

L' origine et l' adaptation du chêne en peuplements relictuels par l' approche génétique

Résultats du projet AQUAREL

Séminaire: À la recherche de sources de semences pour des chênes adaptés au climat

Fribourg, 22.09.2025



Promu par



Porteur du projet



Plan de la présentation



- 01. Introduction : Facteurs évolutifs façonnant la variation génétique, hypothèses du projet AQUAREL
- 02. Méthodes : Analyses génétiques et essais en plein champ (dispositifs contrôlés)
- 03. Origine et autochtonie du chêne en peuplements relictuels (étude utilisant des marqueurs moléculaires)

- 04. Identité spécifique et hybridation dans nos peuplements (marqueurs moléculaires)
- 05. Adaptation : résultat de la sélection naturelle passée (tests de descendance, étude génomique)
- 06. Conclusions et perspectives: peuplements relictuels – source de graines climato-résilientes ?

1

Introduction : Facteurs évolutifs façonnant la variation génétique, hypothèses du projet AQUAREL

Introduction

Qu'est-ce qui façonne la variation génétique des arbres forestiers ?

Effets des différents facteurs évolutifs :

- **Dérive génétique** : Modifications aléatoires (stochastiques) de la composition génétique au fil des générations. → Petite taille des populations : effet de dérive plus marqué.
- **Migration ou flux génique** (via graines, pollen) peut compenser la dérive. → Efficace chez les espèces anémophiles comme les chênes.
- **Sélection naturelle** : Favorise les caractéristiques génétiques avantageuses dans un environnement donné.

Tempête de pollen, Jasper NP, Canada

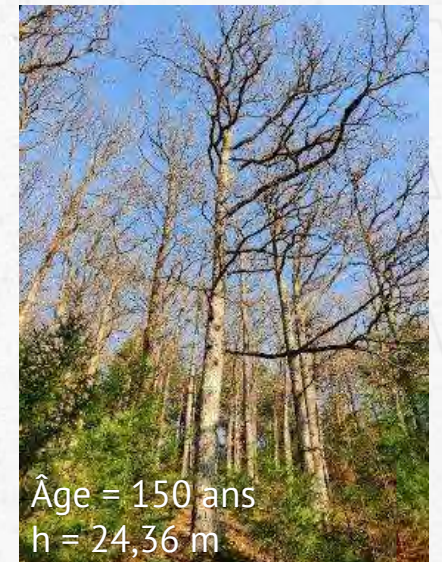
Photo :
Sikander
(Wikipedia),
CC-BY-SA-4.0

Geai
des
chênes

Peuplements voisins de
chênes sessiles sur des
sites contrastés près de
Staufen (Allemagne)



Âge = 120 ans
h = 9,22m



Âge = 150 ans
h = 24,36 m

Photos (bas) :
Ch. Neophytou

Pourquoi étudier le chêne dans des peuplements relictuels?

Nos hypothèses et questions dans le cadre du projet AQUAREL:

- **Autochtonie** : Les chênes se sont reproduits sur place pendant de nombreuses générations (conditions de faible accessibilité et productivité → absence de plantations).
- **Adaptation** : Comme ces chênes se sont reproduits localement au fil des générations, ils ont pu s'adapter aux conditions locales (sécheresse notamment) via la sélection naturelle.



Peuplement du chêne sessile près de Linthal



Staufen, Bade, Allemagne

Les trois espèces de chênes indigènes de notre zone d'étude (Europe Centrale)

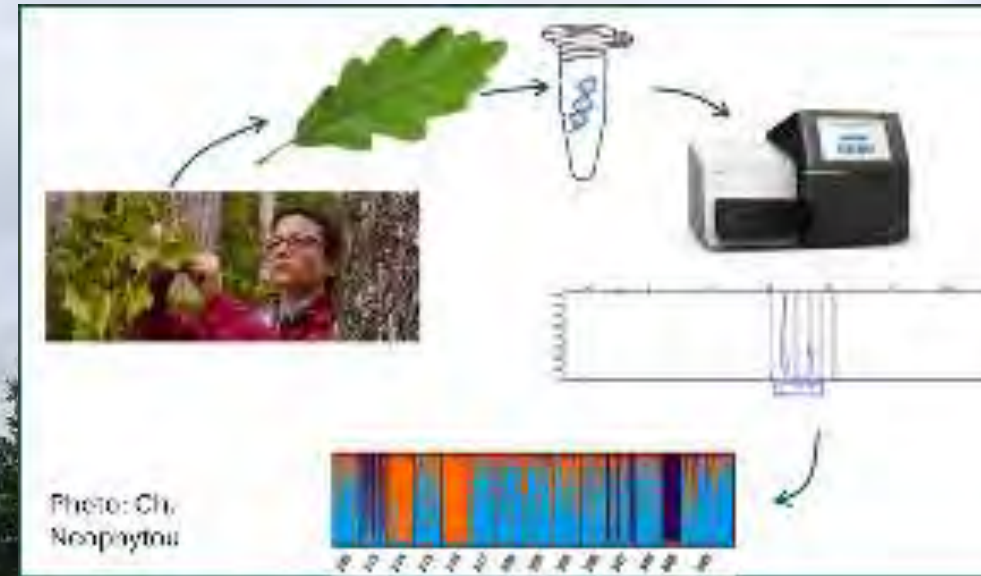


- Chêne sessile (*Quercus petraea* Matt. Liebl.) : sur sol bien drainé, peut mieux tolérer l'ombre que les autres deux espèces.
- Chêne pubescent (*Q. pubescens* Willd.) : présence rare (plutôt une espèce subméditerranéenne), milieux secs et calcaires
- Chêne pédonculé (*Q. robur* L.) : peut tolérer l'humidité stagnante, caractère pionnier plus marqué que le chêne sessile

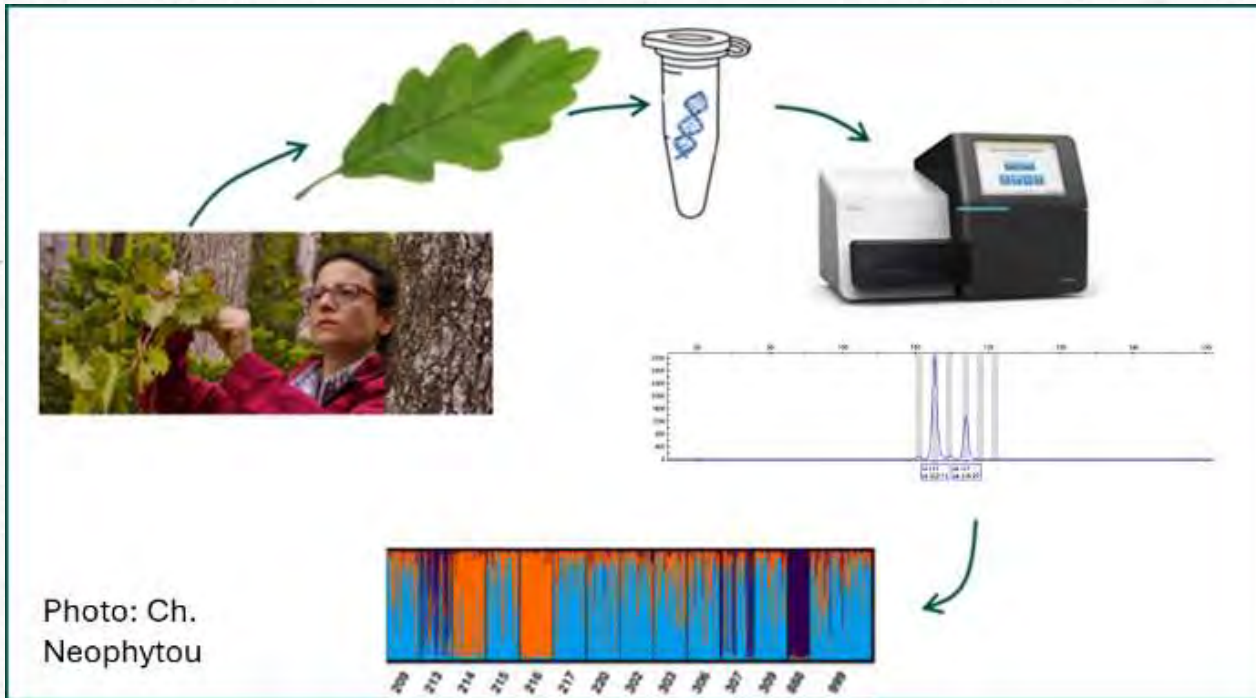
2

Méthodes : Analyses génétiques et essais en plein champ (dispositifs contrôlés)

Marqueurs moléculaires, approche génomique, jardins communs



Génétique des populations : approche par marqueurs moléculaires



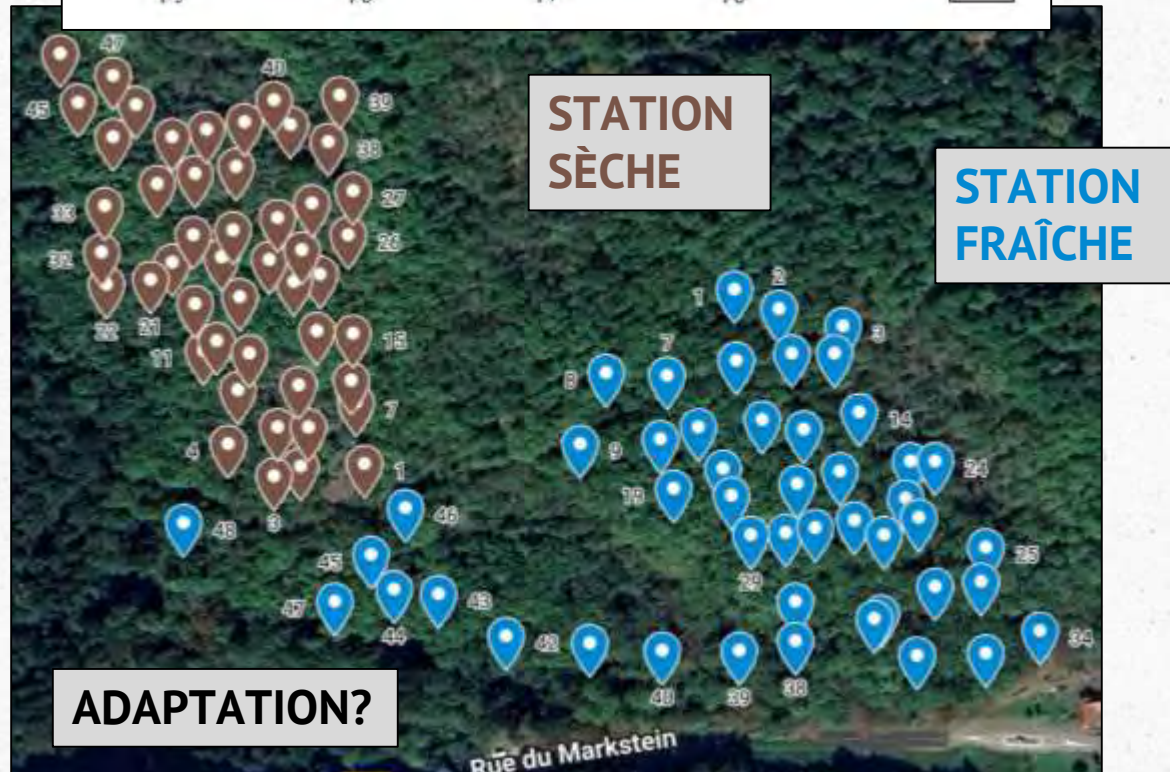
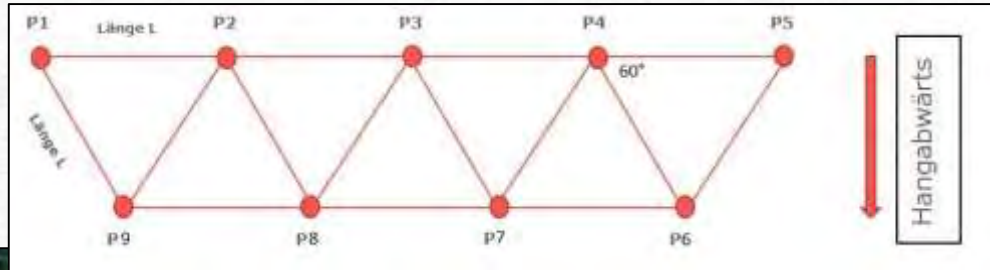
Démarche expérimentale :

- Collecte d'échantillons : tissus végétaux (feuilles, bourgeons)
- Extraction d'ADN
- Amplification par PCR :
Cibles → loci hautement variables (marqueurs moléculaires)
- Analyse génétique des populations :
Diversité génétique, structure génétique (groupes/clusters)
- Approche génomique (signatures d'adaptation locale)

Collecte d'échantillons pour l'analyse génétique: un exemple (Linthal)

Collecte des échantillons :

