

## Synthèse des expérimentations menées par le CRPF sur le Chêne-liège dans les Maures



par Louis AMANDIER  
ingénieur forêt & environnement du CRPF-PACA

avec la collaboration des partenaires locaux  
ASF suberaie varoise, stagiaires, etc.

**Décembre 2013**

# S o m m a i r e

<b>Pourquoi s'intéresser à la régénération du Chêne-liège ?</b>	4
Le Chêne-liège : une essence originale aux multiples qualités, clé de voûte d'un écosystème remarquable	4
Une régénération naturelle déficiente	4
Des suberaies vieillissantes	5
<b>Des essais sont installés pour tenter de répondre aux questions des forestiers</b>	
Historique des interventions du CRPF dans les Maures	5
Des essais mis en place in situ par le CRPF	7
Principaux objectifs expérimentaux	7
Recensement et localisation des essais	7
Modalités de présentation des premiers résultats expérimentaux	7
Une synthèse transversale	7
Un traitement rigoureux des informations expérimentales	7
<b>Première partie : la régénération artificielle par plantation</b>	8
Analyse des facteurs de reprise	8
Méthodologie	8
Influence de la qualité des plants issus de pépinières	8
Influence des techniques de plantation	11
Influence des accessoires de plantation	12
Influence de la mycorhization	13
En résumé, pour la reprise...	13
Analyse des facteurs de croissance	19
La question de l'origine génétique des provenances	19
Les provenances utilisées dans les essais du CRPF	19
Influence de la qualité des plants issus de pépinières	19
Influence des modalités de préparation du sol	20
Influence des accessoires de plantation	20
Influence de la mycorhization	23
Influence d'une plantation d'accompagnement	23
Quelles conclusions pour la croissance ?	25
Etude spécifique de la plagiotropie juvénile	25
Comment mesurer la plagiotropie ?	25
Les enseignements de la plantation de la Scie	25
Les enseignements de la plantation de Porthonfus	28
Les enseignements de la plantation du Grescq	30
Les enseignements de la plantation des Sinières	31
Quelles conclusions pour la plagiotropie ?	31

<b>Deuxième partie : la régénération naturelle</b>	32
<b>Les questions posées par les gestionnaires</b>	32
Le Chêne-liège peut-il se régénérer par semis de glands ?	32
Quels résultats pour les essais de semis ?	32
Le Chêne-liège peut-il se régénérer végétativement ?	32
La régénération végétative doit-elle être aidée ?	32
<b>Le dispositif expérimental des Borels</b>	34
Les évolutions du peuplement mesurées sur cinq ans	34
La régénération est-elle satisfaisante ?	36
Une étude particulière de la structure des régénérations de Chêne-liège	37
Protocole	37
Quelques données sur les touffes de régénération	37
Est-il efficace d'intervenir sur les touffes par des sélections de brins ?	40
L'origine rejets ou drageons a-t-elle une importance ?	41
<b>Le dispositif expérimental du Vallon du Pey</b>	41
Les évolutions du peuplement en six ans	43
Inventaire des petites touffes de régénération	43
La régénération est-elle satisfaisante ?	45
Etude d'un échantillon de touffes de régénération et de l'effet d'une sélection de brins	46
<b>Les enseignements d'un ancien essai à Siouvette (La Mole)</b>	46
<b>Que conclure sur la régénération naturelle ?</b>	47
Comment fonctionne la régénération naturelle de la suberaie ?	47
La régénération obtenue suffit-elle pour restaurer la suberaie ?	47
Est-il efficace d'intervenir précocement sur les touffes par des sélections de brins ?	47
<b>Conclusion générale</b>	48

# Pourquoi s'intéresser à la régénération du Chêne-liège ?

## ***Le Chêne-liège : une essence originale aux multiples qualités, clé de voûte d'un écosystème remarquable***

C'est une essence très emblématique du pourtour de la Méditerranée occidentale, localisée exclusivement sur des sols non calcaires et sous des climats relativement doux et humides. En France, il est cantonné au littoral du Var (Maures et Esterel), à la Corse (aux basses altitudes), au piémont des Pyrénées-Orientales (Aspres et Albères) ainsi qu'à quelques points d'Aquitaine (Maransin, Albret...).

Cette essence est originale car sa principale production n'est pas le bois, mais son écorce de liège qui peut être récoltée sans dommage aux arbres — moyennant certaines précautions — tous les 9 à 15 ans, selon la fertilité des stations. Ce liège est un matériau écologiquement renouvelable, aux remarquables propriétés physico-chimiques. Depuis l'antiquité il est employé pour le bouchage des amphores, puis des bouteilles, mais d'autres usages se multiplient dans l'isolation, la décoration, etc.

Les régions subéricoles déjà citées sont riches d'une longue tradition de suberculture, de fabrication de bouchons ou autres objets artisanaux. Les propriétaires forestiers et les habitants de ces régions y demeurent très attachés.

De plus, les paysages de suberaies sont parmi les plus appréciés de Méditerranée, tant par les habitants locaux que par les touristes très nombreux à fréquenter ces forêts d'arrière-littoral.

Sur le plan environnemental, les suberaies abritent une forte biodiversité consacrée par leur statut d'*habitats d'intérêt communautaire* dans le programme européen Natura 2000 (habitat de la Tortue d'Herman, etc.).

Signalons, enfin, le grand intérêt du Chêne-liège pour sa remarquable *résilience* vis-à-vis des incendies qui hélas parcourent fréquemment ces espaces méditerranéens.

La suberaie est typiquement une *forêt méditerranéenne multifonctionnelle*. Autrefois souvent cultivée (assolement céréalière sous des peuplements clairs), elle est encore par endroits, pâturée. Elle produit aussi des champignons et du gibier pour les chasseurs.

