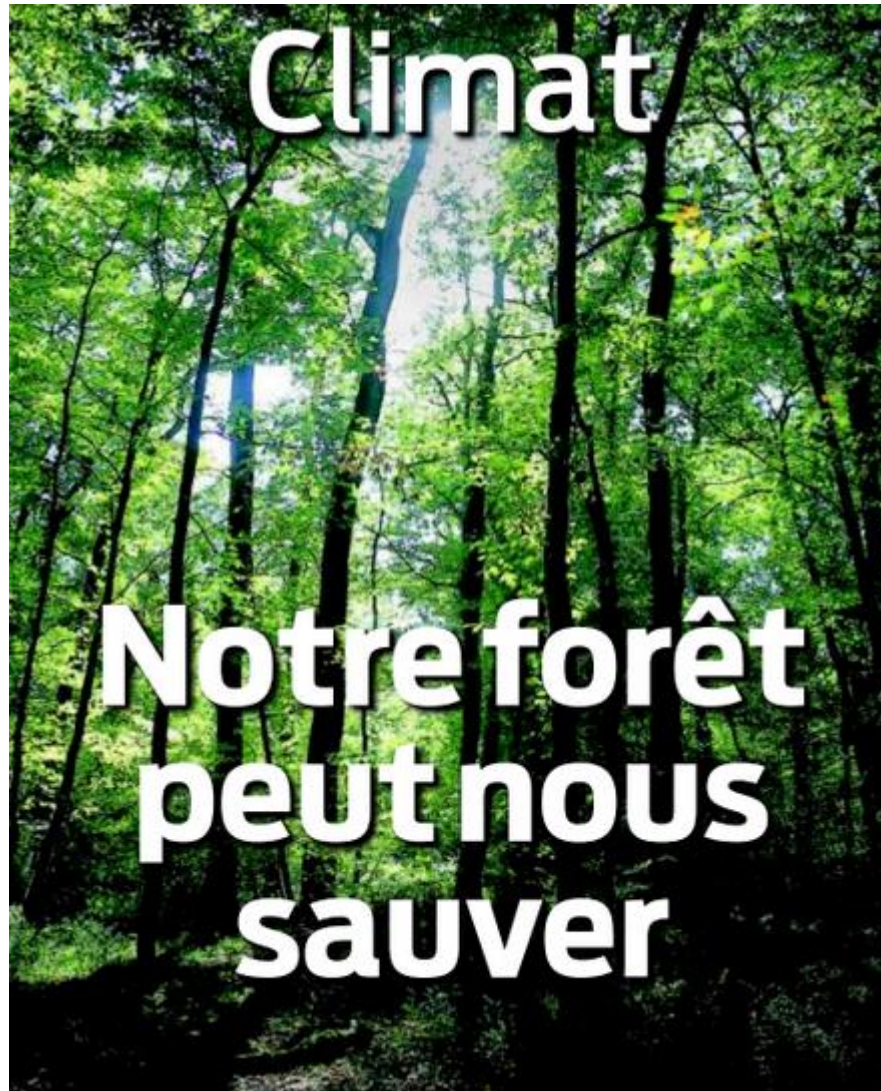




FORETS ET DEREGLEMENT CLIMATIQUE

Antoine Kremer
Langon 16 Mai 2022



Climat

**Notre forêt
peut nous
sauver**

SUD OUEST

9 Aout 2019

Avec les canicules à répétition, les sapins virent au rouge et les arbres meurent

Les sécheresses déciment les forêts françaises. Les arbres, qui recouvrent un tiers du pays, ont une mobilité trop lente pour s'adapter au réchauffement climatique.

Par Diane Regny • Publié le 24 juillet 2019 à 11h12 - Mis à jour le 24 juillet 2019 à 13h52

 Lecture 4 min.



Ces pins rouges de la forêt de Masevaux, dans le Haut-Rhin, sont morts des multiples sécheresses provoquées par le réchauffement climatique. VINCENT KESSLER / REUTERS

Dans la forêt vosgienne de Masevaux (Haut-Rhin), les sapins ont viré au rouge. Environ 10 % d'entre eux sont déjà morts, épuisés par les sécheresses et les vagues de canicule à répétition. Une quantité similaire de hêtres a dépéri chez nos voisins suisses, au point que le gouvernement jurassien s'est déclaré en situation de « catastrophe forestière » début juillet.

Le Monde

Le Monde 24 Juillet 2019



TAUX DE MORTALITÉ EN FORTE HAUSSE DANS NOS MASSIFS FORESTIERS

Mardi, 24 Septembre, 2019 | Gérard Le Puill



24 Septembre 2019

DEFIS ET ENJEUX DES FORETS

ATTENUER LE
CHANGEMENT
CLIMATIQUE
EN STOCKANT DU
CARBONE

RESISTER AU
CHANGEMENT
CLIMATIQUE
EN S'ADAPTANT





IMPACT DES
FORETS SUR
LE CLIMAT

IMPACT DU
CLIMAT SUR
LES FORETS



Partie I
IMPACTS DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE SUR LES
FORETS.
ADAPTATION DES FORETS

FORÊTS & CLIMATS

LES LEÇONS DU PASSÉ

EVOLUTION CONTEMPORAINE

IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES FORÊTS

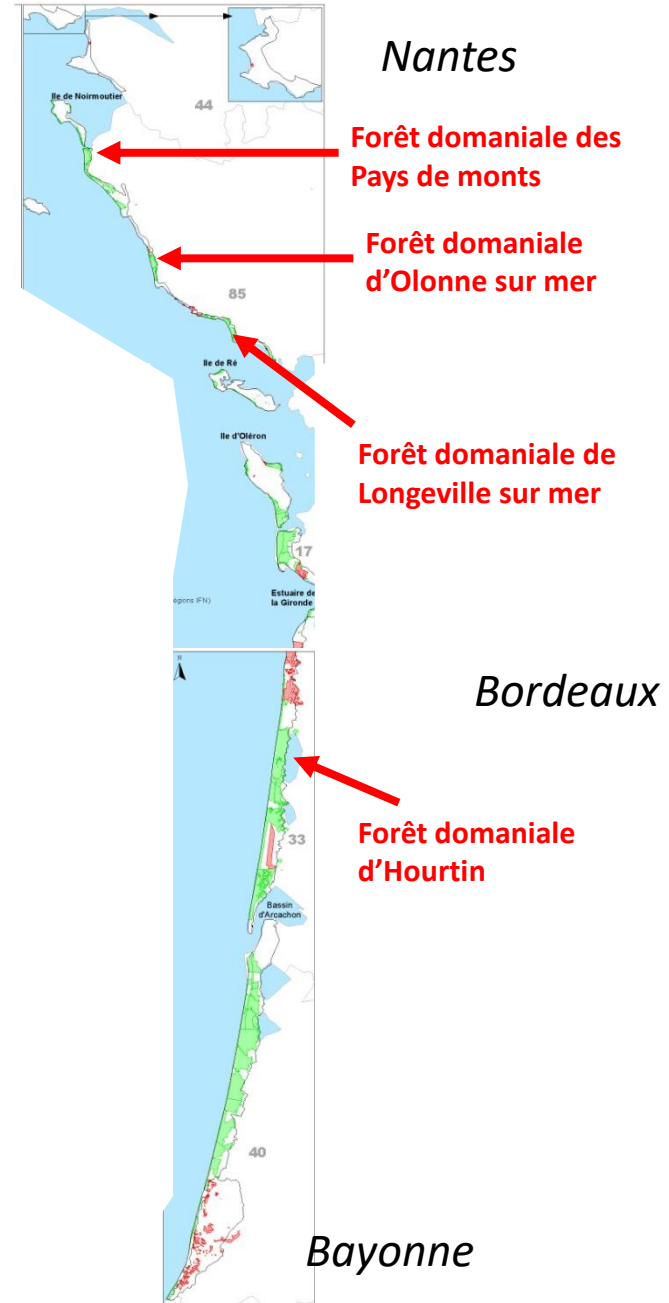
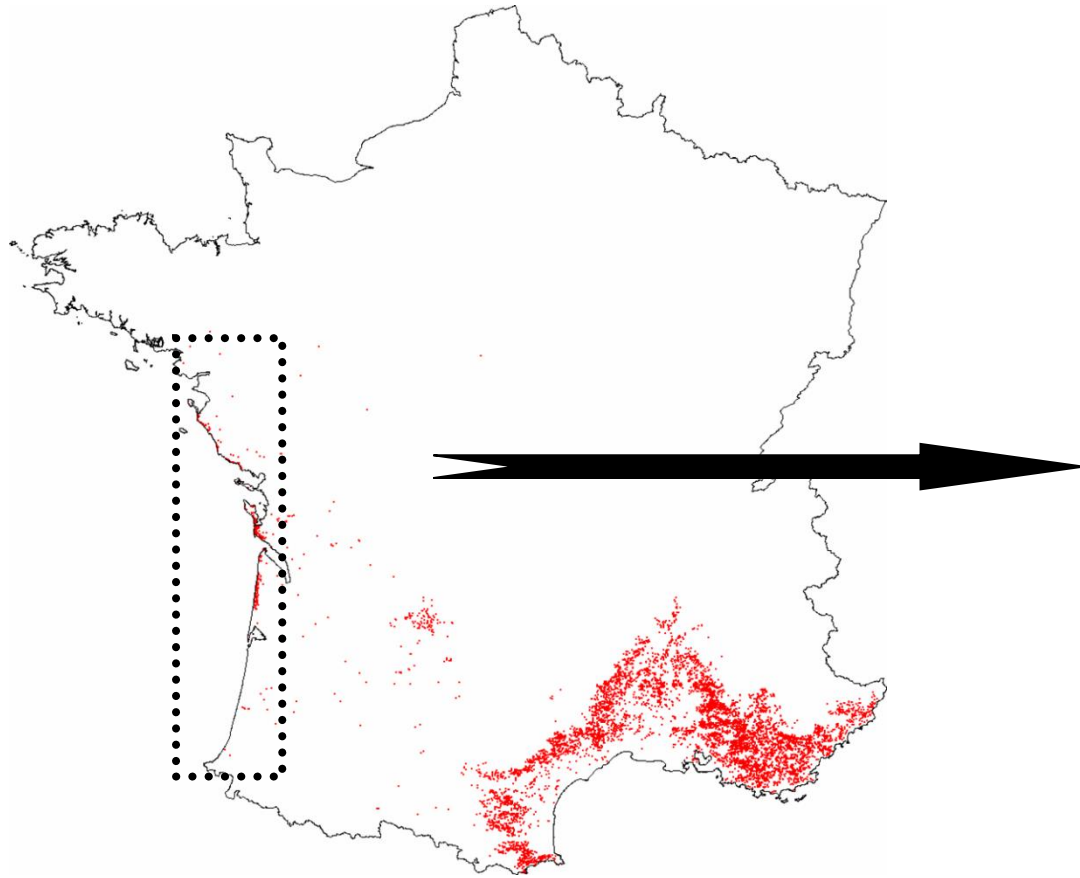
- Migration
- Phénologie
- Croissance
- Reproduction
- Mortalités-Dépérissements



MIGRATION

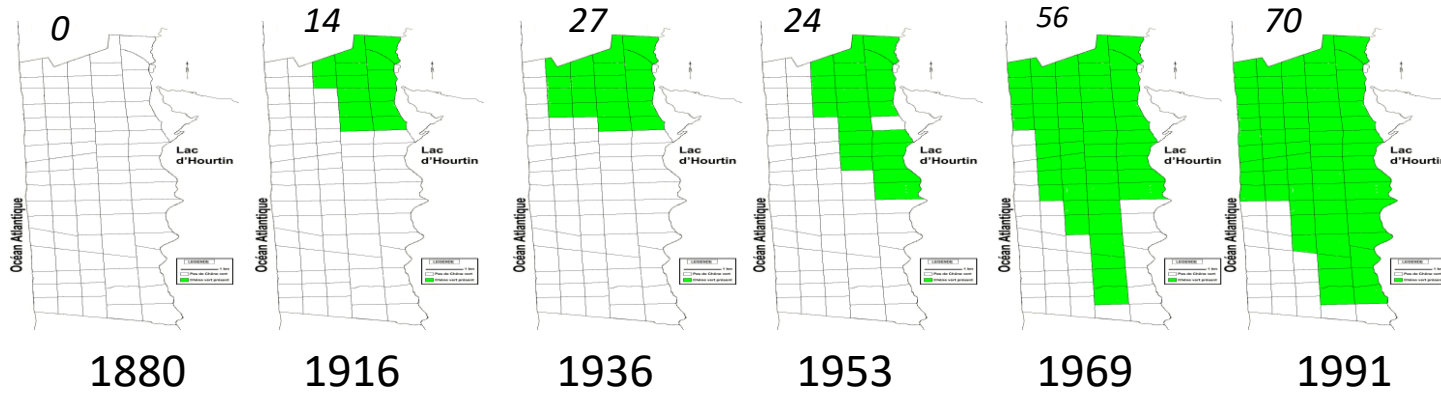


Migration du chêne vert (encina) en limite d'aire

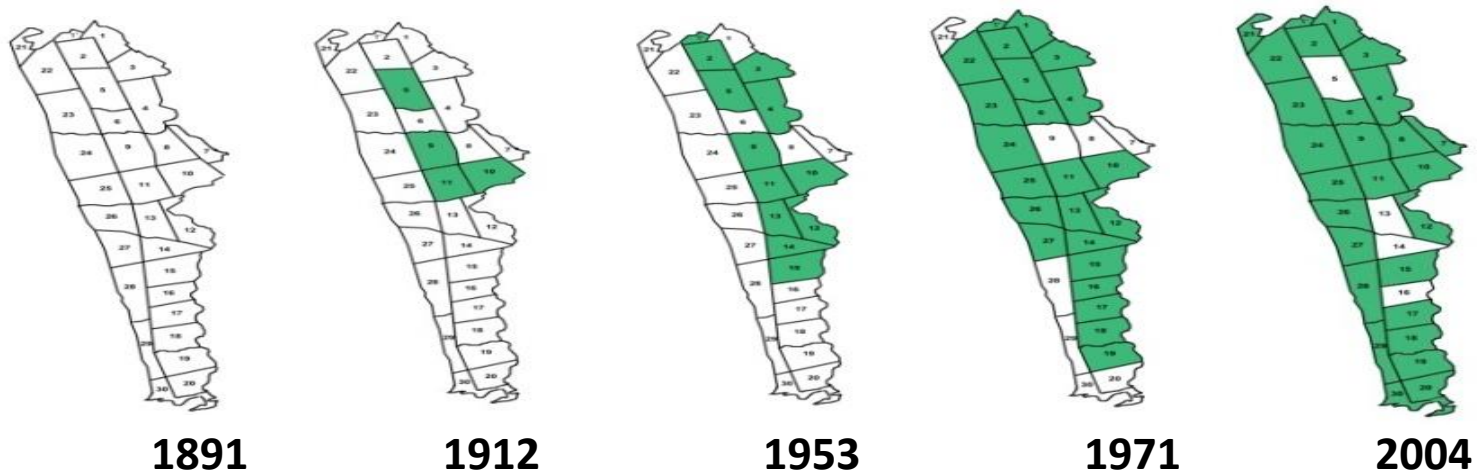


Migration du chêne vert en limite d'aire

Forêt domaniale d'Hourtin

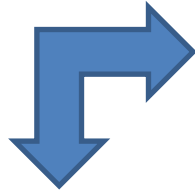


Forêt domaniale d'Olonne sur mer

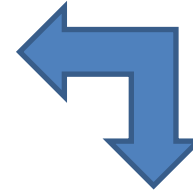


Taux de migration : 30 m / an.... 3Km / 100 ans

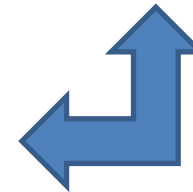
PHENOLOGIE



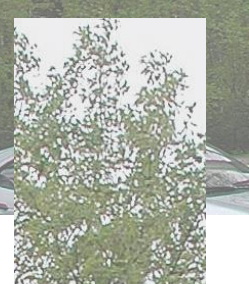
DEBOURREMENT



DORMANCE



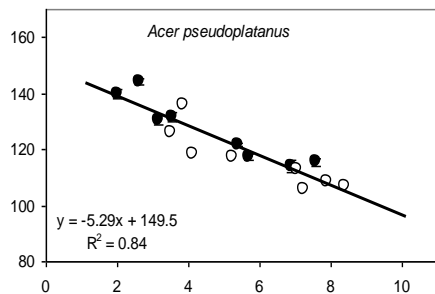
Observations annuelles
dans les 2 vallées
pyrénéennes depuis 2005



DATE DE DEBOURREMENT

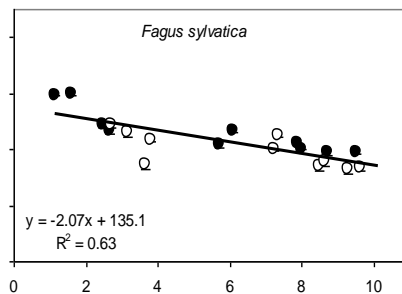
VARIATIONS DE DATE DE DÉBOURREMENT DES ARBRES INDUITES PAR DES CHANGEMENTS DE TEMPÉRATURE

Erable (arce)



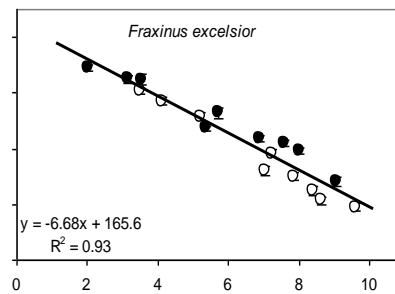
5,2 jours/ °C

Hêtre (haya)



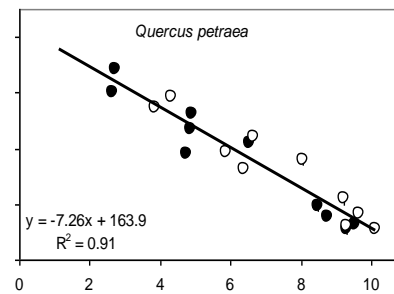
2,7 jours/ °C

Frêne (fresno)



6,7 jours/ °C

Chêne (roble albar)

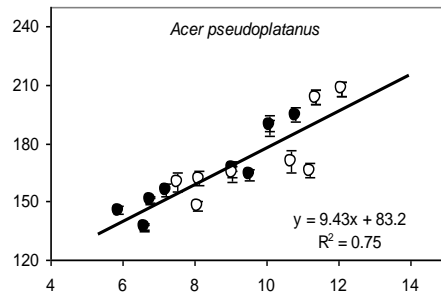


7,3 jours/ °C



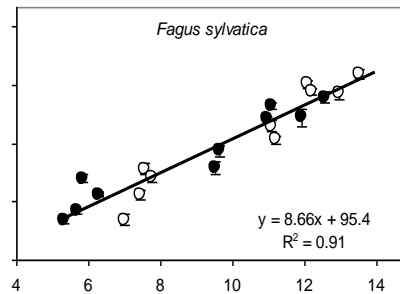
VARIATIONS DE LA LONGUEUR DE LA SAISON DE VÉGÉTATION DES ARBRES INDUITES PAR DES CHANGEMENTS DE TEMPÉRATURE