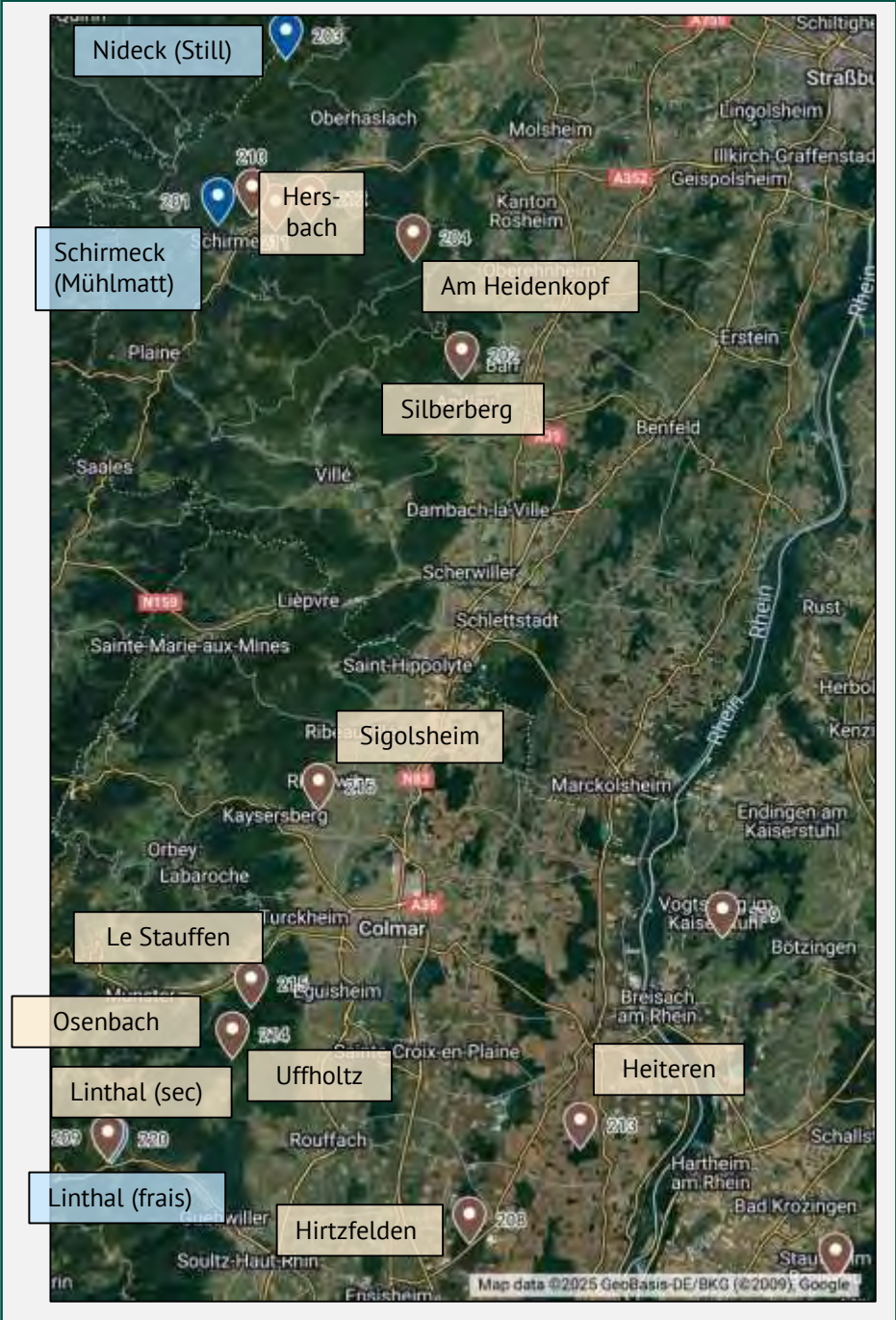
- Dispositif en quinconce: Longueur de côté du triangle ca. 25-30 m (dépendant de la hauteur des chênes)
- Le chêne le plus proche de chaque angle a été échantillonné
- Pourquoi?
 - i) Répartition équilibrée
 - ii) Éviter des structures familiaires



Peuplements étudiés : Projet AQUAREL



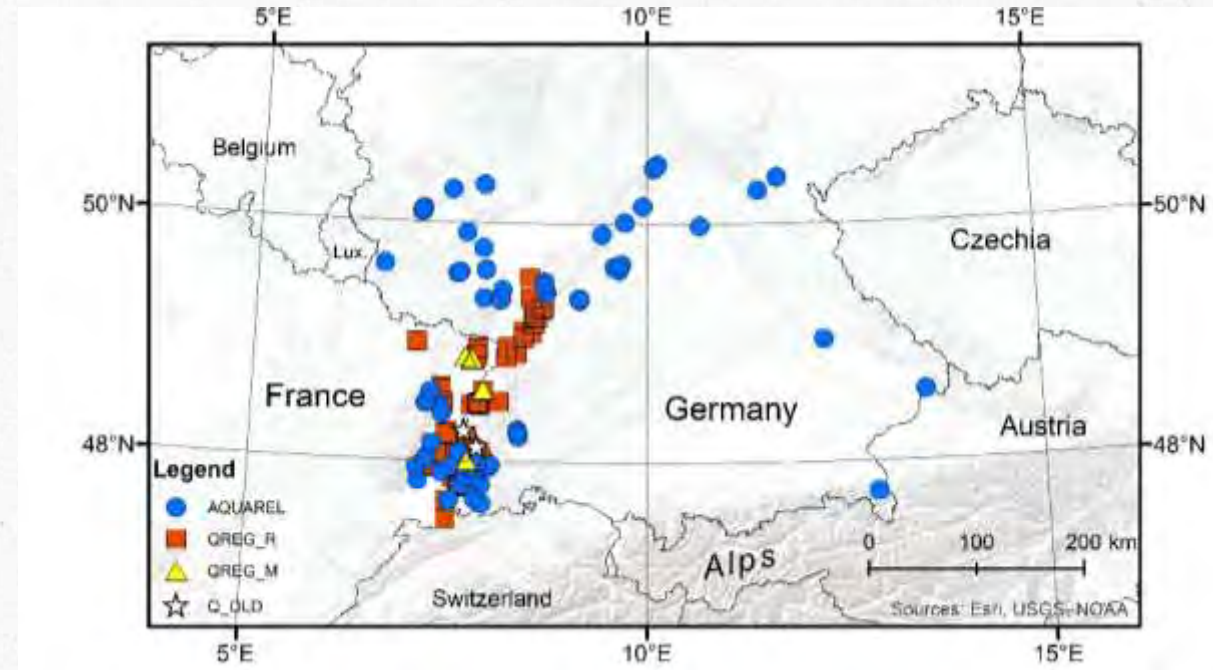
64 peuplements (13 en Alsace)
2489 individus (495 en Alsace)



ID du peuplement	Nom du peuplement	Station	Nombre d'individus échantillonnés
201	Schirmeck (Mühl matt)	fraîche	41
202	Silberberg	sèche	8
203	Nideck (Still)	fraîche	8
204	Am Heidenkopf	sèche	8
208	Hirtzfelden	sèche	48
209	Linthal	sèche	48
210	Hersbach	sèche	48
213	Heiteren	sèche	48
214	Osenbach	sèche	48
215	Le Stauffen	sèche	48
216	Sigolsheim	sèche	48
217	Uffholtz	sèche	47
220	Linthal frisch	fraîche	47

Comparaison avec des peuplements gérés (projet QREG)

- 86 peuplements **gérés** échantillonnés entre 2009 et 2012 (projet QREG) dans le Rhin supérieur (D, F): dont
 - 38 en première éclaircie (établis après la 2^{ème} guerre mondiale),
 - 48 peuplements anciens (établis avant la 2^{ème} guerre mondiale, principalement des anciens taillis).
- **Mêmes marqueurs génétiques**



Mooswald, Freiburg



Westhoffen, Bas Rhin

Photos: Ch. Neophytou

Nos marqueurs moléculaires :

i) Marqueurs de l'ADN chloroplastique

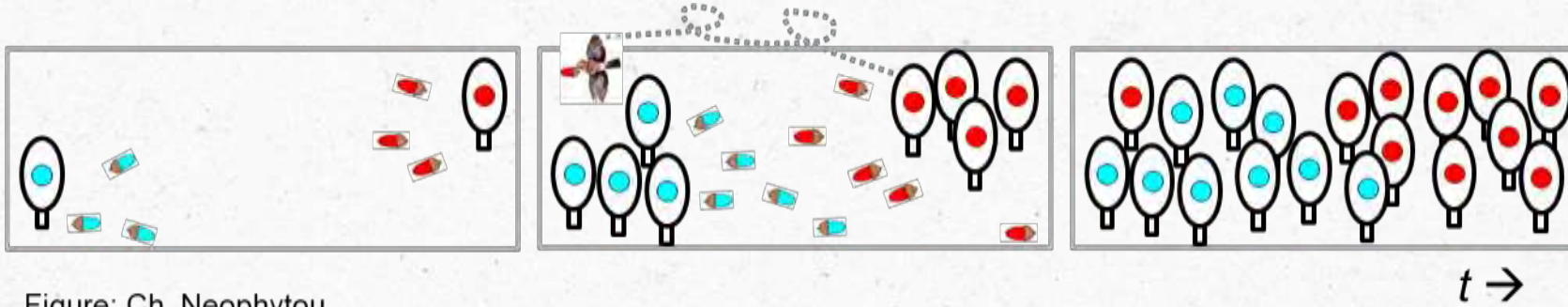
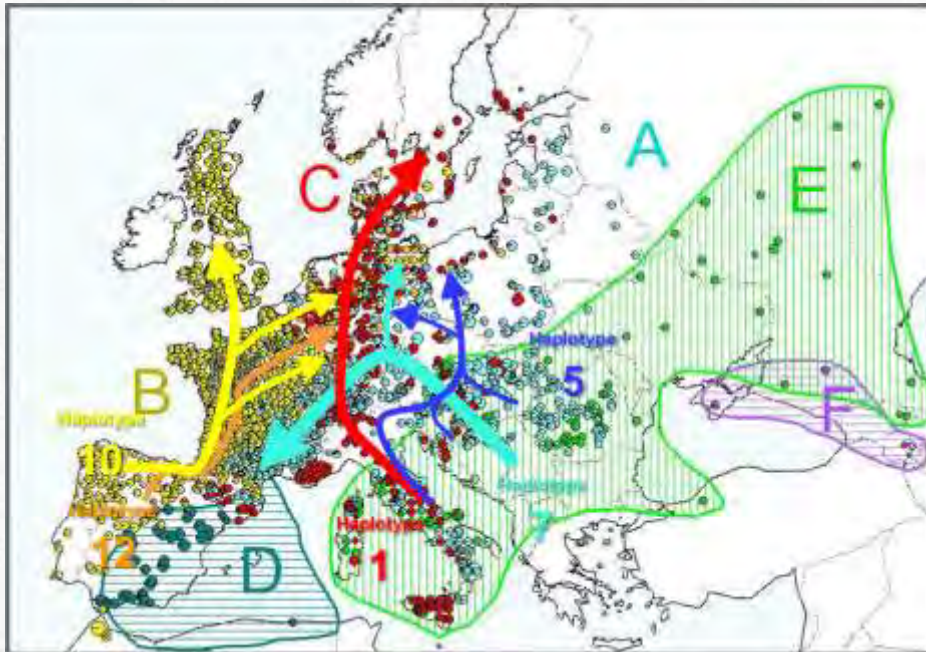


Figure: Ch. Neophytou

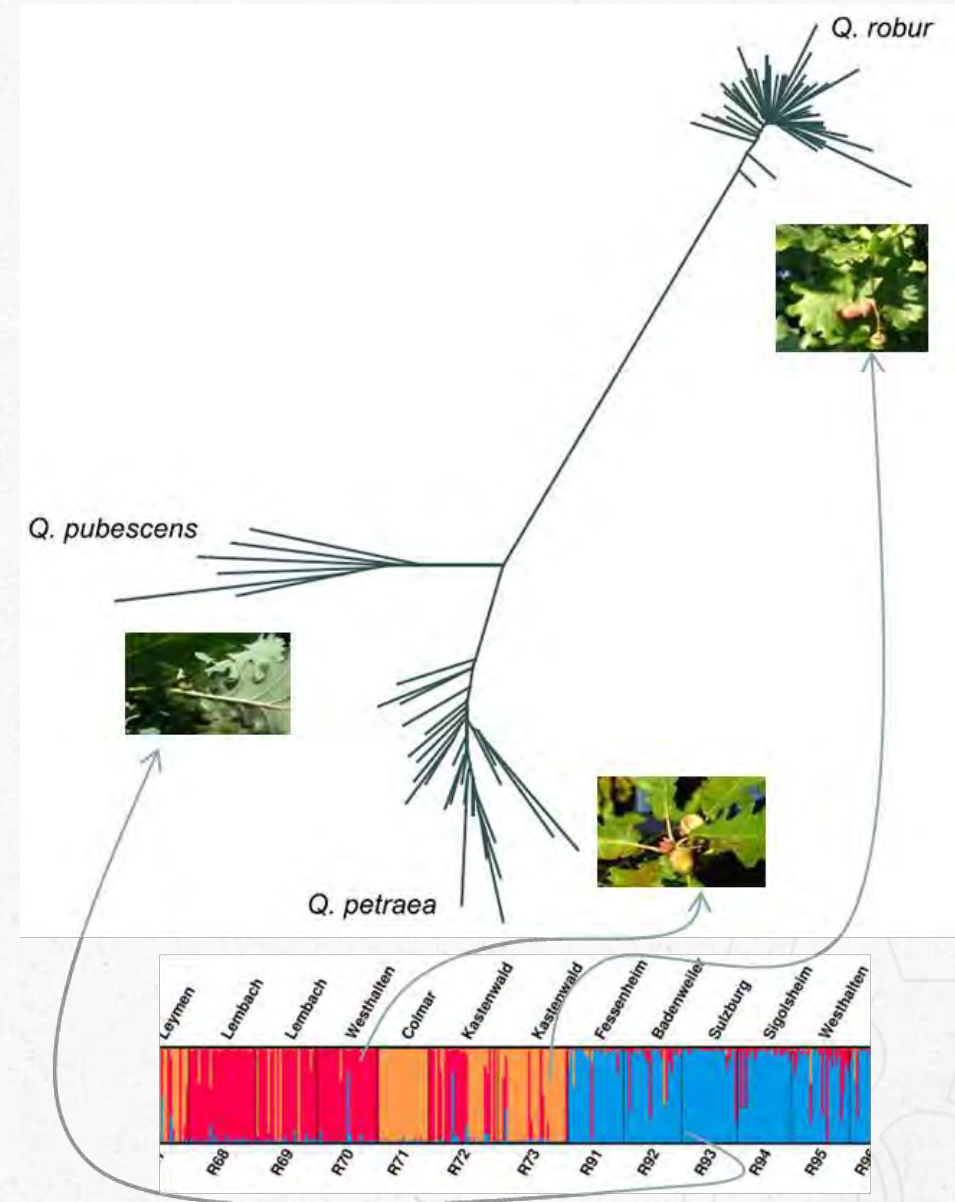


- Héritage maternel: transmission par la gravité ou par des animaux (dissémination limitée)
- Pas de recombinaison: le même type (haplotype) reste inchangé sur de nombreuses générations (« fossile génétique »)
- Traceur de l'histoire : Reconstruction des voies de recolonisation postglaciaire → question de l'autochtonie

