



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

**Station Sud est**  
Domaine universitaire  
BP.251  
38044 GRENOBLE cedex 9  
Tél +33 (0)4 76 15 40 70  
Fax +33 (0)4.76 15 40 98

# LE SEQUOIA SEMPERVIRENS

Bilan sur le travail d'amélioration génétique de 1977 à 1996



Projet B00298

T. FAUCONNIER 2011

## SOMMAIRE

1.	Une essence légendaire .....	4
1.1.	Aire naturelle .....	4
1.2.	Ecologie.....	4
1.3.	Caractéristiques technologiques .....	4
1.4.	Possibilité d'utilisation du Séquoia sempervirens en France .....	5
2.	La situation du Séquoia à l'étranger et en France .....	7
2.1.	Références étrangères hors de son aire naturelle.....	7
2.2.	En France.....	8
2.3.	Un gros potentiel de récolte, mais une non expansion forestière.....	8
3.	Le matériel génétique : un stock important.....	9
3.1.	L'inventaire des arbres remarquables.....	9
3.2.	Missions de récolte de graines et d'ortets .....	9
3.3.	La base de données.....	9
3.4.	Nombre de clones testés .....	9
4.	La stratégie du programme.....	10
4.1.	L'apport des biotechnologies .....	11
4.2.	Le rajeunissement.....	11
4.3.	Les collections de clone .....	11
4.4.	Les parcs à pieds-mères.....	11
4.5.	Etat actuel des 3 parcs à pieds-mères .....	11
4.6.	L'expérimentation .....	12
4.7.	Le classement des clones.....	12
5.	Etat des recherches .....	12
5.1.	L'expérimentation : la façade atlantique et le sud de la France .....	12
5.2.	Les thèmes de recherche .....	13
5.3.	La création d'une variété polyclonale .....	13
5.4.	Les audits.....	14
6.	Nouvelles analyses 2009 - 2010.....	14
6.1.	Les données disponibles.....	14
6.2.	Méthode de travail.....	14
6.3.	Les clones ponts .....	15
6.4.	Les clones « élites » .....	16
7.	La culture du Séquoia sempervirens .....	17
7.1.	L'installation au champ .....	17
7.2.	Le contrôle de la végétation .....	18
7.3.	L'intensification : 2 axes de recherche.....	18
7.4.	Quelques références issues des essais .....	18
7.5.	Les tarifs .....	19
7.6.	Les parcelles ADEME.....	19
8.	Les acquis et les perspectives d'avenir.....	21
8.1.	Les acquis .....	21
8.2.	Les perspectives d'avenir pour le Séquoia sempervirens.....	21
9.	Conclusion.....	22
10.	Annexes.....	22
10.1.	Bibliographie .....	22
10.2.	Liste des essais génétiques installés de 1977 à 1996 .....	22
10.3.	Liste des parcelles ADEME (ex AFME) plantées en Séquoia sempervirens .....	22

# INTRODUCTION

Les recherches sur le Séquoia ont été introduites dans le programme général de l'AFOCEL en 1973, pour ne débiter réellement qu'en 1977.

Ce programme s'inscrit dans le cadre des actions menées pour promouvoir les taillis à courte rotation et les espèces à forte productivité, débutées depuis 1968.

En effet, selon la littérature, le Séquoia sempervirens présente un certain nombre de caractéristiques justifiant son choix par l'AFOCEL.

- Pouvoir important d'accumulation de bois par unité de surface.
- Croissance rapide
- Aptitude à rejeter de souche
- Absence de maladie connue
- Bois de bonnes qualités technologiques
- Arbre résistant aux incendies grâce à son écorce.

Après une présentation générale de l'espèce et de ses capacités, les actions entreprises seront présentées ainsi que les principaux résultats obtenus.

# 1. Une essence légendaire

Le Séquoia sempervirens fait partie des être vivants les plus imposants du monde. Il peut atteindre des hauteurs supérieures à 100 m et des cubages de l'ordre de 1000 m<sup>3</sup> par arbre pour des âges estimés à plus de 2000 ans.

Il fut découvert vers la fin du 18<sup>ème</sup> siècle et les premiers spécimens importés en Europe et plus précisément en Grande Bretagne datent de 1843.

Son intérêt ornemental lui a tout de suite valu une place de choix dans les parcs européens. Nous en avons pour preuve les magnifiques individus subsistant à l'heure actuelle dans beaucoup de région. En revanche, sa présence sous forme de peuplements forestiers est très limitée en Europe.

## 1.1. Aire naturelle

Il est originaire de la côte Ouest des Etats-Unis entre le 36<sup>ème</sup> et le 42<sup>ème</sup> parallèle où il occupe une aire naturelle semblable à une bande étroite côtière d'une longueur de 700 km et d'une largeur de 50 km au maximum. Celle-ci s'étend le long de la côte Ouest des Etats-Unis de l'extrême Sud-ouest de l'Oregon jusqu'au Salmon Canyon en Californie.

## 1.2. Ecologie

On le rencontre entre 30 et 900 m d'altitude. Les températures moyennes annuelles varient de +10°C à +15°C avec des minimas de -9 °C et des maximas de +38°C. C'est une essence de climat océanique. Il est donc peu résistant aux fortes gelées. Les précipitations annuelles sont comprises entre 640 mm et 3100 mm. Elles sont principalement réparties en hiver et les brouillards sont fréquents en été. Cependant de beaux individus centenaires sont observables en zone méditerranéenne, notamment sur des zones alluviales. Il est généralement installé sur des sols résiduels, modérément à fortement acides, à texture sablo-limoneuse ou même parfois sableuse ou argileuse. Il affectionne particulièrement les fonds de vallée. Les essences associées comme le Douglas se retrouvent surtout sur les pentes et les collines où il est son compagnon le plus important.

- On le rencontre entre 30 et 900m d'altitude dans son aire d'origine.
- Pluviométrie de 640 à 3100 mm.
- Aime l'humidité atmosphérique.
- Températures moyenne annuelle de +10 °C à +15°C.
- Généralement installé sur zone alluviale et fond de vallée.

## 1.3. Caractéristiques technologiques

- L'écorce :

Très fibreuse, elle est utilisée pour la fabrication de substrat horticole. Dans son pays d'origine, le Séquoia a une réputation d'arbre à carapace. C'est l'épaisseur de cette écorce qui lui donne cette capacité à résister aux incendies.

L'étude de la caractérisation papetière du *S. sempervirens* (ZY04 - 2004) montre que le pourcentage moyen d'écorce se situe entre 25 et 30% proche du Pin maritime qui d'après une étude du CTBA (1993) donne une moyenne de 25 %.

#### - Le bois :

Il est tendre léger et sans odeur avec une texture moyennement grossière. Sa masse volumique sans écorce est de 810 kg/m<sup>3</sup>. Il est peu résistant à la flexion et à la compression mais il reste facile à travailler.

Au centre de la bille de bois, de couleur rouge-brun, on distingue le duramen. Il est très durable et résistant aux insectes et aux champignons. L'aubier de couleur blanche altérable et la partie blanche peu épaisse juste sous l'écorce.

Dans son pays d'origine, la grande durabilité de ce bois le fait rechercher pour la menuiserie extérieure, revêtement, lambris et les cuves pour les industries.