Erable



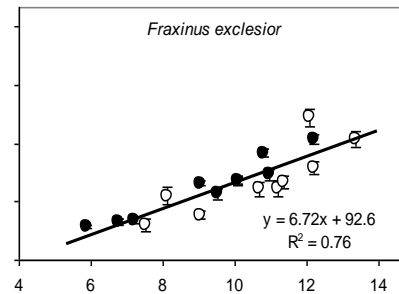
9,4 jours/ °C

Hêtre



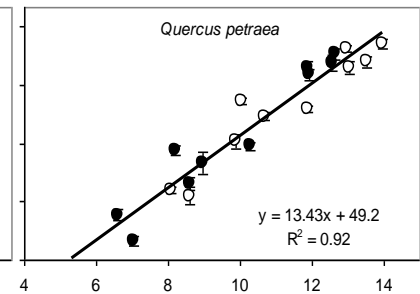
8,7 jours/ °C

Frêne



6,7 jours/ °C

Chêne



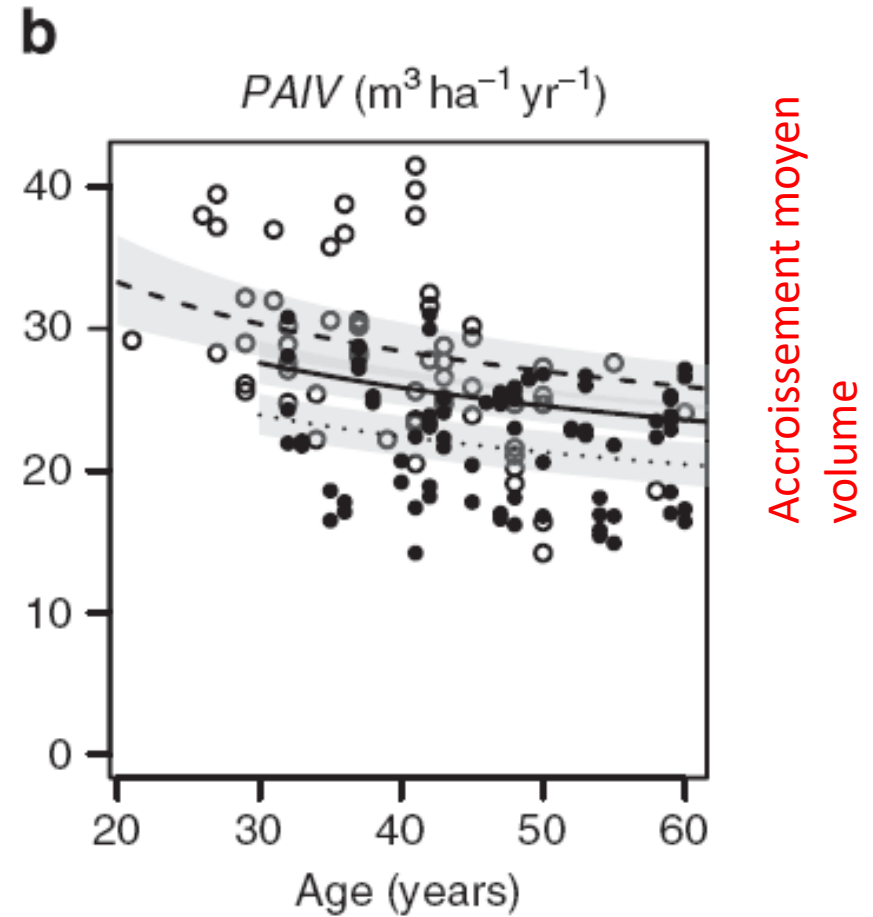
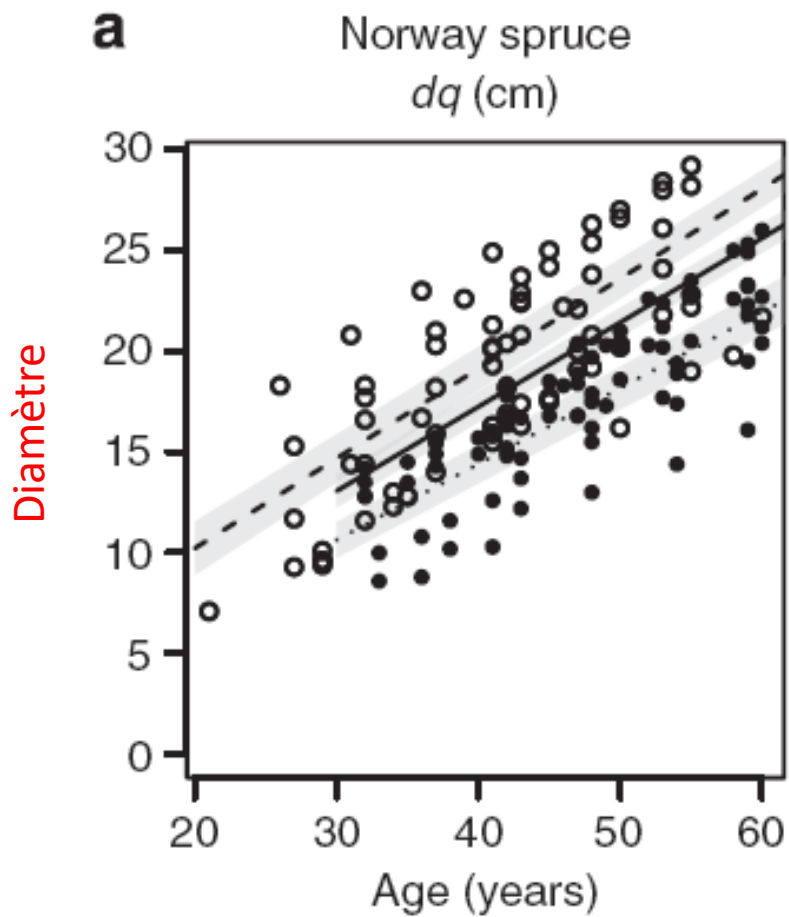
13,4 jours/ °C

Temperature (°C)



CROISSANCE

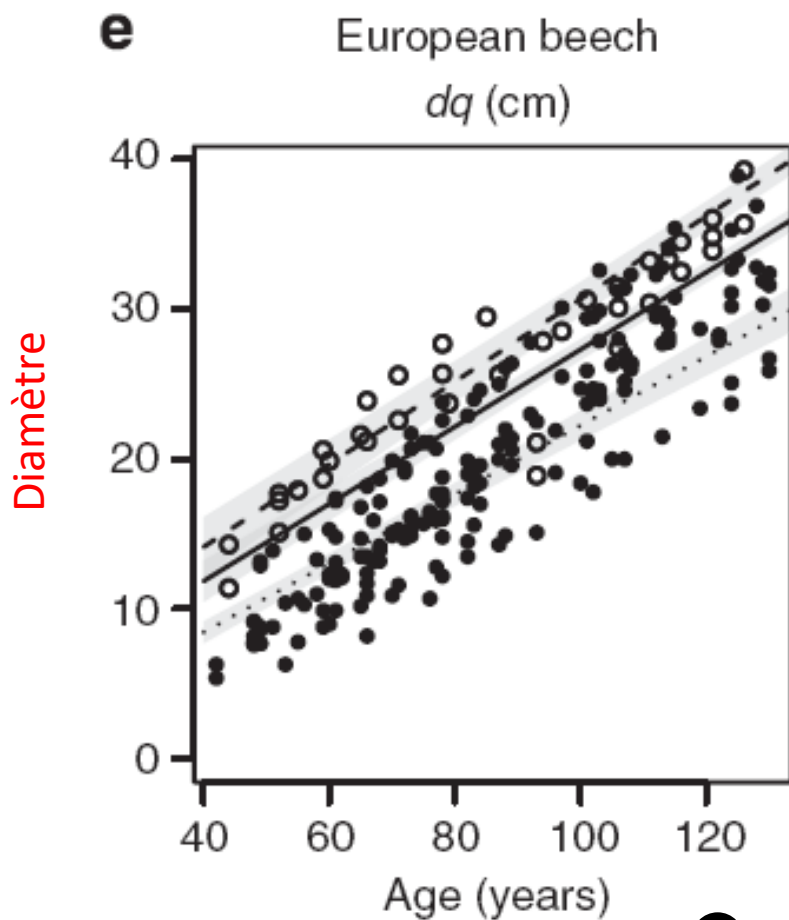




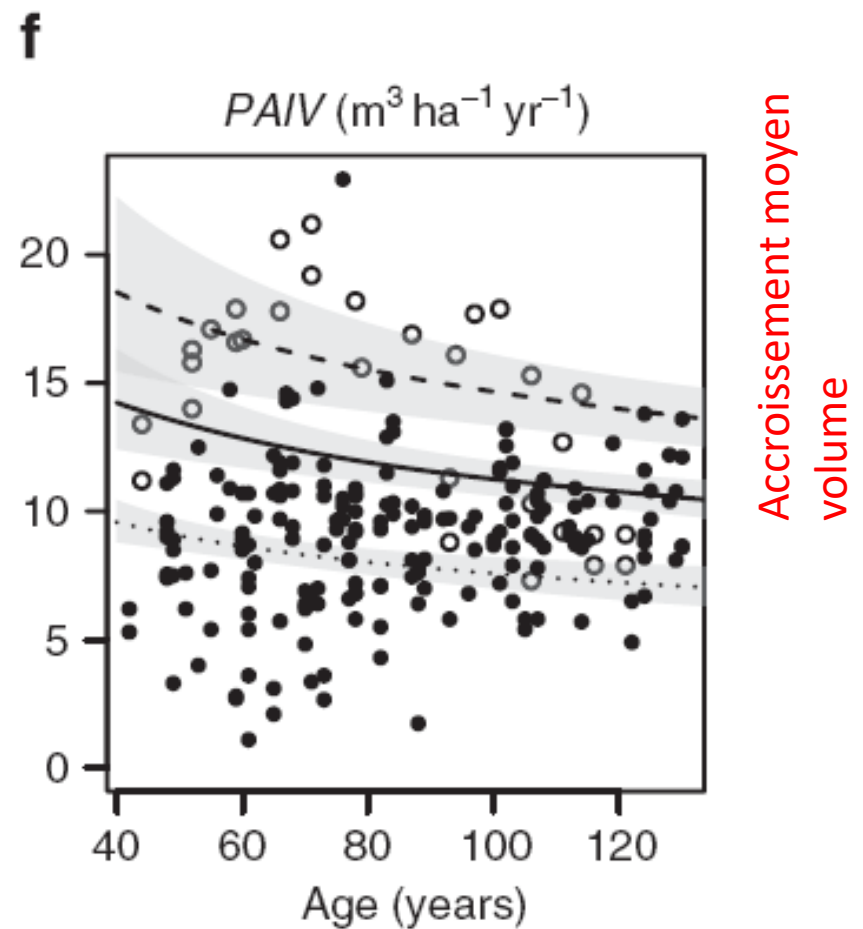
- Après 1960
- Avant 1960

Forest stand growth dynamics in Central Europe
have accelerated since 1870

Hans Pretzsch¹, Peter Biber¹, Gerhard Schütze¹, Enno Uhl^{1,2} & Thomas Rötzer¹



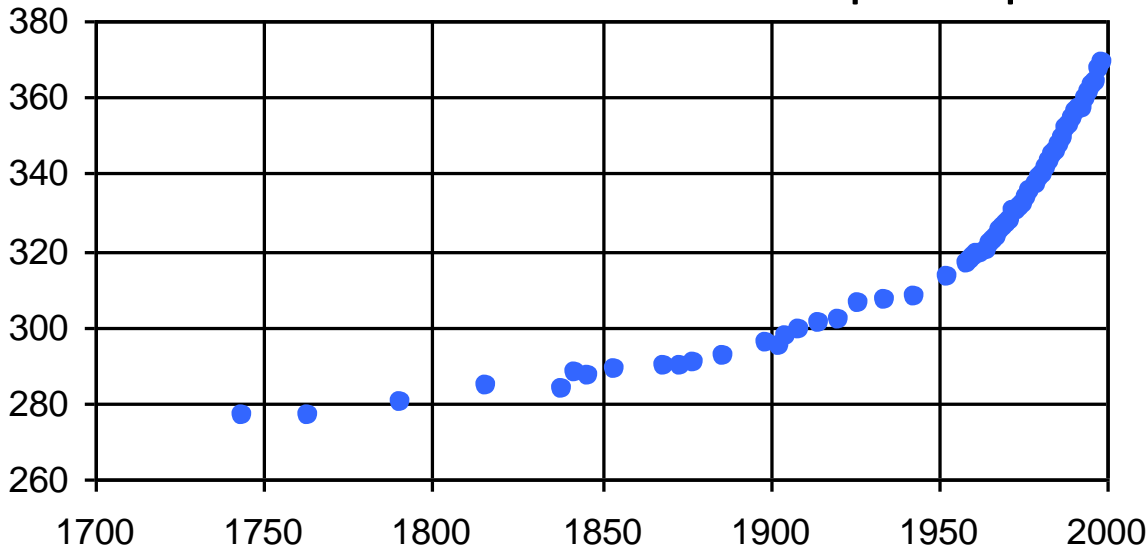
○ Après 1960
● Avant 1960



Forest stand growth dynamics in Central Europe
have accelerated since 1870

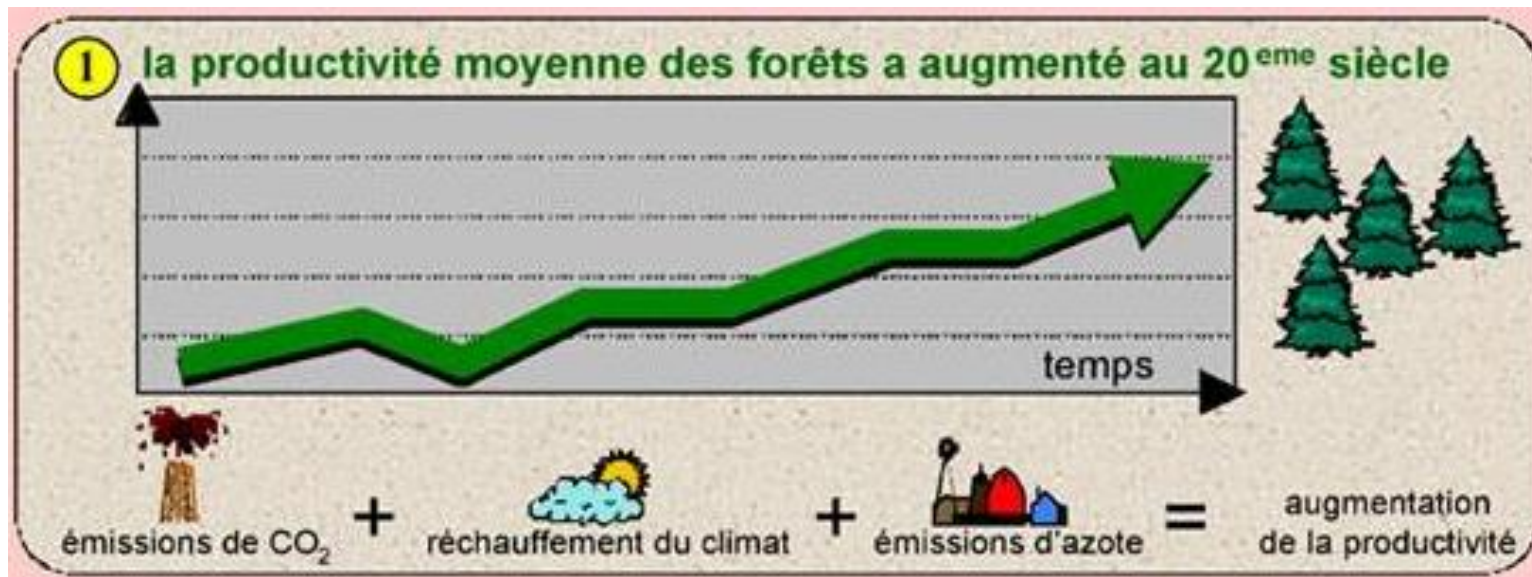
Hans Pretzsch¹, Peter Biber¹, Gerhard Schütze¹, Enno Uhl^{1,2} & Thomas Rötzer¹

Concentration en CO2 atmosphérique



LES RAISONS DE L'AUGMENTATION DE PRODUCTIVITE

- ^ Température
- ^ CO2
- ^ Longueur saison
- ^ Dépôts azotés



FRUCTIFICATION



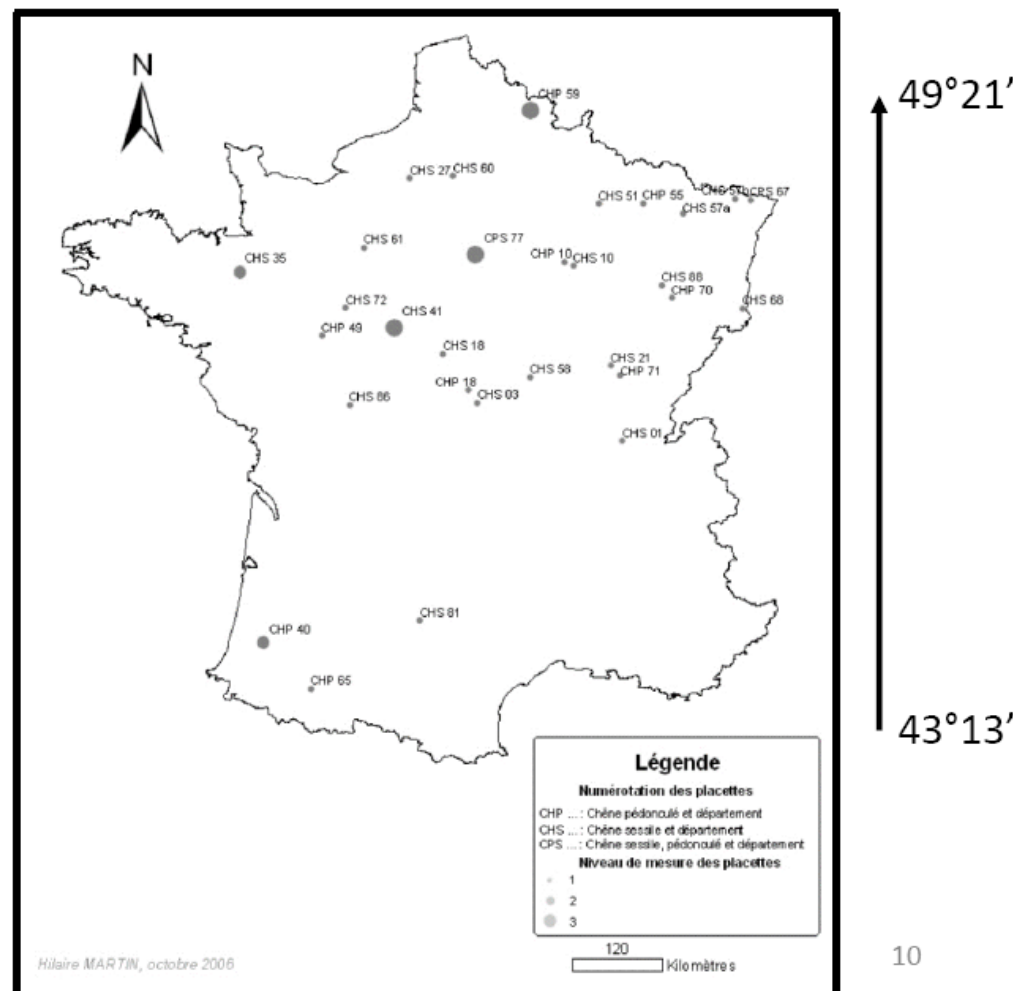
FRUCTIFICATION ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observations dans le réseau Renécofor

