



REFER

Réseau Expérimental Forestier d'Essences de diversification pour le Renouvellement des forêts

Ateliers Forêt et Changements Climatiques, **DRAAF Auvergne-Rhône-Alpes**,
2 avril 2024



Alain BERTHELOT
Valentin BOUTTIER

| fcba.fr

- **Face au changement climatique, le changement d'essence est une possibilité d'adaptation des forêts**
- **Le RMT AFORCE porte de nombreuses initiatives sur le sujet :**
 - Prédiction de la vulnérabilité des essences (**Climessences**)
 - Installation d'un réseau de comparaisons d'espèces et d'origines génétiques (**Esperense**)
- En parallèle, volonté de tirer parti **des parcelles existantes**, installées avec des **essences ou des origines peu communes**, ou dans des **contextes pédoclimatiques originaux**, parfois depuis plusieurs décennies :
 - Parcelles expérimentales
 - Parcelles d'introduction
 - Peuplements atypiques

Une réflexion sur l'intérêt des réseaux « essences peu communes » :

- Des discussions (GT FBF) sur les nouvelles essences capables de répondre au besoin de bois de structure
- Enquête essences atypiques (ONF), essences atypiques (IDF/CNPF)
- Un projet régional en BFC (BEER) sur le bilan des espèces diverses (FCBA), etc.

Des interrogations fortes :

- **Quelles caractéristiques technologiques du bois, pour quels usages ?**
 - Niveau de connaissance : 0, +/-, +, +++ ?
 - Besoin de compléments ?
- **Quel matériel végétal à mettre en œuvre ?**
 - Niveau de connaissance : 0, +/-, +, +++ ?
 - Type de matériel disponible en France? à l'étranger ? Niveau de sélection atteint ?

Objectifs :

- **Identifier et actualiser les connaissances** sur les parcelles d'intérêt dans les différents réseaux forestiers constitués, y compris les références en gestion,
- Synthétiser les informations relatives à l'**adaptation et la croissance** des essences les plus performantes,
- **Identifier** de potentielles **ressources génétiques** (graines, boutures, greffons) pour ces essences, sur le territoire national,
- **Identifier** de potentielles sources **d'échantillons de bois** de dimensions suffisantes pour être caractérisées pour leur usage industriel.

Partenariat :

- FCBA (Base BAOGREFF) :
- INRAE (dispositifs de recherche, arboretums)
- ONF (dispositifs de recherche, essences atypiques)
- CNPF/IDF (Base ILEX, essences atypiques)



Financement :

- MASA : 250 K€
- France Bois Forêt : 200 K€



Durée : 2021-2023

Une liste d'essences prioritaires :

- Comportement face au CC (travail bibliographique)
- Potentialité d'utilisation en bois de construction (travail bibliographique)
- Place et performances dans les réseaux existants
- Intérêt pour chaque partenaire

→ liste (non exclusive) de **19 essences** « prioritaires » : 13 résineuses et 6 feuillues

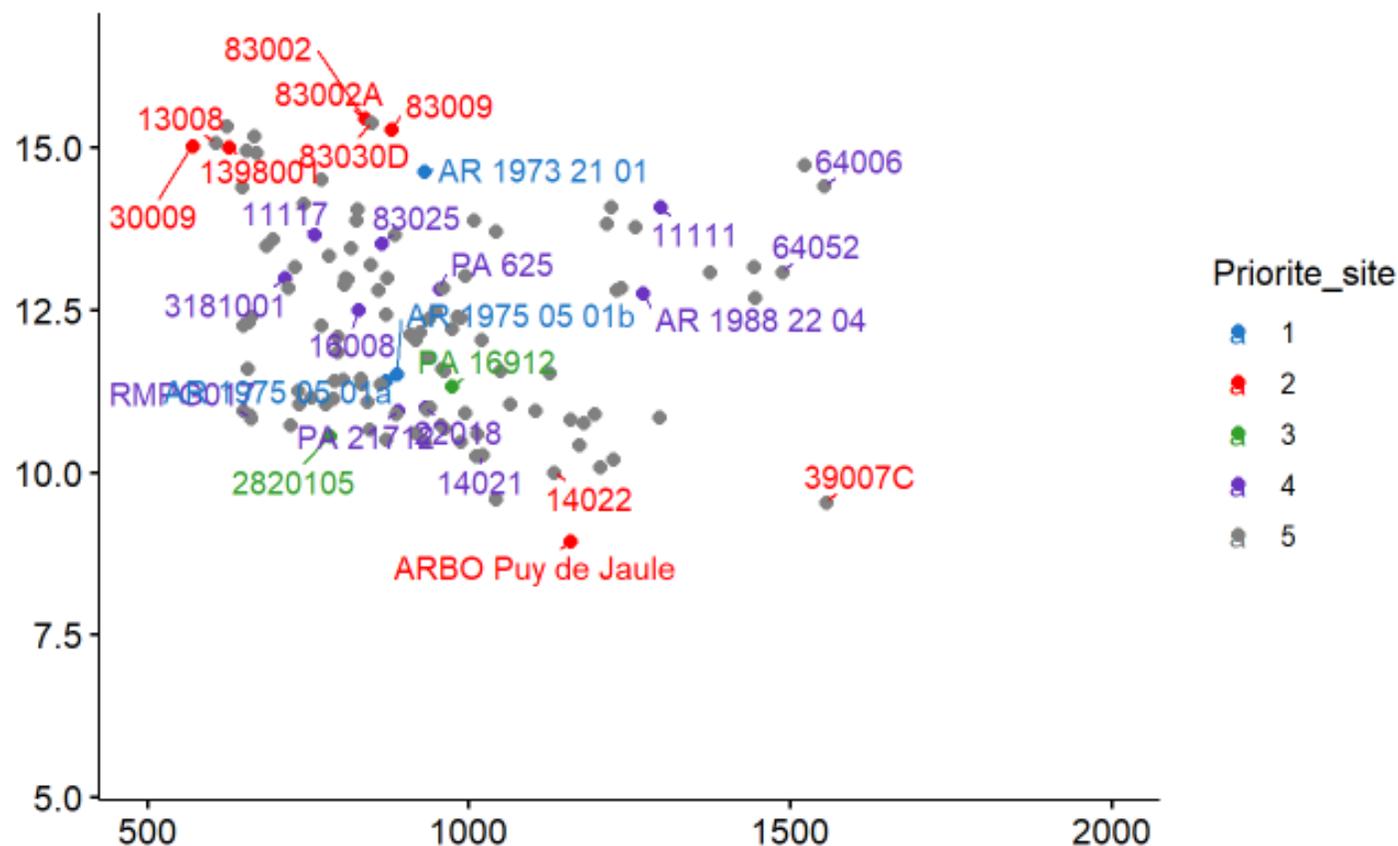
Tableau 3 : Liste des espèces choisies (les 12 premières – en grisé – font l'objet du plus fort consensus) et nombre de dispositifs potentiels pour les 4 partenaires

N°	Essence	F / R	Priorité par partenaire				Nb sites
			FCBA	INRAE	ONF	CNPF	
1	<i>Abies cephalonica</i>	R	1	1	1	1	46
2	<i>Abies nordmanniana</i>	R	1	1	1	1	187
3	<i>Sequoia sempervirens</i>	R	1	1	1	1	207
4	<i>Abies bornmuelleriana</i>	R	1		1	1	52
5	<i>Abies cilicica</i>	R	1		1	1	12
6	<i>Calocedrus decurrens</i>	R	1	2	1	1	92
7	<i>Picea omorika</i>	R	2	1	1	1	14
8	<i>Pinus brutia</i>	R	1	1	1	3	33
9	<i>Pinus jeffreyi</i>	R		1	1	1	6
10	<i>Quercus cerris</i>	F	1		1	1	55
11	<i>Quercus frainetto</i>	F	1	1		1	1
12	<i>Cupressus sempervirens</i>	R	2	2		2	52
13	<i>Eucalyptus gunnii</i> x <i>Eucalyptus dalrympleana</i>	F	2	1	4	1	87
14	<i>Platanus orientalis</i>	F	2	1	3	1	9
15	<i>Quercus pubescens</i>	F	2	3	1	2	22
16	<i>Tilia platyphyllos</i>	F		3	1	1	15
17	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmannii</i>	R	2	3	1	1	27
18	<i>Pinus pinea</i>	R	3	2	1	1	46
19	<i>Cupressus</i> x <i>levlandii</i>	R	1	1			43

Une liste de parcelles à revisiter en priorité :

- Fourniture des listes de parcelles >10ans, position GPS et type de parcelle (dispositifs de comparaison d'essences ou de matériel végétal, parcelle d'introduction, etc.)
- Pour aider à la sélection de sites : Position « extrême » et moyenne sur critères T°, P, DHYa, T°min, âge
- Derniers ajustements par chaque partenaire