- L'infradensité : varie de 0,34 pour les arbres inférieurs à 100 ans à 0,39 pour les arbres plus que centenaires. La masse du bois sec est de 340 kg/m<sup>3</sup>. Il existe une grande variabilité de 0.18 à 0.83. Selon une étude de Smith et Miller, il y a une très forte corrélation entre l'infradensité et la longueur des fibres : chez les arbres adultes plus l'infradensité est élevée plus grande est la longueur des fibres. (ZY04 2004)

- La siccité : le bois frais présente une siccité de l'ordre de 48,5 à 49%.

- Qualité papetière : sa teneur élevée en lignine (33 à 38 %) est très supérieure à celle des résineux classiques (25 à 30%), mais il est relativement pauvre en cellulose. Le taux de lignine élevé pénalise le rendement des procédés chimiques. Il peut être amélioré par une action mécanique de défibrage plus énergétique afin d'accroître le rendement.

Dans son pays, il existe une utilisation papetière : 2 usines à pâte kraft blanche (Simpson Timber, Louisiana Pacific) utilisent des copeaux de Séquoia dans leur approvisionnement. Les cuissons à 100% de Séquoia permettraient des utilisations spéciales comme les filtres fins, les masques antiseptiques et les billets de banque.

### **1.4 Possibilité d'utilisation du Séquoia sempervirens en France**

Dans le cadre « bois énergie » ces atouts pour la production de biomasse le rende intéressant en raison de sa capacité à rejeter de souche et de sa forte vigueur juvénile.

Le programme tient compte du grand intérêt que représente la production de bois d'œuvre. Son utilisation dans la construction s'avère une source de débouchées très intéressante.

Pour la pré- qualification du bois de Séquoia sempervirens en vue d'un usage en construction, la DRAAF Languedoc Roussillon a financé une étude réalisée par le FCBA en 2010 (J.D Lanvin). Pour cela, 14 arbres âgés de 24 ans provenant d'un essai installé à Tarascon (13) ont été exploités en 2009. Ils ont été débités au CIRAD à Montpellier et séchés pendant 20 jours avant d'être envoyés au FCBA de Bordeaux pour la réalisation des tests. L'opération aura mobilisé 2 m<sup>3</sup> de bois soit 157 planches. Il ressort de cette étude :

- Caractérisation des déformations après séchage : peu de flèche, peu de tuilage, peu de gauche confirmant par ces mesures la bonne tenue du Séquoia à la déformation.

- La nodosité : le nombre de nœuds est relativement important mais la majorité sont sains (63%) avec une faible proportion de nœuds noirs (31%).

- Largeur des cernes : 8,2 mm par an (de 0,9 mm à 15 mm/an).

- Propriétés mécaniques à la flexion : les mesures du module d'élasticité donnent une résistance très faible correspondant à une classe de résistance non prise en compte. Des valeurs plus hautes pour le 2<sup>ème</sup> billon s'expliquent par une présence plus importante de la nodosité. La présence des nœuds rigidifie les planches.

- La durabilité naturelle : elle se détermine par la perte de masse entre l'état initial et après 16 semaines de présence de champignon et après correction de la perte d'humidité. Le Séquoia sempervirens est en classe de durabilité 2 (durable). Dans la mesure du possible, il convient donc de choisir un débit (hors aubier) permettant d'atteindre les performances attendues.

- Réaction au feu : le Séquoia ne présente pas de fort dégagement de fumée et reste à priori supérieure aux autres essences résineuses. Il est à noter que l'énergie totale dégagée par le panneau est faible (correspondant à l'EUROCLASSE C). Face à ce bon résultat le Séquoia peut être utilisé dès maintenant en bardage.

Il est possible de dégager les informations suivantes :

Propriété du Séquoia sempervirens	Constats	Observations et valorisation
Stabilité au séchage	Stable : pas de déformation	Respect des seuils relatifs au marquage CE (EN 14081-1)
Durabilité naturelle	Classe de durabilité 2 « Durable »	Intégration à la norme EN 350 Il serait nécessaire de continuer ces expérimentations face au risque insecte.
Réaction au feu	Euroclasse D-s1, d0	Il serait nécessaire de tester 2 autres maquettes pour valider ce résultat
Performances mécaniques	Faible	L'échantillonnage est constitué de bois jeune (24 ans) avec des arbres qui ont poussé très vite

- Taux d'écorce : 25 à 30%
- Masse volumique du bois frais : 810 kg/m<sup>3</sup>
- Masse du bois sec : 340 kg/m<sup>3</sup>
- Infradensité du bois : 0.34 à 0.39
- Siccité du bois frais : 48.5 à 49%
- Teneur en lignine : 33 à 38%
- Très stable au séchage

- Durabilité naturelle : Classe 2 (au risque champignons)
- Performances mécaniques : faibles (échantillons de bois jeune)
- Réaction au feu : peu d'énergie dégagée

## 2. La situation du Séquoia à l'étranger et en France

### 2.1 Références étrangères hors de son aire naturelle (A. Donnet 1984)

- En Grande-Bretagne : c'est en 1843 que dates les premières introductions. Très rapidement les forestiers Anglais se sont aperçus de l'accroissement exceptionnel de cette espèce (de 20 à 30 m<sup>3</sup>/ha/an) principalement dans la partie Sud du pays (Cornouailles, Surrey, Kent, Pays de Galles) Malgré cela, les mauvaises conditions climatiques durant la floraison empêchent la formation des graines. La production de plants à partir de boutures a aussi été envisagée, mais ne recueille pas d'avis favorables par des forestiers habitués à des parcelles d'âge multiple ou s'exerce la sélection naturelle. Des essais de provenances réalisés à partir de graines sélectionnées dans différents lieux de l'aire naturelle sont effectués par la « Forestry Commission » depuis 1964.
- Nouvelle-Zélande : de nombreux essais de plantation de Séquoia y ont été réalisés depuis 1860. Cependant une grande partie de ces tentatives se sont soldées par des échecs. Le manque de réussite est attribué au mauvais choix des stations d'implantation (gel et vents) et surtout au manque de suivi des jeunes plantations durant les premières années. Malgré cela les chiffres obtenus sur quelques parcelles de l'île d'Auckland et sur l'île du sud démontrent les possibilités intéressantes du Séquoia lorsqu'il est bien implanté (20 à 26 m<sup>3</sup>/ha/an). Les chercheurs Néo-zélandais semblent s'intéressé très sérieusement à la production de boutures pour leur plantation à venir.
- Espagne : c'est pour le Nord de ce pays que les forestiers espagnol s'intéressent au Séquoia. Dans la province de Santander, une parcelle expérimentale fournit une croissance de 25 m<sup>3</sup>/ha/an.
- Italie : ce conifère intéresse également les forestiers Italiens qui relatent avoir eu recours à la reproduction végétative en utilisant des rejets qui jaillissent à la base des troncs.
- Allemagne : des exemplaires introduits au siècle derniers, il ne reste plus que 8 individus dans le pays. Ces arbres ont tous souffert du froid et ne dépasse pas 30 m de haut. Dans le bassin de Cologne, un parc de 3 ha appelé « Séquoia farm » provient d'une récolte de graines effectuée dans l'aire d'origine en 1941 par le professeur SCHENCK. Les plants de ce lot de graines sont tous très beaux droit et résistant au gel.
- Belgique et suisse : Il existe de rares exemplaires dans ces 2 pays qui ont fait l'objet de prélèvements d'ortets.
- Russie et Australie : en 1978, les Russes signalaient une surface boisée de 2000 ha le long de la mer noire. En Australie des essais de plantations mélangées « Séquoia sempervirens/Pinus pinaster » ont été tentés.

