



Cultures & Sociétés
13 Novembre 2021

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

Antoine Kremer

université
de BORDEAUX





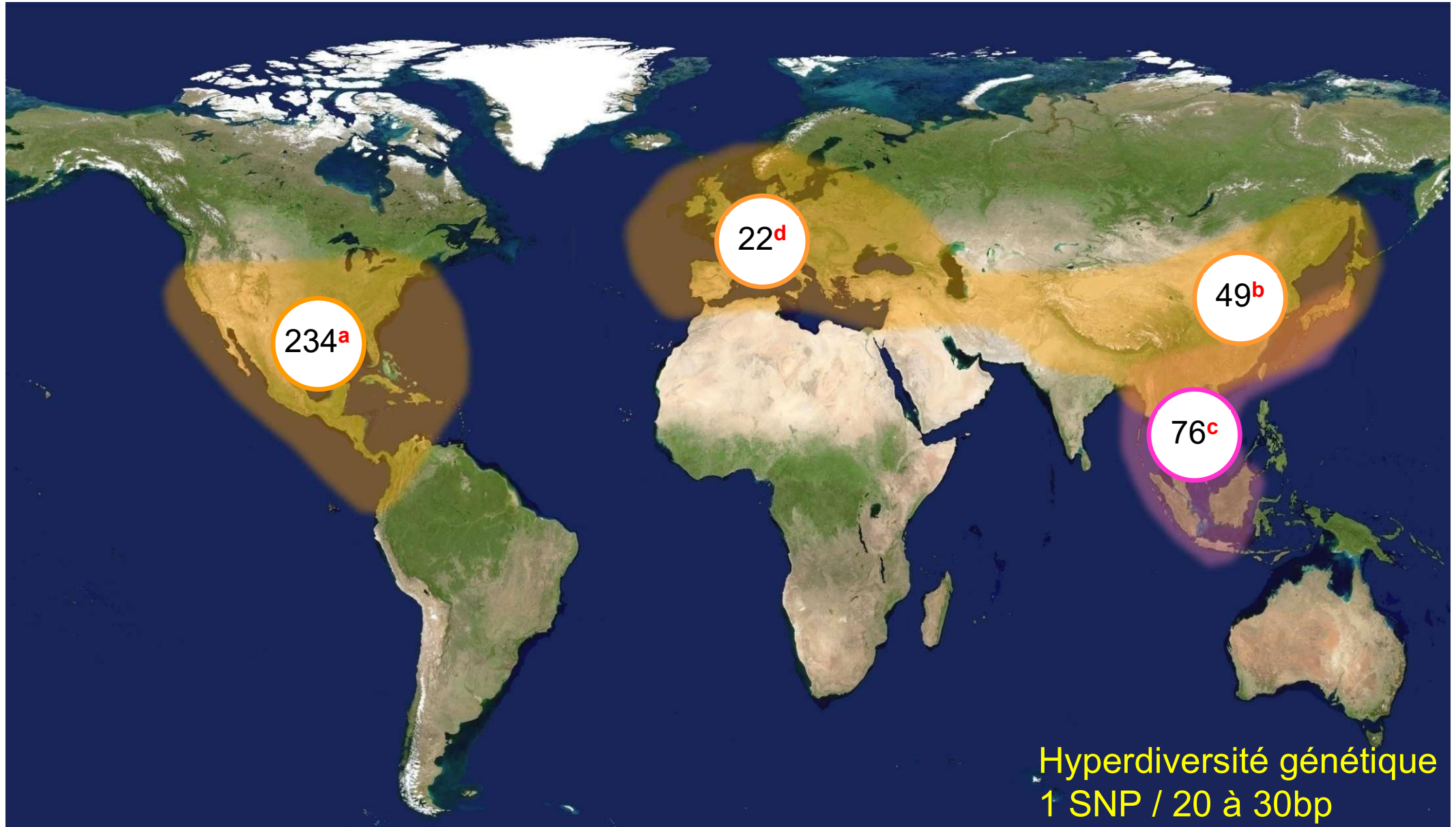
OAK
THE FRAME OF CIVILIZATION
WILLIAM BRYANT LOGAN



DE QUI PARLE -T- ON ?

LES CHENES : LE GENRE *QUERCUS*

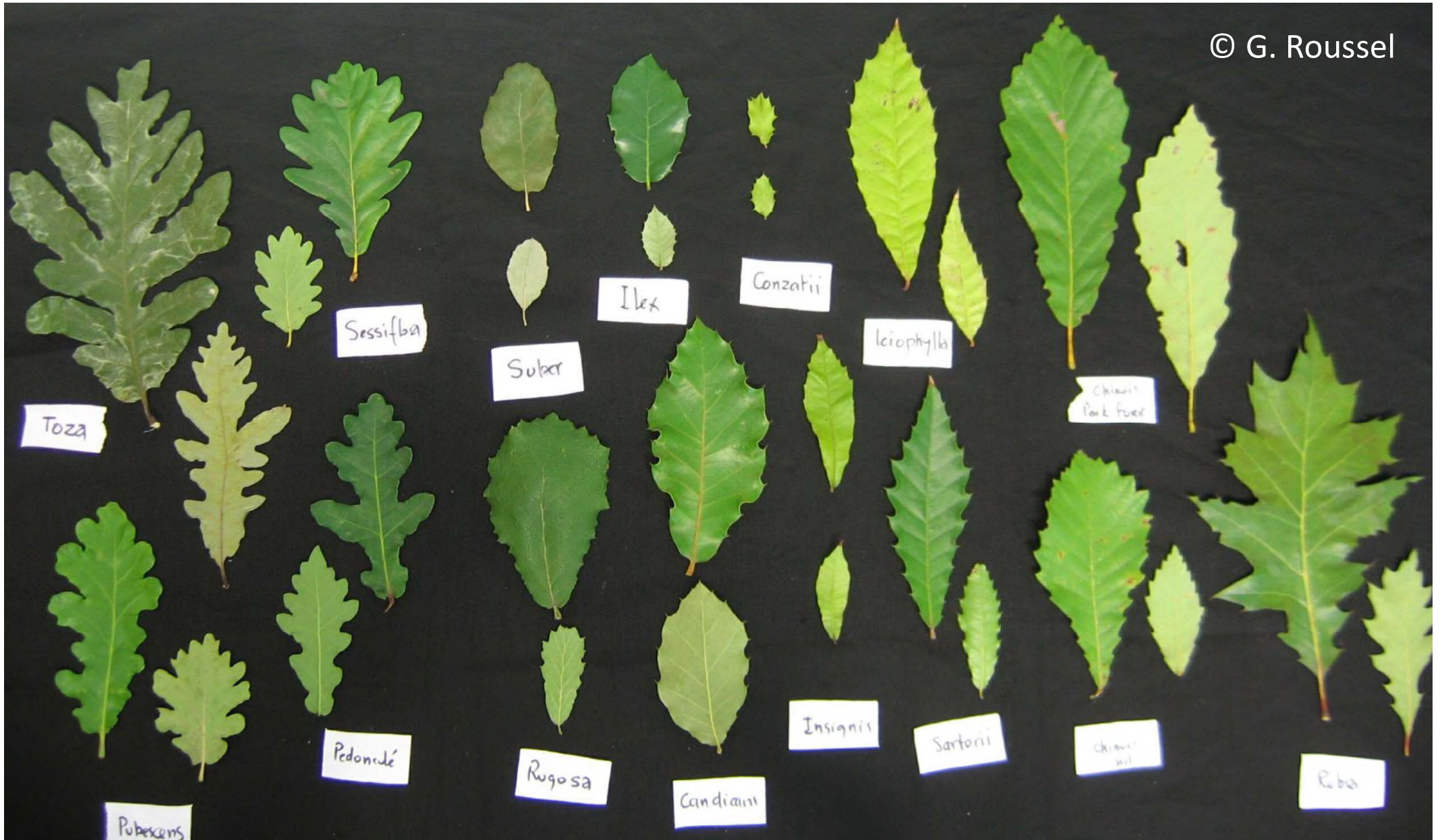
(≈ 435 espèces)



a According to Valencia (2004) and Nixon (1993)

b and **c** : according to Menitsky (1984, 2005)

d: according to Flora europea





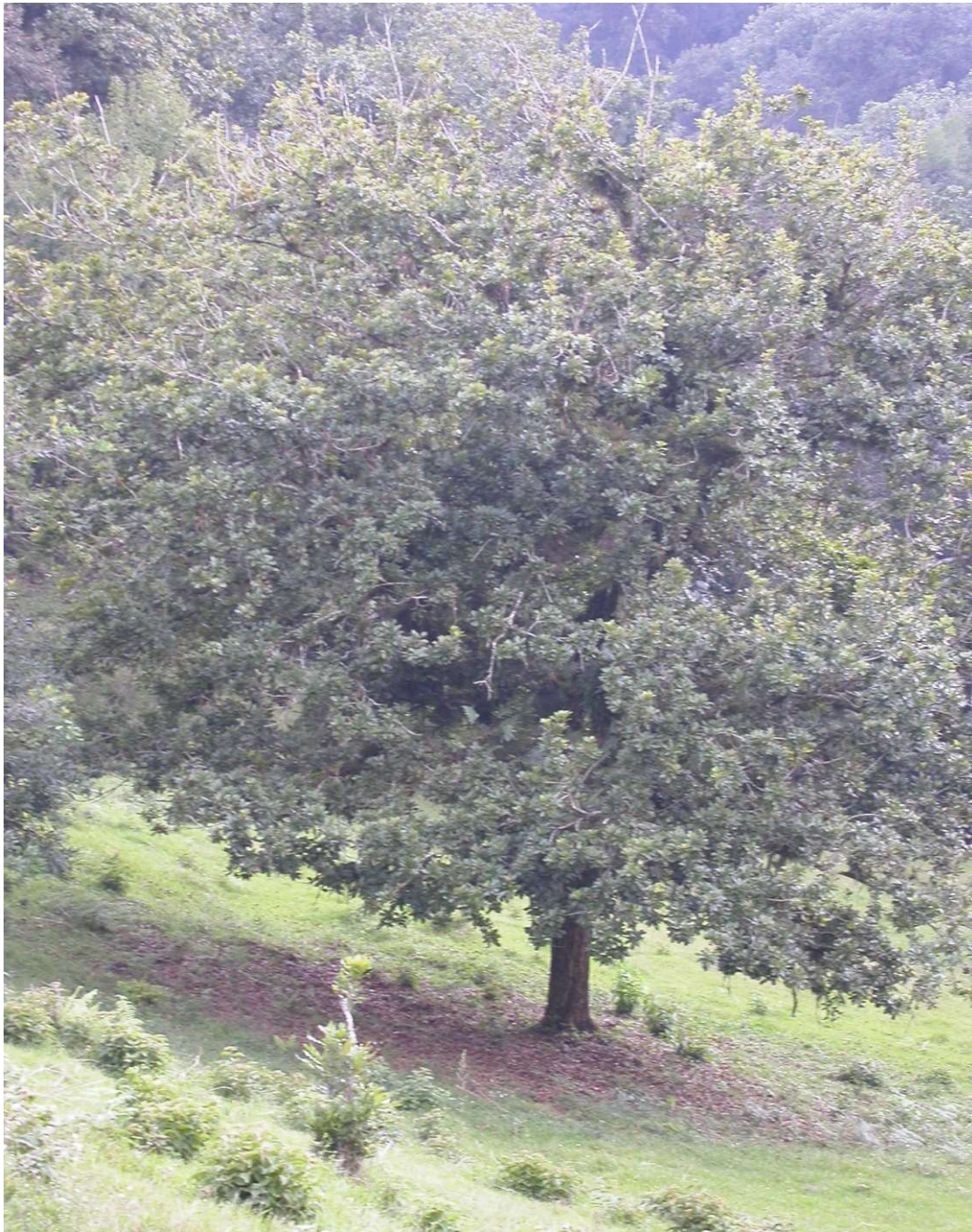
QUERCUS MALACOTRICA

Province du Yunnan (Chine)



QUERCUS CANDICANS

Etat de Oaxaca (Mexique)



QUERCUS EXCELSA

Etat du Veracruz (Mexique)



QUERCUS EXCELSA

Etat du Veracruz (Mexique)



© Béatrice Chassé

QUERCUS HYPOPHAEA Taiwan



Photo Lotus Johnson

QUERCUS GARRYANA

OREGON (USA)



Photo Chase Davis

QUERCUS MACROCARPA

USA-Canada



©Béatrice Chassé

QUERCUS PACHYLOMA Taiwan

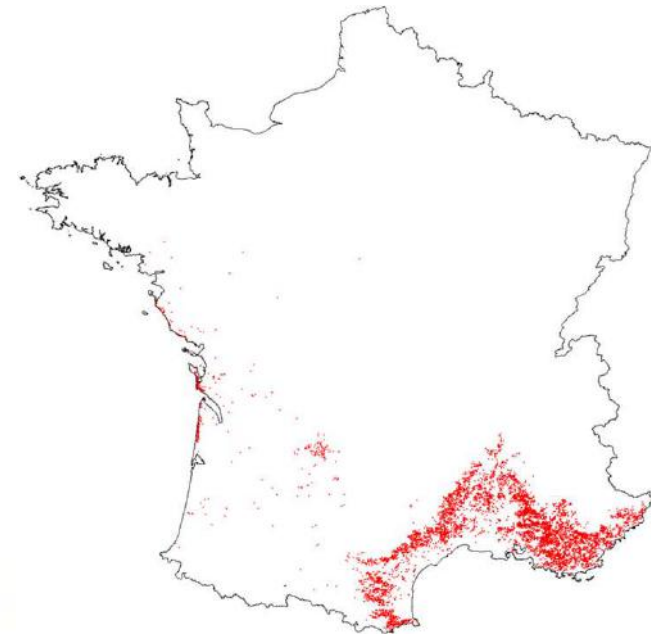
Chêne sessile



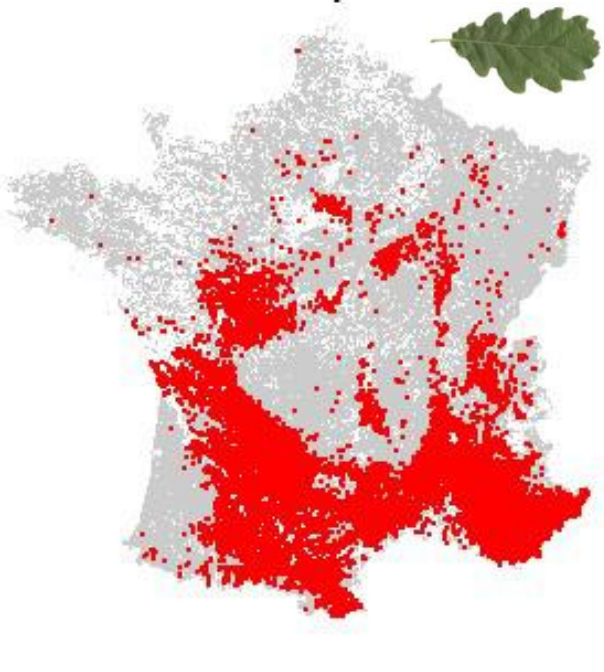
Chêne pédonculé



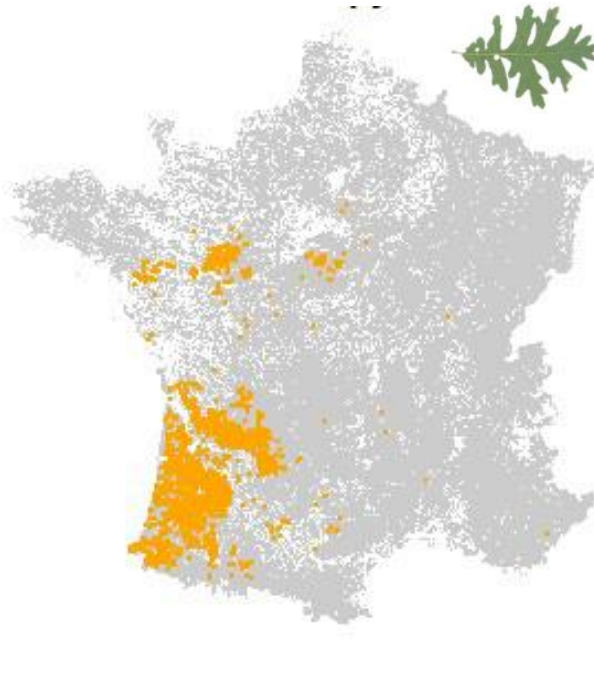
Chêne vert



Chêne pubescent



Chêne tauzin



Chêne liège

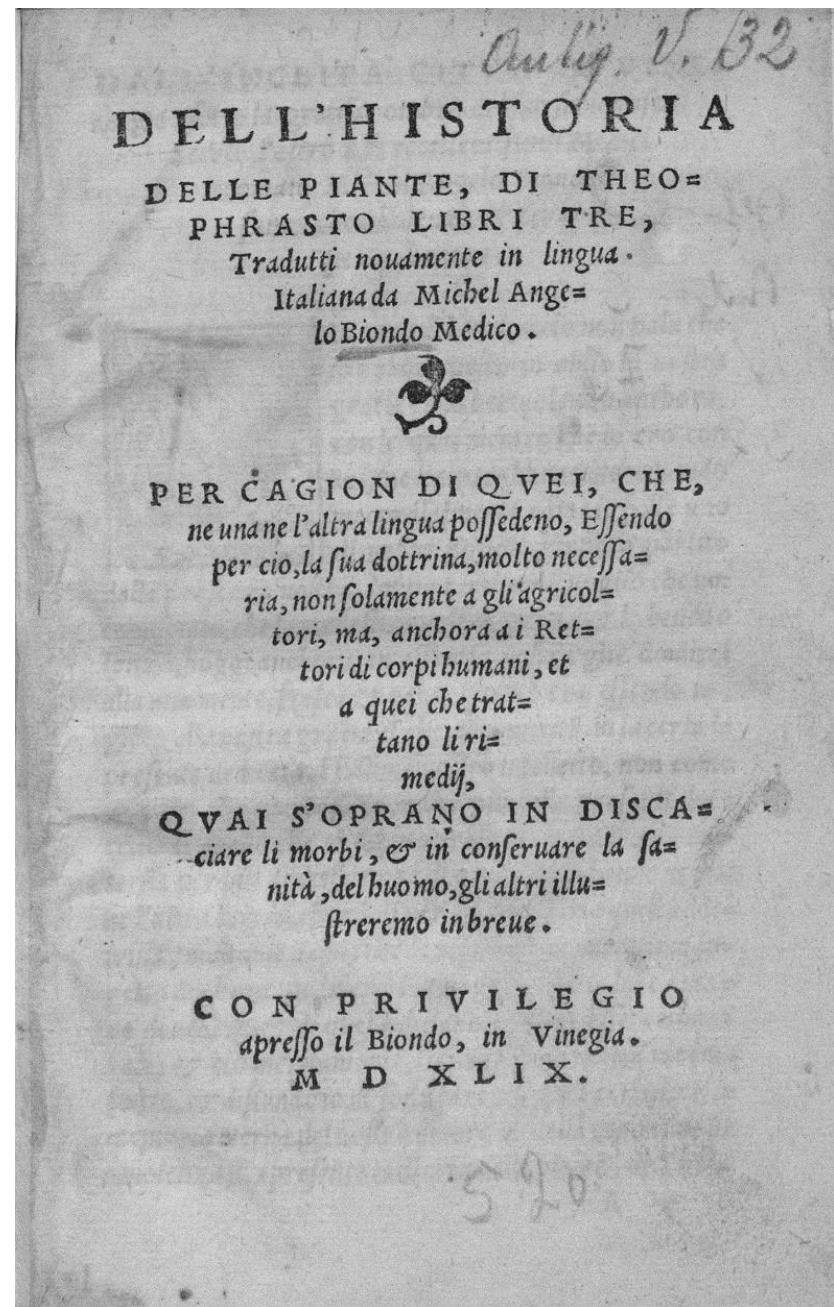




QUI EN A DÉJÀ PARLE ??



Theophraste (-371 -288)
Statue de Théophraste dans le jardin
botanique de Palerme (Wikipedia)



Historia Plantarum
Book 3, Wild trees & shrubs

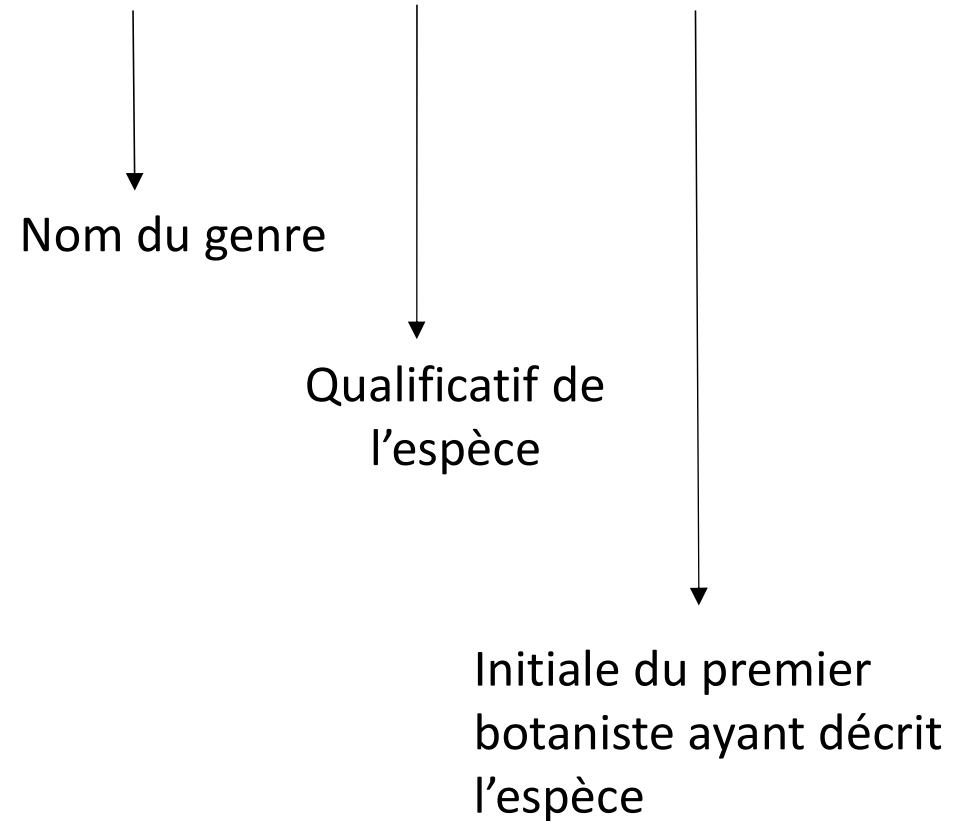
Linné.



Carl Von Linné (1707-1778)

Nomenclature binomiale

Quercus robur L.



Carl v. Linné



A.P. De Candolle 1778-1841



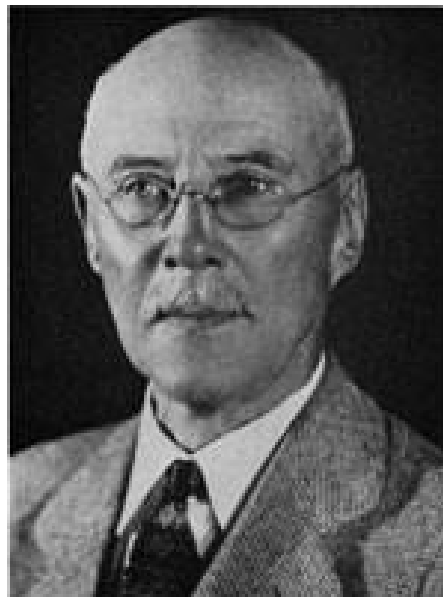
G. Bentham 1800-1884



K.G.T. Kotschy 1813-1866



A.S. Ørsted 1816-1872

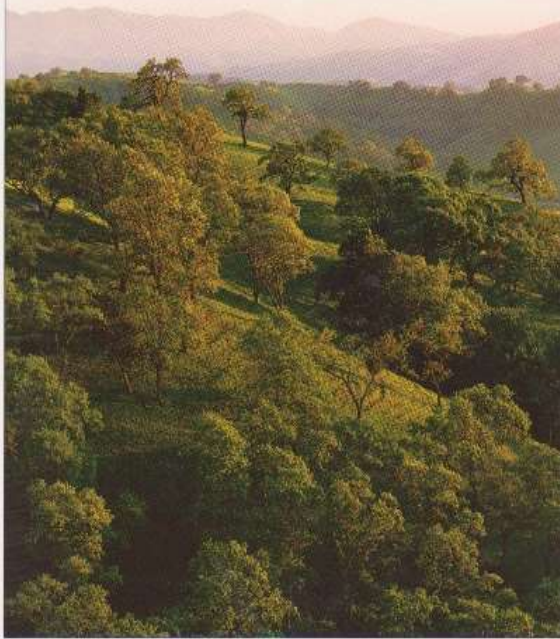


W. Trelease 1857-1945



O.K.A. Schwarz 1900-1983

OAKS OF CALIFORNIA



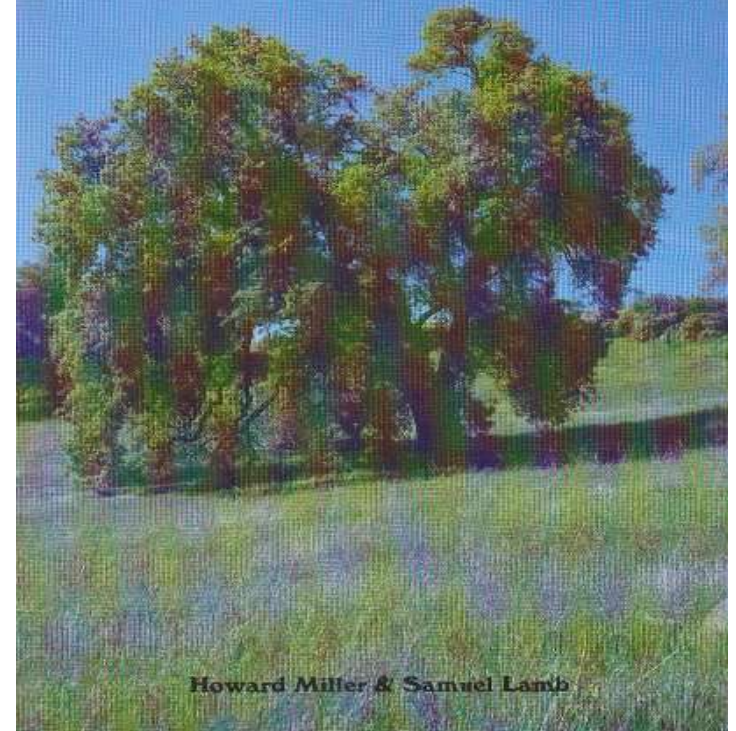
By Bruce M. Pavlik, Pamela C. Muick, Sharon G. Johnson, and Marjorie Popper

OAKS OF INDIA, NEPAL AND BHUTAN



Dr. S.S. Negi
Dr. H.B. Naithani

OAKS of North America



Howard Miller & Samuel Lamb

Encinos DE MÉXICO

(*QUERCUS*, FAGACEAE)
100 ESPECIES

Silvia Romero Rangel
Ezequiel Carlos Rojas Zenteno
Liliana Elizabeth Rubio Licona



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

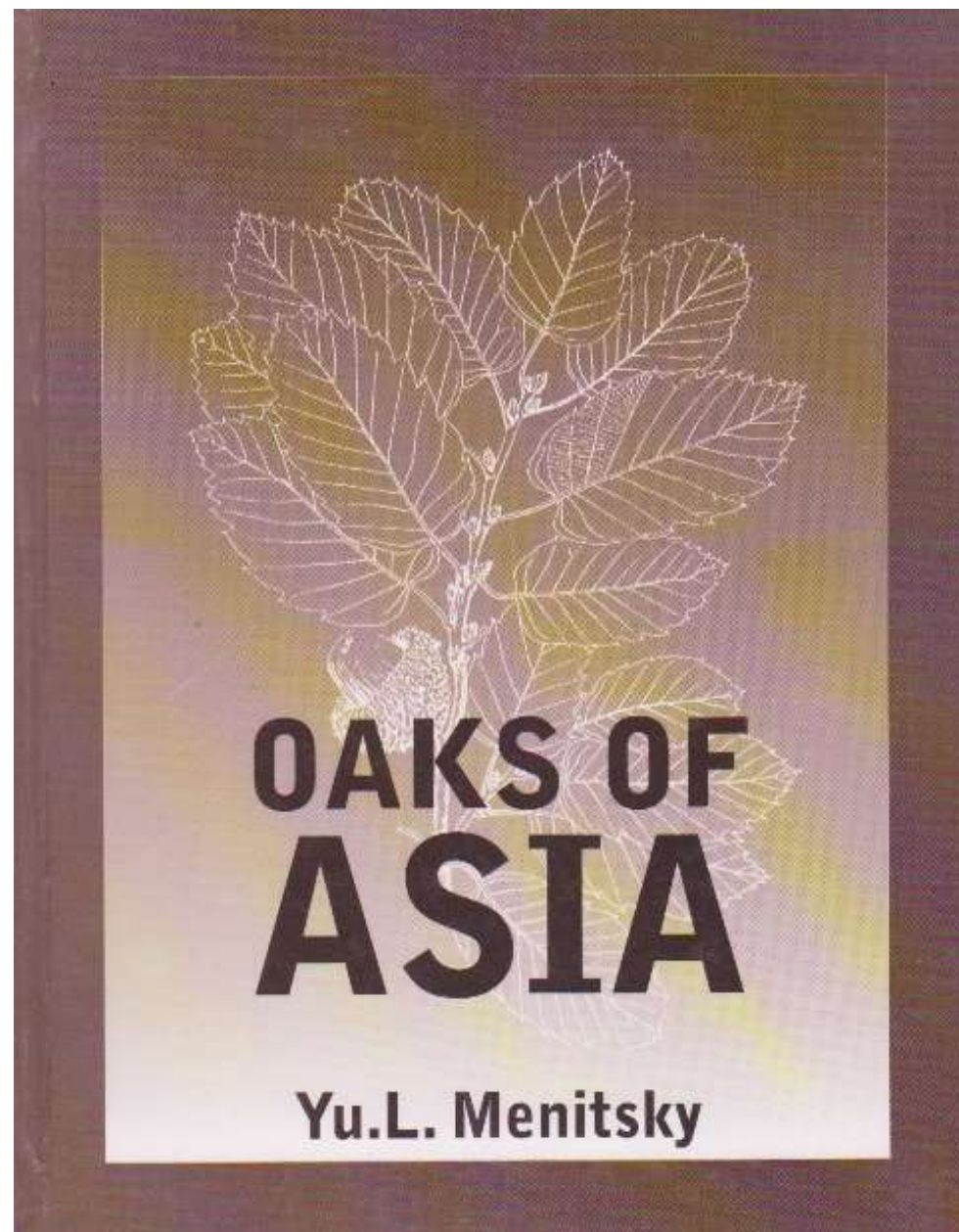
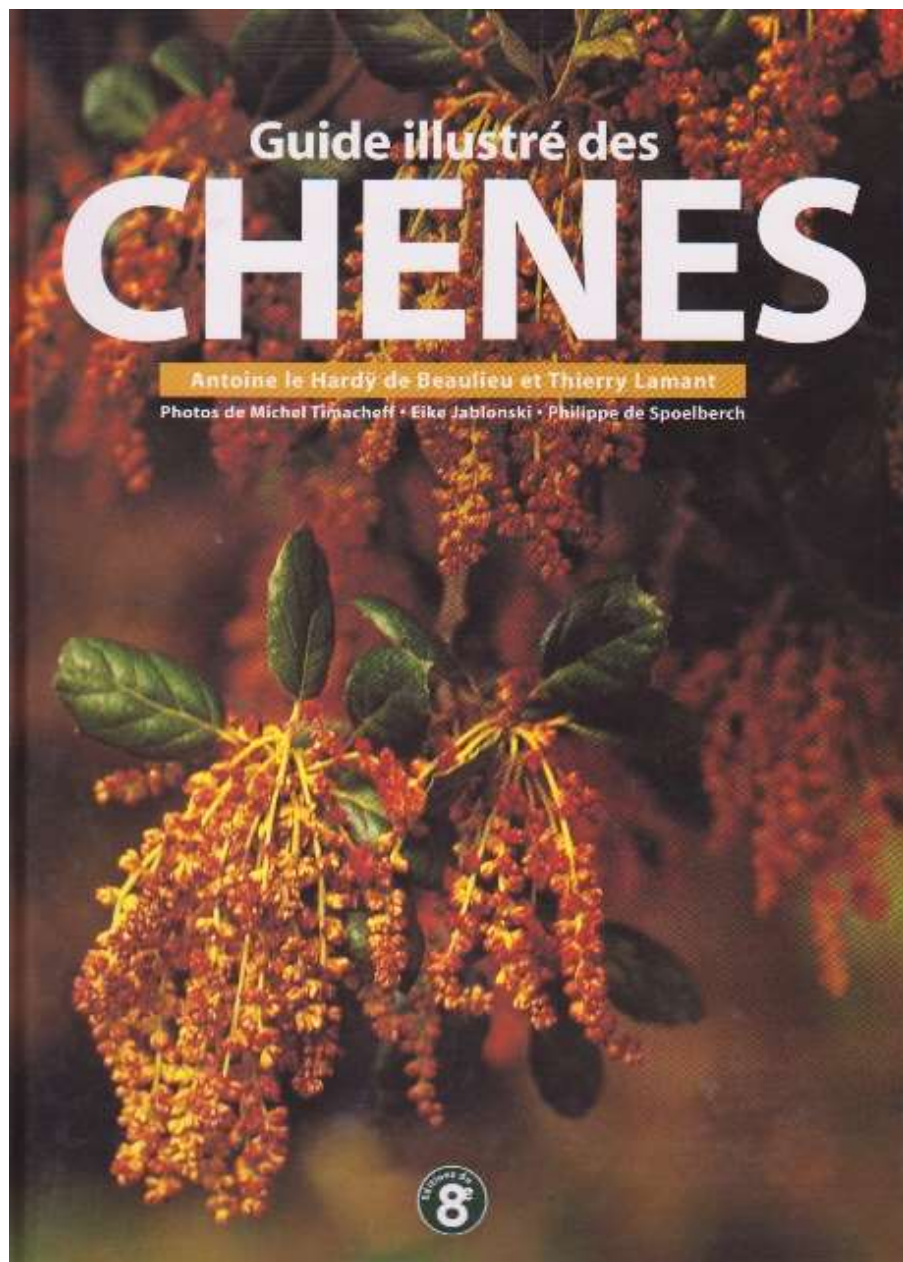


