

Le Sequoia sempervirens : un géant de la biomasse

Le Sequoia sempervirens a fait l'objet d'un programme de sélection par l'AFOCEL, menant à tester un millier de clones d'origines très diverses au travers d'un réseau d'essai important mais mis en sommeil dans les années 90. Il a été récemment revisité et complété. Nous en tirons les enseignements en mettant en évidence le potentiel de production de cette essence.

Introduction

Initialement présents sur une vaste partie du globe dont l'Europe, les séquoias ont massivement disparu suite aux glaciations résultant en une aire de répartition naturelle restreinte à l'ouest de l'Amérique du Nord. Ils appartiennent à la famille des taxodiacées (récemment rétrogradée au rang de sous-famille au sein des Cupressacées (Ahuja, 2009 ; Gadek et al., 2000). Contrairement aux autres conifères, l'ancêtre du sequoia sempervirent a subi une polydiploidisation ($n = 33$ chromosomes contre 11 ou 12 pour tous les autres conifères).

Les deux espèces les plus emblématiques (Sequoiadendron giganteum, le séquoia "géant", en fait le plus volumineux, et *Sequoia sempervirens*, le séquoia "toujours vert" (sempervirent), le plus vigoureux et dont sont issus les plus grands arbres de l'hémisphère Nord), couramment plantées pour leur morphologie "spectaculaire" attirant de nombreux visiteurs dans les parcs naturels californiens, se sont également révélées les plus économiquement intéressantes. Leur bois coloré de coeur leur a valu l'appellation générique anglaise de redwood. Les deux espèces sont confinées à des

aires naturelles de répartition très limitées et voisines.

L'aire naturelle du séquoia sempervirent est limitée à une bande orientée Nord-Sud s'étendant sur 700 km traversant l'Oregon et la Californie, distante au maximum de 60 km de la côte Pacifique des USA (d'où la dénomination vernaculaire anglophone de "Coastal redwood"). Cette zone est caractérisée par

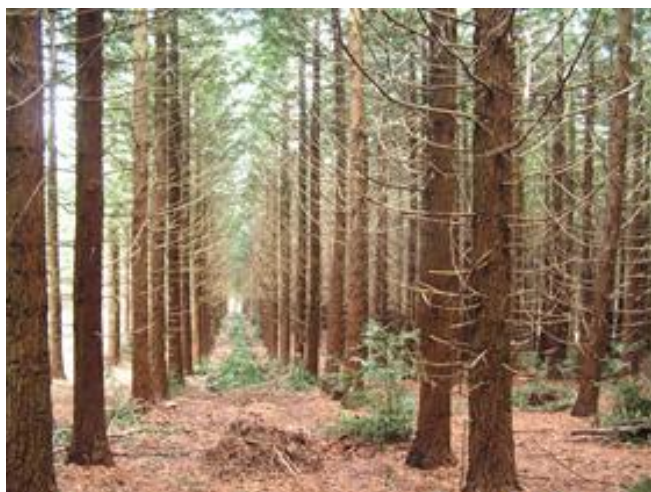


Figure 1 : Aperçu d'une plantation en Normandie âgée de 21 ans juste après une éclaircie (la Ferrière Harang, Calvados)

une humidité atmosphérique souvent élevée (qualifiée de "fog belt"). Contrairement au sequoia géant, le sequoia sempervirent a la particularité de pouvoir produire des rejets de souches à tout âge, permettant une repousse sur la souche après une coupe ou sur le tronc après un dégât lié à un accident climatique ou une attaque modérée d'un agent pathogène ou d'un défoliateur, ce qui constitue un atout majeur pour le sylviculteur et conduit, y

compris en peuplement naturel, à la formation de bouquets de tiges issues d'un unique plant initial.

De surcroit, la multiplication végétative en est facilitée, que ce soit in vitro ou par les méthodes horticoles classiques. Néanmoins, le bouturage simple (horticole) devient difficile dès que les arbres dépassent 10 ans ce qui nécessite alors la

stimulation du retour à la vigueur juvénile (rejuvenilisation) avant de reprendre la multiplication, opération pour laquelle la méthode la plus efficace passe par la culture in vitro. L'AFOCEL a été pionnière en la matière, réussissant dès les années 80 la propagation d'arbres multi centenaires (Francllet, 1977, 1981 et 1983).