Répartition des dispositifs prioritaires par précipitation et température pour Sequoia sempervirens



- Mise au point de la fiche « parcelle »

- Simple à renseigner
- Complète et succincte à la fois...
- Données regroupées au format tableur

- Mise au point de la fiche « synthèse par essence »

- Synthétiser les informations collectées sur les différents sites (survie, adaptation, croissance, production)
- Identifier les sites intéressants pour échantillons QB ou matériel végétal

Projet BEER (B02047)

Fiche parcelle

Description	
Réf. de l'essai	89004A
Nom de l'essai	Saint Léger Vauban
Essence	Cryptomère du Japon
Matériel végétal	Clones
Type d'essai	Test clonal
SER	G23 Morvan et Autunois
Printemps d'installation	1994
Age fin de l'année	2020 27 ans
Densité initiale	1428 tiges/ha
Coord. GPS	47,374 / 4,081
Altitude	470 m
Géologie	Granite porphyroïde à biotite
Sol	Sol sablo-limoneux profond d'environ 50 cm sur arène granitique. pH voisin de 4 à 4,5 en surface
Localisation	

Travaux	
Date de passage	Avril 2021
Type d'observation	Nouvelle mesure du dispositif
	X Installation et mesure d'une placette de production
	Description du peuplement (sans mesure)
Description du sol ou de la station	non
Présence de semis naturels	Absents
	X Rares
	Nombreux

Mesures disponibles	
2020	Circonférence (placette de 1700 m ²)

Projet BEER (B02047)

Fiche parcelle

Résultats moyens de la parcelle

Année		2020
Age		27
Densité	tiges/ha	731
Diamètre moyen	cm	18,3
Hauteur moyenne	m	13,9
Surface terrière	m ² /ha	19,2
Volume	m ³ /ha	122

La parcelle était à l'origine un test clonal de Cryptomère, d'une surface d'environ 1 ha. La parcelle a été envahie par le bouleau et n'a pas fait l'objet de mesures depuis l'origine. Fortement concurrencé par le bouleau, la parcelle a fait l'objet d'une éclaircie systématique 1 ligne sur 5 en 2015. Les bouleaux sont en cours d'exploitation au moment de l'installation d'une placette de production au centre de la parcelle, dans une zone quasiment pure de Cryptomère et où les bouleaux n'ont pas exercé une concurrence trop forte.

Conclusion / Intérêt de la parcelle

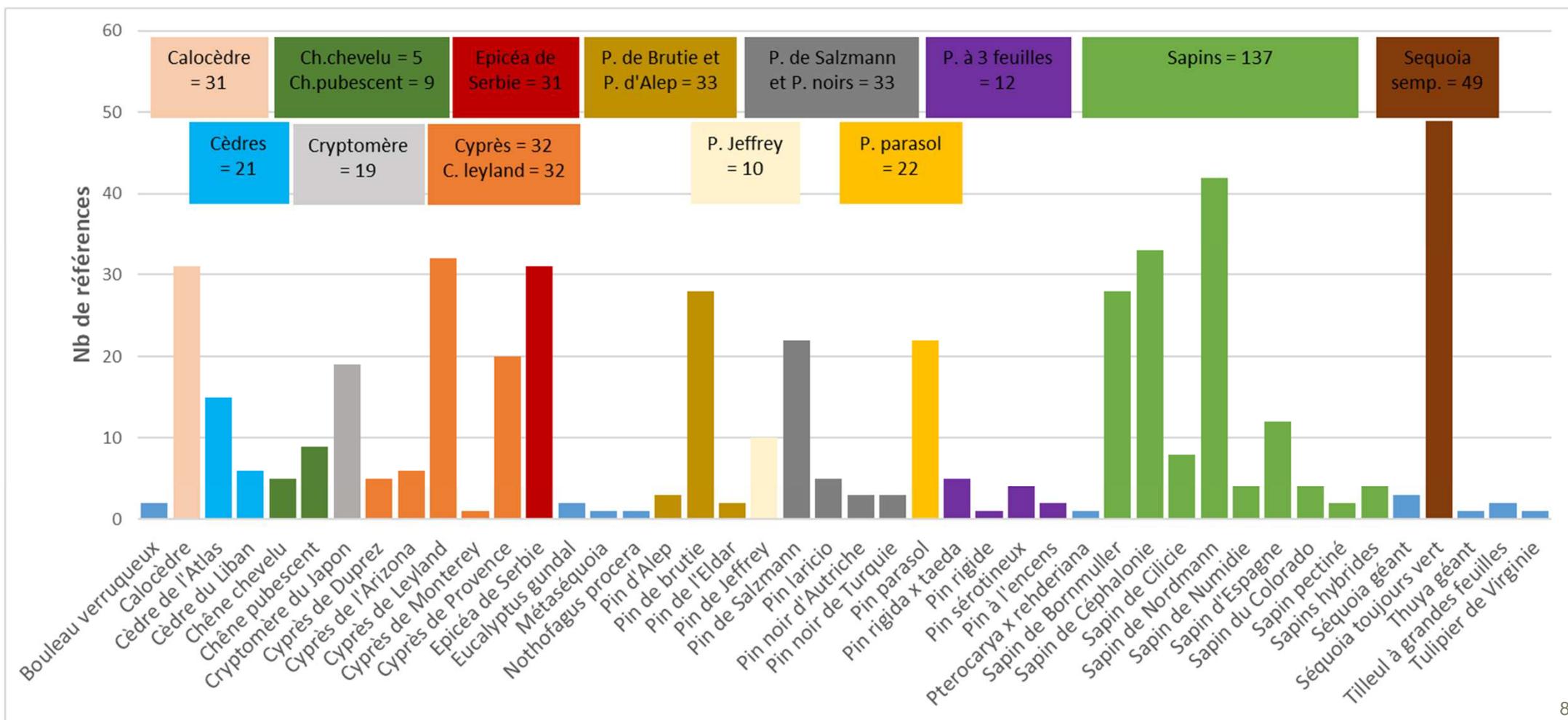
La parcelle n'est qu'une référence de production du Cryptomère du Japon. La croissance est assez moyenne, mais pour partie explicable par la compétition exercée par les bouleaux. Le peuplement est cependant constitué et semble en bon état sanitaire. Ne connaissant pas les volumes enlevés en éclaircie, il est impossible d'avoir accès à la production totale depuis l'origine.

Pour ...	Intérêt ?
Référence de production	Oui
Source d'échantillon de bois (dimension commerciale)	Oui à terme (+ de 10 ans)
Source de matériel génétique (bouture, greffon)	Possible
Source de graines	Possible



A gauche : aspect de la parcelle envahie par le bouleau en avril 2021, à droite : la placette installée dans une partie plus homogène

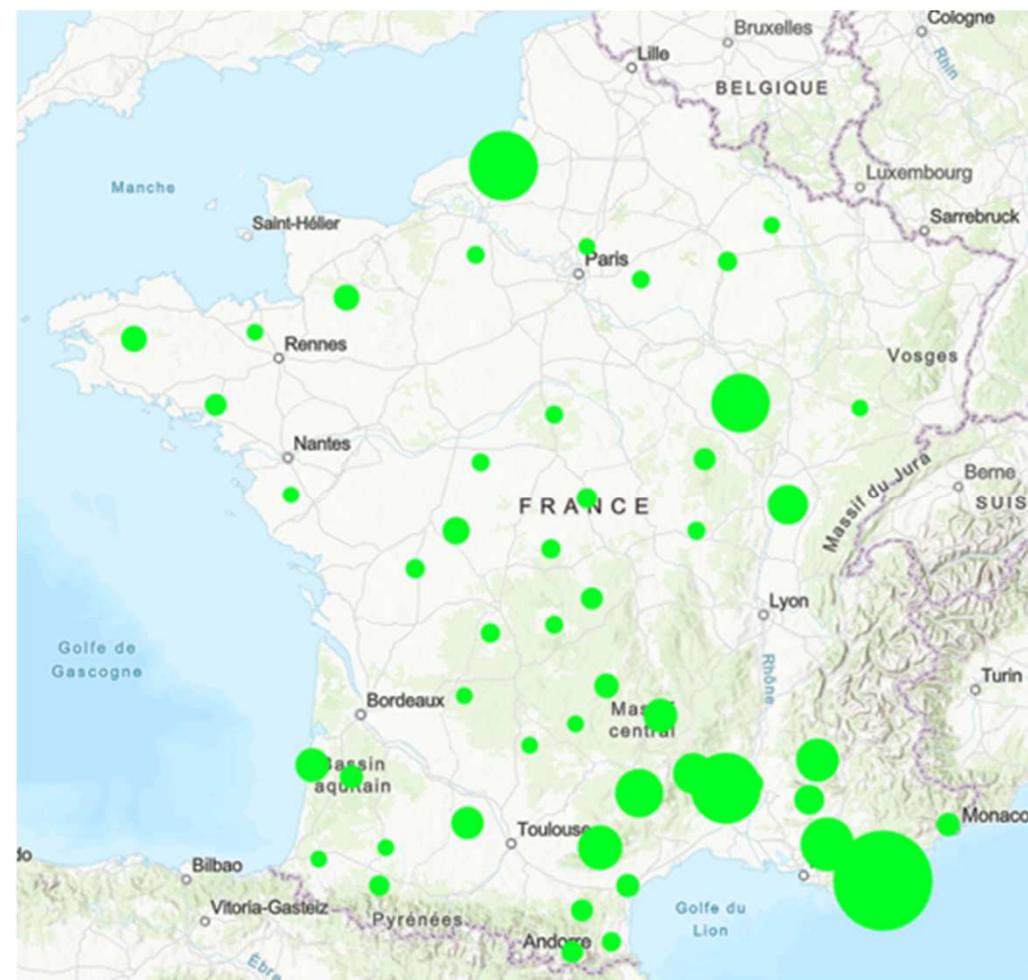
180 sites et environ 490 références de production ou de croissance obtenues !



