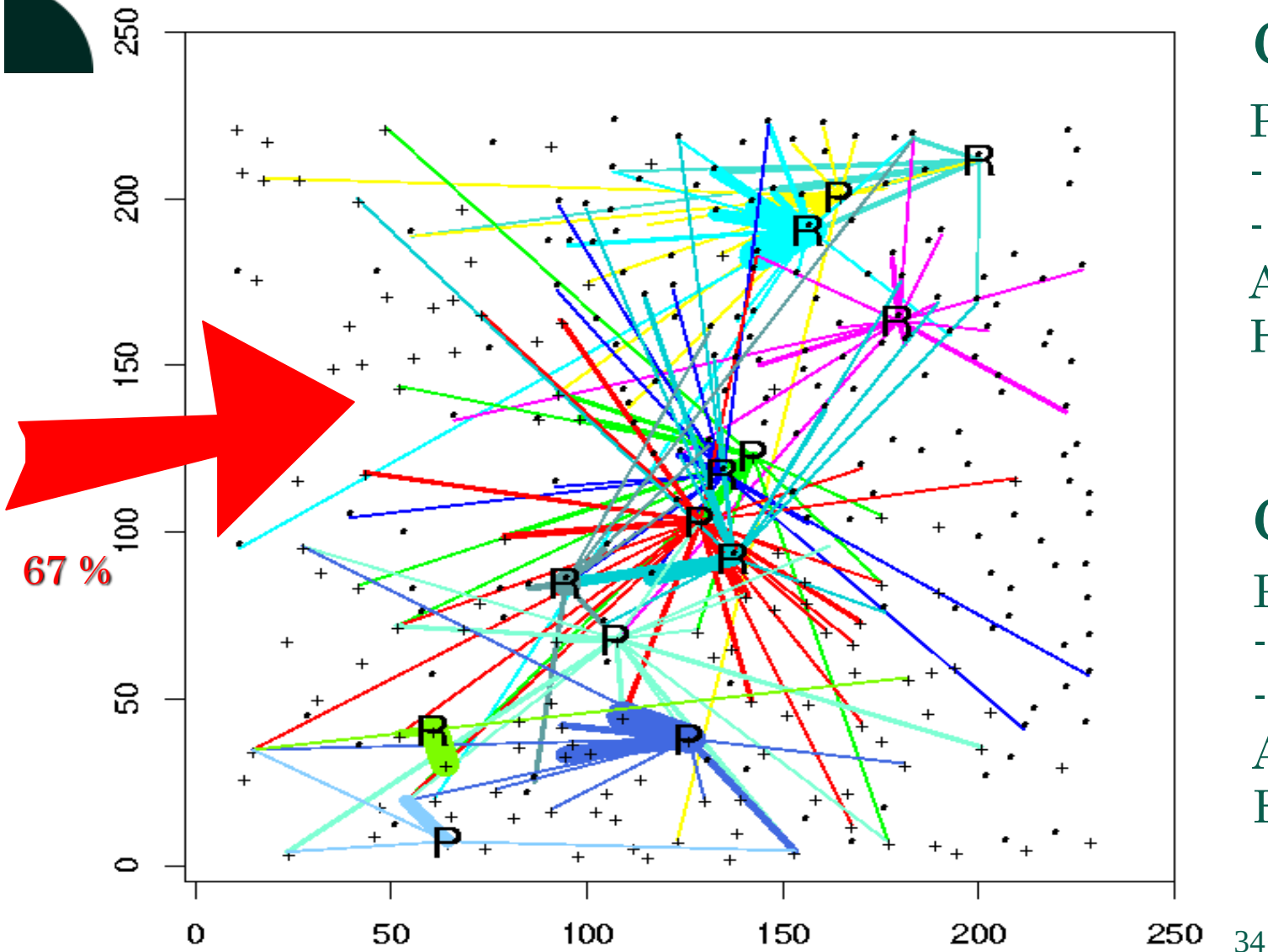


Parcelle expérimentale : ISP FD Petite Charnie



Parcelle 26, 5 hectares, arbres adultes d'environ 100 ans génotypés

Recherche de paternité : moyennes



Chênes Pédonculés

Pères :

- dans la parcelle 35 %

- hors parcelle 65 %

Autofécondation 2 %

Hybridation 4 %

Chênes Sessiles

Pères :

- dans la parcelle 31 %

- hors parcelle 69 %

Autofécondation 1 %

Hybridation* 15 %

(* hybridation 15 % pedonculé vers sessile liée à un arbre atypique)