C'est un des conifères les plus vigoureux poussant en climat tempéré, pouvant produire jusqu'à 30 m3 par hectare et par an (Fritz, 1945). En 1973, cette espèce retient l'attention de l'AFOCEL en raison de sa forte croissance juvénile et de sa capacité de rejeter de souche qui lui confère une place de choix dans le programme "taillis à courte rotation".

Comme dans beaucoup d'autres pays, le séquoia a été introduit en France dans de nombreux parcs publics et privés (arboretum des Barres, arboretum de La Jonchère, Bambouseraie d'Anduze, etc.).

L'absence de grandes plantations en France s'explique par sa sensibilité relative au gel. L'espèce exige un automne clément (qui est sa période de croissance maximale), et une arrivée progressive des gelées. D'autre part, elle se propage mal par graine : les rares semences germent difficilement et les plants qui en sont issus sont très sensibles aux premiers froids. La seule solution est donc de passer par une propagation végétative d'ortets sélectionnés (Bonduelle, 1987).

Caractéristiques et usages du bois

La coloration marron rougeâtre du bois est due à une teneur élevée en substances phénoliques rendant le bois imputrescible et donc recherché pour des usages en extérieur (bardage, terrasses...). Cette coloration du bois est un avantage supplémentaire le qualifiant également pour des usages purement décoratifs (lambris par exemple) et en ameublement surtout développés aux USA.

Le séquoia breton est utilisé localement en bardage, en raison de son faible retrait et de sa durabilité aux intempéries. Une petite scierie fabrique des meubles en séquoia. Cette même scierie a réalisé le colombage d'une maison en séquoia à Paris (Hainry et Colombet, 2009). L'utilisation du bois de séquoia reste marginale en raison des faibles volumes disponibles.

Une étude technique du FCBA avec le soutien de la DRAAF Languedoc-Roussillon conclut dans le même sens : absence de déformation du bois de séquoia au séchage, bonne durabilité naturelle face aux attaques fongiques, faibles performances mécaniques (mais les arbres testés étaient jeunes : 25 ans). Son comportement au feu correspond aux normes d'un bon bois de construction avec peu de dégagement de fumées. Malgré la jeunesse des arbres sélectionnés, les résultats obtenus permettent déjà l'utilisation du *Sequoia sempervirens* en bardage (classe d'emploi 3b), laissant entrevoir un classement en catégorie de durabilité supérieure (classe 4) si les tests ad hoc étaient réalisés.

Une étude AFOCEL réalisée en 2004 a caractérisé le bois produit en France par une trentaine de clones de la collection Kuser, amenant à des conclusions similaires à celles des études menées aux USA (notamment Resch et Arganbright, 1968). Malgré la coloration du bois, la teneur totale en extrait est faible, facilitant l'extraction de la lignine qui est par contre plus abondante que chez la plupart des conifères cultivés en Europe. Les fibres sont particulièrement longues. Le bois est composé d'un aubier distinct presque blanc, assez épais chez les sujets jeunes puis très étroit chez les tiges plus âgées, et d'un cœur rouge clair et homogène avec un grain très serré. Le bois est léger avec une infradensité proche de 0,35 présentant une forte variabilité intra-arbre. La longueur des fibres quant à elle augmente avec l'âge de l'arbre et semble corrélée avec l'infradensité (Gastine, 2004). Un usage papetier du bois de séquoia a été réalisé mais limité à deux usines aux USA. La faible masse volumique (600 à 700 kg/m3) et le taux d'écorce parfois très important, (variant selon l'origine génétique de 11 à 21 % en masse, de 24 à 43 % en volume) pénalisent l'usage de grumes en bois d'industrie.

Programme de recherche et développement du séquoia par l'AFOCEL-FCBA

Des ressources génétiques uniques

La collection de l'AFOCEL (aujourd'hui FCBA) comportant plus de 1000 clones a été constituée entre 1973 et 1990 à partir de trois sources.