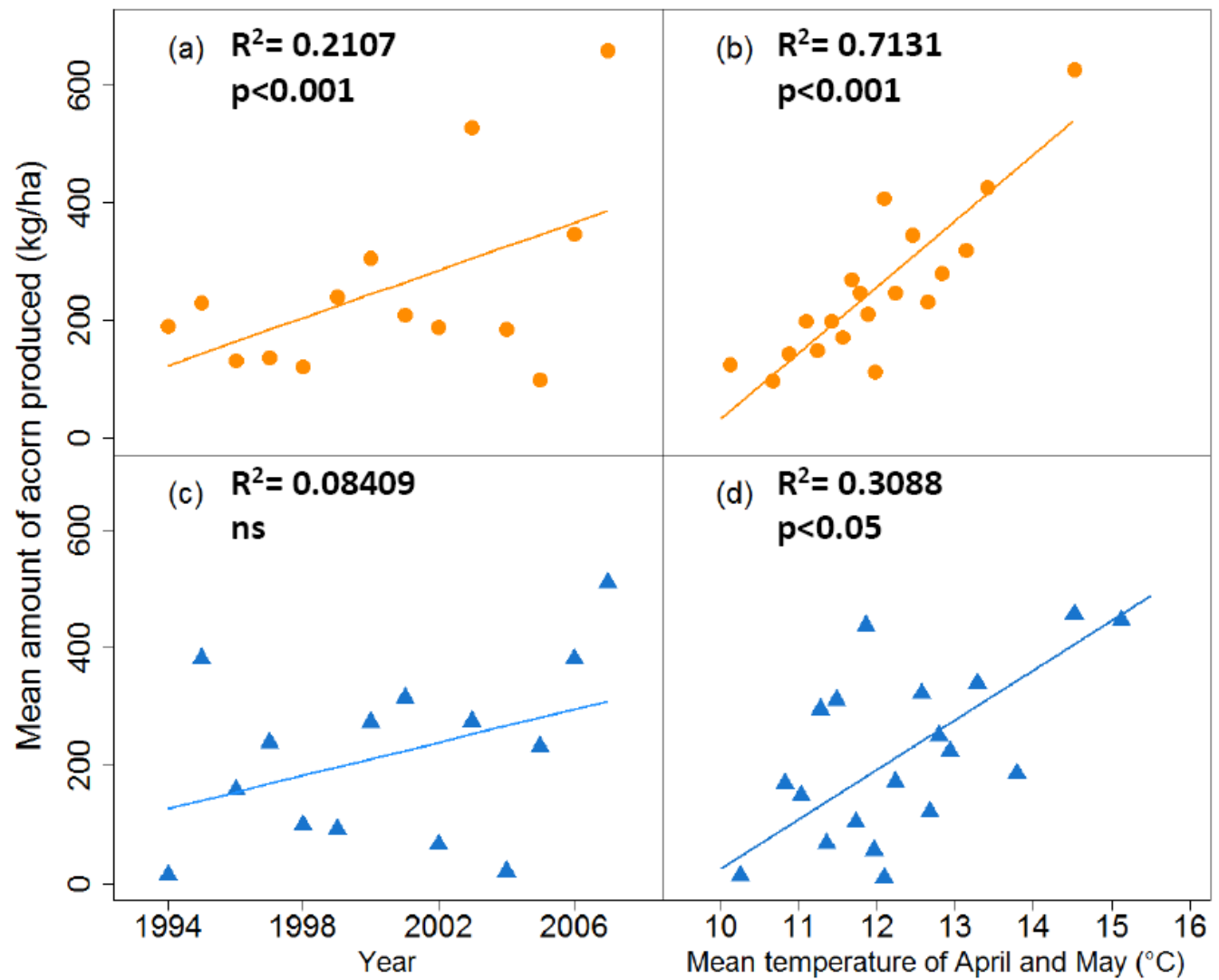
30 Stations

- 19 Chêne sessile
- 9 Chêne pédonculé
- 2 Chêne sessile & Chêne pédonculé

Fructification observée pendant
14 ans, de 1994 à 2007



AUGMENTATION DE LA FRUCTIFICATION AVEC LA TEMPÉRATURE



Q. petraea

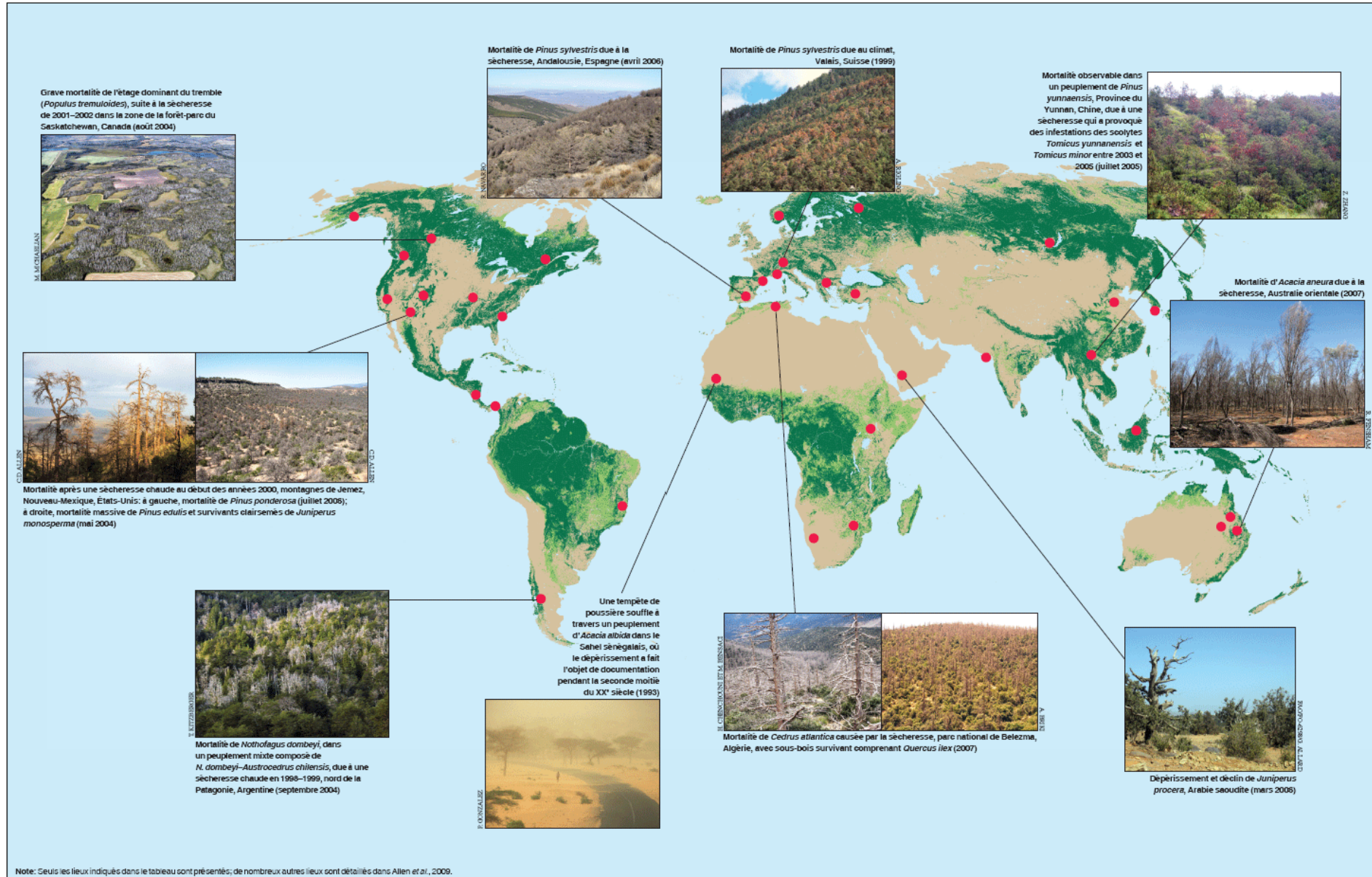


Q. robur



DÉPÉRISSEMENTS-MORTALITÉS

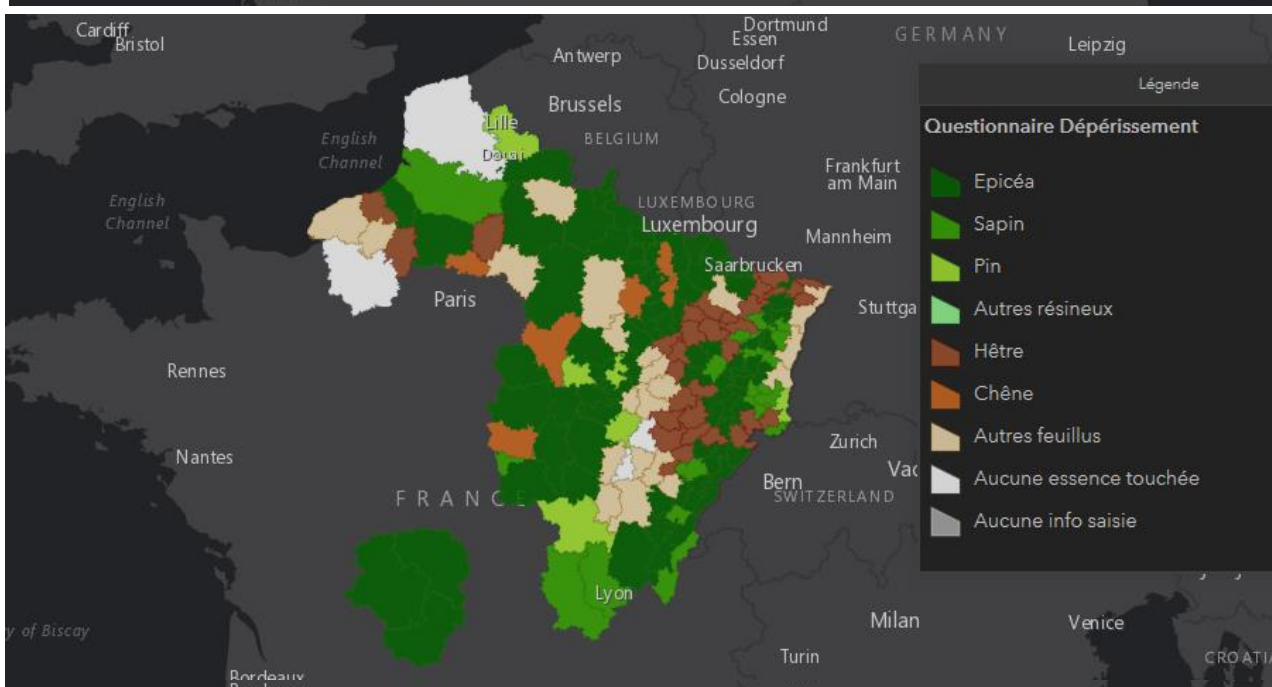
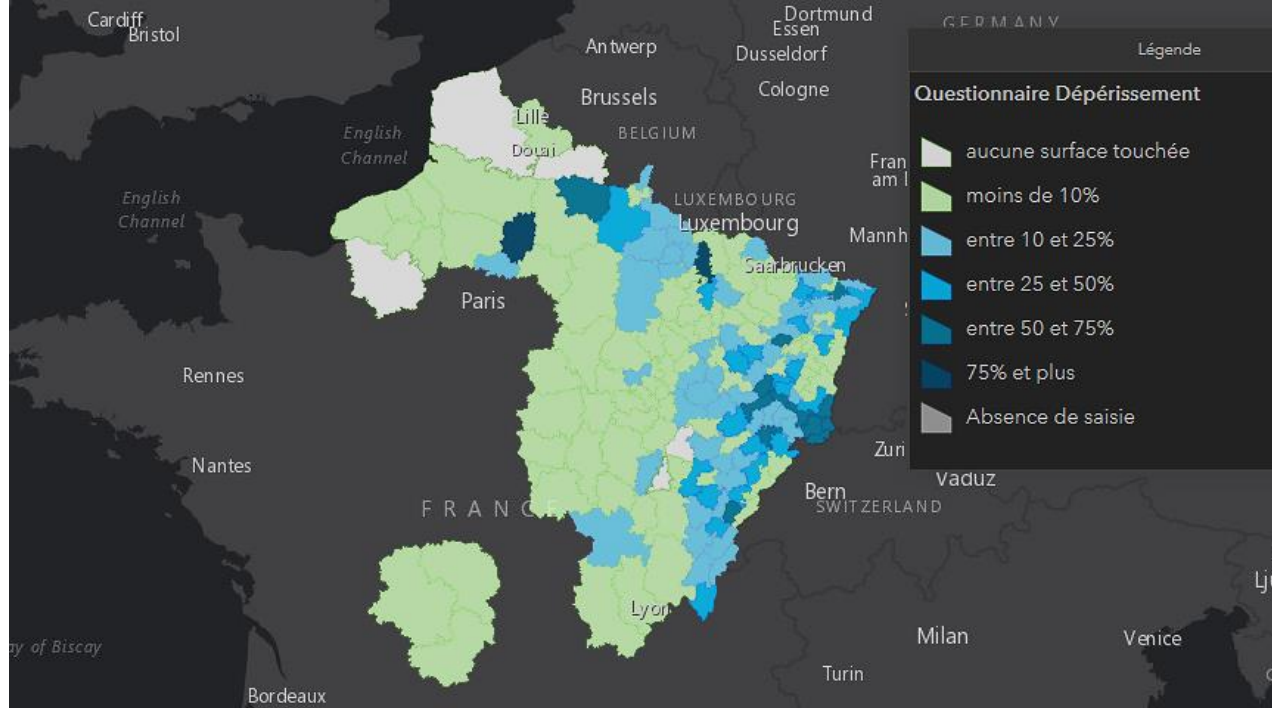
Lieux où sévit une mortalité accrue des forêts liée au stress climatique provoqué par la sécheresse et les températures élevées



C. Allen Le dépérissement des forêts dû au climat: un phénomène planétaire croissant ?
<https://www.fao.org/3/i0670f/i0670f10.htm>

LES DEGATS DE LA SECHERESSE EN CARTES

Enquête ONF
9/10/2019





Partie I

IMPACTS DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE SUR LES
FORETS.
ADAPTATION DES FORETS

FORÊTS & CLIMATS

LES LEÇONS DU PASSÉ

EVOLUTION CONTEMPORAINE



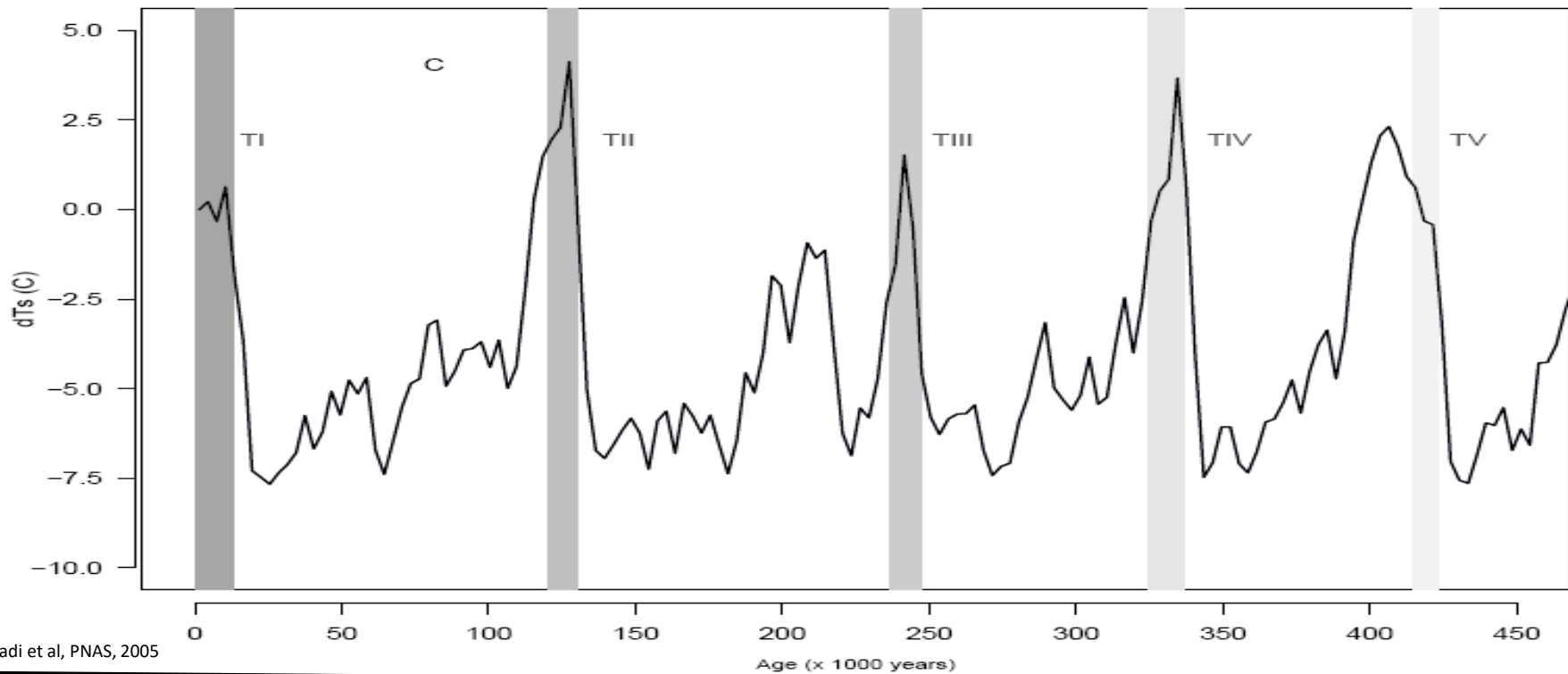
❑ MIGRATION POST GLACIAIRE EXTRÊMEMENT RAPIDE

❑ ADAPTATION LOCALE

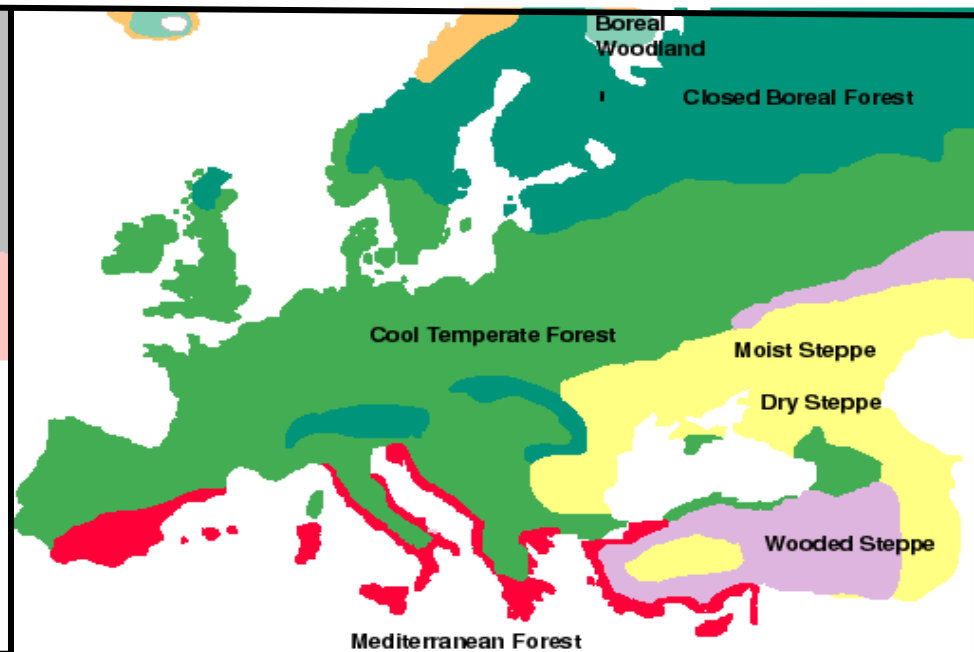
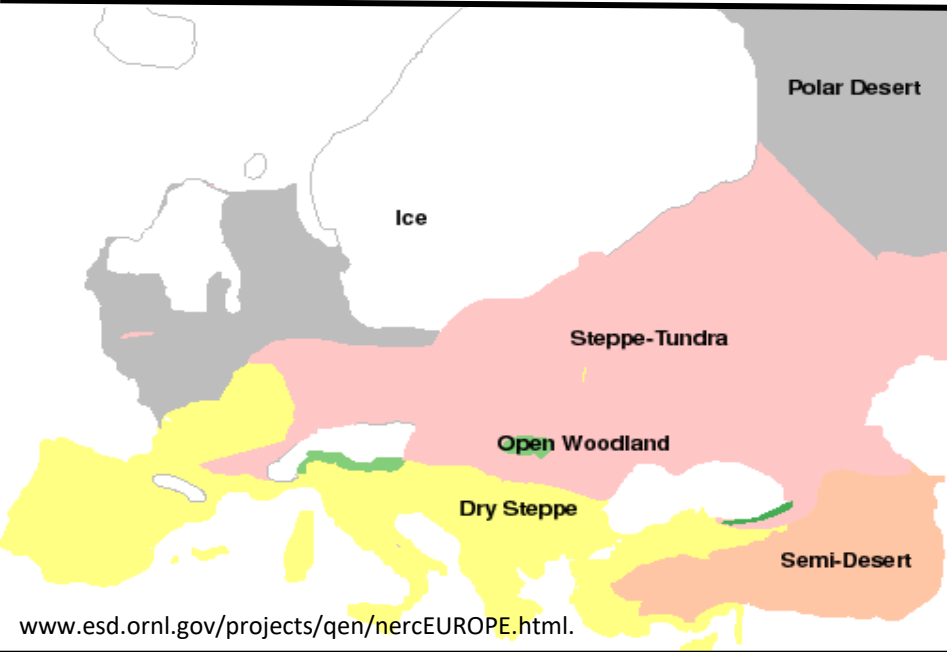
❑ EVOLUTION RAPIDE

❑ INTROGRESSION ADAPTATIVE

❑ MAINTIEN DE LA DIVERSITÉ



Cheddadi et al, PNAS, 2005

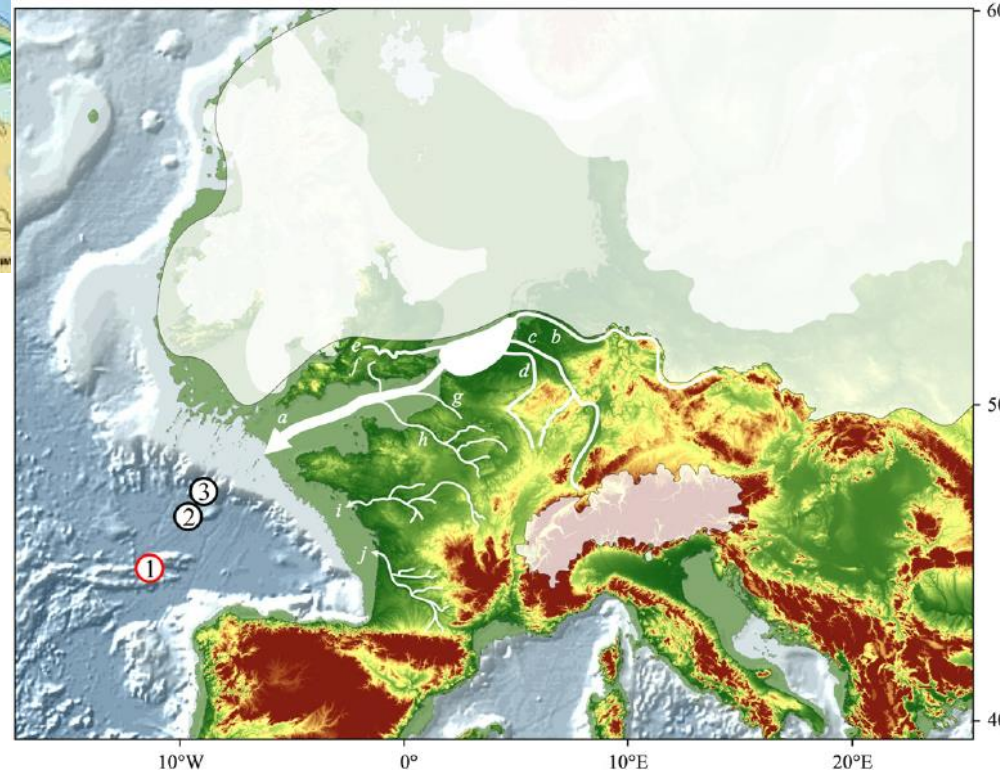


www.esd.ornl.gov/projects/qen/nercEUROPE.html

L'EUROPE IL Y A 15 000 ANS

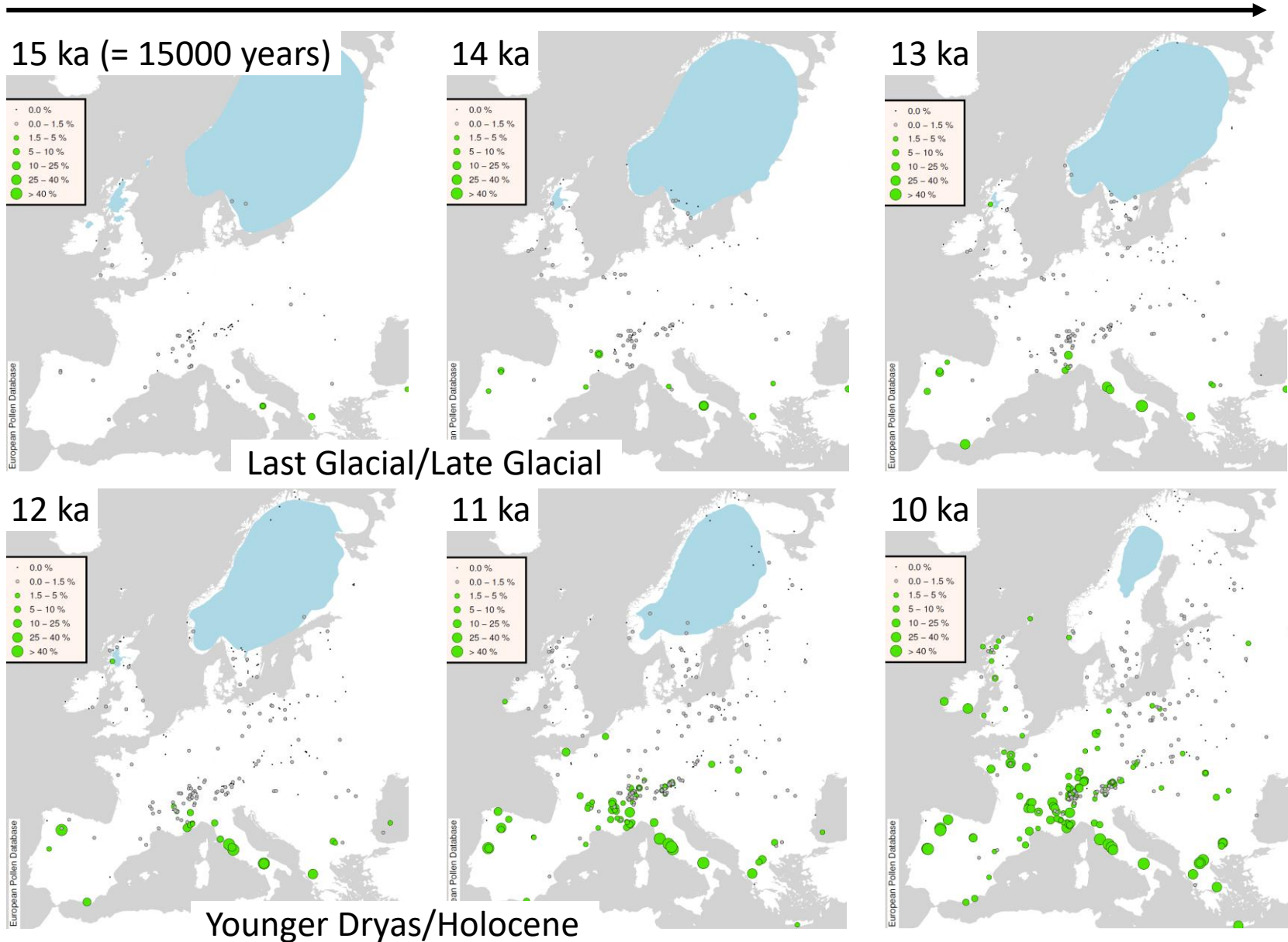


<http://www.diercke.com/kartenansicht.xtp?artId=978-3-14-100790-9&seite=26&id=17451&kartennr=1>