## 2.2 En France

Il a surtout été considéré comme un bel arbre d'ornement. Cependant, les hivers rigoureux (1879-1880) en ont fait disparaître une grande partie, à l'exception de l'Ouest et des régions situées au sud de la Loire.

Pour la France, les parcelles de référence montrent que cette essence peut atteindre des chiffres de production exceptionnelle. (Supérieur à 30 m<sup>3</sup>/ha/an).

Il peut être utilisé en reboisement principalement sur la façade atlantique : Bretagne, Normandie, Pays de Loire, Poitou-Charentes et Aquitaine ainsi que sur tout l'arc méditerranéen. Son comportement est conditionné par les facteurs suivants :

- La température : la moyenne du mois le plus froid oscille entre 0 et 3 °C. Il est assez tolérant vis-à-vis de la chaleur.
- Les précipitations : il a besoin d'une pluviométrie supérieure à 650 mm /an. Il peut aussi se développer dans des sites moins pluvieux à condition de disposer d'un substitut hydrique : brouillard ou nappe phréatique.
- Le sol : un sol profond est une des conditions nécessaires à son bon développement. Il pousse aussi bien sur sol calcaire qu'acide. Sa texture de prédilection semble être du type limono-sableux à sablo-limoneux.
- La topographie : Les stations du type « plaines alluviales » conviennent parfaitement. Il supporte difficilement les terrains pentus et il a des difficultés au dessus de 900 m.

## 2.3 Un gros potentiel de récolte, mais une non expansion forestière

De nombreux essais réalisés à travers le monde, mettent en évidence ces potentialités de croissance et son adaptation possible dans de nombreux pays. Son comportement est largement conditionné par l'eau disponible dans le sol. Malgré cela, la non-expansion peut être attribuée à :

- La mauvaise qualité des graines (faible faculté germinative)
- La mauvaise résistance au froid en première année est décisive, aussi la plantation de printemps est recommandée pour amener les jeunes Séquoia à mieux passer l'hiver suivant.
- Les plus grands ennemis des jeunes Séquoias sont le gibier : broutés en hiver et frottés tous les ans. Bien souvent il est nécessaire de protéger les plants, ce qui augmente considérablement le cout d'installation. Heureusement qu'ils rejettent de souche.

Ces éléments ont freiné l'intérêt des forestiers pour cette essence.

- 1843 introduction en Europe
- Sa région d'introduction : la façade atlantique et le sud de la France.
- Des précipitations suffisamment abondantes d'au moins 650 mm/an
- Insensible au pH, il aime les sols alluviaux bien alimentés en eau.
- Bonne aptitude à rejeter de souche
- Les facteurs limitants : faible faculté germinative, mauvaise résistance aux gelées précoces, le contrôle difficile de la végétation en première année et les dégâts causés aux jeunes arbres par le gibier.



### 3 Le matériel génétique : un stock important

Le programme débute en 1977 et porte sur l'amélioration génétique, la propagation végétative, puis sur la sylviculture dès que la multiplication végétative a permis d'obtenir des plants orthotropes et homogènes.

#### 3.1 L'inventaire des arbres remarquables

Le repérage des arbres remarquables (parcs, arbres isolés) a été entrepris par l'AFOCEL en 1977 en vue de leur clonage. Environ 280 clones sont alors récoltés dans 43 départements français. Des individus issus de 5 pays européens (une vingtaine) s'ajoutent pour constituer une liste d'origine européenne. Ces arbres âgés présents en France et en Europe devaient être les survivants d'un tri naturel sur les caractères de résistance au froid et aux maladies.

#### 3.2 Missions de récolte de graines et d'ortets

Un nombre important de lots de graines fut récolté dans son aire d'origine, échantillonnant toute son aire naturelle. Les résultats ont montré que les origines septentrionales et continentales pourraient supporter les hivers réguliers connus en France.

Une sélection d'arbres âgés a aussi pu être menée par André Franclet (1978-1979-1980). En 1984, il rapportera 80 clones d'une autre partie de l'aire naturelle.

En 1985, un autre échantillonnage rigoureux de l'aire naturelle est mise en place par John Kuser qui transféra des copies de sa collection dans plusieurs pays de part le monde afin de constituer un réseau d'essais. Cette recherche complète la phase de sélection des provenances lancées en 1977.

#### 3.3 La base de données

L'AFOCEL a créé une base de données pour regrouper les résultats de tous ces tests clonaux et aider le responsable de son programme de sélection de cette essence dans ses choix.

Pour chaque clone, la base contient le lieu géographique de sélection de l'arbre original (livre des origines) et le résultat des différentes mesures effectuées sur les essais où le clone est présent. On peut aussi connaître le nombre d'essai dans lequel il est installé, l'effectif total, l'effectif mesuré pour plusieurs caractères, le taux de survie, la moyenne de la mesure, le rang absolu et la performance relative. La base inclut notamment un calcul de performance relatives par rapport à quelques clones présents sur tous les essais.

A chaque série de mesures sur le terrain, le fichier informatique contenant les nouvelles données est envoyé et traité par le service de biométrie. Les résultats sont directement introduits dans cette base.

#### 3.4 Nombre de clones testés

Le stock génétique est constitué de 966 clones représentant 2 grandes origines.

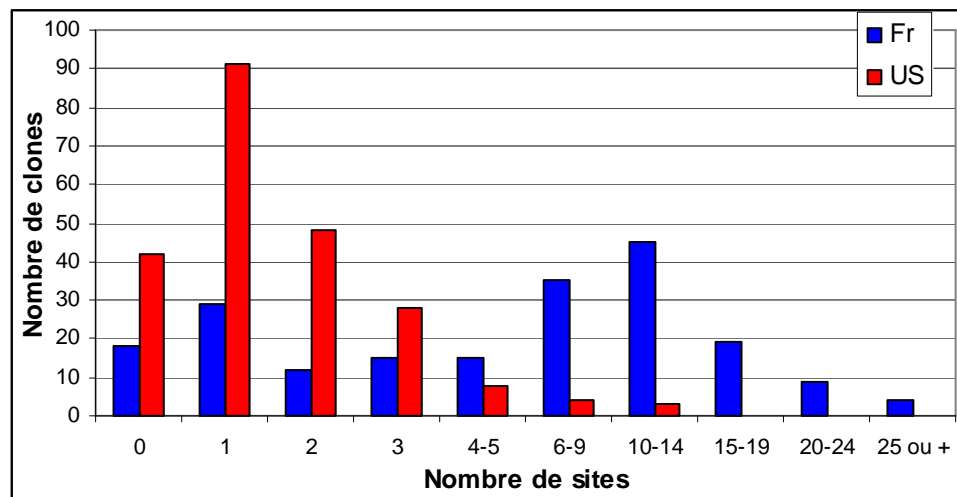
- Les arbres âgés sélectionnés en France et dans 5 pays Européens : Allemagne 5 arbres, Angleterre 2 arbres, Belgique 4 arbres, Irlande 1 arbre, Italie 1. (Tableau 1)
- Le matériel Américain récolté directement dans son aire d'origine (graines et ortets).

Tableau 1

	Europe	US	Total
--	--------	----	-------

Clones non testés	186	171	357
Clones testés	201	224	425
Total	387	395	782
Références supplémentaires	49	135	184
<b>Total</b>	<b>436</b>	<b>530</b>	<b>966</b>

Si le nombre de clones testés semble équivalent pour les 2 origines (France ou US), les clones d'origine Américaine ont été testés sur très peu de sites comparativement aux clones sélectionnés en France.