Premièrement, 436 arbres présentant une croissance intéressante par leur vigueur et/ou leur localisation suffisamment exposée à un gel marqué ont été échantillonnés en France et plus marginalement dans le reste de l'Europe continentale, essentiellement dans des parcs et arboreta privés et publics où ils ont été introduits dès le 19^{ème} siècle.

Deuxièmement, 530 clones ont été sélectionnés sur leur croissance à 3 ans en tests de provenance établis à partir de lots de graines ramenés de l'aire d'origine par des missions dédiées.

Enfin, la troisième origine est une collection de 180 clones représentant 90 provenances (altitude 24 à 975 mètres) réparties sur l'ensemble de l'aire naturelle. Cette collection a été constituée et disséminée par John Kuser aux USA, en France, en Espagne (Nord), en Ecosse et en Nouvelle-Zélande. Dans les trois derniers pays cités, seules des plantations très limitées ont été initialement implantées. Le cas le plus intéressant est celui de la Nouvelle Zélande où une association de forestiers privés, la NZ Farm Forestry Association, en a mis en place plus récemment des essais à travers tout le pays avec des clones sélectionnés dans quelques

tests plus anciens dans ce pays et en Californie pour leur bonne croissance et la qualité technologique de leur bois avec pour but la production de bois destiné à l'export. Les essais menés à la fin du 20^{ème} siècle ont abouti aux conclusions classiques : importance des conditions microclimatiques, de la préparation et de la fertilité du sol, effet de la fumure et d'une sylviculture précise et rigoureuse pour obtenir une production qualitativement et quantitativement intéressante. Une compagnie américaine a récemment investi en NZ en y plantant plus de 3000 ha de sequoia sempervirens (Gaman, 2012). Les plants sont produits quasi exclusivement par propagation in vitro.

Par la suite, certains pays tels que le Chili, qui avaient expérimenté dès le début du 20^{ème} siècle la culture du sequoia à partir de graines d'origine mal caractérisée, ont mis en place dans les années 2000 des tests clonaux pour quelques provenances de la collection Kuser.

En France, la collection Kuser a été plantée sur 3 sites : le domaine de l'Étançon à Nangis (siège historique de l'AFOCEL, près de Fontainebleau), à Saint Fargeau (Yonne) et à la station FCBA de Charrey-sur-Saône, mais sans dispositif expérimental. Cette collection a été récemment dupliquée en Aquitaine.



Figure 2 : Rejets de souche sur *Sequoia sempervirens* de 25 ans 2 mois après la coupe (collection Kuser FCBA, Seine-et-Marne)

La constitution du réseau d'essai FCBA

Le réseau d'essai FCBA consacré au *Sequoia sempervirens* a été constitué à partir des clones issus des deux premières composantes de nos ressources génétiques décrites plus haut. Deux parcs à pieds mères ont été établis et maintenus quelques années pour la production de boutures, permettant d'établir entre 1985 et 1990 des plantations expérimentales et pilotes sur 95 ha constituant la moitié de la superficie plantée actuellement en France, localisée majoritairement dans l'Ouest et le Sud-Ouest. La majeure partie de ces plantations constitue la première (et seule) tentative de plantation à plus grande échelle de cette essence en France. Elles ont été réalisées, en partie, avec le soutien de l'ADEME dans le cadre du programme "400 ha de plantations à croissance rapide" dans les années 1990 (Savanne, 1990).

Outre le test des clones, les parcelles ont été établies avec l'objectif de qualifier le potentiel de l'espèce dans plusieurs régions et de tester l'impact de diverses modalités sylvicoles et de pépinière.

Résultats récents du réseau d'essai FCBA

L'implantation de parcelles expérimentales a commencé en 1977 sur la façade atlantique pour se terminer en 1996 dans le sud de la France. Outre les aspects génétiques, les essais portaient sur le test de modalité de culture en pépinière, reboisement, fertilisation et sylviculture. Ce réseau est resté actif en faisant l'objet de mesures régulières sur plus de 50 parcelles. Plus récemment, la mise en place de nouveaux projets de recherche (Climaq, Sylvabiom,...) a permis de mettre en place quelques nouvelles parcelles et de compléter le bilan de notre réseau existant.

