

Amélioration génétique du pin maritime en France

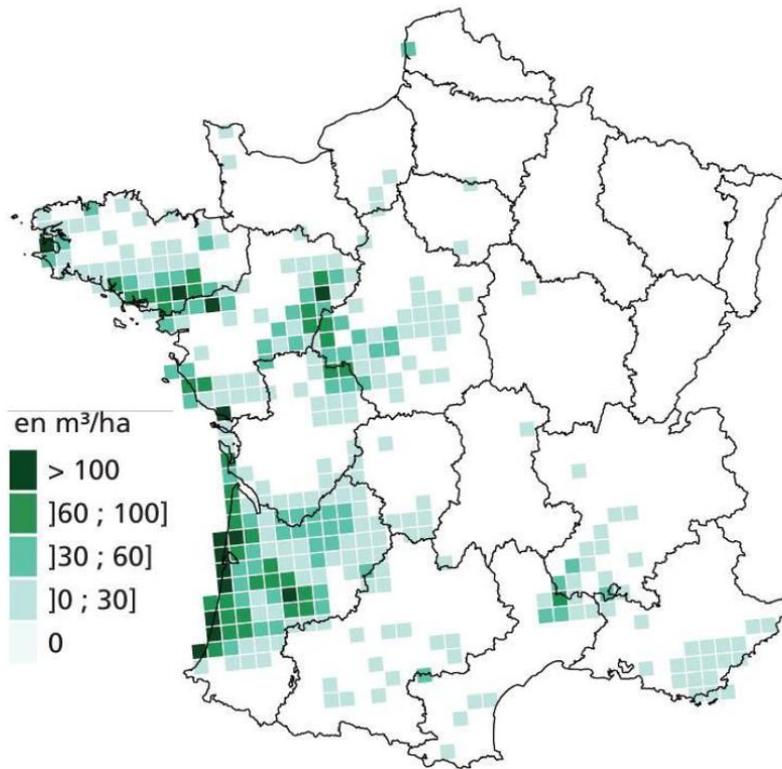
Maritime pine breeding program in France



Annie Raffin

Le pin maritime en France

(Maritime pine in France)



Volume sur pied de pin maritime en France, en m³/ha (IGN 2009-2013)

7 % de la surface
forestière (1,03 Mha)

21% de la production de
bois (BO+BI) : 6,2 Mm³/an

6,8 m³/ha/an

7 % of forest surf.(1,03 Mha)

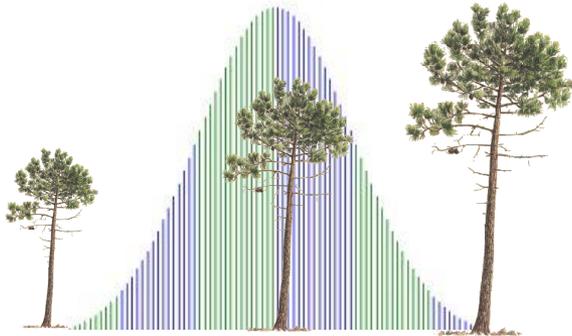
21% of wood prod. : 6,2 Mm³/y

6,8 m³/ha/y

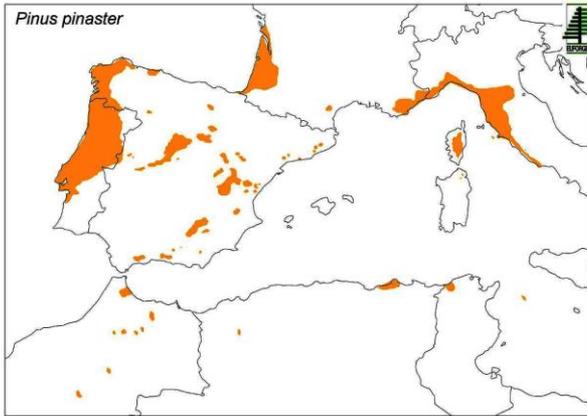


Le programme de sélection

Breeding program



Le programme de selection (Breeding programme)



A débuté en 1960

Provenance landaise : croissance
et résistance au froid

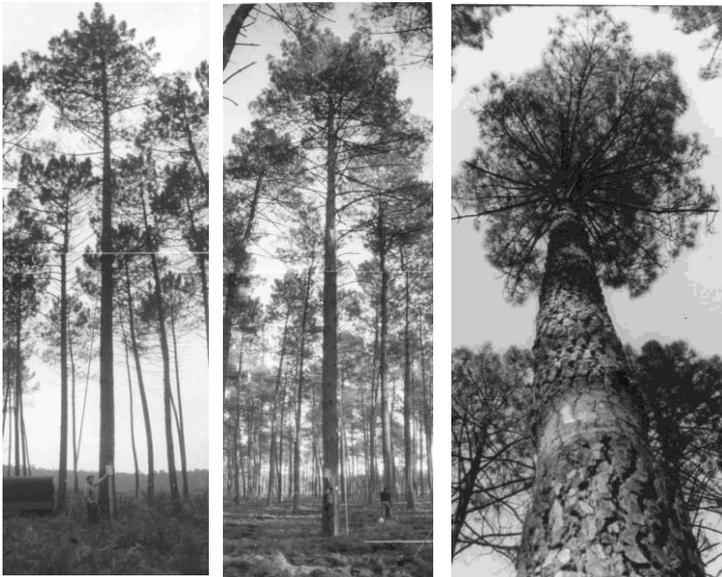
Sélection phénotypique ~350
arbres plus en forêt