Nos marqueurs moléculaires :

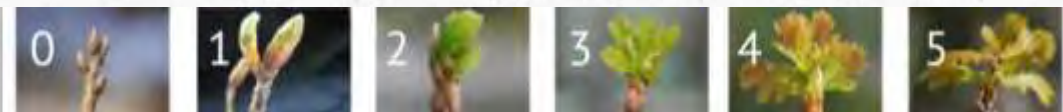
ii) Marqueurs de l'ADN nucléaire

- Héritage biparental: transmission par le pollen (vent) et les graines (gravité, animaux)
- Recombinaison: mélange des génomes parentaux, diversité unique pour chaque arbre
- Identification de l'espèce et hybridation

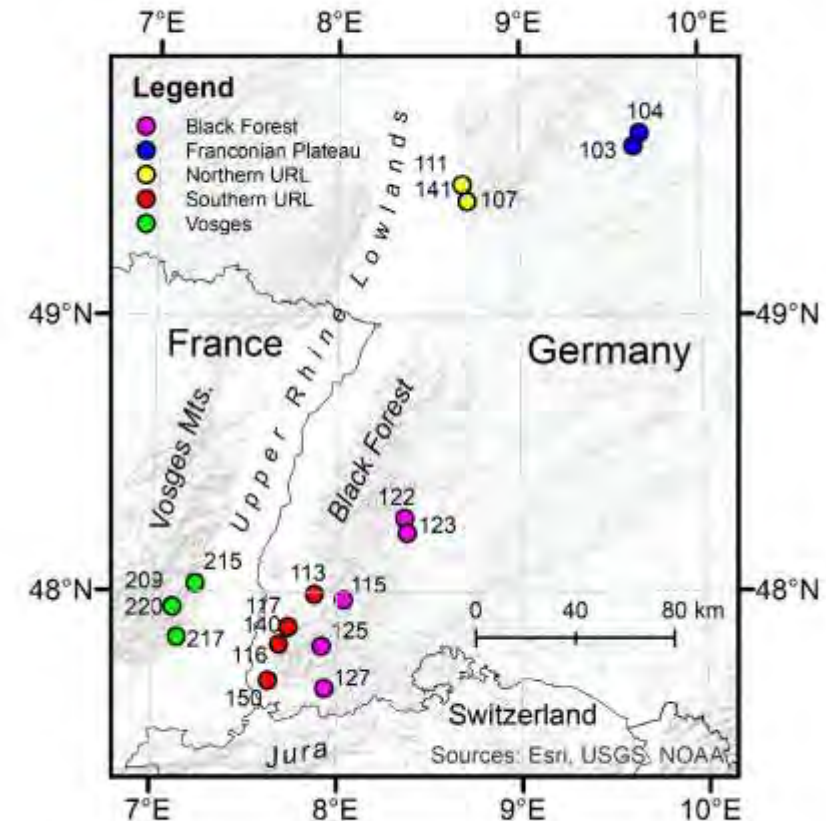


Étude de l'adaptation locale (projet AQUAREL)

- Approche génomique: **signatures de l'adaptation** dans les génomes des chênes
- Test de descendance: **différences des traits adaptatifs** entre descendances et provenances:
 - Débourrement
 - Sénescence
 - Hauteur



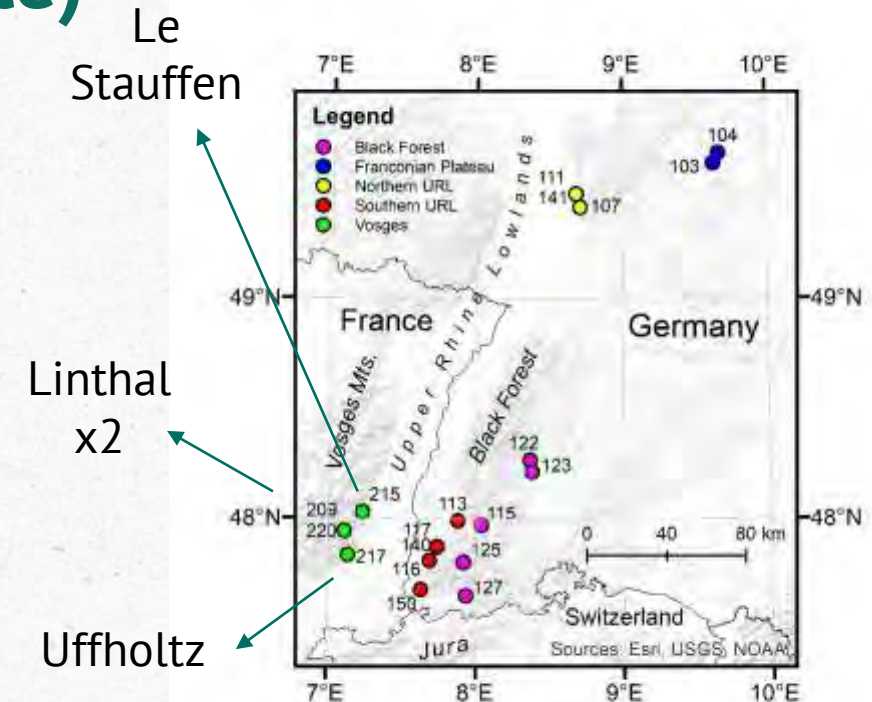
Photos: A. Kremer



Carte, photo ch. sessile: Ch. Neophytou

Essais en plein champ (chêne sessile)

- Collecte de graines: automne 2020
- 25 provenances dont 18 stations sèches / relictuelles, 7 stations productives
- Semis en pépinière (Fribourg): printemps 2021
- Suivi: observations phénologiques et de croissance (2021-22)
- Installation des placettes permanentes: hiver 2022-23 (3 placettes en Baden-Württemberg, Allemagne)



Losch et al. (2025) Genetic variation in seed, leaf phenology and growth performance in Sessile Oak populations (*Quercus petraea*) from Baden-Württemberg and Alsace. *Silvae Genetica* 74: 31-43.

3

Origine et autochtonie du chêne en peuplements relictuels (étude utilisant des marqueurs génétiques)

Résultats publiées



Relict stands of Central European oaks: Unravelling autochthony and genetic structure based on a multi-population study

Charalambos Neophytou ^{a,b,*}, Devrim Semizer-Cuming ^{a,c}, Hans-Gerhard Michiels ^a, Antoine Kremer ^d, Simon Jansen ^b, Barbara Fussi ^c

^a Department of Forest Nature Conservation, Forest Research Institute of Baden-Württemberg (FVA), Wonnhaldestr. 4, D-79100 Freiburg, Germany

^b Department of Forest and Soil Sciences, Institute of Silviculture, University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Peter-Jordan-Str. 82, A-1190 Vienna, Austria

^c Bavarian Office for Forest Genetics (AWG), Forstamtplatz 1, 83317 Teisendorf, Germany

^d University of Bordeaux, INRAE, BIOGECO, F-33610 Cestas, France

ARTICLE INFO

Keywords:

Quercus petraea
Quercus pubescens
Quercus robur
Microsatellites
Genetic diversity
Gene conservation

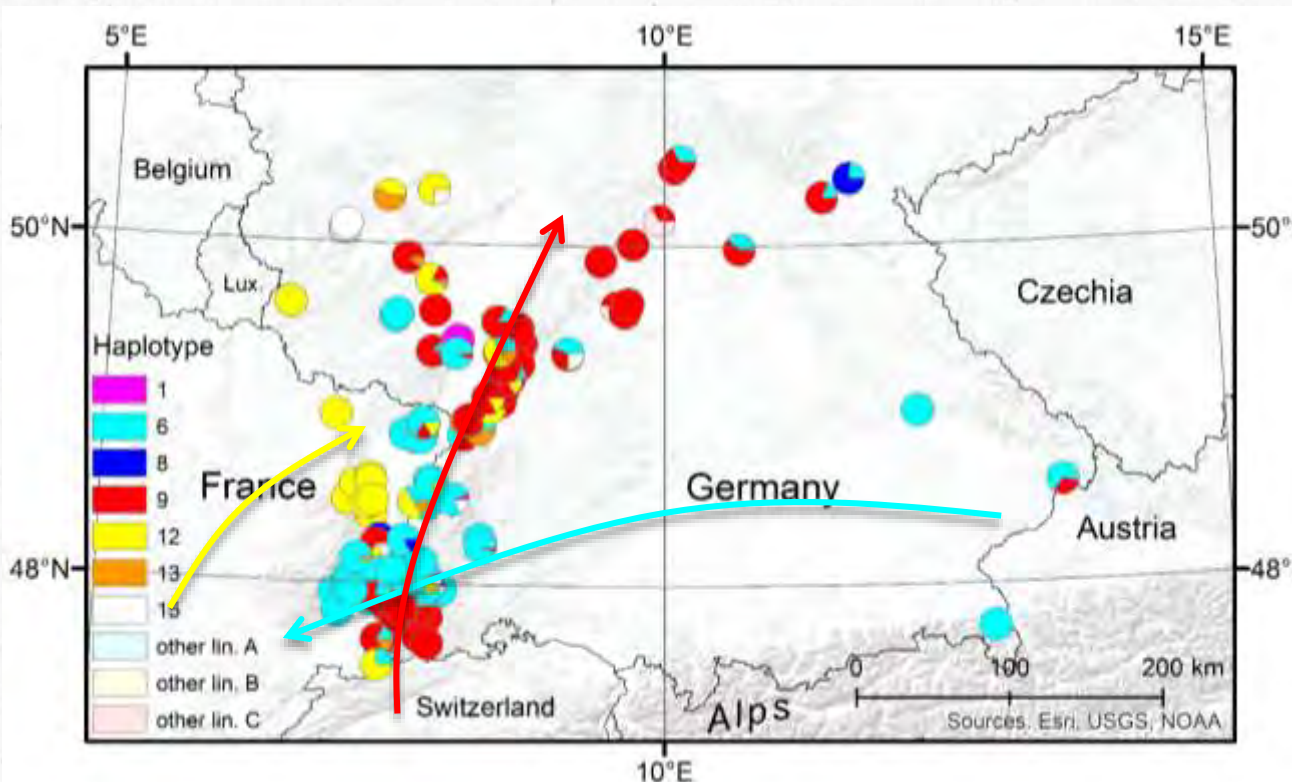
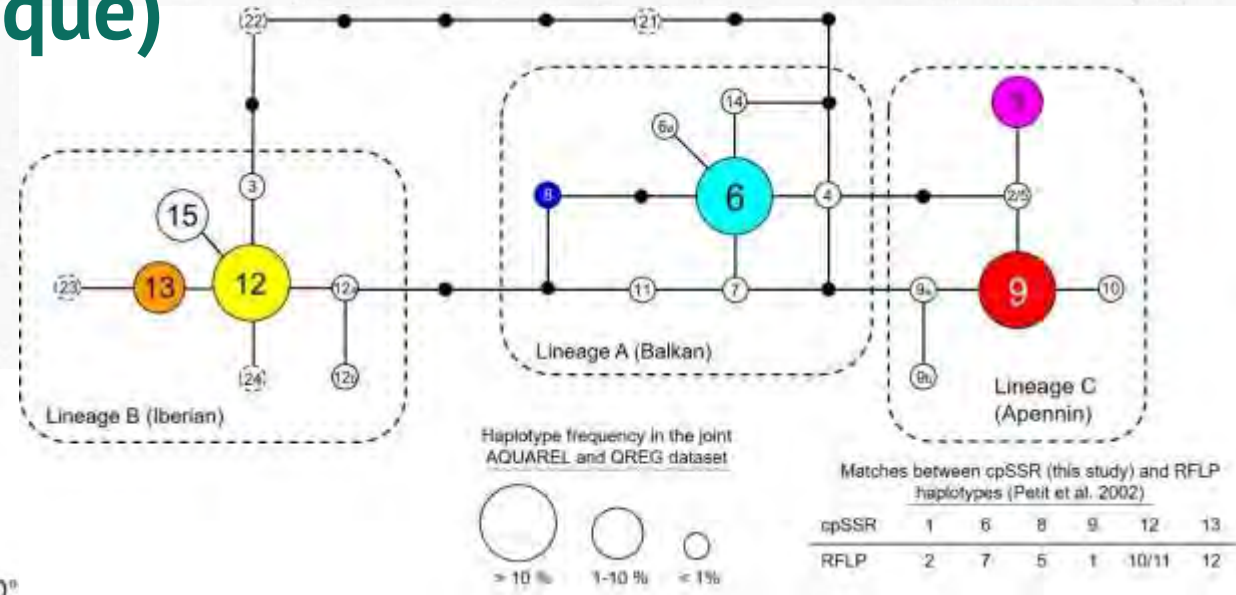
ABSTRACT

Central European white oaks expanded rapidly after the last glacial period and reached their current distribution range during the early Holocene. They have been an important resource of timber, fuelwood and animal feed for humans, who actively promoted their presence in forests and other landscape types at least since the early historical times. Besides stands with intensive management, putatively relict populations of three native oak species can be found on unproductive sites with restricted accessibility. Here, we apply chloroplast and nuclear microsatellite markers in order to address the autochthony of relict and managed stands and compare the spatial

contrary, the gene pools of *Q. petraea* and *Q. robur* are highly homogenous, displaying only weak isolation-by-distance. We found no significant differences of genetic diversity and differentiation between relict and managed stands. This suggests that seed transfer mostly occurred within our study area, even in those stands established in post-war times, verifying previous findings which point out limited human interference. We recommend consideration of population genetic structure for gene conservation, with a finer resolution of gene conservation units needed for *Q. pubescens* due to its spatial genetic structure. Both relict and old managed stands, species-pure or mixed, are suitable for conservation, as they host autochthonous gene pools. Coppice-with-standard management could contribute to preservation of autochthony. In the face of climate change, it is also important to maintain the evolutionary potential of the stands, by facilitating generative reproduction and allowing for hybridization in mixed stands.