430 clones ont été mis en œuvre dans le réseau d'essais. Presque 50% des clones testés proviennent des collectes réalisées dans les régions Pays de la Loire, Centre et Bretagne.

Résultats - Bilan global:

45 clones sont présents sur plus de 15 sites et une trentaine présents sur 15 à 20 sites. La performance de croissance des clones a été qualifiée sur les différents sites par deux indicateurs qui se sont révélés concordants : le cumul du classement des clones par rapport à la moyenne de chaque parcelle où il sont présents et le classement par rapport aux performances de clones témoin présents sur une majorité du réseau expérimental. Ces indicateurs ne sont calculés que si au moins 3 arbres du clone sont mesurés l'année considérée.

Ces clones témoins sont présents sur de très nombreux essais avec des performances relativement stables et supérieures à la moyenne.

Pour pouvoir comparer les expérimentations n'ayant pas été mesurées aux mêmes âges, nous avons a minima réalisé pour chaque essai une mesure de trois paramètres : la hauteur juvénile (entre 1 et 3 ans), la hauteur "adolescente" (entre 3 et 9 ans) et le diamètre.

Les données collectées et analysées à partir du réseau d'essais ont permis d'établir des tarifs de cubage et de biomasse sur quelques parcelles (résultats internes au projet Sylvabiom). La productivité atteint en moyenne 6 à 10 tonnes sèches par hectare et par an avec une tendance croissante les années suivantes.

Le nombre de clones testés est très variable selon les essais : de 4 sur certains sites plutôt dédiés à la démonstration à plus de 80 pour les véritables tests clonaux. Un des clones AFOCEL commercialisé (770365 ; identifiant de travail : clone 4) se détache. Testé sur de nombreux sites, sa performance est 10 à 15% supérieure à celle des

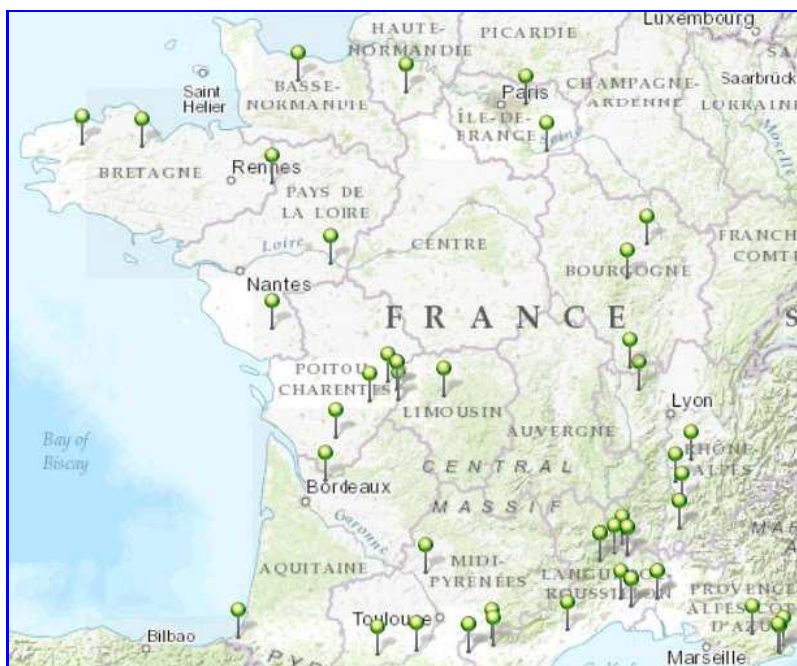


Figure 3 : Localisation des essais analysés en 2010-2012 (hors projet Climaq)

Clone	Performance relative à la moyenne de chaque essai			Performance relative à la moyenne des témoins		
	Hauteur juvénile	Hauteur adolescente	Diamètre	Hauteur juvénile	Hauteur adolescente	Diamètre
770365	30%	17%	21%	15%	11%	13%
811025	15%	13%	14%	12%	8%	18%
770559	22%	14%	11%	10%	8%	7%
770302	19%	11%	0%	4%	4%	-5%
770363	16%	12%	9%	1%	0%	4%

Tableau 1 : Performances relatives des 5 meilleurs clones testés. Le gain sur trois paramètres est indiqué par rapport à la moyenne des sites (partie gauche du tableau) ainsi que par rapport aux clones témoins permettant de comparer les performances entre sites

clones témoins et 17 à 30% supérieure à la moyenne générale. Il est suivi de près dans le classement par un groupe de quatre clones qui ont de très bonnes performances et qui sont testés sur de nombreux sites. Ainsi pour ces cinq clones élite, les gains de production envisageables seraient de l'ordre de 20 à 25% de biomasse récoltable.