Dans les années 1960, les récoltes de liège ont considérablement décliné dans les Maures du fait du renchérissement de la main d'œuvre et de la concurrence des pays ibériques. Beaucoup de suberaies ont alors été délaissées par leurs propriétaires.

Pourtant, la suberaie, lorsqu'elle est gérée de façon continue, sans périodes d'abandon, est une forêt productive, l'une des plus rentables du pourtour méditerranéen ! Hélas sa productivité quantitative mais surtout qualitative est intimement liée aux soins apportés par les suberculteurs. La suberaie abandonnée se dégrade et l'essence est concurrencée par les dryades de la succession phytodynamique : Chêne pubescent, Chêne vert, etc. De comportement pionnier ou post-pionnier, elle ne supporte pas l'ombrage d'arbres plus hauts qu'elle. Dans les suberaies abandonnées, un sous-bois de maquis dense se développe et devient un vecteur d'incendie ; cet incendie, paradoxalement, profite au Chêne-liège, car protégé de la destruction par son écorce isolante, il reverdit très vite par émission de rejets aériens, reprenant avantage sur ses concurrents qui doivent rejeter de souche. Le liège noirci devient néanmoins impropre pour la production de bouchons.

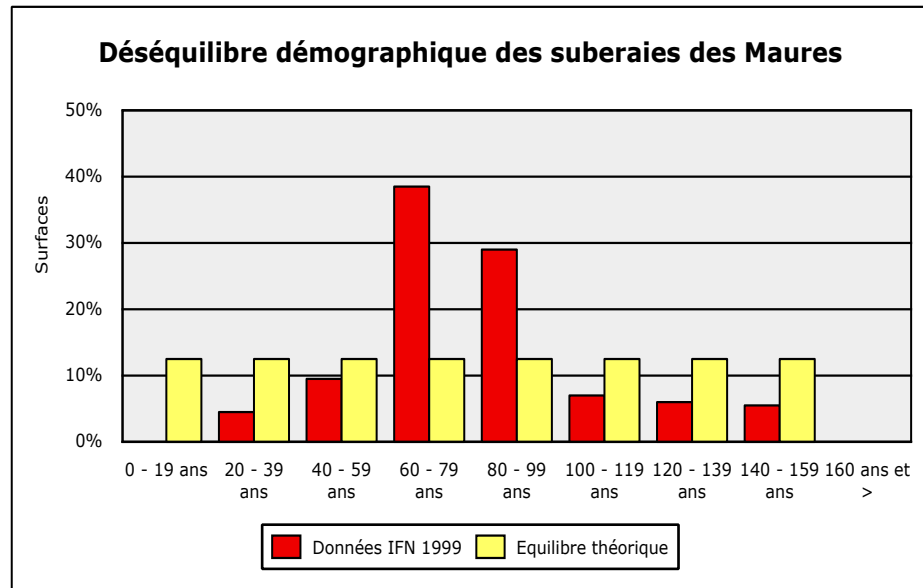
## ***Une régénération naturelle déficiente***

Nous avons constaté que le Chêne-liège (tout comme par ailleurs, le Chêne pubescent) se régénère difficilement ou pas du tout, par semis. Les glands sont bien là, en nombre suffisant ; ils germent généralement bien, mais ne grandissent pas au delà de quelques centimètres avant de disparaître et d'être indéfiniment renouvelés sans résultat positif.

Sur certains sites, ou encore sur des terrains dénudés par les incendies, la régénération naturelle ne se produit pas. C'est pourquoi les techniciens de l'ASL de la suberaie varoise ou encore des SIVOM ont tenté çà et là, des semis ou des plantations sur des très petites surfaces.

Le CRPF a constaté avec eux la difficulté et le peu de réussite de ces opérations. Sous sa direction, en 2002, une stagiaire universitaire Mlle Amandine DURAND, a ainsi entrepris un recensement de toutes ces initiatives souvent malheureuses. Son rapport a fourni une base de réflexion pour des essais destinés à mieux comprendre ces difficultés de régénération.

## Des suberaies vieillissantes



L'histogramme établi à partir des données de l'Inventaire National de 1999 est très éloquent. Les deux premières classes d'âge sont extrêmement déficitaires !

## Des essais sont installés pour répondre aux questions des forestiers

### Historique des interventions du CRPF dans les Maures

Avant 1990, le CRPF s'était impliqué dans le soutien de la coopérative *Covaliège* qui finalement n'a pu se maintenir car son activité était trop exclusivement centrée sur la récolte de liège, un produit dont la qualité dans ces années là, avait déjà chuté en deçà de 15% de proportion "bouchonnable", la seule qui soit suffisamment rémunératrice.

Suite à de très grands incendies qui ont parcouru le massif en 1989 et en 1990, le Conseil Régional a mandaté le CRPF pour mettre en place une *structure de développement de la suberaie* pour que les propriétaires privés (80% des suberaies) puissent travailler en synergie avec les collectivités publiques responsables de la DFCI. En effet, la remise en état de suberaies abandonnées était perçue, avec beaucoup de clairvoyance, comme la meilleure prévention contre les incendies et il devenait urgent de contrecarrer la dynamique de l'abandon et ses funestes conséquences.

C'est ainsi qu'est née l'ASL "*suberaie varoise*", l'une des premières ASL de gestion de France. Le CRPF l'a soutenue durant quelques années et elle est rapidement devenue autonome, bénéficiant du fidèle soutien financier du Conseil Régional, de l'Etat et autres partenaires locaux qui reconnaissent ainsi son utilité publique. En effet les objectifs sont orientés prioritairement sur la restauration des suberaies, avec des financements principalement dédiés à la DFCI.