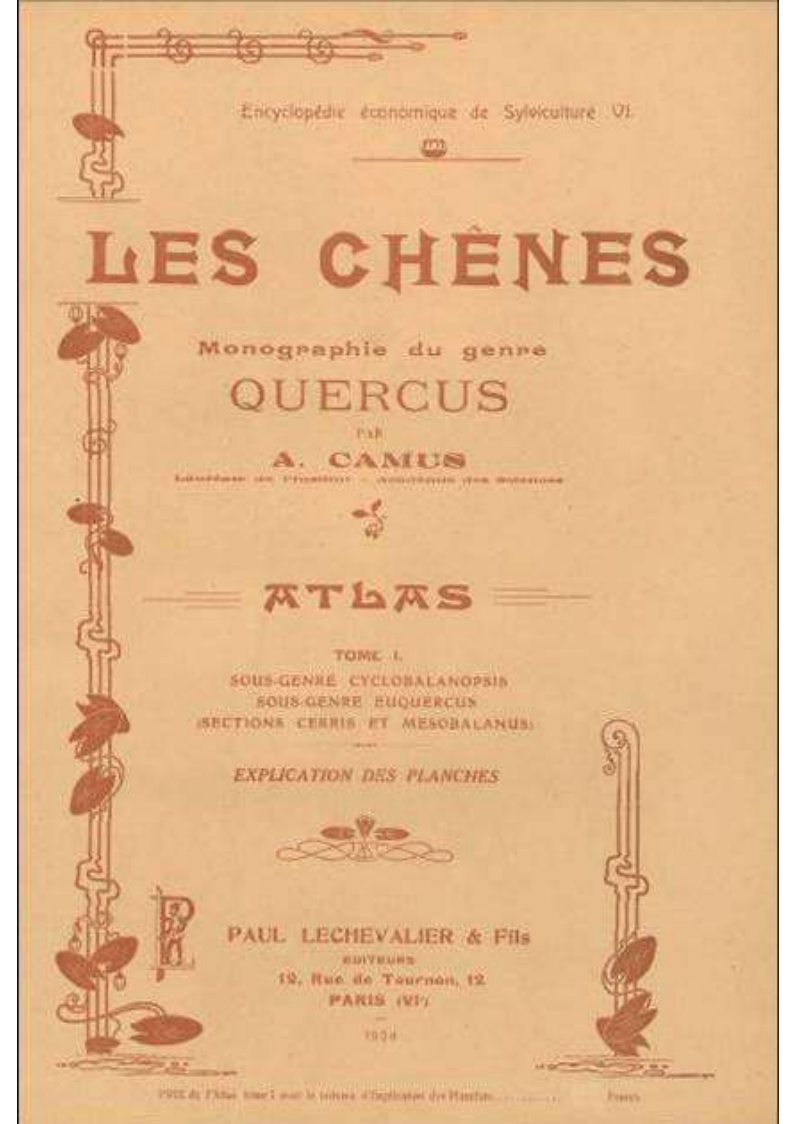
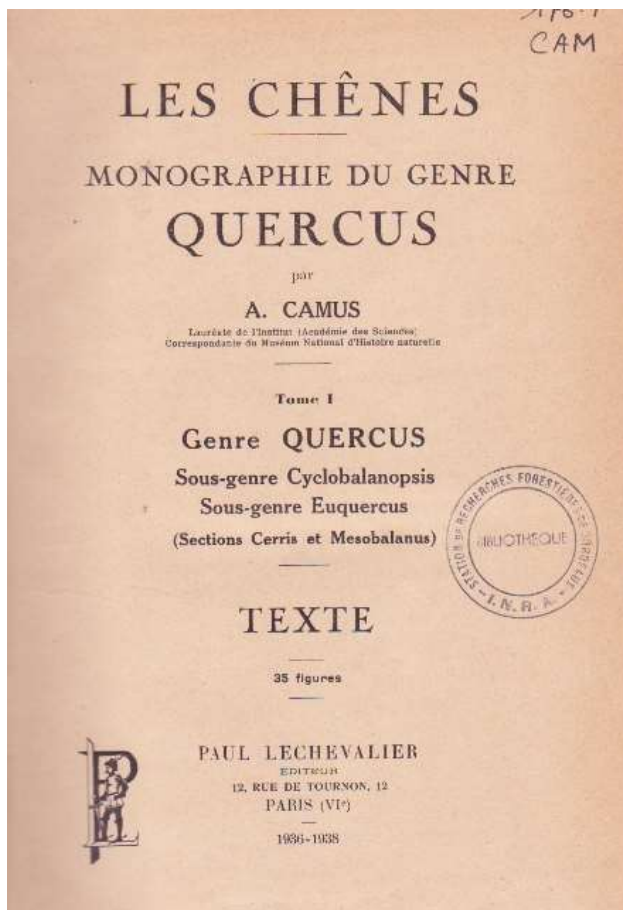
Fagaceae of Taiwan

臺灣的殼斗科植物

櫟足之地







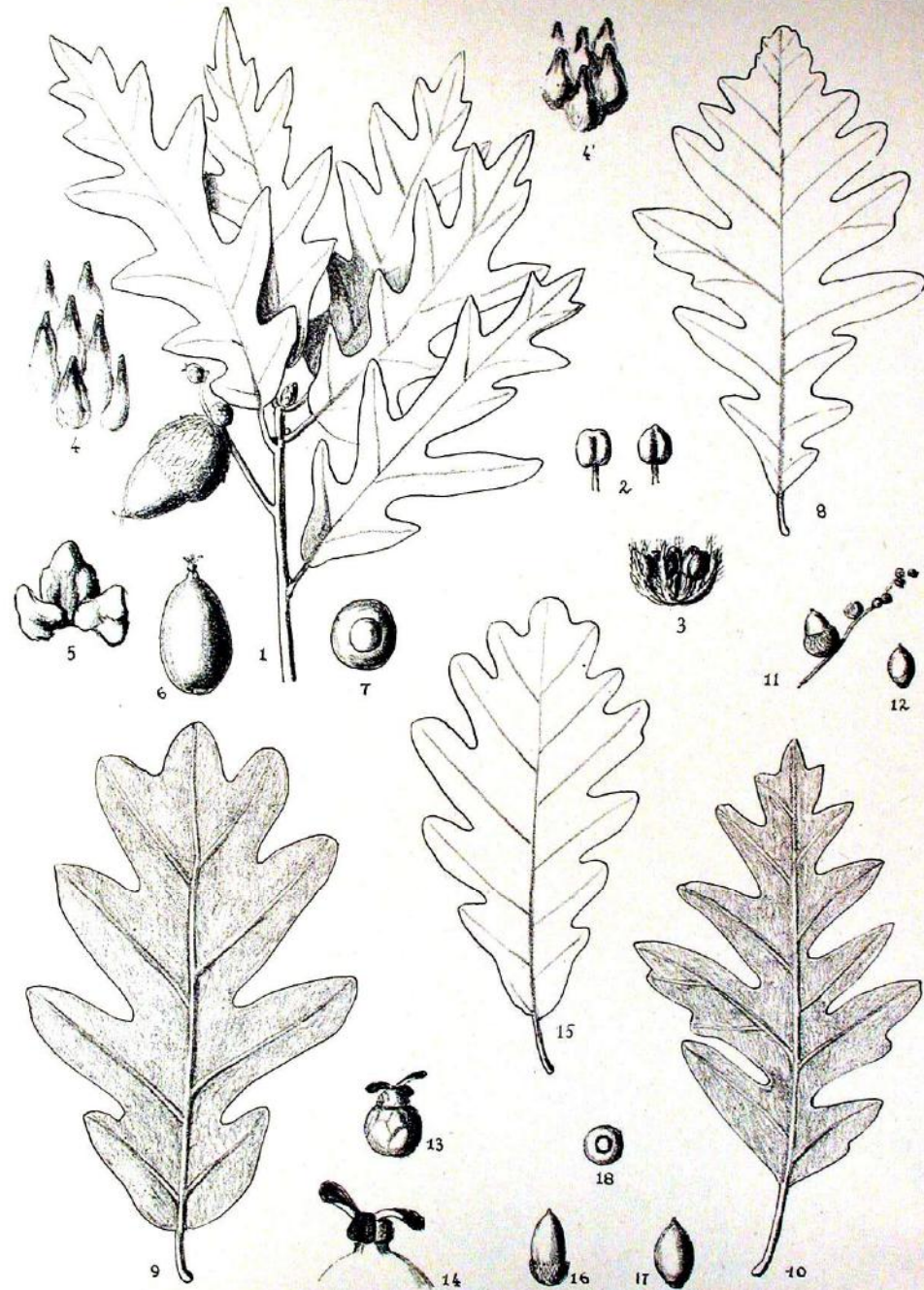
Aimée Antoinette Camus (1879-1965)

Monographie du genre Quercus (1936-1954)

3 Tomes, 2839 pages, 522 Planches, 5 à 40 illustrations/planche

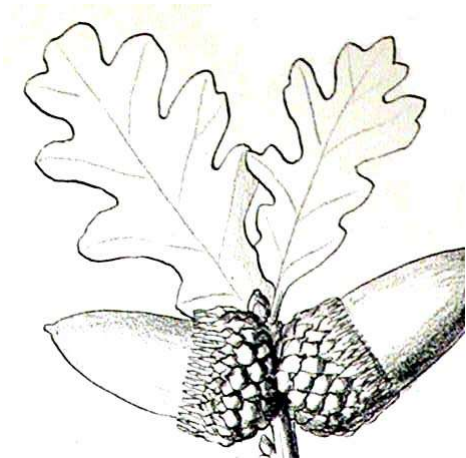


Blanche Célestine Camus (à gauche)
Aimée Antoinette Camus



QUERCUS TOZA Bosc

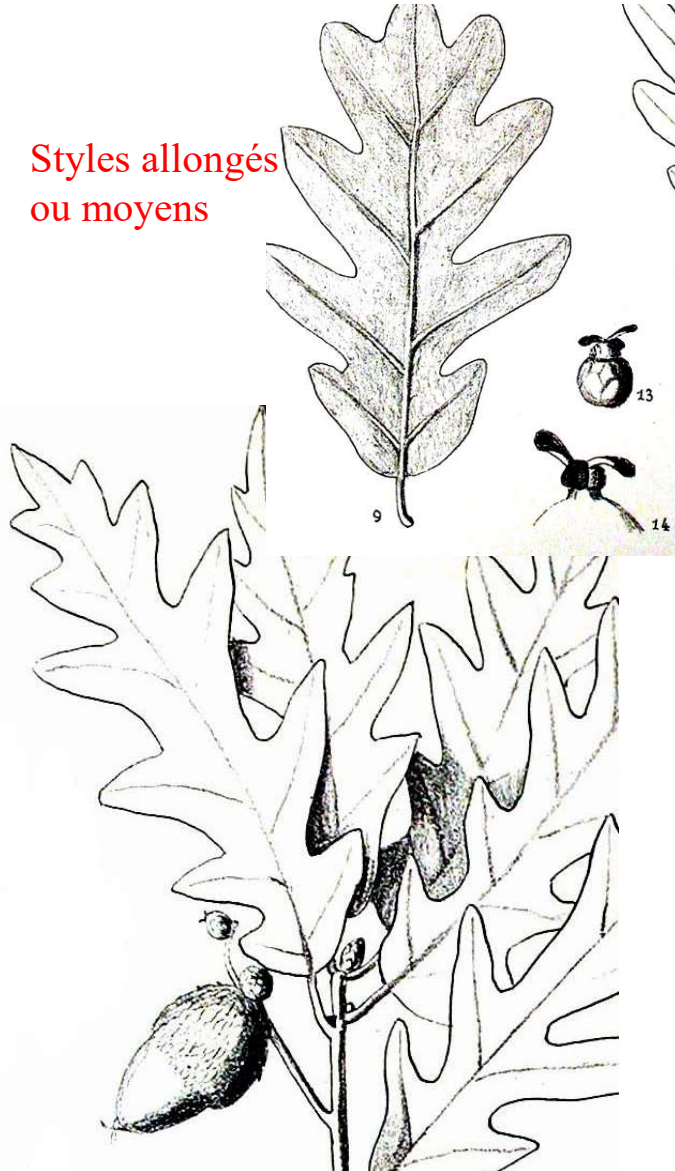
Lepidobalanus



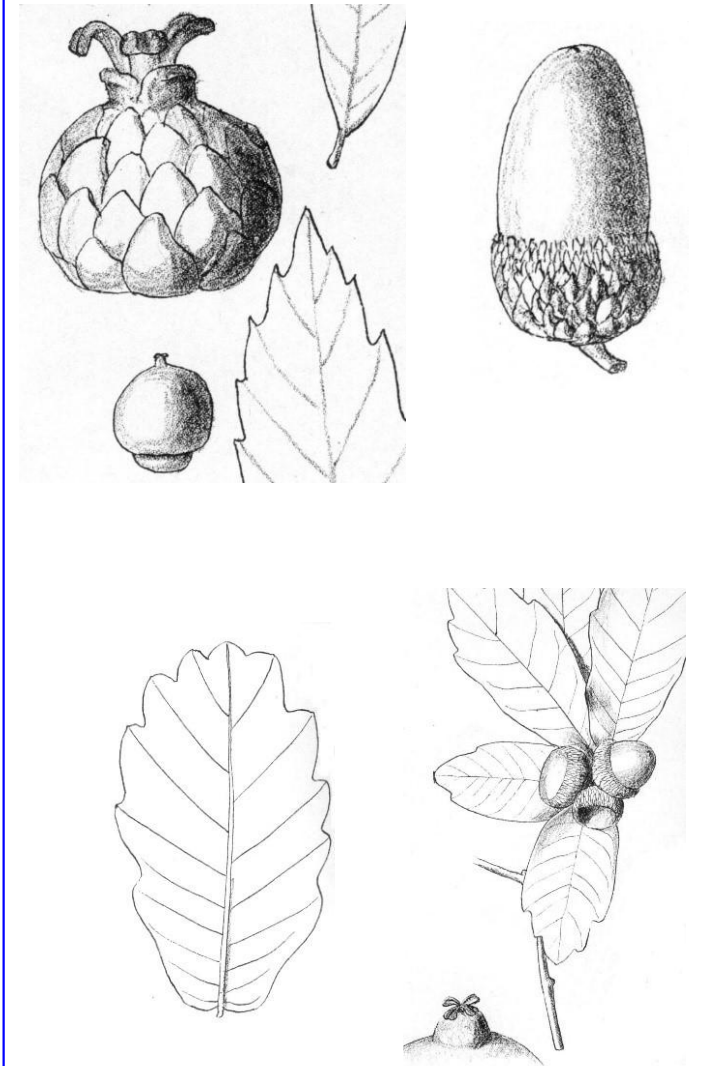
Cotylédons égaux
radicule verticale

Mesobalanus

Styles allongés
ou moyens



Macrobalanus



Cotylédons inégaux,
radicule oblique



Aimée Antoinette Camus (1879-1965)
Portrait par sa sœur Blanche Célestine Camus



Aimée Antoinette Camus (1879-1965)
Portrait par sa sœur Blanche Célestine Camus

Classification Camus (1932-1954)

Nouvelle classification d'après Denk et al. (2017)

Sous-genre
Cyclobalanopsis

Cyclobalanopsis

Sous-genre *Euquercus*

Cerris

Mesobalanus

Erythrobalanus

Protobalanus

Macrobalanus

Lepidobalanus

Sous-genre *Cerris*

Cyclobalanopsis

Asie
90 espèces

Cerris
Chênes chevelus

Asie Europe
13 espèces

Ilex
Chênes verts

Asie Europe
36 espèces

Espèces présentes en Europe

Ouest: *Q. cerris*, *Q. suber*, *Q. trojana*
Est: *Q. brantii*, *Q. castaneifolia*,
Q. ithaburensis, *Q. libani*, *Q. look*

Ouest: *Q. ilex*, *Q. coccifera*, *Q. rotundifolia*
Est: *Q. alnifolia*, *Q. aucheri*

Sous-genre *Quercus*

Lobatae
Chênes rouges

Amérique
124 espèces

Protobalanus
Chênes intermédiaires

Amérique
5 espèces

Pontica

Amérique Europe
2 espèces

Est: *Q. pontica*

Virentes

Amérique
7 espèces

Quercus
Chênes blancs

Amérique Asie Europe
146 espèces

Ouest: *Q. canariensis*, *Q. faginea*, *Q. lusitana*,
Q. petraea, *Q. pubescens*, *Q. pyrenaica*, *Q. robur*
Est: *Q. dalechampii*, *Q. frainetto*, *Q. hartwisiana*,
Q. infectoria, *Q. macranthera*,
Q. vulcanica



A.A. Camus



P.S. Manos



A.L. Hipp



T. Denk



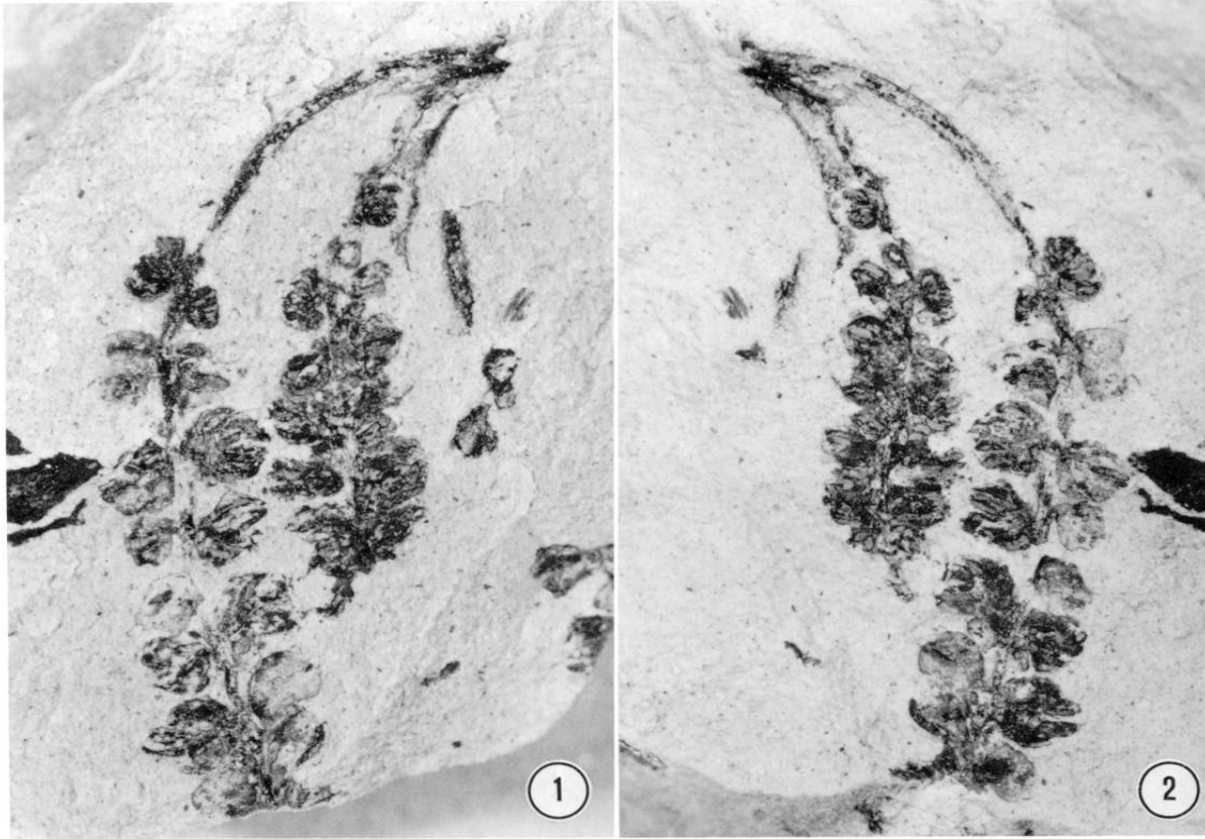
QUELLE EST CETTE HISTOIRE ?



Reconstitution de l'histoire: Les méthodes paléontologiques



Chatons fossiles de *Quercus oligocenensis* (chêne rouge)



PLEISTOCENE
1,8 M
PLIOCENE
5,1 M
MIOCENE
24,6 M
OLIGOCENE
32,8 M
EOCENE
54,9 M
PALEOCENE
65 M
CRETACE

ANCIENTS TRONCS DE GRAVIERE

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Geo- und Umweltwissenschaften
79085 Freiburg
Benoit Sittler & Willy Tegel



Vallée du Rhin



Champey, vallée de la Moselle

Macrorestes en milieux côtiers

Daily Mail, Feb 2014:

Surreal seascape revealed by the storms:
*Ancient oaks and pines from 5,000-year-old forest rise as **Welsh beach** is washed away*



© Keith Morris/LNP

Aquitaine, France, Jan 2014:

Subfossil forests remains

Stratigraphical layers: 2,500-5,700 years



Macrorestes archéologiques: Pieux pallafitiques



SITES PALAFITTICQUES PRÉHISTORIQUES
AUTOUR DES ALPES



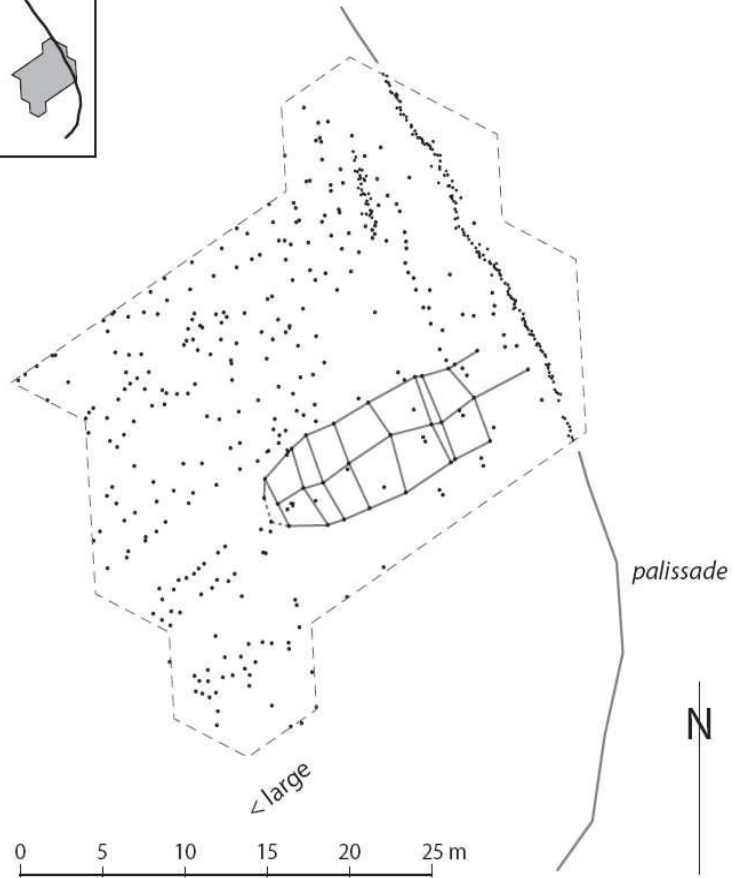
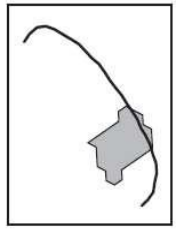
United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



**Siti palafitticoli preistorici
dell'arco alpino**

iscritti nella Lista del Patrimonio Mondiale nel 2011

Pieux palafittiques (2900 BP) Lac du Bourget



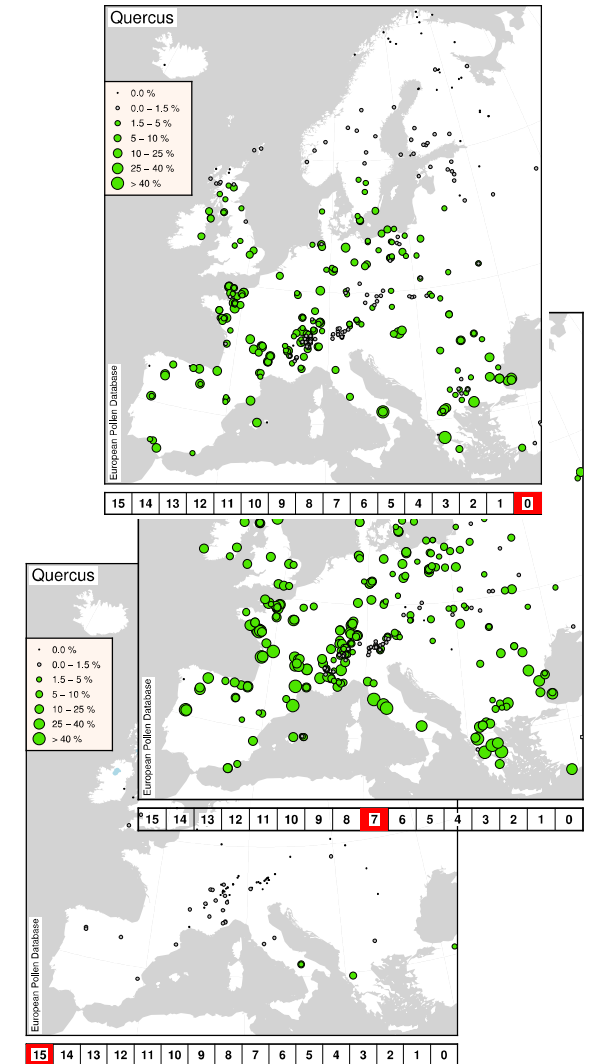
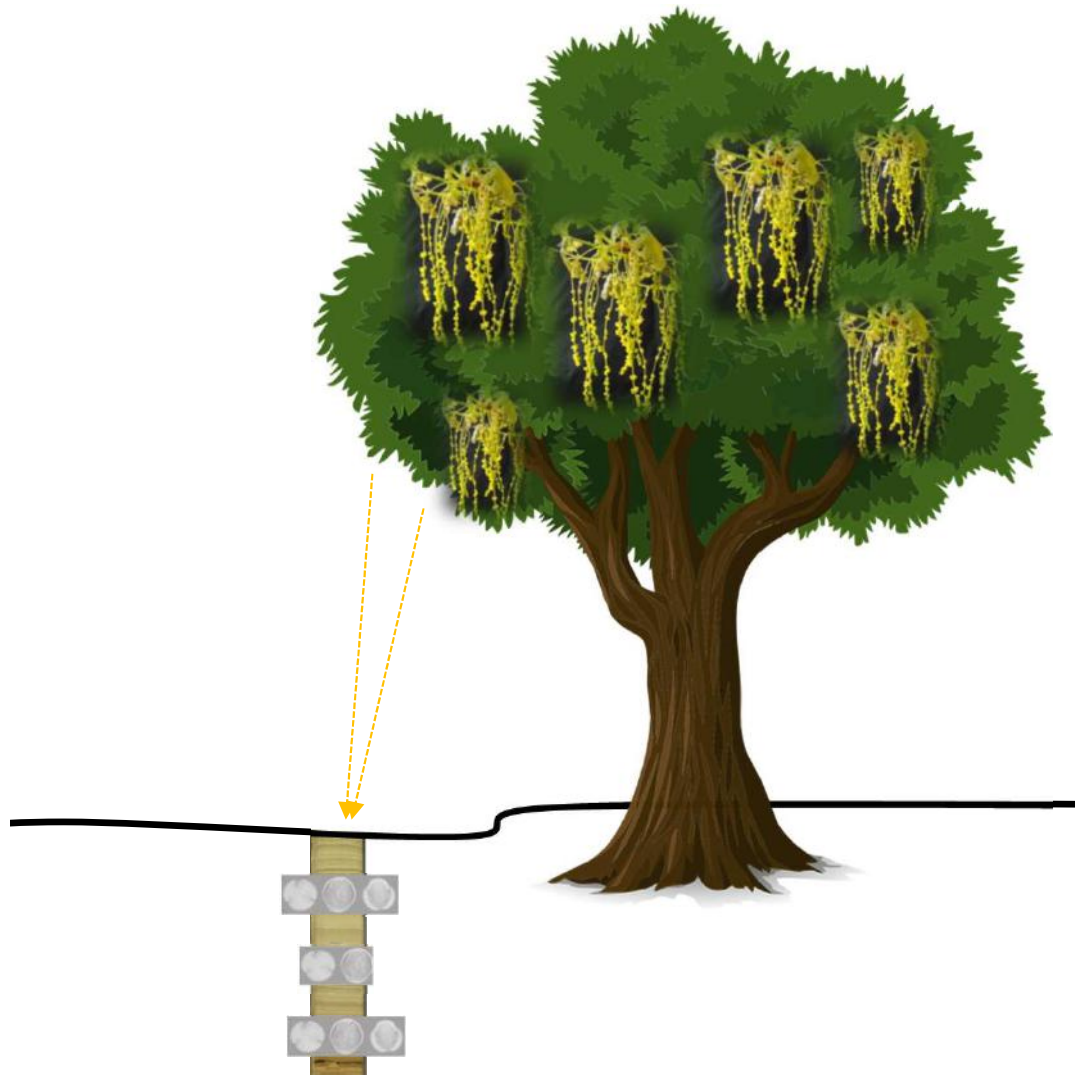
©Y. Billaud



©Y. Billaud

Méthodes paléontologiques

Microrestes: grains de pollen

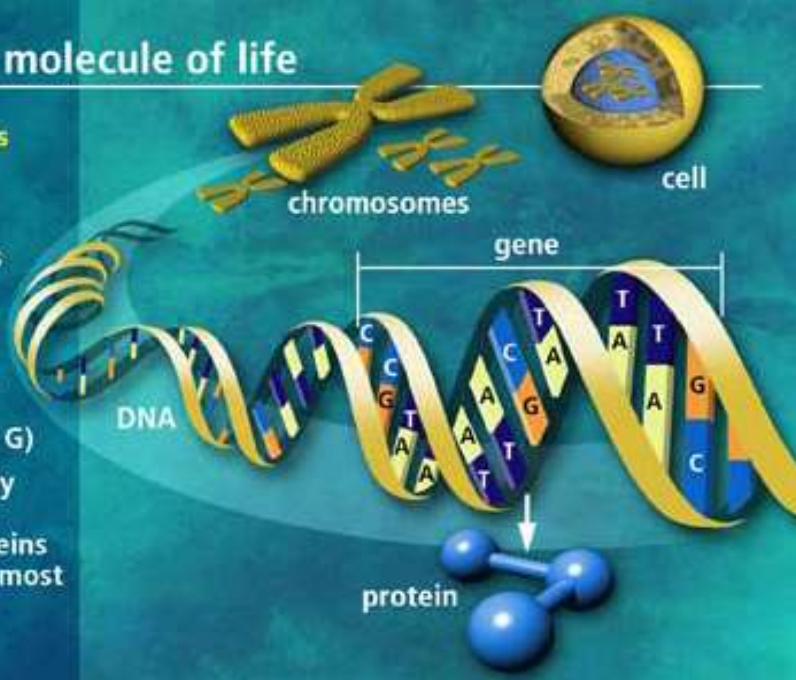


DNA the molecule of life

Trillions of cells

Each cell:

- 46 human chromosomes
- 2 meters of DNA
- 3 billion DNA subunits (the bases: A, T, C, G)
- Approximately 30,000 genes code for proteins that perform most life functions



Reconstitution de l'histoire:

Les méthodes génétiques



ACCGTAGCTATTAGCCGTAATGCATCGCTACCGTTAGTCACGTACCGGTACGTTGCAAGTCGGTACACGT
GCATTGCCAAGCTTGCGACTTCGACCTGCCAAGCTACATGCTCGAGCTATTAGCCGTAATGCATCGCTA
CCGTTAGTCACGTACCGGTACGTTGCAAGTCGGTACACGTGCATTGCCAAGCTTGCGACTTCGACCTGCC
AAGCTACAATGCTGACCGTACATGCATGCTGCTGCTTGCAGGATCGAAGCTGCTGAAAAATGCTGCTTA
GCTACCGTAATTGCCCCGTGTGTAGAAAGGCATAATTATAAAACCGAATCATGCAGTCGGTACACGTGCATT
GCCAAGCTTGCGACT
CGAAGCTGCTGAAAA
GCTATTAGCCGTAAT
CCAAGCTTGCGACTT
CGAAGCTGCTGAAAA
GCTATTAGCCGTCGTA
ATCGCTACCGTTAGTC
TAGAAAGGCATAATTAT
TTGCAAGTCGGTAC
ATGCATGCTGTGCCCC
GCTGCTTGCAGGAT
CATAATTATAAAACCG
GGTACACGTGCATTG
GCTGCTTGCAGGAT
CATAATTATAAAACCG
TTAGCCGTAATGC
TAATTGCCCCGTGTG
CACGTACCGGTACG
AATGCTGACCGTTAC
CGTAATTGCCCCCTG
CCCCGTGTGTAGAAAGGCATAATTATAAAACCGGCTATTAGCCGTCGTAATTGCCCCATGCATCGCTACCGT
TAGTCACGTACCGGTACGTTGCAAGTCGGTACACGTGCATTGCCAAGCTTGCGACTTCGACCTGCCAAGC
TACAATGCTGACCGTTACATGCATGCTGCTGCTTGCAGGATCGAAGCTGCTGAAAAATGCTGCTTAGCTA
CCGTAATTGCCCCGCTTGCGACTTCGACCTGCCAAGCTACAATCCGGCTATTAGCCGTCGTAATTGCCCC
ACCGTAGCTATTAGCCGTAATGCATCGCTACCGTTAGTCACGTACCGGTACGTTGCAAGTCGGTACACGT
GCATTGCCAAGCTTGCGACTTCGACCTGCCAAGCTACATGCTCGAGCTATTAGCCGTAATGCATCGCTA
CCGTTAGTCACGTACCGGTACGTTGCAAGTCGGTACACGTGCATTGCCAAGCTTGCGACTTCGACCTGCC

GENOME DU CHENE

0,75 MILLIARD DE CARACTERES

= 750 livres de 1000 pages chacun

2018

Plomion et al. (2018) Nature Plants

GENOME DE L'HOMME

3 MILLIARDS DE CARACTERES

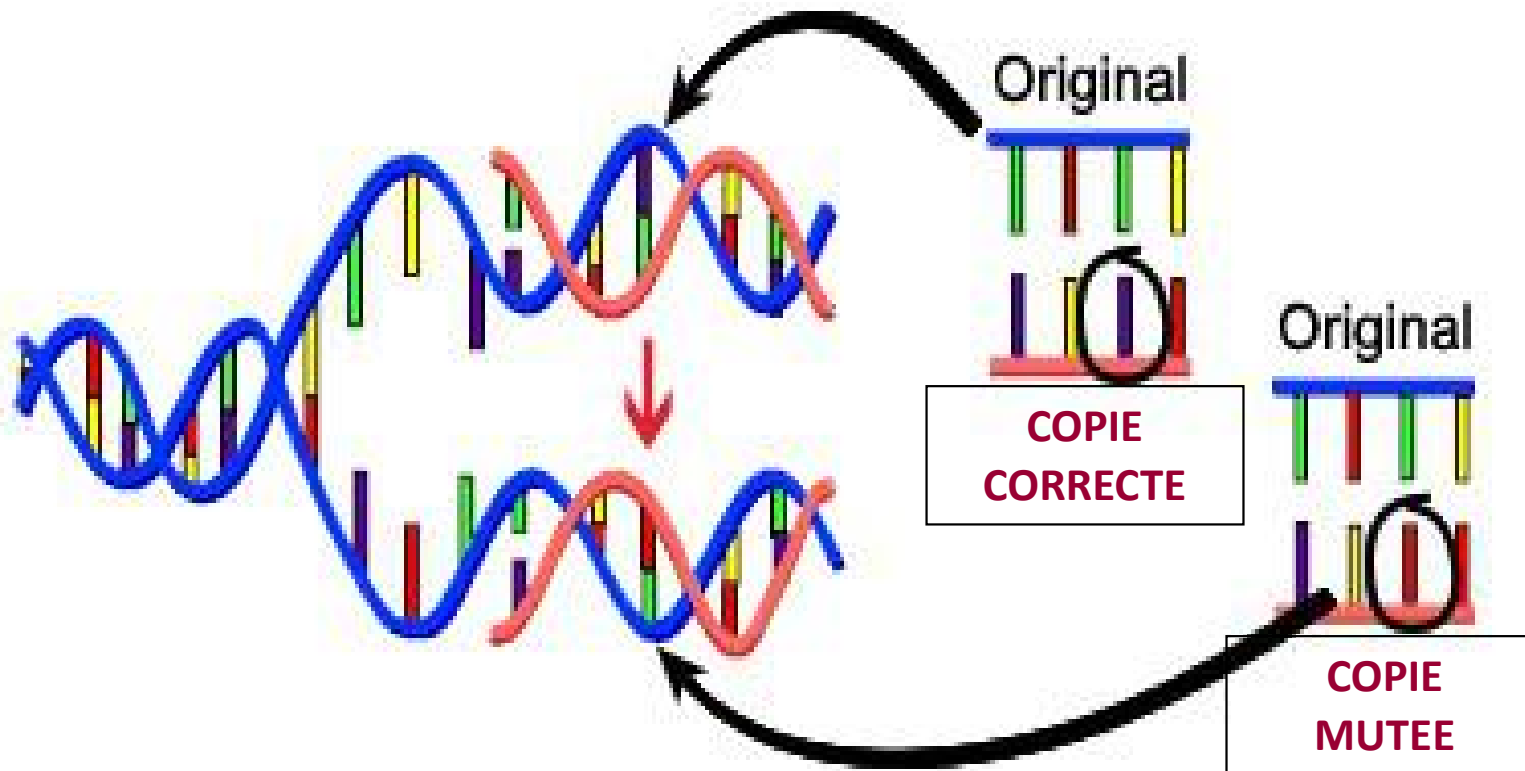
= 3000 livres de 1000 pages chacun

2001

IHGSC (2001) Nature

Venter J.C. et al (2001) Science

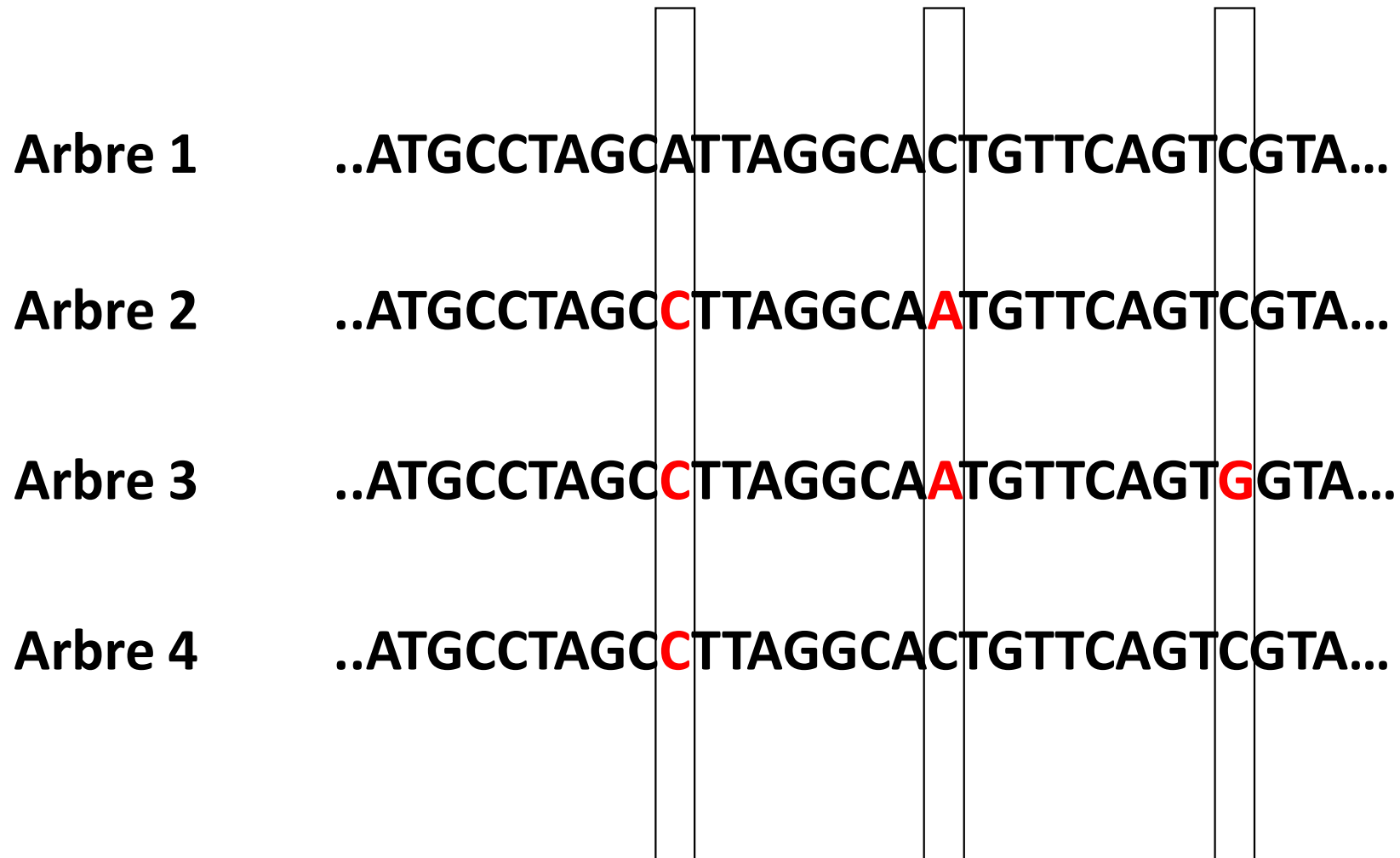
MUTATIONS



....ATGCCTAGCATTAGGCACTGTTCAGTCGTA...