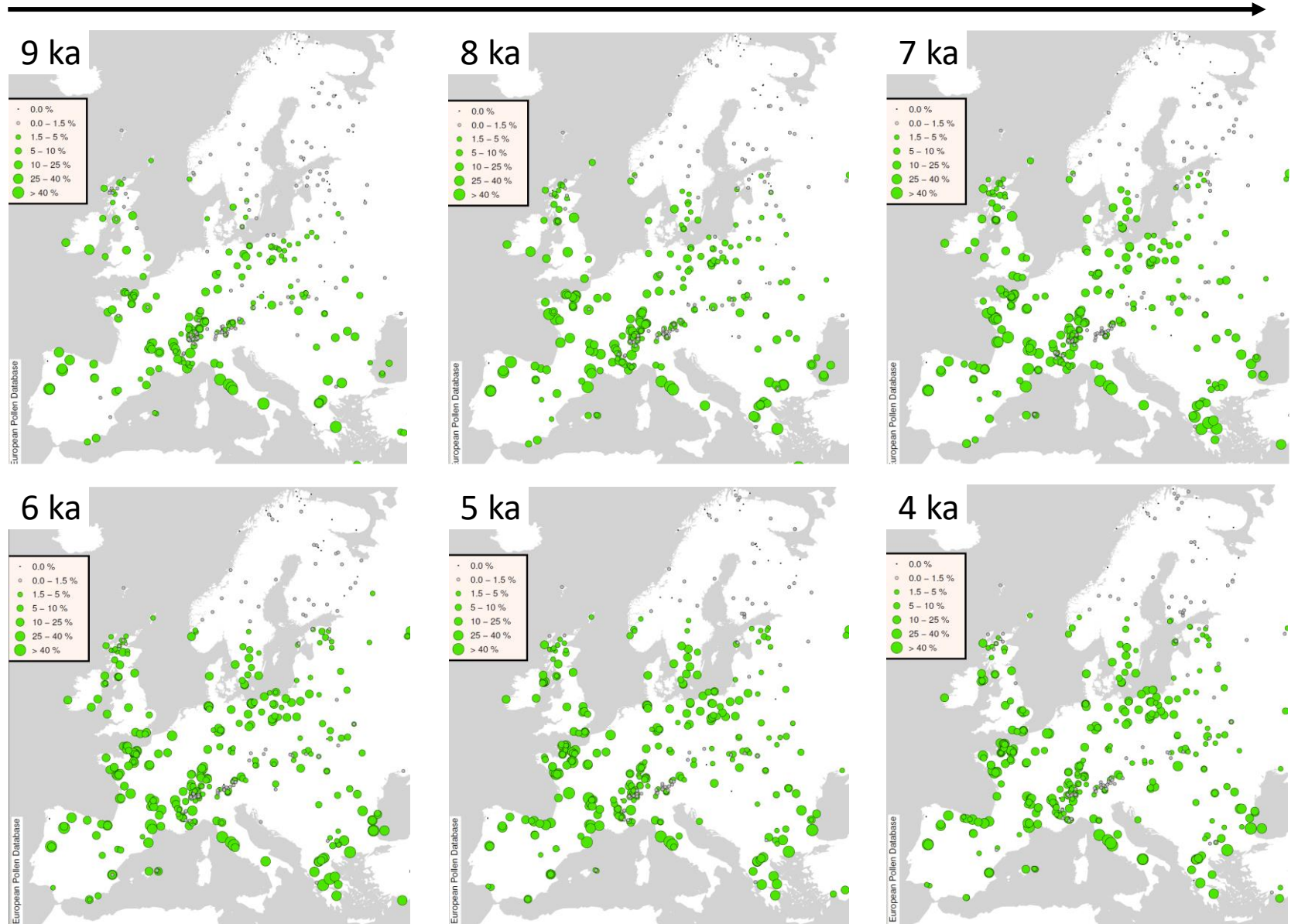
https://www.researchgate.net/publication/233968575_A_12_Ma_record_of_glaciation_and_fluvial_discharge_from_the_West_European_Atlantic_margin/figures?lo=1

Recolonisation postglaciaire des chênes reconstituée à partir de pollen fossile



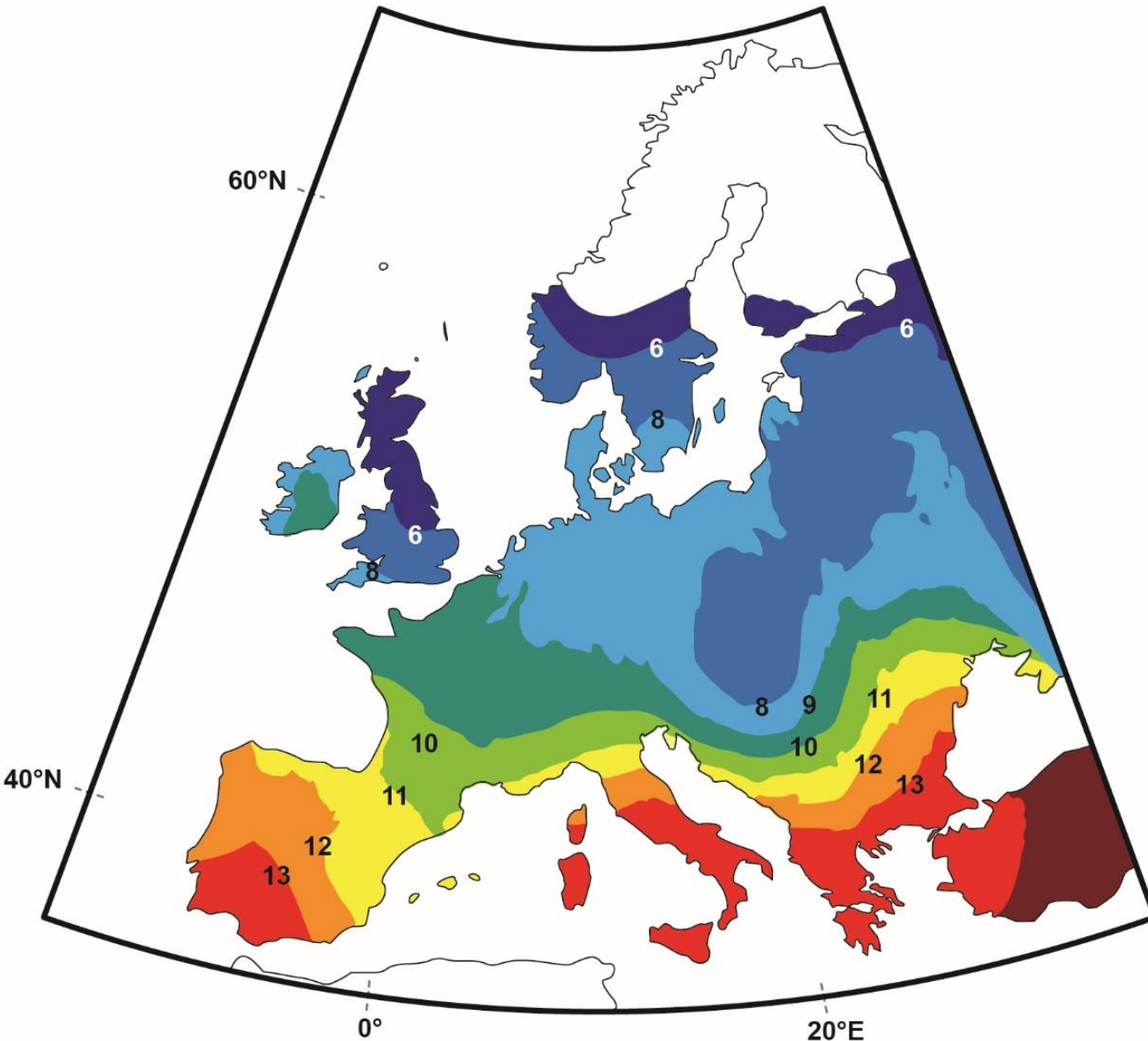
[Giesecke *et al.* submitted]

Recolonisation postglaciaire des chênes reconstituée à partir de pollen fossile



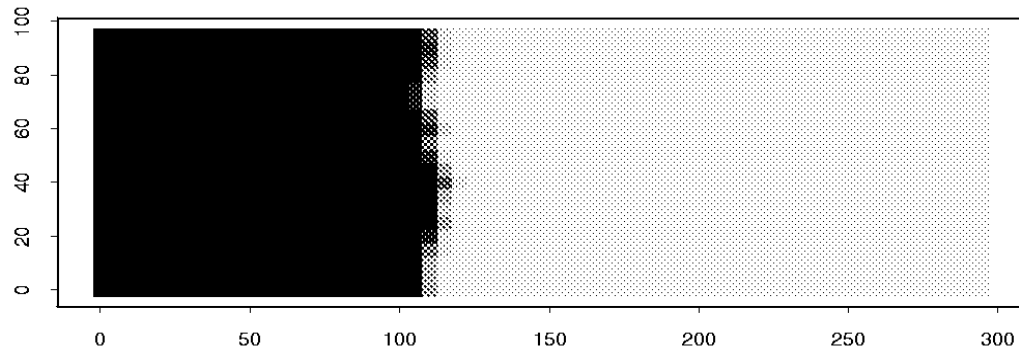
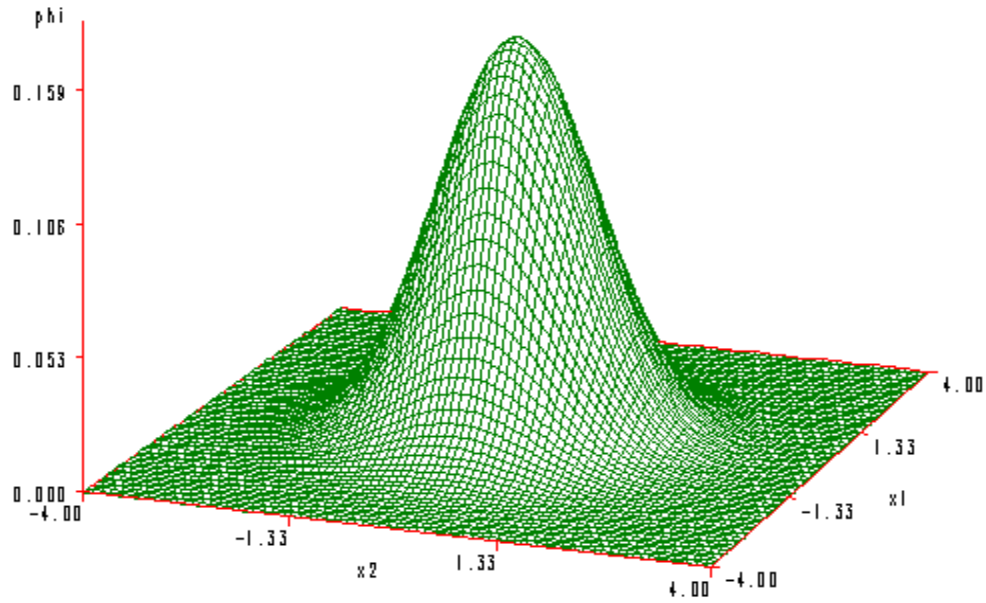
[Giesecke *et al.* submitted]

CARTE ISOPOLLINIQUE DES CHENES (Tranche de 1000ans)

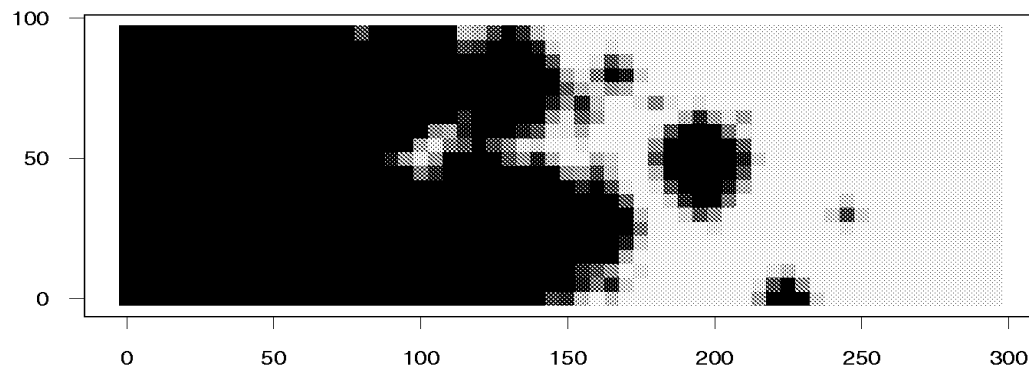
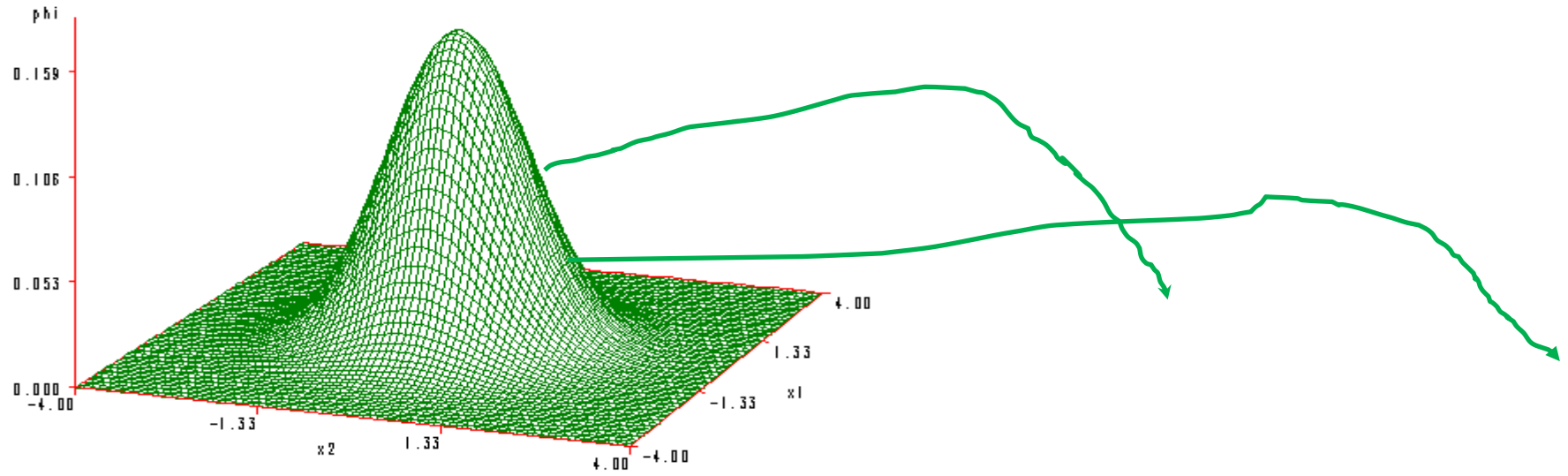


**EN MOYENNE LA VITESSE
DE MIGRATION ÉTAIT DE
400m./an**

SCENARIO 1 : DISPERSION PAR DIFFUSION

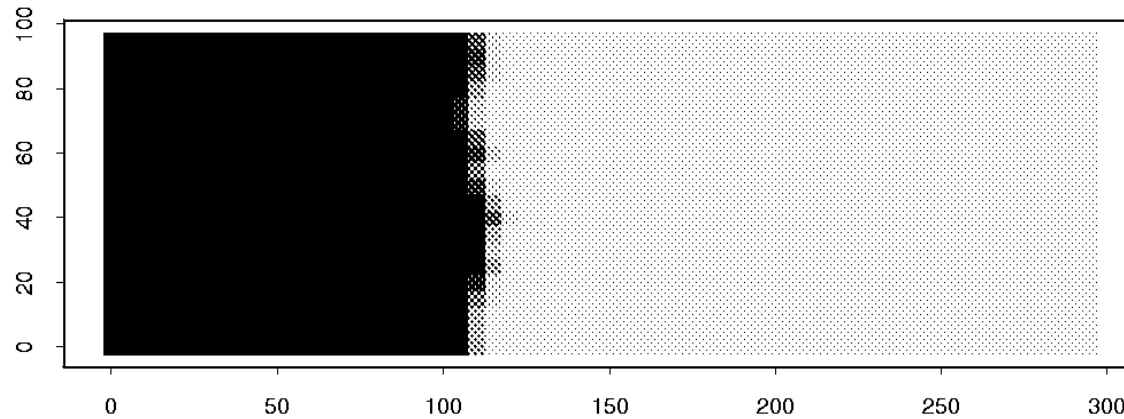


SCENARIO 2: DIFFUSION + DISPERSION A LONGUE DISTANCE

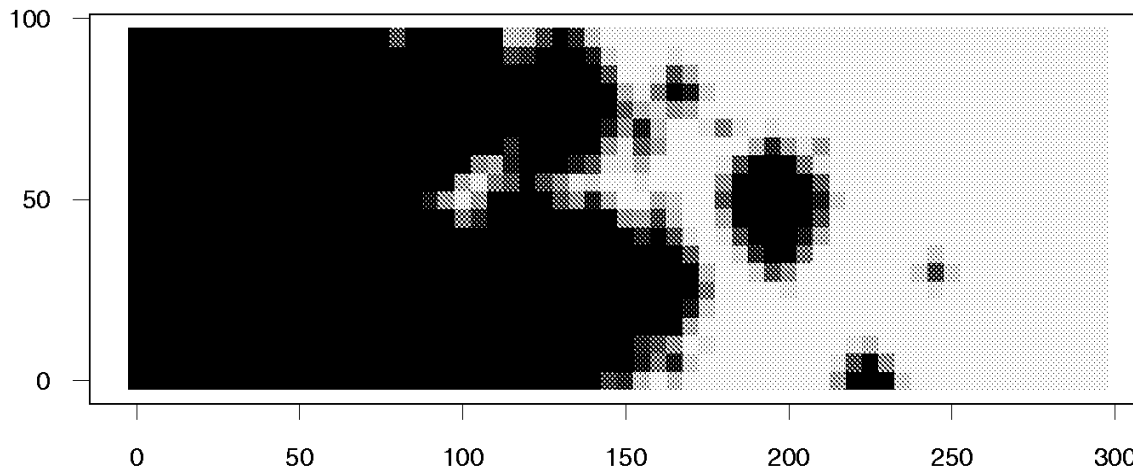


COMPARAISON DES DEUX STRATEGIES DE DISPERSION

vitesse = 100 mètres/an

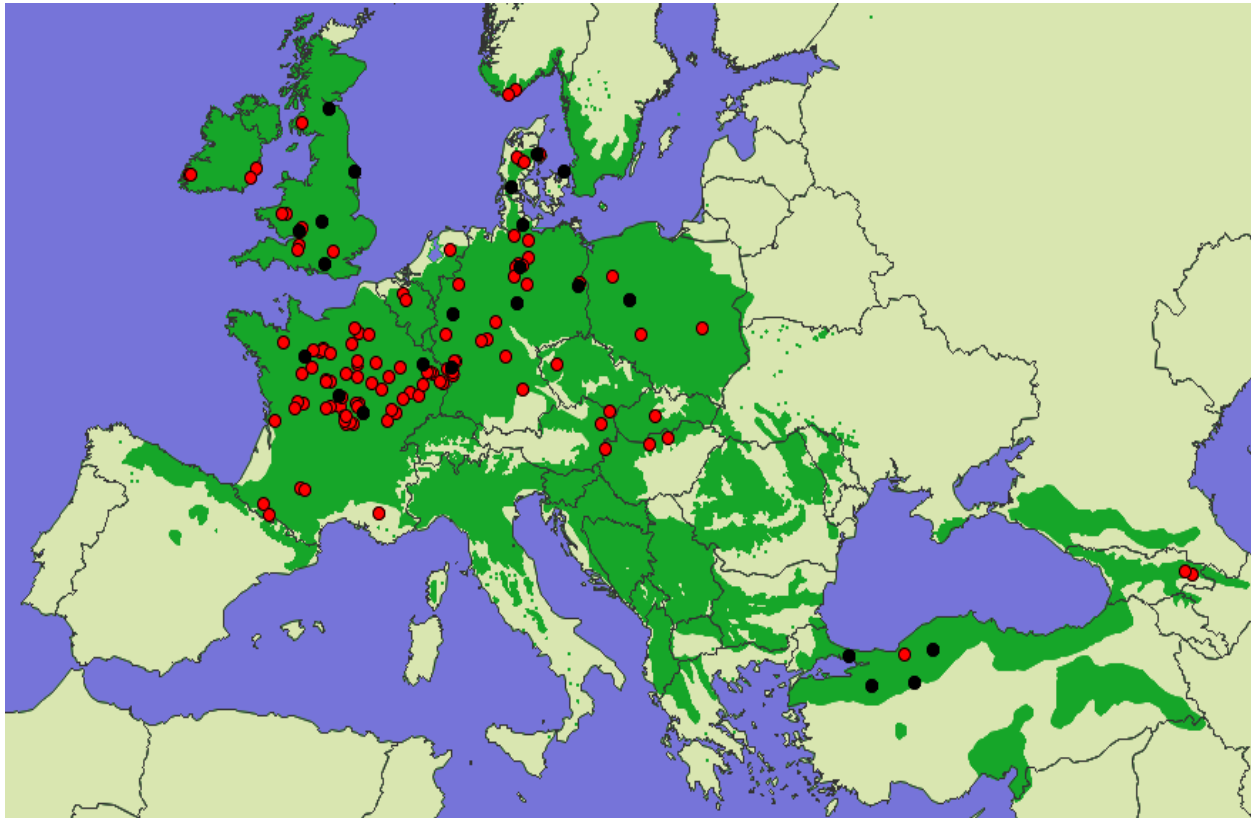


vitesse = 400 mètres/an



ADAPTATION LOCALE..