Sur le plan technique, ces rénovations de suberaies consistent à débroussailler les sous-bois au moyen de gyrobroyeurs lourds, puis à éliminer les arbres surannés et éventuellement à équilibrer les densités des arbres récupérables. La question de la régénération du Chêne-liège s'est rapidement posée car bien souvent les peuplements résultant des restaurations étaient trop clairs ou encore trop équiennes.



Codes	Commune	Financement des travaux	Date	Modalités expérimentales
<b>Plantations</b>				
1	Le-Cannet-des-Maures : La Scie	ASL Centre-Var, etc.	1996	Type de plants Accessoires de plantation Accompagnement
3	La Garde-Freinet : Sinières	ASL suberaie varoise + CRPF	2004	Origines de plants Inoculation par Pisolithe
2	Cogolin : Porthonfus	Mécénat Fondation Protecti.FM	2005	Préparation du sol Accessoires de plantation
4	Roquebrune-sur-Argens : Le Gresq	Subvention DRAF	2006	Préparation du sol Accessoires de plantation <i>sécheresses, nombreux regarnis</i>
<b>Régénération naturelle</b>				
5	Hyères - les Borels	ASL suberaie varoise	2006	Concurrence environnement Tailles de formation
6	Sainte-Maxime - vallon du Pey	idem avec OCR INCENDI	2006	Concurrence environnement Tailles de formation

## **Des essais mis en place in situ par le CRPF**

A la faveur de certains travaux réalisés par l'ASL ou bien encore en profitant de certaines subventions du Conseil Régional ou de l'Etat, ou encore en utilisant des fonds issus du mécénat..., le CRPF a installé quelques dispositifs expérimentaux destinés, à terme, à améliorer la connaissance de cette problématique de la régénération naturelle ou artificielle du Chêne-liège. Rappelons que le CRPF n'est pas un organisme de recherche et que ses moyens propres dédiés aux "recherches appliquées" sont très limités. Bien qu'une certaine rigueur scientifique soit toujours recherchée, la méthodologie reste souvent relativement sommaire. Faute d'implication des professionnels de la recherche, ces modestes contributions demeurent cependant fort utiles au développement forestier local.

### **Principaux objectifs expérimentaux**

Les modalités expérimentales ont été installées quelquefois en fonction d'opportunités telles que la disponibilité simultanée de plusieurs types de plants à la *pépinière expérimentale d'Etat d'Aix-les Milles* et, le plus souvent avec un plan d'expérience plus compliqué, ayant pour but de comprendre le phénomène de **plagiotropie**. En effet, suite au rapport d'A. DURAND, il est apparu que les plants de Chêne-liège reprenaient assez bien ; mais qu'au bout de plusieurs années, ils demeuraient buissonnants, voire rampants. Ce phénomène est appelé *plagiotropie*, par opposition à *l'orthotropie* qui caractérise les plants bien droits et verticaux. Cette plagiotropie présente l'inconvénient majeur d'exposer trop longtemps ces plants à la concurrence du maquis environnant, les plants pouvant être éliminés lorsqu'ils sont surcimés par les buissons du maquis. Au bout de quelques années (7-8 ans au Cagnet-des-Maures) une dominance apicale se met en place et les arbres croissent normalement, du moins ceux qui ont survécu, ici grâce à des entretiens réguliers effectués par le propriétaire. Cette sollicitude dont ils ont bénéficié n'est hélas pas la règle et il importe que les plants sortent au plus vite de cette période critique, grâce à des techniques de plantation appropriées.

D'autres thématiques liées à la régénération naturelle ou artificielle sont aussi abordées pour répondre à des interrogations des gestionnaires.

### **Recensement et localisation des essais**

Voir page précédente : carte de localisation et tableau récapitulatif.

## **Modalités de présentation des premiers résultats expérimentaux**

### **Une synthèse "transversale"**

Nous avons choisi de présenter les résultats disponibles sous forme de réponses à des questionnements plutôt que de façon monographique en décrivant chaque site. Rappelons que le CRPF avait rédigé en 2006 un tel rapport de 46 pages intitulé : *"Une difficulté de la régénération artificielle du Chêne-liège : la plagiotropie juvénile"*.

Nous avons également pris le parti d'élargir ce questionnement, au delà des seules modalités qui ont été effectivement expérimentées, pour susciter la discussion et d'éventuelles recherches ultérieures.

### **Un traitement rigoureux des informations expérimentales**

Les données du CRPF sont organisées et stockées dans une base de données relationnelle 4D™ dite [Placettes], pour garantir leur sauvegarde et faciliter les tris et les recherches. Certains traitements de données sont effectués directement dans la base à l'aide de procédures programmées. Par ailleurs, des sélections issues de la base peuvent aussi être exportées vers des logiciels spécialisés, ici XLSTAT™, un logiciel de statistique adossé à EXCEL™. Des comparaisons de moyennes sont alors réalisées à l'aide d'ANOVA-ANCOVA. Des *groupes significativement différents de moyennes* (A, B, C...) figurés par un gradient de couleurs du jaune au rouge, au seuil de 95% de probabilité, sont proposés au moyen de tests de TUKEY ou de FISHER. Les régressions allométriques sont aussi réalisées avec le même logiciel.

# Première partie : la régénération artificielle par plantation

Il convient de distinguer ici les facteurs favorisant la reprise des plants, de ceux qui se manifestent par une meilleure croissance.