Effort important en région méditerranéenne



Parcelle de Cyprès de Duprez à La Piège (11), 42 ans

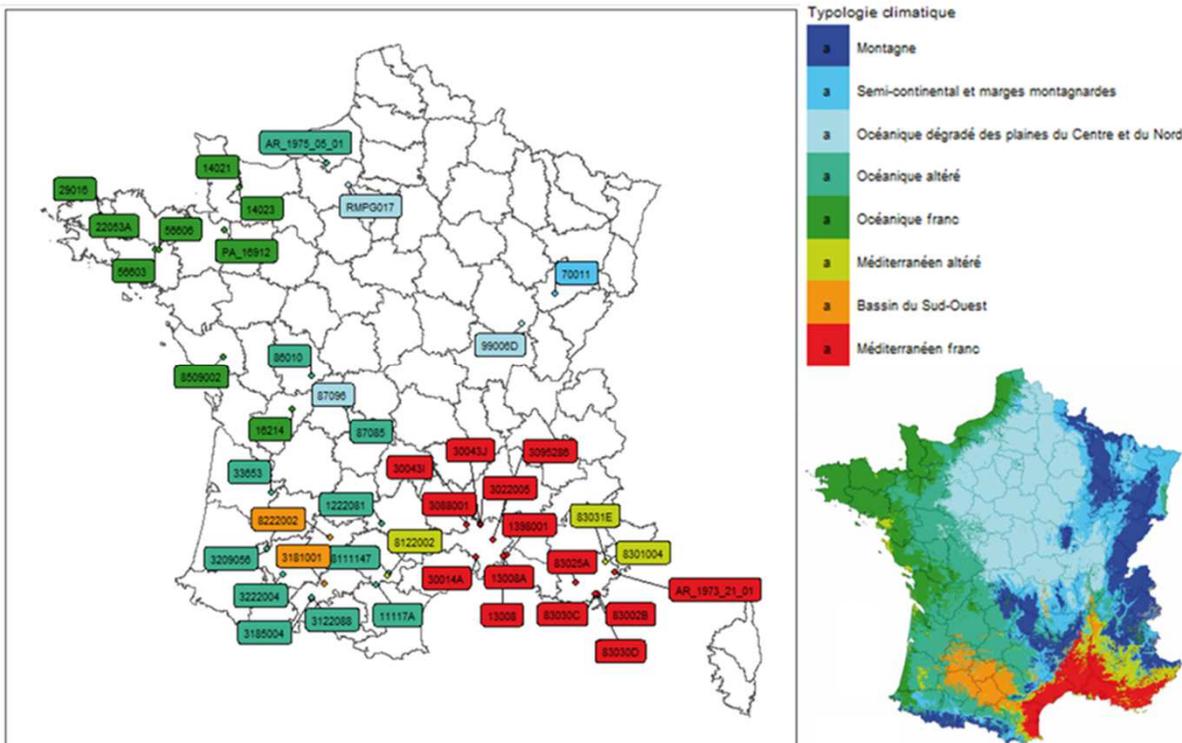


Liste des livrables

N° Livrable	Essence ou groupe d'essences	Type de livrable	Responsable
1	Pins à trois feuilles	Synthèse REFER	FCBA
2	Cryptomère du Japon	Synthèse REFER	FCBA
3	Cyprès de Leyland	Synthèse REFER	FCBA
4	Sequoia toujours vert	Synthèse REFER	INRAE
5	Epicéa de Serbie	Synthèse REFER	ONF
6	Sapin de Céphalonie	Synthèse REFER	ONF
7	Sapin de Nordmann	Synthèse REFER	ONF
8	Sapin de Bornmuller (et equi-trojani)	Synthèse REFER	ONF
9	Sapin d'Espagne	Synthèse REFER	ONF
10	Sapin de Cilicie, Sapin de Numidie et hybrides	Synthèse REFER	ONF
11	Pin de Brutie et Pin d'Alep	Synthèse REFER	ONF
12	Calocèdre	Synthèse REFER	CNPF-IDF
13	Pin de Salzman	Synthèse REFER	INRAE
14	Pin pignon	Synthèse REFER	INRAE
15	Cyprès (arizonica, sempervirens, macrocarpa, dupreziana)	Synthèse REFER	INRAE
16	Eucalyptus	Synthèse « biblio »	FCBA
17	Espèces diverses	Synthèse « biblio »	FCBA
18	Chêne pubescent	Synthèse « biblio »	CNPF-IDF
19	Chêne chevelu	Synthèse « biblio »	CNPF-IDF
20	Fiches « parcelles »	Fiches format PDF	FCBA
21	Fichier récapitulatif des données collectées	Fichier excel	FCBA

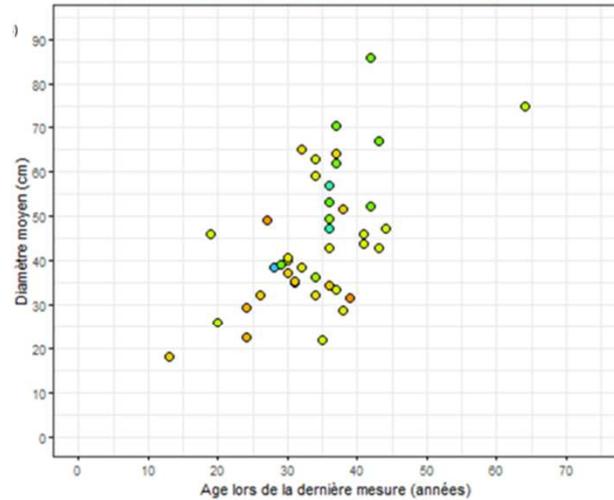
51 références dans le cadre de REFER

- 38% *dispo génétique*, 33% *dispo sylviculture*, 30% « *en gestion* »
- *Age moyen : 37 ans (50% entre 30 et 40 ans)*
- *Grande variabilité de climat et de sol, mais presque toujours en plaine*
- *Dépérissement marqué sur 2 sites (climat méditerranéen) : d'apparition récente après des croissances jusque-là normales (2018 ?)*
- *Les sols les plus marqués par l'hydromorphie (tapis de molinie) ne sont pas favorables*

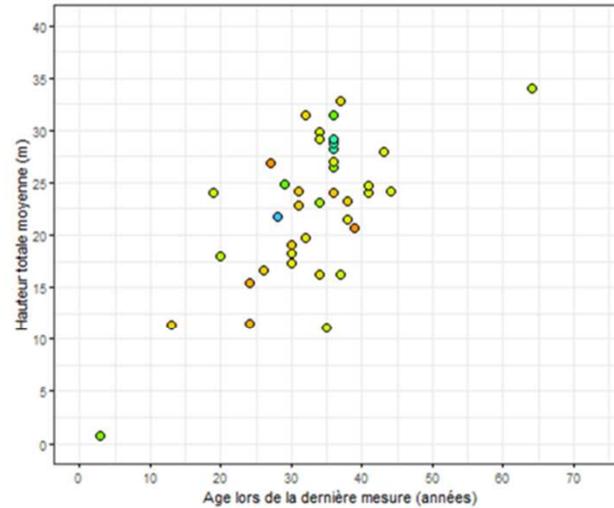


Sequoia sempervirens

Diamètre moyen en fonction de l'âge et du déficit hydrique pour les différents peuplements de Sequoia sempervirens



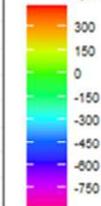
Hauteur moyenne en fonction de l'âge et du déficit hydrique pour les différents peuplements de Sequoia sempervirens