...ATGCCTAGC**C**TTAGGCACTGTTCAGTCGTA...

MUTATIONS > VARIANTS GENETIQUES



GENEALOGIE DES VARIANTS

Arbre 1 ..ATGCCTAGCATTAGGCACTGTTTCAGTCGTA...



Arbre 4 ..ATGCCTAGC**C**TTAGGCACTGTTTCAGTCGTA...



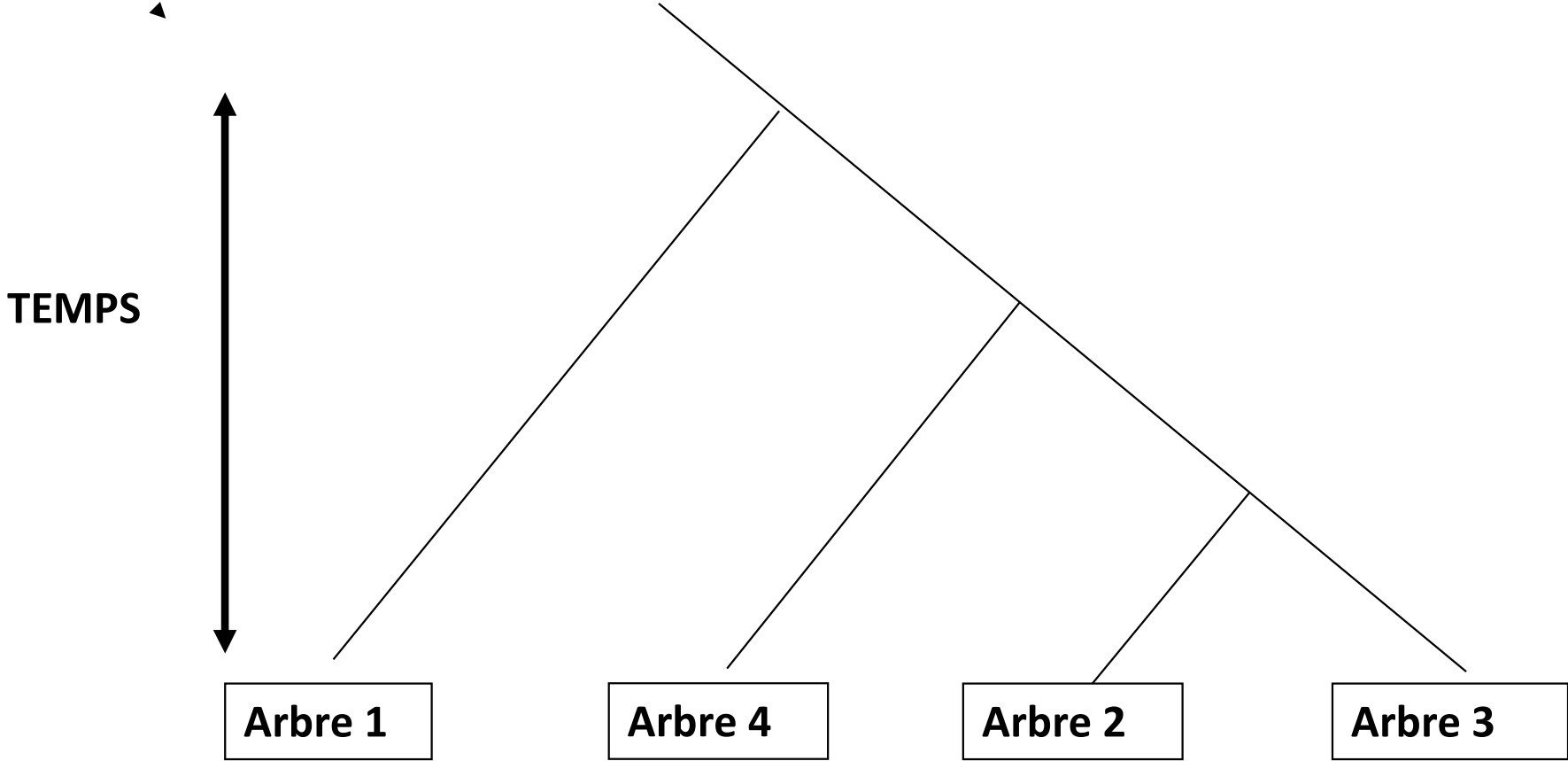
Arbre 2 ..ATGCCTAGC**C**TTAGGCA**A**TGTTTCAGTCGTA...



Arbre 3 ..ATGCCTAGC**C**TTAGGCA**A**TGTTTCAGT**G**GTA...

HYPOTHESE DE PARCIMONIE: L'EVOLUTION S'EST FAITE PAR LE MINIMUM DE CHANGEMENTS

GENEALOGIE DES VARIANTS + DATATION DES FOSSILES = HISTOIRE DES ESPECES





ET ALORS ??

AGUSTO 2020

SCIENTIFIC AMERICAN

175

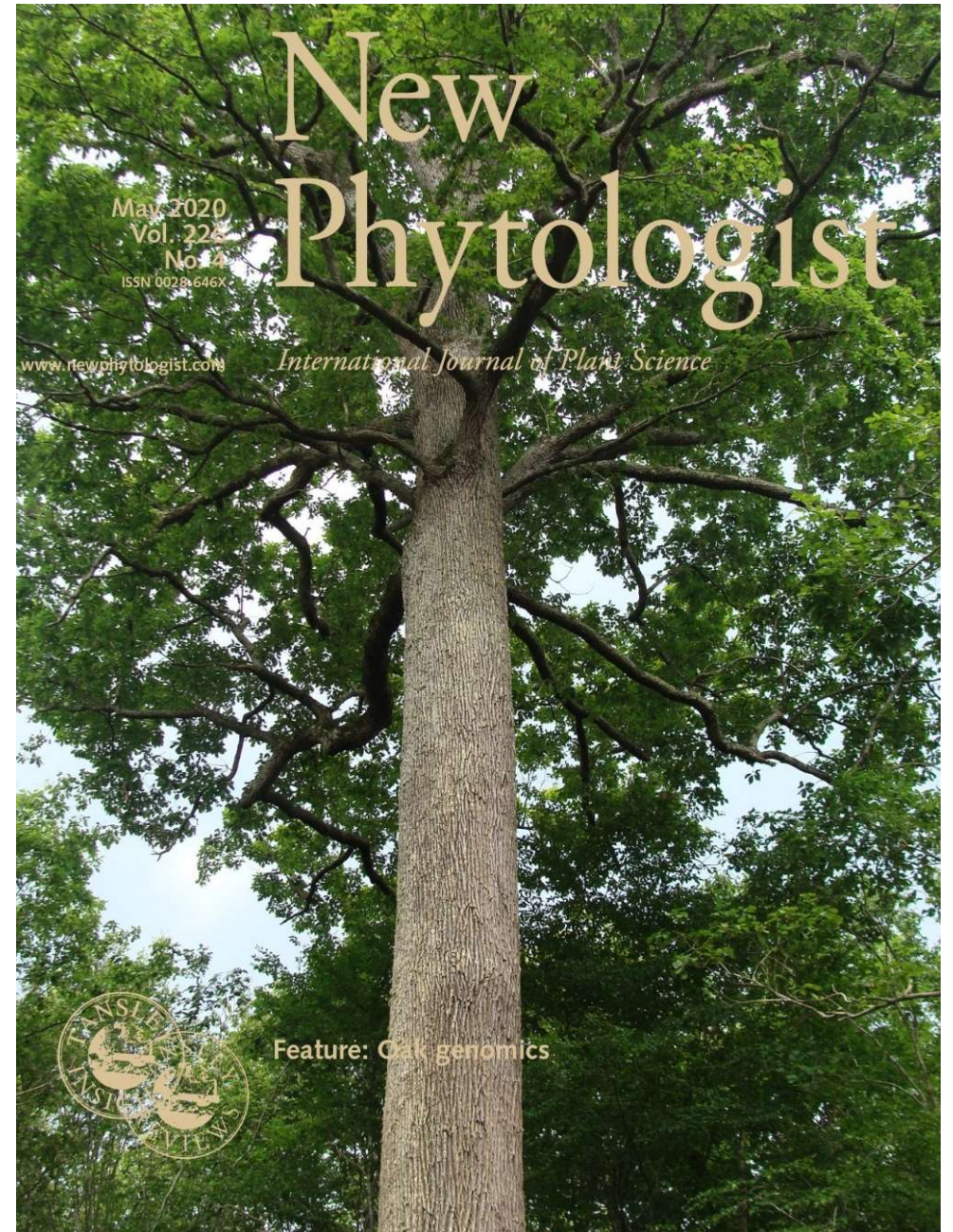
ANIMAL SOCIAL DISTANCING | QUANTUM MYSTERY SOLVED | GALILEO'S PLAGUE

ASCENT OF THE OAKS

How they grew to dominate North American forests

EVOLUTION

L'étonnant succès évolutif des chênes



May 2020
Vol. 224
No. 5
ISSN 0028-646X

www.newphytologist.com

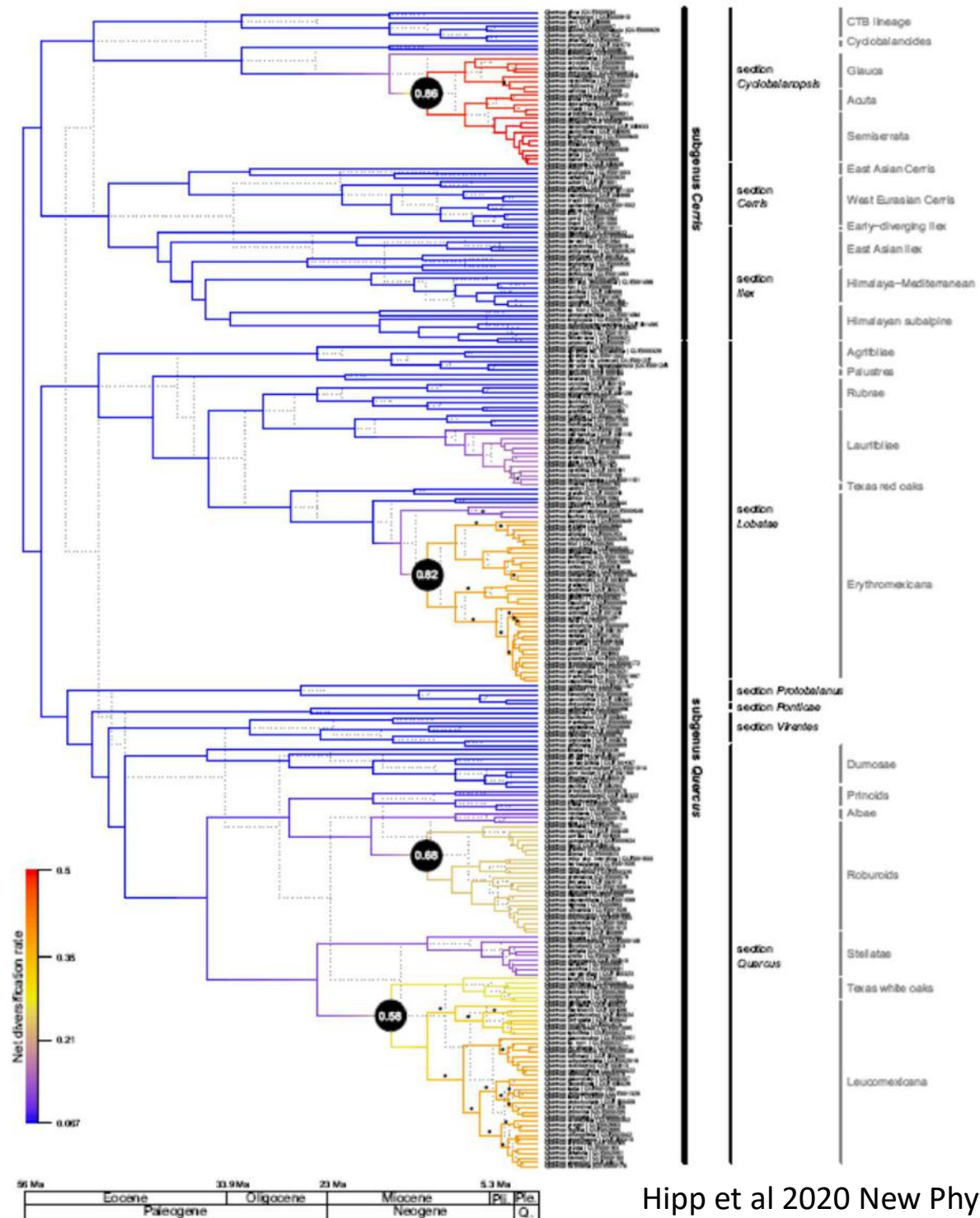
New Phytologist

International Journal of Plant Science

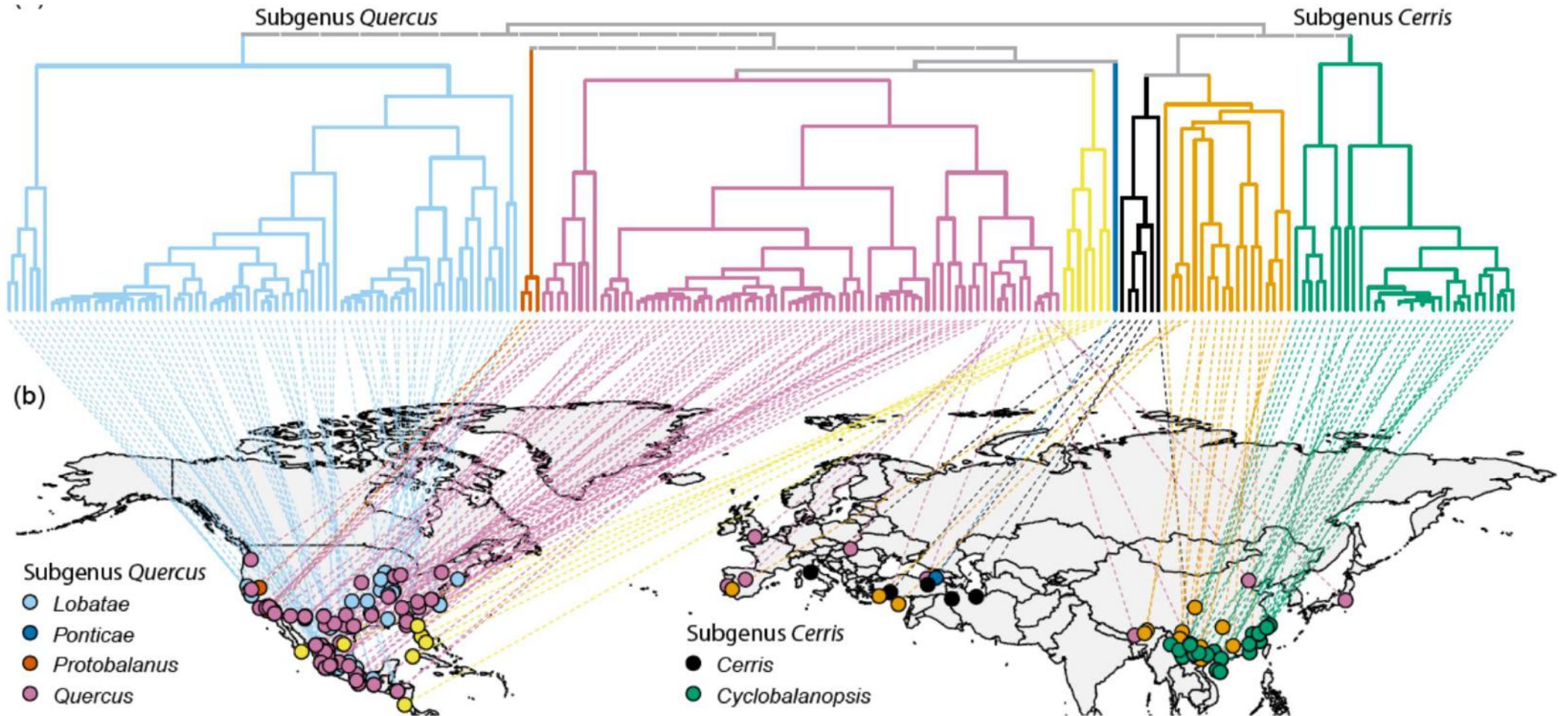


Feature: Oak genomics

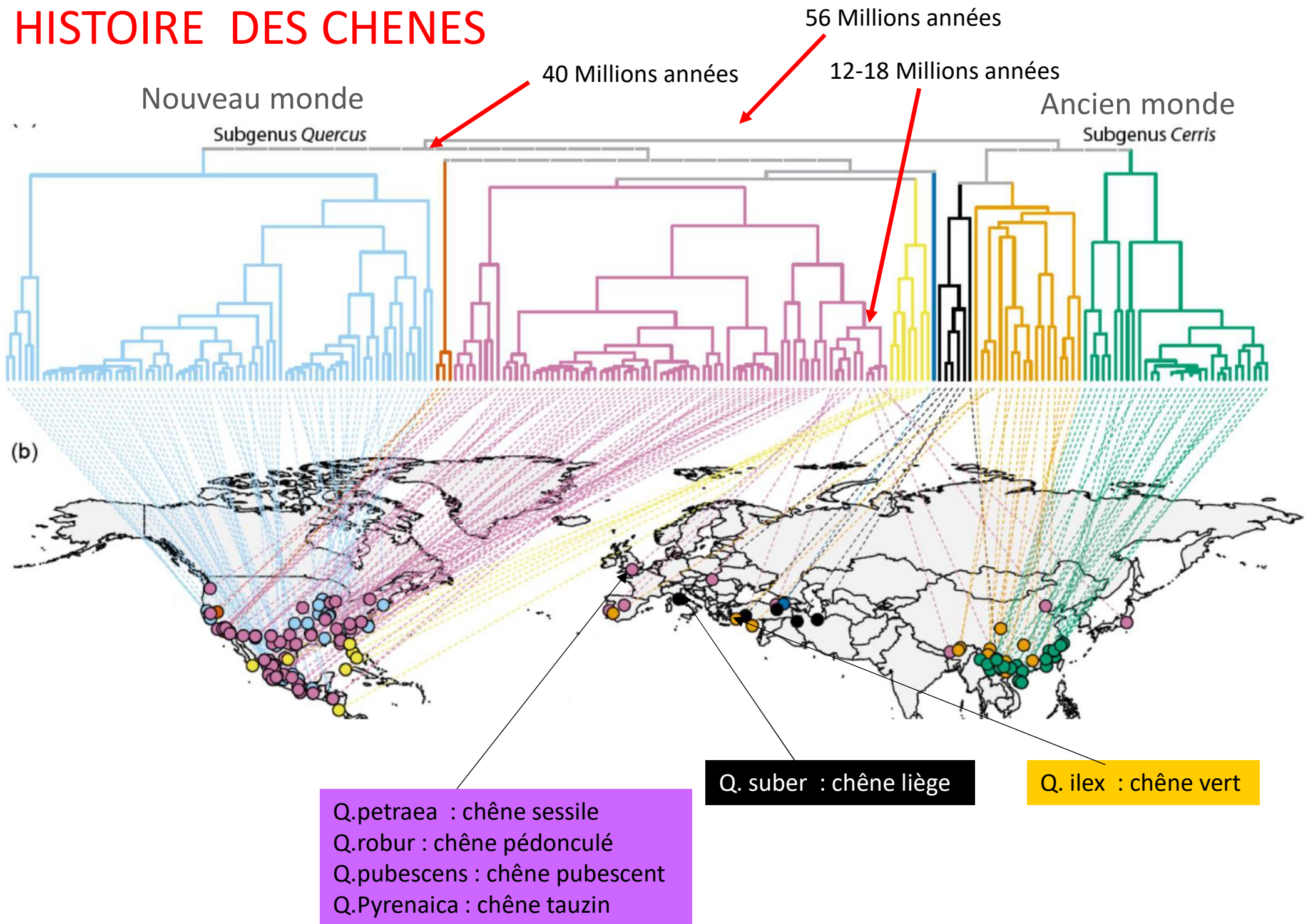
GENEALOGIE (PHYLOGENIE) DES CHENES



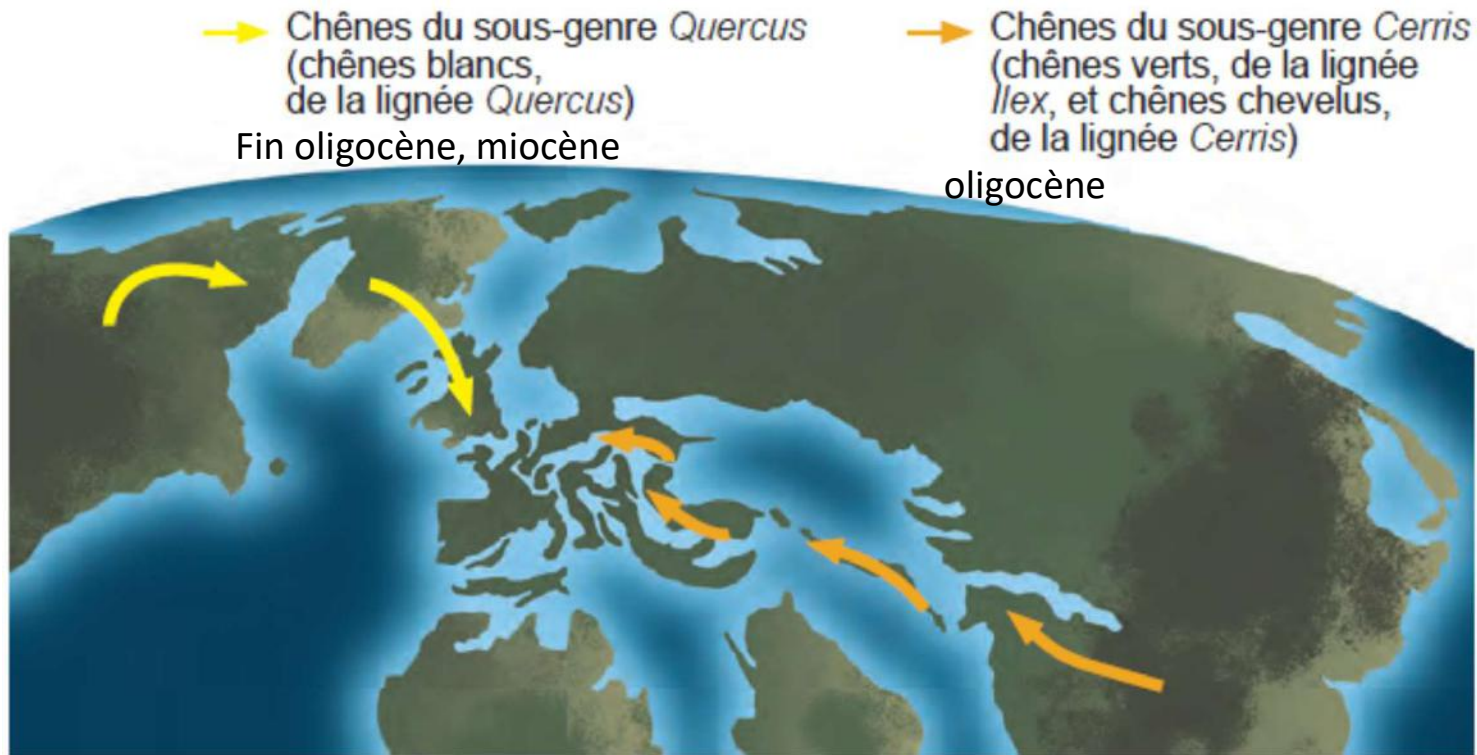
GENEALOGIE (PHYLOGENIE) DES CHENES



HISTOIRE DES CHENES



ORIGINE ET MIGRATION DES CHENES EUROPEENS

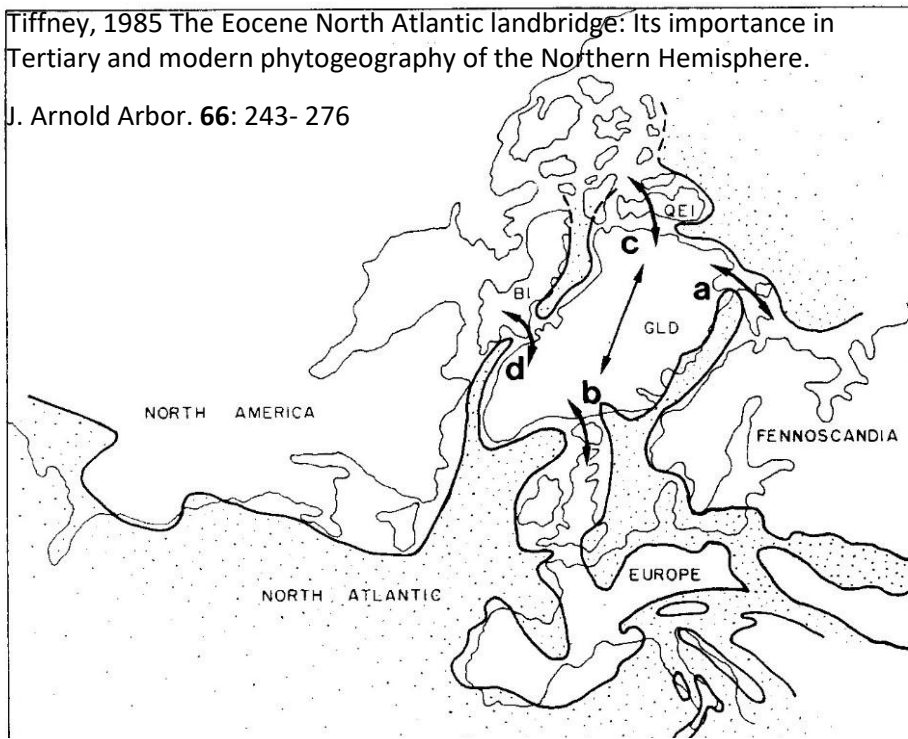


Sur cette carte montrant l'Eurasie et le nord de l'Amérique à l'Oligocène, il y a environ 30 millions d'années, sont indiquées les grandes voies de migration des chênes vers l'Europe (ces voies ne sont pas toutes contemporaines de cette époque précise).



Tiffney, 1985 The Eocene North Atlantic landbridge: Its importance in Tertiary and modern phytogeography of the Northern Hemisphere.

J. Arnold Arbor. 66: 243- 276



CONNEXION

EUROPE-AMERIQUE

PLEISTOCEN
E

1,8 M

PLIOCENE

5,1 M

MIOCENE

24,6 M

OLIGOCENE

32,8 M

EOCENE

54,9 M

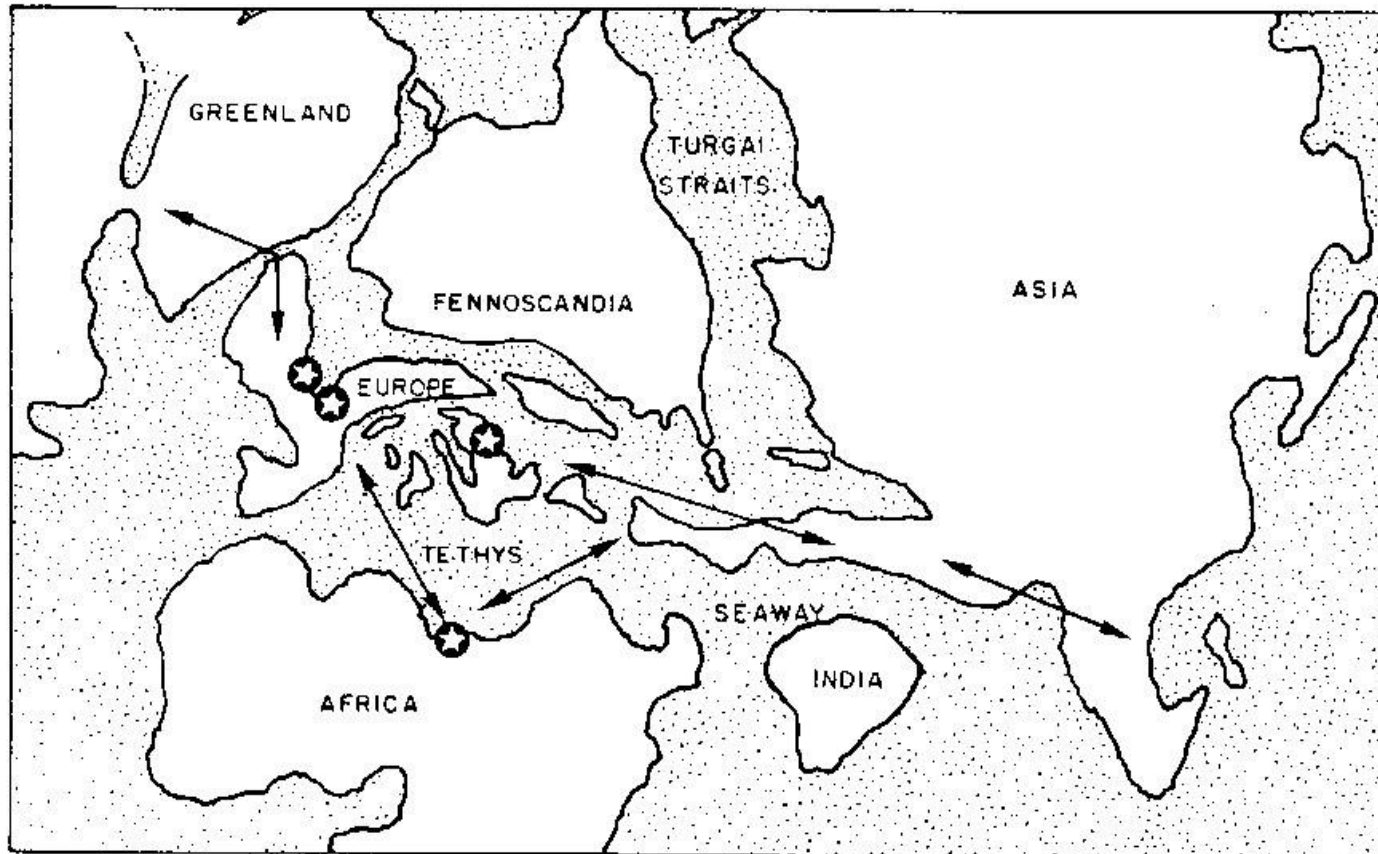
PALEOCENE

65 M

Connexion nord atlantique

	PALÉO	EOCÈNE	OLIGO	MIOCÈNE	PLIO IV
Lumière	Pas limitante dans le Groenland du sud		Devient limitante à mesure que le Groenland dérive vers le nord		
Température	Optimum		De plus en plus froide vers la fin du Miocène		
Humidité	Océanique et humide		Saisonnalité de plus en plus évidente		
Continuité physique	Présence de liaison terrestre		Liaison interrompue		Possible par des îles
	Non limitant		Limitant		