Puis sélection récurrente classique

Started in 1960 with the local Landes
Provenance for its good growth and frost
resistance

Phenotypic selection of ~350 plus trees in the
production forest

Then typical recurrent selection scheme



Un regroupement des organismes R&D (A breeding and R&D coop)



Avec le soutien de :



Depuis 1995 : GIS GPMF

Comité exécutif : acteurs R&D

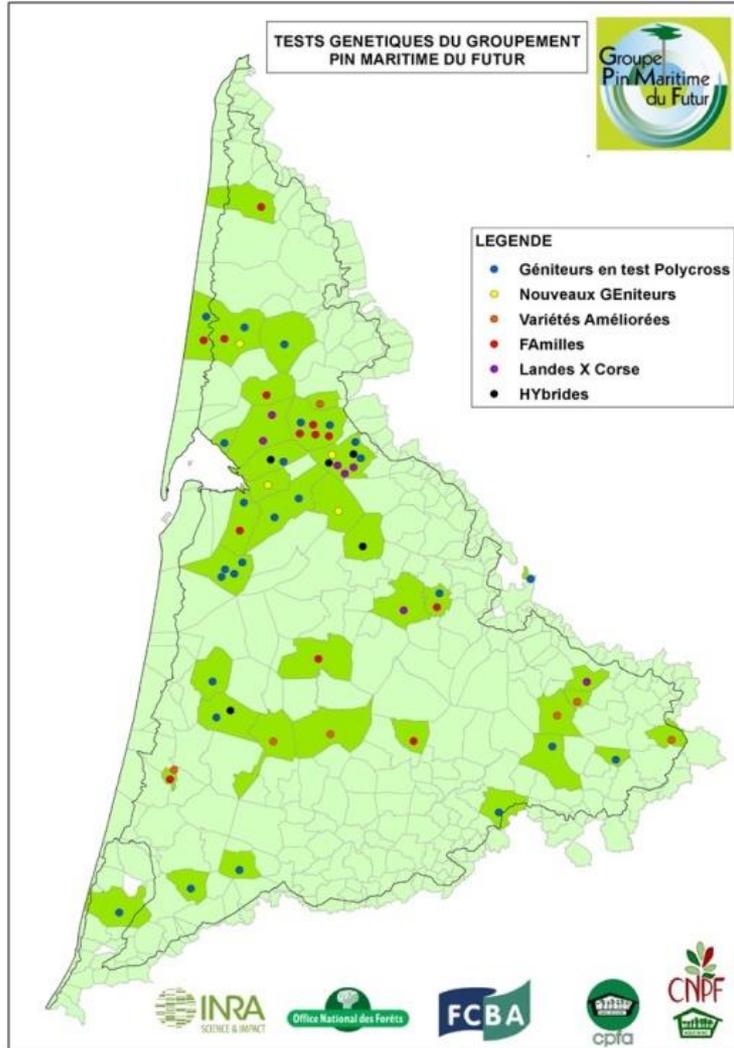
Conseil d'Orientation : financeurs et filière forêt-bois

Since 1995 : GIS GPMF

Executive committee: R&D organisms

Advisory board : funders, forest and wood professionals

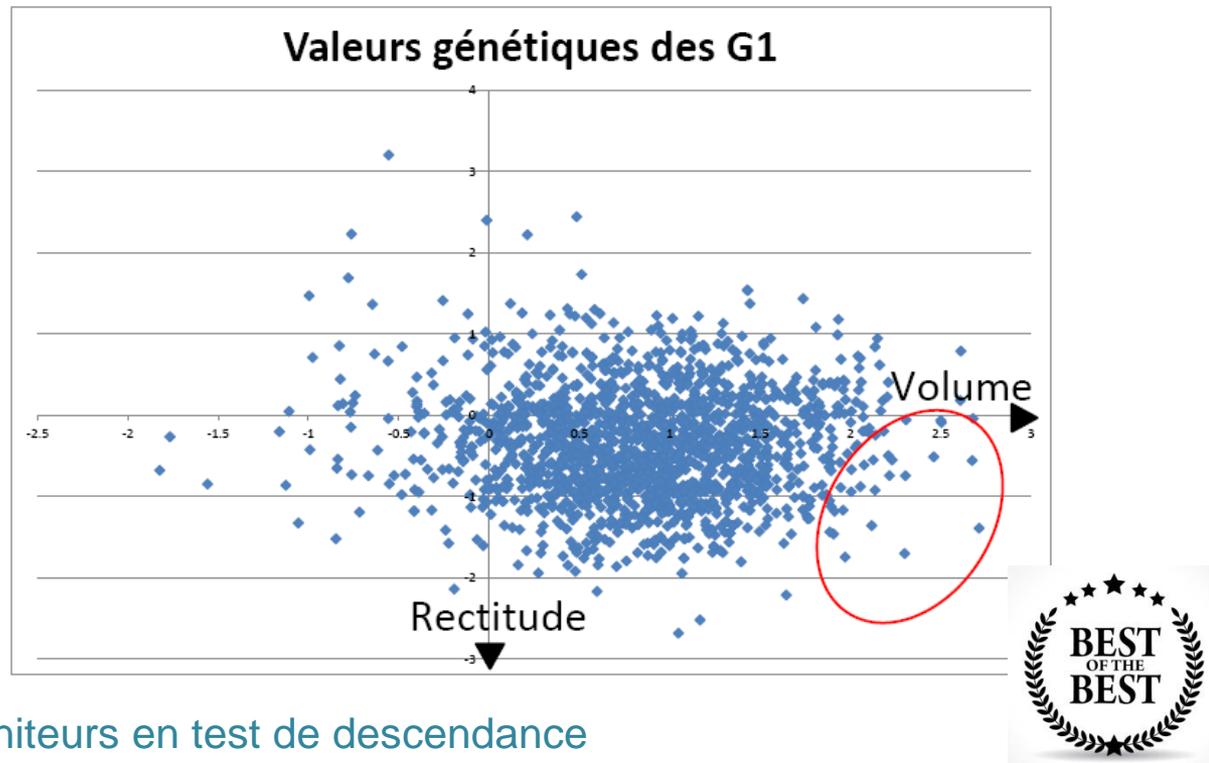
Mise en place en 20 ans de plus de 80 tests génétiques sur les différentes stations du massif