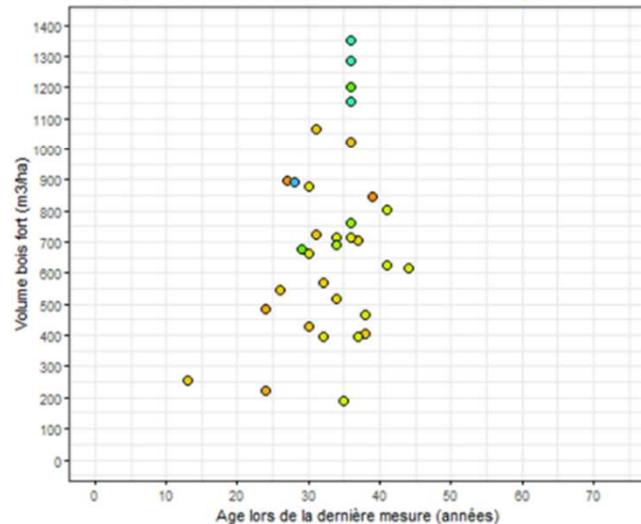
Essence

○ Sequoia sempervirens

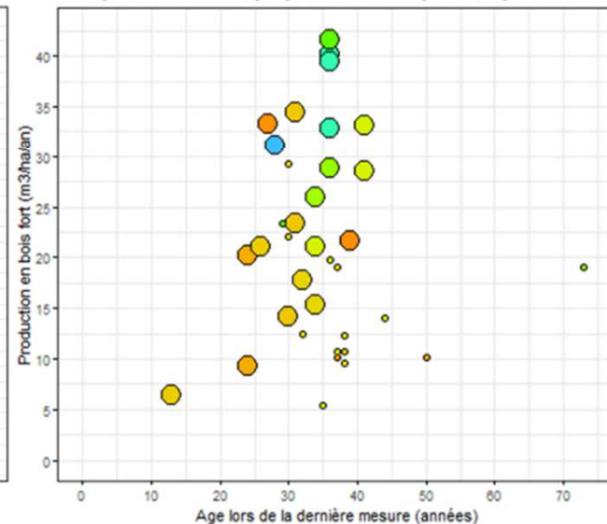
Déficit hydrique (DHYa)



Volume en fonction de l'âge et du déficit hydrique pour les différents peuplements de Sequoia sempervirens



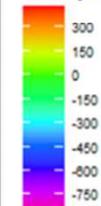
Production en fonction de l'âge et du déficit hydrique pour les différents peuplements de Sequoia sempervirens



Essence

○ Sequoia sempervirens

Déficit hydrique (DHYa)



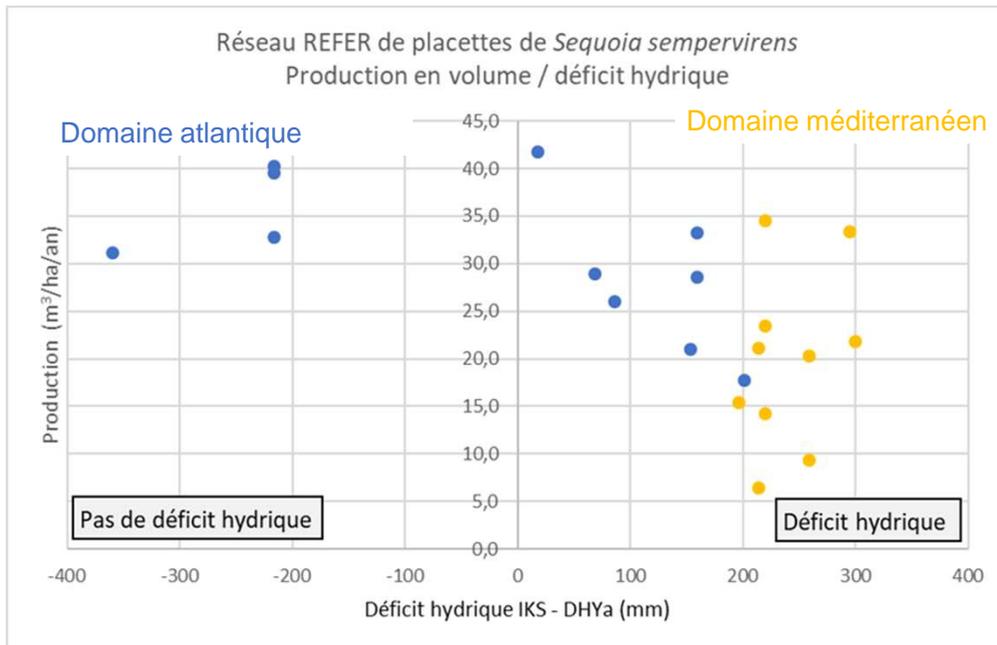
Méthode de calcul

● Sans compter les éclaircies

● Toutes éclaircies comprises

Croissance :

- **A 40 ans** : Diamètre entre 40 à 60 cm de diamètre voire plus !
- **A 40 ans** : Hauteur entre 20 et 30 m, arbres trapus
- **Accumulation de volume à l'ha très variable, mais pouvant être très élevée** : + de 1000 m³/ha
- **Productivité très élevée** : 20 à 35 m³/ha/an
- **Taux d'écorce variable, mais toujours très important (30%, voire plus)**
- **Capable de rejeter de souche**



Productivité :

- **Données max en absence de déficit hydrique : jusqu'à 40 m³/ha/an**
- **Mais encore très élevée sous climat méditerranéen avec déficit hydrique > 200 mm**
- **Facteur de compensation (sol)**
- **Ne craint pas les fortes températures**

Matériel végétal :

- **Sources de graines américaines**
- **Collection de clones à FCBA + réseau de test clonaux important (à réactiver) :**
 - **clones collectés en France et UE, puis collection de l'aire d'origine (Kuser)**
 - **bouturage horticole relativement aisé → variétés clonales possibles**
 - **Transformation de tests clonaux (encore jeunes) en VG**



Parcelle de Plounéour (29), 28 ans

Bois :

- **Dimensions commerciales atteintes dans beaucoup de sites (caractérisation possible)**
- **Premières évaluations sur bois jeune : bois très léger, non adapté à un usage structure, bonne stabilité dimensionnelle, très bonne durabilité naturelle → usage en bardage**

Sequoia sempervirens



Parcelle de Sequoia sempervirens de Lanouée (56) à 36 ans

Parcelle de Sequoia sempervirens de La Mole (83) à 39 ans



← *Bretagne et Normandie*

Un intérêt confirmé dans le cadre du changement climatique



Parcelle de Sequoia sempervirens de La Ferrière Harang (14) à 36 ans

Parcelle de Sequoia sempervirens de Brignoles (83) à 34 ans



Var →



↑ *Carte de répartition d'Abies nordmanniana subsp. equi-trojani (brun), Abies bornmuelleriana (bleu) et Abies nordmanniana (vert), Caudullo et al. (2016)*

Abies bornmuelleriana,
Arboretum de Saint-Lambert →



Sapin de Bornmüller

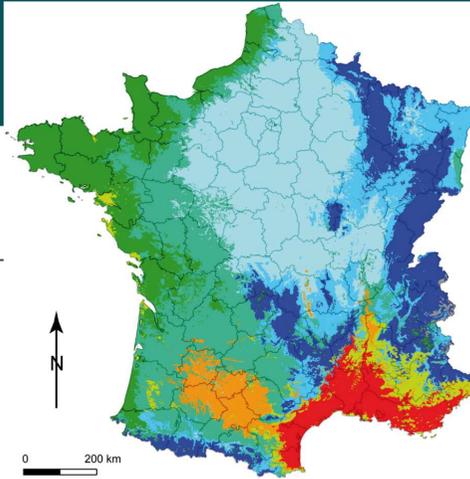
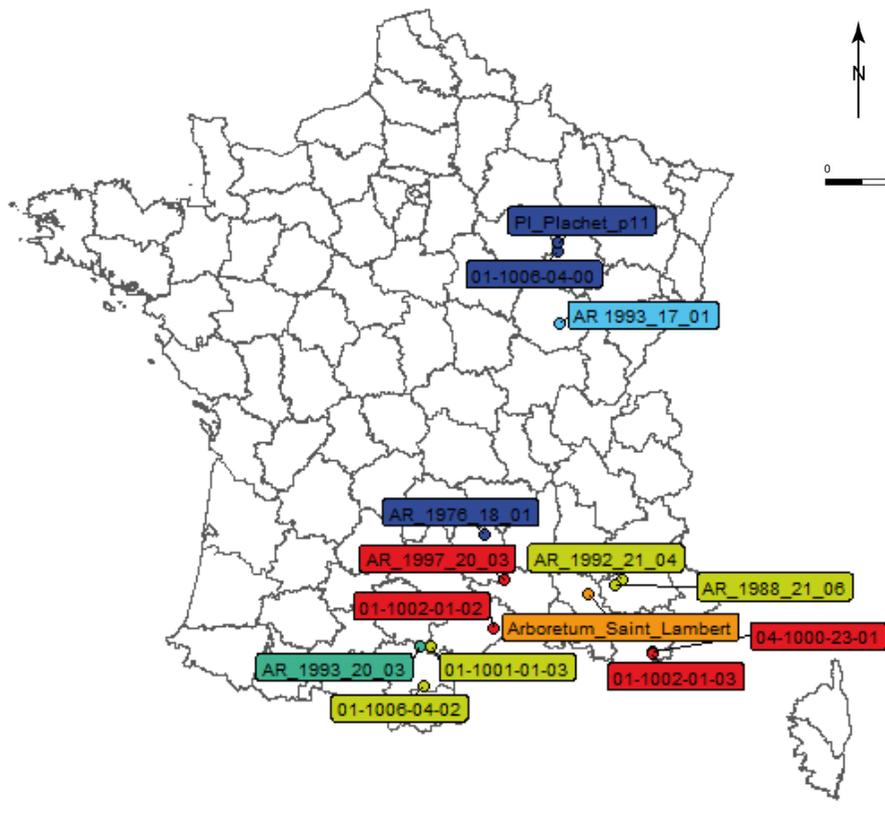
Originaire de Turquie