Rhin supérieur: un carrefour des voies de recolonisation postglaciaire (ADN chloroplastique)

- Trois groupes d'haplotypes correspondant aux trois refuges glaciaires: ibérique, balkanique et italien (Apennin)



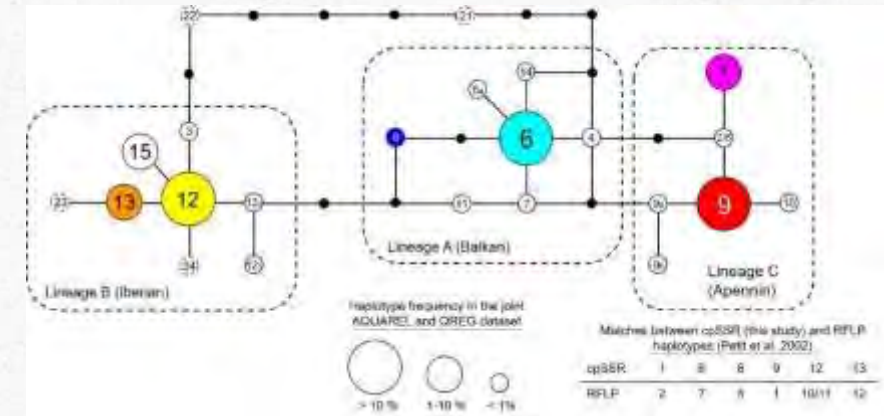
- Confluence des ces trois flux migratoires dans le couloir du Rhin supérieur
- Zone de suture génétique: diversité de l'ADN chloroplastique élevée

Haplotypes (ADNcp) dans les peuplements: Linthal

STATION
SÈCHE (209)



STATION
FRAÎCHE (220)



- 100 % haplotype 6 (1x6a)
(origine balkanique)

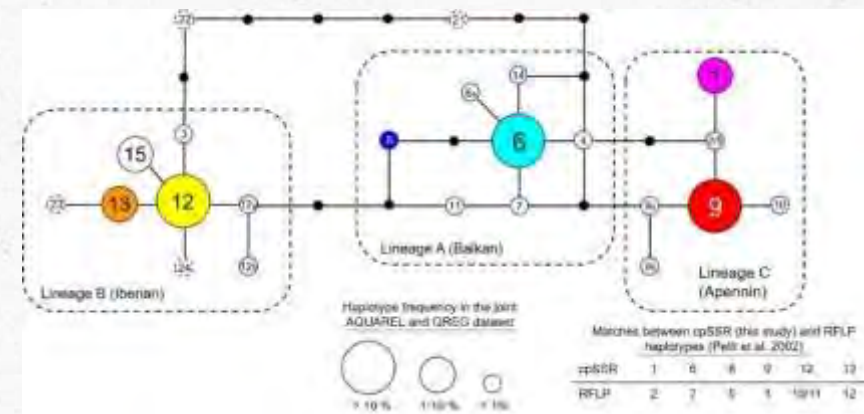
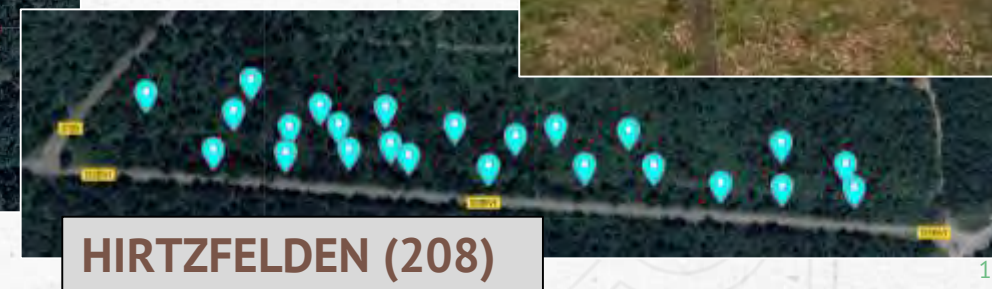


Photos: Ch. Neophytou

Haplotypes (ADNcp) dans les peuplements: Osenbach, Uffholtz, Hirtzfelden



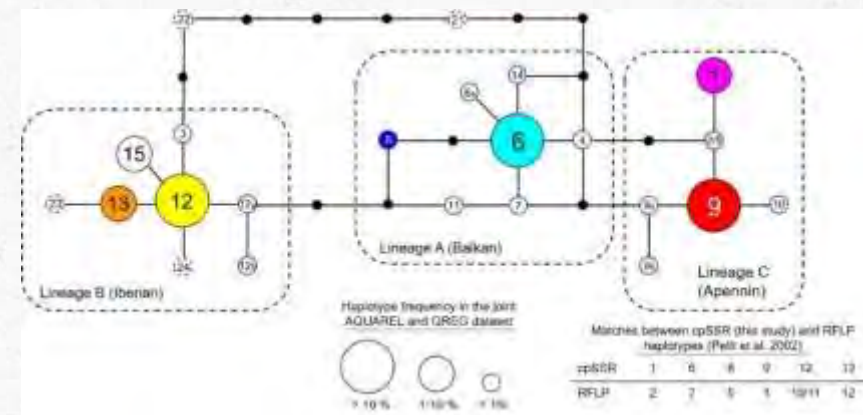
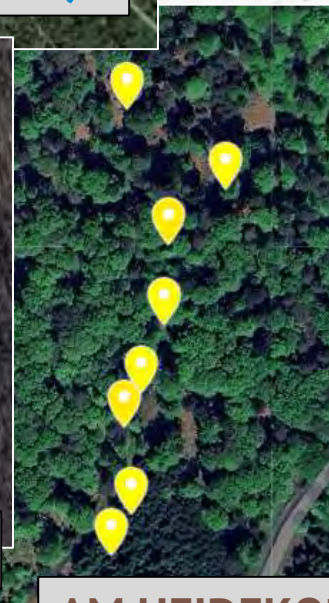
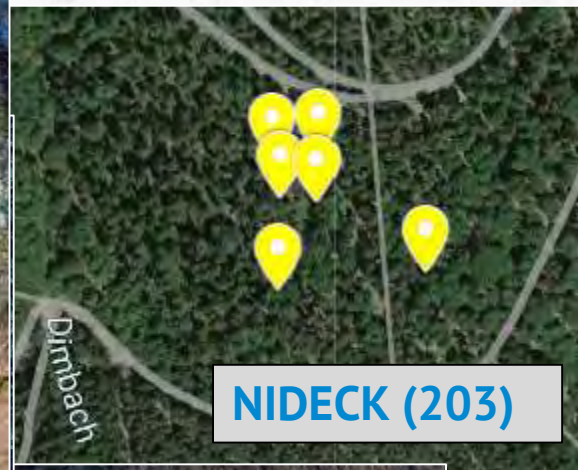
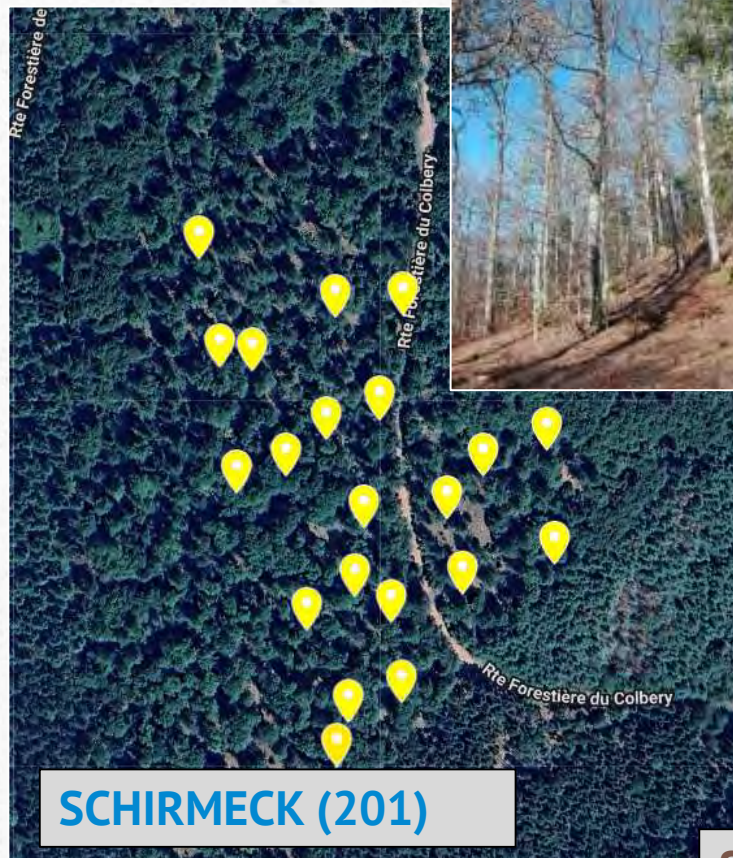
Photos: Ch. Neophytou



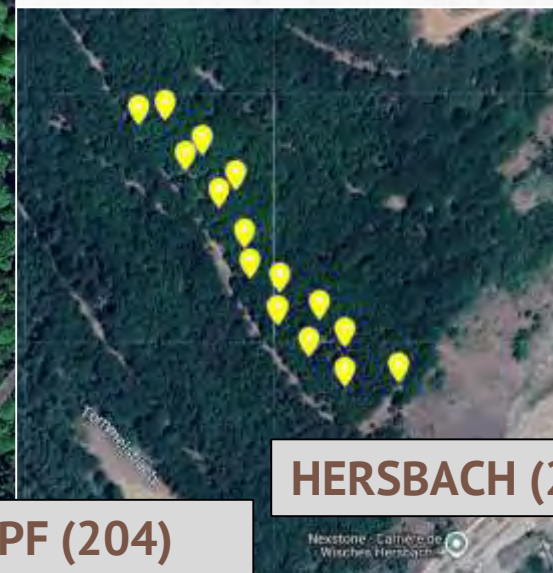
- 100 % haplotype 6 (origine balkanique)

Haplotypes (ADNcp) dans les peuplements: Vosges du nord

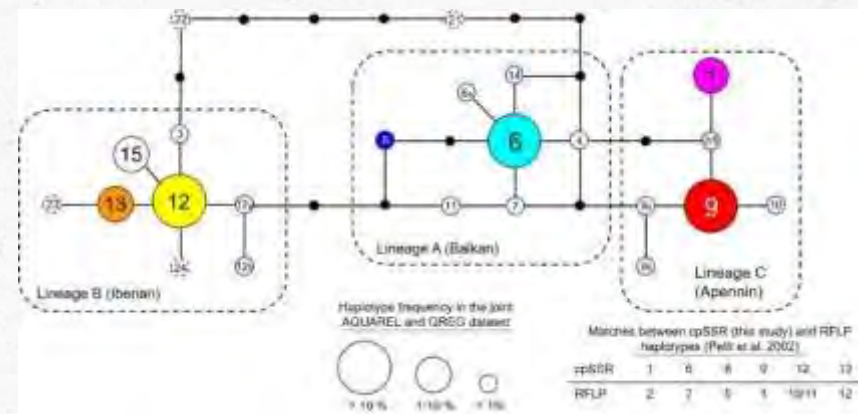
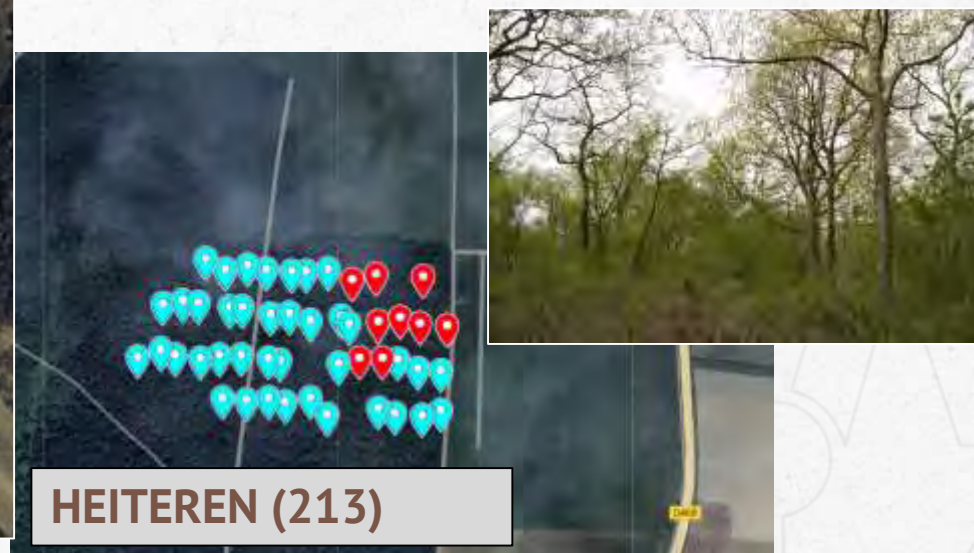
Photos: A. Braun



- 100 % haplotype 12 (origine ibérique)