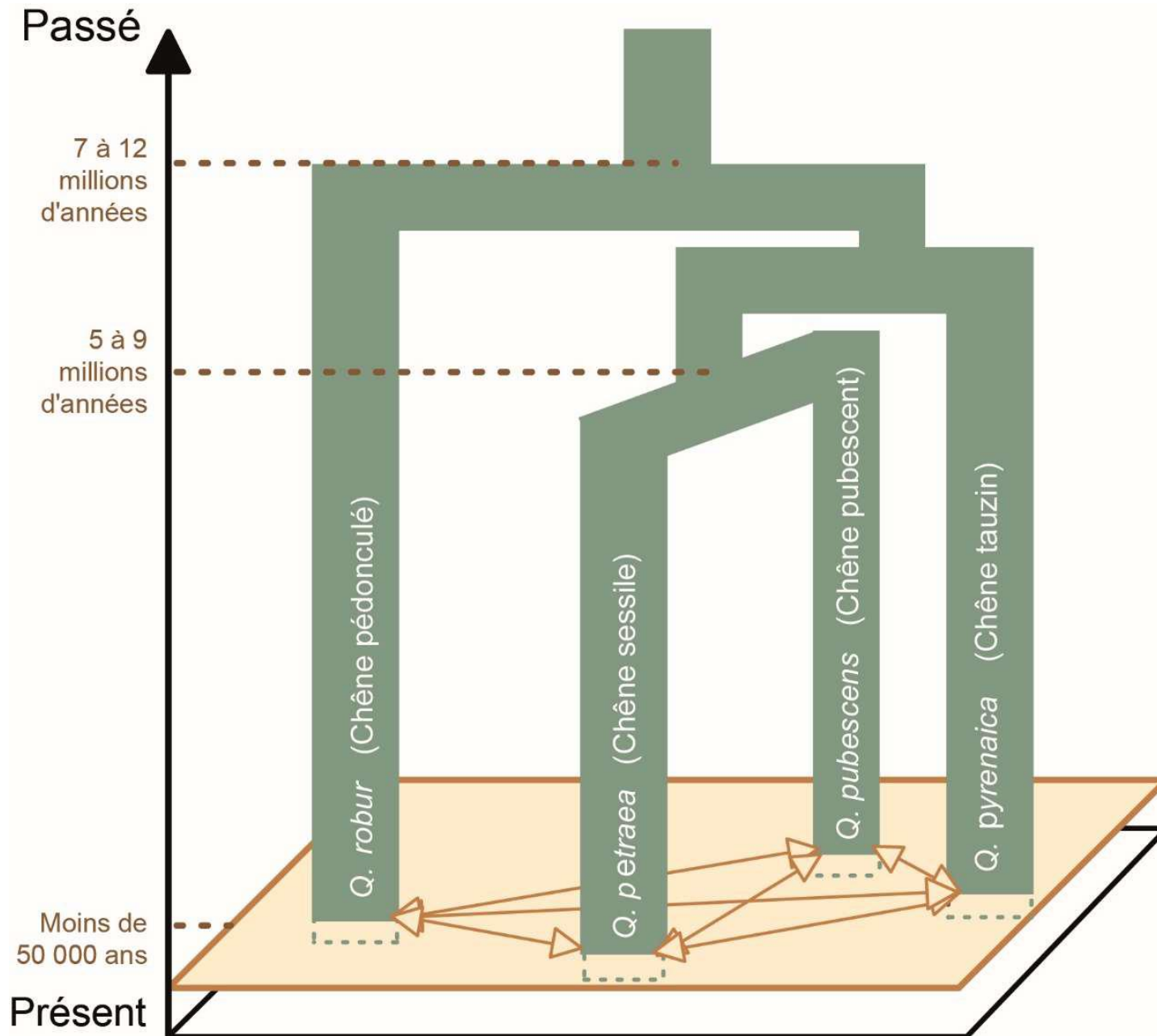
CONNEXION ASIE – EUROPE
DEBUT DE L'EOCENE



PLEISTOCEN E	1,8 M
PLIOCENE	5,1 M
MIOCENE	24,6 M
OLIGOCENE	32,8 M
EOCENE	54,9 M
PALEOCENE	65 M
CRETACE	

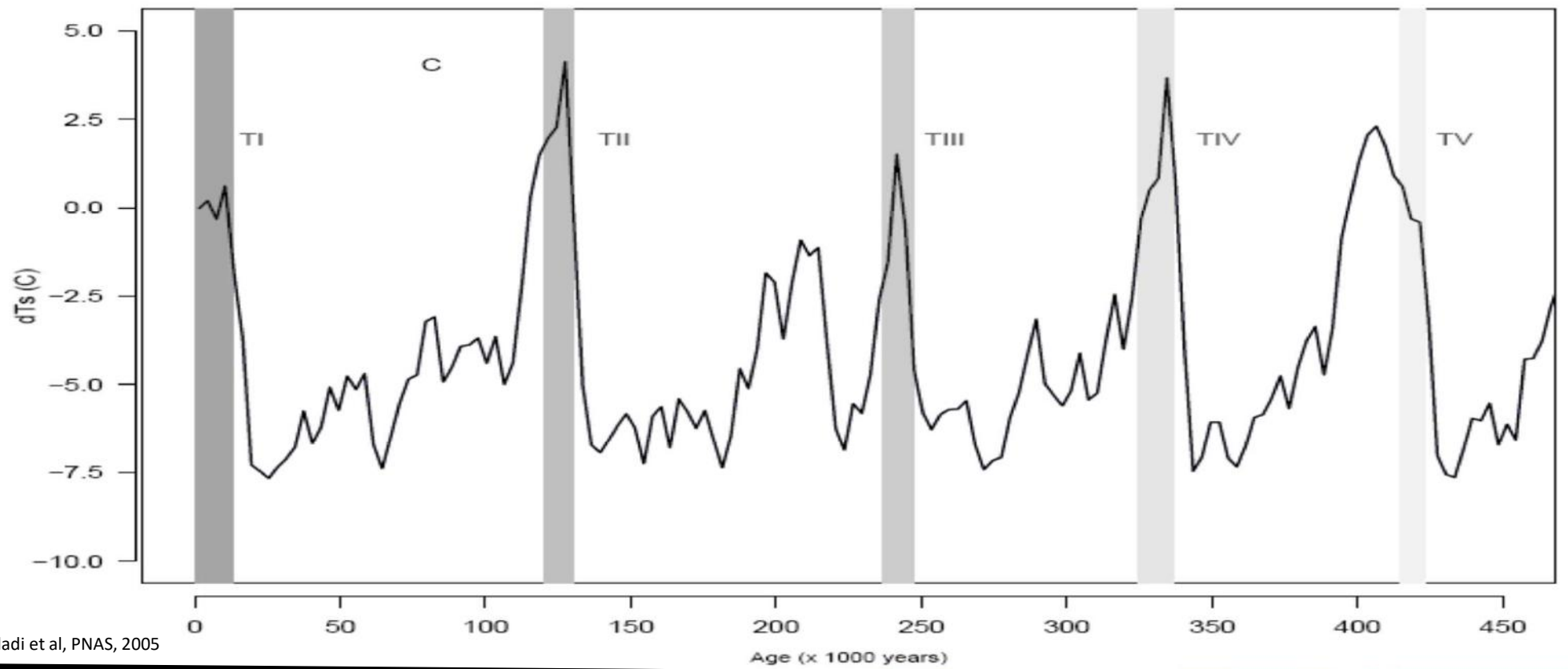
Tiffney B.H. 1985 The Eocene North Atlantic landbridge: Its importance in Tertiary and modern phytogeography of the Northern Hemisphere. *J. Arnold Arbor.* **66**: 243-276.

EVOLUTION DES CHENES AQUITAINS

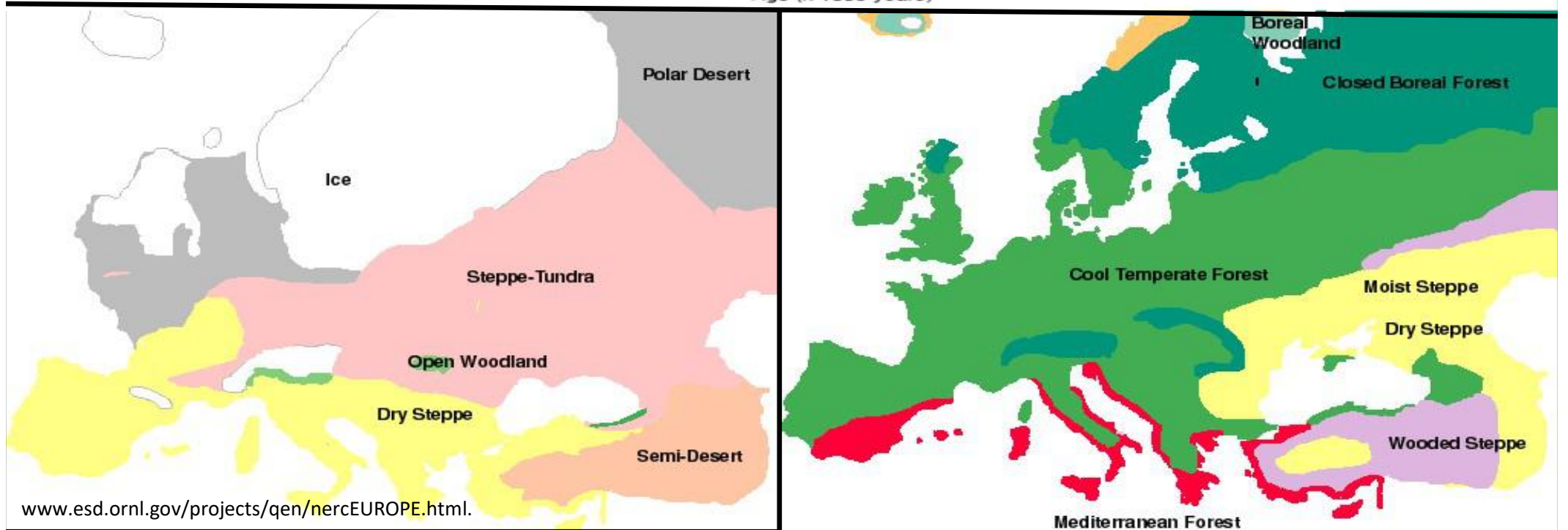


Leroy et al 2017 New Phytologist 214:865-878

Leroy et al. 2020 New Phytologist 226: 1183-1197



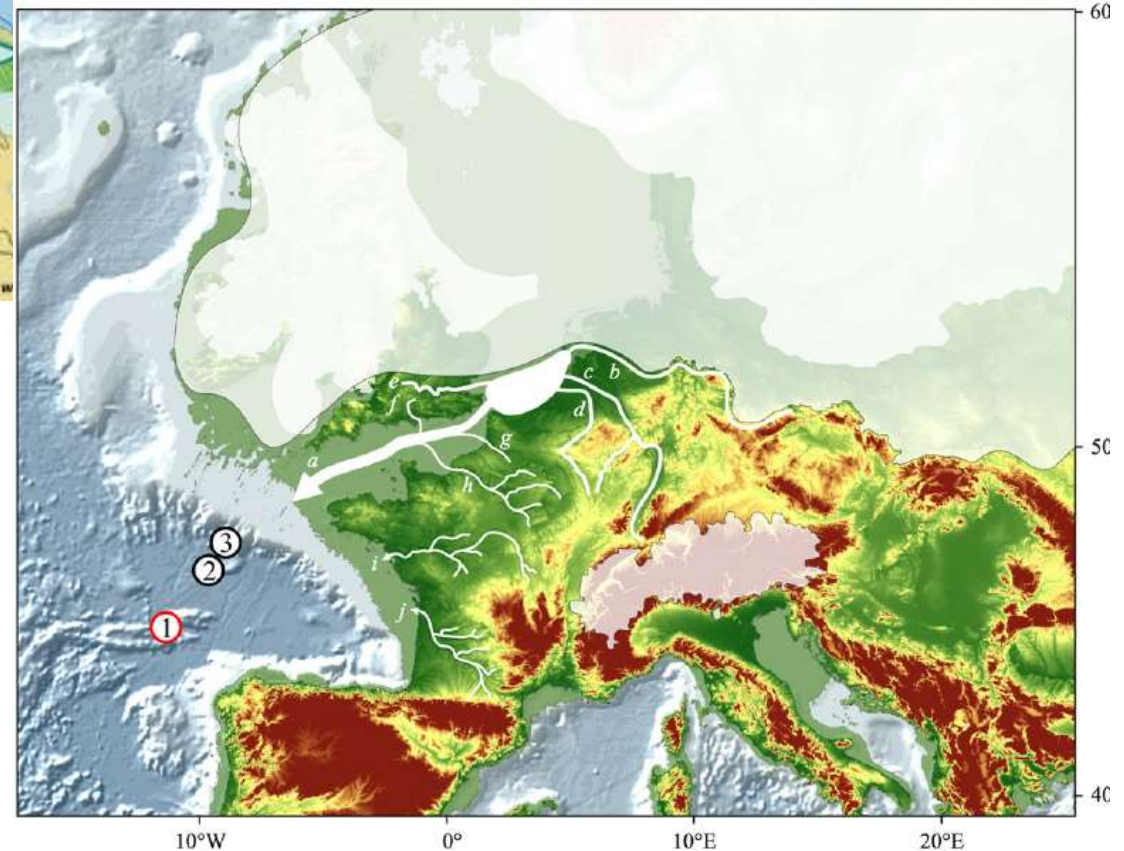
Cheddadi et al, PNAS, 2005



L'EUROPE IL Y A 15 000 ANS



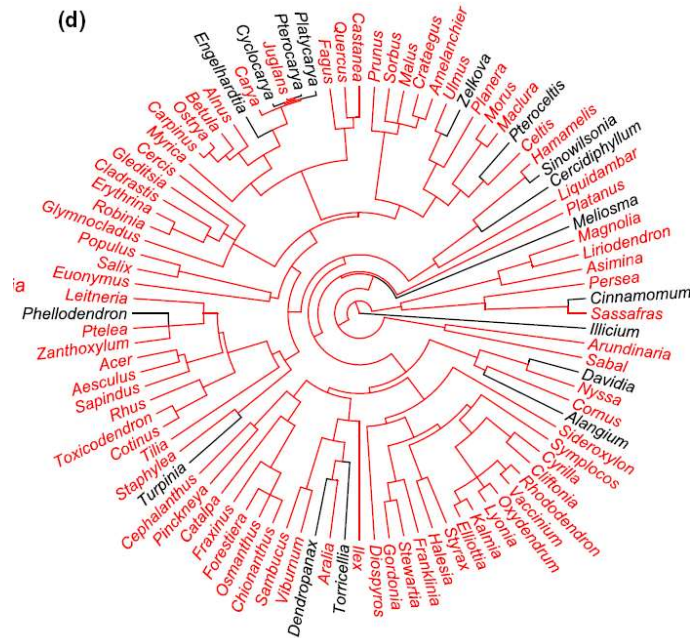
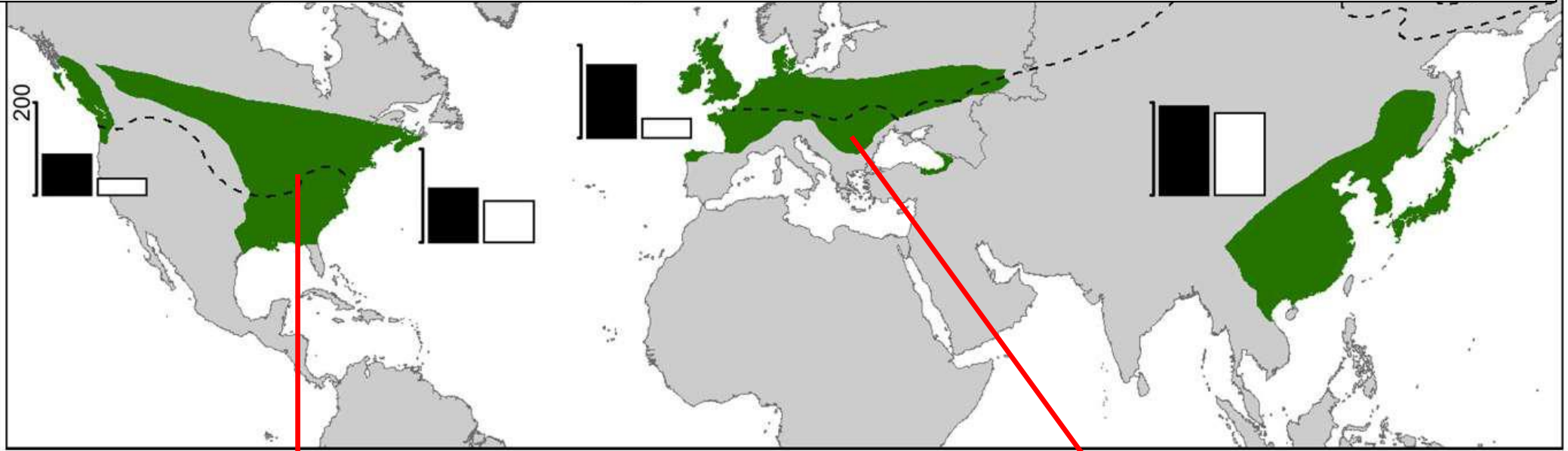
<http://www.diercke.com/kartenansicht.xtp?artId=978-3-14-100790-9&seite=26&id=17451&kartennr=1>



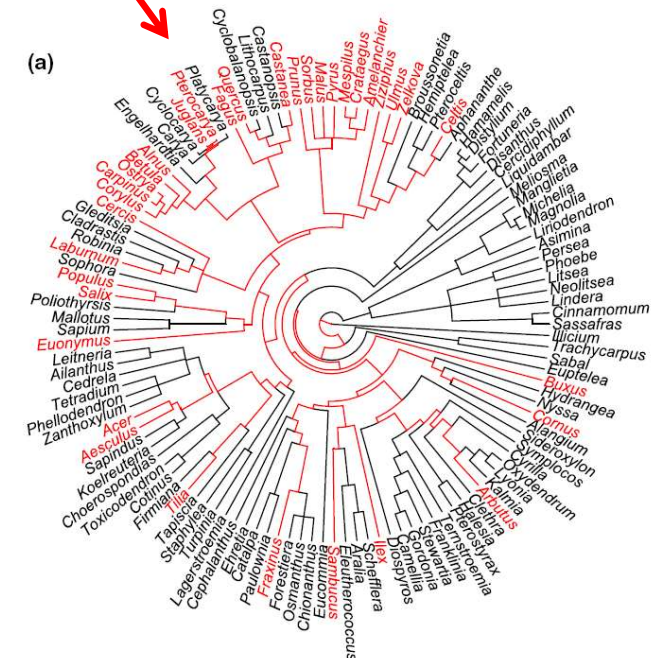
https://www.researchgate.net/publication/233968575_A_12_Ma_record_of_glaciation_and_fluvial_discharge_from_the_West_European_Atlantic_margin/figures?lo=1

CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX ET EXTINCTION DES ESPECES

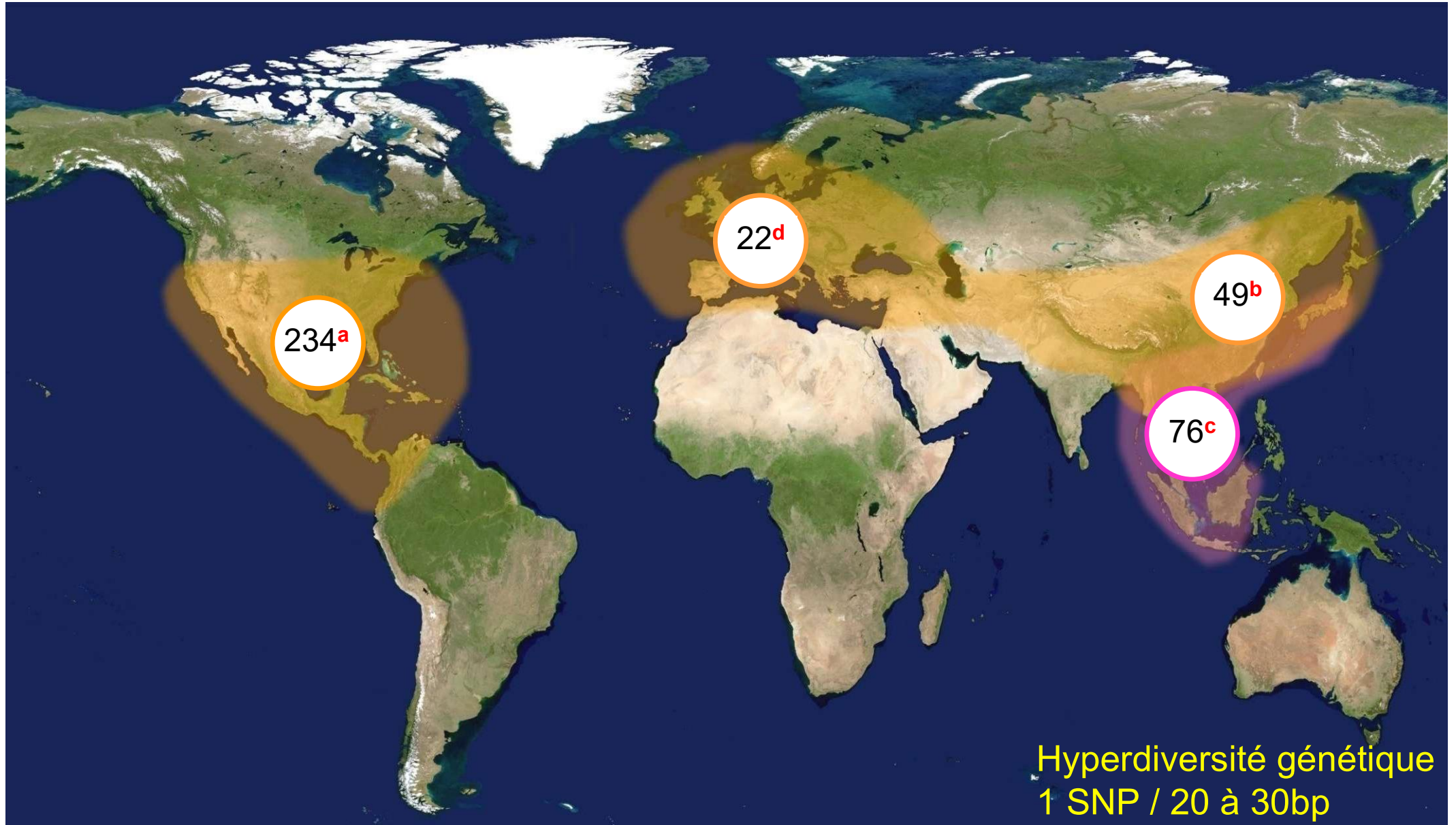
Number of tree genera (angiosperms and gymnosperms) in the Tertiary (Black) and at present (white)



Regional phylogenetic tree of woody angiosperms. Genera and branches in red are still present



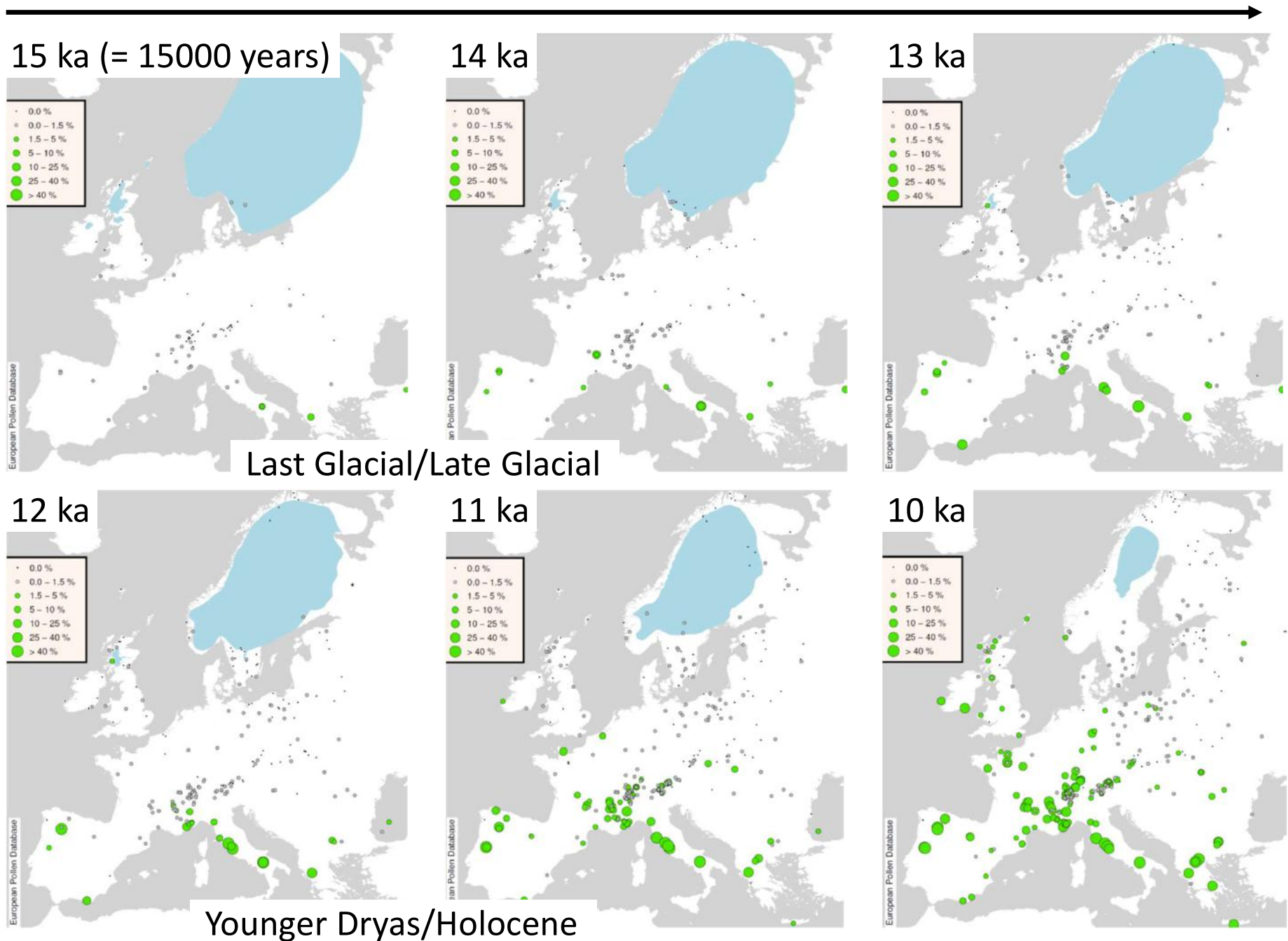
LES CHÊNES : LE GENRE *QUERCUS*



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

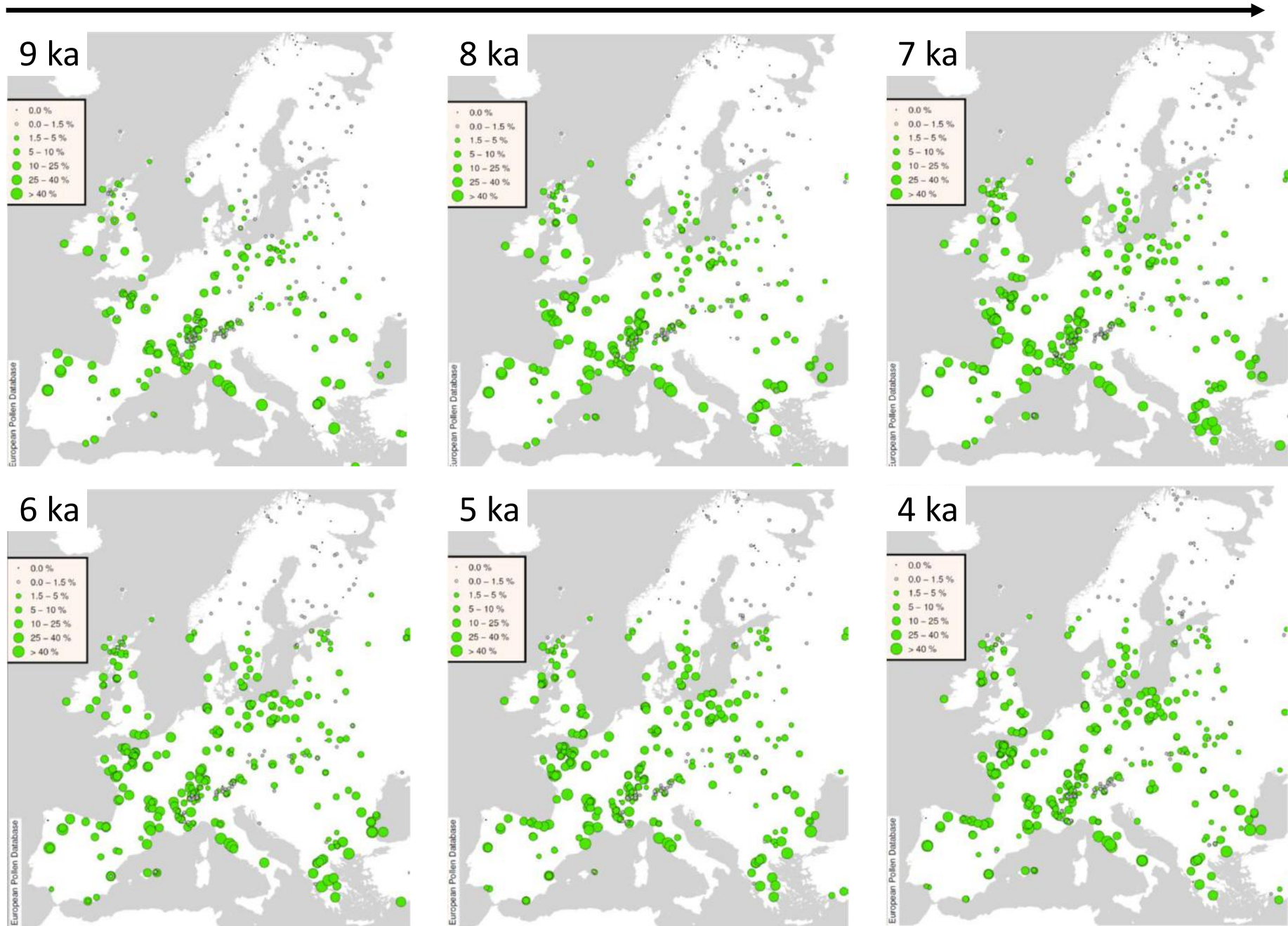
Number of species in subgenus *Euquercus*
297 this compilation
346 according to Camus

Recolonisation postglaciaire des chênes reconstituée à partir de pollen fossile



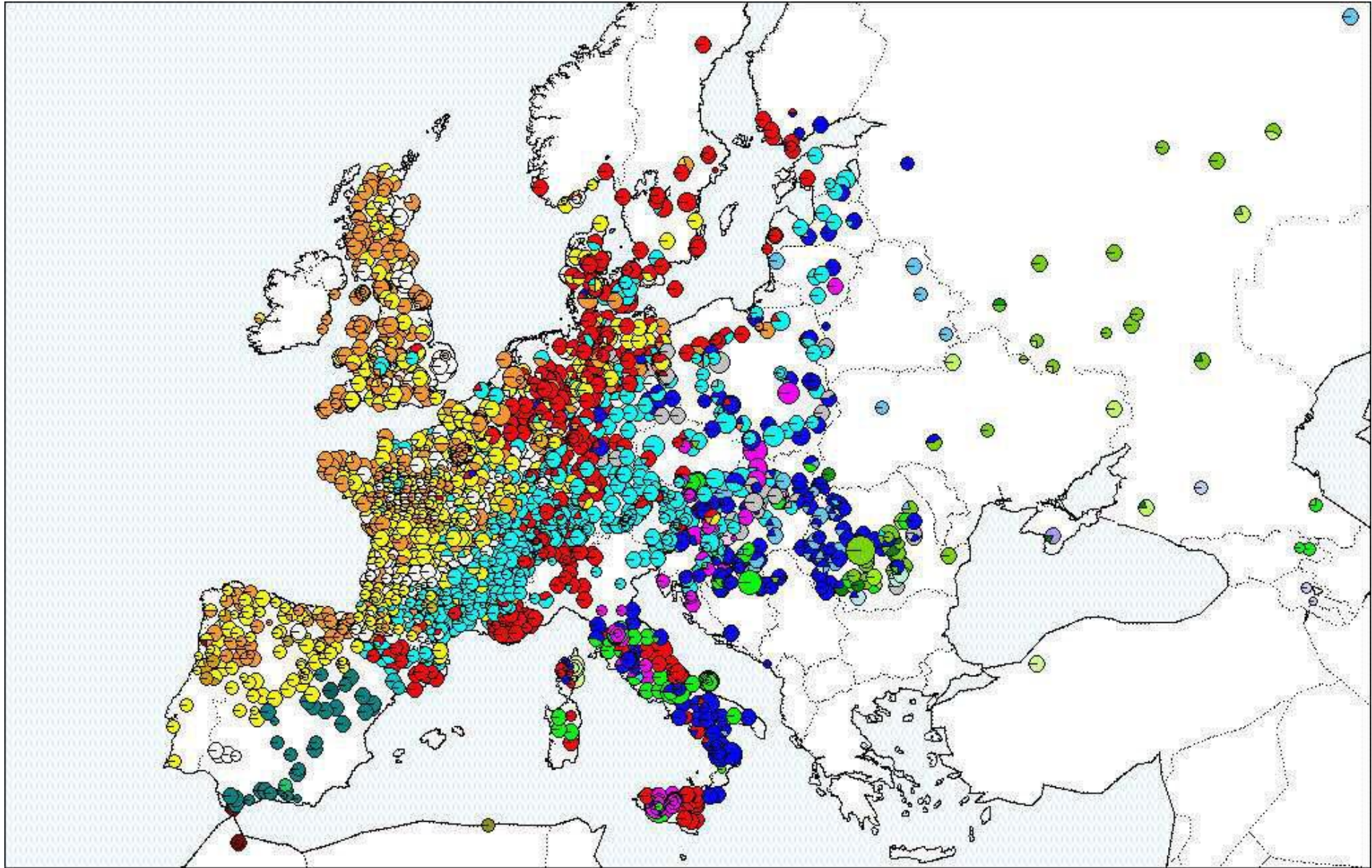
[Giesecke et al. submitted]

Recolonisation postglaciaire des chênes reconstituée à partir de pollen fossile



[Giesecke et al. submitted]

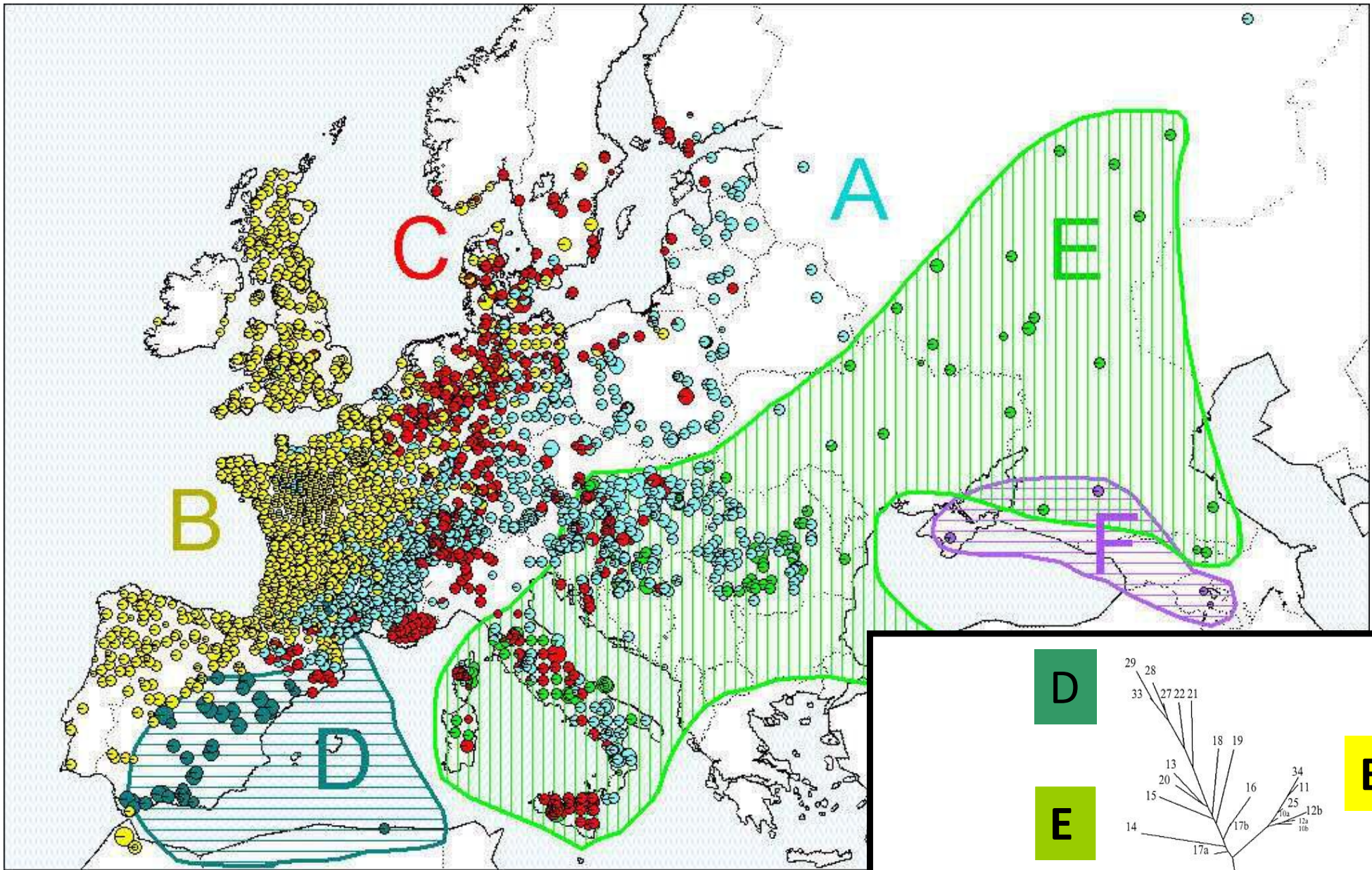
DISTRIBUTION DES HAPLOTYPES D'ADN_{cp} EN EUROPE