300 ha de dispositifs génétiques,
près de 350 000 arbres mesurés



1500 géniteurs évalués



Evaluation des géniteurs en test de descendance

Protocole et témoins communs, répétition sur 3 sites contrastés

135 ha installés entre 1995 et 2012

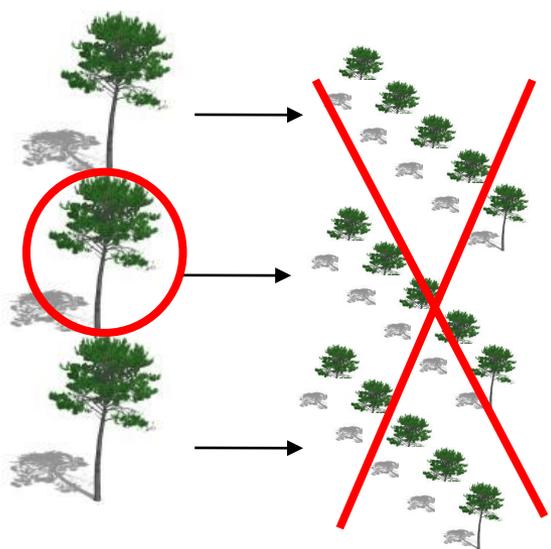
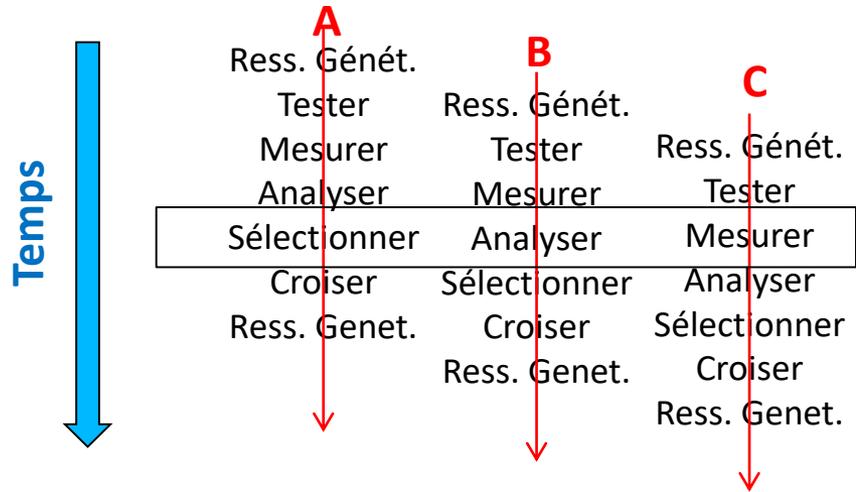
1000 géniteurs landais G1, 200 géniteurs landais G2, 300 géniteurs de la population Corse

Un réseau précieux de dispositifs

Source de matériel végétal en sélection, large base génétique ; Source de données

Base de la sélection des variétés VF3, LC2, VF4, et plus tard VF5

Stratégie de sélection (Breeding strategy)



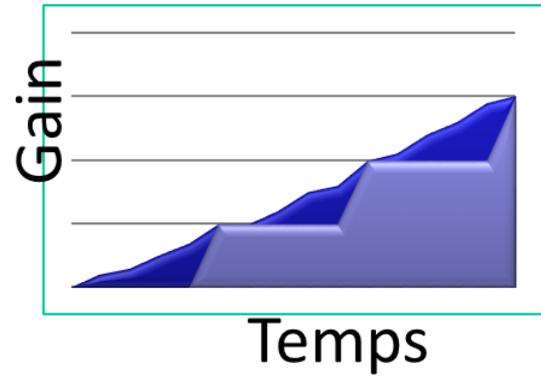
Stratégie progressivement mise en place :

- **rolling front** (croiser et tester de nouveaux parents chaque année)
- **forward** (raccourcir le temps entre générations)
- **évaluation BLUP** des sélections sur toutes les générations (augmenter la précision)