Nombre de sites sur lesquels les clones ont été testés

91 clones d'origine Américaine n'ont été testés que sur un seul site.

Le 0 correspond à des clones installés sur un seul site mais non mesurés car tous les représentants de ce clones étaient morts lors des mesures.

Les clones d'origine Américaine ont été testés sur très peu de sites, comparativement aux clones sélectionnés en France :

- Sur 224 clones américains, 133 (60%) ne sont installés que sur 1 seul site.
- Sur 201 clones Français, 112 (56%) sont testés sur au moins 6 sites.

- Un stock important de matériel génétique : 966 clones dont 45% récoltés sur des arbres remarquables Français introduits au siècle dernier et 55 % importés de la zone d'origine Californienne.
- Très peu de clones Américains ont été testés sur plusieurs sites
- Les origines Françaises bénéficient du réseau expérimental le plus important.

## 4 La stratégie du programme

Face aux difficultés d'approvisionnement en graines et à leur faible faculté germinative, la technique de multiplication par clonage est apparue comme la seule solution possible pour la production de jeunes plants de Séquoia.

#### **4.1 L'apport des biotechnologies**

Le bouturage des arbres âgés est beaucoup plus lent et difficile que celui des arbres jeunes. L'intégration des biotechnologies (laboratoire de l'Etaçon) aux programmes d'amélioration a permis la mise au point de techniques de rajeunissement pour la production rapide de boutures juvéniles.

#### **4.2 Le rajeunissement**

L'expérience montre qu'un clonage réalisé par une technique classique de bouturage ne permet pas toujours d'obtenir une copie conforme. Les premières tentatives de bouturage réalisées en 1973 à partir de rameaux prélevés sur Séquoias âgés ont montré que l'obtention d'un enracinement rapide et d'une croissance orthotrope posaient des difficultés dès que les ortets dépassaient 10 ans. Ce phénomène de plagiotropie des boutures liées à une croissance réduite et à un enracinement difficile sont les caractéristiques d'un vieillissement des méristèmes.

Pour utiliser efficacement le clonage, il faut être capable de rajeunir des génotypes sélectionnés à un âge trop avancé pour être facilement propagés. L'utilisation des techniques de culture in vitro a permis de rajeunir le matériel végétal et de fournir les boutures nécessaires à l'installation des parcs à pieds-mère.

Suite à divers modes de production, la technique du bouturage estival direct en motte (sous serre tunnel) semble être actuellement la plus simple : Moins coûteuse, elle produit des plants de qualité.

#### **4.3 Les collections de clone**

Dans le but d'éviter la perte de matériel génétique, des conservatoires ont été installés. Ils ont pour but la conservation des clones mobilisés ainsi que ceux qui se bouturent difficilement et qui sont écartés provisoirement de la propagation de masse. Ce ne sont pas ces collections qui serviront à la fourniture des boutures.

#### **4.4 Les parcs à pieds-mères**

Une fois le matériel végétal rajeuni (par greffe, bouturage en cascade, recépage puis multiplication végétative in vivo ou in vitro), il est introduit en parc à pieds-mères. Ce sont des plantations à haute densité installées en pleine terre, dédiées à la fourniture des boutures pour les essais clonaux.

La technique de la taille et du recépage régulier, permet de maintenir les pieds-mères dans un état juvénile permanent. Cela permet :

- L'obtention d'une bonne homogénéité clonale des plants
- La réalisation de cette production en un minimum de temps
- La réduction maximale des coûts de production

#### **4.5 Etat actuel des 3 parcs à pieds-mères**

- Malissard (26) : la sécheresse de 2003 a largement disséminé les collections qui ne sont plus exploitables actuellement.

- L'Etaçon (77) : en 2011, le déplacement des collections de l'Etaçon est prévu vers la région Sud-ouest.

- Charrey (21) : recépage du matériel pour garder sa vigueur dans l'attente de décisions.

## 4.6 L'expérimentation

Dans un essai génétique (ou test clonal), chaque clone est un traitement. Chaque arbre est étiqueté individuellement en pépinière. Le facteur étudié est l'évolution du comportement des clones. Un essai compare en moyenne de 50 à 90 clones sur environ 1 ha. Un relevé minutieux des étiquettes est réalisé une fois la plantation terminée. Pour chacun des arbres, on connaîtra son numéro de clone ainsi que sa place sur le terrain.

- Le dispositif : en général chaque clone est représenté par 10 plants sur chaque parcelle d'essais. Ils sont répartis en 10 répétitions ou blocs monoarbres. Les Séquoias sont mélangés pieds à pieds (randomisation) pour éviter que des individus du même clone ne se retrouvent côte à côte induisant un biais possible dans l'évaluation (effet de sol ou de microclimat). La densité est de 1250 plants /ha.

- Les mesures : en plus des codes d'identification, la hauteur de l'arbre à l'installation est enregistrée. Les mesures à venir seront réalisées à la demande du chef du programme. D'autres variables (dégâts du froid, forme de l'arbre) peuvent aussi être relevées.

## 4.7 Le classement des clones

Sur le terrain, le classement des meilleurs clones s'effectue en quelques années. Un déclassement est possible jusqu'à 5 ans et des modifications minimales apparaissent avant 10 ans.

- Les techniques in vitro ont permis le rajeunissement du matériel végétal.
- La conservation des clones a été assurée par la création et l'entretien de parcelles conservatoires.
- L'installation de parcs à pieds-mères a permis la production de boutures
- Les tests clonaux sont installés avec un dispositif monoarbre aléatoire.
- Sur le terrain, chaque clone est représenté par 10 individus
- La stabilité du classement est obtenue avant 10 ans.

# 5 Etat des recherches

## 5.1 L'expérimentation : la façade atlantique et le sud de la France

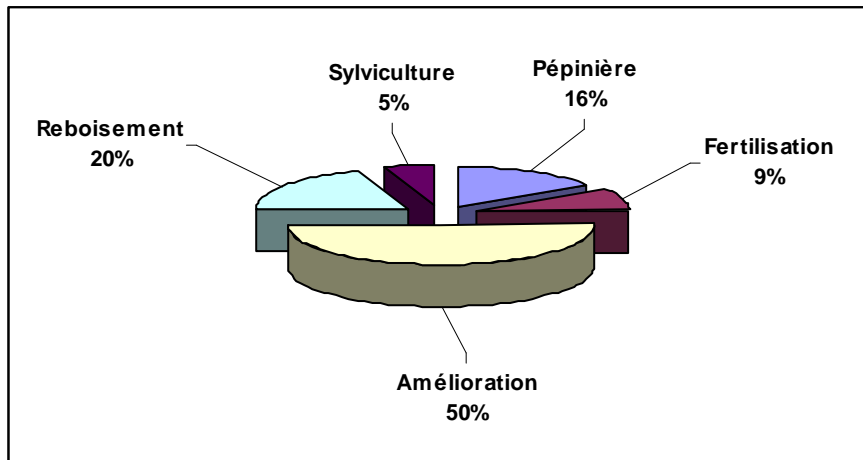
Le travail réalisé de 1977 à 1984 concernait la façade atlantique et notamment la Bretagne : station de Guingamp (22) où une première sélection de clones est identifiée. (A. Donnet – Le S. sempervirens mémoire de 3<sup>ème</sup> année 1984)

A partir de 1984, quelques essais sont implantés dans le sud de la France, mais c'est en 1987 que la station de Malissard (26) va poursuivre cette action jusqu'en 1996. Durant cette période, plusieurs dizaines d'essais sont installés dans 15 départements représentant les situations climatiques représentatives de la zone méditerranéenne.