## Analyse des facteurs de reprise

### Méthodologie

La reprise des plants et son corollaire, la mortalité, sont des variables "booléennes" (oui/non - 0/1...) qui peuvent être traitées selon des modèles probabilistes issus de la loi binomiale ou encore du "Chi deux", nécessitant des conditions d'application assez strictes, rarement complètement satisfaites. Nous avons préféré d'utiliser un calcul direct de probabilité à partir de tableaux de contingence (test exact de Fisher), qui a été programmé dans la base de données. Voir encadré.

### Influence de la qualité des plants issus des pépinières

Il est loin le temps des sachets en polyéthylène remplis d'une terre dure comme du béton... Dans les années 80, au tout début des programmes de plantations dits "FEOGA", des mortalités de quasiment 100 % ont pu être imputées à cette mauvaise qualité de plants. Non seulement les plants poussaient très difficilement dans de tels substrats, mais encore, lorsqu'ils y parvenaient, leurs racines s'enroulaient au fond des sacs, formant des "chignons" susceptibles d'étrangler les arbres des plus valeureux qui auraient survécu à la plantation. Bien heureusement, grâce notamment aux travaux du Cemagref d'Aix, les techniques d'élevage ont considérablement progressé et les plants produits en France, sont à présent de bonne qualité. Les godets "anti-chignon" se sont généralisés, mais les pépinières "commerciales" ont tendance à proposer des volumes de godets un peu trop faibles (moins de 400 cm<sup>3</sup>), plus faciles à manipuler...

#### Essai "conteneurs" de La Scie : tableau de contingence

2013	Conteneur MW 800 cc IML		Conteneur MW 600 cc IML		Clémendot 1 an (témoin)		Clémendot 2 ans	
Vivants	83	93%	67	76%	63	73%	48	53%
Morts	6	7%	21	24%	23	27%	43	47%
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>	<b>88</b>	<b>100%</b>	<b>86</b>	<b>100%</b>	<b>91</b>	<b>100%</b>

#### La Scie : calculs de probabilité des différences constatées

2013	code	groupes	Ha	Ga	Aa	Fa
Conteneur MW 800 cc IML	Ha	A	23,33%	0,10%	0,03%	0,00%
Conteneur MW 600 cc IML	Ga	B	0,10%	13,97%	12,59%	0,06%
Clémendot 1 an (témoin)	Aa	B	0,03%	12,59%	13,68%	0,23%
Clémendot 2 ans	Fa	C	0,00%	0,06%	0,23%	11,83%

La plus forte mortalité affecte les plants *de deux ans* élevés en *petits conteneurs* issus de la pépinière Clémendot. La différence est alors maximale et très hautement significative avec les godets MW de plus gros volume. Ces derniers sont aussi très significativement plus performants que les Clémendot 1 an, considérés comme témoins dans l'essai de La Scie. Les MW de 800 cc sont aussi significativement plus performants que les MW de 600 cc. Les gros MW issus de la pépinière d'Etat des Milles, en collaboration avec l'institut méditerranéen du liège de Vivès (IML), confirment leur supériorité pour des essences telles que les chênes qui développent très précocément un puissant système racinaire.

Les autres sites expérimentaux ne se prêtent pas à une telle analyse.





*Plantation de La Scie en 2006, âgée de 11 ans. La dominance apicale s'est mise en place vers 6-7 ans et on peut encore observer au pied des arbres les résidus de la touffe initiale. Photo L. AMANDIER.*



*Photo prise presque au même endroit, en 2013, à l'âge de 18 ans. Les arbres ont bien poussé. Photo L. AMANDIER.*

## Tableau de contingence

<i>Pour l'espèce i</i>	<i>Relevé 1</i>	<i>Relevé 2</i>	<b>1 &amp; 2</b>
<i>Présences</i>	n1	n2	<b>n1+n2</b>
<i>Absences</i>	S1-n1	S2-n2	<b>Σ - (n1+n2)</b>
<b>Total segments</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Σ = S1 + S2</b>
<i>Combinaisons</i>	b $C_{S1}^{n1}$	c $C_{S2}^{n2}$	d $C_{\Sigma}^{n1+n2}$

Nombre de combinaisons de n1 présences de l'espèce i dans un total de S1 segments

$$C_m^p = m! / ((p! * (m-p)!)$$

avec m! = factorielle de m

### Probabilité du tableau de contingence (calcul "exact" de Fisher)

$$P = (n1+n2)! * (\Sigma - (n1+n2))! * S1! * S2! / n1! * (S1-n1)! * n2! * (S2-n2)! * \Sigma!$$

$$P = [ S1! / n1! * (S1-n1)! ] * [ S2! / n2! * (S2-n2)! ] * [ (n1+n2)! * (\Sigma - (n1+n2))! / \Sigma! ]$$

$$P = C_{S1}^{n1} * C_{S2}^{n2} / C_{\Sigma}^{n1+n2} = b * c / d$$

$$\text{INFO (Brillouin)} = \log_2 (1 / P) = \log_2 d - (\log_2 b + \log_2 c) \text{ en sha}$$

### Exemple de calcul

<i>Pour l'espèce i</i>	<i>Relevé 1</i>	<i>Relevé 2</i>	<b>1 &amp; 2</b>
<i>Présences</i>	0	2	<b>2</b>
<i>Absences</i>	4	6	<b>10</b>
<b>Total segments</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>
	b	c	d
<i>Combinaisons</i>	1	28	66
Proba. du tableau de contingence			0,42
INFO (Brillouin) en sha =			1,24

#### Représentation des valeurs de probabilité

- Proba < 5 %
- Proba < 1 %
- Proba < 5 ‰
- Proba < 1 ‰
- Proba <<

## Influence des techniques de plantation

Dans notre région, le risque principal qui affecte les plantations, c'est le franchissement du premier été avec une sécheresse inévitable, bien connue et prévisible, inhérente au climat méditerranéen. Il est donc très important que les plants puissent entrer dans cette période difficile avec un enracinement le plus profond possible, afin de parvenir à puiser une ressource en eau suffisante pour survivre. D'où l'importance d'un bon travail du sol favorisant la descente des pivots, mais aussi l'avantage apporté par des plantations d'automne qui offrent une plus longue durée de croissance des racines qu'une plantation réalisée en début de printemps. Il est aussi recommandé d'arroser les plants au moment même de leur plantation, même si le sol est humide, afin de faire "coller" la terre à la motte de pépinière et éviter des poches d'air néfastes pour la croissance racinaire.