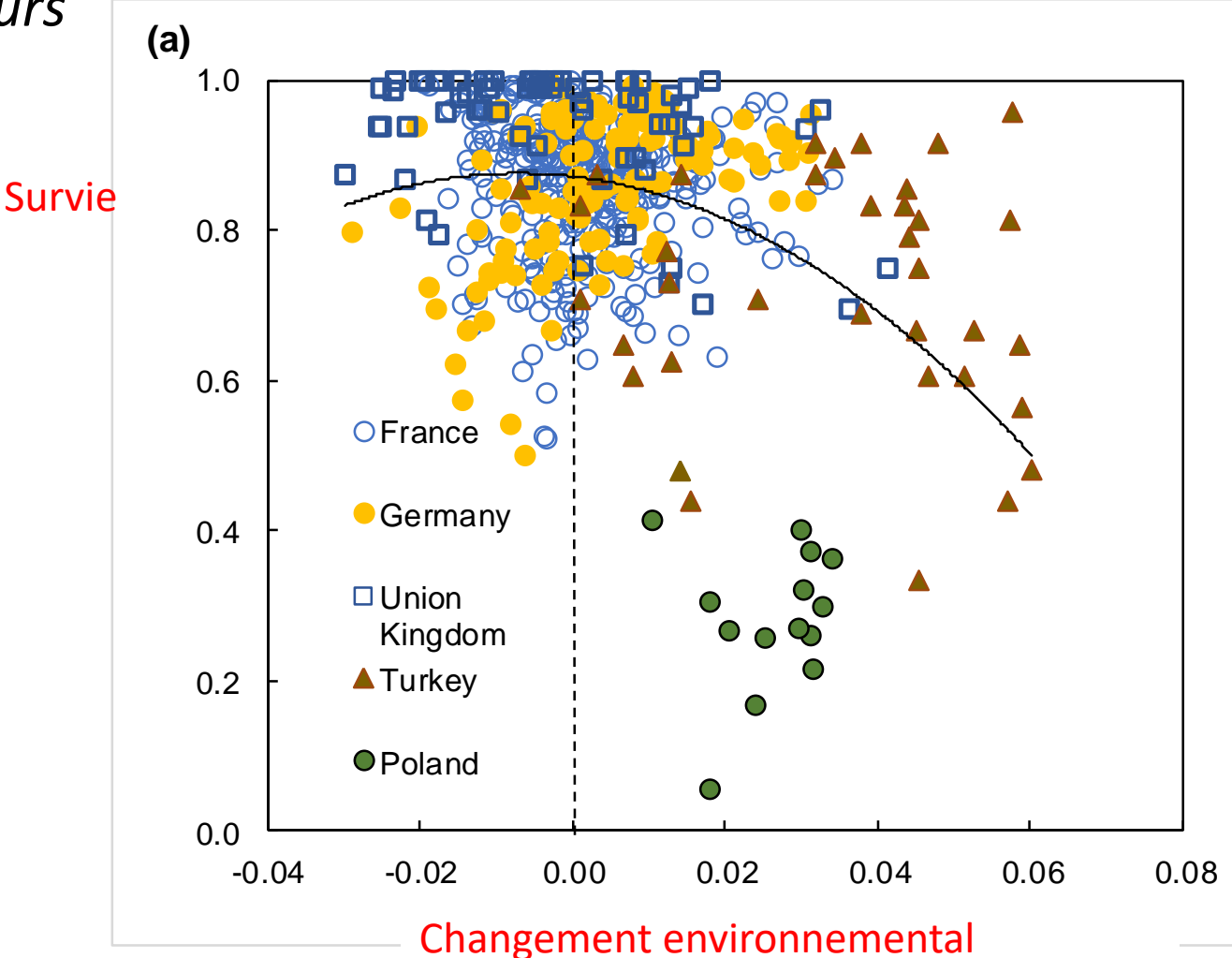
Les tests de provenances du chêne sessile



116 Pops, 23 sites

ADAPTATION LOCALE

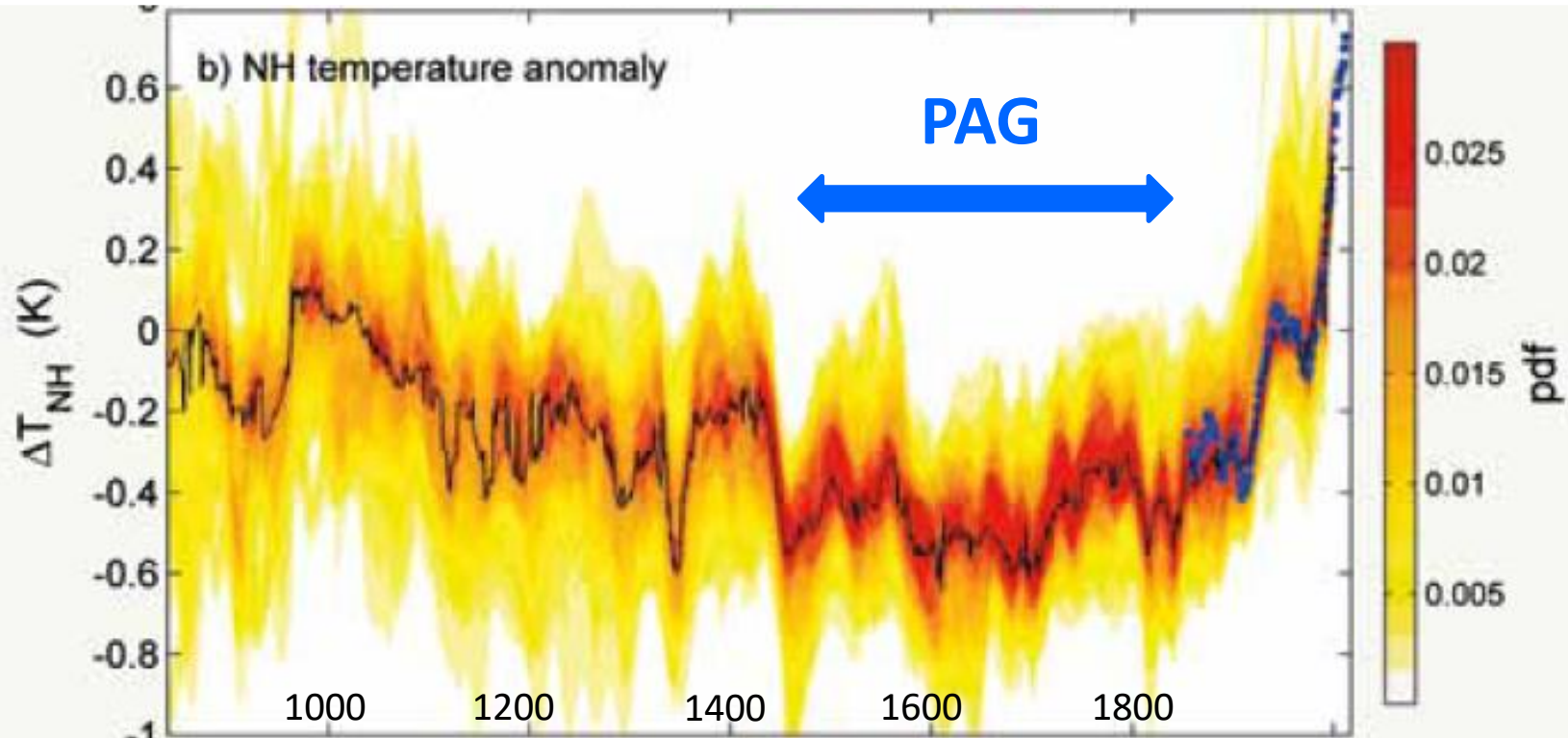
Les provenances locales ont meilleure survie que les provenances venant d'ailleurs



Humide + ← → + Sec

CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU COURS DES TROIS DERNIERS SIECLES

Anthropocene



Combination of 18 paleoclimates reconstructions of the Northern Hemisphere mean air surface temperature anomalies (Masson Delmotte, 2013)

Emmanuel Le Roy Ladurie

Histoire humaine et comparée du climat

DISETTES
ET RÉVOLUTIONS
1740-1860

Fayard

Emmanuel Le Roy Ladurie

Le réchauffement

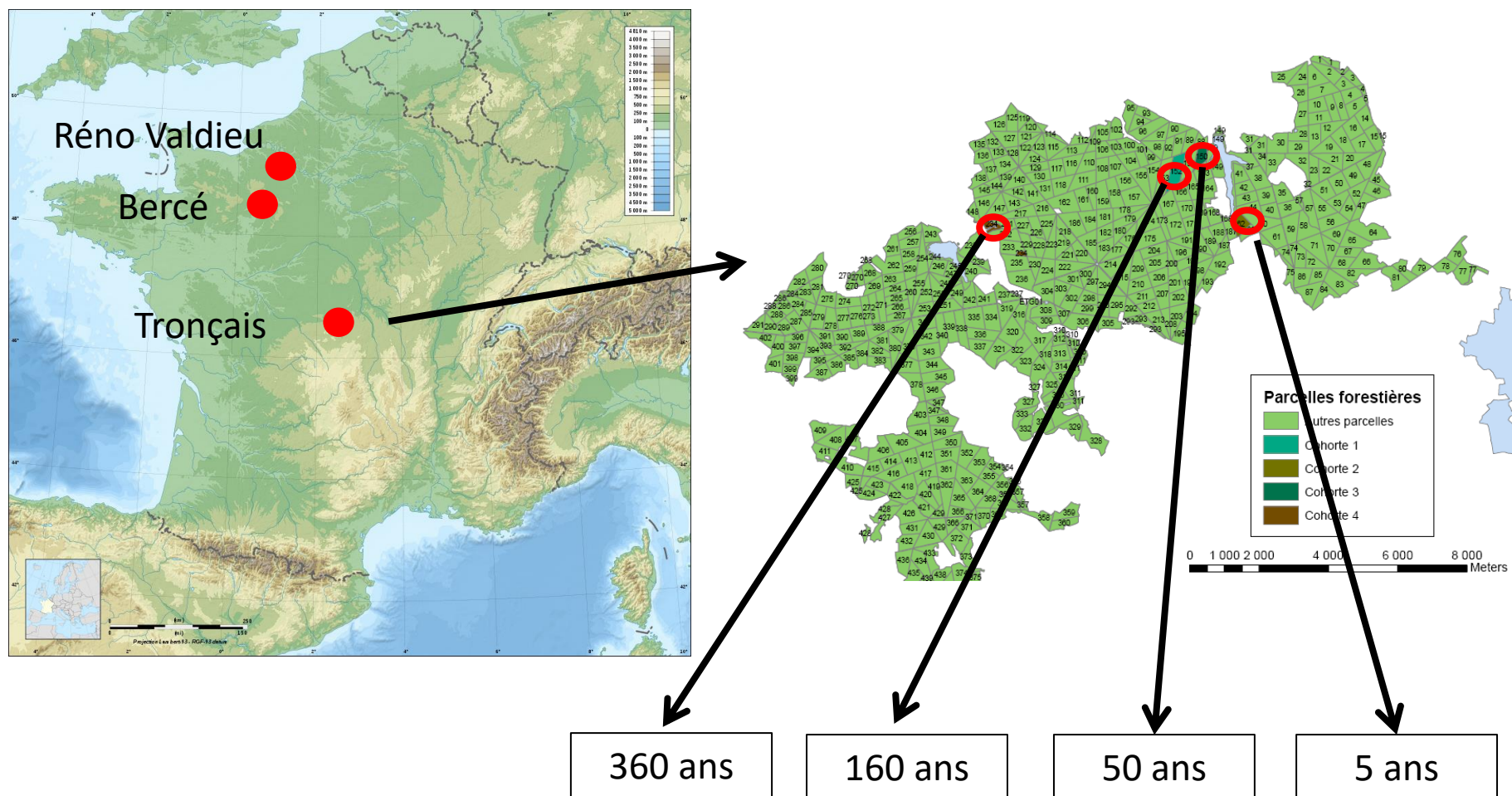
de 1860 à nos jours

avec le concours de Guillaume Séchet

HISTOIRE HUMAINE
ET COMPARÉE DU CLIMAT

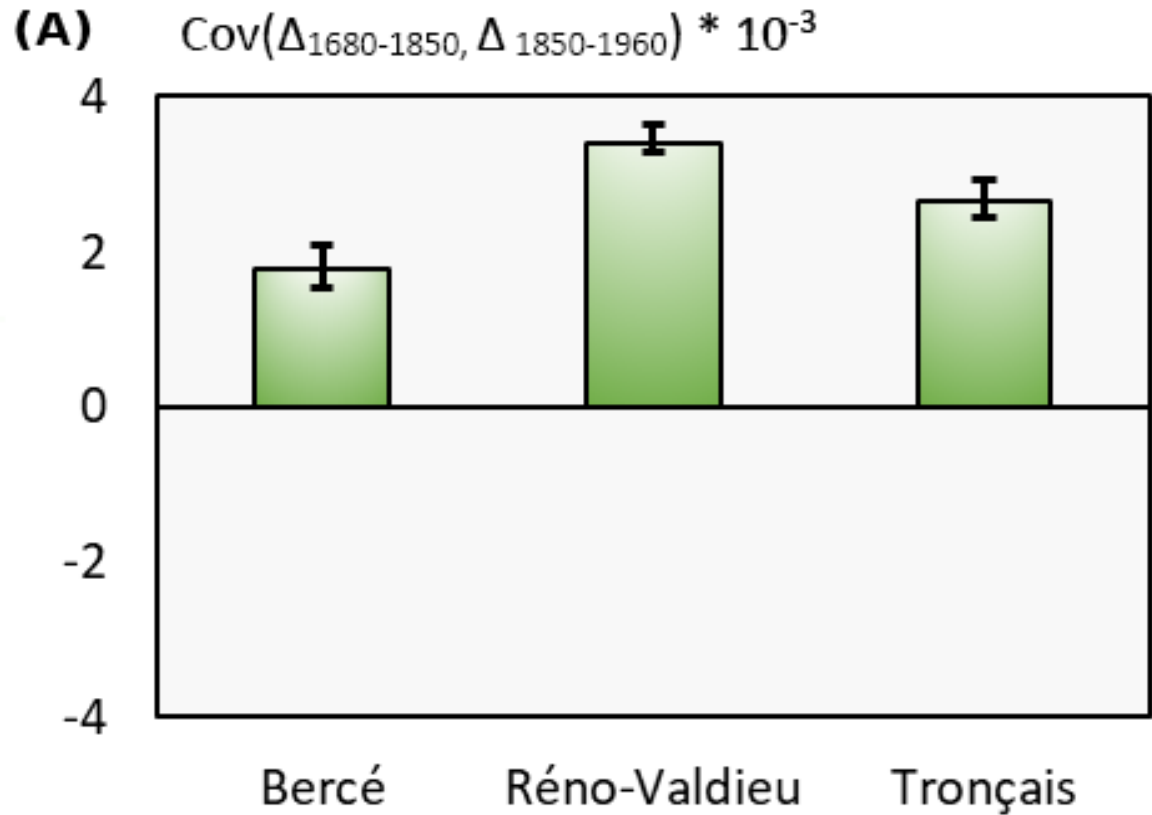
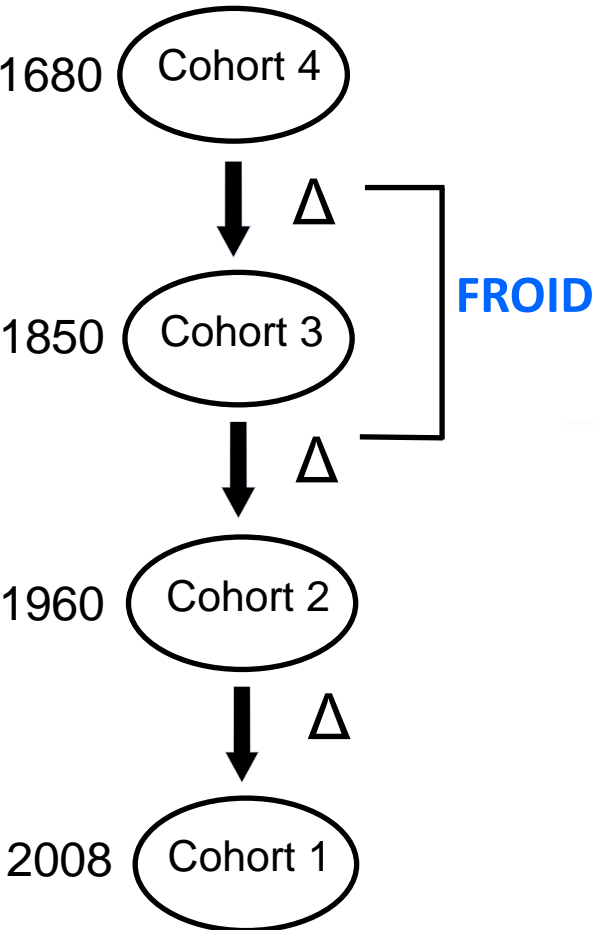
Fayard

COMMENT ETUDIER LES CHANGEMENTS EVOLUTIFS DEPUIS LE PAG ??

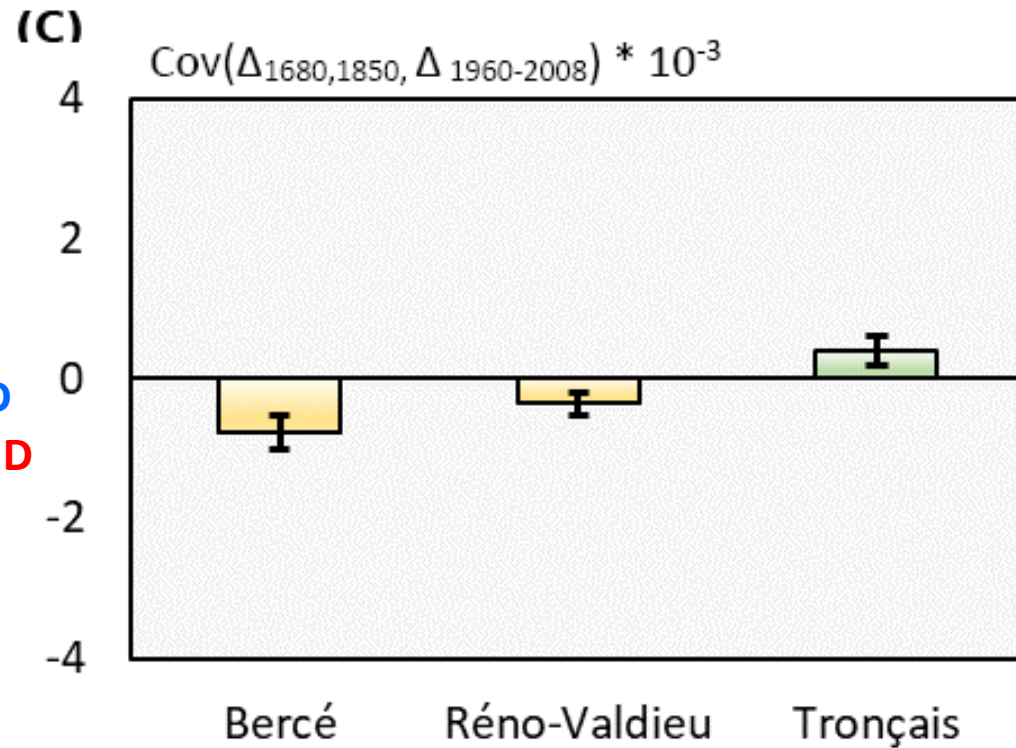
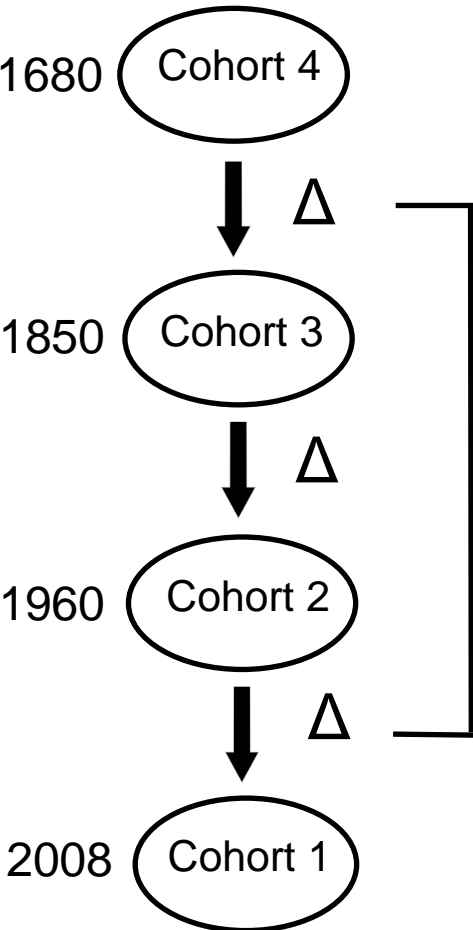


Saleh D et al., 2022 Genome-wide evolutionary response of European oaks during the Anthropocene.
Evolution Letters 6-1:4-20