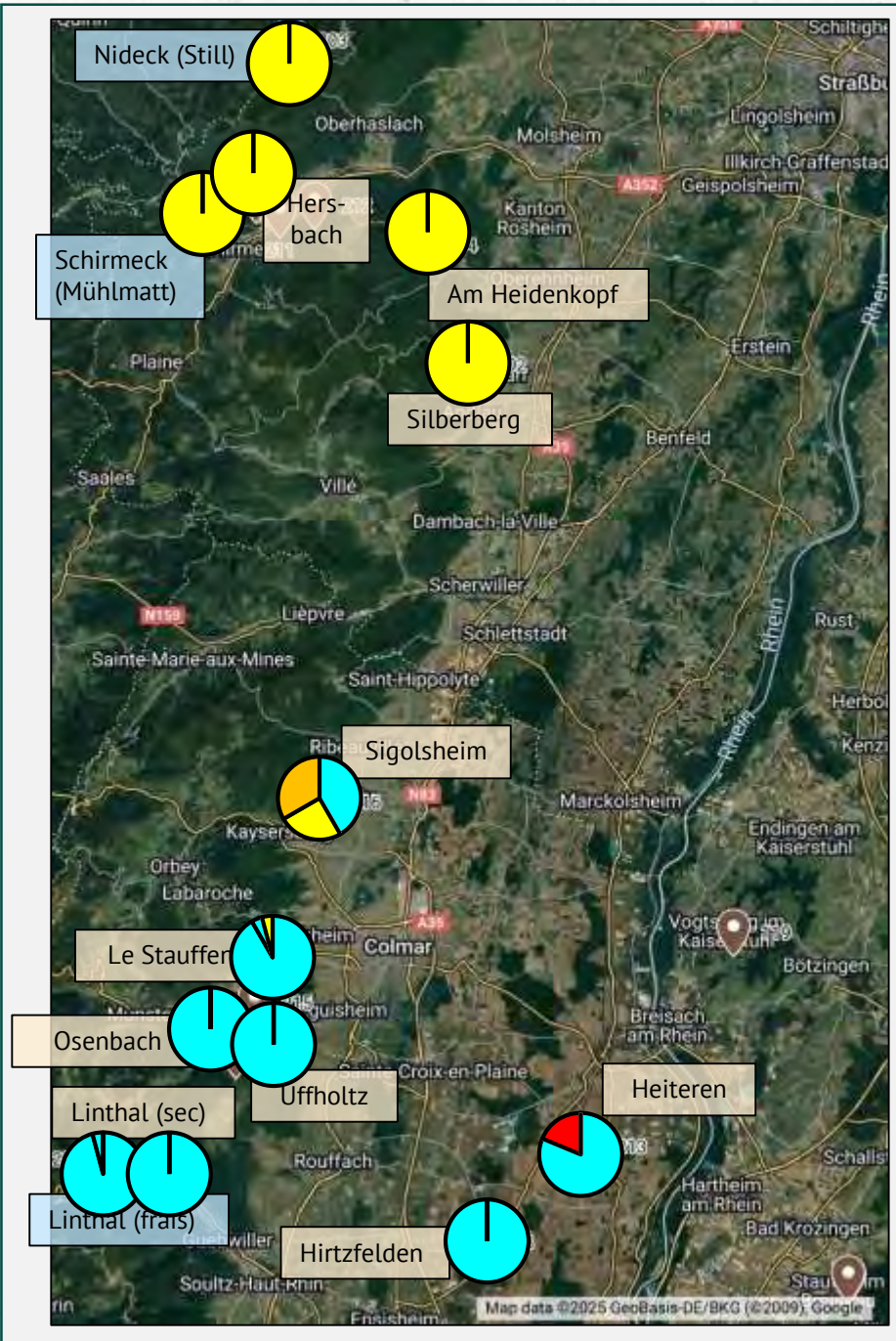


Haplotypes (ADNcp) dans les peuplements: Le Stauffen, Sigolsheim, Heiteren



- Plusieurs haplotypes (zones de contact?)

ADNcp: Prédominance des haplotypes fixes



ID	Nom	Haplotype					h _s (diversité)
		6	6a	9	12	13	
203	Nideck				6		0,000
201	Schirmeck				21		0,000
210	Hersbach				24		0,000
204	Am Heidenkopf				8		0,000
202	Silberberg				8		0,000
216	Sigolsheim	10			6	8	0,681
215	Le Stauffen	22	1		1		0,163
214	Osenbach	24					0,000
217	Uffholtz	24					0,000
209	Linthal	23	1				0,083
220	Linthal frisch	24					0,000
208	Hirtzfelden	24					0,000
213	Heiteren	39		9			0,311
							0,095

ADNcp: autochtonie préservée depuis la migration postglaciaire (66 peupl. du chêne sessile)

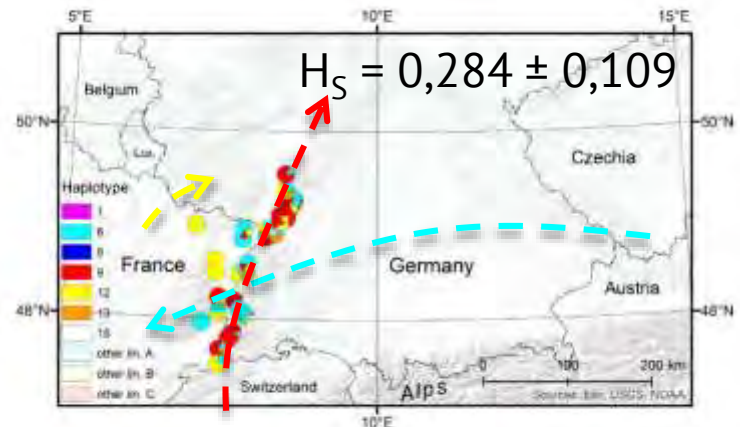
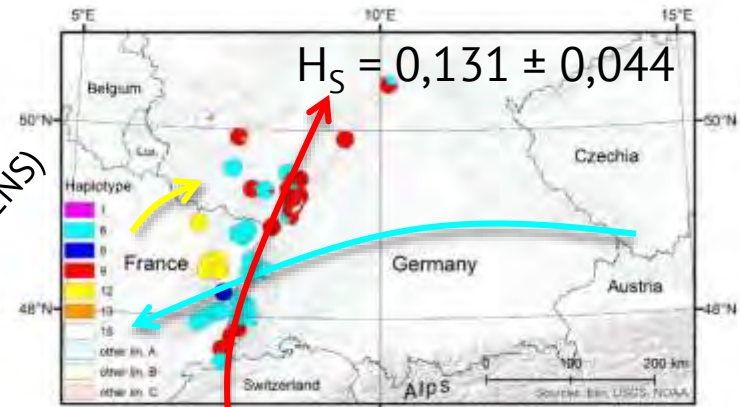
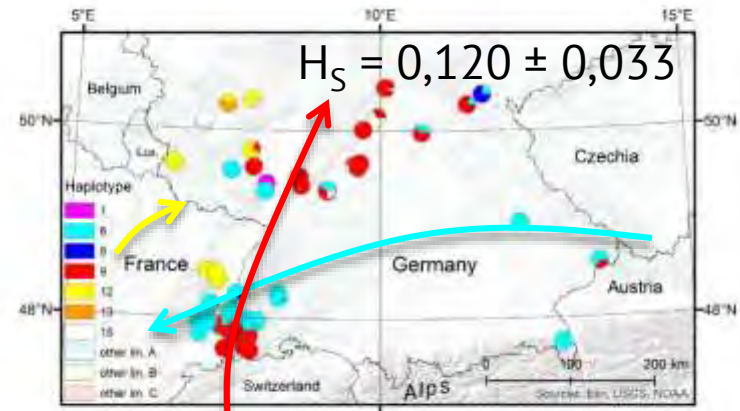


- Préservation de ces chemins de migration passée: **preuve d'autochtonie**
- Homogénéité dans les peuplements: autochtonie **préservée par gestion traditionnelle (taillis/taillis sous futaie)**
- **Mélange** de matériaux génétiques par transfert des **semences et plantations** après la 2ième guerre mondiale

PEUPLEMENTS
RELIQUEUX

PEUPLEMENTS
GÉRÉS (ANCIENS)

PEUPLEMENTS
GÉRÉS (JEUNES)



4

Identité spécifique et hybridation dans nos peuplements (marqueurs moléculaires)

Résultats publiées



Relict stands of Central European oaks: Unravelling autochthony and genetic structure based on a multi-population study

Charalambos Neophytou ^{a,b,*}, Devrim Semizer-Cuming ^{a,c}, Hans-Gerhard Michiels ^a, Antoine Kremer ^d, Simon Jansen ^b, Barbara Fussi ^c

^a Department of Forest Nature Conservation, Forest Research Institute of Baden-Württemberg (FVA), Wonnhaldestr. 4, D-79100 Freiburg, Germany

^b Department of Forest and Soil Sciences, Institute of Silviculture, University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Peter-Jordan-Str. 82, A-1190 Vienna, Austria

^c Bavarian Office for Forest Genetics (AWG), Forstamtplatz 1, 83317 Teisendorf, Germany

^d University of Bordeaux, INRAE, BIOGECO, F-33610 Cestas, France

ARTICLE INFO

Keywords:

Quercus petraea
Quercus pubescens
Quercus robur
Microsatellites
Genetic diversity
Gene conservation

ABSTRACT

Central European white oaks expanded rapidly after the last glacial period and reached their current distribution range during the early Holocene. They have been an important resource of timber, fuelwood and animal feed for humans, who actively promoted their presence in forests and other landscape types at least since the early historical times. Besides stands with intensive management, putatively relict populations of three native oak species can be found on unproductive sites with restricted accessibility. Here, we apply chloroplast and nuclear microsatellite markers in order to address the autochthony of relict and managed stands and compare the spatial

contrary, the gene pools of *Q. petraea* and *Q. robur* are highly homogenous, displaying only weak isolation-by-distance. We found no significant differences of genetic diversity and differentiation between relict and managed stands. This suggests that seed transfer mostly occurred within our study area, even in those stands established in post-war times, verifying previous findings which point out limited human interference. We recommend consideration of population genetic structure for gene conservation, with a finer resolution of gene conservation units needed for *Q. pubescens* due to its spatial genetic structure. Both relict and old managed stands, species-pure or mixed, are suitable for conservation, as they host autochthonous gene pools. Coppice-with-standard management could contribute to preservation of autochthony. In the face of climate change, it is also important to maintain the evolutionary potential of the stands, by facilitating generative reproduction and allowing for hybridization in mixed stands.

ADN nucléaire et identité spécifique: peuplements dominés par le chêne sessile

Pop. ID	Nom	Chêne sessile	Chêne sessile (introgressé)	Chêne pédonculé	Hybride putatif	N
201	Schirmeck	38	3			41
202	Silberberg	8				8
203	Nideck	8				8
204	Am Heidenkopf	8				8
209	Linthal sec	46	1		1	48
210	Hersbach	45	2	1		48
215	Le Stauffen	45	3			48
217	Uffholtz	46			1	47
220	Lintal frais	44	3			47

Neophytou et al. (2024) Relict stands of Central European oaks: Unravelling autochthony and genetic structure based on a multi-population study. Forest Ecology and Management 551: 121554.



ADN nucléaire et identité spécifique: peuplements avec du chêne pubescent



Pop. ID	Nom	Chêne sessile	Chêne sessile (introgressé)	Chêne pedonculé (introgressé)	Chêne pubescent	Chêne pubescent (introgressé)	Hybride putatif	N
208	Hirtzfelden	7	5	1	13	11	11	48
214	Osenbach		2		31	12	3	48
216	Sigolsheim				48			48

- Sigolsheim: 100 % ch. pub.
- Deux peuplements avec du chêne pubescent, chêne sessile et beaucoup de génotypes intermédiaires (introgression, hybrides putatifs)



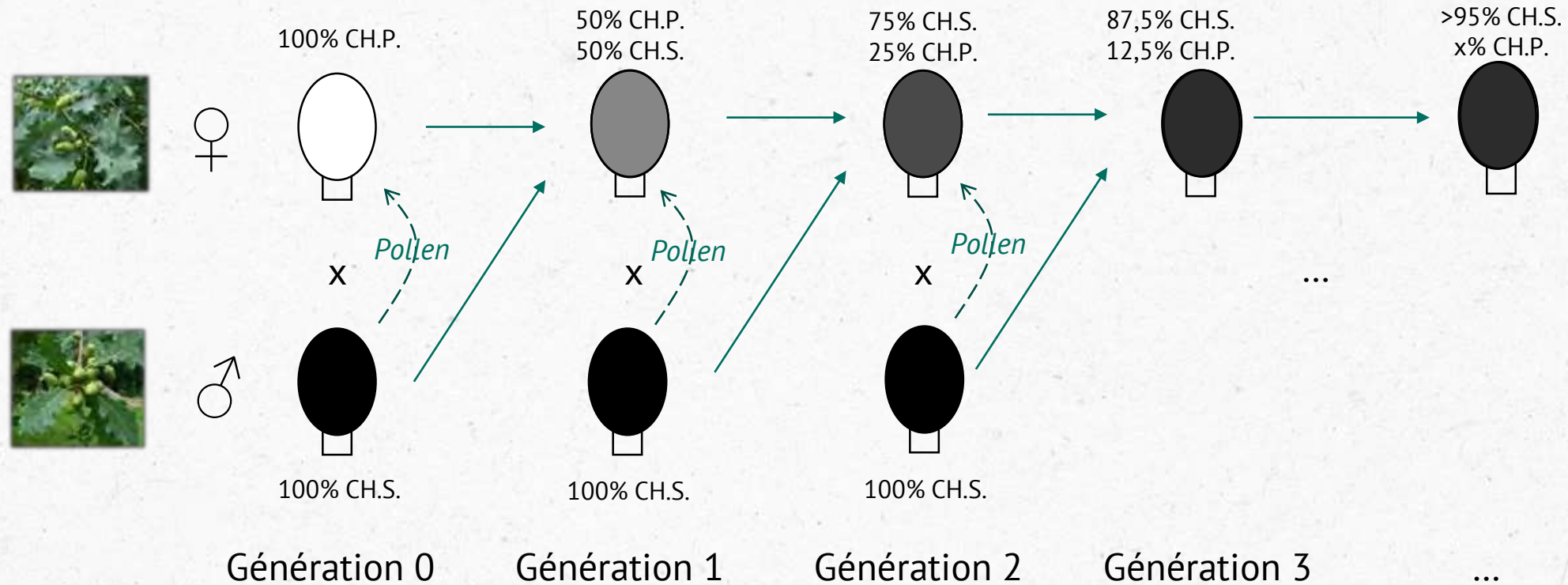
ADN nucléaire et identité spécifique: peuplements avec du chêne pedonculé