CONCLUSION COMPLEXE D'ESPÈCES ET HYBRIDATION

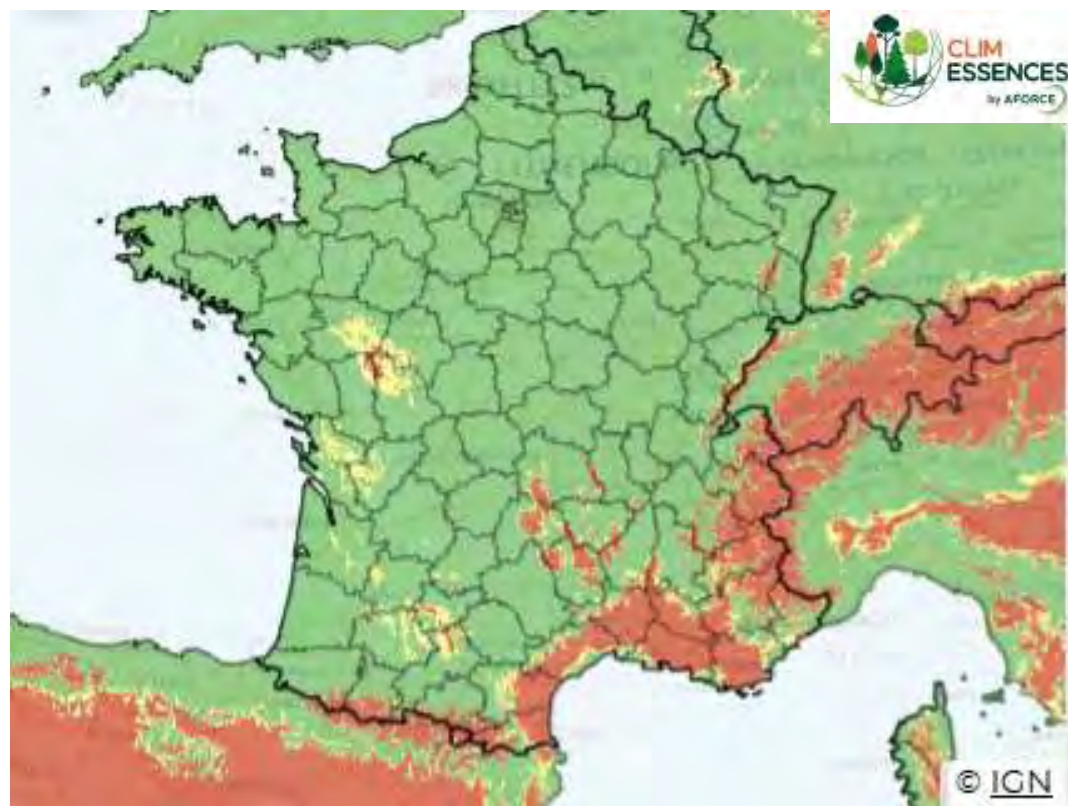
- C'EST UNE NOTION CLÉ CHEZ LES CHÊNES BLANCS
- C'EST UN FACTEUR D'ADAPTATION ET LE MOTEUR DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE
- IL EST INDISPENSABLE POUR UNE MIGRATION RAPIDE DES ESPÈCES
- C'EST UN MÉCANISME NATUREL TOUJOURS à L'ŒUVRE PERMETTANT D'ÉCHANGER DES CARACTÈRES POUVANT ÊTRE UTILES POUR L'ADAPTATION



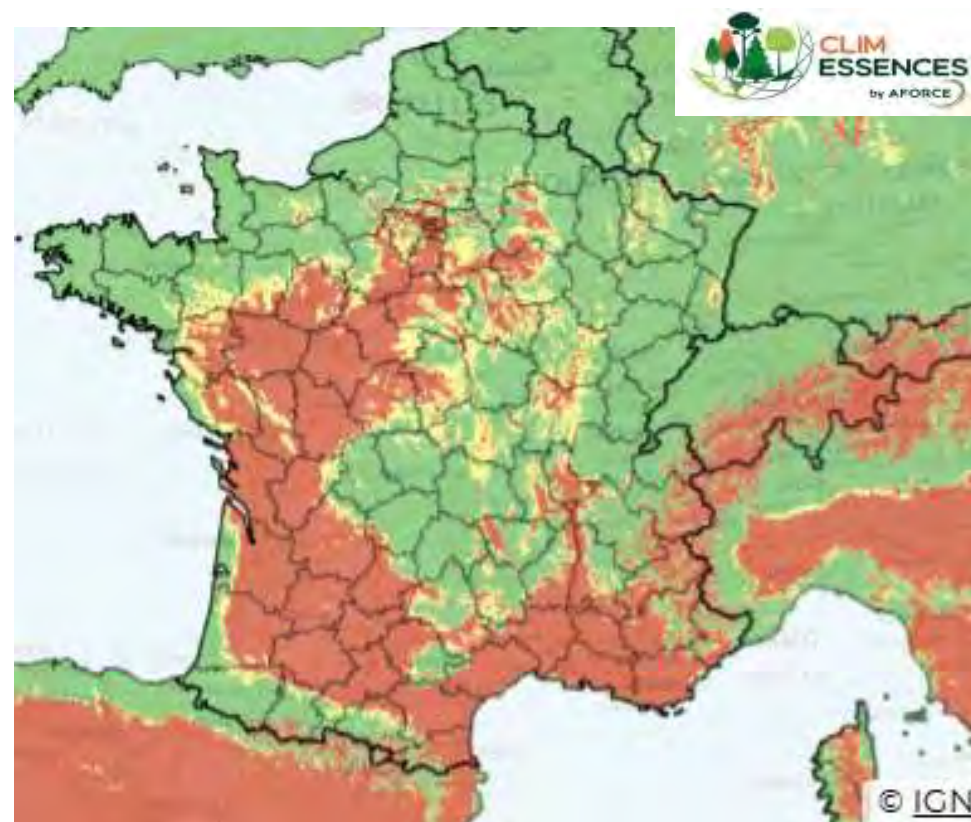
QUEL AVENIR POUR LES CHÊNES EN FRANCE?