Trial ID	Title	Planting date
G156-3	Arx (33905)	01 Mar 2000
G157-3	Audenge (33973)	01 Mar 2001
G156-2	Balgueries (33264)	01 Jan 1999
G155-3	CAPE	01 Jan 1999
G157-2	Canterocout (33266)	01 May 2001
G153-3	Cestas	01 Jan 1997
158-2	Cordail (33272)	01 Mar 2003
3229	Dne de France 3229	01 Nov 1994



Treeplan[®] tool



Les critères de sélection

Croissance : hauteur et circonférence

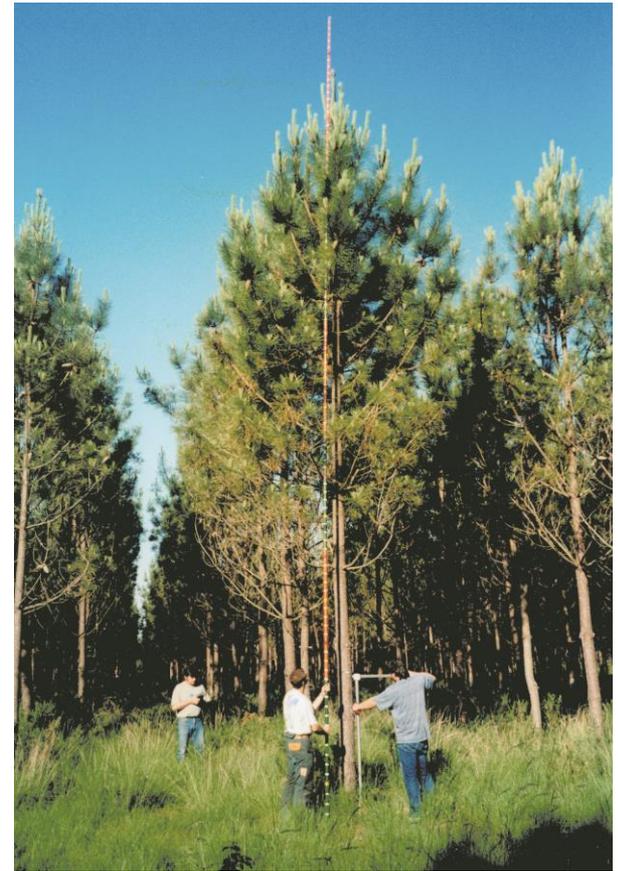
Rectitude du tronc

Qualité de la branchaison

Egalement évalué :

Qualité du bois (densité, angle du fil)

Etat sanitaire (rouille courbeuse, attaques de *Dioryctria*)



Le maintien de la diversité intra-spécifique en sélection

Les variétés

Les populations d'amélioration

Les ressources génétiques naturelles

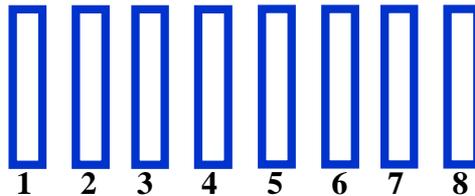
Variétés (30 à 45 individus par variété)



Population élite landaise (~60 individus)



Population principale landaise gérée en 8 lignées (~400 individus)



Pop. L x C

Pop. Corse

Pop. Maroc

Populations additionnelles (provenances non landaises et hybrides) menées en parallèle

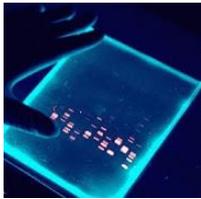
Dispositifs du programme de sélection

Conservatoires des ressources sélectionnées (archives clonales des sélections, collections de provenances, tests de provenances et descendance)

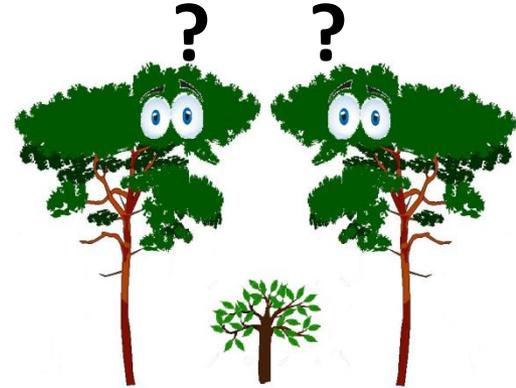
Unités Conservatoires des ressources naturelles
25 ha x 5 UC landaises x 300 arbres /ha : **37 500 individus**

Intégration des marqueurs moléculaires dans la sélection

- Profil moléculaire de tous les individus sélectionnés et conservés en parc à clone : avec un jeu de 80 SNP

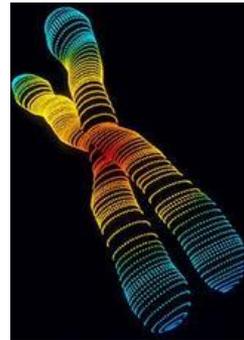


- ✓ Identification des copies en parc à clones
- ✓ Reconstitution des pedigrees (test de paternité ou de maternité)



- Outil pour le programme d'amélioration

- ✓ Traçabilité du matériel sélectionné
- ✓ Meilleure précision des évaluations génétiques (basées sur les pedigrees)
- ✓ Nouvelles méthodologies de sélection (polycross breeding)
- ✓ Evaluation des taux de pollution en vergers à graines



Le déploiement des variétés

Deployment



Vergers VF2 de Mimizan

Le GPMF propose les nouvelles variétés et fournit le matériel de base

Les multiplicateurs privés (pépinières forestières, marchands grainiers) installent et gèrent les Vergers à Graines sous licence