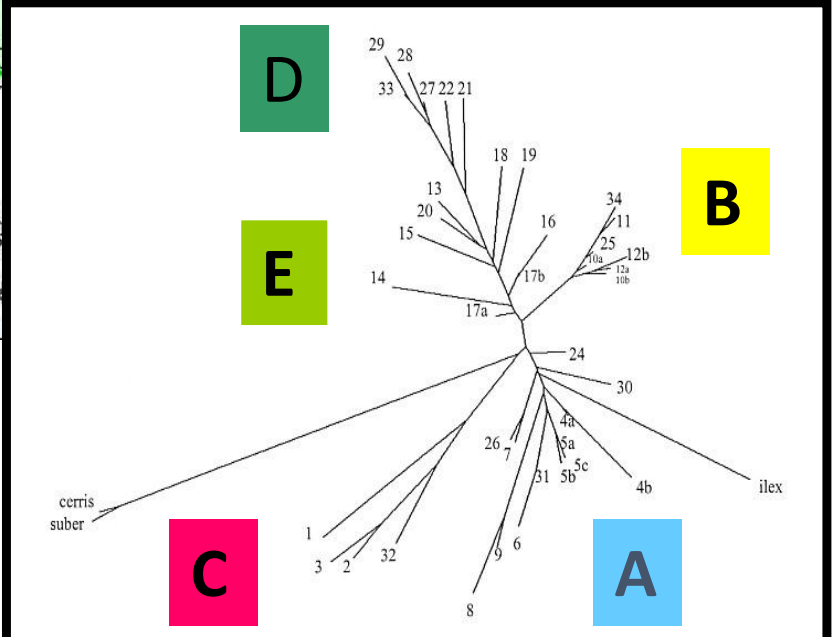
8 chênes blancs, 2673 populations, 42 haplotypes

Petit et al 2002. *Forest Ecology and Management* 156: 5-26

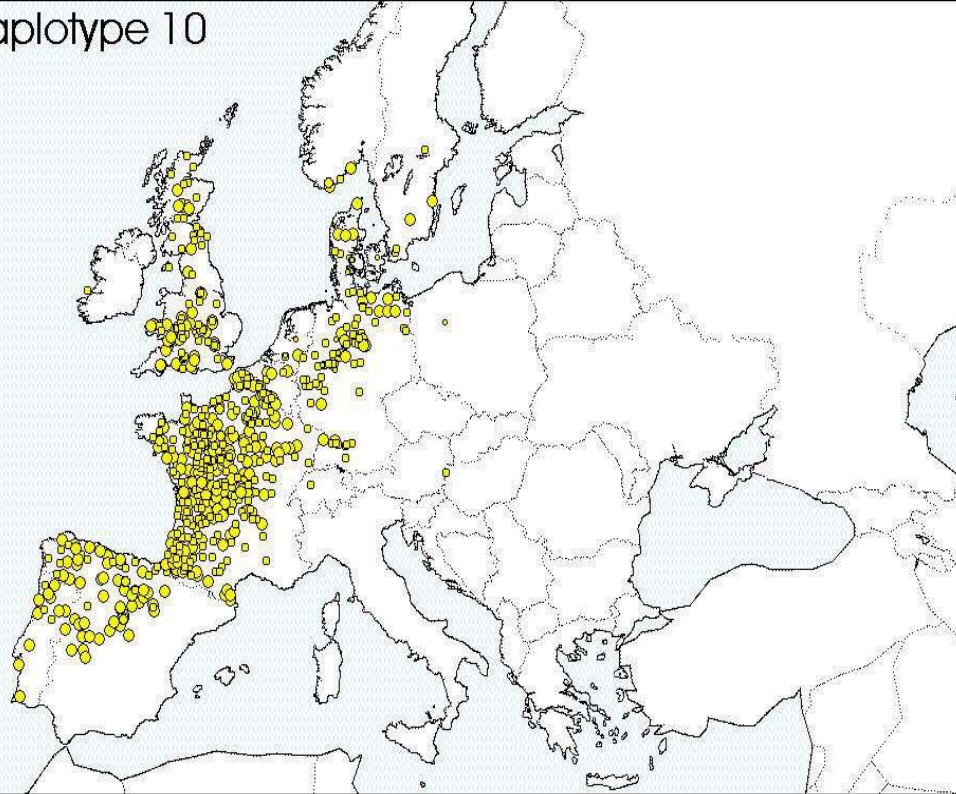
<http://gd2.pierroton.inra.fr/>



**STRUCTURE
PHYLOGEOGRAPHIQUE**

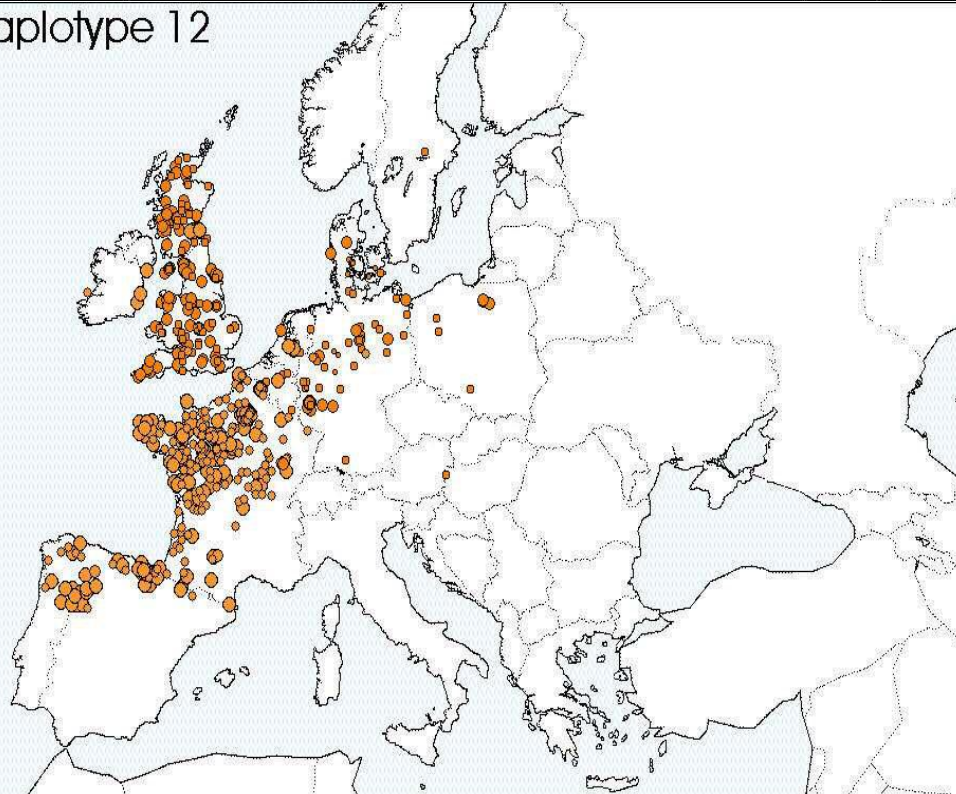


Haplotype 10

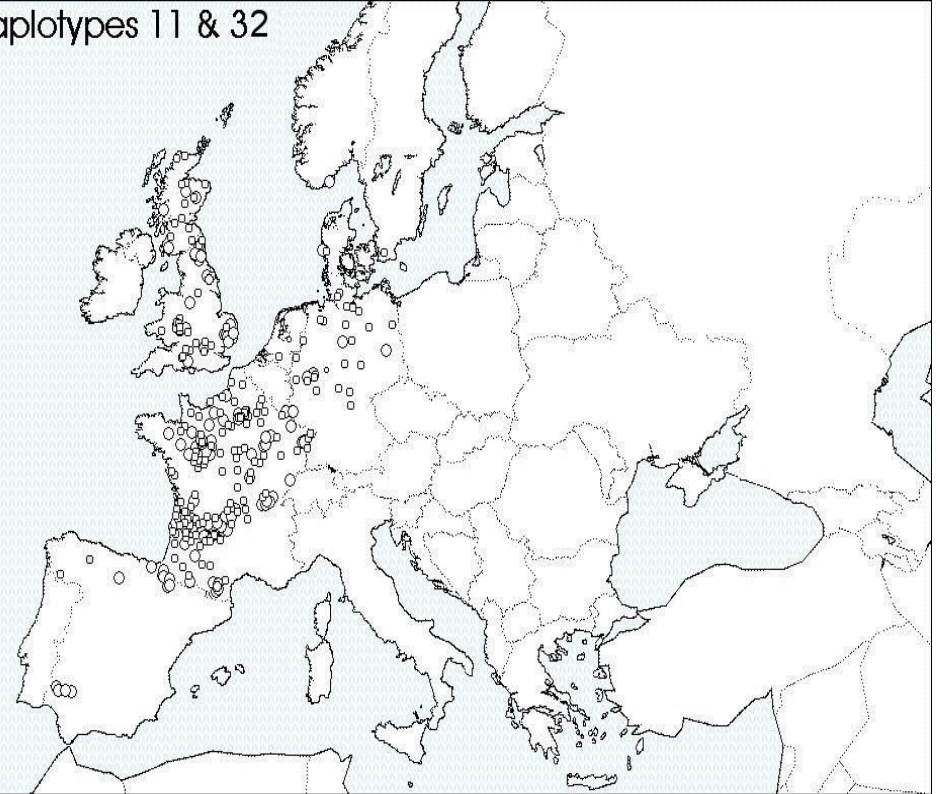


DISTRIBUTION DES
HAPLOTYPES DE LA
LIGNEE ATLANTIQUE (B)

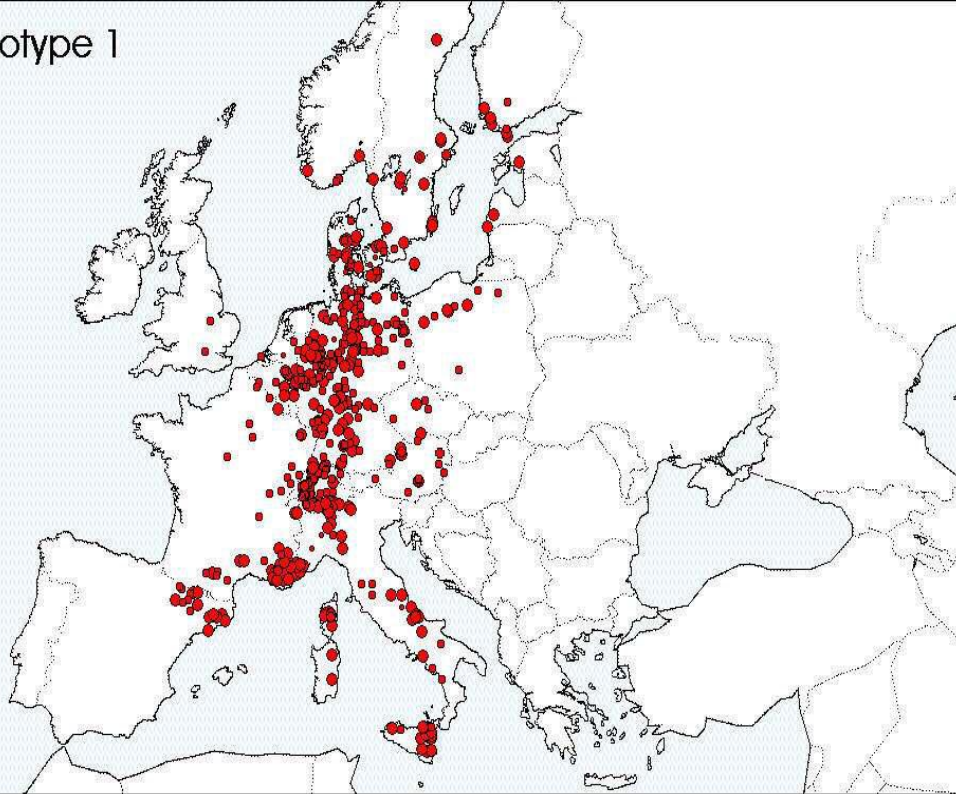
Haplotype 12



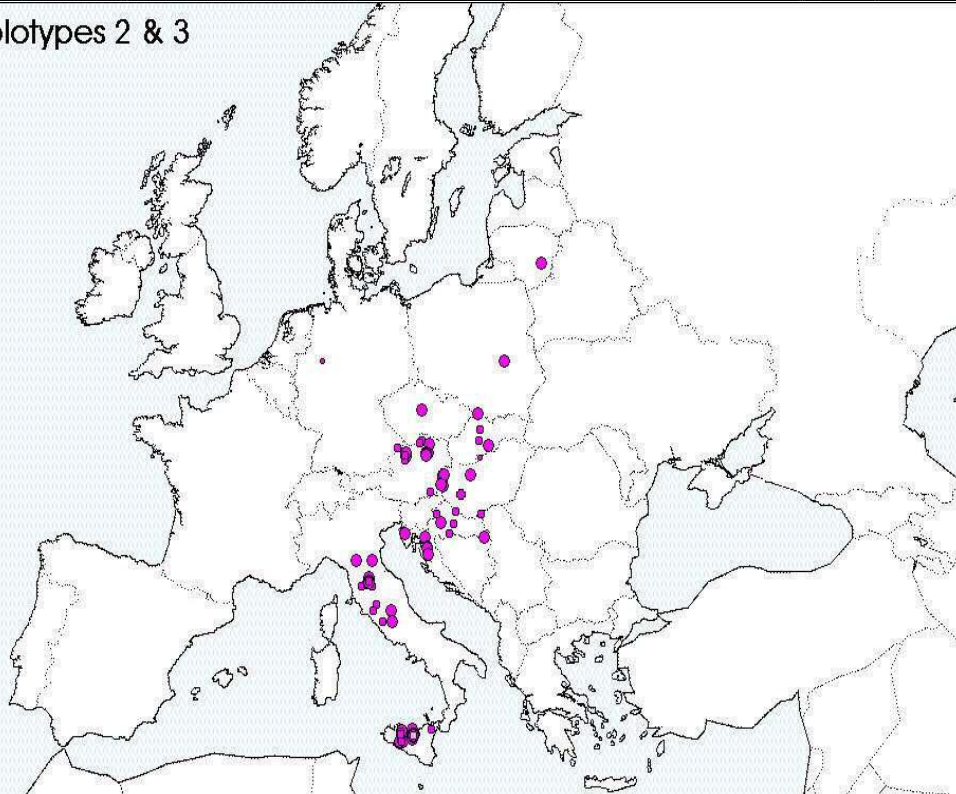
Haplotypes 11 & 32



Haplotype 1

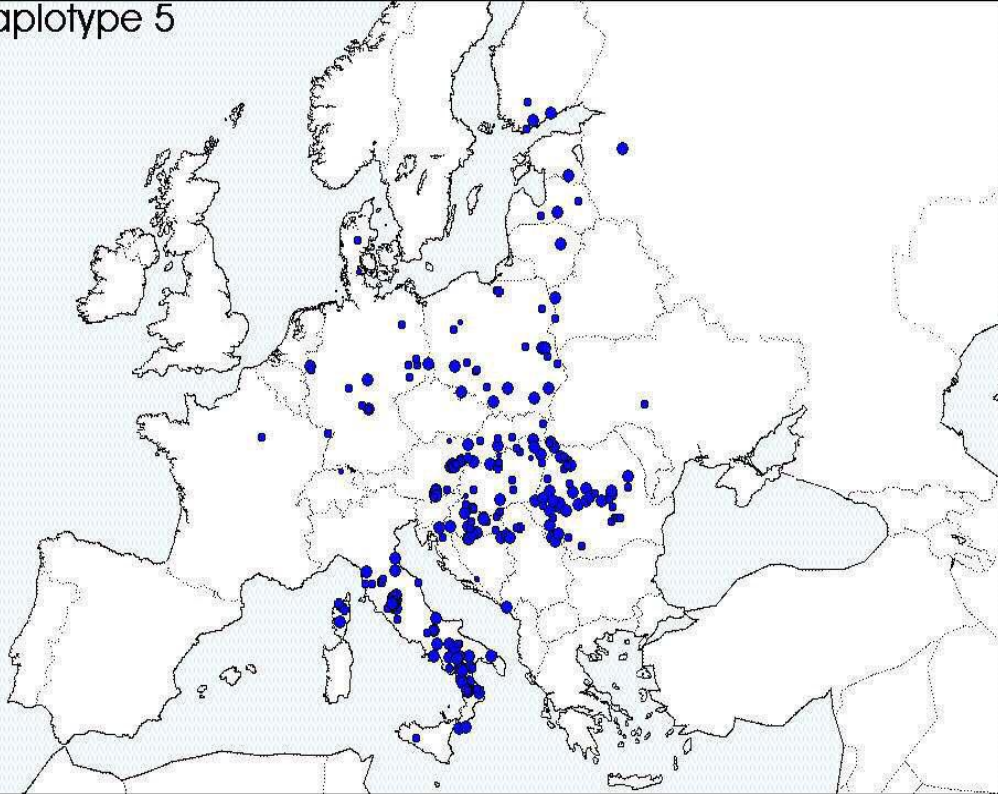


Haplotypes 2 & 3

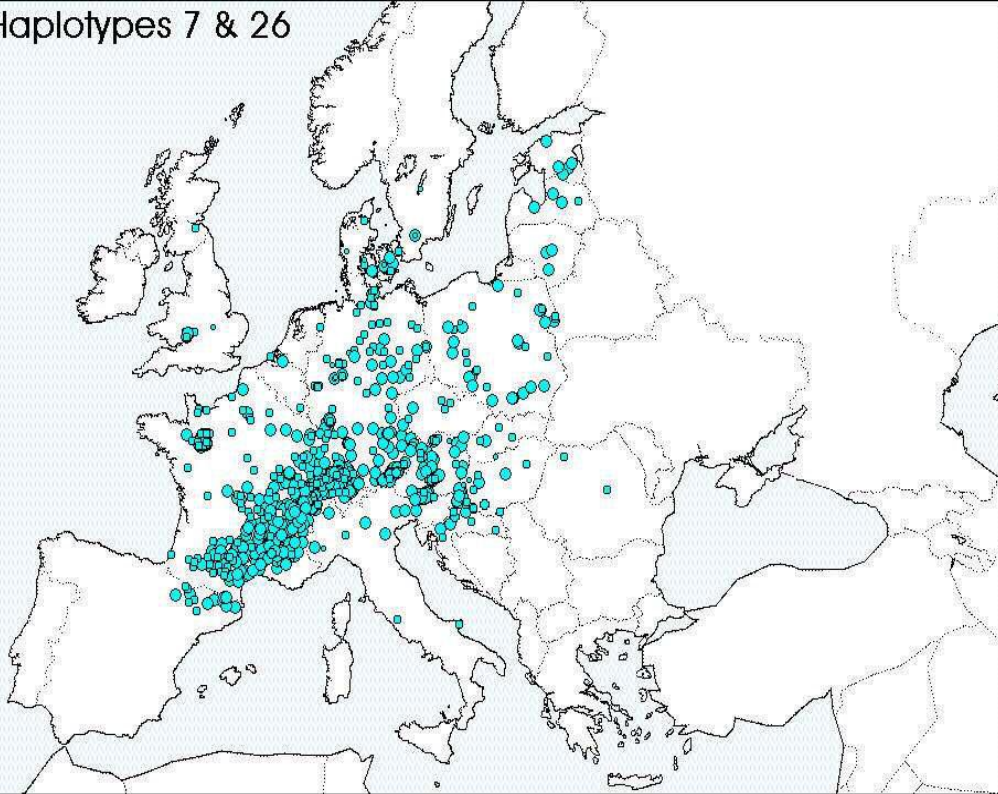


DISTRIBUTION DES
HAPLOTYPES DE LA
LIGNEE **CENTRALE (C)**

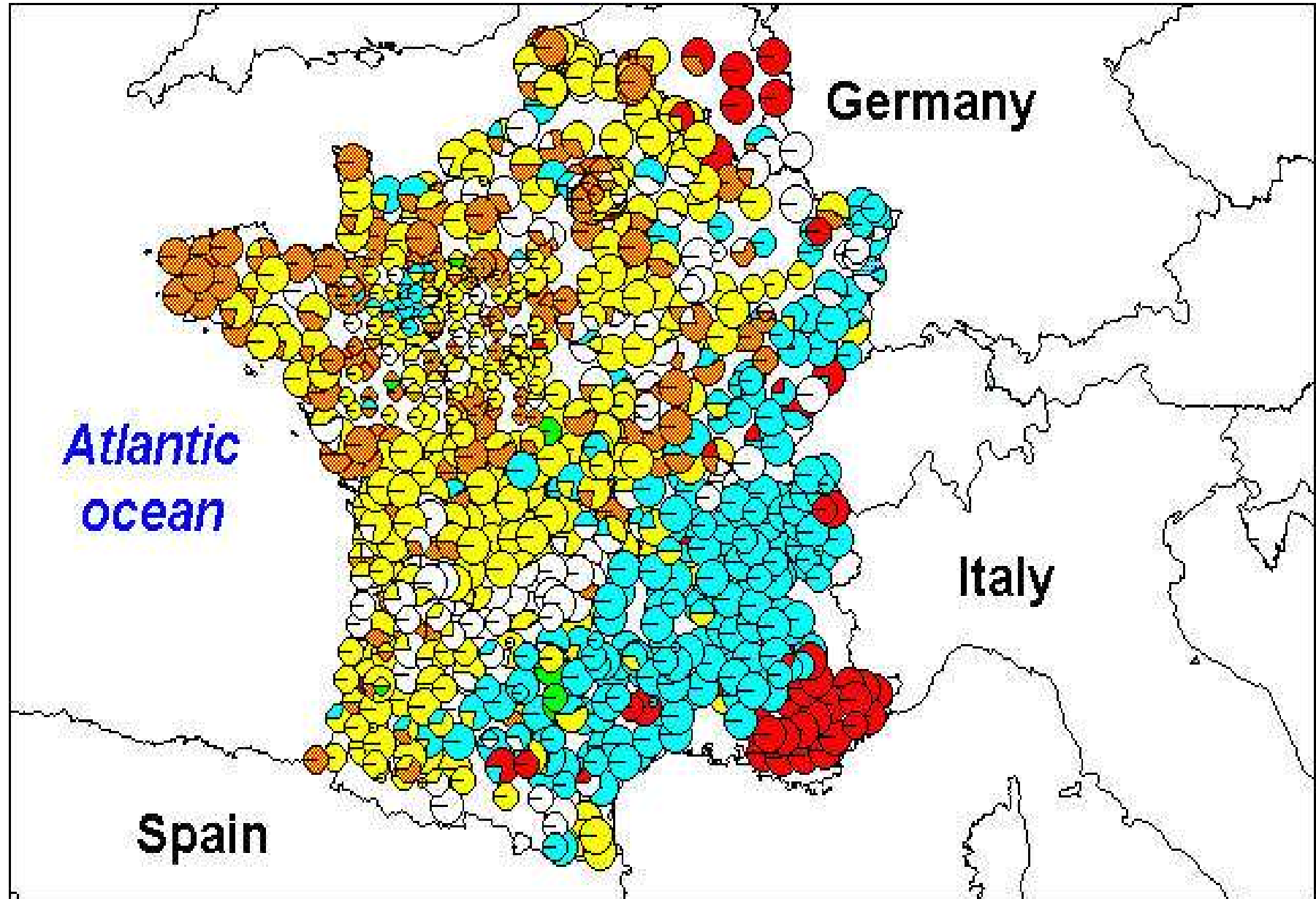
Haplotype 5



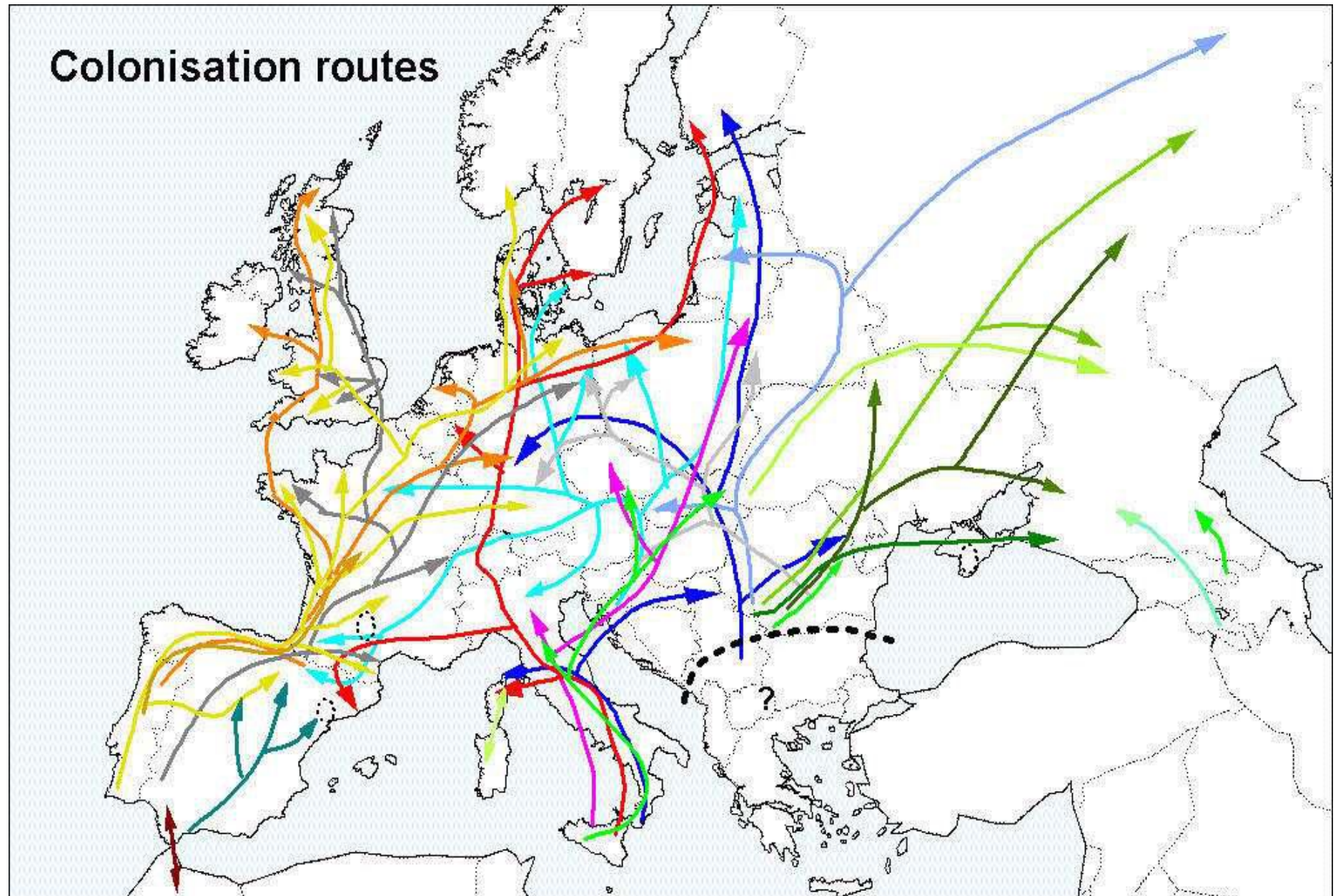
Haplotypes 7 & 26



DISTRIBUTION DES
HAPLOTYPES DE LA
LIGNEE **ORIENTALE (A)**



DISTRIBUTION DES HAPLOTYPES EN FRANCE



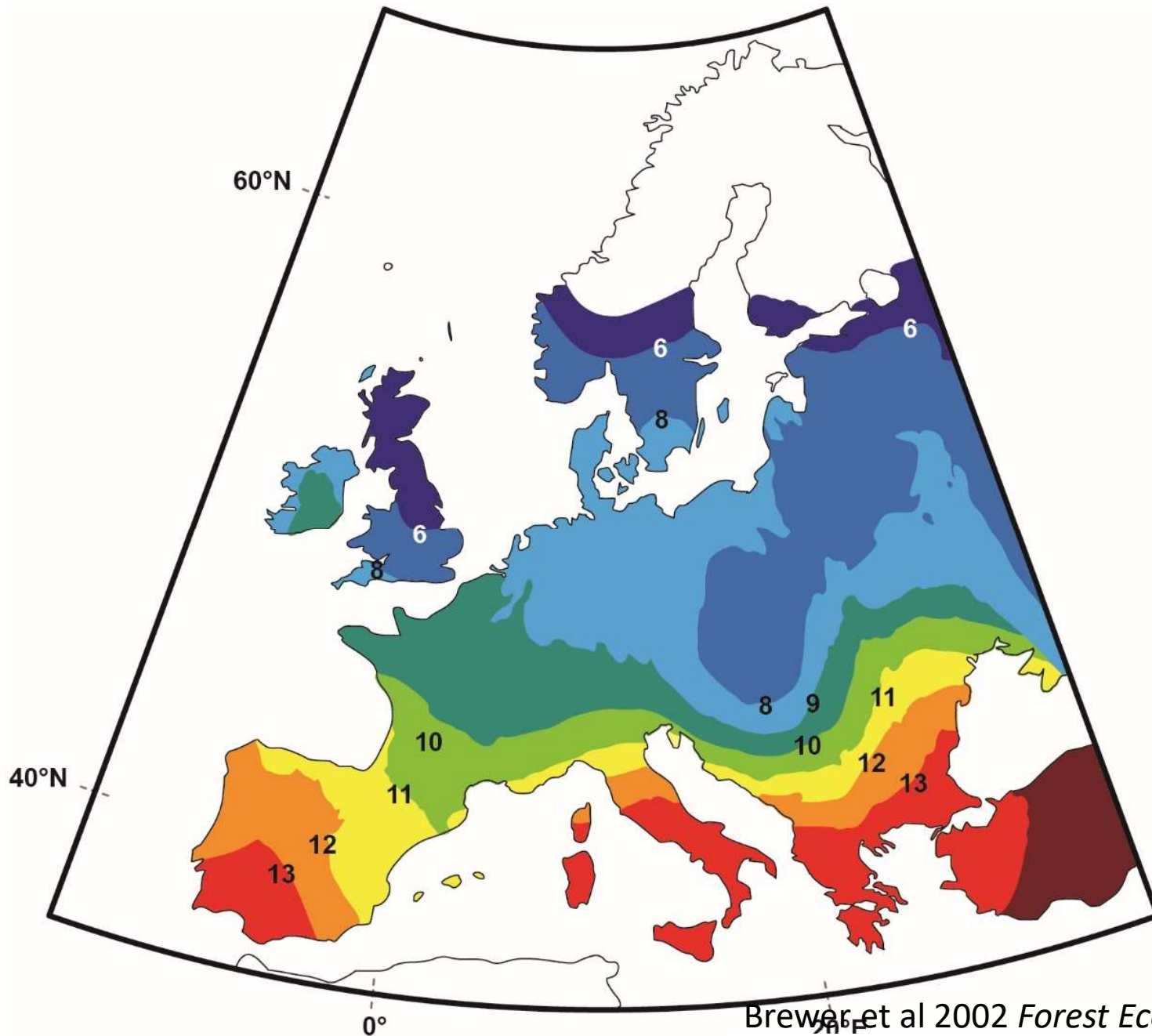
COMMENT S'EST PASSE CETTE MIGRATION ?