Analyse mélangée avec
Abies nordmanniana
subsp. *equi-trojani*

Grand arbre dépassant
les 30m de hauteur

Abies bornmuelleriana

Carte des parcelles de Abies bornmuelleriana



Essence

○ Abies bornmuelleriana

Typologie climatique

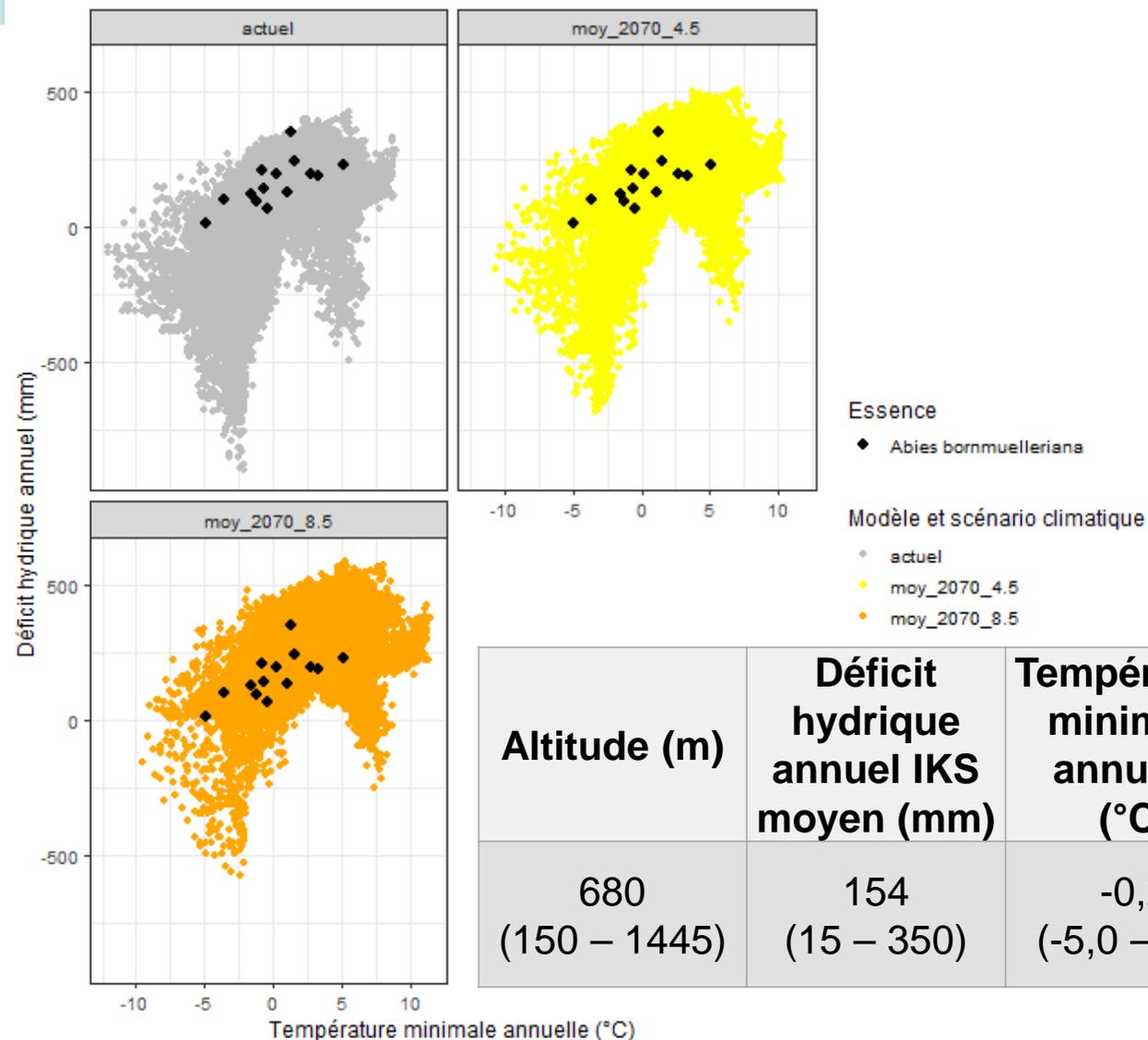
- Montagne
- Semi-continentale et marges montagnardes
- Océanique dégradé des plaines du Centre et du Nord
- Océanique altéré
- Océanique franc
- Méditerranéen altéré
- Bassin du Sud-Ouest
- Méditerranéen franc

27 références dans le cadre de REFER

- 93% *dispo génétique*, 7% « *en gestion* »
- *Age moyen : 37 ans (50% entre 27 et 45 ans)*
- *Climat à tendance méditerranéenne ou à tendance montagnard, sols variés mais fréquemment superficiels*
- *Problèmes fréquents de mortalité juvénile en plantation (cohérent avec la littérature), nécessite un couvert*

Typologie issue de l'article : (2010) Les types de climats en France, une construction spatiale. Daniel Joly, Thierry Brossard, Hervé Cardot, Jean Cavailhes, Mohamed Hilal et Pierre Wavresky

Répartition des peuplements
de *Abies bornmuelleriana* en fonction des variables IKS
TMIa et DHYa



Altitude (m)	Déficit hydrique annuel IKS moyen (mm)	Température minimale annuelle (°C)	Somme des degrés jours annuelle (°C)	Température moyenne annuelle (°C)	Pluviosité moyenne annuelle (mm)
680 (150 – 1445)	154 (15 – 350)	-0,2 (-5,0 – 5,1)	3722 (2114 – 5336)	10,7 (6,1 – 14,6)	921 (641 – 1193)

Les points de couleur représentent les points forêts de l'IFN (source : ClimEssences)

Abies bornmuelleriana

Les placettes visitées pour REFER auront un intérêt dans le climat futur.

Des sites « extrêmes » sont intéressants

Abies bornmuelleriana

Croissance hétérogène, même à l'intérieur d'un même site :

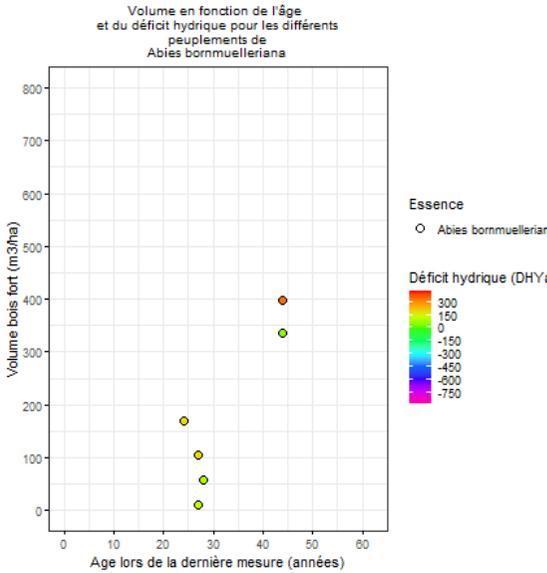
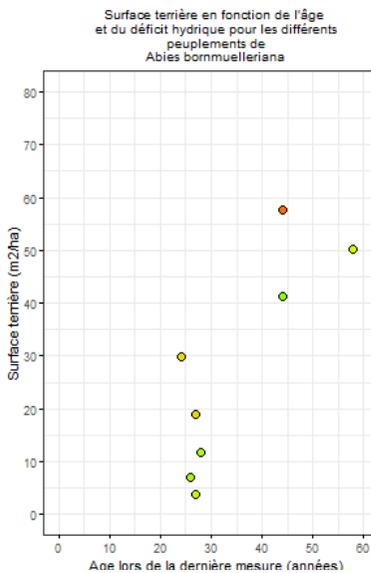
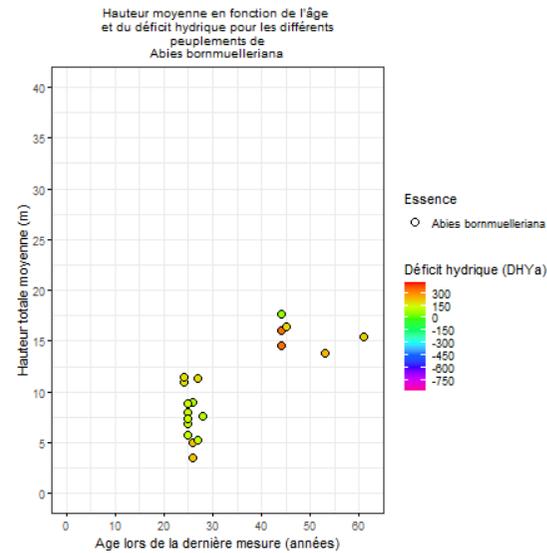
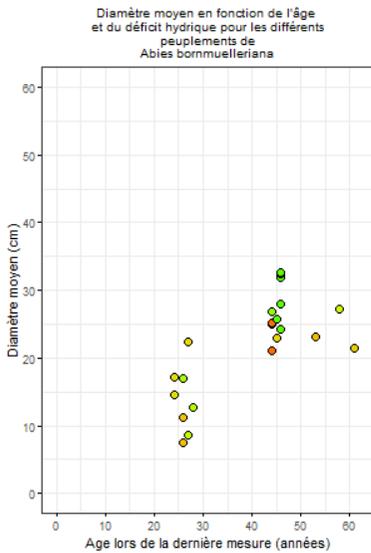
- **A 50 ans :** Diamètre entre 20 à 35 cm
- **A 50 ans :** Hauteur entre 14 et 18 m