Les variétés de pin maritime

Variétés landaises : VF pour Vigueur-Forme

Série	« Génération »	Gain génétique
VF1	1 (+trees or progenies)	15 %
VF2	1,5 (tested + trees)	20 – 30 %
VF3	2,5 (tested 1st gen trees)	
VF4	3 (2 nd gen trees & tested 1st)	

Variétés Landes x Corse (meilleure forme)

Série	Type
LC1	Controlled crosses
LC2	Controlled crosses
LC3	Controlled crosses
HLC	Open poll. between F1 hybrids

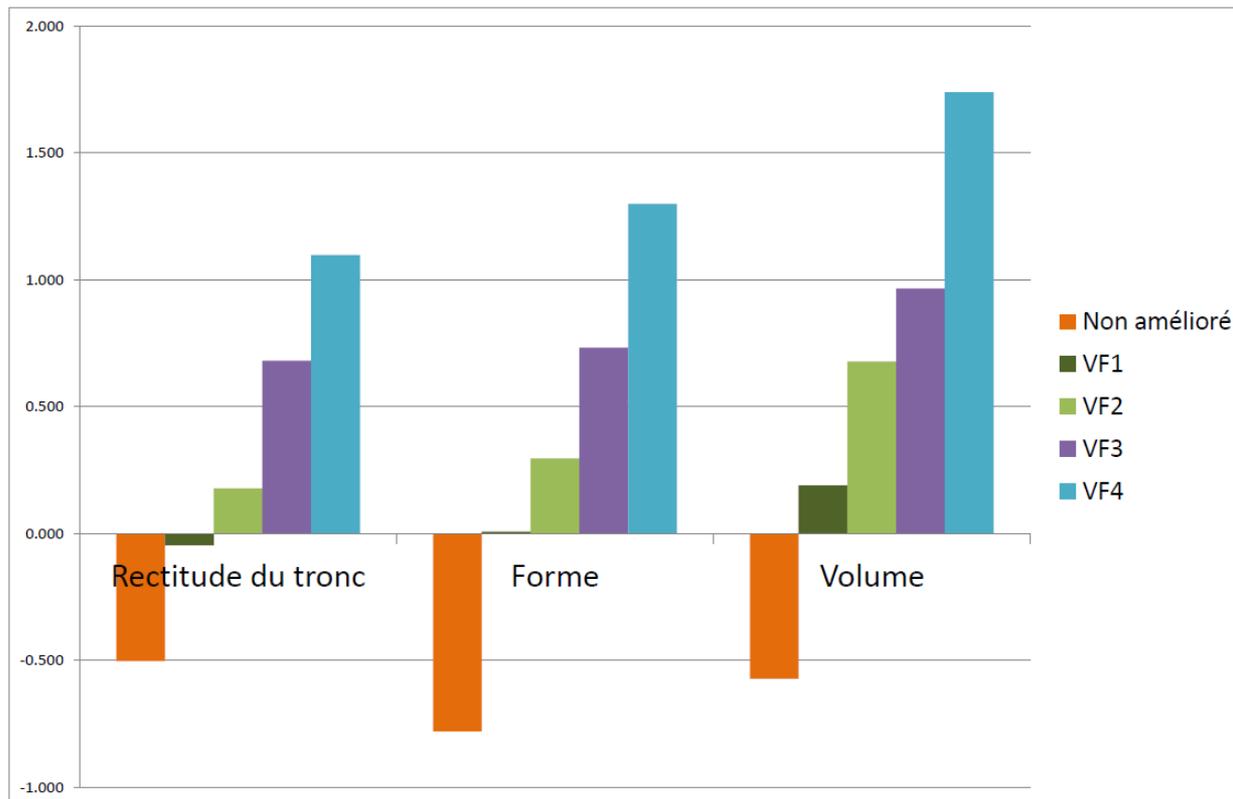
De VF1 à VF4

- Surfaces, entrée en production et taille efficace

Vergers	Surfaces	Installation	Production	Nb parents	Taille efficace
VF1	250	1962-1978	1975 / 1987	+++	+++
VF2	200	1986-1992	1999	34	34
VF3	180	2002-2006	2011	42	31
VF4.1	30	2016-2019	2025	46	20

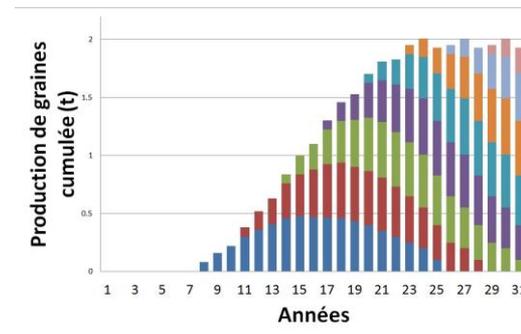
De VF1 à VF4

- Valeurs génétiques



Stratégie de déploiement (Deployment strategy)

- VG de clones et VG de familles
- Règles de diversité :
 - pas de clone commun avec VF antérieurs
 - taille efficace $>$ ou $= 20$ (\sim nombre de géniteurs non apparentés)
- Objectif de production : 2 t / an
- Installation de 10 ha VG / an, total 250 ha