EVOLUTION DE L'ENVELOPPE CLIMATIQUE DU CHÊNE SESSILE

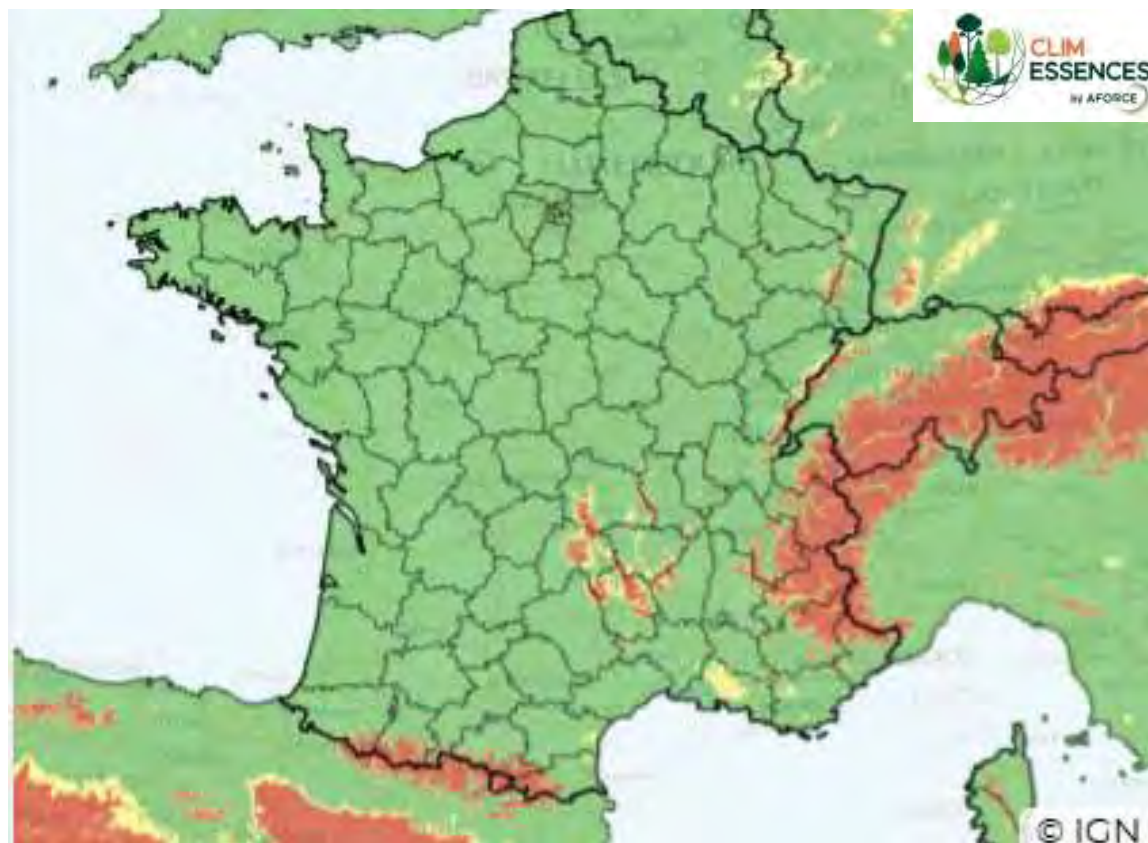


Actuel



2070-2100 à +4°C

EVOLUTION DE L'ENVELOPPE CLIMATIQUE DU CHÊNE PUBESCENT

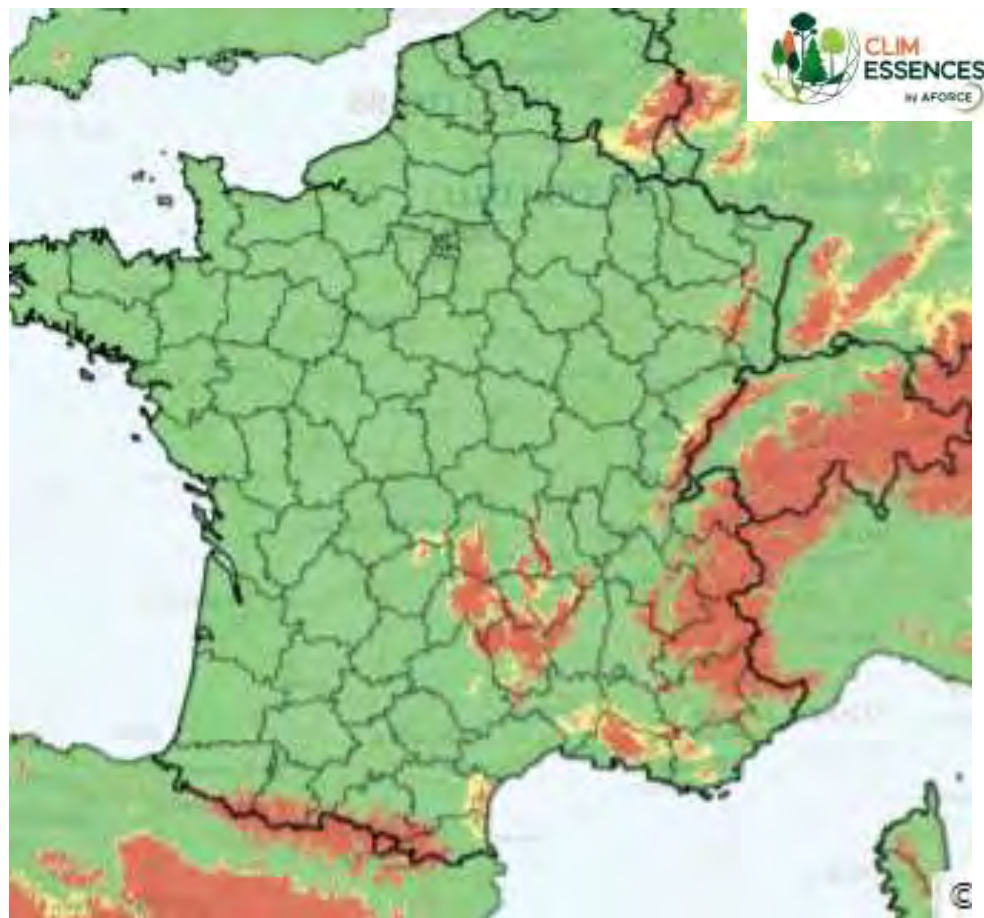


Actuel

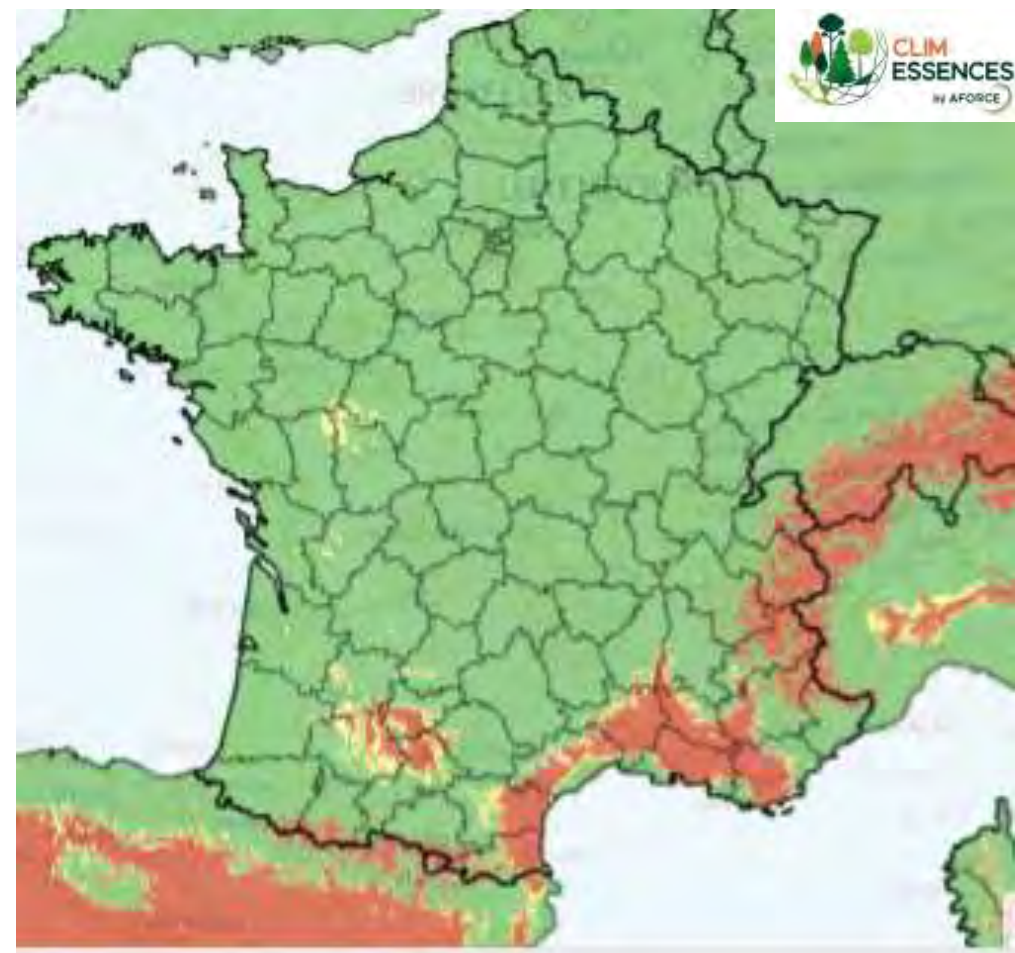


2070-2100 à +4°C

EVOLUTION DE L'ENVELOPPE CLIMATIQUE DU CHÊNE CHEVELU



Actuel



2070-2100 à +4°C



UNE STRATÉGIE DE RÉPONSE GRADUELLE ET PROPORTIONNÉE

**50 %
DE SURFACES
APTES à
RÉSISTER AU
CHANGEMENT
CLIMATIQUE**

RECONDUITE DE LA
PRATIQUE ACTUELLE
DANS LES
PEUPELEMENTS EN
PLACE.

POUR LES 50 % DE SURFACES FORESTIÈRES JUGÉES VULNÉRABLES 3 SCÉNARIOS POSSIBLES

**SCÉNARIO 1:
DES ESPÈCES
PLUS
RÉSISTANTES
SONT**

PRÉSENTES
MODIFICATION DES
PROPORTIONS DU
MÉLANGE
D'ESSENCES DÉJÀ
PRÉSENTES SUR
PLACE.