Pop. ID	Nom	Chêne sessile	Chêne sessile (introgressé)	Chêne pedonculé	Chêne pedonculé (introgressé)	Hybride putatif	N
213	Heiteren	17	8	10	7	6	48

- Heiteren: chêne sessile, chêne sessile et beaucoup de génotypes intermédiaires (introgression, hybrides putatifs)

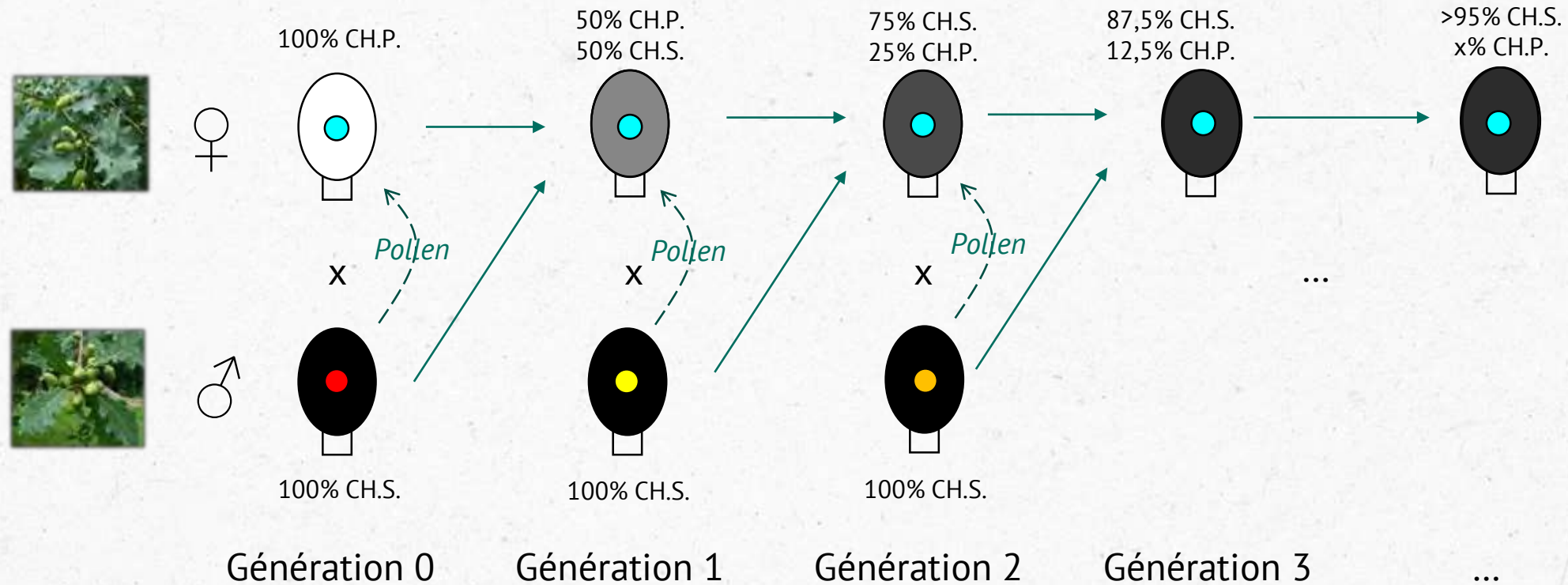


Hybridation et introgression entre les espèces (exemple)



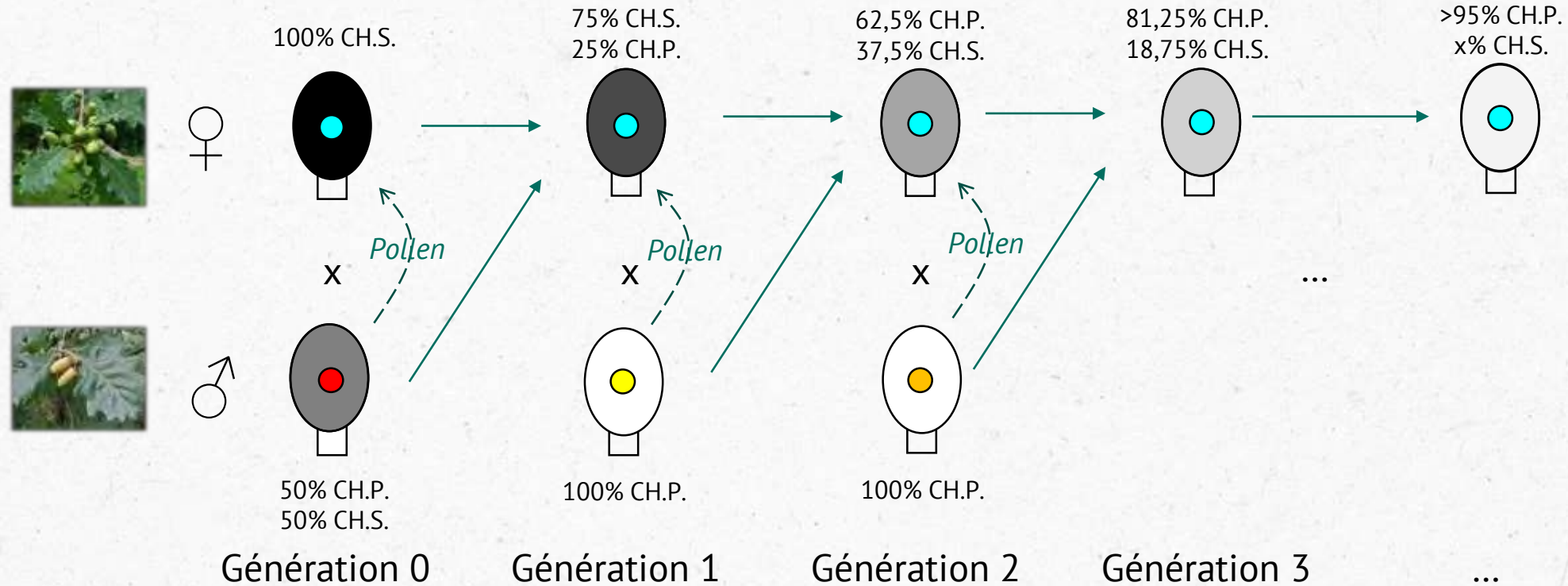
- Un « chêne sessile introgressé » est donc majoritairement un chêne sessile, mais avec des morceaux d'ADN de chêne pédonculé (ou pubescent) qui se sont transmis dans son génome.
- La lignée maternelle du chêne sessile introgressé remonte à un chêne pédonculé pur!

Hybridation et introgression entre les espèces (exemple)



- L'ADN chloroplastique est transmis exclusivement par voie maternelle (via la graine)!
- Échange de l'ADN chloroplastique entre espèces par hybridation sur plusieurs générations! Une espèce peut migrer via le pollen!

Hybridation et introgression entre les espèces (exemple)



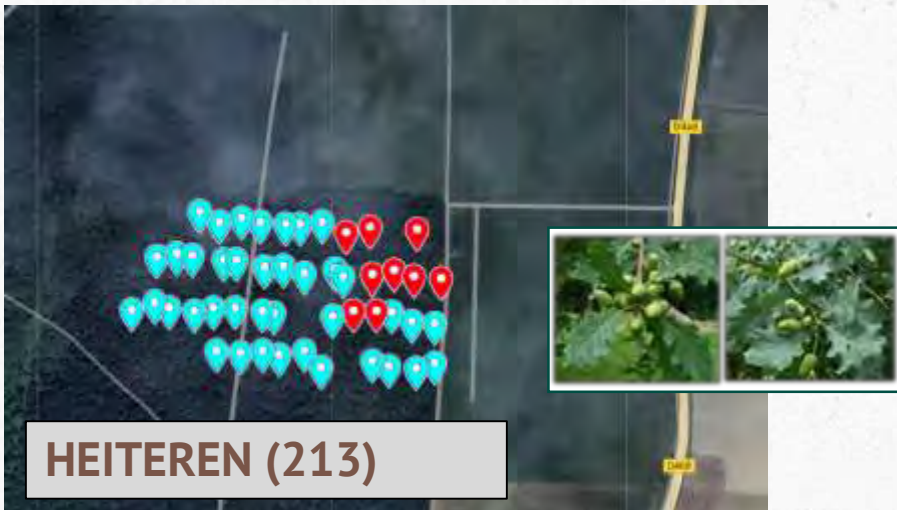
- De tels échanges peuvent se produire entre nos trois espèces étudiées (chêne sessile, pédonculé et pubescent)

Petit, R. J., Bodénès, C., Ducousso, A., Roussel, G., & Kremer, A. (2004). Hybridization as a mechanism of invasion in oaks. *New Phytologist*, 161(1), 151-164.

Hybridation et introgression : un processus ancien et toujours actif à Hirtzfelden et Heiteren



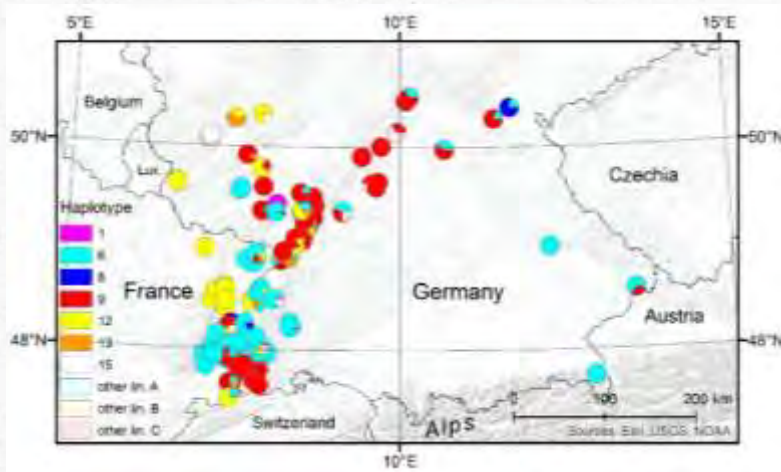
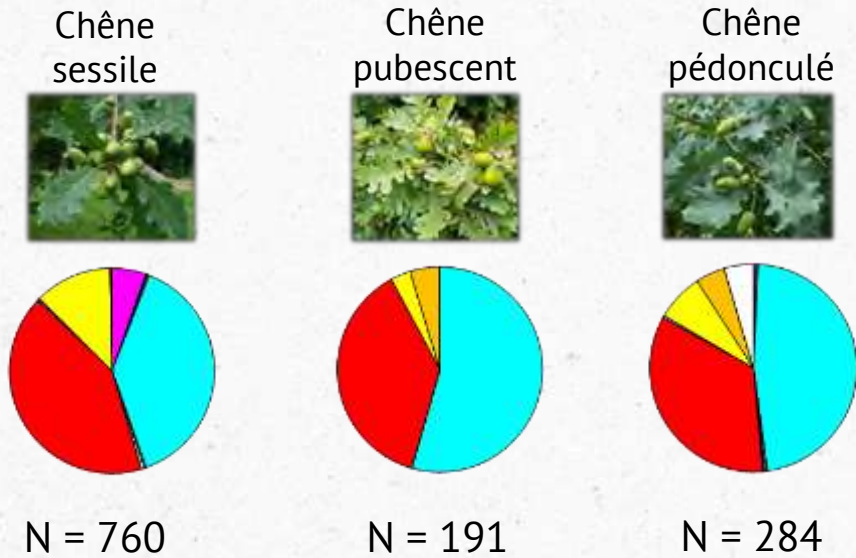
Carte: haplotypes de l'ADN chloroplastique



- Hirtzfelden: tous les chênes possèdent le même haplotype (ADN chloroplastique) indépendamment de leur identité taxonomique
- Heiteren: deux haplotypes partagés entre les espèces et leurs hybrides
- Echange des haplotypes et présence des hybrides → **caractère relictuelle des ces chênaies mixtes**

L'hybridation : un processus évolutif important

Rhin supérieur



- Les haplotypes sont partagés entre les espèces: à petite échelle (Hirtzfelden, Heiteren), à l'échelle régionale et à grande échelle
- L'hybridation s'est produite à plusieurs reprises après la recolonisation post-glaciaire
- L'hybridation est un mécanisme évolutif important car elle permet aux espèces d'échanger des caractères potentiellement adaptatifs

5

Variation in seed traits, leaf phenology and growth performance among sessile oak provenances from Baden-Württemberg and Alsace

Nora Losch¹, Katrin Heer¹, Benjamin Dudschuss¹, Devrim Semizer-Cuming^{2,3}, Hans-Gerhard Michiels², Charalambos Neophytou^{2*}

¹Department of Forest Genetics, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Bertoldstr. 17, 79098 Freiburg, Germany

²Department of Forest Conservation, Forest Research Institute (FVA) of Baden-Württemberg, Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg, Germany

³Bavarian Office for Forest Genetics (AWG), Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf, Germany

*Corresponding Author: e-mail: charalambos.neophytou@forst.bwl.de

Adaptation : résultat de la sélection naturelle passée (tests de descendance, étude génomique)