VF4 et LC3

Année	VG de Clones		VG de familles		VG d'hybrides	
	Formule	ha	Formule	ha	Formule	ha
2016-2017	VF4.1	10				
2017-2018		10				
2018-2019		10				
2019-2020				10	LC3.1	8
2020-2021			VF4.2	10	LC3.1	8
2021-2022		10		10		
2022-2023	VF4.3	10				
2023-2024		10				
2024-2025				10	LC3.2	8
2025-2026			VF4.4	10		
2026-2027		10		10		
2027-2028	VF4.5	10				
2028-2029		10			LC3.3	8
2029-2030		10				
2030-2031	VF4.6	10				
2031-2032		10				
2032-2033					LC3.4	8
2033-2034				10		
2034-2035			VF4.7	10		
2035-2036				10		
2036-2037					LC3.5	8
	Surface	120		90		48

Première entrée en production :
environ 2025

En 20 ans :

- 7 vergers VF4
- 6 vergers LC3
- 258 ha installés

2016

2036

Les Variétés sont diffusées

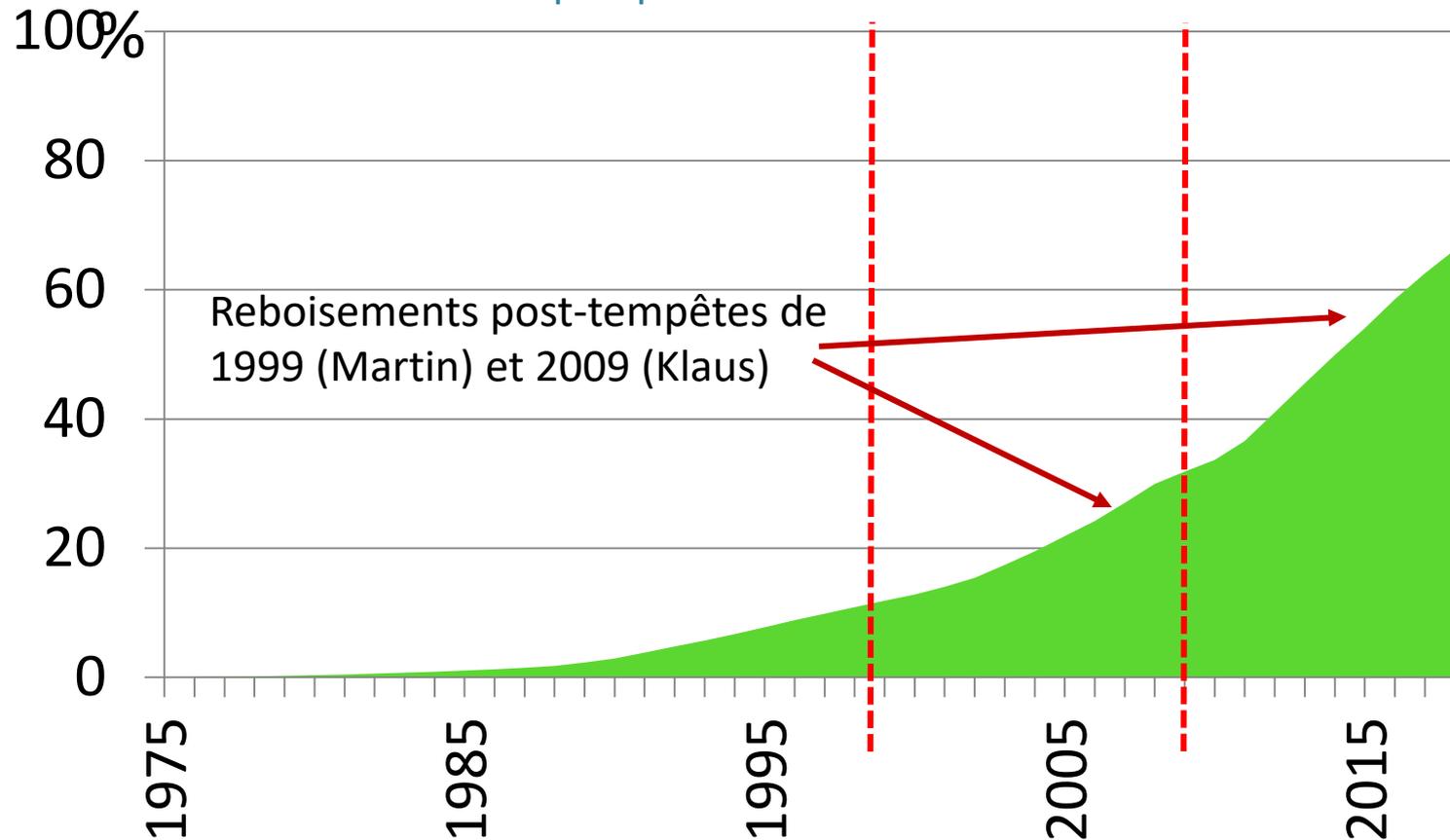
➤ Avant tempête 2009 : 70 % des surfaces reboisées annuellement l'étaient par plantation (auj plus de 90%), dont 100% en VF2 (auj VF2 et VF3)

➤ En 2018-2019 : ~40 millions de plants commercialisés

➤ Soit près de 60 % des plants forestiers commercialisés annuellement en France (le pin maritime est la première espèce forestière de plantation en France)