### Techniques de plantation à Porthonfus : tableau de contingence

Année	Statut	Témoin 2 ripperage croisé		Fertilisation PK 100 unités		Très gros potets pelle mécanique		Témoin 1 ripperage croisé		Collets enterrés 10 cm		Fertilisation PK 100 u/ha + Chaulage	
2005	Vivants	79	98,8%	79	98,8%	78	97,5%	80	100,0%	80	100,0%	77	96,3%
2005	Morts	1	1,3%	1	1,3%	2	2,5%	0	0,0%	0	0,0%	3	3,8%
2005	Total	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%
2006	Vivants	78	97,5%	70	87,5%	70	87,5%	67	83,8%	73	91,3%	64	80,0%
2006	Morts	2	2,5%	10	12,5%	10	12,5%	13	16,3%	7	8,8%	16	20,0%
2006	Total	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%
2007	Vivants	66	82,5%	57	71,3%	52	65,0%	43	53,8%	51	63,8%	50	62,5%
2007	Morts	14	17,5%	23	28,8%	28	35,0%	37	46,3%	29	36,3%	30	37,5%
2007	Total	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%
2008	Vivants	63	78,8%	57	71,3%	59	73,8%	51	63,8%	57	71,3%	51	63,8%
2008	Morts	17	21,3%	23	28,8%	21	26,3%	29	36,3%	23	28,8%	29	36,3%
2008	Total	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%
2012	Vivants	56	70,0%	55	68,8%	55	68,8%	53	66,3%	49	61,3%	48	60,0%
2012	Morts	24	30,0%	25	31,3%	25	31,3%	27	33,8%	31	38,8%	32	40,0%
2012	Total	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%

### Porthonfus : calculs de probabilité

Sur cette partie de l'essai de Porthonfus, ces différentes modalités n'ont pas montré de différences significatives sur la reprise, aucune probabilité calculée n'est inférieure à 5 %.

Porthonfus 2012	code	groupe	Da	Ba	Ea	Aa	Ca	Fa
Un arrosage pendant l'été	Da	A	13,68%	13,40%	13,40%	11,83%	6,75%	5,52%
Très gros potets pelle mécanique	Ba	A	13,40%	13,49%	13,49%	12,67%	8,08%	6,79%
Fertilisation PK 100 unités	Ea	A	13,40%	13,49%	13,49%	12,67%	8,08%	6,79%
Témoin ripperage croisé	Aa	A	11,83%	12,67%	12,67%	13,21%	10,51%	9,34%
Collets enterrés 10 cm à la plantation	Ca	A	6,75%	8,08%	8,08%	10,51%	12,85%	12,67%
Fertilisation PK 100 u + Chaulage	Fa	A	5,52%	6,79%	6,79%	9,34%	12,67%	12,85%

### Techniques de plantation au Grescq : tableau de contingences

Année	statut	Fertilisation Ca PK		Plants Maures témoin		Compost		Très gros potets		Paillage BRF	
2008	Vivants	92	93,9%	48	98,0%	69	75,8%	50	82,0%	26	74,3%
2008	Morts	6	6,1%	1	2,0%	22	24,2%	11	18,0%	9	25,7%
2008	Total	98	100,0%	49	100,0%	91	100,0%	61	100,0%	35	100,0%
2012	Vivants	92	93,9%	42	85,7%	74	81,3%	39	63,9%	22	62,9%
2012	Morts	6	6,1%	7	14,3%	17	18,7%	22	36,1%	13	37,1%
2012	Total	98	100,0%	49	100,0%	91	100,0%	61	100,0%	35	100,0%

### Le Grescq : calculs de probabilité

Le Grescq 2012	code	groupes	Ja	Na	La	Ma	Ka
Plants Maures fertilisation Ca PK	Ja	A	23,33%	6,52%	0,55%	0,00%	0,00%
Plants Maures témoin	Na	AB	6,52%	22,69%	15,39%	0,61%	1,18%
Plants Maures potet compost	La	B	0,55%	15,39%	15,07%	0,88%	1,88%
Plants Maures sur très gros potets	Ma	C	0,00%	0,61%	0,88%	14,87%	17,31%
Plants Maures paillage BRF	Ka	C	0,00%	1,18%	1,88%	17,31%	19,48%

Sur cette partie de l'essai de Le Grescq, entre les plus faibles (6,1 %) et les plus fortes mortalités (37,1 %), les différences sont très significatives. Fertilisation et Témoin ne se différencient pas et offrent la meilleure reprise. Les très gros potets et le paillage BRF connaissent une mortalité de plus de 36 % et forment un autre groupe extrême. Compost occupe une position intermédiaire.

## Influence des accessoires de plantation

Les accessoires de plantation sont souvent un excellent moyen de facilitation de la reprise. Il s'agit de diverses formes de paillage ou encore de gaines tubulaires, conçues premièrement pour protéger les jeunes plants contre le grand gibier ou le bétail, mais intéressantes également pour leurs effets micro-climatiques : protection contre les ardeurs du soleil, maintien d'une ambiance chaude et humide, etc..