A l'échelle peuplement, l'hétérogénéité est encore plus forte (mortalité) :

- **A 25 ans :** Surface terrière allant de 5 à 30m²/ha
- **A 25 ans :** Volume allant de 10 à 170m³/ha

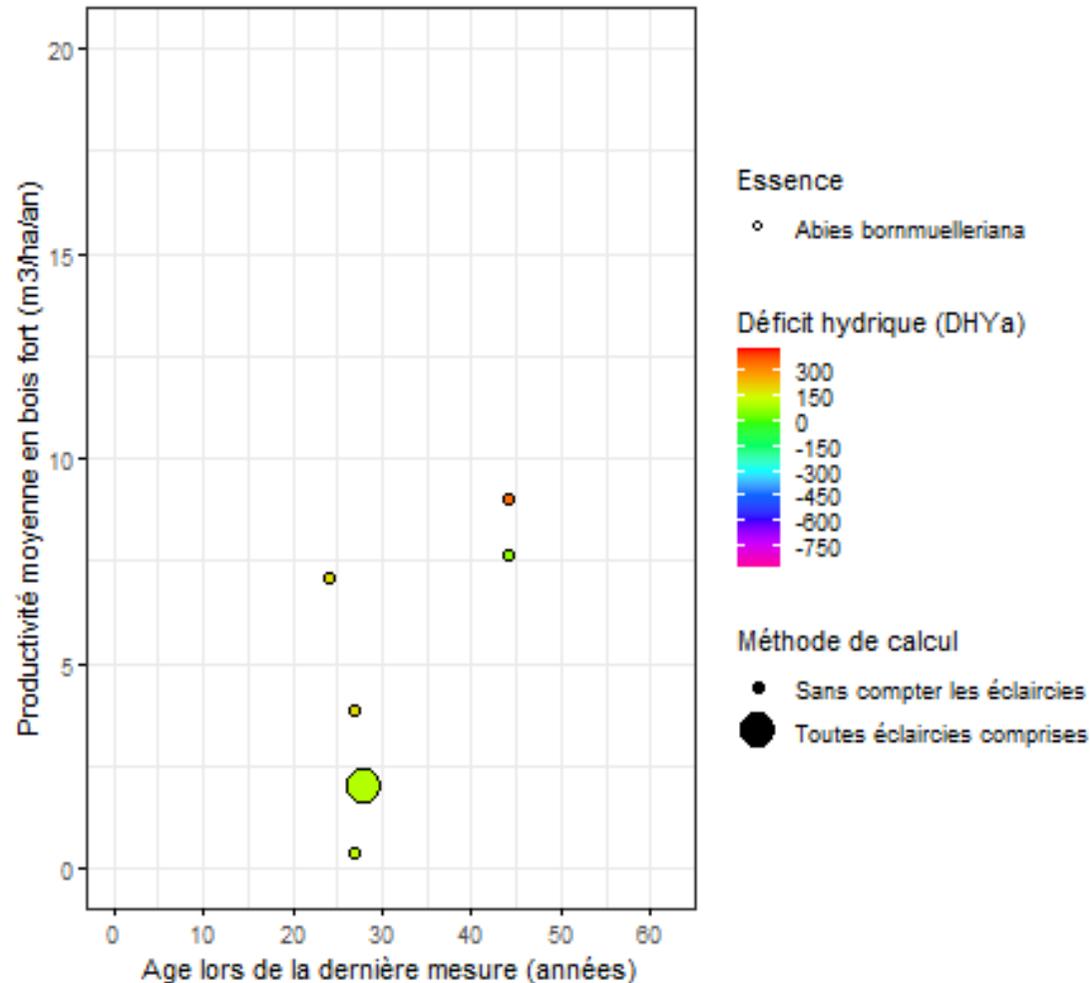
Quelques placettes surcapitalisées

Peu d'effet visible du déficit hydrique



Abies bornmuelleriana

Productivité en fonction de l'âge
et du déficit hydrique pour les différents
peuplements de
Abies bornmuelleriana



Trop d'inconnus pour tirer des valeurs de productivité généralisables :

- *1 Seule placette fiable mais jeune*
- *12,4m³/ha/an à 53 ans au Plachet (Haute-Marne) > Sapin pectiné dans le Jura (bonne fertilité)*
- *Résultats incomplets mais similaires au Plachet pour Bois-Génard (Haute-Marne)*
- *Résultats incomplets mais équivalents au sapin pectiné des Pyrénées pour Rouffiac-des-Corbières (Aude)*

Des valeurs de productivité moyenne globalement équivalentes à celles attendues pour Abies alba

Matériel végétal :

- ***Il existe 2 vergers à graines de sapin de Bornmüller dans le Lot (46) :***
 - ***Uludag-Sousceyrac (réf : ABO-VG-001)***
 - ***Bostan-Haute-Serre (réf : ABO-VG-002)***
- ***Pas de récolte sur les peuplements proches d'autres sapins méditerranéens ou pectiné (hybridation)***
- ***Seul le peuplement du Plachet (Haute-Marne) mesuré dans le cadre de REFER pourrait servir de source de graines complémentaire***

Bois :

- ***Plusieurs parcelles pouvant immédiatement faire l'objet de récoltes et tests de bois (mais de diamètre modéré) ont été répertoriées dans le cadre de REFER***
- ***Bois très utilisé en Turquie (construction, ameublement, caisserie, bois de chauffage, etc.)***
- ***Bois qui semble similaire à celui du sapin pectiné (peut-être légèrement moins dense) et arbre généralement de belle forme***

Conclusion :

- *Espèce relativement plastique qui tolère des conditions pédo-climatiques plus contraignantes que le sapin pectiné (sol superficiel et déficit hydrique)*
- *Plantation difficile car mauvaise reprise et croissance juvénile lente (surtout en contexte méditerranéen), beaucoup de travaux à prévoir (dégagements et regarnis)*
- *Une production et des débouchés du bois similaires à ceux du sapin pectiné*
- *Une production de graines adaptée à la demande actuelle (et des récoltes possibles sur un nouveau site)*
- *De nouveaux essais sont à prévoir : sylviculture, sécheresse en pépinière, plantation sous abri ou en enrichissement*