SELECTION DURANT LES PERIODES FROIDES



COMPARAISON PERIODES FROIDES -PERIODES CHAUDES





TEMPO ET DIRECTIONS DE L'ÉVOLUTION RECENTE

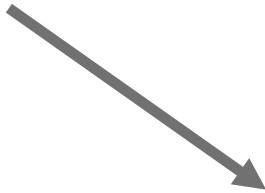
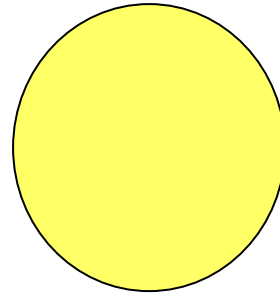
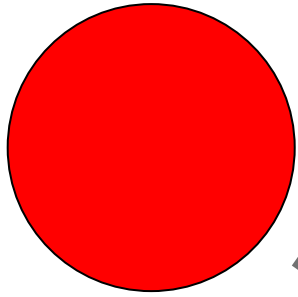
- EVOLUTION « RAPIDE », SUR UN NOMBRE LIMITE DE GENERATIONS
- PEUT CHANGER DE DIRECTION TOUT AUSSI RAPIDEMENT
- EVOLUTION ACTUELLE DIFFERENTE DE CELLE DU PAG

INTROGRESSION ADAPTATIVE

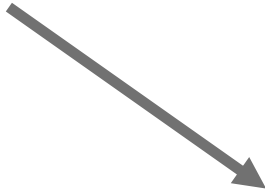
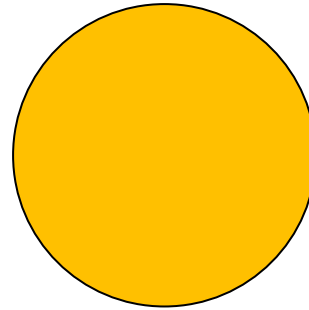
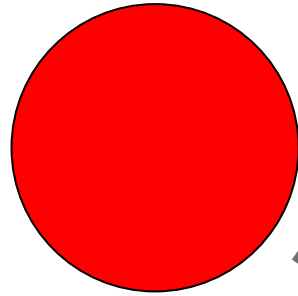
Chêne sessile



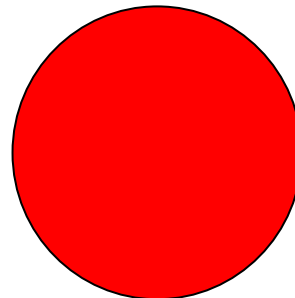
Chêne pédonculé



HYBRIDATION



RETROCROISEMENTS
n générations

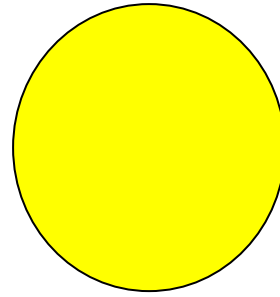
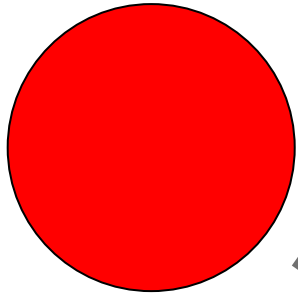


INTROGRESSION ADAPTATIVE

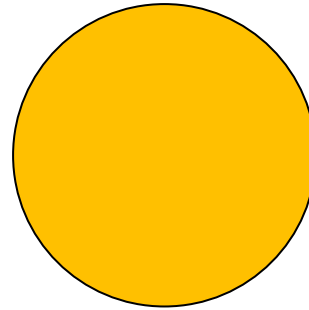
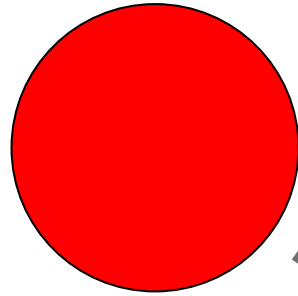
Chêne sessile



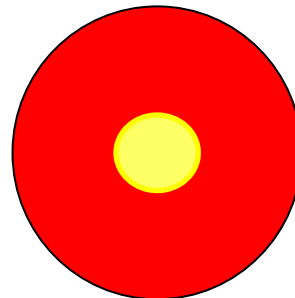
Chêne pédonculé



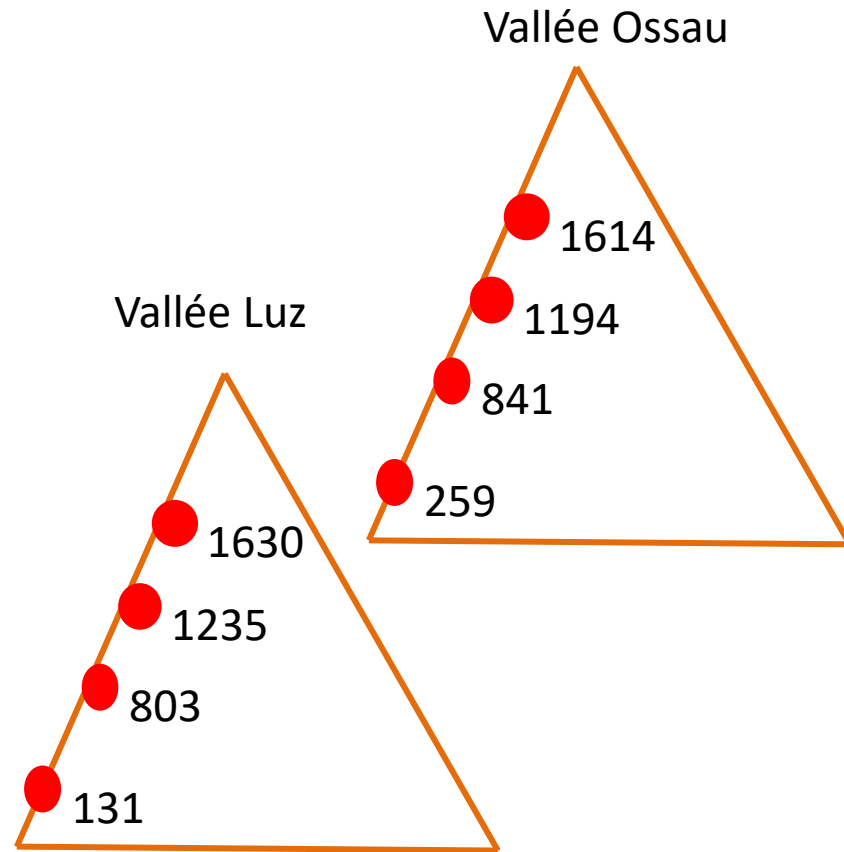
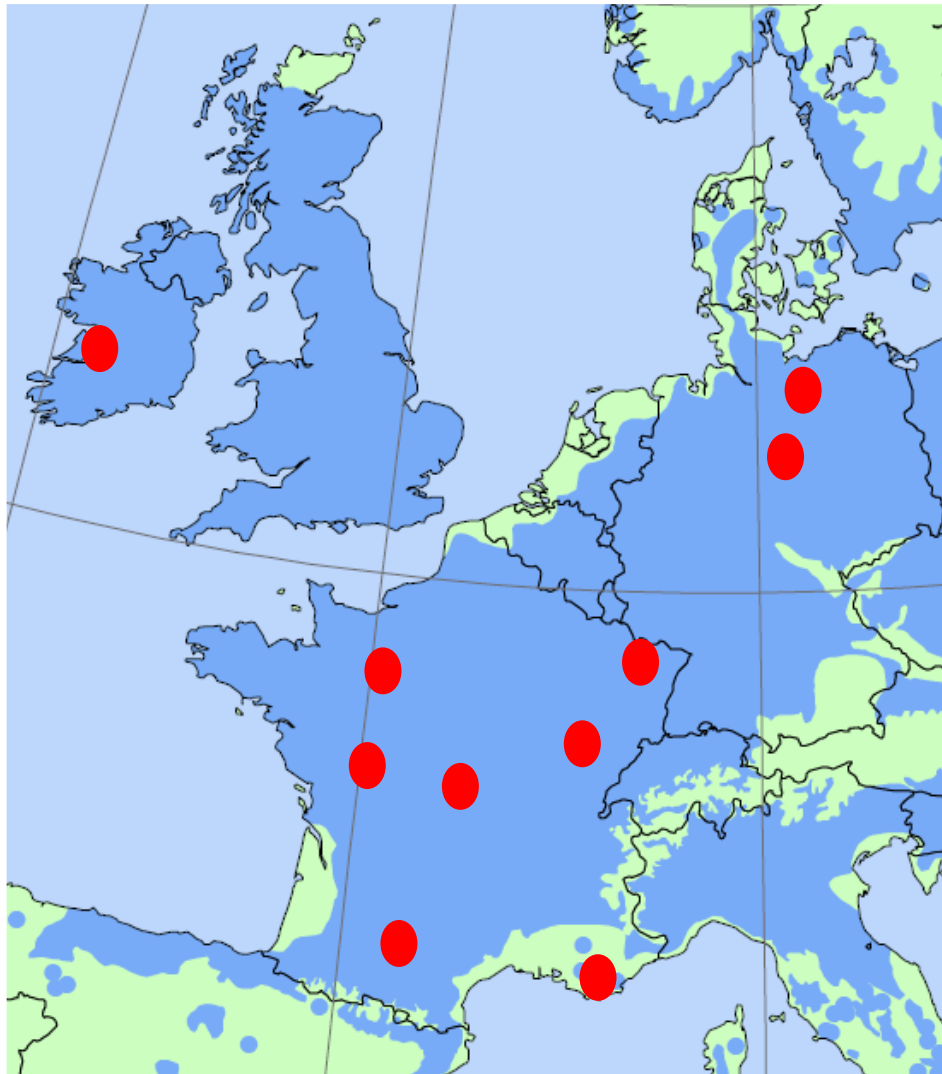
HYBRIDATION



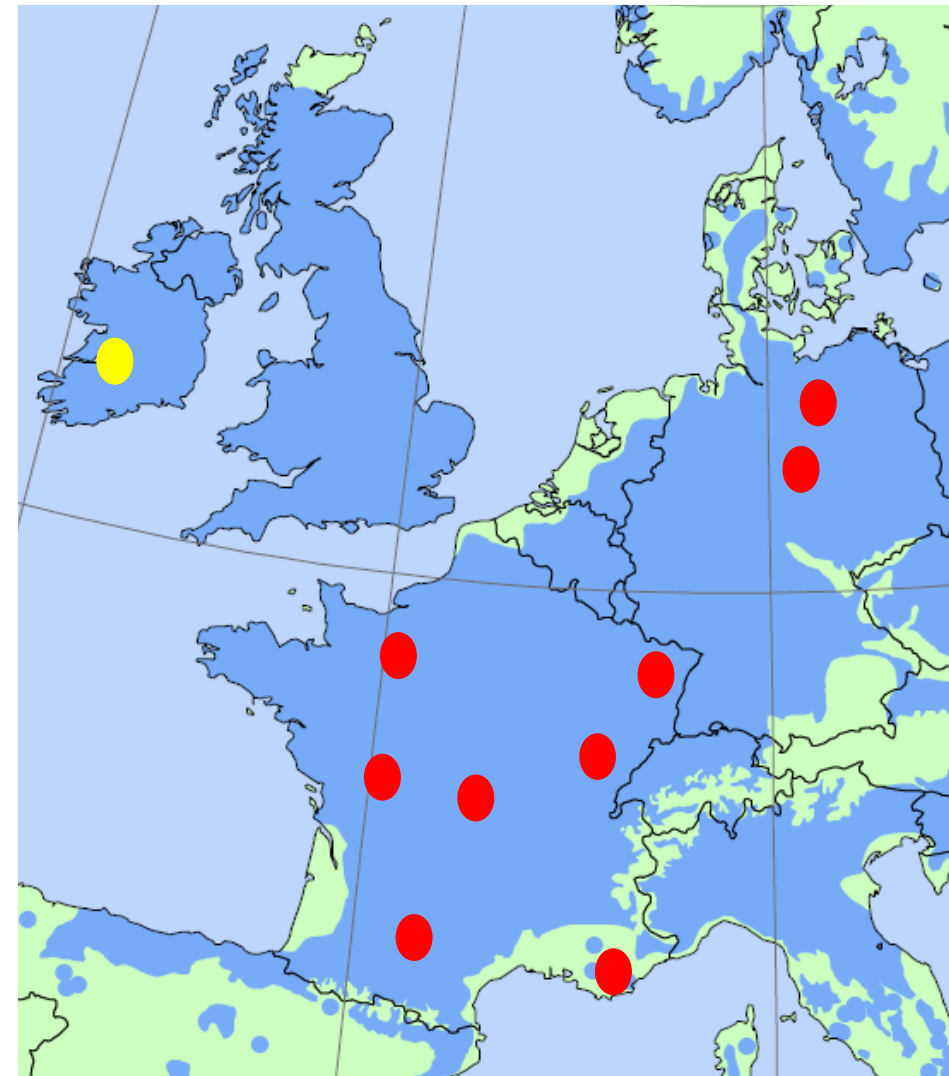
RETROCROISEMENTS
n générations



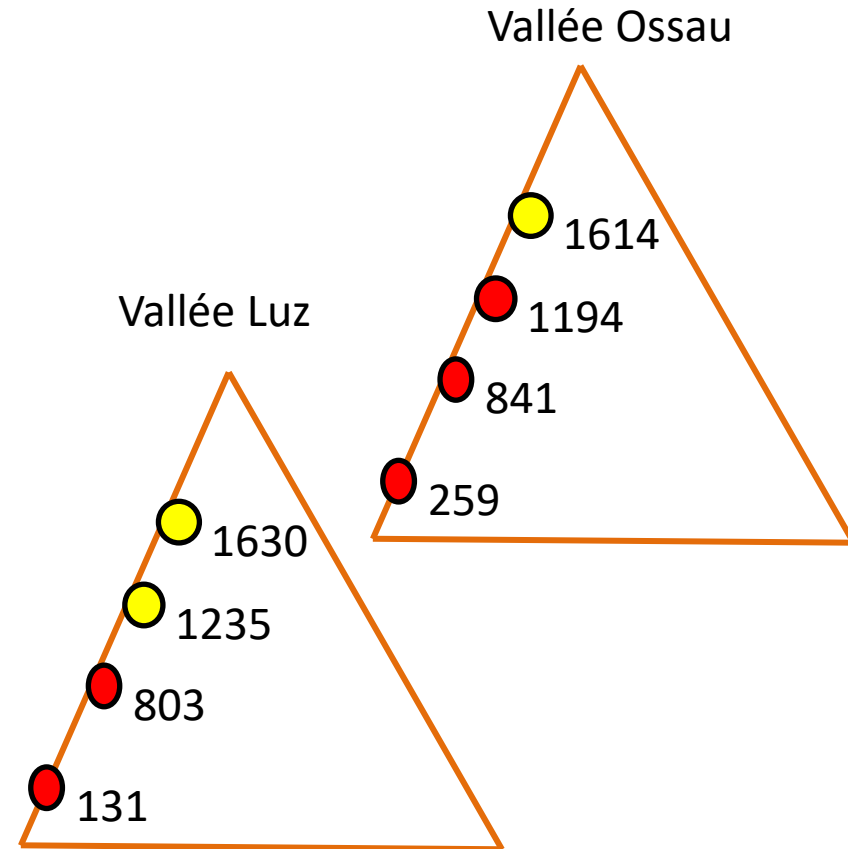
OÙ Y A-T-IL EU INTROGRESSION CHEZ LE SESSILE ET AVEC QUI ??