### Accessoires de plantation à Porthonfus : tableau de contingence

Année	Statut	Grillage anti-lapin de 60 cm	Gaine-abri climatic™ 120	Gaine-abri climatic™ 60	Ombrières côté sud	Tubex™ de 60 cm	Témoin 2 ripperage croisé	Mulch de compost	Témoin 1 ripperage croisé	Dalle isoplant 50x50	
2005	Vivants	80	100,0%	80	100,0%	79	98,8%	80	100,0%	80	100,0%
2005	Morts	0	0,0%	0	0,0%	1	1,3%	0	0,0%	0	0,0%
2005	Total	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%
2006	Vivants	78	97,5%	76	95,0%	77	96,3%	75	93,8%	80	100,0%
2006	Morts	2	2,5%	4	5,0%	3	3,8%	5	6,3%	0	0,0%
2006	Total	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%
2007	Vivants	72	90,0%	69	86,3%	68	85,0%	68	85,0%	72	90,0%
2007	Morts	8	10,0%	11	13,8%	12	15,0%	12	15,0%	8	10,0%
2007	Total	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%
2008	Vivants	71	88,8%	69	86,3%	66	82,5%	67	83,8%	70	87,5%
2008	Morts	9	11,3%	11	13,8%	14	17,5%	13	16,3%	10	12,5%
2008	Total	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%
2012	Vivants	69	86,3%	68	85,0%	62	77,5%	60	75,0%	58	72,5%
2012	Morts	11	13,8%	12	15,0%	18	22,5%	20	25,0%	22	27,5%
2012	Total	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%	80	100,0%

### Porthonfus : calculs de probabilité

Porthonfus 2012		Ia	La	Ka	Ma	Ja	Da	Ga	Aa	Ha
Grillage grosse maille anti-lapin c	Ia	A	18,05%	17,31%	5,91%	3,21%	1,57%	0,70%	0,29%	0,18%
Gaine-abri climatic™ 120 cm	La	A	17,31%	17,43%	7,80%	4,58%	2,42%	1,16%	0,51%	0,20%
Gaine-abri climatic™ 60 cm	Ka	AB	5,91%	7,80%	14,97%	13,77%	11,11%	8,02%	5,22%	4,04%
Ombrières côté sud	Ma	BC	3,21%	4,58%	13,77%	14,46%	13,30%	10,96%	8,08%	6,65%
Abri-serre Tubex™ de 60 cm	Ja	BC	1,57%	2,42%	11,11%	13,30%	14,06%	13,03%	10,81%	9,47%
Témoin 2	Da	BC	0,70%	1,16%	8,02%	10,96%	13,03%	13,68%	12,76%	11,83%
Paillage par mulch de compost	Ga	BC	0,29%	0,51%	5,22%	8,08%	10,81%	12,76%	13,40%	13,12%
Témoin 1	Aa	C	0,18%	0,32%	4,04%	6,65%	9,47%	11,83%	13,12%	13,21%
Paillage par dalle isoplant 50x50	Ha	C	0,11%	0,20%	3,06%	5,33%	8,08%	10,66%	12,59%	13,03%

Sur cette partie de l'essai de Porthonfus, la mortalité cumulée varie de 14 % à 35 %. Les accessoires a posteriori les plus efficaces sont les gaines de 60 cm à grosses mailles utilisées habituellement contre les dégâts de lapins ainsi que les gaines climatic™ de 60 cm ou de 120 cm. Toutes les autres modalités ne se différencient guère des témoins.

### Accessoires de plantation au Grescq : tableau de contingences

Année	Statut	gaine-abri 120	Tubex™ 60	Ombrière	Gaine souple 60	Tubex™ 120	Plants Maures témoin	Paillage biodalle	
2008	Vivants	82	97,6%	83	98,8%	76	98,7%	82	97,6%
2008	Morts	2	2,4%	1	1,2%	1	1,3%	2	2,4%
2008	Total	84	100,0%	84	100,0%	77	100,0%	84	100,0%
2012	Vivants	82	97,6%	81	96,4%	74	96,1%	79	94,0%
2012	Morts	2	2,4%	3	3,6%	3	3,9%	5	6,0%
2012	Total	84	100,0%	84	100,0%	77	100,0%	84	100,0%

## Le Grescq : calculs de probabilité

2012	code	groupes	Ea	Ia	Fa	Da	Ha	Na	Ga
Plants Maures avec gaine-abri 120	Ea	A	37,89%	31,64%	30,15%	16,27%	0,77%	1,10%	0,05%
Plants Maures avec tubex 60	Ia	A	31,64%	31,86%	31,64%	22,07%	1,88%	2,42%	0,17%
Plants Maures avec ombrière	Fa	A	30,15%	31,64%	31,86%	24,15%	2,70%	3,26%	0,30%
Plants Maures avec gaine souple 60	Da	AB	16,27%	22,07%	24,15%	25,35%	6,25%	6,93%	1,00%
Plants Maures avec tubex 120	Ha	BC	0,77%	1,88%	2,70%	6,25%	18,05%	20,17%	11,66%
Plants Maures témoin	Na	BC	1,10%	2,42%	3,26%	6,93%	20,17%	22,69%	16,84%
Plants Maures avec paillage biodalle	Ga	C	0,05%	0,17%	0,30%	1,00%	11,66%	16,84%	14,56%

Dans cette partie de l'essai de Le Grescq, la mortalité cumulée varie de 2,4 % à 17,5 %. Les gaines climatic™ de 60 cm et 120 cm, les ombrières de 120 cm et les tubex™ de 60 cm forment un premier groupe homogène qui s'oppose à un second groupe contenant le témoin, les paillages biodalle™ et, paradoxalement, les tubex™ de 120 cm.