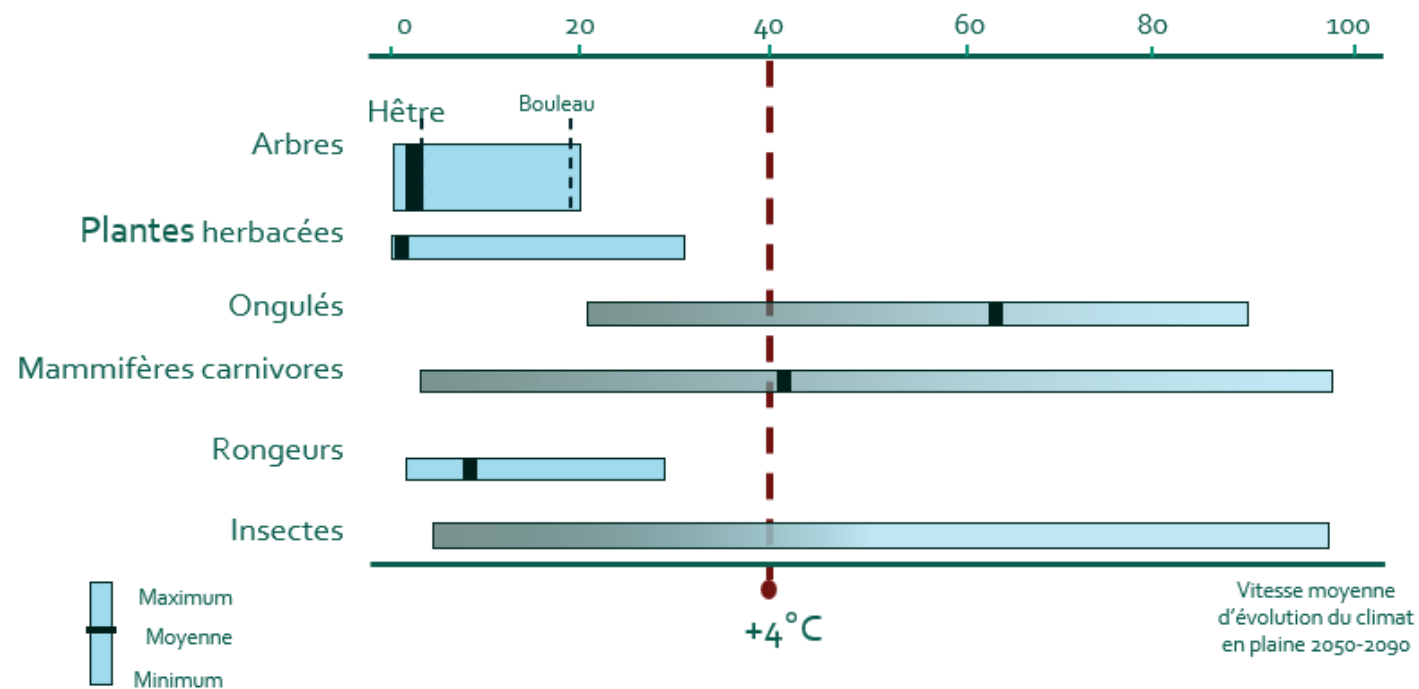
**SCÉNARIO 2:
TOUTES LES
ESPÈCES SONT
FRAGILES**

DES ESPÈCES
PRÉSENTES EN FRANCE
SONT COMPATIBLES ET
PEUVENT ÊTRE
IMPLANter PAR
MIGRATION ASSISTÉE
POUR COMPLÉTER LE
MÉLANGE D'ESPÈCES.

**SCÉNARIO 3:
TOUTES LES
ESPÈCES SONT
INCOMPATIBLES**

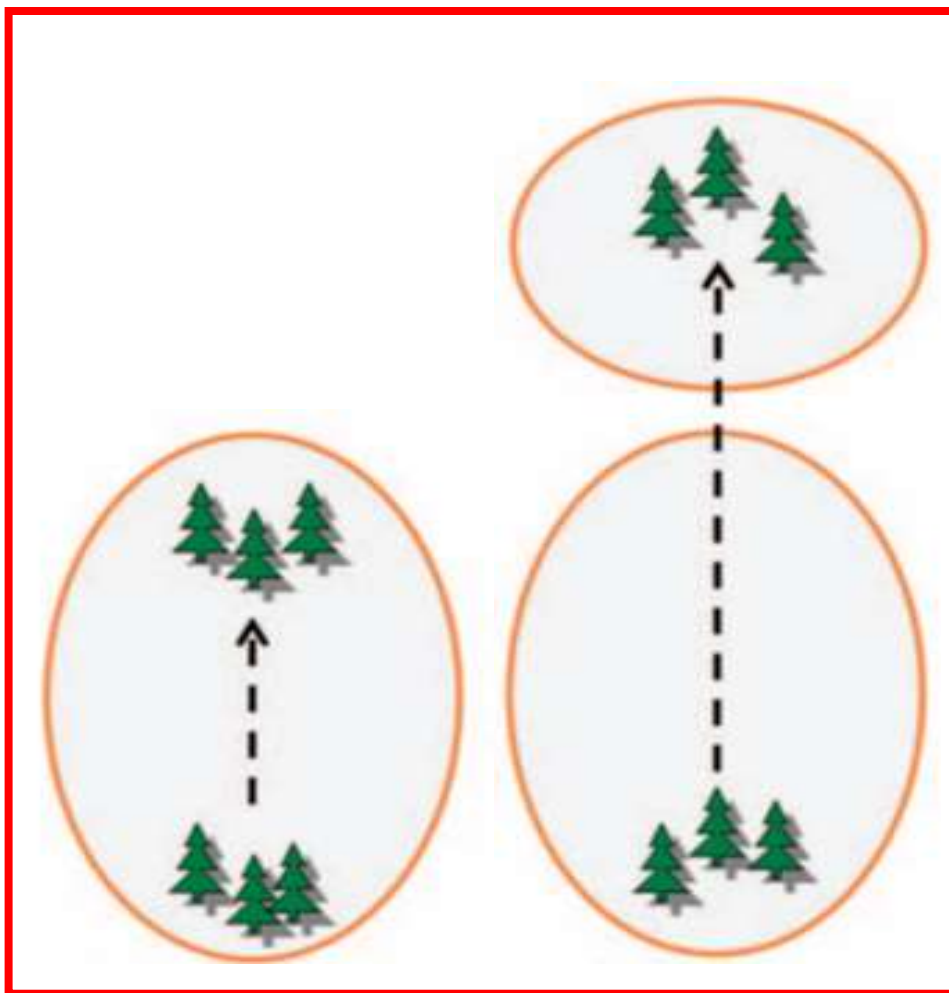
DES ESPÈCES D'ORIGINE
NON AUTOCHTONES
PEUVENT VENIR EN
SUBSTITUTION POUR
PERMETTRE LE MAINTIEN
DE LA FORÊT