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

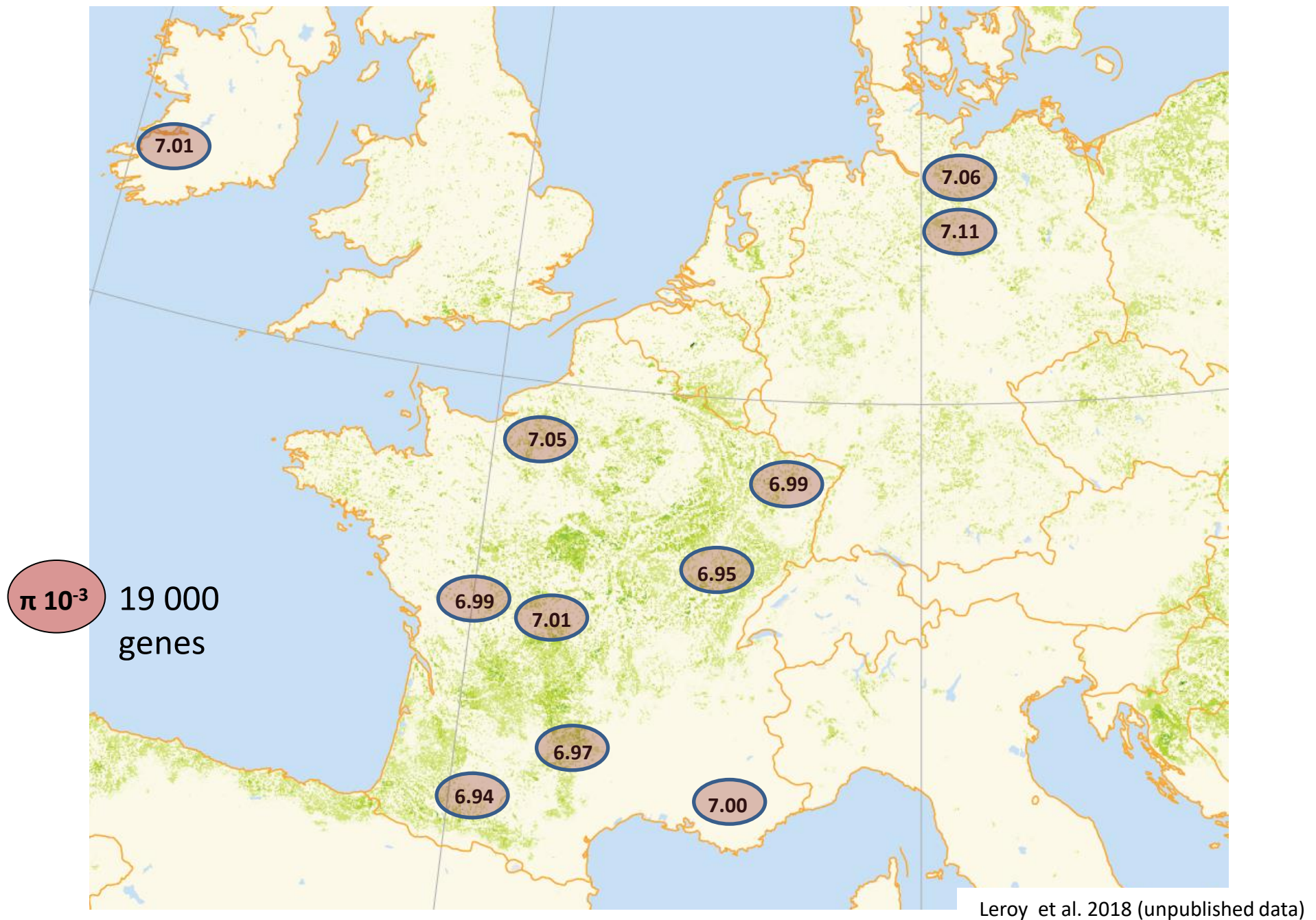


Seulement avec *Q. robur*
Haute altitude.. Haute latitude

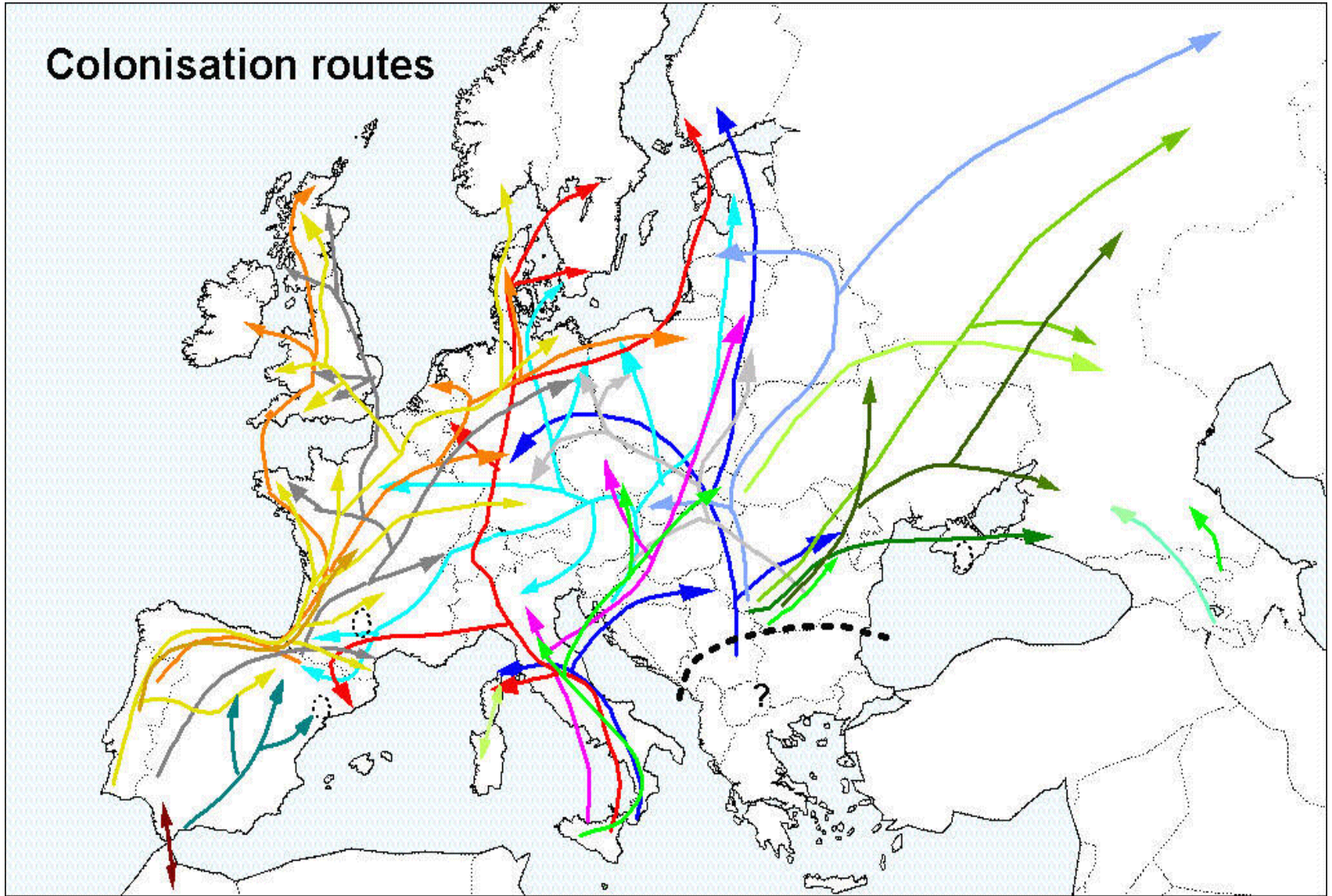


Leroy T et al. 2020 *New Phytologist* 226: 1171-1182

MAINTIEN DE LA DIVERSITE AU NORD



Colonisation routes





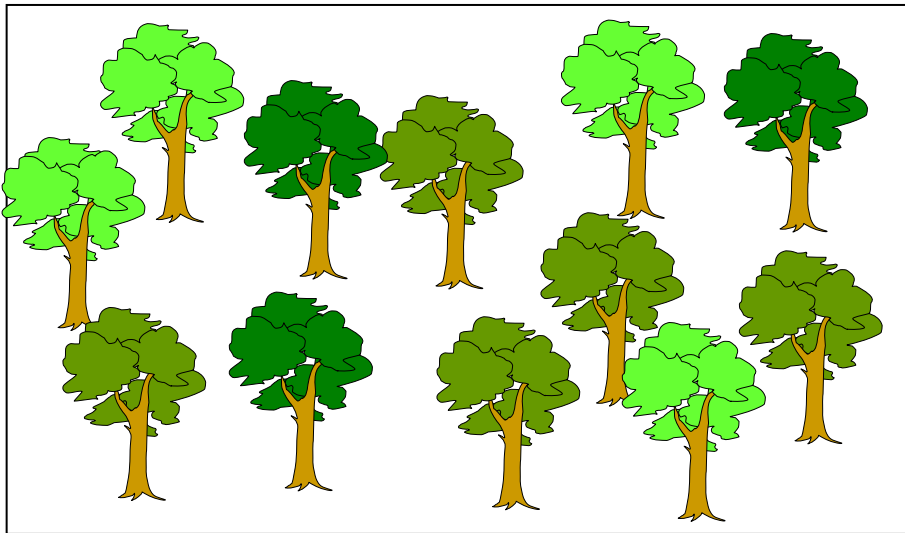
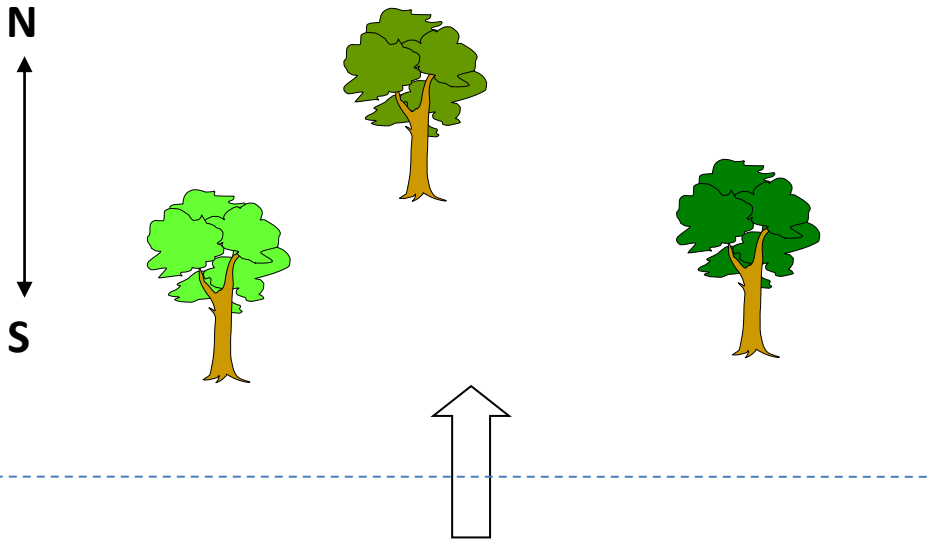
Partie I
IMPACTS DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE SUR LES
FORETS.
ADAPTATION DES FORETS

FORÊTS & CLIMATS

LES LEÇONS DU PASSÉ

EVOLUTION CONTEMPORAINE

LE DILEMME EVOLUTIF FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



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



ÉVOLUTION FUTURE

MIGRATION

Comment suivre le déplacement du climat ?

ADAPTATION

Y a-t-il un potentiel adaptatif ?

HYBRIDATION

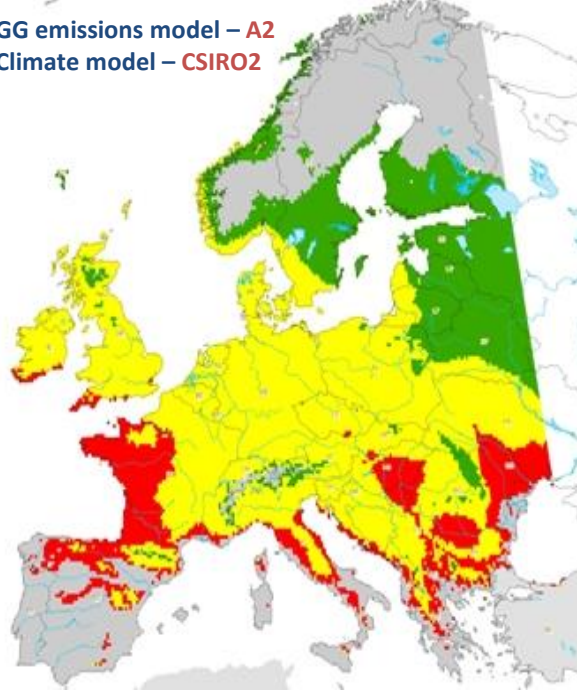
L'autre solution ?

ILS MIGRENT CES ARBRES ?
LA MIGRATION « NATURELLE » EST-
ELLE SUFFISANTE ??

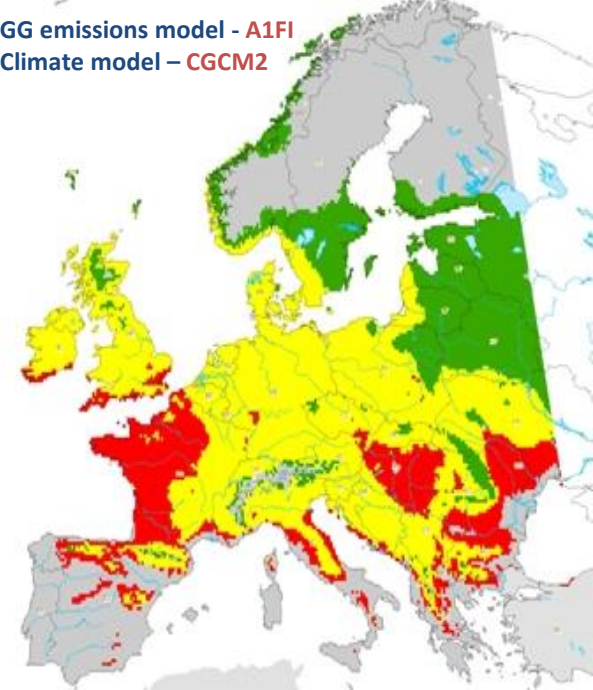




GG emissions model – A2
Climate model – CSIRO2

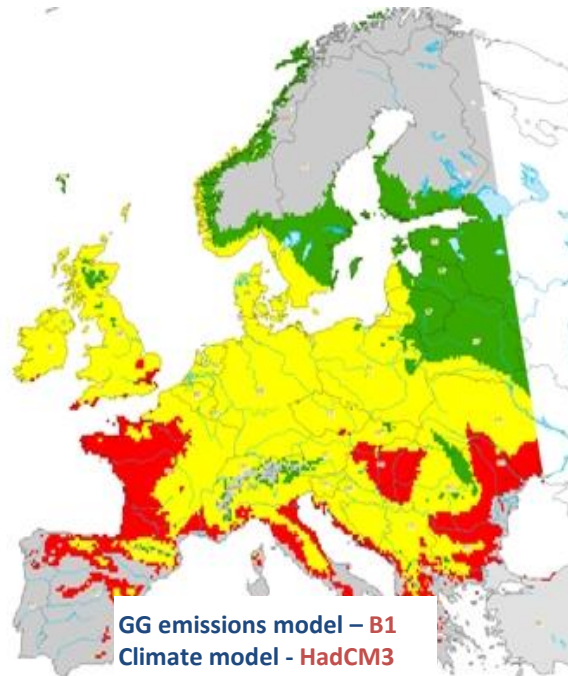


GG emissions model - A1FI
Climate model – CGCM2

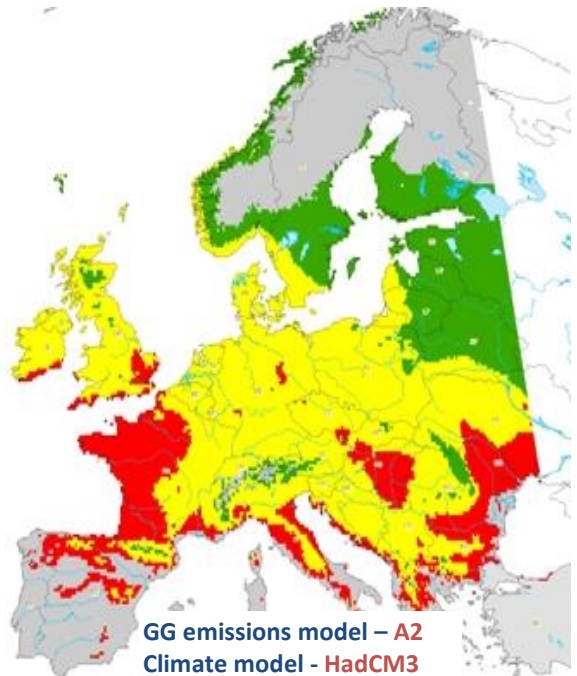


PREDICTED BIOCLIMATIC ENVELOPES OF *Q. petraea* IN 2080

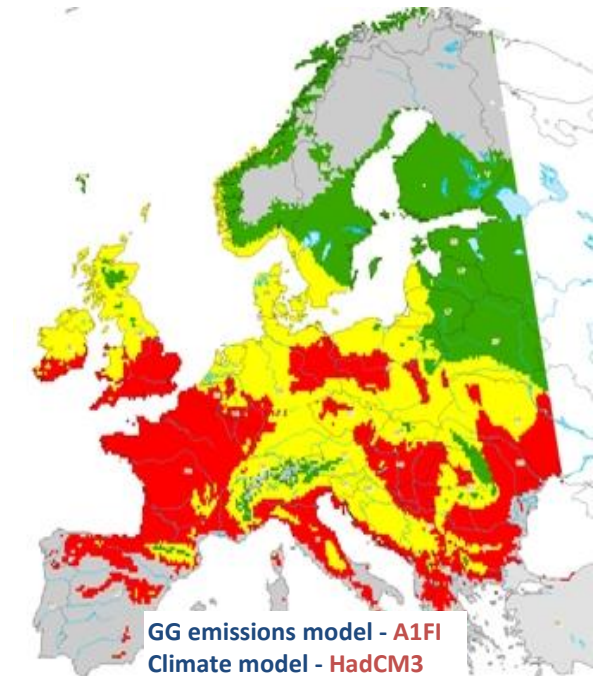
Thuiller GCB 2003, Thuiller et al. PNAS 2005



GG emissions model – B1
Climate model - HadCM3



GG emissions model – A2
Climate model - HadCM3



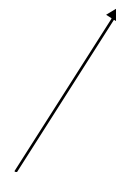
GG emissions model - A1FI
Climate model - HadCM3

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

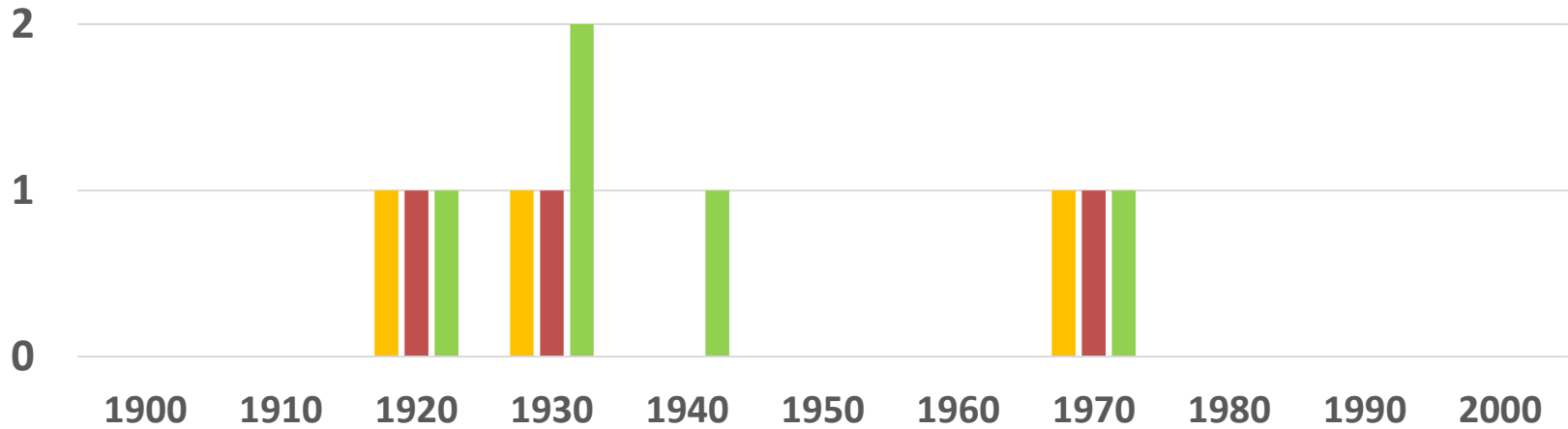
OBSERVEES ACTUELLEMENT : 3 Kms



DEPERISSEMENTS ET MORTALITES

PERIODES CONTEMPORAINES

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



1921



1934



1947



1976



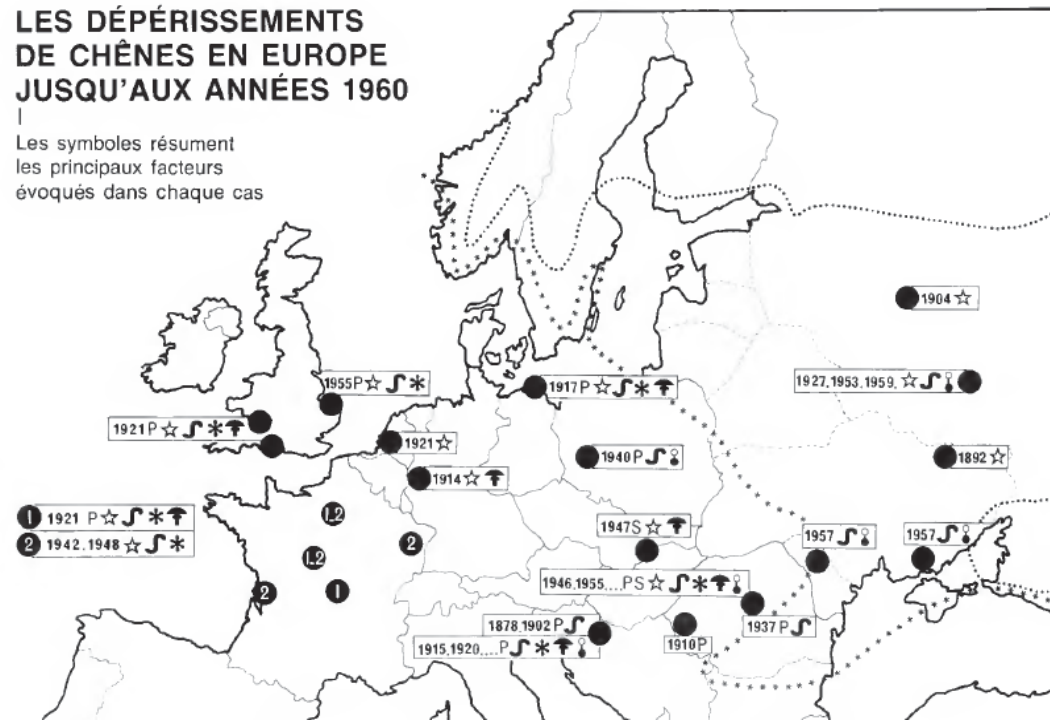
1933



-  Réno Valdieu
-  Bercé
-  Tronçais

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

ET L'ADAPTATION ?



Parcelle 155



Forêt de Tronçais



Parcelle 189

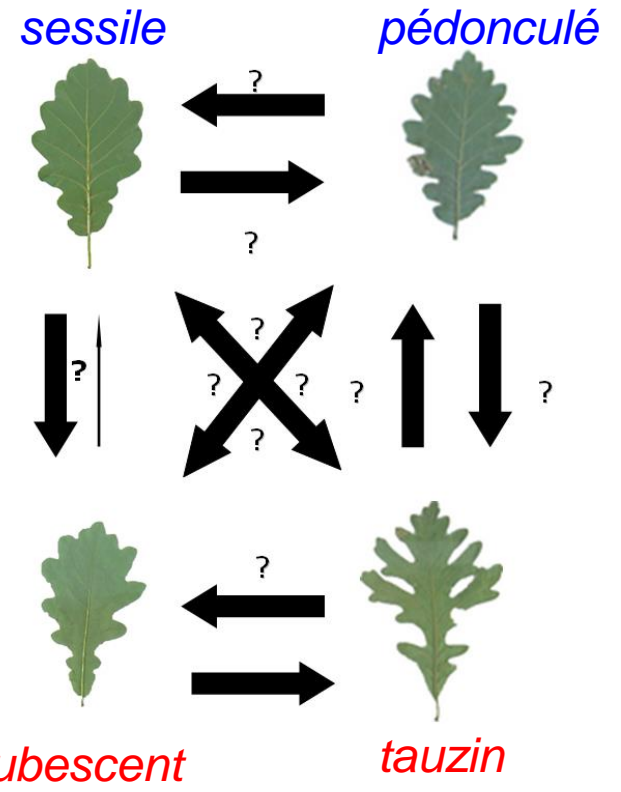


Parcelle 259

L'AUTRE SOLUTION : HYBRIDATION AVEC CHENES MEDITERRANEENS



F. Spada, 2010





Partie II
IMPACTS DES FORETS SUR LE
CLIMAT
ATTENUATION DU
CHANGEMENT CLIMATIQUE

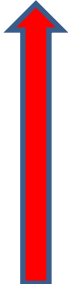
FORETS ET TRANSFERTS DE CARBONE

LES LEVIERS DE L'ATTENUATION

DES SCENARIOS A L'HORIZON 2050 EN FRANCE

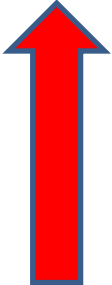
FORETS ET TRANSFERTS DE CARBONE

DECOMPOSITION



Respiration
hétérotroph

RESPIRATION

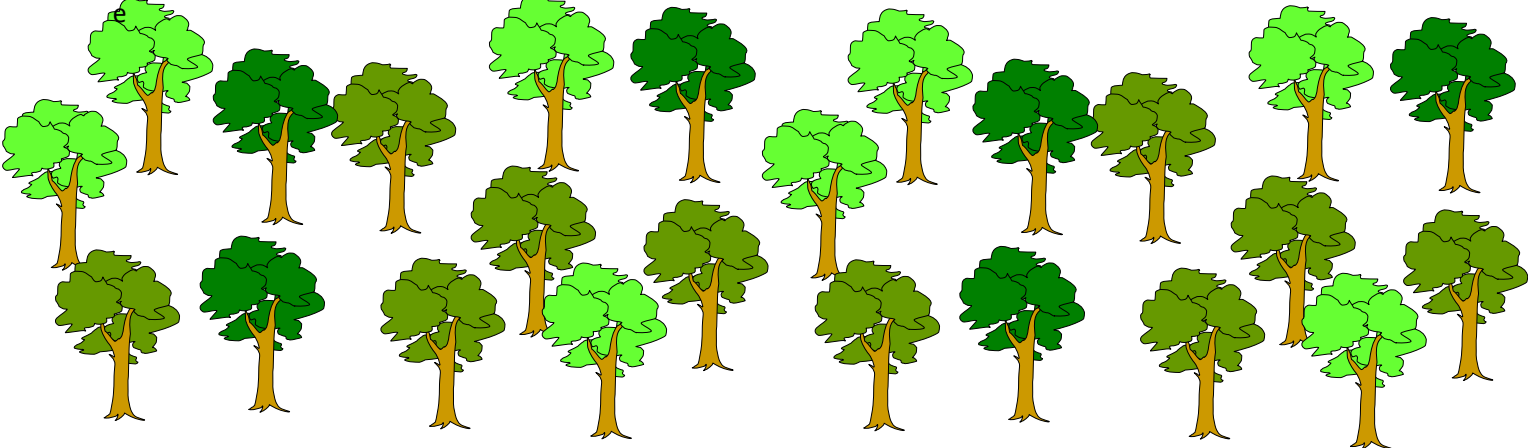
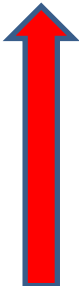