A noter que sur ces cinq clones "élite", quatre avaient déjà été repérés comme performants dans la synthèse des essais situés en zone méditerranéenne que nous avons réalisée en 1999 (rapport interne FCBA).

On ne remarque pas de distinction dans le comportement des clones entre les deux régions (atlantique et méditerranéenne où se situent la majorité des essais). S'il est très plastique, une production intensive nécessite une station plutôt abritée et un sol profond bien alimenté en eau.

La sylviculture du séquoia a été menée en taillis à courte rotation (TCR) comme en futaie. En TCR, la plantation a été réalisée dans deux régions à une densité de 1100 à 1250 tiges/ha avec une récolte initialement prévue entre 10 et 12 ans pour une utilisation en trituration, énergie ou petits sciages.

Les parcelles ont été récoltées à 20 ans avec une production de 275 à 350 tonnes brutes par hectare dans le Centre-Ouest (soit une productivité de 14 à 18 t brutes/ha/an) tandis qu'en Languedoc-Roussillon, la production a été comprise entre 196 et 550 tonnes brutes (soit 10 à 28 t/ha/an).

Pour la conduite en futaie, une densité initiale similaire a été choisie (1250 arbres/ha) avec une récolte de bois d'œuvre prévue entre 40 et 60 ans avec éventuellement une ou plusieurs éclaircies. L'objectif est la production de sciage. Vers 10 ans, 40% des arbres sont supprimés en première éclaircie systématique et sélective. Pour constituer le peuplement final, 3 à 4 éclaircies espacées de 10 ans seront nécessaires pour diminuer la densité à environ 200 à 250 tiges /ha. Pour éviter l'émission de rejets, il faut traiter au débroussaillant les souches des arbres coupés. L'élagage naturel est faible et les branches mortes sont persistantes, d'où la nécessité d'un élagage artificiel jusqu'à 8 m. La production de bois est importante, atteignant jusqu'à 1400 m³/ha sur une durée de 50 à 60 ans.

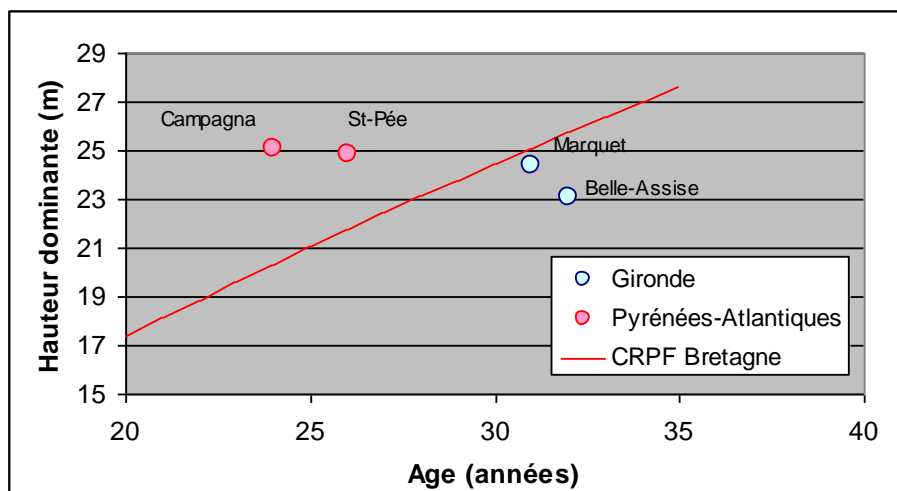


Figure 4 : Comparaison des hauteurs dominantes des séquoias des quatre parcelles aquitaines mesurées en 2010-2011 avec les données du CRPF de Bretagne (Hainry et Colombet, 2009)

Résultats – zoom sur quatre essais établis en Aquitaine :

Dans le cadre du projet Climaq (Adaptation des forêts d'Aquitaine au changement climatique), nous avons installé en 2011 deux nouvelles parcelles à forte densité de plantation pour la production de biomasse et avons mesuré quatre parcelles de séquoia âgées de 25 à 30 ans.