12 références dans le cadre de REFER, dont

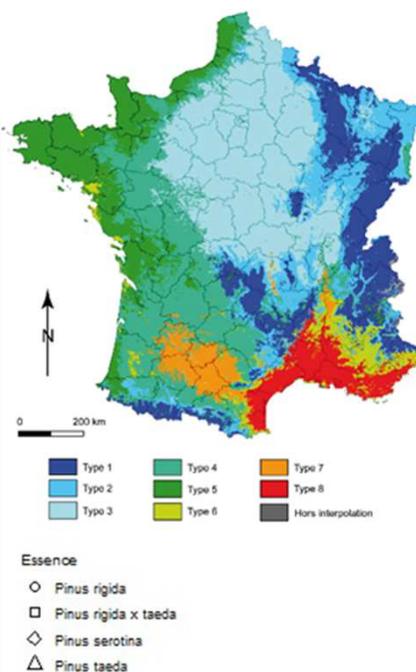
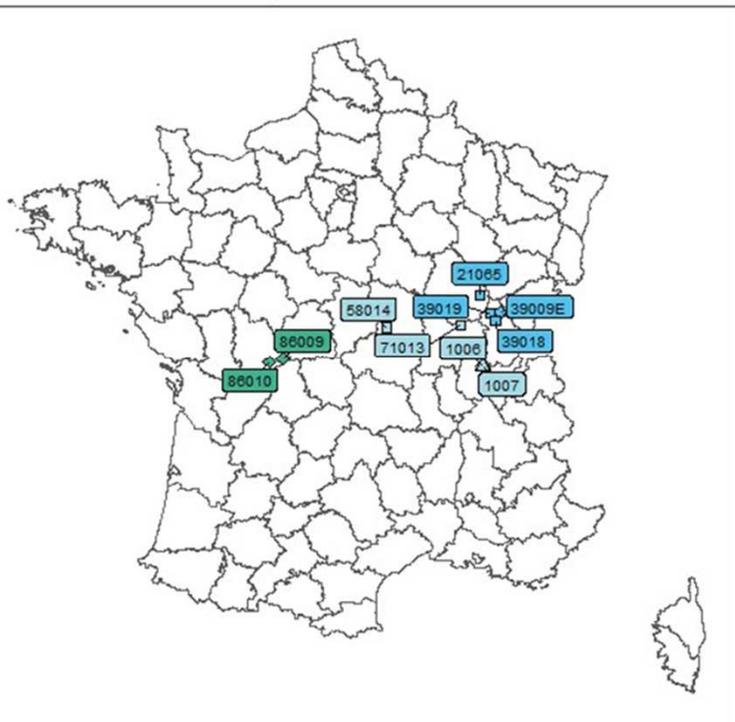
En BFC :

- 5 essais de descendances hybrides, en comparaison avec des témoins Pins laricio, *P. weymouth*, *P. serotina*, *P. taeda* et *P. rigida*.

En AURA :

- Un essai de comparaison de Pins à **Treffort** (Ain) : Divers Pins laricios, *P. weymouth*, *P. serotina*, *P. taeda* et *P. rigida*
- Un essai de descendances de *P. taeda* à **Treffort** (Ain)

Carte des parcelles de Pins à 3 feuilles



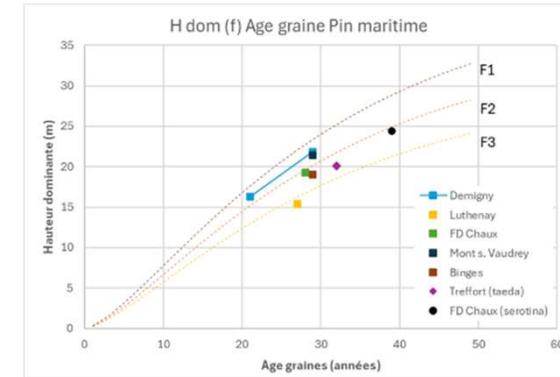
Typologie issue de l'article : (2010) Les types de climats en France, une construction spatiale. Daniel Joly, Thierry Brossard, Hervé Cardot, Jean Cavailhes, Mohamed Hilal et Pierre Wavresky

Pin taeda et autres pins à trois feuilles

Très bonne croissance : # 30 cm de diamètre à 30 ans

Productivité (quand disponible) : entre 10 et 15 m³/ha/an

Pas de mortalité ou de dépérissement constaté

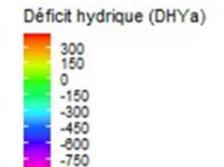
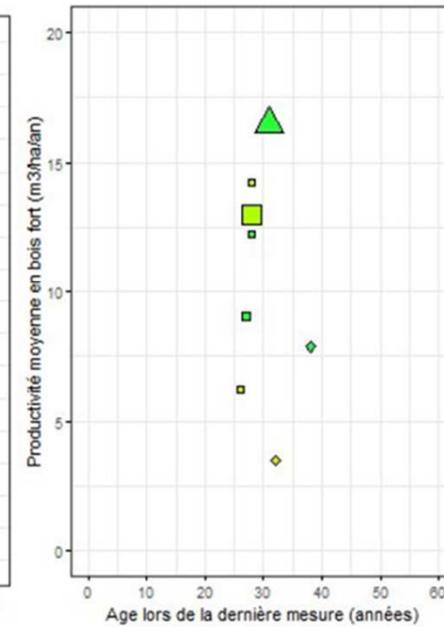
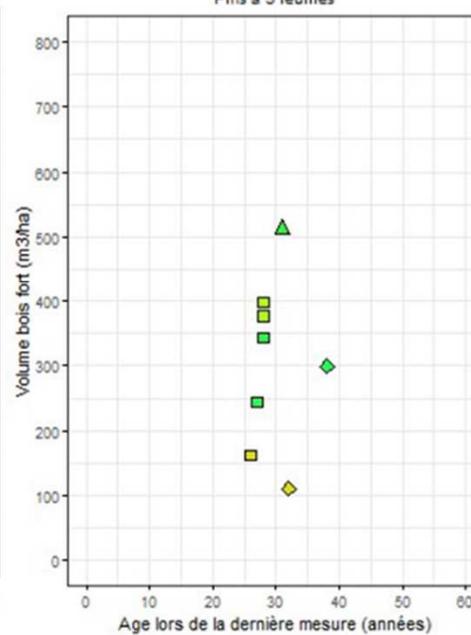
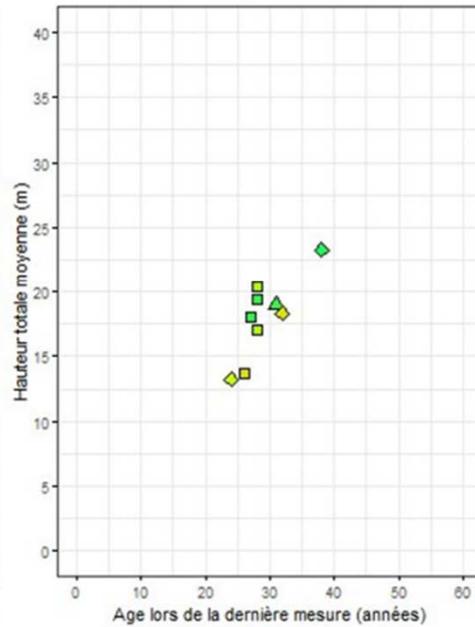
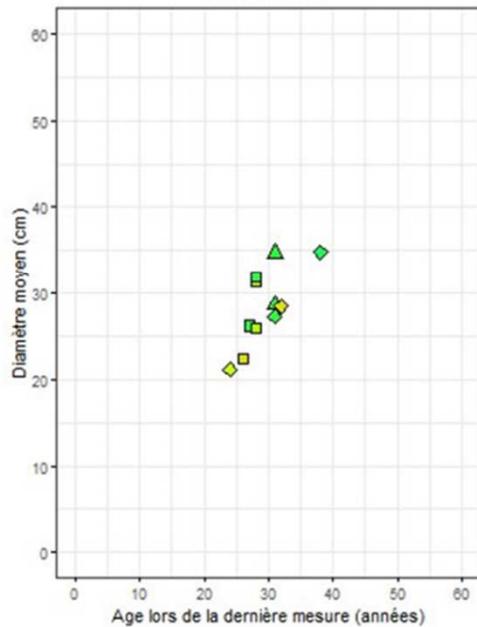


Diamètre moyen en fonction de l'âge et du déficit hydrique pour les différents peuplements de Pins à 3 feuilles

Hauteur moyenne en fonction de l'âge et du déficit hydrique pour les différents peuplements de Pins à 3 feuilles

Volume en fonction de l'âge et du déficit hydrique pour les différents peuplements de Pins à 3 feuilles

Productivité en fonction de l'âge et du déficit hydrique pour les différents peuplements de Pins à 3 feuilles