VITESSE DE MIGRATION

ECHANGES ENTRE ESPECES: HYBRIDATION

CARTE ISOPOLLINIQUE DES CHENES (Tranche de 1000ans)

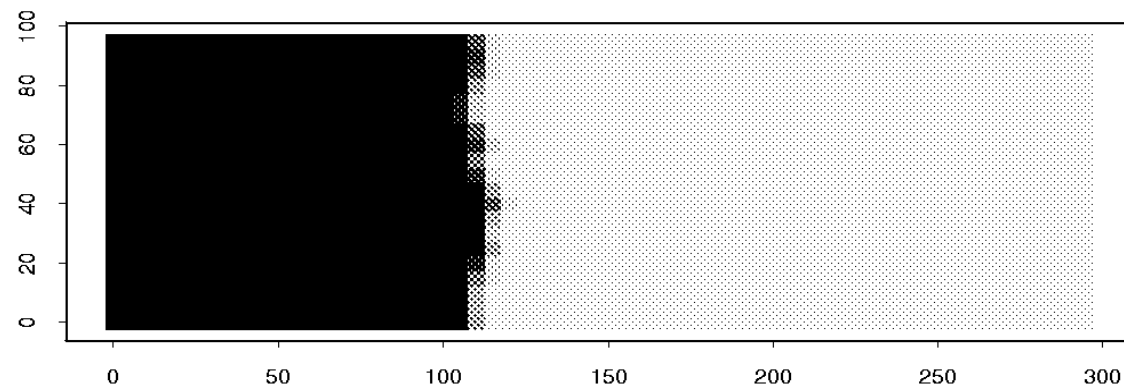
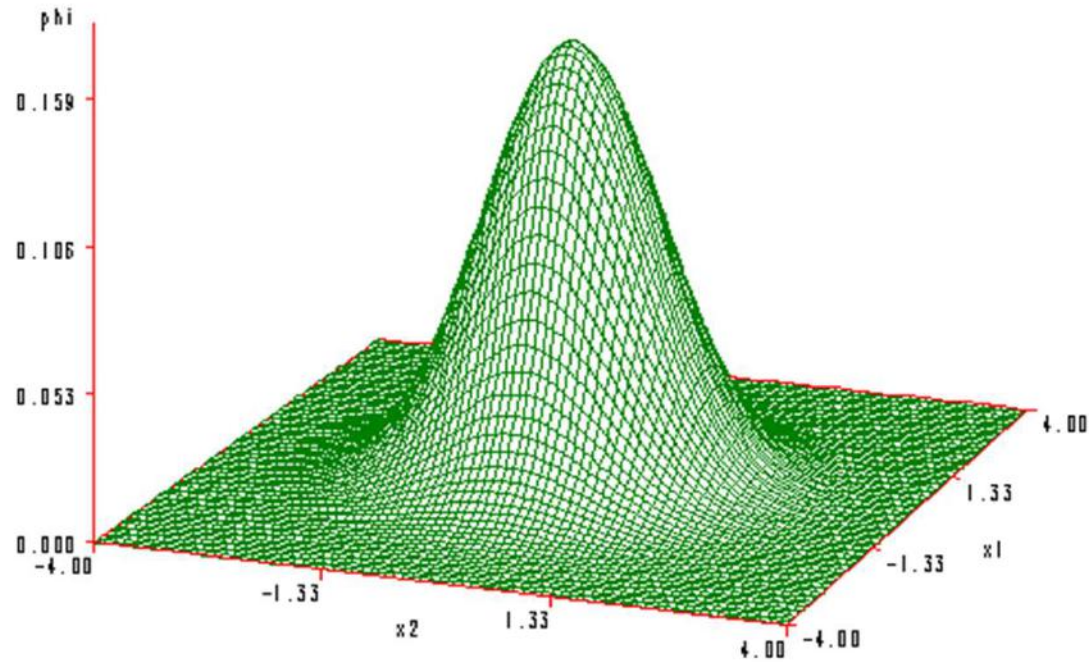


EN MOYENNE LA
VITESSE DE
MIGRATION ÉTAIT DE
400m/an

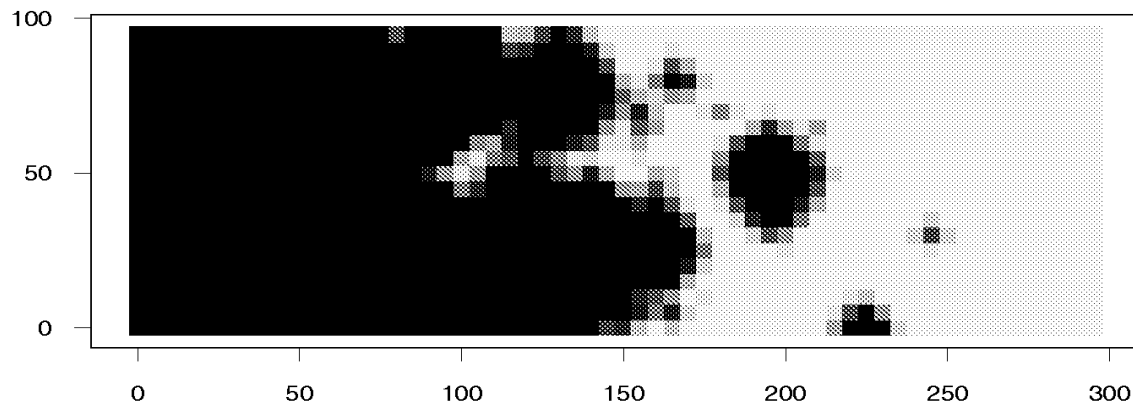
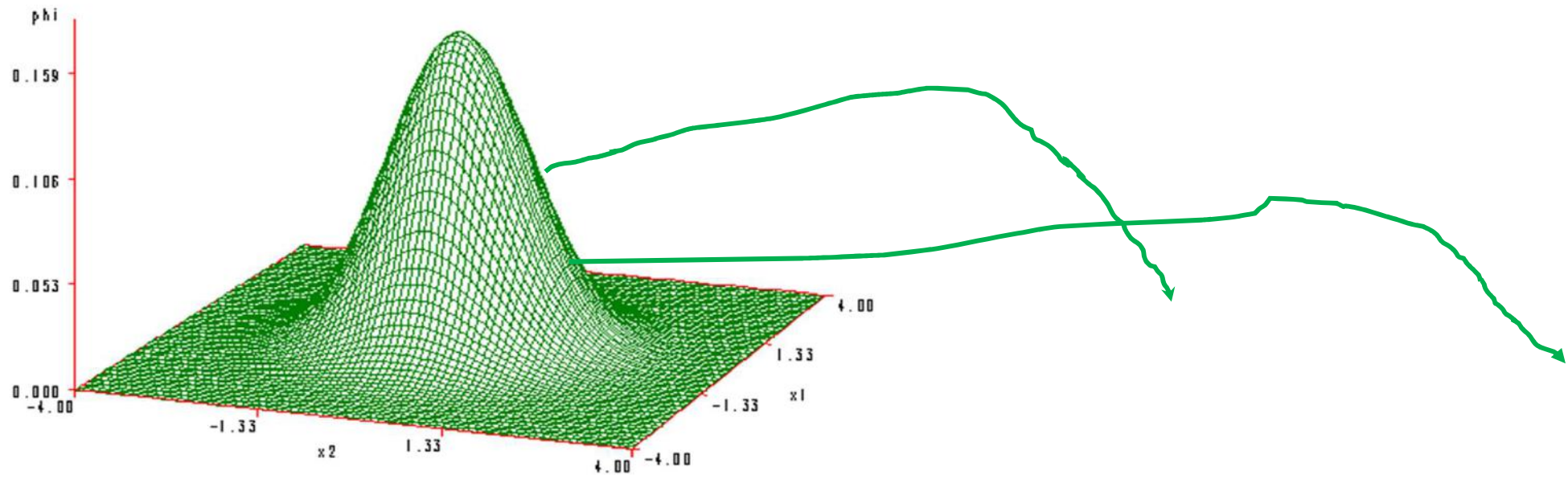
Brewer et al 2002 *Forest Ecology & Management* 161: 27-48

Giesecke et al. 2017, *J.Biogeography* 44: 1441-1456

HYPOTHESE 1 : DISPERSION PAR DIFFUSION

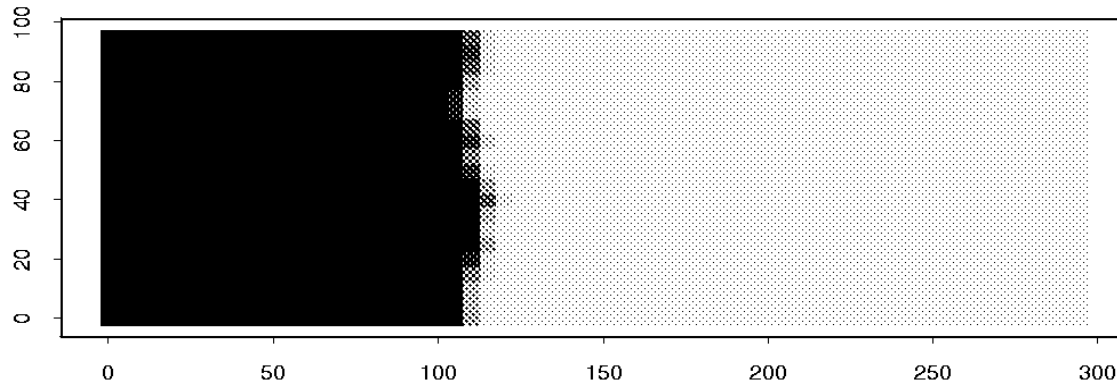


HYPOTHESE 2: DIFFUSION + DISPERSION A LONGUE DISTANCE



COMPARAISON DES DEUX STRATEGIES DE DISPERSION

vitesse = 100 mètres/an

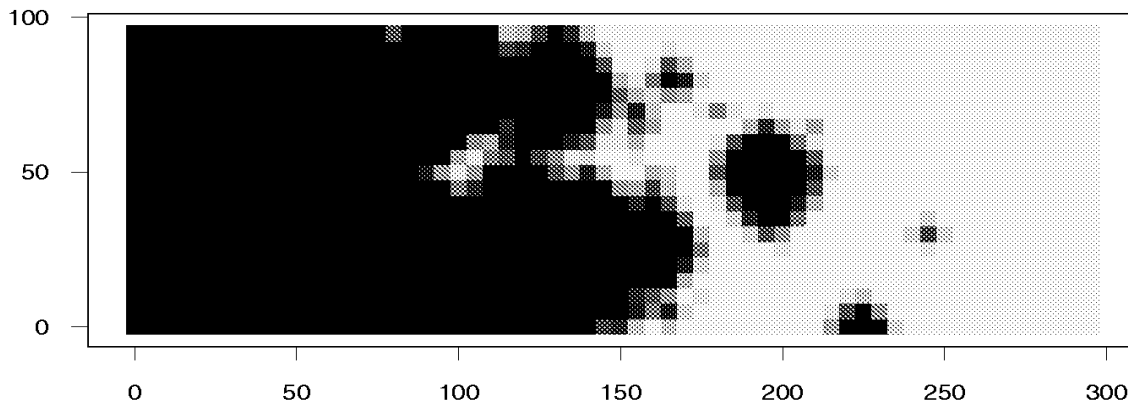


1. Diffusion

Loi de dispersion =

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

vitesse = 400 mètres/an



2. Diffusion + dispersion

à longues distances

Loi de dispersion =

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

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

DES HOMMES & DES GLANDS



marbleinspiration.co.uk

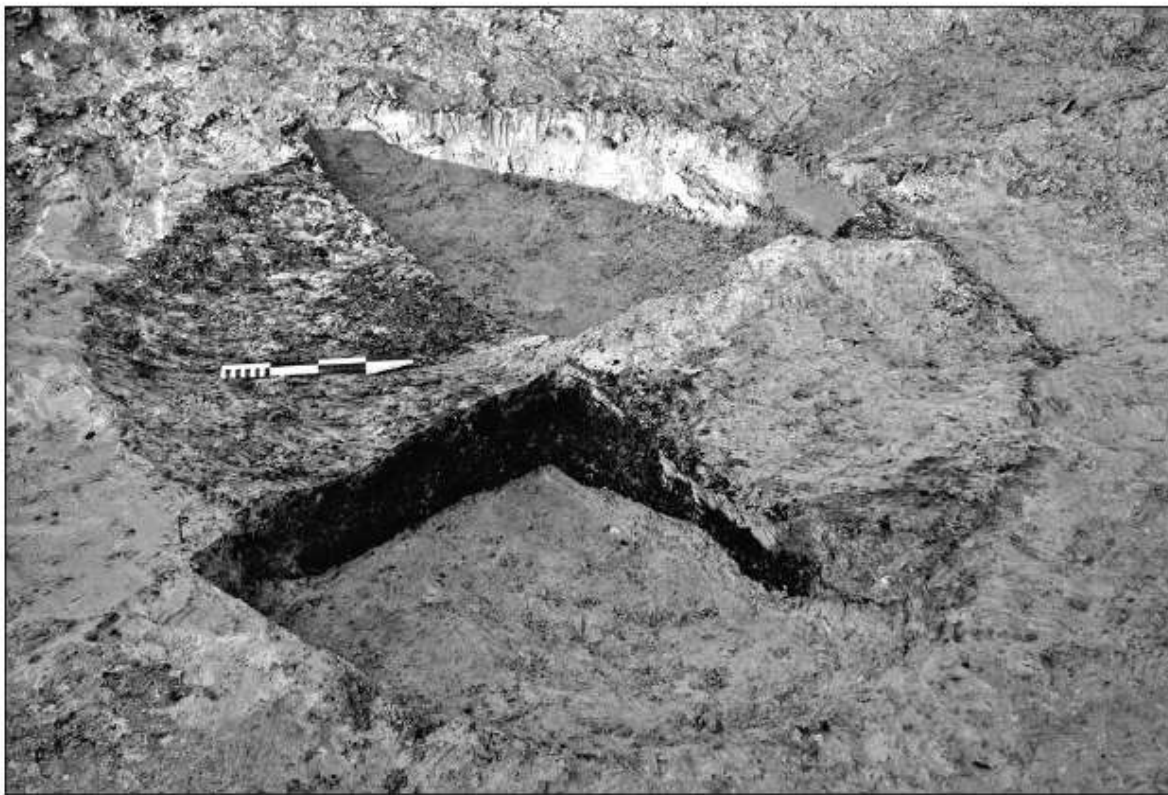
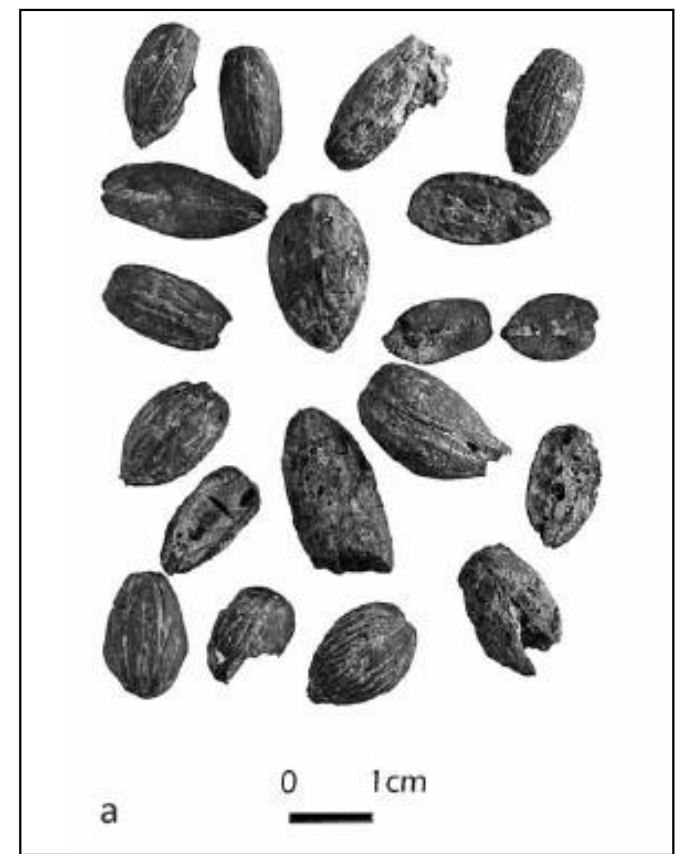


Fig. 2 Boezinge/Caesar's Nose, prov. West-Vlaanderen/B: the Iron Age pit containing charred acorns. – (Photo Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed).



2,2 Ka BP

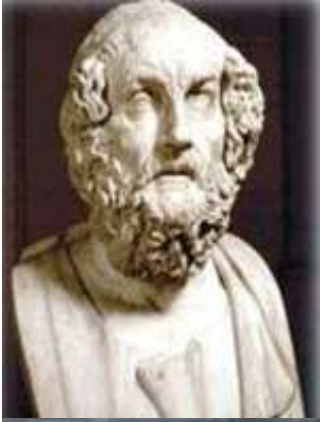
Cette fosse à glands contenait 69 000 glands !!

KOEN DEFORCE · JAN BASTIAENS · HANS VAN CALSTER · SOFIE VANHOUTTE

ARCHÄOLOGISCHES KORRESPONDENZBLATT 39 · 2009

381

**IRON AGE ACORNS FROM BOEZINGE (BELGIUM):
THE ROLE OF ACORN CONSUMPTION IN PREHISTORY**



« Tous ces habitants des montagnes sont austères: l'eau est leur seule boisson, ils dorment sur les sols...Les trois quarts de l'année **ils se nourrissent de glands**, d'abord ils les laissent sécher, ensuite ils les triturent et les moulent en fabriquant un type de pain qui se conserve très longtemps...»

Strabon (Geografia II)



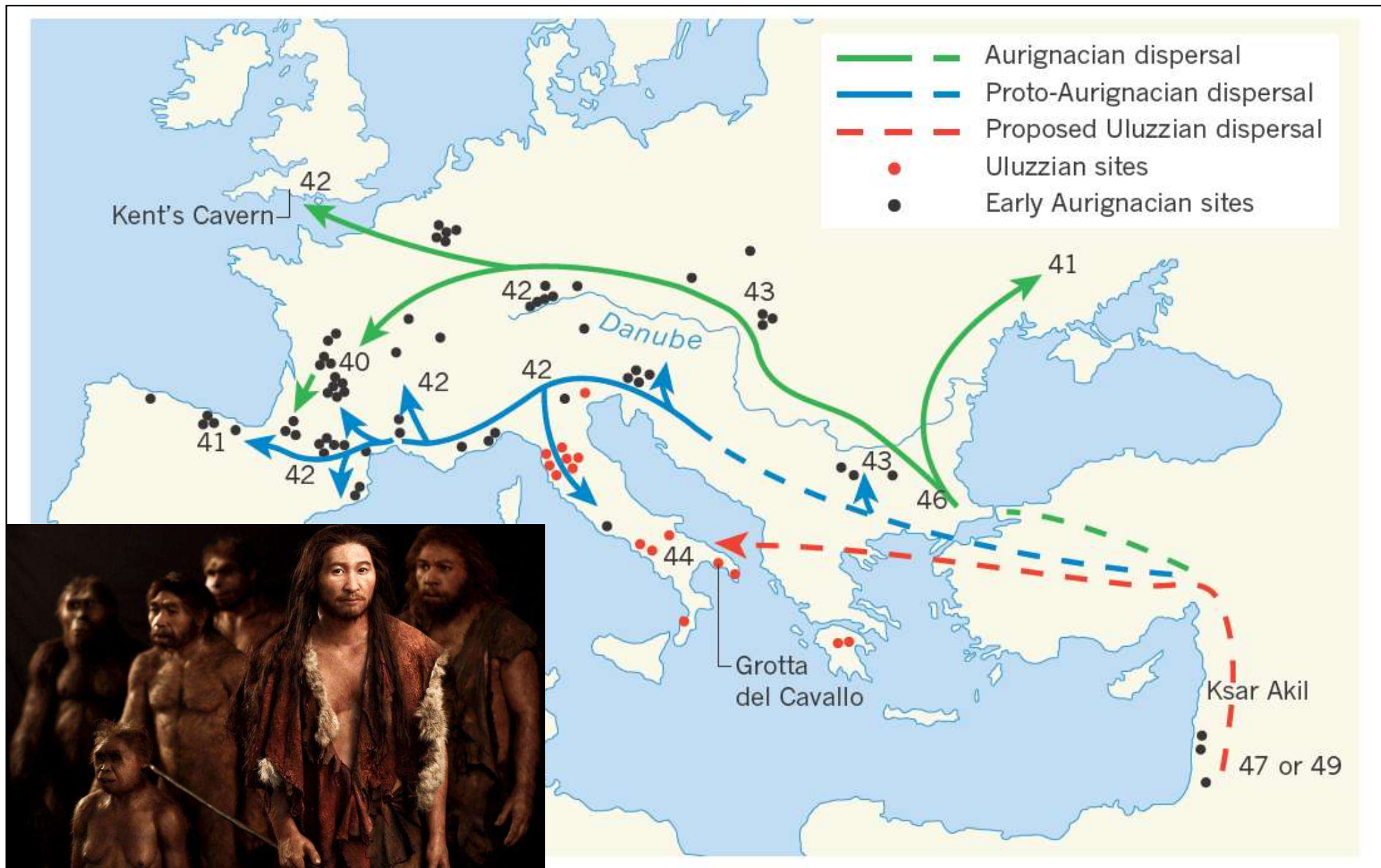


« Quand les céréales deviennent rares, *on fait sécher les glands*, on les épluche et on moule la farine sous forme de pain. A l'heure actuelle, même dans les Hispanias, *le gland fait partie des desserts* »

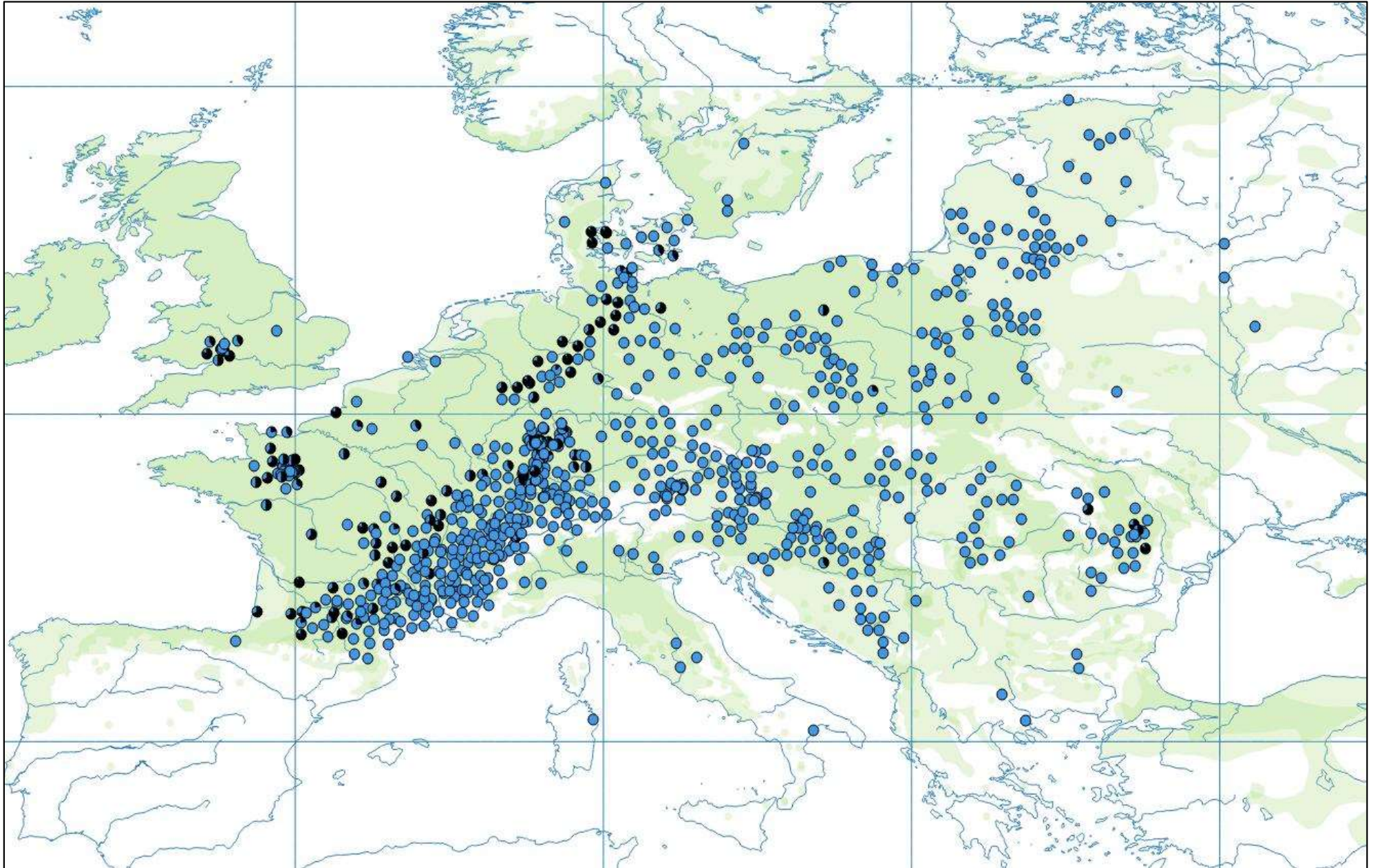
Pline l'Ancien (Histoire Naturelle)



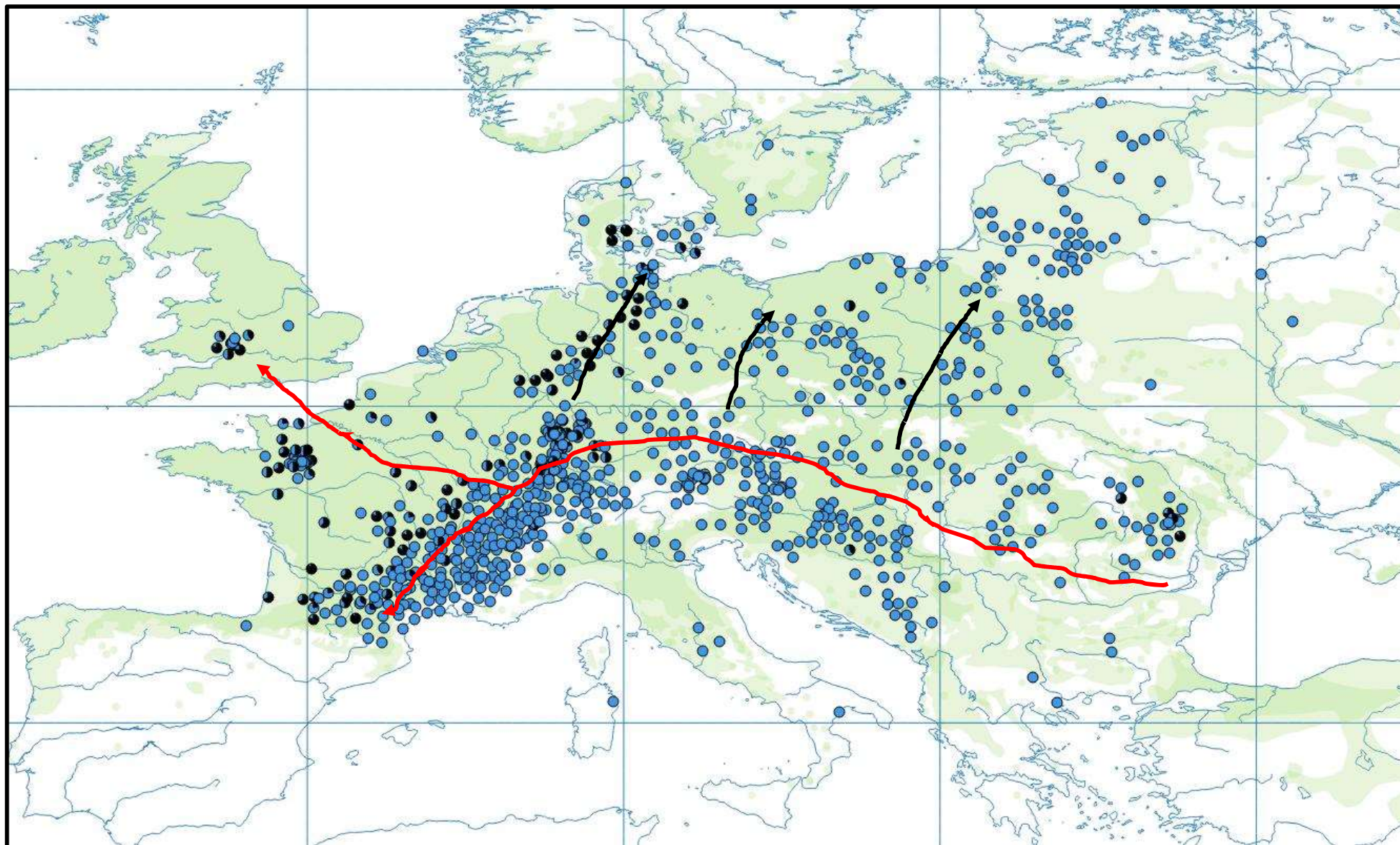
Migrations d' *Homo sapiens*



DISTRIBUTION DES HAPLOTYPES DE LA LIGNEE ORIENTALE (4,6,7,26 & 30)



MIGRATIONS HUMAINES ET DISPERSION DES CHENES



COMMENT S'EST PASSE CETTE MIGRATION ?



VITESSE DE MIGRATION

ECHANGES ENTRE ESPECES: HYBRIDATION

HYBRIDATION

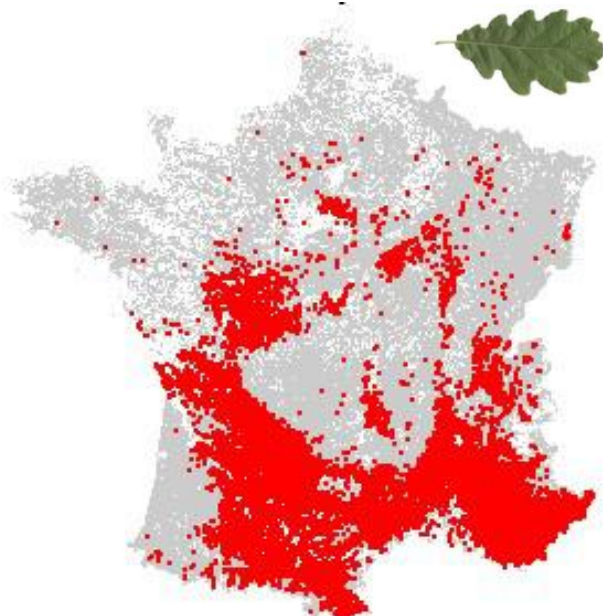
Chêne sessile



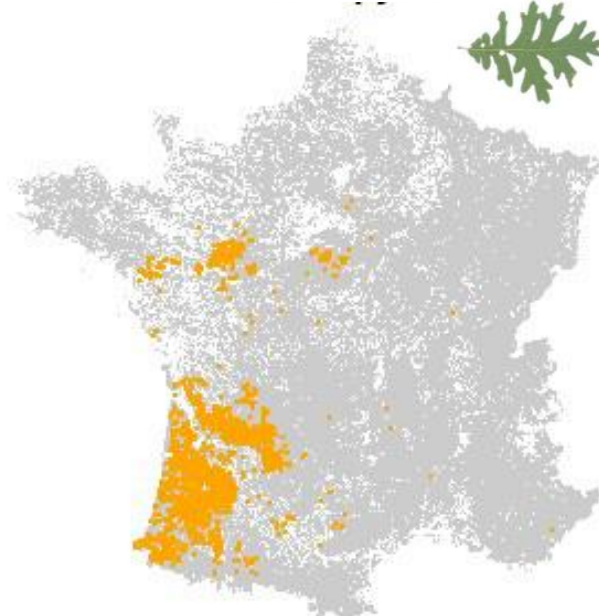
Chêne pédonculé



Chêne pubescent

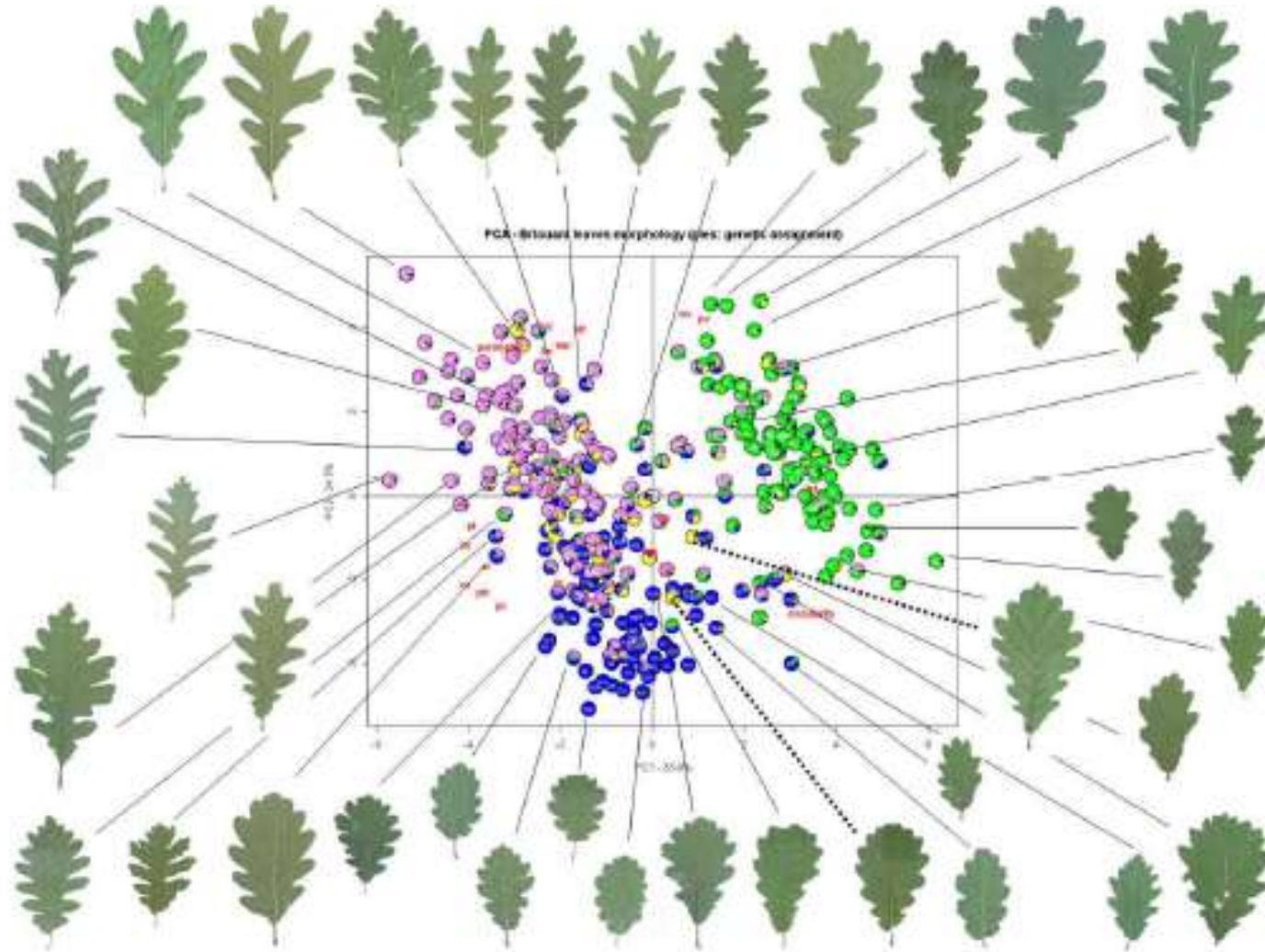


Chêne tauzin



HYBRIDATION DANS UN PEUPELEMENT MIXTE DE CHENES

● Chêne tauzin

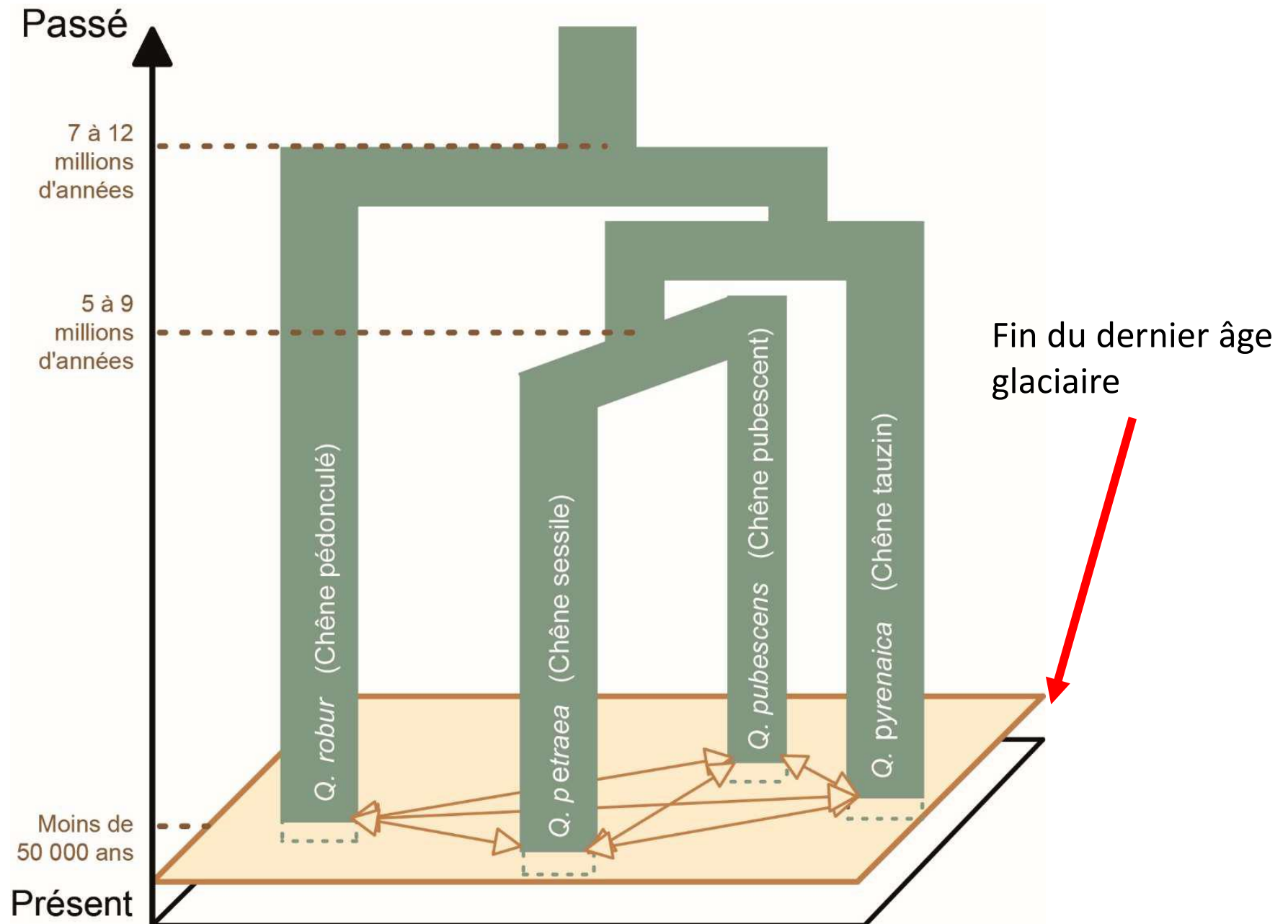


● Chêne
pédonculé

● Chêne pubescent

● Chêne sessile

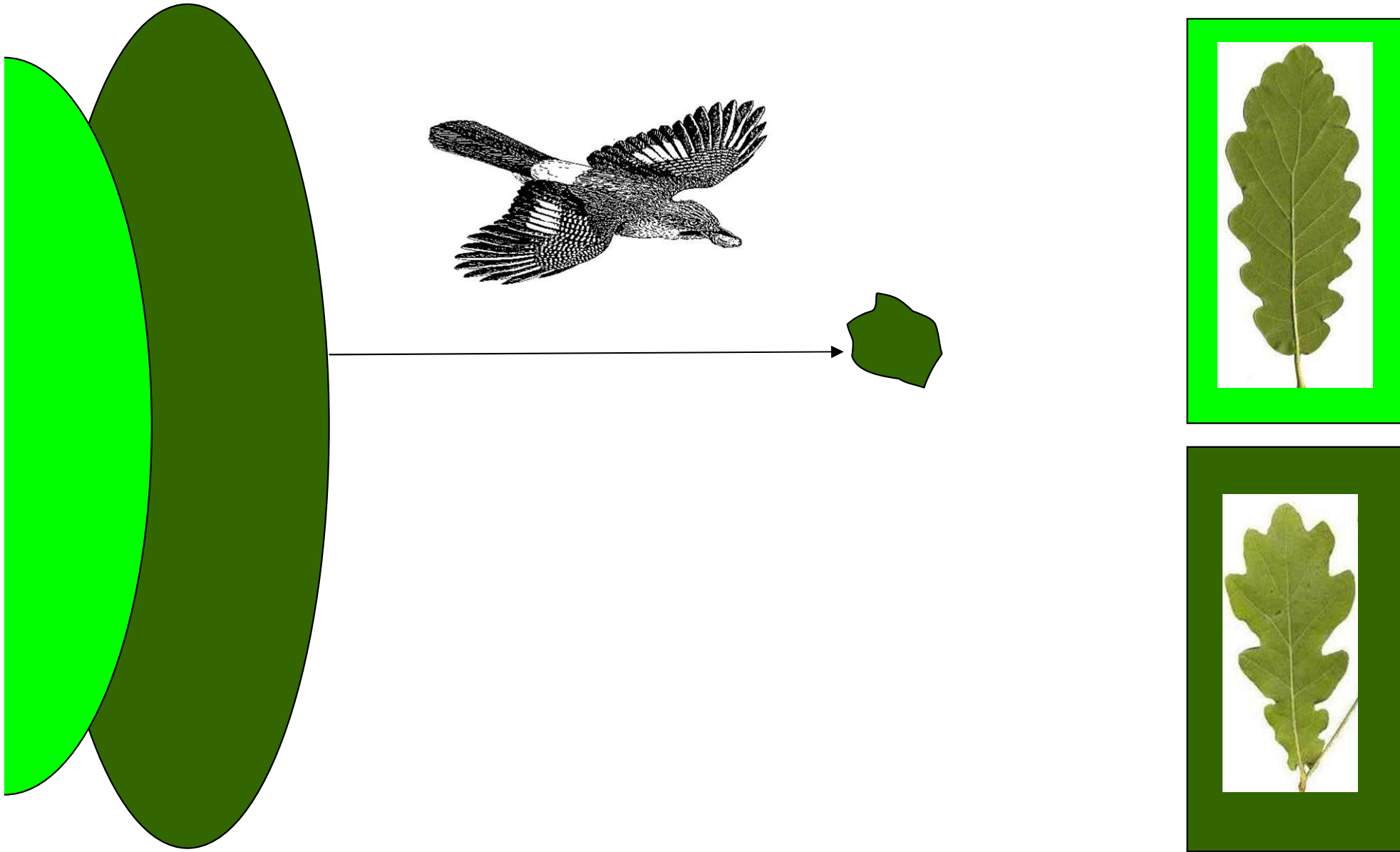
DATATION DES ECHANGES GENETIQUES ENTRE LES CHENES