VITESSE DE MIGRATION DES ESPÈCES



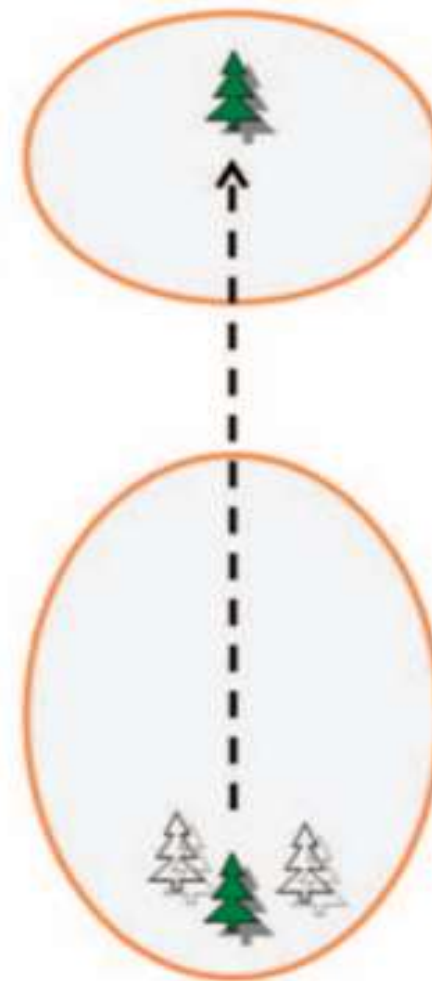
Source : d'après GIEC, 2013

ADAPTATION ACTIVE PAR MIGRATION ASSISTÉE OU INTRODUCTION D'ESPÈCES



Migration assistée
de provenance

Accroissement de
l'aire de répartition

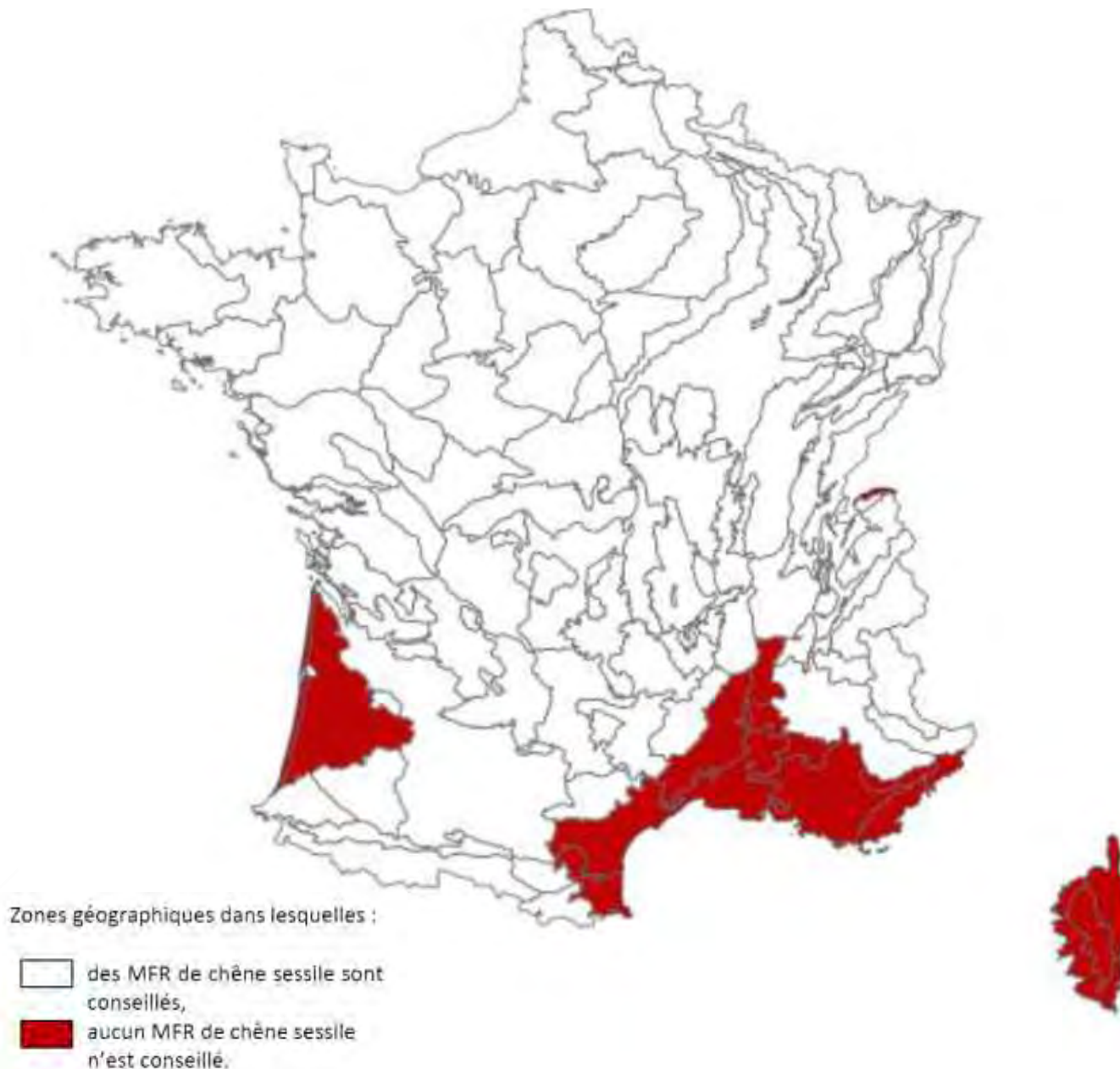


Introduction