Cette action aura poursuivi et fait ressortir les résultats obtenus en Bretagne, sans achever la sélection génétique. Elle aura aussi démontré l'élargissement de l'aire d'accueil à tout le sud de la France.

## 5.2 Les thèmes de recherche

L'amélioration génétique est l'activité principale du programme. Mais les essais portent aussi sur :



- Les essais « d'amélioration » (sélection) représentent 50% du parc actuel. Ce sont essentiellement des tests clonaux.
- Les essais de reboisement contribuent pour 20% au réseau. Ils portent sur la phase d'installation des boisements, les densités, la date de plantation et l'entretien.
- Les essais de sylviculture 5 % abordent la gestion des peuplements après la phase d'installation. Il s'agit d'essais d'éclaircie ou de conduite en futaie.
- Les essais en pépinière 16% portent sur les modalités de bouturage, essentiellement la nature du substrat et des conteneurs ainsi que les modalités de fertilisation. Ils incluent le suivi au champ des plants produits.
- Les essais de fertilisation 9% visent à accroître la lignification et l'endurcissement du plant sur le terrain.

## 5.3 La création d'une variété polyclonale

Les clones de Séquoia sont essayés dans différents sites pour étudier la variabilité de la plasticité (adaptabilité des clones). De ces essais ressortiront des familles ou des clones performants. Dans ces plantations, les individus les plus beaux (hauteur et vigueur) de chaque lot de graines ont été repérés et clonés. Rappelons que ces clones représentent les individus supérieurs (et non moyens) issus de chaque lots de graines testés.

Le critère de sélection d'un clone incorpore son aptitude au bouturage. Il est indispensable de disposer au départ de matériel facile à multiplier et surtout rajeunis au même stade. C'est la variabilité intraclonale qui donnera à un clone son aptitude au bouturage. Plus cette variabilité sera faible, plus fiable sera la comparaison entre différents clones. Les clones difficiles à multiplier sont présents uniquement en conservatoire.

La sélection clonale amorcée en pépinière est poursuivie dans les essais clonaux. Elle va consister à créer une variété polyclonale d'une dizaine de clones performants adaptés aux régions d'introduction possibles.

## 5.4 Les audits

En avril 1991, lors d'un audit réalisé en Bretagne par monsieur W.J « Bill » Libby, le professeur encourage l'AFOCEL à poursuivre ses efforts dans l'amélioration du Séquoia sempervirens.

En octobre 1993, à l'issue d'une autre visite réalisée dans le sud de la France John Kuser se déclare très optimiste sur le potentiel et l'adaptabilité de cette espèce dans notre pays.

- En 1984, les travaux sur le Séquoia de la station de Guingan mettent en évidence la supériorité des clones : 4, 17, 19 et 27.
- Après son introduction sur la façade atlantique, élargissement de son aire à la zone méditerranéenne.
- Elargissement des thèmes de recherche à la sylviculture le reboisement la pépinière et la fertilisation.
- En 1984, introduction de la première sélection des clones performants en zone méditerranéenne.
- Bilan méditerranéen en 1999 sur 22 essais génétiques (C. Penet 2000) ou 4 clones ressortent comme performants : 2, 4, 17, 254.
- Les audits « Libby » et « Kuser » concluent à l'adaptabilité de cette espèce dans notre pays.

## 6 Nouvelles analyses 2009 - 2010

### 6.1 Les données disponibles

L'AFOCEL a installé entre 1977 et 1996 environ 75 essais comparant du matériel génétique. En éliminant ceux pour lesquels nous n'avons pas de mesure, (parcelle conservée à titre conservatoire) il en reste 53. Ce réseau actif fait l'objet de mesures dont le rythme peut être modifié selon les besoins, ralenti ou accéléré selon les nécessités des projets de recherche. Jusqu'ici, un seul bilan a été réalisé en 1999 portant sur 22 essais méditerranéens. (Rapport C. Penet 2000). Ces nouvelles analyses porteront sur l'intégralité des données actuelles.

Le nombre de mesures par essai est très variable : pour quelques essais seulement des hauteurs à l'installation tandis qu'à l'opposé les hauteurs et les circonférences sont mesurés plus régulièrement sur d'autres parcelles. De même, le nombre de clones testés est très différent selon les essais : de 4 sur certains sites plutôt dédiés à la démonstration à plus de 80 pour les véritables tests clonaux. Aucun clone n'est présent sur tous les sites. On a tout de même 14 clones présents sur plus de 20 sites et une trentaine présents sur 15 à 20 sites.

### 6.2 Méthode de travail

Il n'est pas envisageable de faire des analyses statistiques classiques (type analyse de variance, calculs génétiques ou analyse multi-variables) sur un dispositif aussi déséquilibré.

Pour chaque année de mesure, nous avons calculé par clone et par site le nombre d'arbres mesurés et la valeur moyenne (hauteur ou diamètre) pour chaque

campagne de mesure. Cette estimation de la performance du clone (valeur clonale) est comparée :

- A la moyenne de l'essai (moyenne du clone / moyenne de l'essai). Cette valeur est supérieure à 1 si le clone est supérieur à la moyenne.
- A la moyenne d'un groupe de clones ponts

A l'usage, les 2 indicateurs se sont avérés très similaires.

### 6.3 Les clones ponts

Ce sont des clones présents sur de très nombreux essais avec des performances relativement stables et en générales supérieures à la moyenne (probablement des clones déjà repérés pour leur bon potentiel et installés sur de très nombreux sites pour servir de référence). Le but de ces clones pont est d'avoir une référence stable sur tous les sites (plus stable que la moyenne de l'essai qui peut varier selon la qualité des clones qui y sont testés).

N° du livre des origines	Numéro de travail	Lieu de sélection
770297	22	Angers (49)
770302	27	Angers (49)
770304	29	Angers (49)
770362	1	Les Barres (45)
770363	2	Les Barres (45)
770364	3	Les Barres (45)
770559	17	Les Barres (45)
780510	50	Azay le rideau (37)
780747	55	Mur de Bretagne (22)
780760	68	Mur de Bretagne (22)
811020	249	Montpellier (34)
811021	250	Montpellier (34)
811022	251	La Jonchère (87)
811025	254	Varages (83)
811028	257	Vals les Bains (07)
821475	476	Tenezzo (Italie)

Pour pouvoir comparer les essais n'ayant pas été mesurés aux mêmes âges, nous avons retenu pour chaque essai :

- une mesure de hauteur juvénile (entre 1 et 3 ans)
- une mesure de hauteur « adolescente » (entre 3 et 9 ans)
- une mesure de diamètre

A 1 an, les mesures à l'installation reflètent encore le comportement en pépinière. Ces mesures initiales n'ont été utilisées que si nous n'avions pas d'autres mesures dans le jeune âge.

#### Autre difficulté :

Sur chaque site, les effectifs par clone sont en général faibles (le plus souvent, une dizaine d'arbres par clone à l'installation). Les indicateurs décrits précédemment (performance par rapport à la moyenne de l'essai et par rapport aux clones ponts) ne sont calculés que si au moins 3 arbres du clone sont mesurés l'année considérée.