## Influence de la mycorhization

### Mycorhization aux Sinières : tableau de contingences

Année	Statut	Chêne-liège Var + pisolithe	Chêne-liège Var témoin	Chêne-liège PO + pisolithe	Chêne-liège PO témoin
2005	Vivants	87	96,7%	53	93,0%
2005	Morts	3	3,3%	4	7,0%
2005	Total	90	100,0%	57	100,0%
2006	Vivants	88	97,8%	54	94,7%
2006	Morts	2	2,2%	3	5,3%
2006	Total	90	100,0%	57	100,0%
2012	Vivants	89	98,9%	56	98,2%
2012	Morts	1	1,1%	1	1,8%
2012	Total	90	100,0%	57	100,0%

### Mycorhization aux Sinières : calcul de probabilités

Sinières 2012	code	groupe	Aa	Ab	Bb	Ba
Chêne-liège Var témoin	Aa	A	50,35%	47,96%	35,85%	0,25%
Chêne-liège Var + pisolithe	Ab	A	47,96%	50,35%	25,00%	0,02%
Chêne-liège PO + pisolithe	Bb	A	35,85%	25,00%	31,86%	0,22%
Chêne-liège PO témoin	Ba	B	0,25%	0,02%	0,22%	18,56%

Aux Sinières la mortalité varie de 1,1 % à 18,3 %. Celle des plants des PO témoins est statistiquement un peu plus forte que celle des autres.

## En résumé, pour la reprise...

Les résultats obtenus peuvent paraître déroutants, parfois contradictoires. Il eut fallu disposer de davantage d'essais pour répéter les diverses modalités, mais néanmoins certains facteurs favorables semblent se dessiner.

Pour la qualité des plants, il apparaît bien que les gros conteneurs MW sont les plus efficaces et que les plants jeunes (de un an = une saison d'élevage en pépinière) sont préférables aux plants plus âgés.

Pour les modalités du travail du sol ici expérimentées, aucune modalité ne s'est révélée supérieure au témoin, mais au contraire, les effets sont généralement plutôt négatifs.

Pour les accessoires de plantation, les gaines, de toute nature, se sont montrées très favorables, notamment les gaines-abris climatic™ Nortène™ quelle que soient leur hauteur.



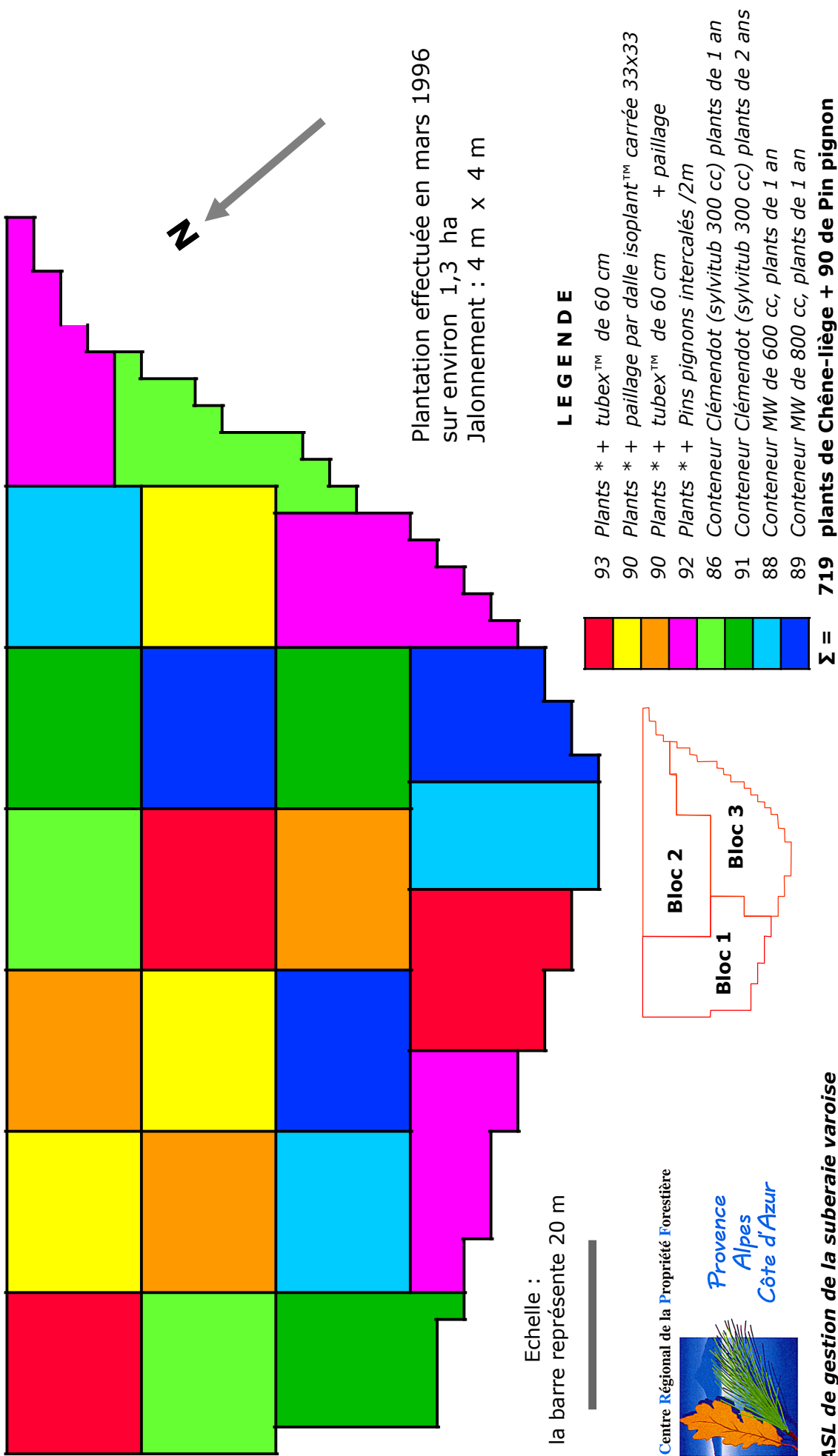
*Le Grescq. Plantation expérimentale de Chêne-liège. Au premier plan des grands tubex™ de 1,20 m ; à l'arrière, des gaines-abris climatic™ de 1,20 cm. Ces accessoires sont réputés favoriser la reprise et la croissance. Ils sont aussi précieux pour repérer les plants dans la végétation. Photo L. AMANDIER.*