Leroy et al 2017 New Phytologist 214:865-878

Leroy et al. 2020 New Phytologist 226: 1183-1197

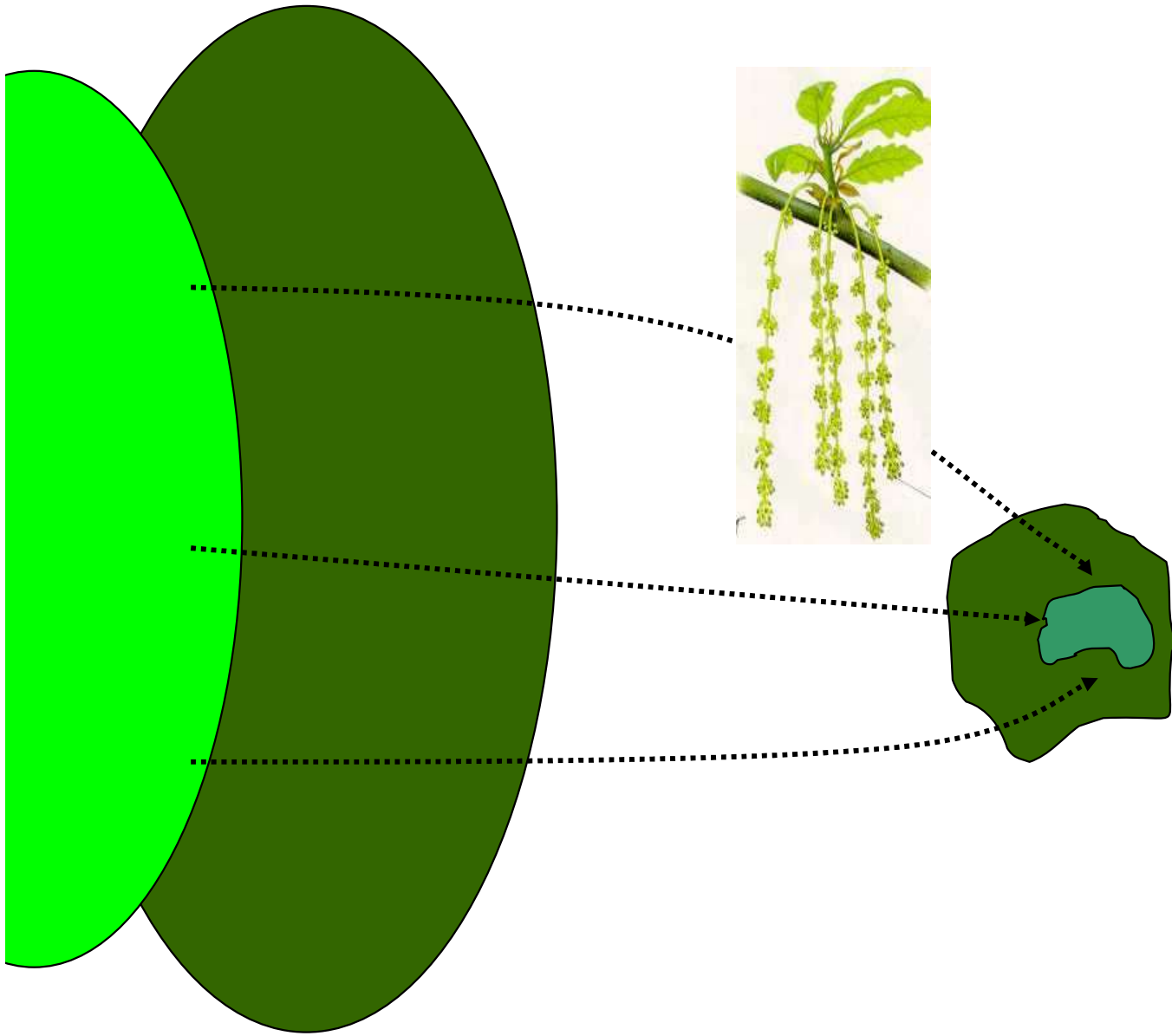
DISPERSION DU CHENE PEDONCULE *Q. petraea* (chêne sessile)



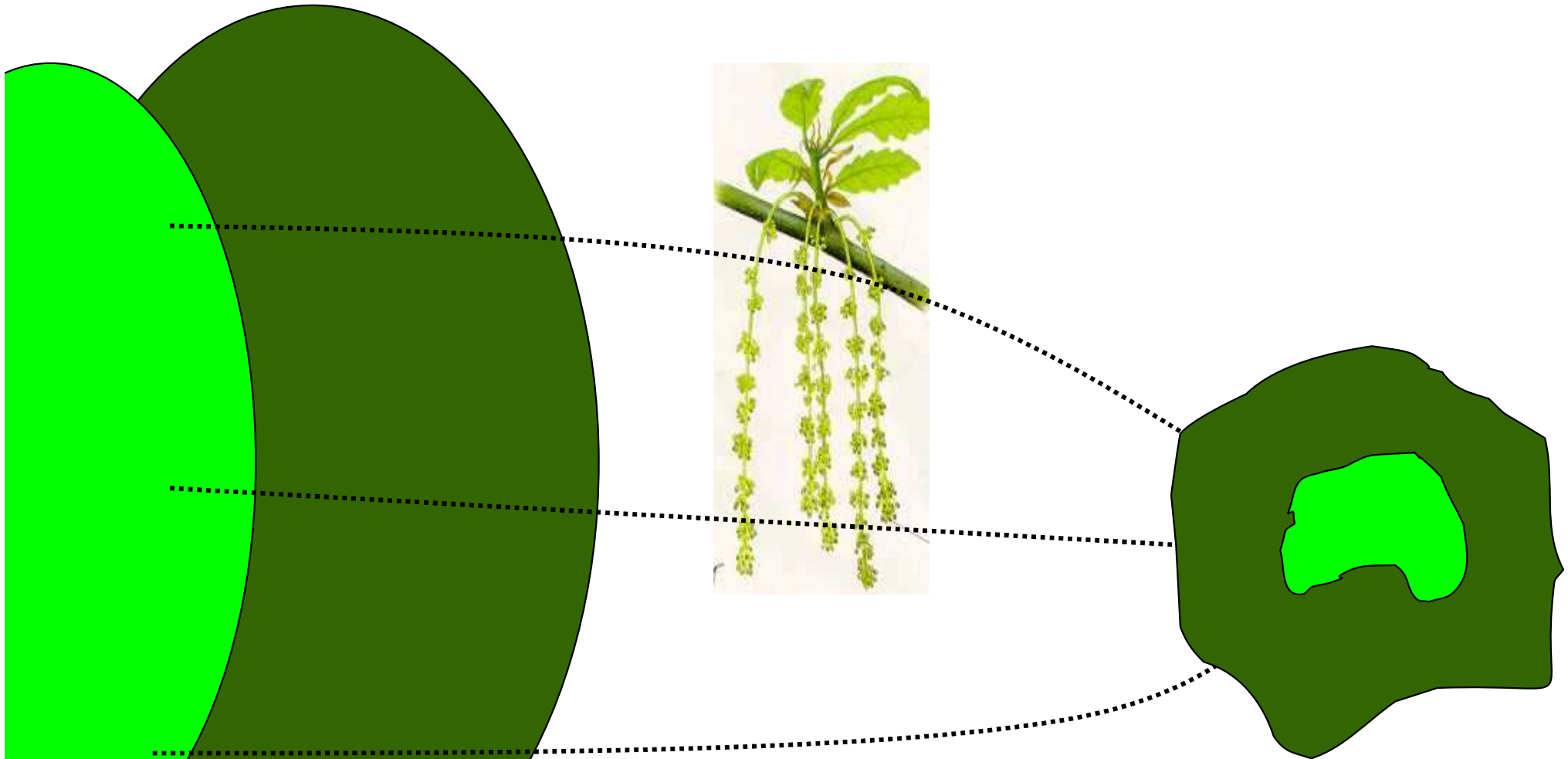
Q. robur (Chêne pédonculé)

POLLEN DU CHENE SESSILE

HYBRIDIATION



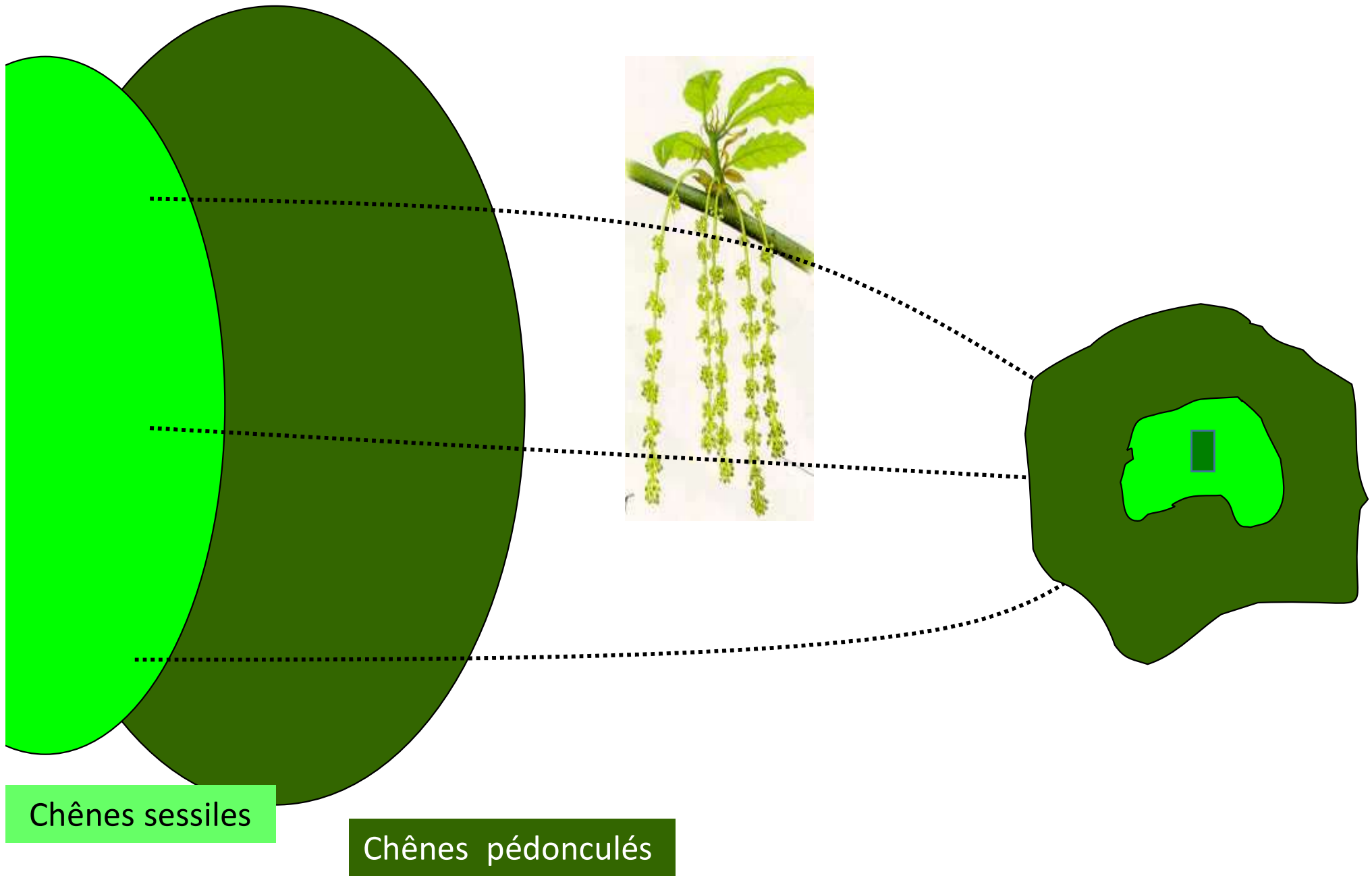
MIGRATION DU CHENE SESSILE PAR POLLEN



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!

Auto stop ou covoiturage!!

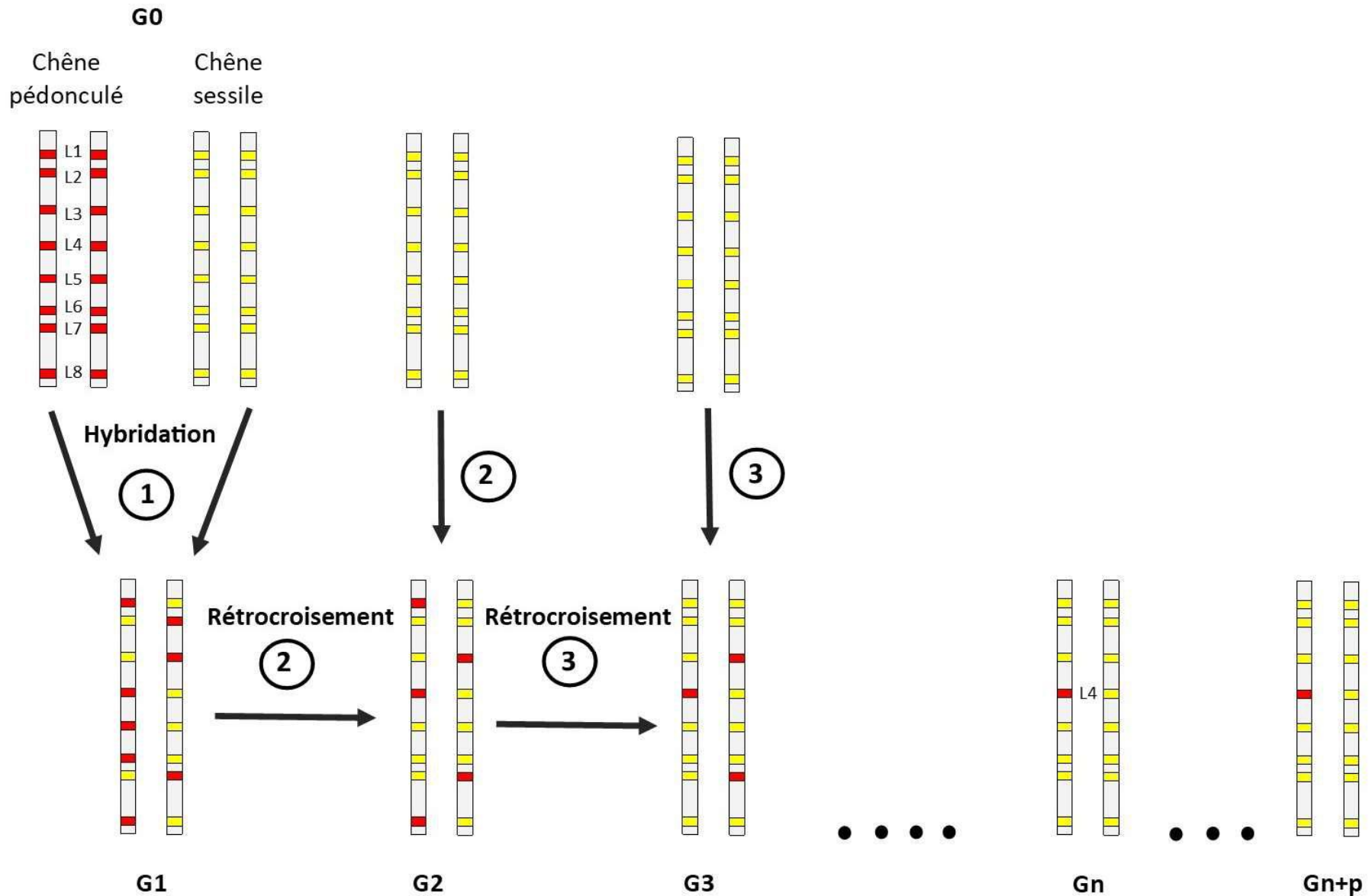
INTROGRESSION D'UNE ESPECE DANS UNE AUTRE



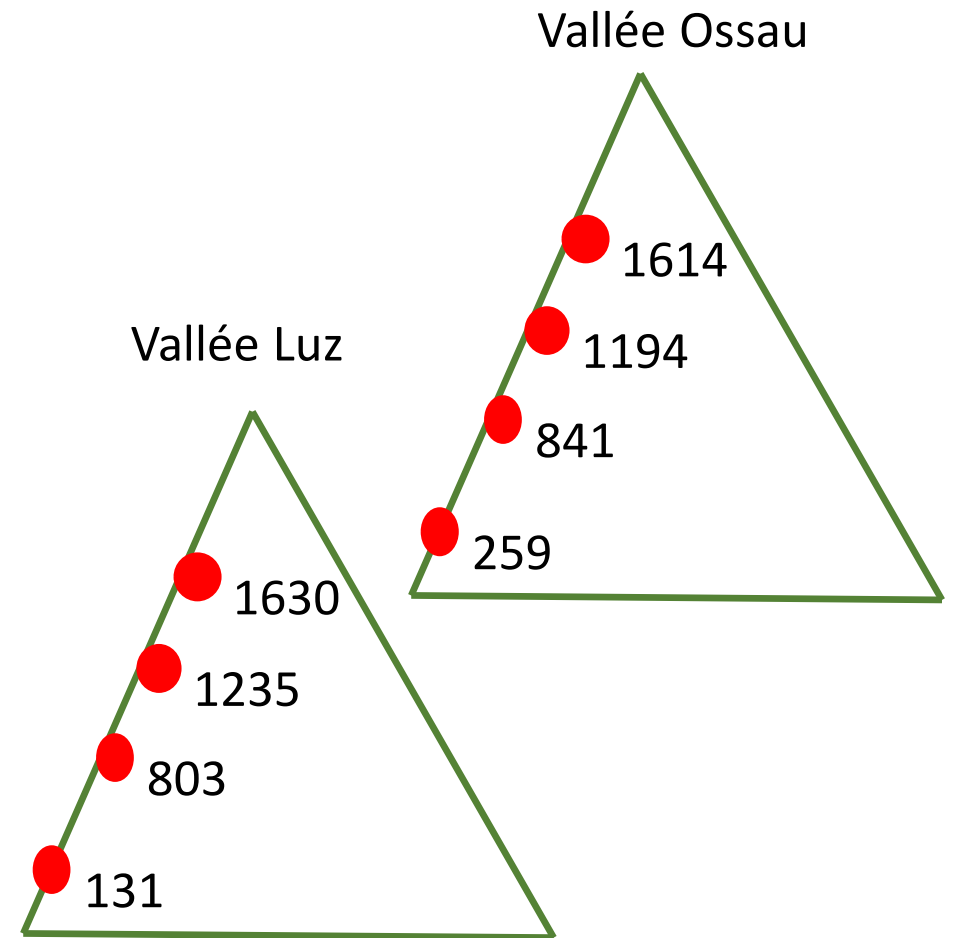
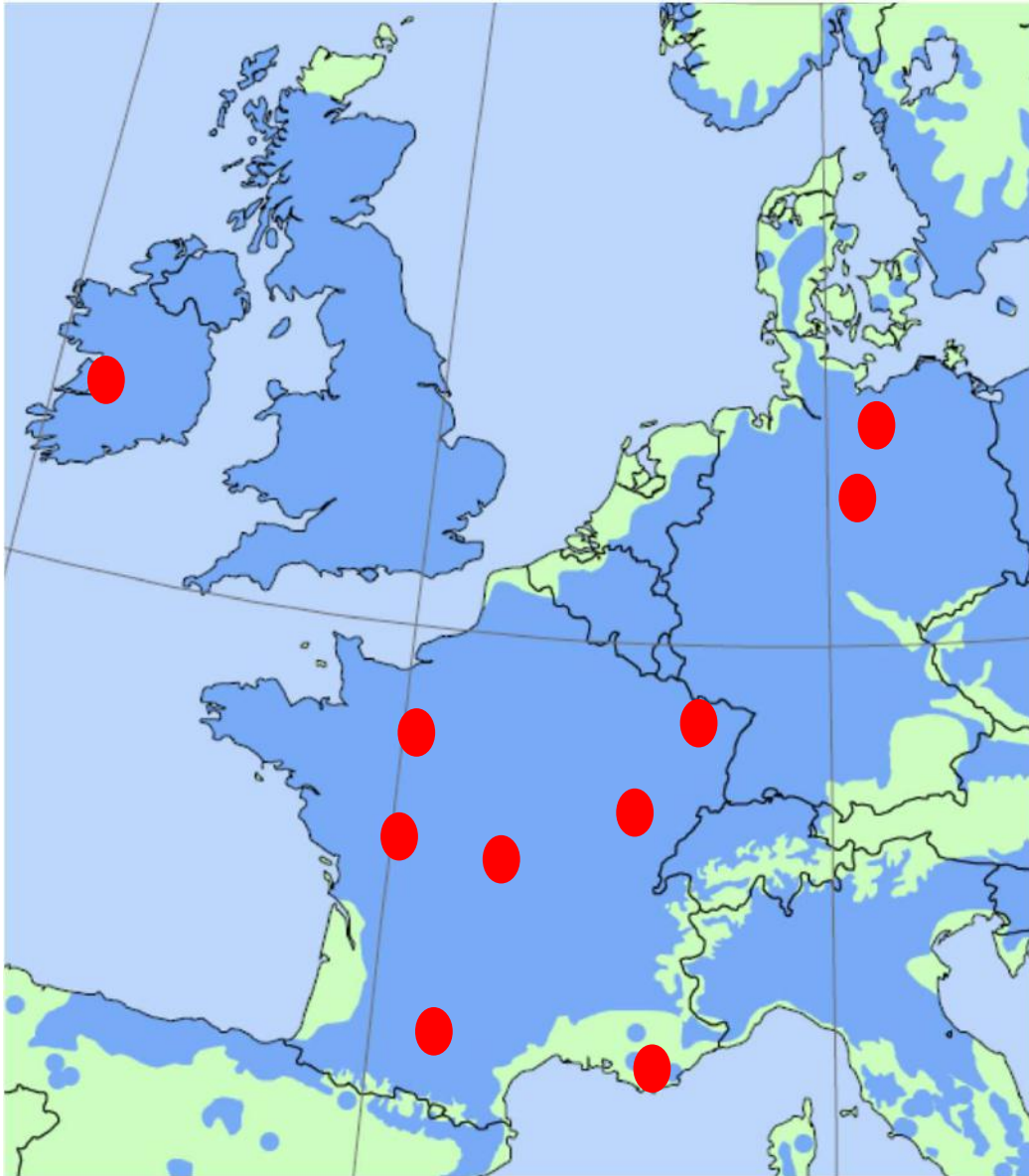
Chênes sessiles

Chênes pédonculés

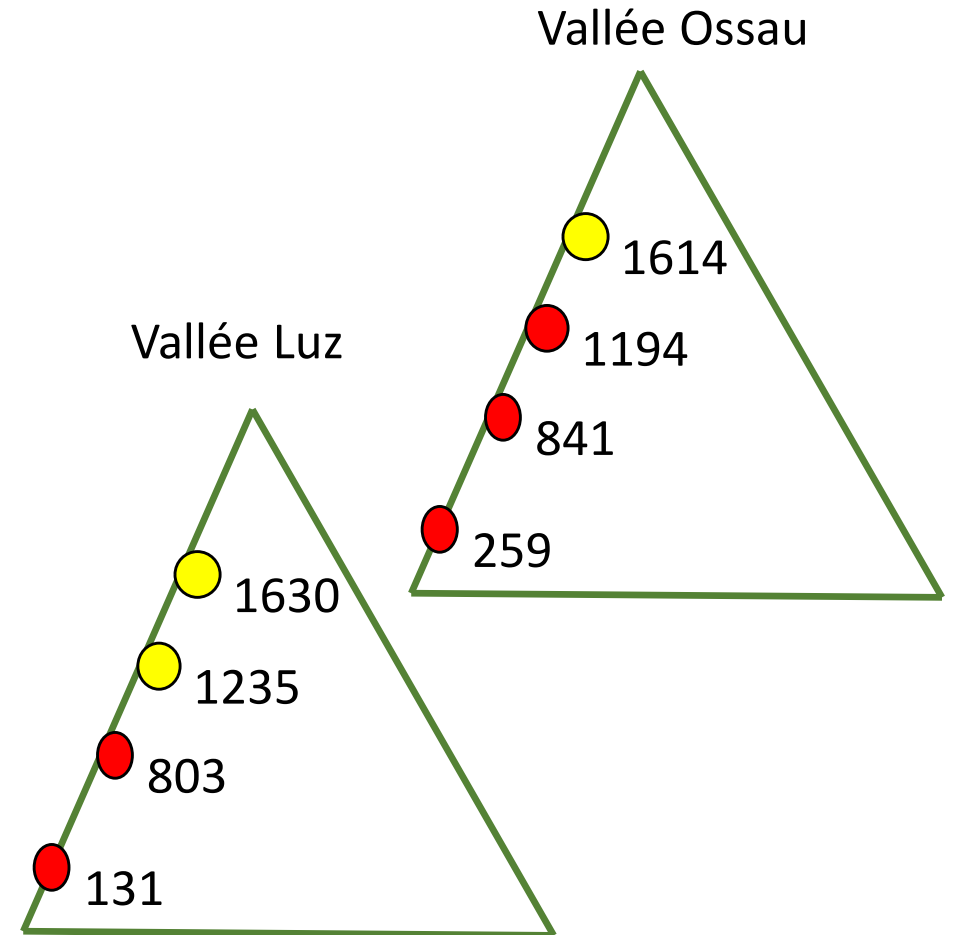
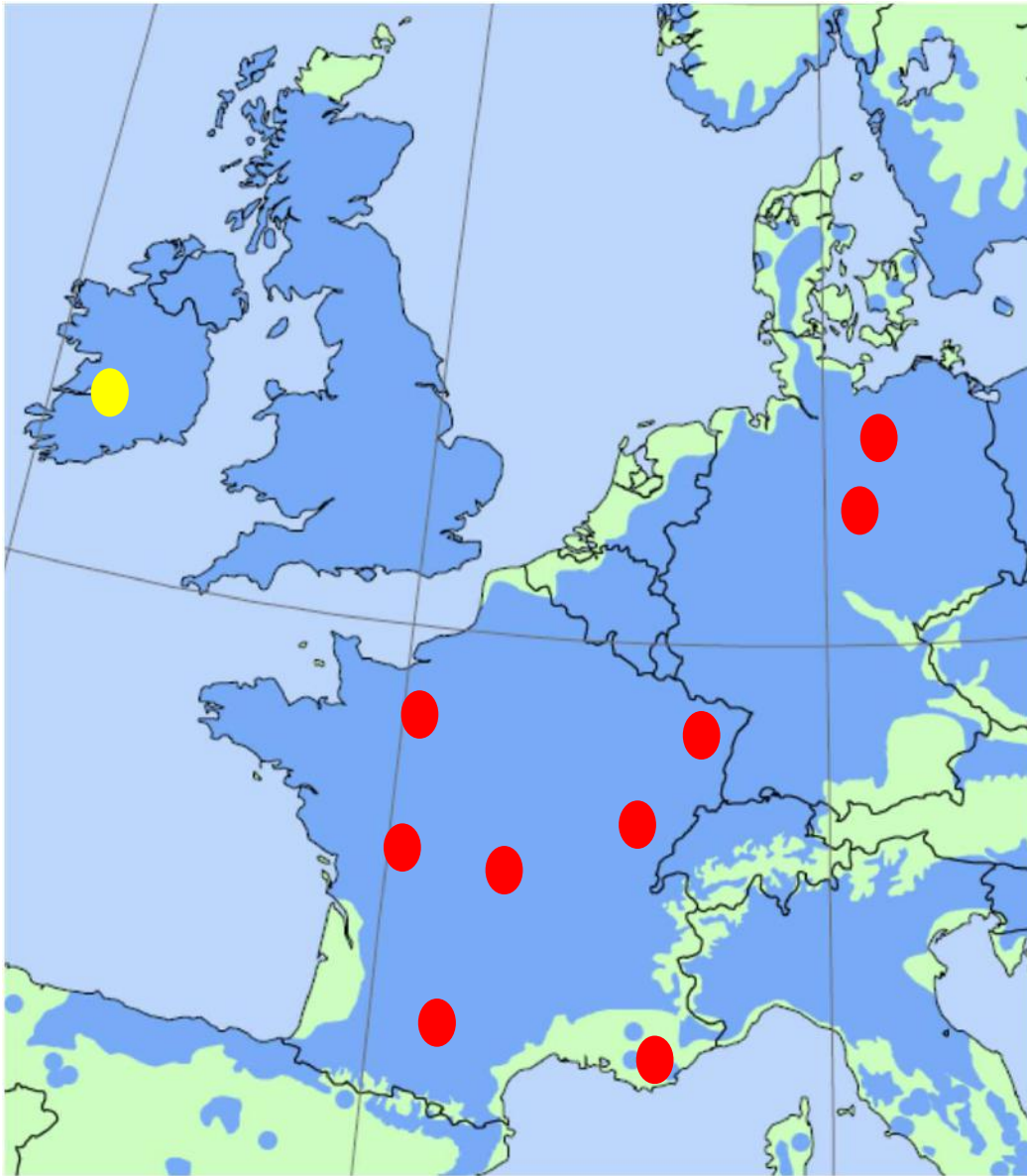
INTROGRESSION ADAPTATIVE



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



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



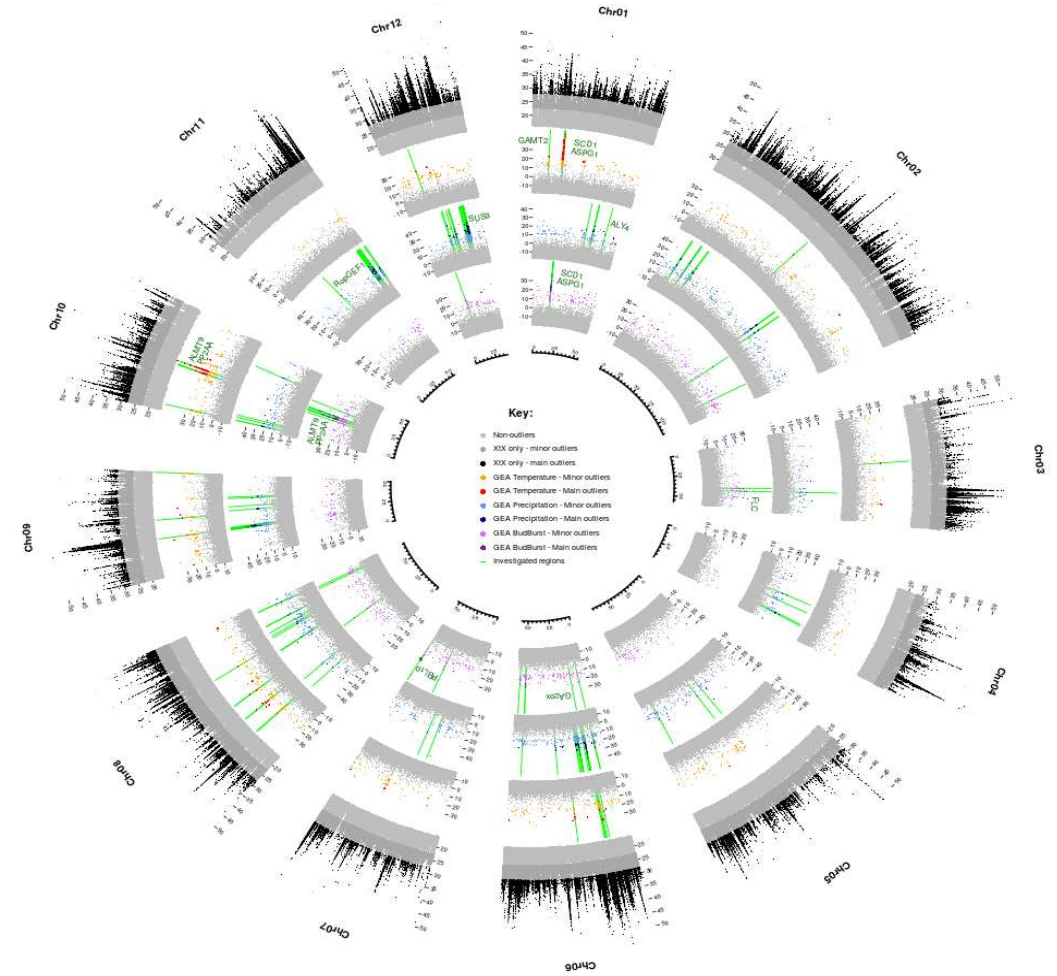
Seulement avec *Q. robur*
Haute altitude.. Haute latitude

Leroy T et al. 2020 *New Phytologist* 226: 1171-1182

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



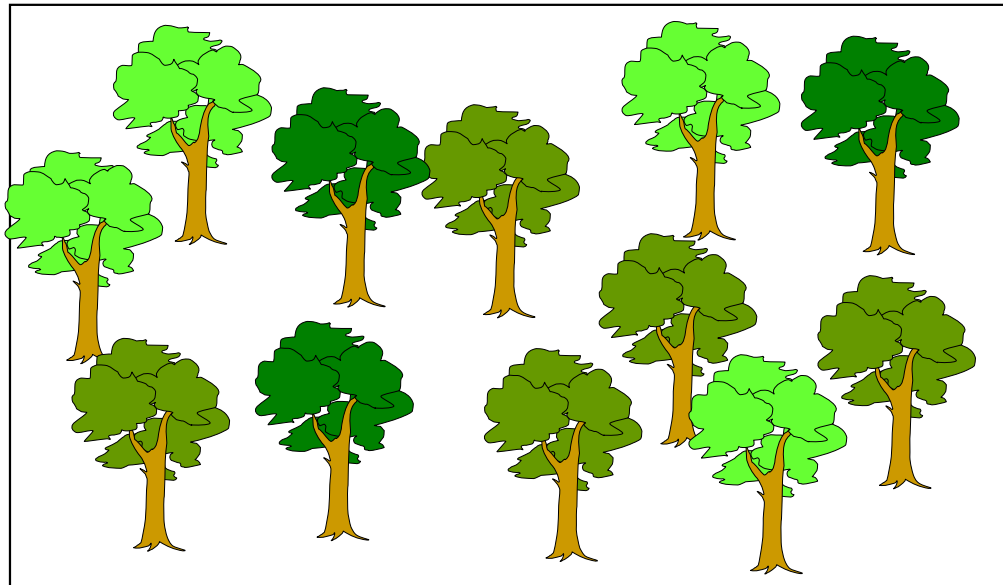
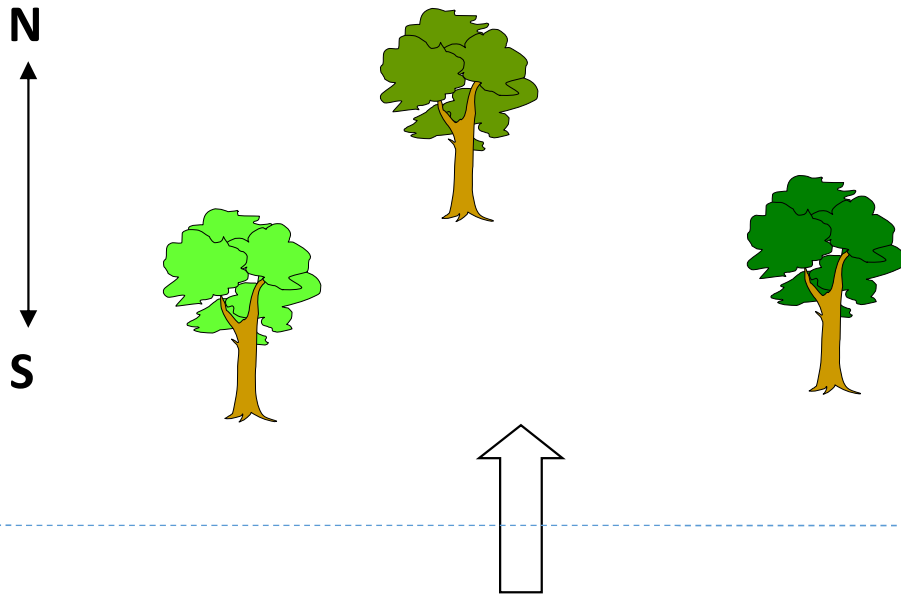
Chêne pédonculé

Leroy T et al. 2020 *New Phytologist* 226: 1171-1182



ET DEMAIN, ELLE CONTINUE CETTE HISTOIRE ??