Au final, pour chaque clone nous avons :

- Le nombre de sites sur lesquels il a été installé

- Les trois types de mesures : hauteur juvénile, adolescente et diamètre
- Le nombre de site sur lesquels nous avons des mesures exploitables (plus de 3 arbres mesurés)
- la moyenne des performances relatives à la moyenne des essais
- La moyenne des performances relatives à la moyenne des clones ponts

A partir de ces informations, nous avons constitué des groupes :

- groupe 1a : clones présents sur au moins 3 sites et ayant une performance moyenne supérieure à 1 sur les 2 mesures de hauteur
- groupe 1b : clones ayant les mêmes performances que dans le groupe 1a, mais présents sur moins de 3 sites
- groupe 2a : clones présents sur au moins 3 sites et ayant une performance moyenne supérieure à 0,95 sur les 2 mesures de hauteur et inférieure à 1 sur au moins une des 2 mesures.
- Groupe 2b : idem 2a mais avec moins de 3 sites
- groupe 3a : clones présents sur au moins 3 sites et ayant une performance moyenne supérieure à 1 sur une des 2 mesures de hauteur et inférieur à 0,95 sur l'autre.
- groupe 3b : idem 3a mais avec moins de 3 sites

#### 6.4 Les clones « élites »

Le groupe le plus intéressant est le groupe 1a qui comporte 14 clones.

Références		Nombre de sites				Perf / moyenne essai			Perf / clones pont		
Trav	Afogene	init	Hjuv	Hado	Diam	Juv	Ado	Dia.	Juv	Ado	Diam
<b>4</b>	<b>770365</b>	<b>33</b>	<b>30</b>	<b>21</b>	<b>9</b>	<b>1.30</b>	<b>1.17</b>	<b>1.21</b>	<b>1.15</b>	<b>1.11</b>	<b>1.13</b>
<b>254</b>	<b>811025</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>1.15</b>	<b>1.13</b>	<b>1.14</b>	<b>1.12</b>	<b>1.08</b>	<b>1.18</b>
<b>17</b>	<b>770559</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>1.22</b>	<b>1.14</b>	<b>1.11</b>	<b>1.10</b>	<b>1.08</b>	<b>1.07</b>
<b>27</b>	<b>770302</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>1.19</b>	<b>1.11</b>	<b>1.00</b>	<b>1.04</b>	<b>1.04</b>	<b>0.95</b>
<b>2</b>	<b>770363</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>1.16</b>	<b>1.12</b>	<b>1.09</b>	<b>1.01</b>	<b>1.00</b>	<b>1.04</b>
250	811021	12	12	9	3	1.12	1.19	1.09	1.07	1.11	1.13
339	821389	10	10	9	4	1.05	1.04	1.32	1.03	1.01	1.36
257	811028	9	9	7	4	1.03	1.05	0.94	1.03	1.00	0.99
19	770287	12	10	5	3	1.28	1.07	1.10	1.16	1.00	1.00
255	811026	8	5	4	2	1.16	1.19	1.19	1.16	1.12	1.26
503	841653	3	3	3	0	1.17	1.11		1.09	1.11	
481	830686	4	3	3	0	1.04	1.16		1.07	1.14	
504	841654	3	3	3	0	1.10	1.09		1.02	1.08	
356	821563	6	6	4	1	1.02	1.07	0.90	1.02	1.01	1.01

Le clone 4 est le plus intéressant (car testé sur de nombreux sites) Il est 10 à 15% au dessus des clones ponts et 17 à 30% au dessus de la moyenne des essais.

On a ensuite un groupe de 4 clones qui eux aussi sont testés sur de nombreux sites et qui ont de très bonnes performances, mais légèrement inférieures au clone 4. Ce sont les numéros de clones : 254, 17, 27 et 2.

A noter que sur ces 5 clones « élite », 4 avaient déjà été repérés dans la synthèse Méditerranéenne de 1999 de C. Penet (2, 4, 17, 254).

Année de sélection	Numéro de travail	Lieu de sélection
--------------------	-------------------	-------------------



770302	27	Angers (49)
770363	2	Les barres (45)
770365	4	Les barres (45)
770559	17	Les barres (45)
811025	254	Varage (83)

- 75 essais génétiques installés en 20 ans.
- 53 des 75 essais ont au moins une mesure.
- Beaucoup de clones sont installés sur seulement 1 essai.
- Peu de mesures communes sur les essais aux mêmes âges
- 14 clones très intéressants sont retenus sur au moins 3 sites et ayant au minimum 2 mesures de diamètre.
- Le nouveau bilan de 2010 fait ressortir à nouveau les 5 clones « élites » : 2, 4, 17, 27 et 254.

## 7 La culture du Séquoia sempervirens

La recherche sur la sylviculture est intervenue après l'amélioration des techniques de bouturage et l'obtention de plants orthotropes et homogènes.

Chez le Séquoia, l'intensification culturale nécessite une station plutôt abritée et par la mise à sa disposition d'un sol profond et bien alimenté en eau.

### 7.1 L'installation au champ

Le travail du sol améliore sa fertilité, ses propriétés physiques et chimiques, active la vie microbienne et permet de lutter contre les mauvaises herbes par l'enfouissement des plantules en germination. La reprise de l'arbre et sa croissance seront plus performante si l'itinéraire cultural est suivi de manière précise en 6 étapes :

- 1 - Destruction préalable de la végétation herbacée avant le labour (hersage ou désherbage chimique)
- 2 - Fertilisation de fond (100 à 150 unités/ha de P2O5)
- 3 - Labour à 30 cm qui permet une installation rapide des jeunes plants
- 4 - Reprise de labour pour casser les mottes
- 5 - Plantation au printemps (avril)
- 6 - Maitrise de la végétation après la plantation par sarclage. (Si un désherbage avant labour est pratiqué, il limite très fortement la repousse des adventices au printemps)

Les éléments favorisant au maximum la croissance sont : un sol profond ou approfondi mécaniquement, aéré et chaud. Tant que les racines ne se sont pas suffisamment développées, la partie aérienne ne pourra pas croître de manière satisfaisante. (orthotropie). En pépinière, la chaleur favorise l'apparition des racines. Cette réaction à la température du sol entraîne plusieurs remarques :

- Pendant les premières années, on doit maintenir le sol propre, nu, exposé directement aux rayons du soleil. Le sol sarclé et ameubli se réchauffe vite et profondément.
- Les « terres froides » sables blancs ou calcaires superficiels, exposition au nord, trous à gelées ne pourront pas convenir.

- L'approfondissement mécanique du sol (30 cm) est le second facteur important à la réussite d'une plantation. (Besoin d'extension des racines)

Par contre, chaque fois que l'épaisseur du sol sera limitée par un obstacle continu (nappe de galets, semelle de labour) il faut le fracturer à la sous soleuse ou au ripper.

## 7.2 Le contrôle de la végétation

En raison des contraintes de plus en plus fortes sur l'utilisation des produits phytosanitaires, il faut s'orienter vers des solutions alternatives du type mécanique, biologique et/ou thermique.

Nous devons mettre au point des techniques diminuant au maximum les coûts de production en évitant les interventions manuelles de rattrapage.