Résultats publiées

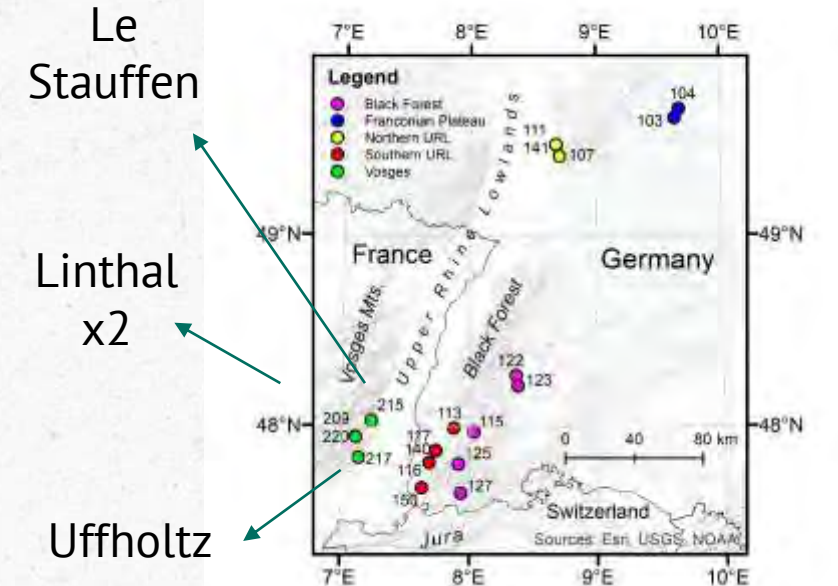
Given the long lifespan of forest trees, their adaptation to climate change may lag behind the pace of global warming. In this context, it is crucial to explore the variation of fitness-related traits. Our study focuses on assessing the adaptive potential of sessile oak (*Quercus petraea*), specifically concerning seed characteristics, as well as leaf phenology and growth performance of seedlings. To investigate this, we conducted a common garden experiment using seeds sampled from 15 relict and four regularly managed sessile oak provenances in Baden-Württemberg, Germany, and Alsace, France. We observed dif-

As global warming is rapidly progressing, there is an urgent need to establish vital and sustainable forests (Keenan, 2015; Lindner et al., 2010). For this purpose, species with high capability to cope with rapidly changing environmental conditions are needed. Being ecologically diverse and less prone to drought and heat, oaks (genus *Quercus*) are expected to play an important role in increasing the climate-resilience of temperate forests in the Northern Hemisphere, particularly in Europe (Hanewinkel et al., 2013). At the within-species level, it is crucial to explore variation in fitness-related traits in order to

Peuplements relictuels et autochthones: sont-ils également adaptés aux conditions stationnelles locales?

- Semences collectées dans les peuplements d'origine (peuplements d'étude)
- Les descendances poussent sous conditions stationnelles communes (pépinière à Fribourg: 2021-23, trois placettes permanentes établis en hiver 2023-2024 pour observations à long terme)

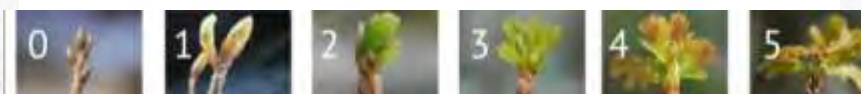
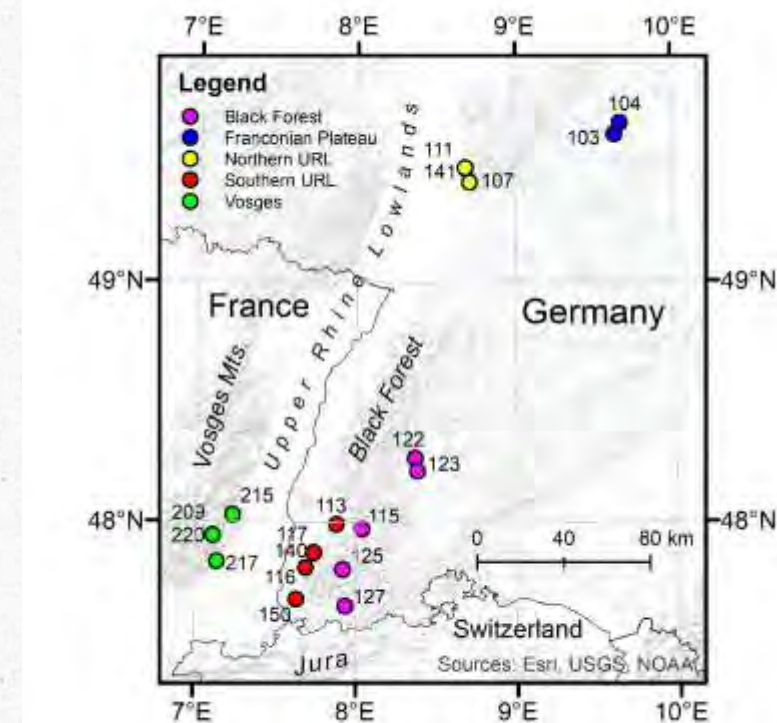
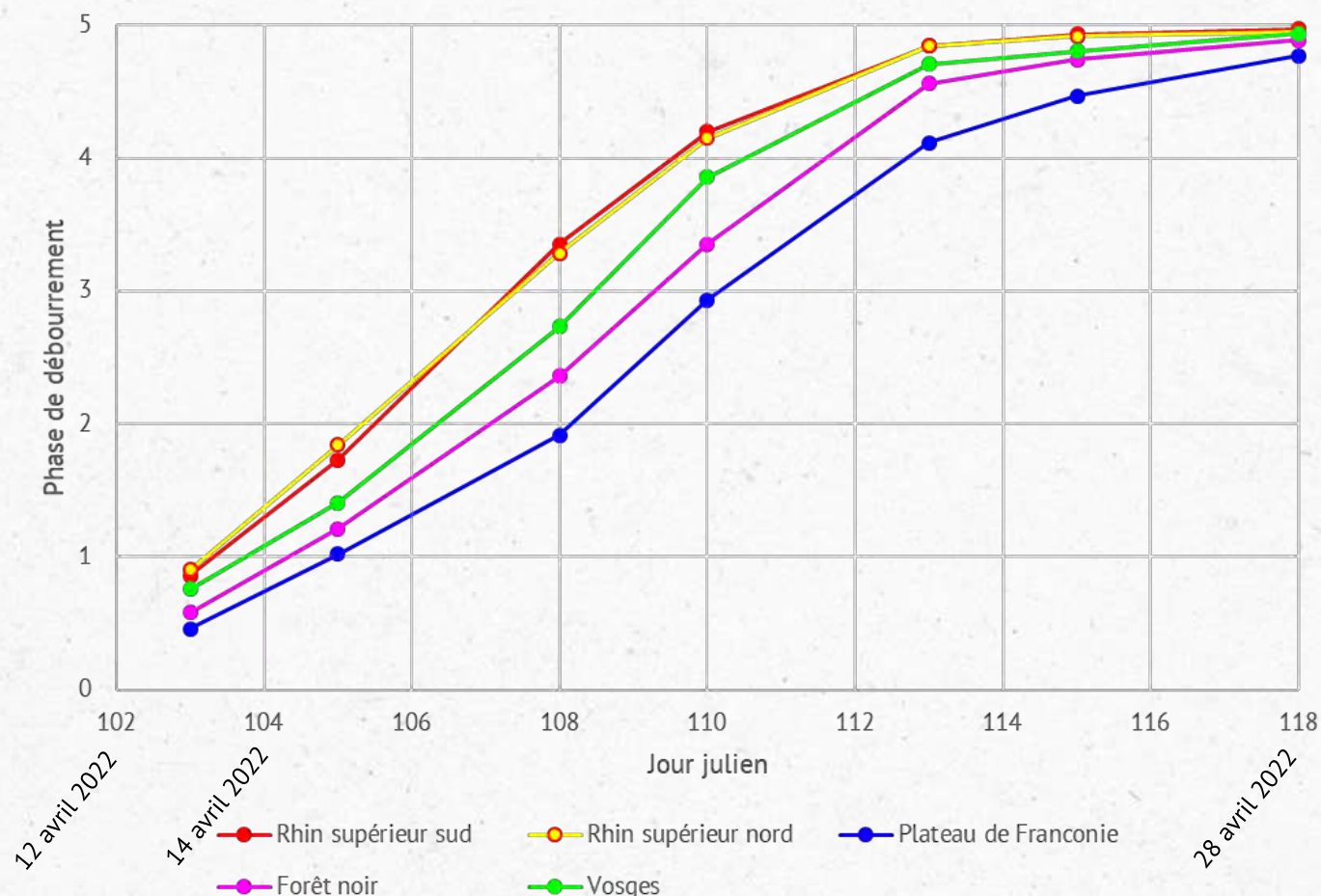
→ Différences entre provenances résultent de l'adaptation locale des peuplements d'origine (sélection → adaptation génétique)



Pépinière à Fribourg, Photo Ch. Neophytou

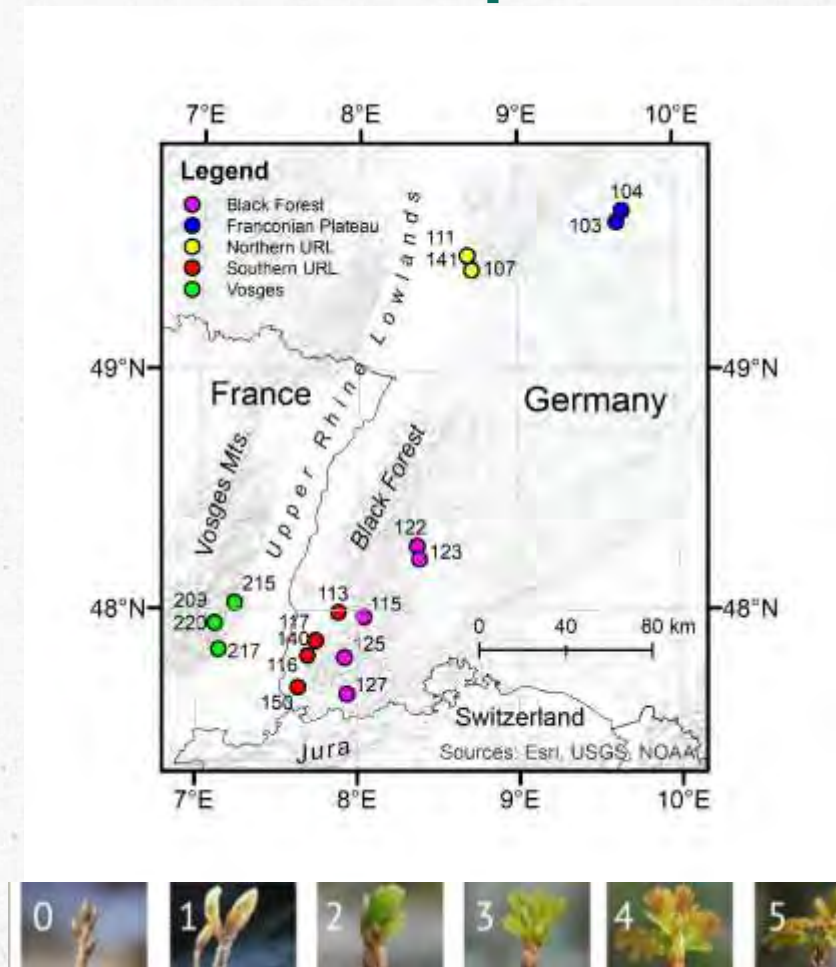
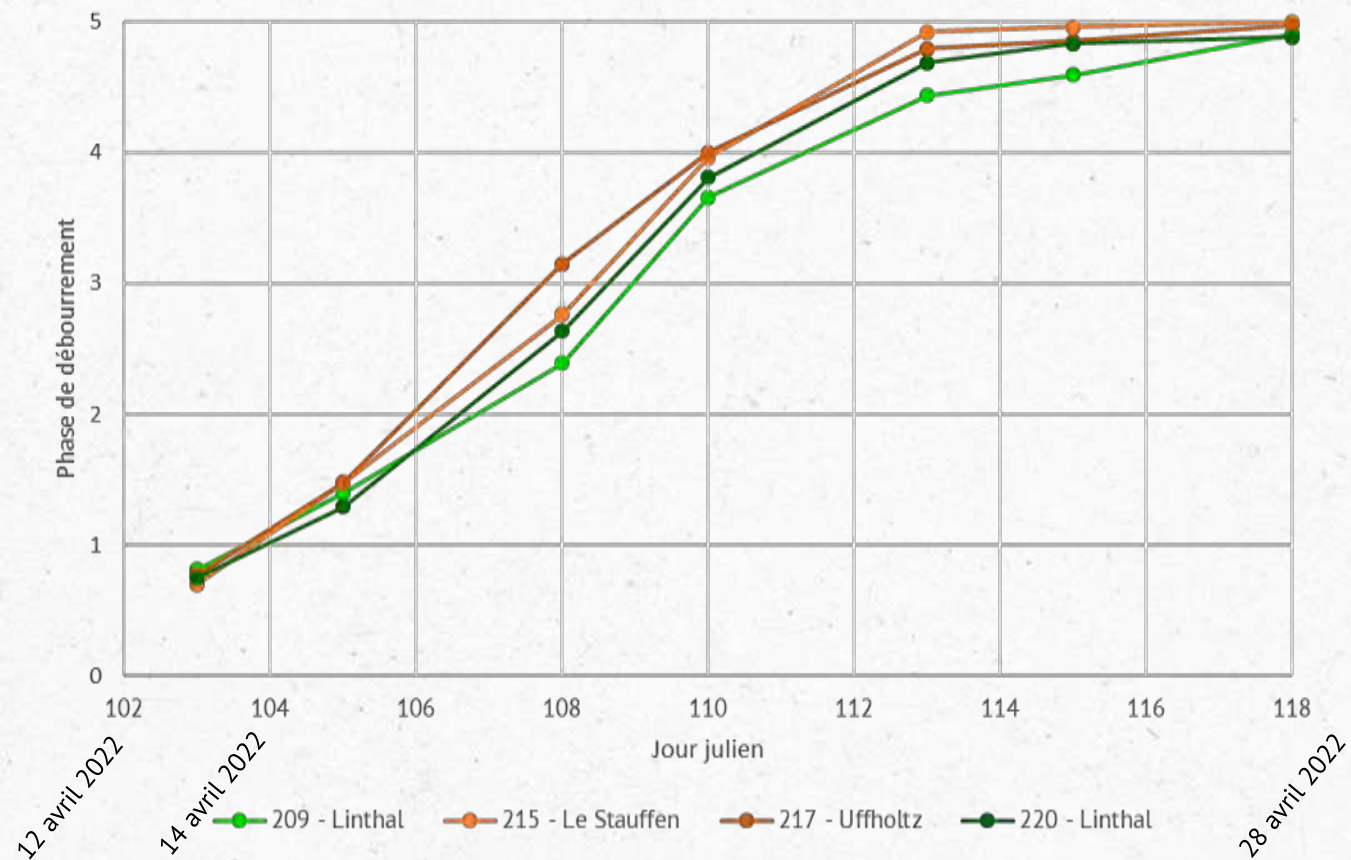
Losch et al. (2025) Genetic variation in seed, leaf phenology and growth performance in Sessile Oak populations (*Quercus petraea*) from Baden-Württemberg and Alsace. *Silvae Genetica* 74: 31-43.