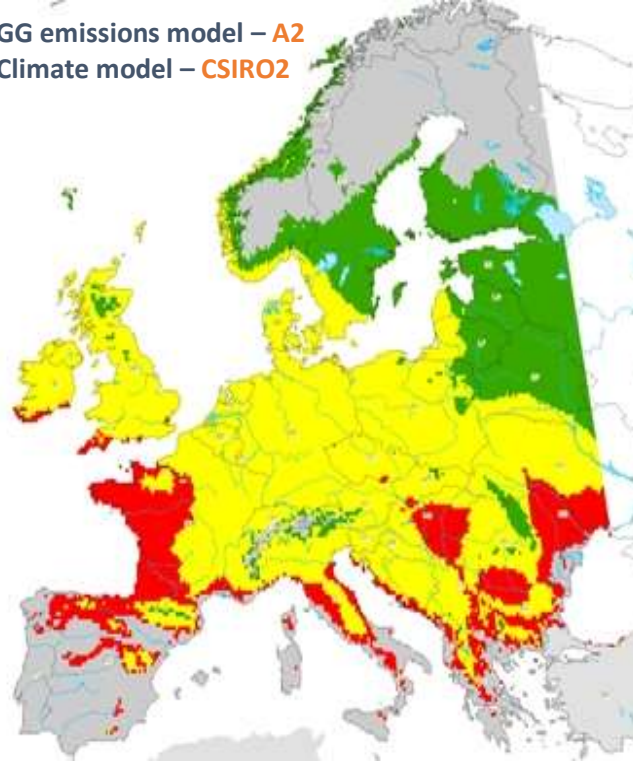
LE DILEMME EVOLUTIF FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



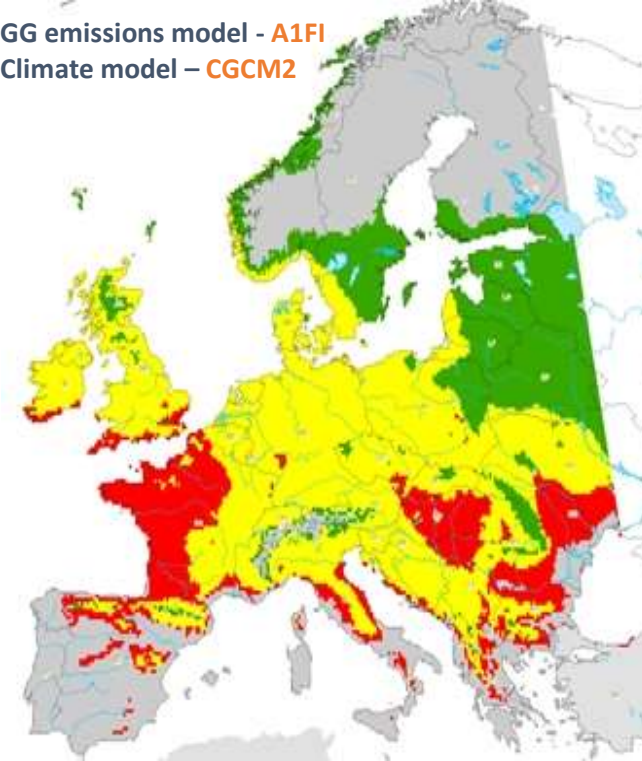
**RESTER SUR PLACE
ET S'ADAPTER
OU
EMIGRER ??**



GG emissions model – A2
Climate model – CSIRO2

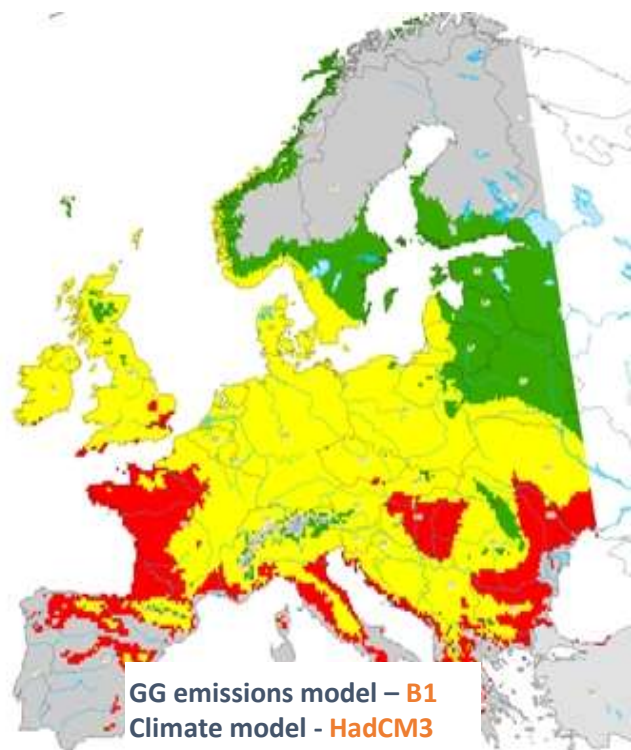


GG emissions model - A1FI
Climate model – CGCM2



PREDICTED BIOCLIMATIC ENVELOPES OF *Q. petraea* IN 2080

Thuiller GCB 2003, Thuiller et al. PNAS 2005



GG emissions model – B1
Climate model - HadCM3



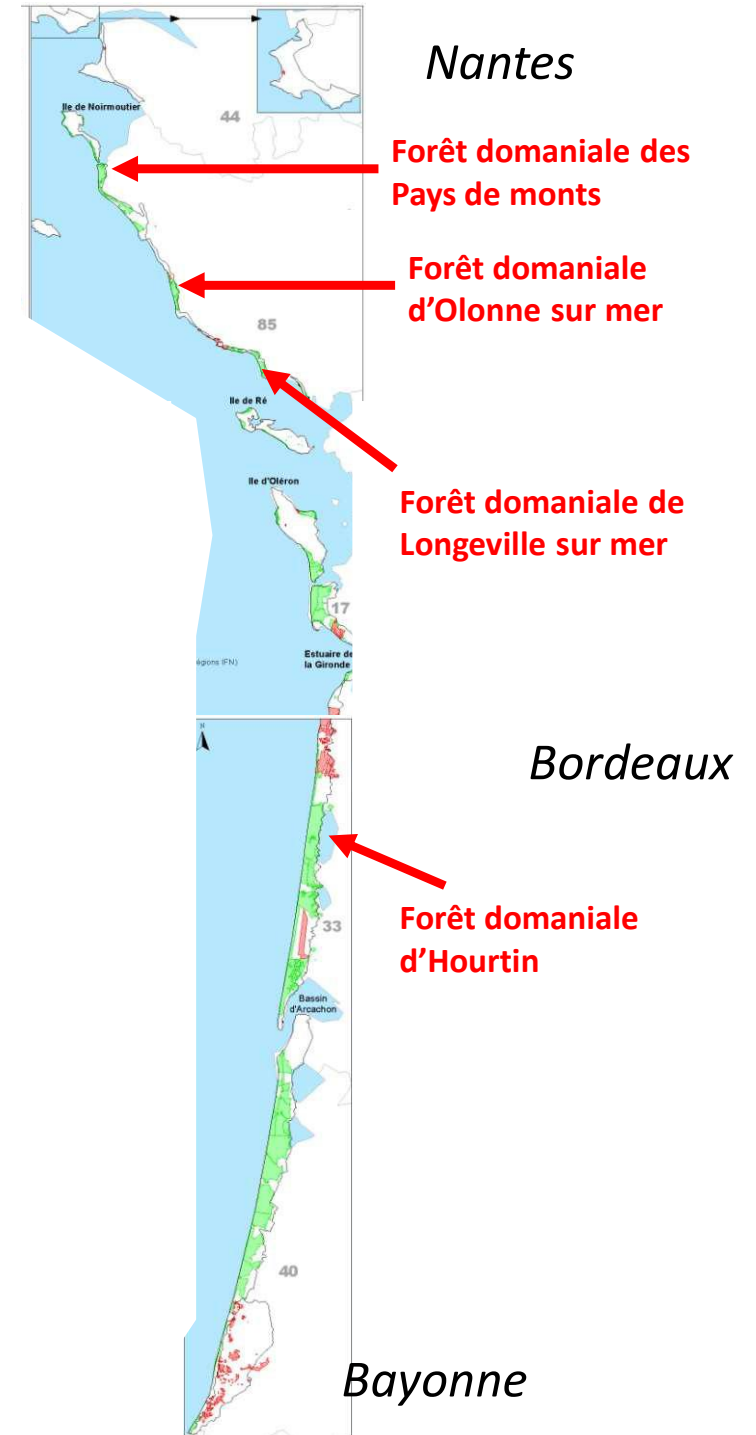
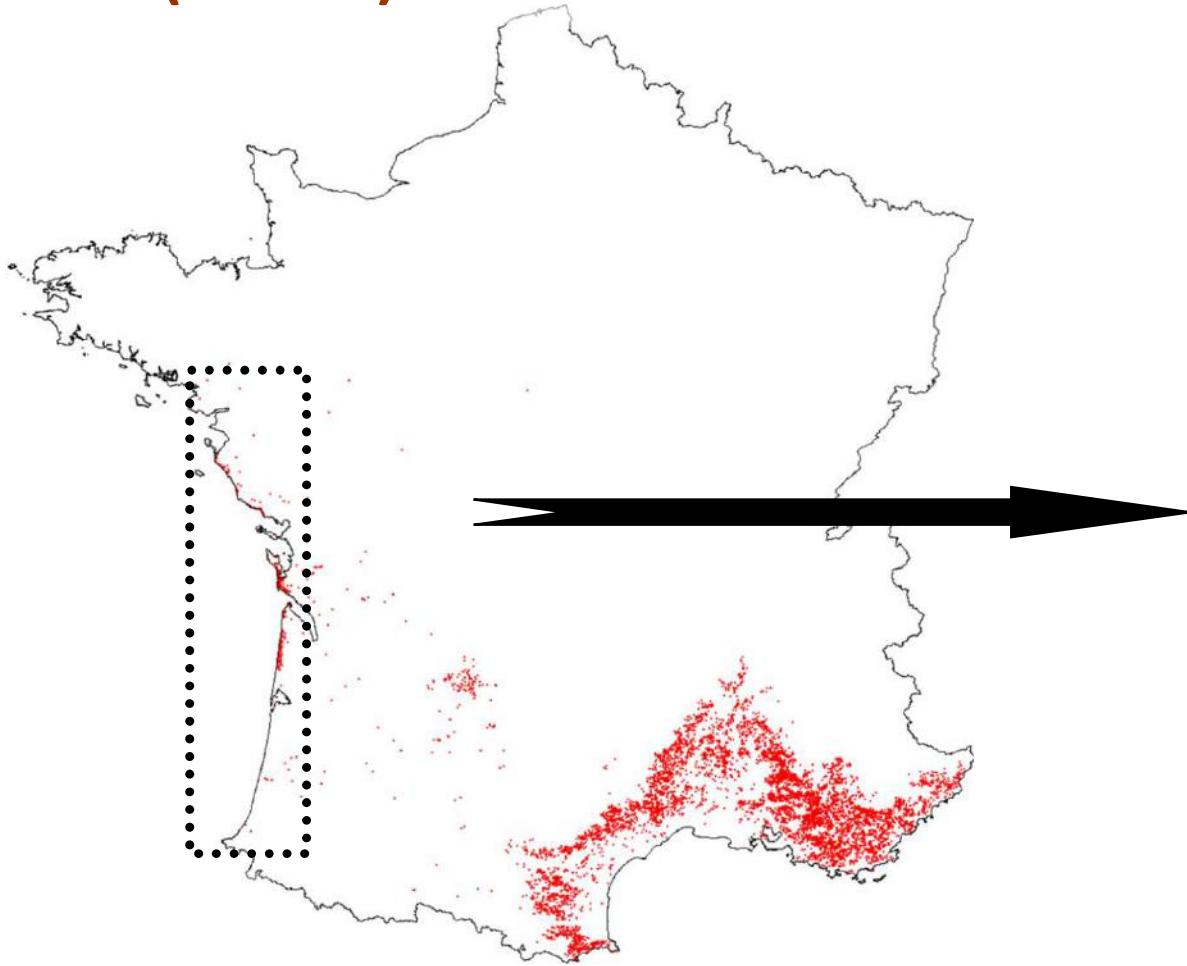
GG emissions model – A2
Climate model - HadCM3



GG emissions model - A1FI
Climate model - HadCM3

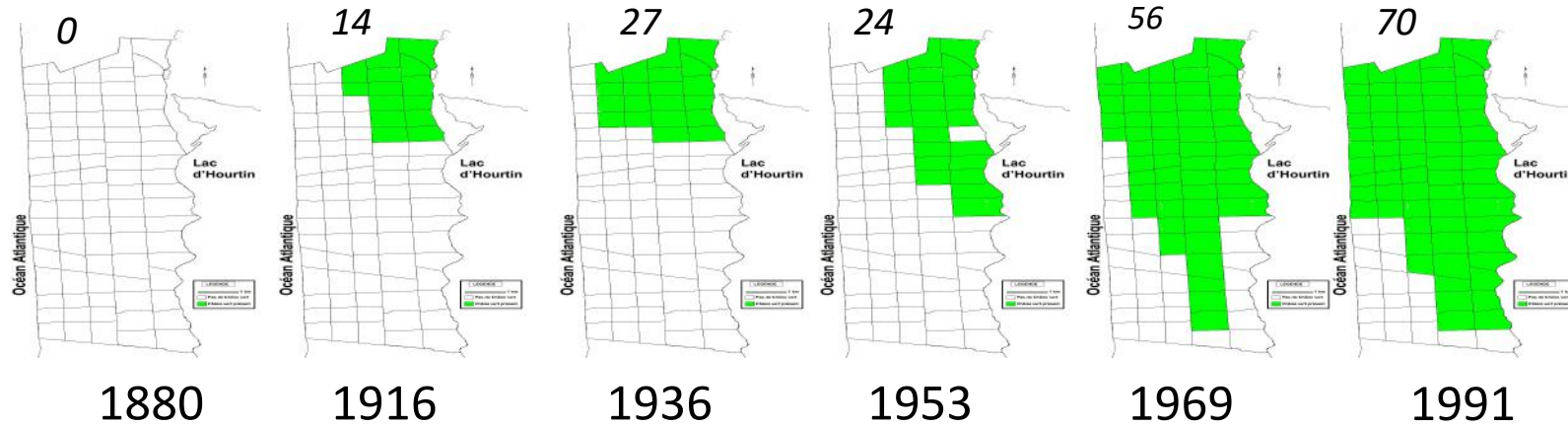
ILS MIGRENT TOUJOURS !!

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

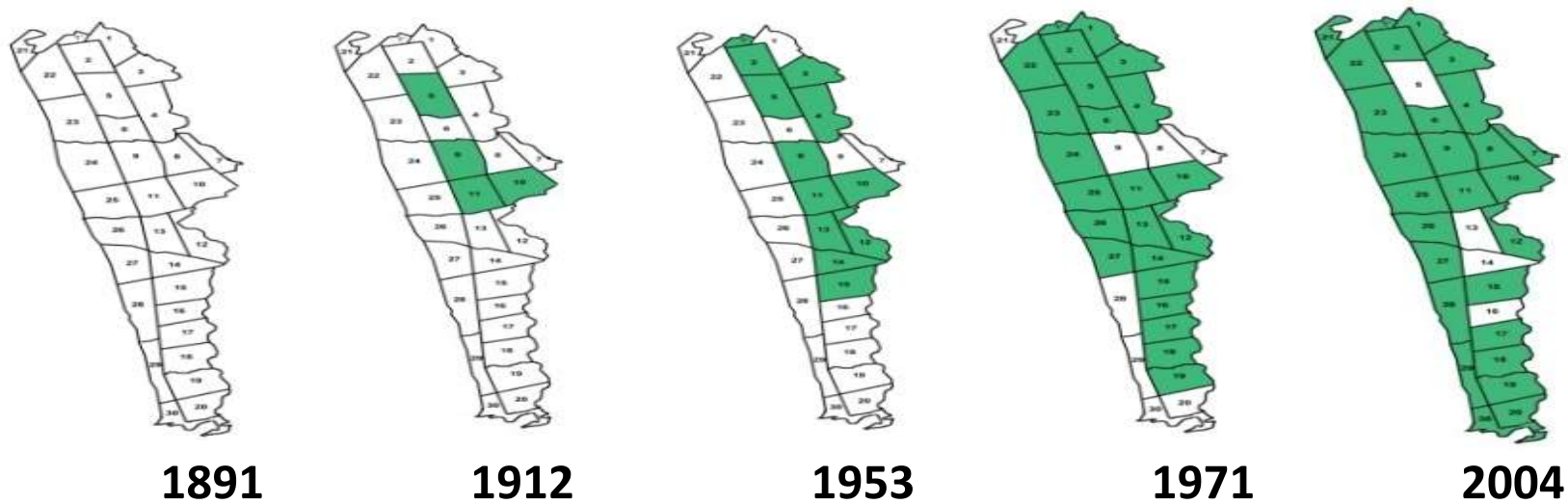


Migration du chêne vert en limite d'aire

Forêt domaniale d'Hourtin



Forêt domaniale d'Olonne sur mer



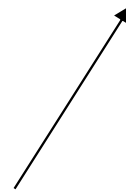
Taux de migration : 30 m / an... 3Km / 100 ans

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



ET L'ADAPTATION ?



Parcelle 155



Forêt de Tronçais



Parcelle 189

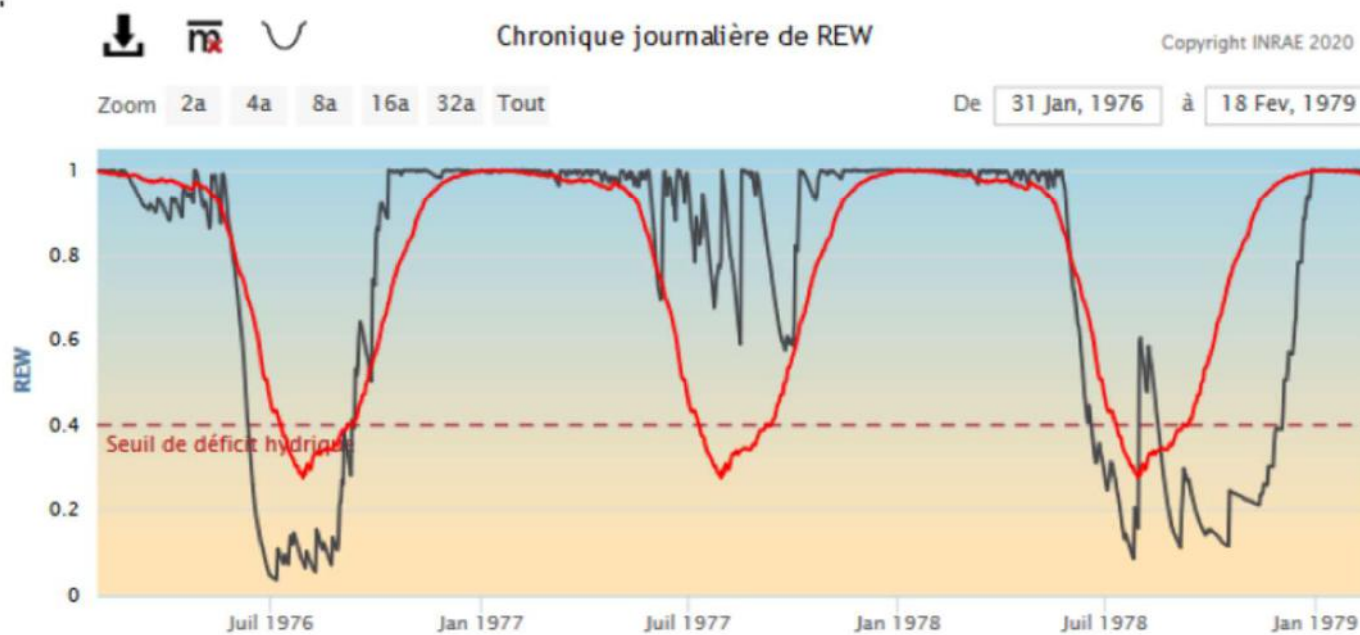
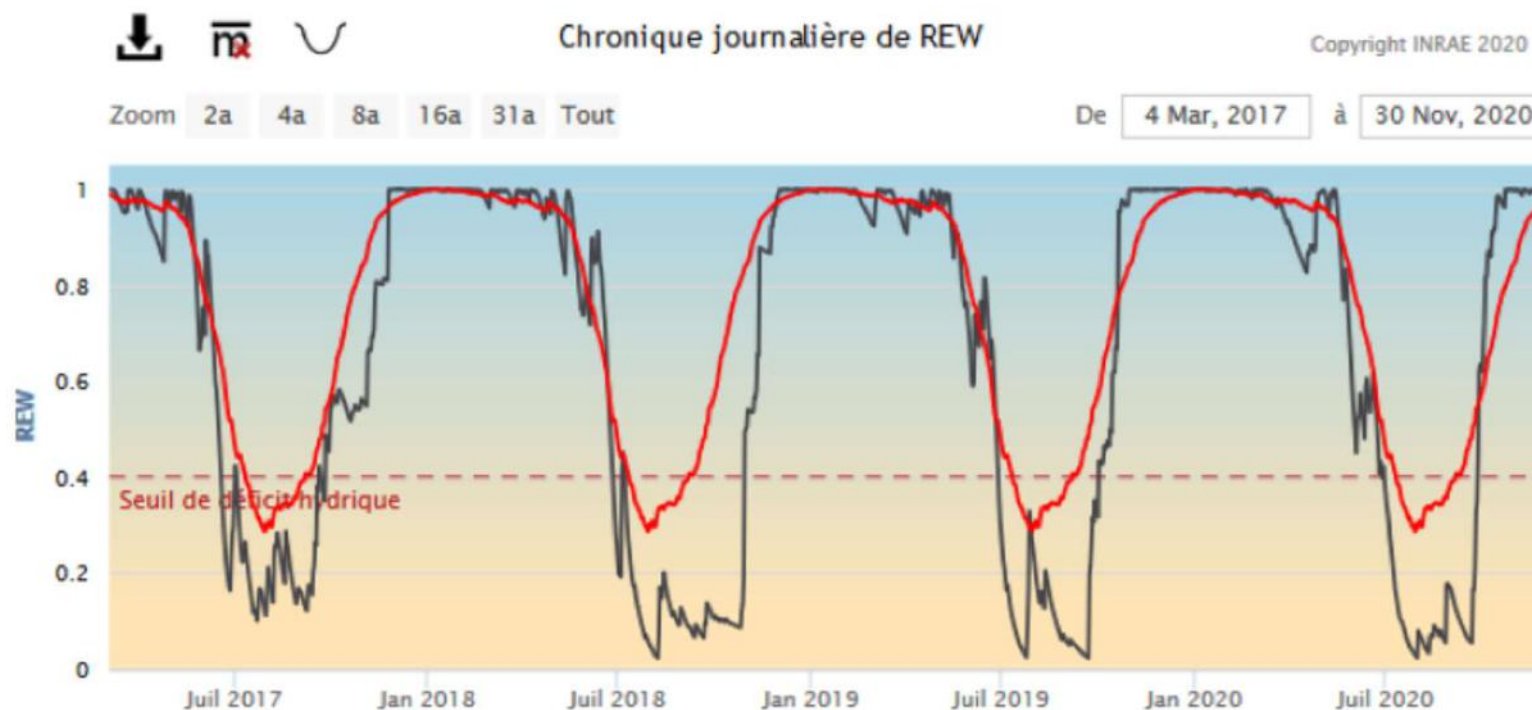


Parcelle 259

EVOLUTION ACTUELLE

Forêt de Tronçais

Variation de la Réserve Hydrique Relative (REW): Eau disponible dans le sol.

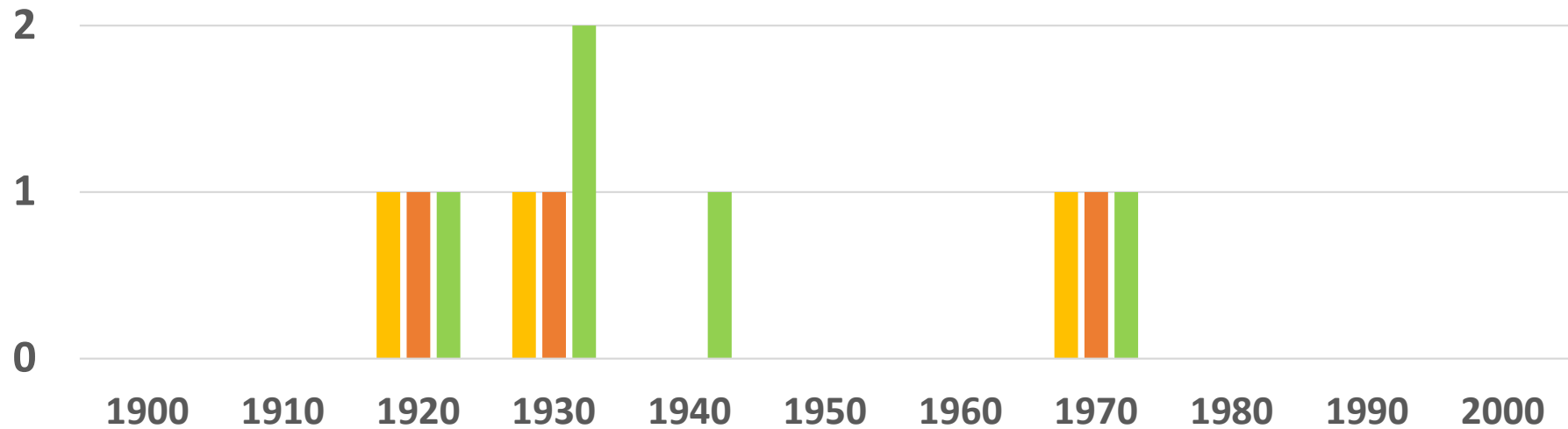


Bijou, données
meteo Safran

DEPERISSEMENTS ET MORTALITES

PERIODES CONTEMPORAINES

NOMBRES DE SECHERESSES EXTREMES/DECENNIE DURANT LE 20^{ème} SIECLE (Indice Palmer <4, Cook et al. 2015)



1921



-6



-6



-6.5

1934



-5



-4.5



-4

1933



-4

1947



-4.5

1976



-5.5



-5

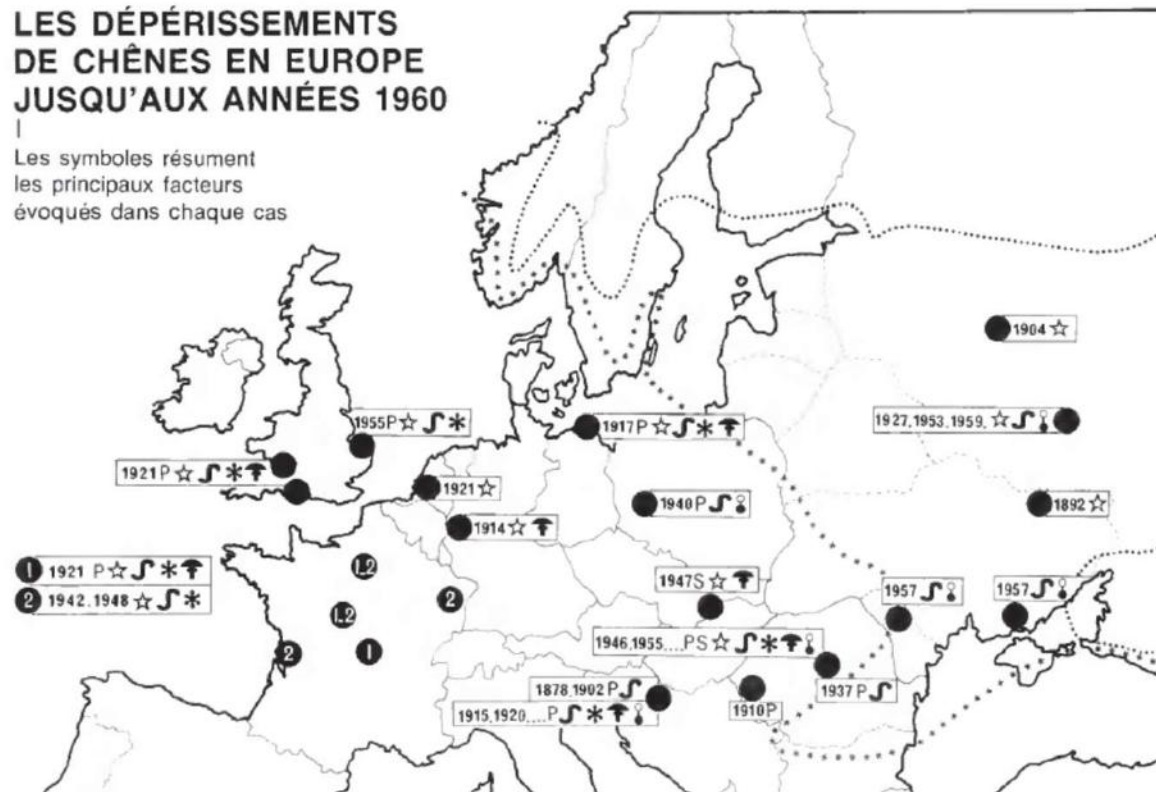


-4.5



DEPERISSEMENTS ET MORTALITES

PERIODES CONTEMPORAINES



Delatour C. 1993. Les dépérissements de chênes en Europe. Revue Forestière Française 35, 4 : 265-281

En France, trois grandes périodes:

Les années 1920 (de 1921 à 1926): Sologne (Vierzon), Ile de France (Compiègne), Nivernais

Les années 1940 (de 1942 à 1950): Charente, Val de Loire, Bassin Parisien, Nord Est

Les années 1980: Piedmont Pyrénéen, Tronçais

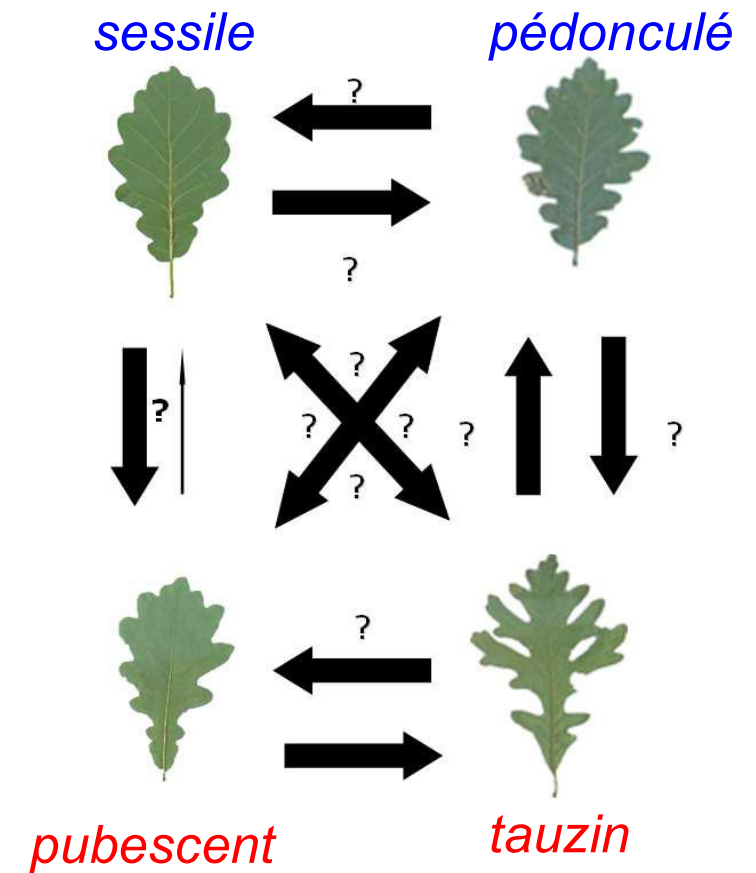
DEPERISSEMENTS ET MORTALITES

- DEPERISSEMENTS CHRONIQUES, CONSECUTIFS A DES EVENEMENTS CLIMATIQUES EXTREMES
- CASCADES D'EVENEMENTS PARASITAIRES ABOUTISSANT A DES MORTALITES
- MORTALITES RAREMENT TOTALES
- MORTALITES LIMITEES A Q. robur
- RECUPERATION ET RESILIENCE DES PEUPELEMENTS

L'AUTRE SOLUTION : HYBRIDATION AVEC CHENES MEDITERRANEENS



F. Spada, 2010



GESTION ADAPTATIVE

RACCOURCIR LES GENERATIONS et LES ROTATIONS

DIMINUER LES DENSITES

MISER SUR LA DIVERSITE



Un peuple de migrants

Le sens de l'échange et de l'entraide (hybridation)

Une complicité avec l'homme



International Oaks

The Journal of the International Oak Society

*...the new classification of oaks, truffles,
treehouses, oaks of Lebanon and Iran,
desperately seeking Q. tardifolia,
the IOS 25th anniversary...*

Issue No. 29 / 2018 / ISSN 1941-2061





Oak News & Notes

The Newsletter of the International Oak Society, Volume 25, No. 2, 2021

<https://www.internationaloaksociety.org/>

<http://oaks.of.the.world.free.fr/>

<https://www.kremer-antoine.com/>