Ces quatre parcelles atteignent de niveaux de production dans des conditions assez variées.

Les deux parcelles basques (Campagna et Saint-Pée, sylvo-écorégion "Adour Atlantique") bénéficient de fortes précipitations annuelles de l'ordre de 1500 mm, les deux parcelles girondines (Marquet et Belle-Assise) sont en revanche en situation plus sèche (700 à 900 mm/an ; sylvo-écorégion "coteaux de la Garonne").

Toutes ces parcelles sont situées sur des sols argilo-limoneux à argileux acides. Leur situation topographique est variée : Campagna sur une pente accentuée, Saint-Pée sur un plateau, Marquet en plaine et Belle-Assise en haut de pente.

La parcelle qui est en situation la moins favorable (Belle-Assise) est un peu en dessous de la moyenne bretonne, Marquet dans la moyenne et les parcelles basques nettement au-dessus de la moyenne.

Parcelles aquitaines	Belle-Assise (33)	Saint-Pée sur Nivelle (64)	Campagna (64)	Marquet (33)
Date de plantation	janv-79	avr-85	nov-86	janv-80
Age à la mesure (années)	32	26	24	31
Densité initiale (nb/ha)	1111	1319	1250	1666
Densité actuelle (nb/ha)	502	889	750	906
Circonférence moyenne (cm)	121	97	110	107
Hauteur moyenne (m)	20	18	23	22
Circonférence dominante (cm)	163	153	153	133
Hauteur dominante (m)	23	25	25	24
Volume unitaire (m ³)	0,9	0,6	0,88	0,81
Volume sur pied (m ³ /ha)	450	514	660	733
Volume enlevé en éclaircie (m ³ /ha)	nd	0	0	336
Accroissement moyen (m ³ /ha/an)	14	20	27	34
Production totale (m ³ /ha, volume sur pied + volume éclairci)	nd	514	660	1069

Tableau 2 : Caractéristiques de quatre parcelles situées en Aquitaine ayant fait l'objet de mesures récentes dans le cadre du projet Climaq

Conclusions

Pour la France, les parcelles de référence montrent que cette essence peut atteindre des chiffres de production exceptionnelle (supérieur à 30 m³/ha/an). Il peut être utilisé de manière optimale en reboisement principalement sur la façade atlantique : Bretagne, Normandie, Pays de Loire, Poitou-Charentes et Aquitaine ainsi que sur tout l'arc méditerranéen. Ses performances sont limitées et éventuellement sa survie menacée en cas de sécheresse (pluviométrie annuelle inférieure à 650 mm sans compensation par des brouillards intenses et/ou une connexion directe à la nappe phréatique) et de froid excessif (température moyenne du mois le plus froid négative). Il peut toutefois se comporter de manière performante en zone continentale d'altitude modérée (inférieure à 1000 m). Il supporte très bien un engorgement saisonnier des sols et un pH basique sans excès de calcaire.

La plantation est réalisée à partir de boutures d'un an, de préférence après les dernières gelées de printemps. Les plants issus de graines de provenances "tout venant" sont à déconseiller. Des précisions sur les modalités de plantation et la sylviculture ont été décrites dans un document précédent disponible sur notre site web (Gautry et Fauconnier, 2009).

Le matériel sélectionné est installé dans un conservatoire et pourrait être rapidement et plus largement diffusé si le besoin s'en faisait sentir. La maîtrise des méthodes de propagation *in vitro* permet également une mobilisation accélérée par la production de pieds -mères de qualité en quelques mois. Sa faculté à se régénérer naturellement, sa capacité de rejeter vigoureusement de souche, son aptitude au bouturage tout comme sa résistance aux pathogènes sont des atouts en sa faveur.