Débourrement tardif ou précoce: adaptation climatique?



- Vosges: débourrement intermédiaire (plaine du Rhin Supérieur: précoce, Forêt Noire et Plâteau de Franconie: tardif), différences entre groupes jusqu'à trois jours, **altitude haute -> débourrement tardif**

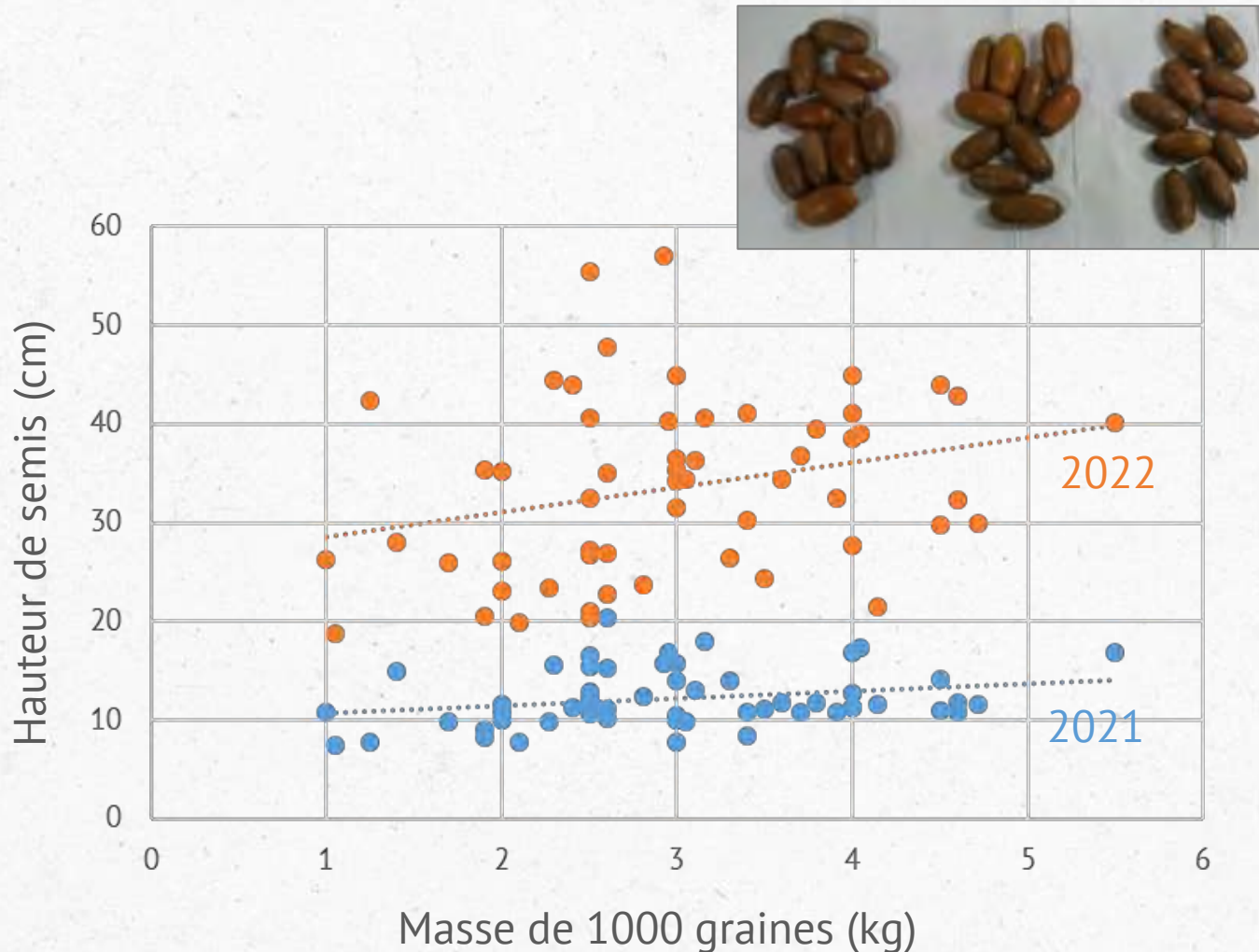
Débourrement: absence de différence de entre les quatre provenances vosgiennes



- Les différences d'altitude entre les provenances étaient minimales

ID	Nom	Altitude (m)
209	Linthal sec	603
220	Linthal frais	552
215	Uffholtz	783
217	Le Stauffen	731

Corrélation positive entre la masse de graines et l'hauteur des semis



- Les semis issus de graines lourdes ont présenté une croissance plus vigoureuse au cours des deux premières années après le semis
- Nous supposons que des **effets maternelles** ont un impact majeur sur la croissance des jeunes plants (**croissance juvénile**)
- Nous nous attendons à ce que les **différences génétiques** entre provenances—c'est-à-dire leur adaptation locale—deviennent de plus en plus visibles avec l'âge des arbres (**croissance adulte**)

Placettes permanentes: suivi à long terme

Évaluer l'effet du génotype (provenance) et de l'environnement (site de la placette) sur la croissance et la vigueur des plantes

Walldorf

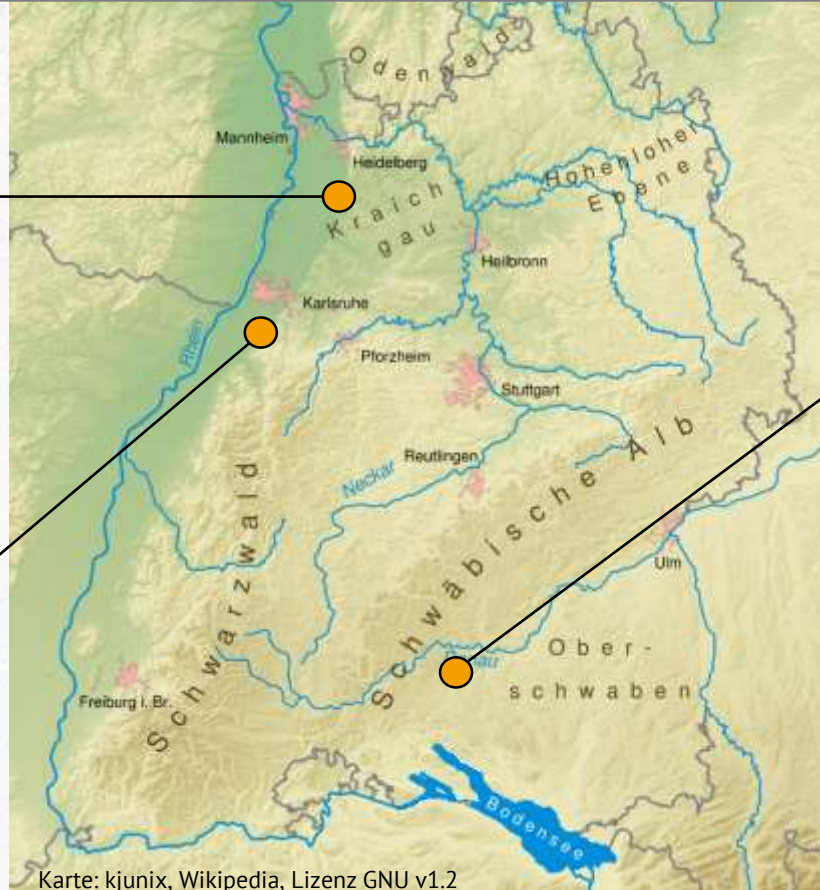


Climat doux,
sol sablé

Durmernheim



Climat doux,
sol limoné



Leibertingen

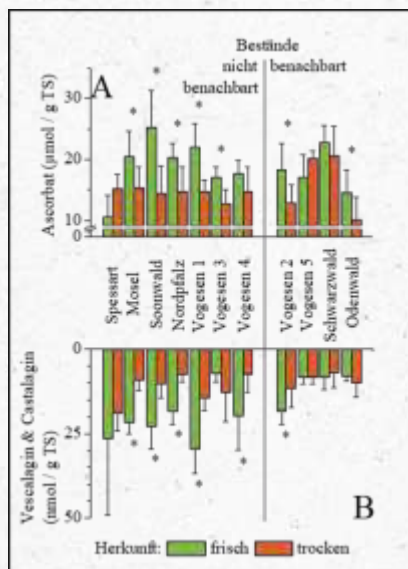


Climat froid,
sol limoné

Tester l'hypothèse de
l'adaptation locale

Photos: Jakob Wittkamp

Adaptation locale : preuves préliminaires obtenues, validation à long terme nécessaire



- Phénologie adaptée au climat et effets de la qualité des graines (effets maternelles) sur la croissance juvénile
- Différenciation génomique (résultats non encore publiés) et physiologique (Schlosser et al. 2022, Austrian Journal of Forest Science)
- Les placettes permanentes serviront à tester l'hypothèse d'une adaptation locale à la sécheresse à long terme

6

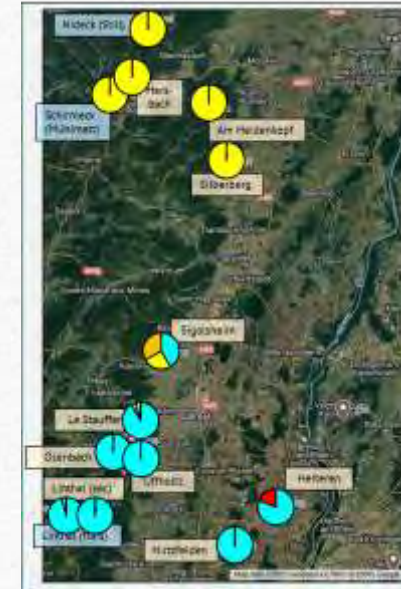
Conclusions et perspectives: peuplements relictuels – source de graines climato-résilientes ?

Résultats publiés



Autochtonie et hybridation des chênes en Alsace et en Europe centrale

- Preuves d'autochtonie: préservation des voies de recolonisation postglaciaire dans des peuplements relictuels, mais aussi mise en place par la gestion (taillis/taillis sous futaie)
- Hybridation: elle s'est déroulée sur plusieurs générations à petite échelle (exemples: Hirtzfelden, Heiteren), à l'échelle régionale et à grande échelle
- Hybridation: un mécanisme évolutif important → colonisation via le pollen, échange potentielle des caractères adaptatifs



Rhin supérieur

Chêne sessile



N = 760

Chêne pubescent



N = 191

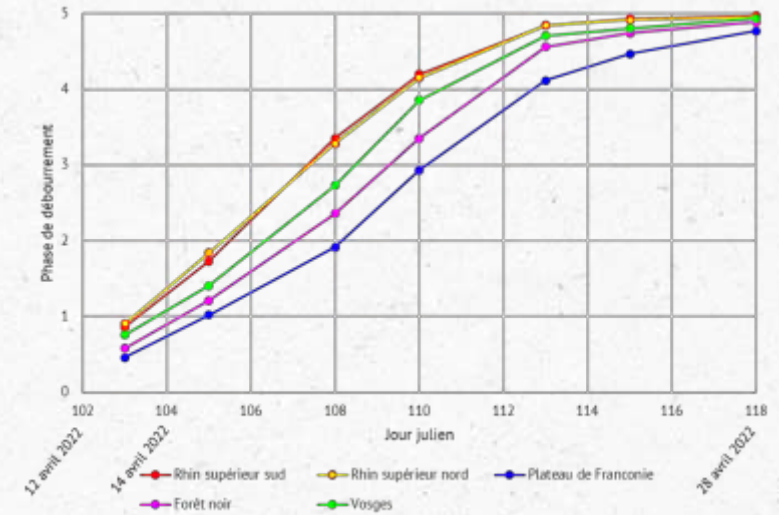
Chêne pédonculé



N = 284

Adaptation locale des chênaies relictuels en Alsace et Allemagne du sud-ouest

- La sélection naturelle sur plusieurs générations a conduit à une **adaptation locale**
- Preuves de l'adaptation: différenciation phénologique le long de gradients altitudinaux / climatiques (aussi: signatures génomiques de l'adaptation et différenciation physiologique à petite échelle)
- **Question cruciale: Quel est le potentiel adaptatif de ces pools génétiques face au changement climatique?**



Peuplements relictuels du chêne: source de graines climato-résilientes ?

- Les chênaies étudiées ont pu évoluer sur place pendant de nombreuses générations (plusieurs milliers d'années) et se sont adaptées à des stations partiellement très sèches
- Le suivi à long terme des tests de descendance permettra d'évaluer *in fine* si ces peuplements peuvent servir de sources de graines pour renforcer la résilience des forêts dans un climat en évolution



Matériels forestiers du chêne sessile: durée minimale d'essai (Allemagne): 20 ans

?

Franziska Schlosser
Isabelle Mueck
Stefan Seegmüller

Devrim Semizer-Cuming
Barbara Fussi
Nikolas Horder
Hans-Gerd Michiels

Merci!



Susanne Nowak



Alex Braun



Michael
Schott



Jakob
Wittkamp