AU POINT DE VU RÉGLEMENTAI RE TOUT UN ARSENAL DISPONIBLE:

- Réglementation française: filière G&P par exemple région de provenance
- Plan de gestion
- Charte de qualité....

Carte des conseils d'utilisation du chêne sessile pour projet de plantation

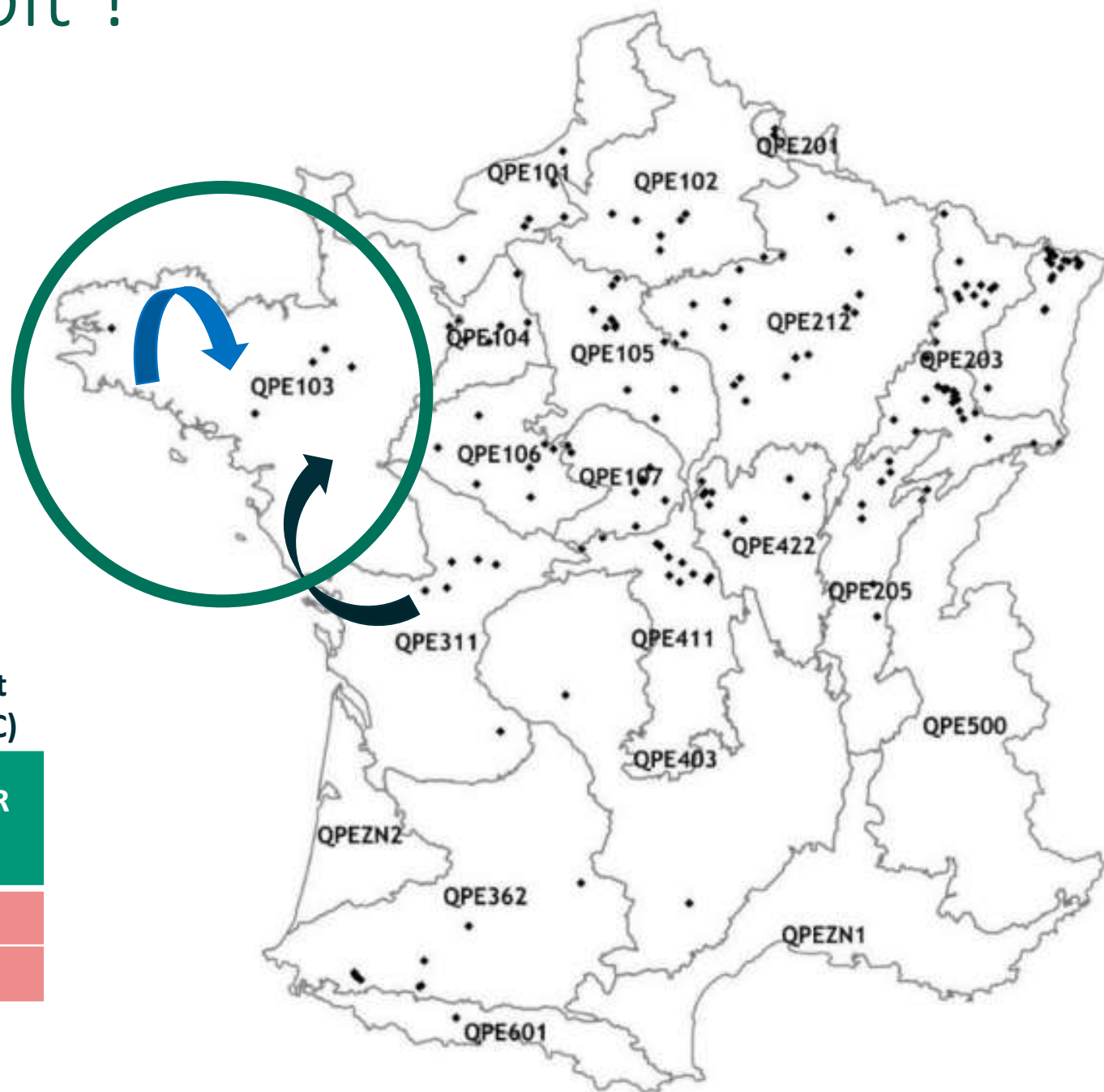


Que planter à quel endroit ?