## 7.3 L'intensification : 2 axes de recherche

- Les essais culturaux : sont destinés à tester les techniques de contrôle de la végétation (paillages, herbicides, façons culturales). La fertilisation fait aussi l'objet d'études ainsi que la simplification des techniques de préparation du sol.
- Les essais sylvicoles : ont pour objet la conduite des peuplements. Il faut évaluer la capacité de production du Séquoia en fonction des densités de plantation, l'âge et l'intensité des éclaircies ainsi que le volume et les dimensions à atteindre pour la récolte finale.

## 7.4 Quelques références issues des essais

La culture du Séquoia se décline en 2 types de régime suivant le type de produits envisagés :

- Le TCR (taillis à courtes rotations) : faibles densités (1250 arbres/ha) avec une récolte à 10/12 ans pour une utilisation en trituration/énergie ou petits sciages.
- La futaie : faibles densités (1250 arbres/ha) avec une récolte de bois d'œuvre dans une fourchette de 40 à 60 ans. (Gros diamètres)

- La première rotation : Ces chiffres moyens ont été obtenus à partir de placettes de 20 ans installées sur des plantations en cours de première rotation dans le Centre-Ouest et le Languedoc-Roussillon. La densité de plantation est comprise entre 1100 et 1250 t/ha.

Région	Production à 20 ans En tonne à l'hectare	Production moyenne annuelle En tonne/ha/an
Centre-Ouest	275 à 350 t MB 130 à 160 t MS	14 t à 18 t MB 6 à 8 t de MS
Languedoc-Roussillon	196 à 550 t MB 96 à 270 t MS	10 à 28 t MB 5 à 13 t MS

- La conduite en futaie : l'objectif est la production de sciage. Le choix de l'interligne de 4 m assure une meilleure circulation des engins d'entretien et de récolte. 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 (débroussaillant) les souches des arbres coupés.

L'élagage naturel n'est pas bon et les branches mortes sont persistantes, d'où l'intérêt de les éliminer par un élagage artificiel (pour la futaie) les branches des arbres de valeur jusqu'à 8 m.

La production de bois est importante jusqu'à 1400 m<sup>3</sup> sur une durée limitée de 50 à 60 ans.

Quelques petites parcelles subsistent dans la partie Ouest de la France. Les densités utilisées varient de 2500 t/ha à Bercé et 625 t/ha à Plouay. Aucune intervention sylvicole n'a été pratiquée dans ces peuplements (sauf à Bercé où un nettoyage fut effectué en 1980) Les arbres subsistants montrent bien la capacité du Séquoia à supporter une densité élevée.

Ce qui ressort de l'étude de ces parcelles, c'est l'accumulation de matériel ligneux avec une production moyenne annuelle souvent comprise entre 20 et 30 m<sup>3</sup>/ha/an.

### 7.5 Les tarifs

Les données collectées et analysées à partir du réseau d'essais ont permis d'établir des tarifs de mesure :

- Un tarif de cubage : Calculé sur 136 arbres, permet d'estimer les volumes dans une gamme de diamètre de 10 cm à 50 cm :

$V = -0,01929 + (0,037714 \cdot D130 \cdot H_{tot}) + (0,217465 \cdot D130^2 \cdot H_{tot})$  avec:

V : volume découpe 7 cm de diamètre en m<sup>3</sup>

D130 : diamètre à 1m30 en mètre

Htot = Hauteur totale en mètre

-Un tarif de biomasse : obtenu sur les chantiers de Tarascon (13) et de Bel Air (86) en 2009 et 2010.

- Tarascon : la part relative des différents compartiments est :

Tarascon			Branches vivantes		Branches Mortes
	Bois	écorce	branches	feuilles	
Fraiche	68,9 %	8,5 %	9,7 %	11,7 %	1,2 %
Sèche	63,5 %	9,5 %	11,7 %	12,9 %	2,4 %

- Bel Air : la part relative des différents compartiments est :

Bel Air			Branches vivantes		Branches Mortes
	Bois	écorce	branches	feuilles	
Fraiche					
Sèche					

### 7.6 Les parcelles ADEME

En 1983, à la demande de l'Agence Française de la Maîtrise de l'Energie (maintenant ADEME), l'AFOCEL a été chargé d'installer un vaste réseau national de plantations à croissance rapide pour fournir de la biomasse énergétique. (400 ha) Ces parcelles de pré-développement sont destinées à démontrer la productivité d'une culture de biomasse ligneuse, d'en tester les méthodes de plantation, d'entretiens, de récolte et d'en faire le bilan économique.

Entre 1984 et 1990, 96 ha de Séquoia sempervirens ont été plantés soit 19 parcelles d'une surface moyenne de 5,3 ha dans 13 départements Français. Cela représente,

1/4 des 400 ha de la surface plantée. Il ne s'agit pas d'essais génétiques, mais de plantations démonstratives.

Le matériel végétal utilisé est toujours le plus récemment sélectionné. Il s'agit dans la plupart des cas de clones testés. Ceux-ci sont introduits en unités monoclonales juxtaposées de façon à constituer des masses homogènes à caractère industriel.



En 1993, un premier bilan sur les 96 ha donne les résultats suivants :

- 53 ha sont des plantations dont le développement est satisfaisant, même si la croissance n'est pas homogène.
- 26,2 ha s'installent difficilement, la réussite n'est pas encore acquise.
- 17 ha sont détruits (cause accidentelle comprise)

*Parcelle AFME Caune Minervoix : 23 ans*

En 2010, un deuxième bilan des 96 ha donne les résultats suivants :

- Les 2/3 sont très satisfaisantes. Certaines sont déjà coupées.
- Un certain nombre est détruit. Dans les causes d'échec, on peut retenir les dégâts de tempête, intoxication par des effluents, gel, gibier, qui auraient pu éliminer une autre espèce aussi sûrement que le Séquoia.

- Le Séquoia sempervirens est un arbre exigeant qui réagit très bien à l'intensification culturale.
- La réussite de la plantation dépend du suivi d'un itinéraire très précis.
- En 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> année, le contrôle de la végétation est à reconsidérer complètement.
- Les références de production issues des essais FCBA se situent dans sa fourchette de potentialité : entre 8 et 18 t/MS/ha/an.
- Un tarif de cubage existe pour l'estimation des volumes des arbres compris entre 10 à 50 cm de diamètre.
- Un tarif de biomasse évalue la part relative de chaque compartiment chez le Séquoia sempervirens (bois, écorce, branches et feuilles)
- La réussite des parcelles ADEME plantée il y a 25 ans à 70%
- Ces performances de croissance le rendent intéressant pour la production de biomasse énergétique.

## **8 Les acquis et les perspectives d'avenir**

### **8.1 Les acquis**

- Démarré en 1977, le programme Séquoia sempervirens s'est enrichi progressivement en matériel génétique pour arriver à une collection de 966 clones.
- Le laboratoire de biotechnologie de l'Etaçon a mis au point des techniques de clonage valables pour la multiplication d'individus jeunes, mais aussi pour des sujets centenaires par la technique du rajeunissement.
- Les tests clonaux démontrent une variabilité inter clone qui permet une sélection très efficace. Cette variabilité existe dans la sensibilité au froid et l'aptitude au bouturage.
- Le bouturage des clones sélectionnés est plus facile que la conduite du semis.
- Une synthèse du matériel génétique sur 22 essais méditerranéens (C. Penet 2000)
- Une étude sur la caractérisation papetière du bois de Séquoia sempervirens (labo bois process AFOCEL Etaçon. (Projet ZY04 F. Gastine - 2004)
- Un tarif de cubage permet d'estimer les volumes sur pieds. (A. Bouvet 2007)
- Un tarif de biomasse permet d'évaluer la part relative de chaque compartiment : bois, écorce, branche et feuilles. (Sylvabiom 2009-2010)
- Une étude sur la pré-qualification du bois de Séquoia sempervirens en vue d'un usage en construction (Rapport DRAFF J.D. Lanvin 2011)
- En 2010 pour Sylvabiom, de nouvelles analyses permettent de recenser 14 clones intéressants, dont un groupe de 5 « élite »
- Un nouveau bilan et une synthèse sur le travail réalisé en 20 ans de recherche (1977 à 1996 – Sylvabiom 2011 T. Fauconnier)

### **8.2 Les perspectives d'avenir pour le Séquoia sempervirens**

#### Actions longues nécessitant beaucoup de temps et de moyens :

- Compléter le travail d'amélioration par le test des clones Californiens.