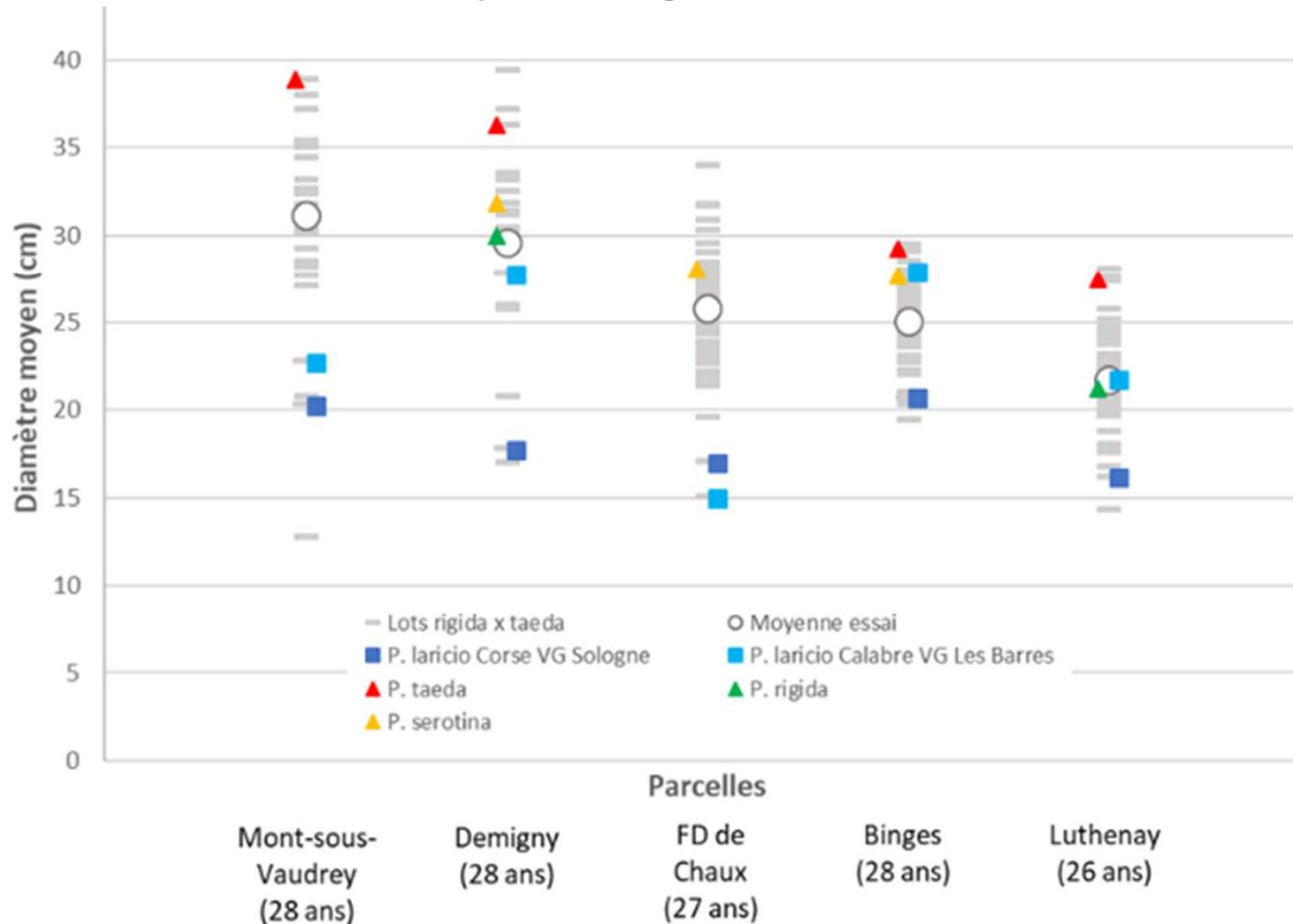


Méthode de calcul
 • Sans compter les éclaircies
 ● Toutes éclaircies comprises

Essence
 ◊ Pinus rigida
 ◻ Pinus rigida x taeda
 ◊ Pinus serotina
 ▲ Pinus taeda

Pin taeda et autres pins à trois feuilles

5 essais de descendance hybrides rigida x taeda en BFC



Vigueur :

- **Hybrides rigida x taeda** : Grande variabilité des diamètres
- **P. taeda** toujours bien classé (présent 4 essais / 5)
- **P. serotina** toujours au-dessus de la moyenne de l'essai (présent 3 essais / 5)
- **P. rigida** au niveau de la moyenne des essais (présent 2 essais / 5)
- **P. laricio de Calabre** (variable)
- **P. laricio de Corse** (toujours bas de classement)

Pin taeda et autres pins à trois feuilles

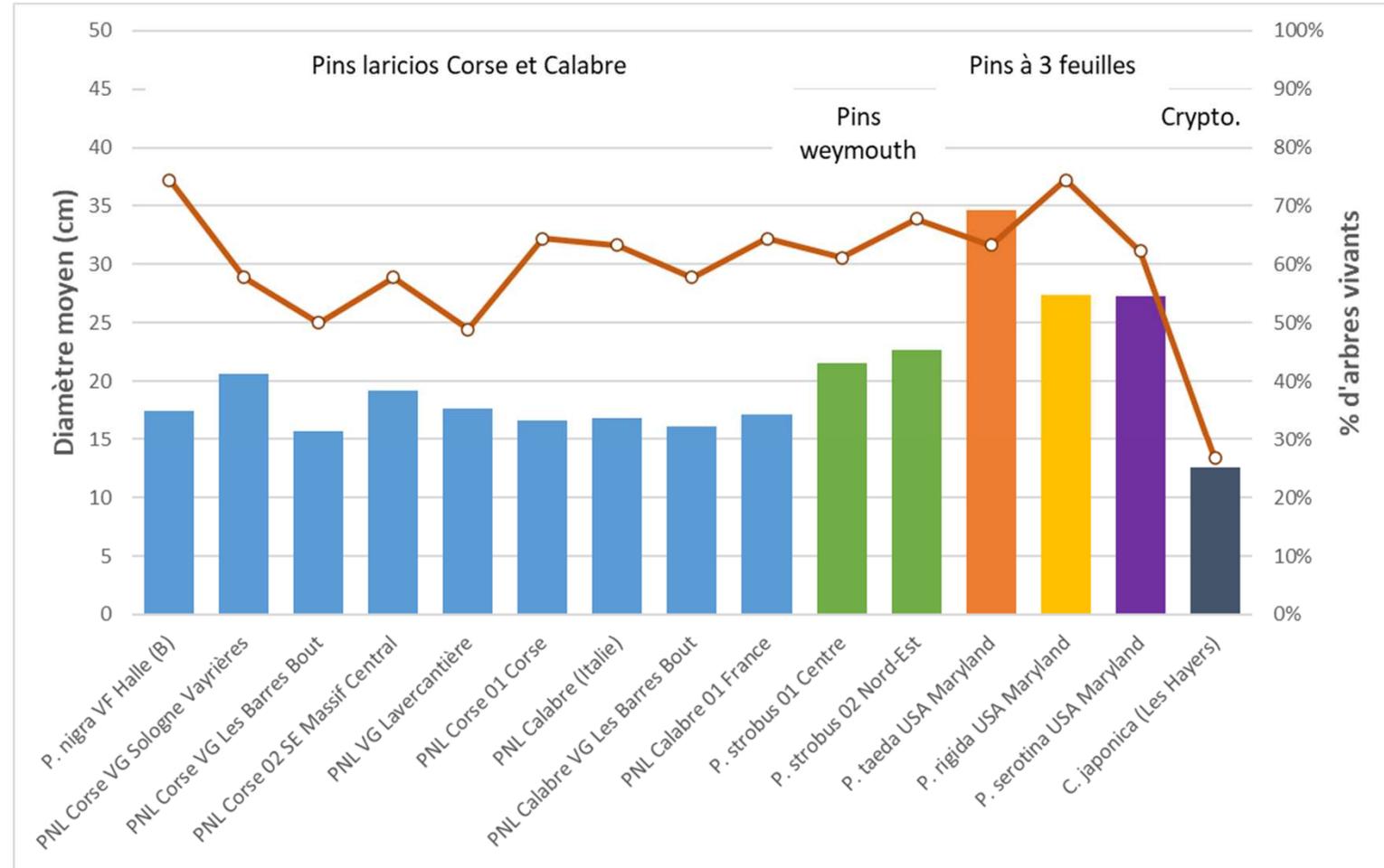
Comparaison d'espèces de pins de 31 ans dans l'Ain (01007)

15 traitements :

- 9 lots P. laricio Corse et Calabre
- 2 lots de P. weymouth
- 1 lot de P. rigida
- 1 lot de P. serotina
- 1 lot de P. taeda
- 1 lot de Cryptomère

3 Blocs

- PU de 30 plants



Matériel végétal :

- *Pin taeda* :
 - *Essence réglementée, peuplements classés et vergers à graines disponibles*
 - *Pas de sensibilité au froid relevée dans les essais installés dans le Nord-Est sur ces trente dernières années*
 - *Etendre la zone d'utilisation possible dans les fiches conseils d'utilisation ?*
- *P. rigida et P. serotina* : *espèces non réglementées*

Bois :

- *Pin taeda* :
 - *Essence très importante dans le Sud-Est des Etats-Unis*
 - *En Nouvelle-Aquitaine, moins bonnes propriétés mécaniques que le Pin maritime (MOR équivalent, mais MOE plus faible), mais croissance juvénile très forte : intéressant de comparer avec des croissances plus lentes observées dans le Nord-Est ?*
- *P. rigida et P. serotina* : *pas de références françaises*



Merci de votre attention

Alain BERTHELOT, alain.berthelot@fcba.fr
Valentin BOUTTIER, valentin.bouttier@onf.fr

| fcba.fr