Exemple du chêne sessile



Local (L)		Changement Climatique (C)
RP d'utilisation	MFR conseillés	Autres MFR utilisables
CODE	CODE	CODE
<i>QPE 103</i>	<i>QPE 103</i>	<i>QPE 311*</i>



DES CONSEILS

Carte des régions de provenance



Tableau descriptif des matériels de base

Code RP/MFR	Nom de la région de provenance	Nombre de peuplements	Surface totale des peuplements ¹ (ha)
QPE101	Bordure Manche	5	66,51
QPE102	Picardie	8	350,75
QPE103	Massif armoricain	7	106,24
QPE104	Perche	5	1 181,18
QPE105	Sud Bassin parisien	12	1 502,07
QPE106	Secteur ligérien	7	2 096,31
QPE107	Berry-Sologne	8	896,59
QPE201	Ardennes	3	61,00
QPE203	Nord-Est limons et argiles	33	670,67
QPE204	Nord-Est gréseux	16	712,88
QPE205	Vallée de la Saône	7	173,26
QPE212	Est Bassin Parisien	18	471,05
QPE311	Charente-Poitou	6	451,56
QPE362	Gascogne	10	247,64
QPE403	Rouergue-Massif Central	2	26,94
QPE411	Allier	10	1 142,35
QPE422	Morvan-Nivernais	9	578,01
QPE500	Alpes et Jura	1	12,00
QPE601	Pyrénées	1	23,04

¹ le nombre et la surface des peuplements sélectionnés sont susceptibles d'être révisés chaque semestre

GRECO		Zones d'utilisation		Régions forestières nationales		Matériels conseillés		Autres matériels utilisables	
		code	nom	code	nom	Nom	Cat.	Nom	Cat.
A	Grand Ouest cristallin et océanique	A13	Bocage normand et pays de Fougères	722	Champagne du Maine	QPE104	S	QPE106, QPE107*, QPE311*	S
				-	Toutes les autres	QPE103	S	QPE104, QPE106, QPE311*	S
				-	Toutes				
		B10	Côtes et plateaux de la Manche	762	Pays de Bray	QPE102	S	QPE101, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106*	S
				804	Plateau picard				
				605	Picardie verte				
				-	Toutes les autres	QPE101	S	QPE102, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106*	S
		B21	Flandres	591	Flandre maritime	QPE101	S	QPE102, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106*, QPE201	S
				-	Toutes les autres	QPE102	S	QPE101, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106*, QPE201	S
		B22	Plaine picarde	-	Toutes	QPE102	S	QPE101, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106*	S
B	Centre-Nord semi-océanique	B23	Mosan, Thiérache et Hainaut	80	Ardenne primaire	QPE201	S	QPE102*, QPE106*, QPE212*	S
				27	Hainaut et Thiérache	QPE102	S	QPE101, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106*, QPE201	S
				105	Champagne humide	QPE212	S	QPE203, QPE107*, QPE205*, QPE411*, QPE422*, QPE201	S
		B31	Campagne de Caen et Pays d'Auge	142	Campagnes de Normandie	Nord : QPE101; Sud : QPE104	S	Nord : QPE102, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106* ; Sud : QPE106, QPE107*, QPE311*	S
				-	Toutes les autres	QPE101	S	QPE102, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106*	S
		B32	Plateaux de l'Eure	273	Roumois	QPE108	S	QPE102, QPE106*, QPE107*, QPE411*	S
				278	Vexin normand				
				274	Plateaux de Neubourg, St-André et Drouais				
				754	Pays des Yvelines et de Fontainebleau				
		B33	Perche	272	Pays d'Ouche	QPE104	S	QPE106, QPE107*, QPE311*	S
				619	Perche				
				-	Toutes les autres	QPE106	S	QPE104, QPE107*, QPE311*, QPE411*	S
		B41	Bassin parisien tertiaire	754	Pays des Yvelines et de Fontainebleau	QPE108	S	QPE102, QPE106*, QPE107*, QPE411*	S
				-	Toutes les autres	QPE102	S	QPE101, QPE103*, QPE104*, QPE105*, QPE106*	S
		B42	Brie et Tardenois	22	Tardenois				
				771	Brie	QPE212	S	QPE203, QPE107*, QPE205*, QPE411*, QPE422*	S
		B43	Champagne crayeuse	514	Champagne crayeuse				



ESPÈCES DE CHÊNES RÉGLEMENTÉES

- **CHÊNE CHEVELU**
- **CHÊNE LIÈGE**
- **CHÊNE PÉDONCULÉ**
- **CHÊNE PUBESCENT**
- **CHÊNE ROUGE**
- **CHÊNE SESSILE**
- **CHÊNE VERT**





Migration assistée et introduction

- Adapter le choix des provenances et des essences aux besoins d'adaptation;
- Maximiser la diversité lors des plantations;
- Favoriser les flux de gènes (pollen et graine) au sein de la parcelle et du massif;
- Expérimenter
 - Plantation de tests de comportement;
 - Plantation d'ilot d'avenir ;
 - Adhérer au Réseau Esperense





Office National des Forêts