#### Actions rapides à courte échéance

- En pépinière, la production du plant est globalement aboutie, mais elle reste très sensible au Botrytis. Il faut aussi améliorer les techniques de durcissement du plant.
- La conservation du matériel génétique, par une bonne gestion des collections.
- L'exploitation des derniers résultats en installant des plantations utilisant les meilleurs clones du moment. (Matériel végétal européen)
- La recherche d'alternatives à l'utilisation des produits phytosanitaires en forêt.
- La mise au point d'itinéraires courts dédiés exclusivement à la production de biomasse. (TCR)

## **9 Conclusion**

Si la place économique du Séquoia n'est pas reconnue, le développement croissant des besoins en bois énergie pose néanmoins la question de manière récurrente « Comment peut-on répondre à une telle demande » et inévitablement « un tel producteur de matière pourrait-il se développer en France ? »

Le Séquoia sempervirens est d'abord une essence à croissance rapide très exigeante. Il lui faut un sol profond et humide pour produire du bois. Après une première coupe, de très nombreux rejets assurent l'économie d'une nouvelle replantation. Il fournit ainsi une grande quantité de matière en peu de temps.

Pour autant, la sélection n'est pas terminée, notamment avec le matériel d'origine Américain qui reste à confronter avec les premiers clones sélectionnés.

A partir de ces essais, le FCBA, est en mesure de proposer une première sélection de matériel génétique ayant des performances stables.

## **10 Annexes**

### **10.1 Bibliographie**

### **10.2 Liste des essais génétiques installés de 1977 à 1996**

### **10.3 Liste des parcelles ADEME (ex AFME) plantées en Séquoia sempervirens**

# BIBLIOGRAPHIE

- A. BAILLY (1990)  
Le programme Séquoia sempervirens de l'AFOCEL 157 pages. (Rapport interne)
- M. BOULAY – Annale AFOCEL (1978)  
« Multiplication rapide du Séquoia sempervirens en culture in vitro » pages 37 à 66.
- B. CAUVIN et H. MINUZZO (1989)  
« Contribution de la région sud au programme Séquoia sempervirens : quelques aspects de la tolérance au froid de cette espèce » 4 pages.
- G. CHAIX – Mémoire E.N.G.R.E.F. (1990)  
« Programme d'amélioration génétique du Séquoia sempervirens de l'AFOCEL » 36 pages.
- A. DONNET – Mémoire de 3<sup>ème</sup> année – E.N.I.T.E.F. (1983-1984)  
« Le Séquoia sempervirens » 77 pages
- ESIPTA – Promotion 1990- Voyage d'étude en Californie (1994)  
« Là ou le brouillard flotte.....le Redwood pousse » 36 pages
- INFORMATION FORET - n°4 – 1978  
« Introduction du Séquoia sempervirens en France » 13 pages
- J.D LANVIN (2010) Pré qualification du Séquoia sempervirens en vue d'un usage en construction. 31 pages.
- W.J LIBBY (1991)  
« Report to AFOCEL » 10 pages
- A.B MOASSA – Rapport de stage C.N.E.A.R.C. (1990)  
« Production de Séquoia sempervirens en pépinière et comportement en pieds-mères »
- J.C VAUDELET (1980)  
« Le choix et la conduite du Séquoia sempervirens en France : observation après les très grands froids » 4 pages
- J.C VAUDELET (1982)  
« Culture de biomasse ligneuse : le taillis à courte rotation de Séquoia sempervirens » 14 pages
- J.C SHIRLEY (1937)  
« The redwoods of coast and sierra » 84 pages
- C. PENET (2000)  
« Bilan et perspectives du Séquoia sempervirens dans le sud de la France » 30 pages
- F. GASTINE (2004) ZY04  
“Caractérisation du bois du Séquoia sempervirens” 40 pages

1

2

## Parcelles AFME de Séquoia sempervirens

### Bilan de réussite en 2010

	NOM	DEP	REGION	FCBA	SURF	ANNEE	H92	AGE 1992	REUS 1	REUS 2	SURF PERD	2010
1	BRIGNOLES	83	PACA	SE	2,5	88-89	1	5	2	2,5		
2	VAUVERT	30	LANROU	SE	4,3	88-89		4	3		4,3	Détruit
3	COL DE PORTES	30	LANROU	SE	5	87-88	1,5	5	1			Réussit
4	CAUNES MINERVOIX	11	LLANROU	SE	4	87-88		5				Réussit
5	LIGNAIROL	09	MIDIPYR	SO	5	88-89						
6	LAGRAULET-ST NICOLAS-	31	MIDIPYR	SO	2,5	88-89		4				Détruit
7	GAJA LA SELVE	11	LANROU	SE	8,5	86-87	1,8	6	1			Réussit
8	BANNE	7	RHOALP	SE	0,2	85-86	1,5	9	2		0,2	Détruit
9	LES FORGES	56	BRETAGNE	CO	5,8	84-85	6	8	1			
10	PLESTAN	22	BRETAGNE	CO	5	84-85	3	8	1			
11	ST BONNET DE BELLAC	87	LIMOUSIN	CO	5,4	85-86	2,3	7	2	5,4		
12	LES FORGES B	56	BRETAGNE	CO	7,4	86-87	3,5	6	2	4,9	2,5	
13	LES FORGES C	56	BRETAGNE	CO	7,6	86-87	3,5	6	2	5,1	2,5	
14	VERINA LESTERPS	16	POITCHAR	CO	5,8	86-87	2,6	6	1			Réussit
15	VERINA 2	16	POITCHAR	CO	5	88-89	2,2	5	1			Réussit
16	LA CROZE	16	POITCHAR	CO	3,2	88-89		4	3		3,2	Détruit
17	LA FERRIERE-HARANG	14	BNORMA	NE	5,7	85-86	3	7	1			Réussit
18	MAROLLES	77	ILFRANCE	NE	5,6	87-88	2,5	5	1			
19	MAROLLES 3	77	ILFRANCE	NE	1,3	88-89	0,6	3	2	1,3		
20	ST PEE/NIVELLE	64	AQUITAINE	SO	7	84-85	4	8	1			Réussit
21	CAMPAGNE D'ARMAGNAC	32	MIDIPYR	SO	6,4	85-86	3,5	6	2	6,4	3	Réussit
22	VILLEDIEU DU TEMPLE	82	MIDIPYR	SO	4,9	86-87	6,5	6	2	3,4	1,5	Réussit



LISTE DES ESSAIS GENETIQUE INSTALLES DE 1977 A 1996