Le séquoia supporte la comparaison avec les autres essences résineuses à forte production d'Aquitaine. Etant donnés ces résultats, le *Sequoia sempervirens* mérite qu'on s'y intéresse dans le Sud-Ouest de la France (Aquitaine et Midi-Pyrénées). On peut ainsi reprendre à l'échelle nationale une partie de la conclusion de Hainry et Colombet (2009) concernant la Bretagne: "Le séquoia toujours vert fait preuve d'une grande productivité (...), que très peu d'essences forestières sont susceptibles d'égaliser. Il montre également une plasticité supérieure à celle qu'on lui attribue habituellement".

Indifférent à la composition chimique du sol, il supporte l'absence de pluviométrie si la nappe phréatique peut l'approvisionner tout au long de l'année. Sa productivité baissera s'il souffre d'un déficit hydrique et/ou d'une faible fertilité minérale du sol, mais il pourra se maintenir. Le seul facteur

vraiment rédhibitoire est le froid excessif, principalement en première année, ce qui nous fait recommander de ne pas l'implanter dans le quart Nord -Est de la France bien qu'il soit parfois présent à titre ornemental dans des régions plus froides.

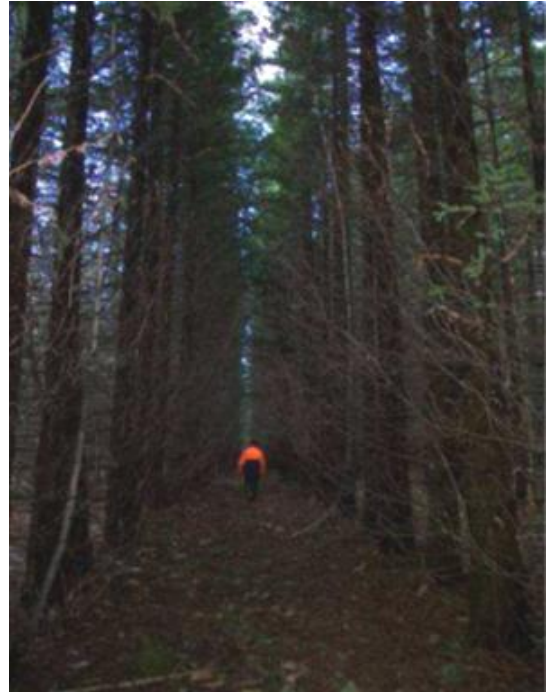


Figure 5 : Aperçu de l'essai de Bel Air (Charente) en 2009, Parcelle âgée de 26 ans (hauteur moyenne 18 m, volume : 570 m³/ha, diamètre moyen: 29 cm (38 cm pour le meilleur clone), densité : 1100 arbres/ha)

L'obtention de ces résultats a été financée pour partie par les projets suivants :

- Le projet Culiexa financé par le programme Enerbio de la Fondation Tuck
- La convention n°09/89 avec la DRAAF Languedoc Roussillon - Pré-qualification du *Sequoia sempervirens* en vue d'un usage en construction
- Climaq bénéficie du concours financier du Conseil Régional d'Aquitaine, de l'Europe (FEDER) et du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.
- Sylvabiom est financé par l'ANR (projet ANR-08-BIOE-006).

Nous remercions le Ministère de l'agriculture et de la pêche pour son soutien constant au maintien de notre réseau d'essais.