Evolution du pourcentage de la surface du massif occupée par les variétés améliorées



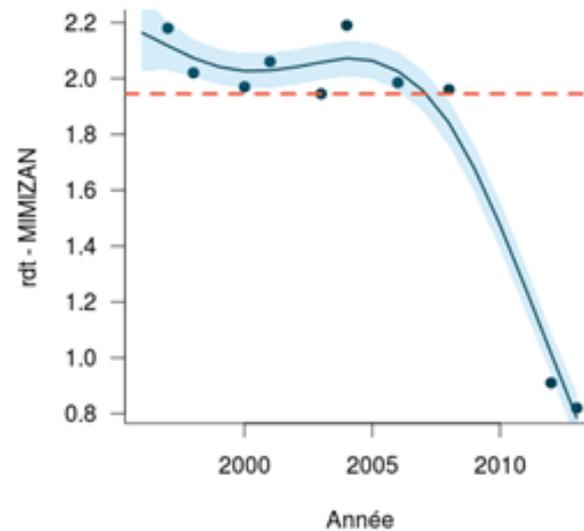
En 2018-2019 : **66 %** de la surface du massif est occupée par les variétés améliorées (dont 8% VF1, 26% VF2, 33% VF3), et 34% par la provenance naturelle non améliorée landaise ; les premières variétés améliorées installées dans les années 1980 atteignent l'âge d'exploitation (~40-45 ans)

Des difficultés : santé des vergers



Baisse des rendements en graines :

- Etude des cause de dépérissement des cônelets
- Etude et mise en œuvre de moyens de lutte préventifs ou curatifs



kg de semences marchandes par hectolitre de cônes récoltés

Perspectives

Prospects



Vers l'intégration des risques dans la sélection

Risques sanitaires

Pathogènes et ravageurs indigènes au massif landais



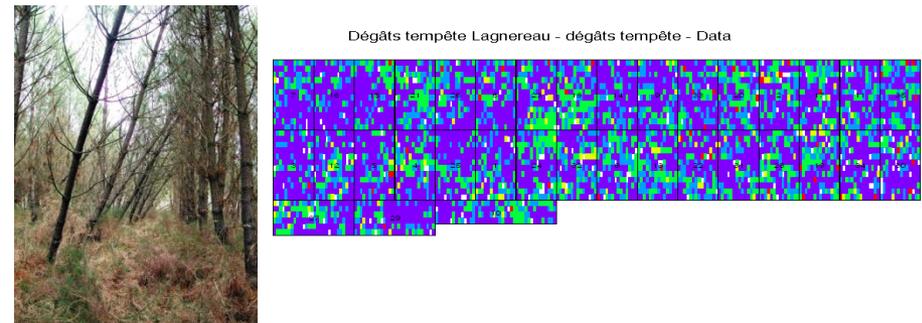
Risque climatique : sécheresse estivale accrue



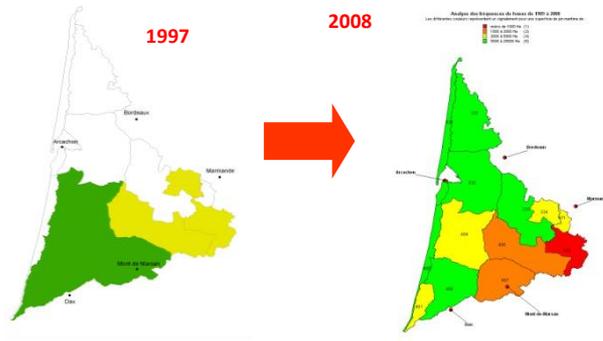
• Organisme invasif : le nématode du pin



Les variétés améliorées et la tempête

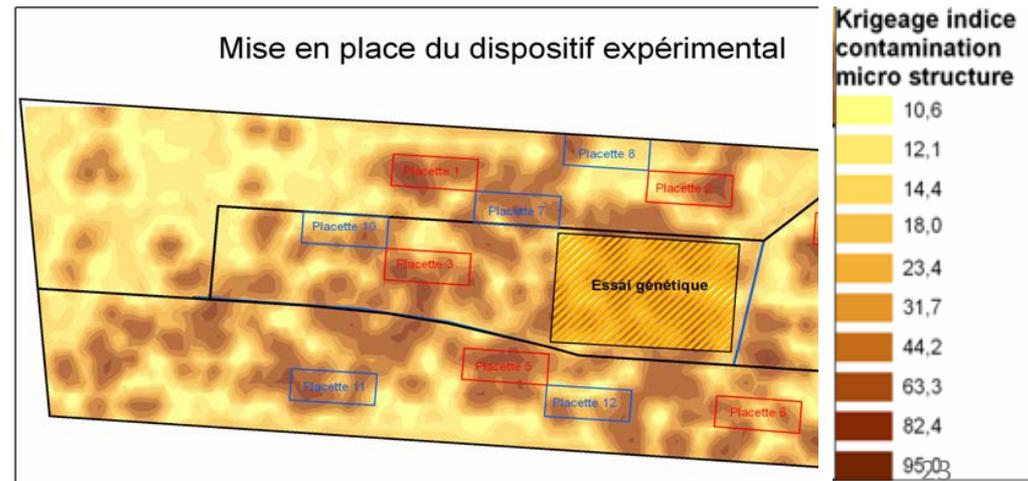
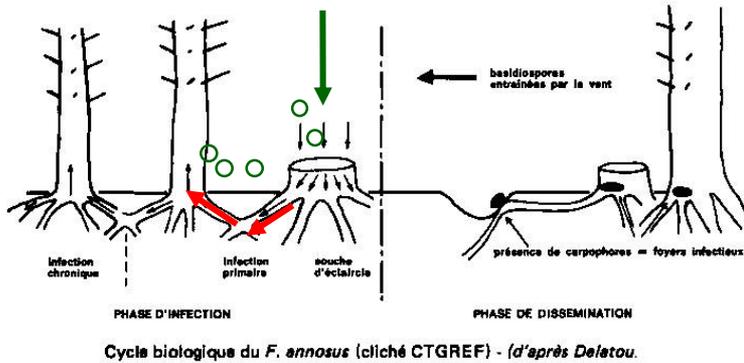