Respiration
autotrophe

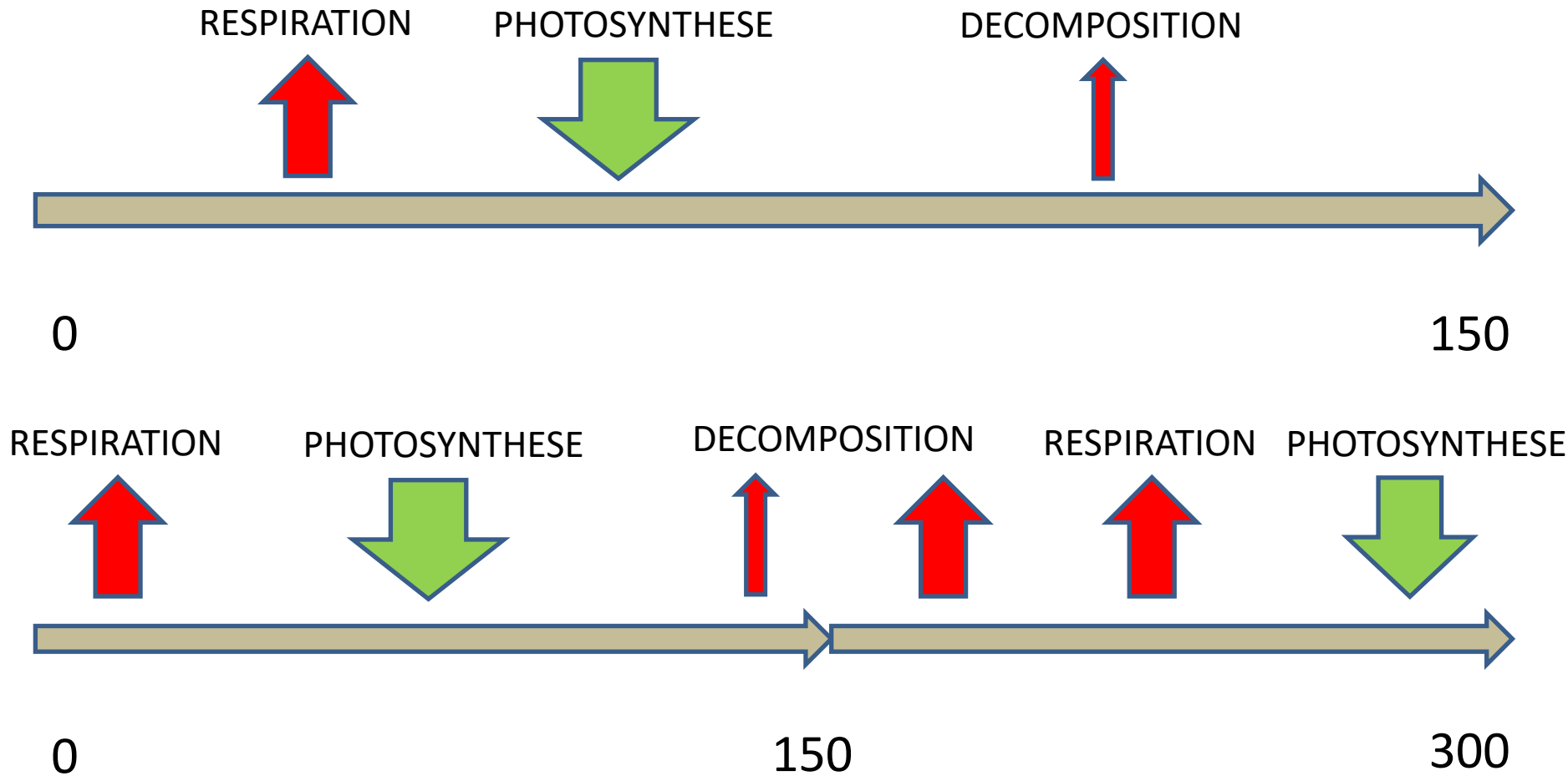
PHOTOSYNTHESE



COMBUSTION



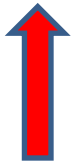
FORETS ET TRANSFERTS DE CARBONE: UNE QUESTION DE TEMPORALITE ET DE GESTION...



FORETS ET TRANSFERTS DE CARBONE (DES CHIFFRES!!)

Cycle du carbone en forêt, ordre de grandeur à l'échelle mondiale (en 10^9 Tc/an)

DECOMPOSITION



50 GtC/an

RESPIRATION



60 GtC/an

PHOTOSYNTHESE

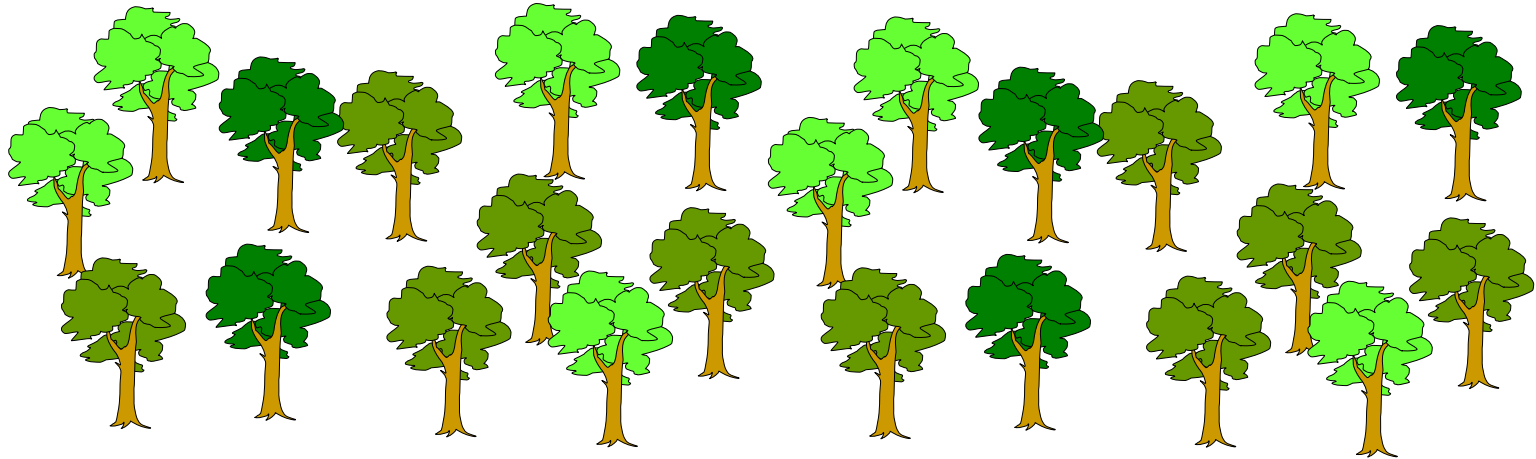


120 GtC/an

PERTURBATIONS




10 GtC/an



FORÊTS, SOURCES DE CARBONE

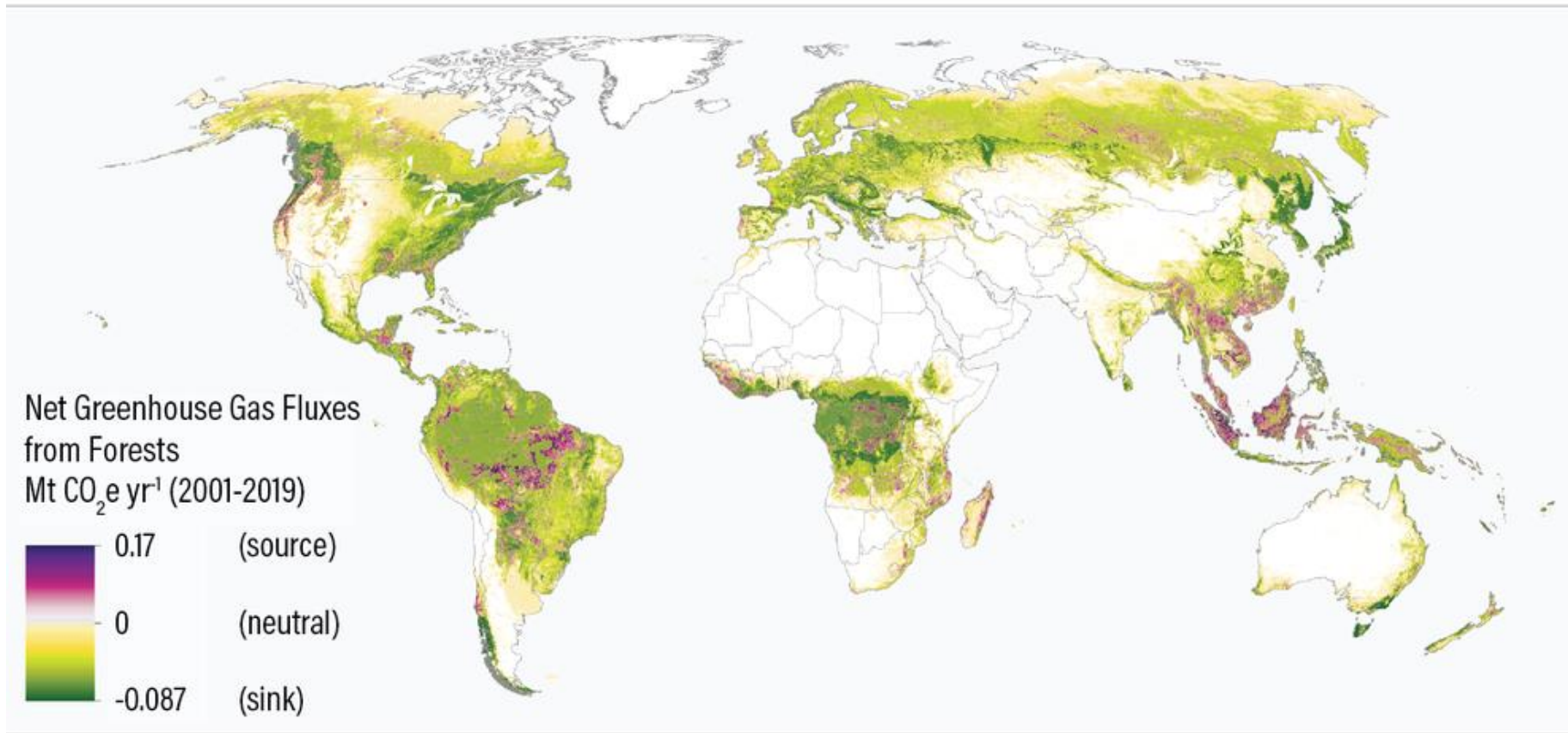




LES ÉMISSIONS DE CO₂ DUES A LA **DÉFORESTATION**
REPRÉSENTENT **20 %** DES ÉMISSIONS TOTALES DES GAZ A
EFFET DE SERRE

SOIT L'ÉQUIVALENT DES ÉMISSIONS DUES AU SECTEUR
DES TRANSPORTS

Forests: Carbon Sinks or Carbon Sources?



Source: Harris et al. 2021

20.01.21



WORLD RESOURCES INSTITUTE



Partie II

IMPACTS DES FORETS SUR LE
CLIMAT

ATTENUATION DU
CHANGEMENT CLIMATIQUE

FORETS ET TRANSFERTS DE CARBONE

LES LEVIERS DE L'ATTENUATION

DES SCENARIOS A L'HORIZON 2050 EN FRANCE

COMMENT UTILISER LES FORETS POUR LIMITER LE PUIITS DE CARBONE ATMOSPHERIQUE ?

- STOCKER LE CARBONE DANS L'ECOSYSTEME FORETS
- « PERENNISER » LE STOCKAGE DANS LES PRODUITS ISSUS DE L'ECOSYSTEME (BOIS)
- LIMITER L'UTILISATION DE RESSOURCES FOSSILES EN LEUR SUBSTITUANT LES RESSOURCES RENOUVELABLES DE L'ECOSYSTEME FORETS

STOCKAGE DANS LE MATERIAU BOIS

- Durée de stockage dépend de la durée de vie du produit (qui peut être comparé à celle du bois dans l'écosystème s'il n'avait pas été coupé)
- Demie vie de produits bois: **35** ans, pour le bois d'œuvre, **25** ans pour des panneaux, **2** ans pour le papier, **1** an pour le bois énergie.

SUBSTITUTION: UTILISATION DU BOIS EN REMPACEMENT D'AUTRES MATERIAUX OU ENERGIES UTILISANT DES RESSOURCES FOSSILES

L'ADEME estime qu'en moyenne la construction d'une maison individuelle à ossature **bois** émet **140 kg** CO₂ eq/m² alors que la construction d'une maison équivalente à ossature **béton** émet **200 kg** CO₂eq/m² et à ossature brique **150 kg** CO₂ eq/m². Selon l'hypothèse choisie on aura donc économisé de **10** à **60** kgCO₂eq/m².



Partie II

IMPACTS DES FORETS SUR LE
CLIMAT

ATTENUATION DU
CHANGEMENT CLIMATIQUE

FORETS ET TRANSFERTS DE CARBONE

LES LEVIERS DE L'ATTENUATION

DES SCENARIOS A L'HORIZON 2050 EN FRANCE

TROIS ETUDES COMPARANT DES SCENARIOS EN FRANCE

- ETUDE INRA-IGN Rapport Roux & Dhote Mars 2017
- ETUDE ADEME Rapport Valade & Luyssaert Mars 2017
- ETUDE Canopee Rapport Bus de Warnaffe & Angerand Janvier 2020

Effets des leviers d'atténuation selon des scénarios de sylviculture et de gestion:

- Au niveau français
- Sur la période 2020-2050
- Données IGN

ETUDE IGN-INRA

Scenario « Extensification »

Les niveaux de récolte actuels seraient maintenus, ce qui diminuerait les taux de prélèvement, et où les acteurs seraient les plus passifs face au changement climatique comptant sur les capacités d'adaptation des forêts.

Scenario « Dynamiques territoriales »

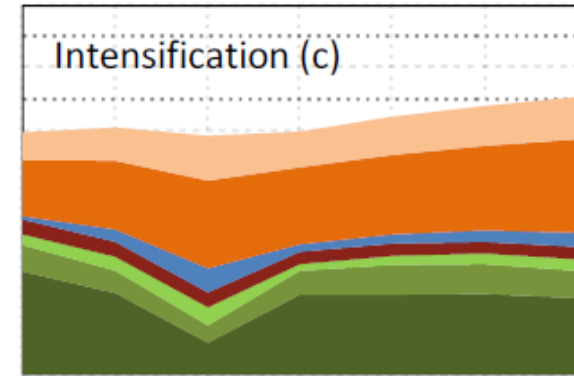
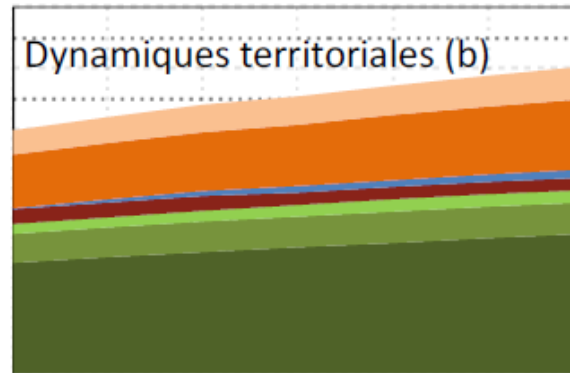
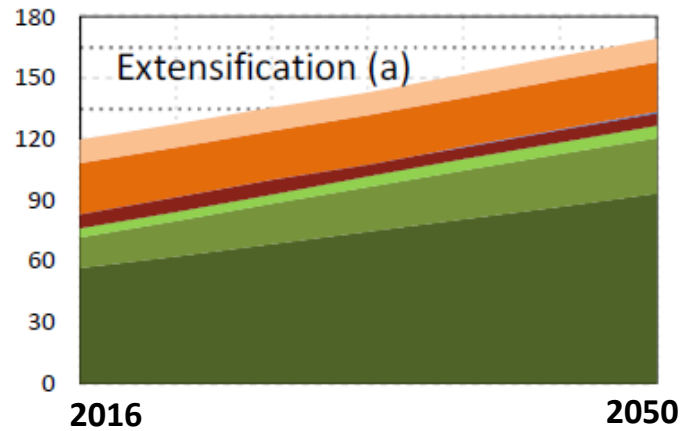
Les taux de prélèvement actuels seraient globalement maintenus, ce qui augmenterait l'intensification.

Scenario « Intensification avec plan de reboisement »

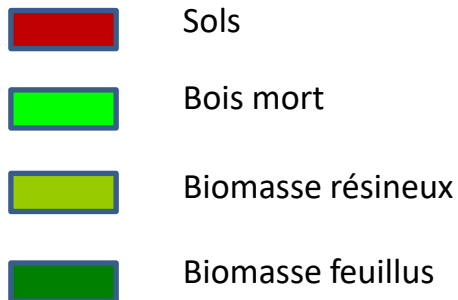
Combinerait l'accroissement des taux de prélèvement dans toutes les zones où c'est envisageable avec une politique volontariste de reboisement visant 500 000 ha/an sur dix ans en remplacement de peuplements peu productifs ou en impasse sylvicole par des nouvelles plantations plus productives.

ETUDE IGN-INRA BILAN

MtCO2 eq / an



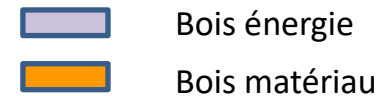
Stockage forêt



Stockage matériau



Substitution



ETUDE IGN-INRA CONCLUSION

TROIS COMPOSANTES DOMINANTES

- STOCKAGE FORESTIER EN FEUILLUS
- SUBSTITUTION BOIS MATERIAUX
- STOCKAGE FORESTIER EN RESINEUX

AUTRES COMPOSANTES ROLE MINEUR,
STABILISATEURS EN RAISON DES TRANSFERTS ENTRE
COMPARTIMENTS

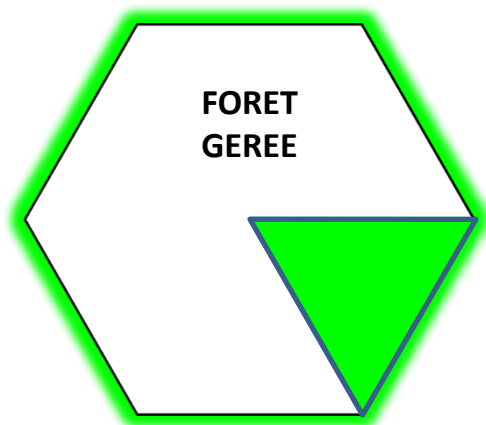
CONCLUSIONS DES TROIS MODELES

QUEL QUE SOIT LE SCENARIO ET LES ETUDES, LA FORET FRANCAISE CONTRIBUE A L'ATTENUATION: ELLE RESTE UN **PUITS DE CARBONE**

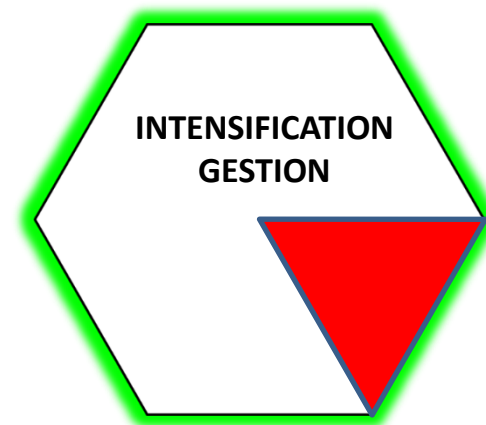
PLUS DE BOIS MOBILISE NE SIGNIFIE PAS MOINS DE CARBONE DANS L'ATMOSPHERE.. RESULTAT QUI TEND A SE GENERALISER DANS D'AUTRES PAYS.

POURQUOI LA FORET FRANCAISE EST ELLE - UN PUIITS ?

- AUGMENTATION CONTINUE DE LA SURFACE FORESTIERE
- AUGMENTATION DE LA PRODUCTIVITE
- GESTION FORESTIERE: TAUX DE PRELEVEMENT RESTE FAIBLE (49%), LE STOCK DE BOIS EN FORET AUGMENTE REGULIEREMENT.



DETTE DE CARBONE DUE A L'INTENSIFICATION ENTRE 2020-2050



0 CONSERVE SON STOCK INITIAL DE CARBONE
EN FORÊT PENDANT TOUTE LA PÉRIODE

+ AUGMENTE LE STOCK

0 CONSERVE SON STOCK INITIAL DE CARBONE EN
PRODUITS (SELON LA DURÉE DE VIE)

- LIBÈRE DU CARBONE DUE À L'EXPLOITATION DU
BOIS ET LA TRANSFORMATION

+ FIXE DU CARBONE PAR LE REOUELLEMENT DE LA
SURFACE

- LIBÈRE DU CARBONE LORS DES TRAVAUX DE
RENOUVELLEMENT

+ ECONOMISE DU CARBONE EN LIMITANT
L'UTILISATION D'AUTRES MATERIAUX

A photograph of two large, mature trees with dense green foliage standing on a grassy hill. The sky is blue with scattered white and grey clouds. The word 'CONCLUSIONS' is overlaid in white text on the left tree.

CONCLUSIONS

ENJEU ÉCOLOGIQUE & ÉCONOMIQUE PLANÉTAIRE

LEVIERS D'ATTÉNUATION DES EFFETS DU CC

MAINTIEN FRAGILISÉ PAR LE CC



CONCLUSIONS

MÉCANISMES PROPRES D'ADAPTATION AU CC

MÉCANISMES ADAPTATIFS ACTIFS PAR LE PASSE..... ET
AUJOURD'HUI

NÉCESSITÉ D'ACTION VOLONTARISTES DE L'HOMME



CONCLUSIONS

SOURCE DE CARBONE DANS L'HEMISPHERE SUD

PUITS DE CARBONE DANS L'HEMISPHERE NORD

A COURT TERME STOCKAGE EN FORET PLUS EFFICACE
QUE STOCKAGE EN MATERIAU

Sous la direction d'Hervé LE TREUT

Les impacts du changement climatique en Aquitaine

<https://www.acclimaterra.fr/rapport-page-menu/>

ANTICIPER LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN NOUVELLE-AQUITAINE

POUR AGIR
DANS LES TERRITOIRES



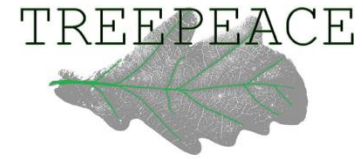
<https://www.videezy.com/free-video/seed>

AUX ARBRES CITOYENS !!



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.