Bibliographie

1. Arnaud, Y., Fouret, Y., Larrieu, C., Tranvan, H., Francllet, A. and Miginiac, E. (1989) Réflexion sur les modalités d'appréciation du rajeunissement in vitro chez le *Sequoia sempervirens*. Annales des Sciences Forestières 46:178-182
2. Bonduelle P. (1987) Biomasse forestière : point sur la recherche et le développement pour deux espèces opérationnelles à l'AFOCEL: hybrides de peupliers et Séquoia sempervirens. In: Grassi G., Delmon B., Mølle J.F., Zibetta H. (éditeurs) Biomass for Energy & Industry, Elsevier, pp 541-545
3. Bonduelle P. et Teissier du Cros E. (1986) Amélioration des arbres forestiers pour la production de biomasse à court terme. Revue For Française 38:191-196
4. Boulay, M. (1979) Multiplication et clonage rapide du *Sequoia sempervirens* par la culture in vitro. Ann rech Sylvicole AFOCEL 12: 49-55.
5. Brown, I.; Low, C.; McConnochie, R.; Nicholas, I.; Webster, R. (2011) In: Nicholas, I. (ed.) Best practice with farm forestry timber species. No. 3. Redwoods. (Chapter 3, Site selection) www.nzffa.org.nz/special-interest-groups/sequoia-action-group
6. Fauconnier T. (2012) Le *Sequoia sempervirens*, Bilan sur le travail d'amélioration génétique de 1973 à 1996. Livrable 10ter du projet ANR Sylvabiom : Tâche 2 : Perspective d'amélioration de la production de biomasse ligneuse par sélection génétique. Rapport FCBA interne au projet, 27 pages.
7. Francllet A (1977) Manipulation des pieds-mères et amélioration de la qualité des boutures. AFOCEL Et Rech n°8, 20 pages
8. Francllet A (1981) Rajeunissement et propagation végétative des ligneux. Ann AFOCEL 1980:12-40
9. Francllet, A. (1983) Rejuvenation: Theory and practical experience in clonal silviculture. In: L. Zsuffa, R.M. Rauter and C.W. Yeatman (eds.). Clonal forestry: Its impact on tree improvement and our future forests. Proc. Can. Tree Improvement Assn. 19th meeting part II. pp. 96-134
10. Gadek, P.A., Alpers, D.L., Heslewood M.M. and Quinn, C.J. (2000) Relationships within Cupressaceae *sensu lato*: a combined morphological and molecular approach. American Journal of Botany 87(7):1044-1057.
11. Hainry, D. et Colombet, M. (2009) Bilan des introductions et perspectives d'utilisation du Séquoia toujours vert (*Sequoia sempervirens*) en Bretagne. CRPF Bretagne, 12 pages. <http://www.crfp.fr/bretagne/pdf-information/Sequoia%20toujours%20vert.pdf>
12. Lanvin, J.D. (2010) Pré-qualification du Sequoia sempervirens en vue d'un usage en construction. 31 pages. FCBA, Rapport final d'étude pour la DRAAF Languedoc Roussillo. http://draaf.languedoc-roussillon.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_final_sequoia_draaf_cle02a2d1.pdf
13. Resch H. et Arganbright D.G.(1968) Variation of specific gravity, extractive content and tracheid length in Redwood trees. Forest Science, 14 (2), pp 148-155.
14. Savanne D. (1990) L'AFME et les plantations à croissance rapide. AFME, Paris, 20 pages

Pour en savoir plus :

Ahuja, M. R. (2009) Genetic constitution and diversity in four narrow endemic redwoods from the family Cupressaceae. Euphytica 65: 5-19

Gautry JY et Fauconnier T. (2009) Espèces ligneuses pour la production de biomasse - le Séquoia.

www.fcba.fr/biotechnologie/fiches_essences/fiche_sequoia2.pdf

Mionetto N. (2005) Réseau d'essais séquoia géant AFOCEL-FCBA

http://www.fcba.fr/recherche/resultat.php?id_fich=2403&label=4

Gastine F., Bouvet A., Deleuze C., Monchaux P. (2003) Le réseau d'essai de l'AFOCEL fête ses 40 ans. Revue Forestière Française.55:1:47-52.

Présentation du programme CLIMAQ (plan climat Aquitaine)

www.crfp.aquitaine.fr/docs/files/climaqpresentation.pdf

Sylvabiom - Résultats Présentation lors du Colloque ANR Bioénergies – 9 et 10 octobre 2012,

<http://www.agence-nationale-recherche.fr/Colloques/BioEnergies2012/presentations/sylvabiom.pdf>

Luc Harvengt, Alain Bouvet, Jean-Mathieu de Boissesson, Alain Berthelot, Thierry Fauconnier

Contact :

Tél. 05 56 79 95 00
sudouest@fcba.fr

FCBA – Pôle biotechnologie et Sylviculture Avancée
Campus Forêt de Pierroton.
71 route d'Aarcachon
33610 CESTAS



INSTITUT TECHNOLOGIQUE