Fomès (*Heterobasidion annosum*)



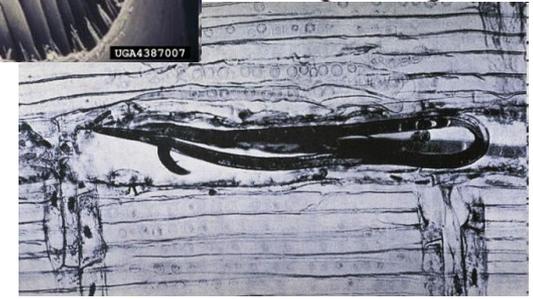
Maladie racinaire du pin maritime provoquée par le fomès (*Heterobasidion annosum*) **en expansion** dans le massif landais

Mise en place d'un test de provenances

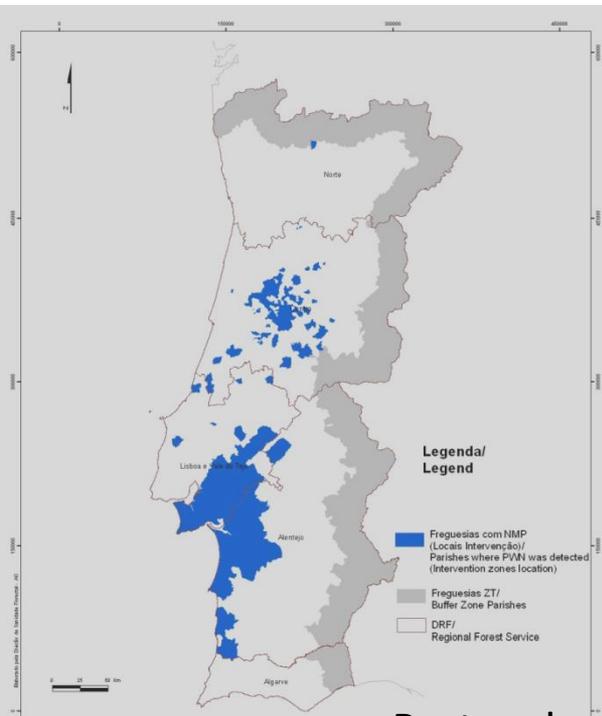


Nématode du pin (*Bursaphelenchus xylophilus*) et son insecte vecteur (*Monochamus galloprovincialis*)

Espèce invasive (introduction accidentelle 1999 au Portugal)
Mortalités très fortes et très rapides sur pins

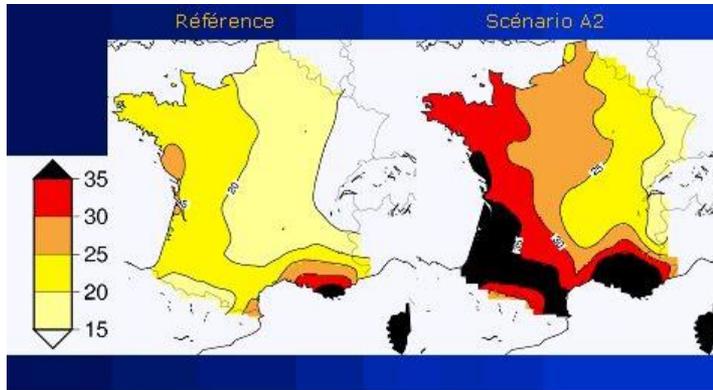


Méthode de sélection efficace par inoculation contrôlée : ex programme de sélection Pinus spp au Japon



Portugal
2010

Adaptation aux sécheresses estivales accrues

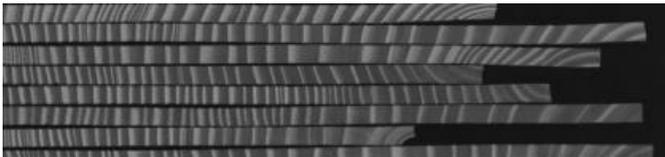


2050 : scénario moyen du GIEC (A1B) baisse 10 % des précipitations ; baisse de productivité du pin maritime de 10 % (prospective INRA de 2011)
2070 : jusqu'à - 40 % productivité

=> Innovations sylvicoles et génétiques

- Elargir la gamme de milieux testés
- Elargir la variabilité intra-spécifique testée
- Accélérer les cycles de sélection
- Sélectionner sur un critère de résistance au stress hydrique : dendroplasticité

=> De nombreux intérêts communs pour collaborer !





Merci de votre attention