*Le Grescq. Succession de différentes modalités expérimentales pour mettre en évidence les plus efficaces sur la réussite d'une plantation de Chêne-liège. Ancien terrain agricole très homogène, mais beaucoup d'herbe au printemps ! Il a fallu dégager les plants pour éviter une trop forte concurrence. Photo L. AMANDIER.*

# Essai de régénération artificielle du Chêne-liège

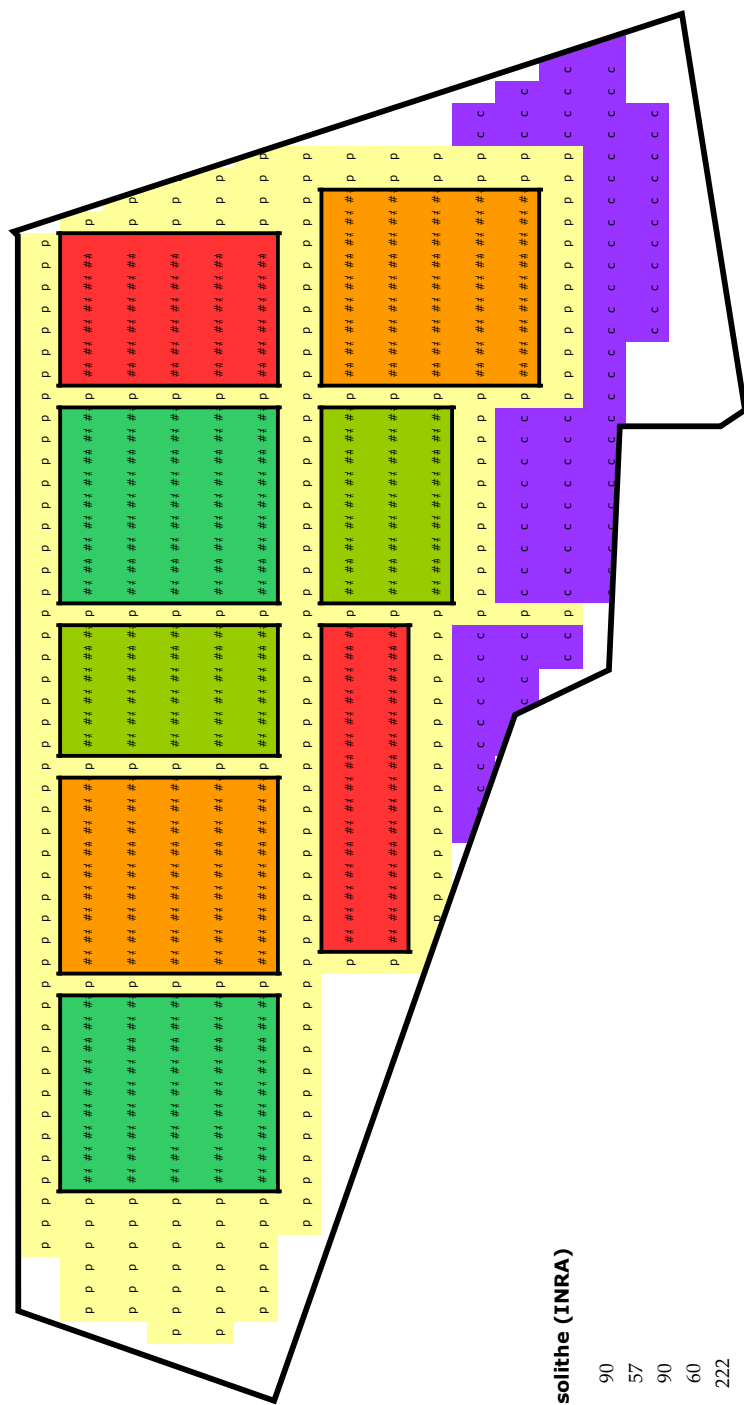
Domaine de la Scie au Cannet-des-Maures (Var)



# Essai de régénération artificielle du Chêne-liège

## Evaluation des conséquences de la mycorhization par le Pisolithe

Quartier "Les Sinières" à La-Garde-Freinet (Var)



Densité de plantation : 4 m x 2 m

Date de plantation : printemps 2004

### Chêne-liège ± mycorhызé avec Pisolithe (INRA)

1	Chênes-liège "Var" inoculés	90
2	Chênes-liège "Var" témoins	57
3	Chênes-liège "PO" inoculés	90
4	Chênes-liège "PO" témoins	60
p	Pin pignon en complément	222
c	Cormier en complément	82

Total parcelle

601 soit 4808 m<sup>2</sup>

Echelle :

la barre représente 20 m



Placeaux de mesures

Centre Régional de la Propriété Forestière



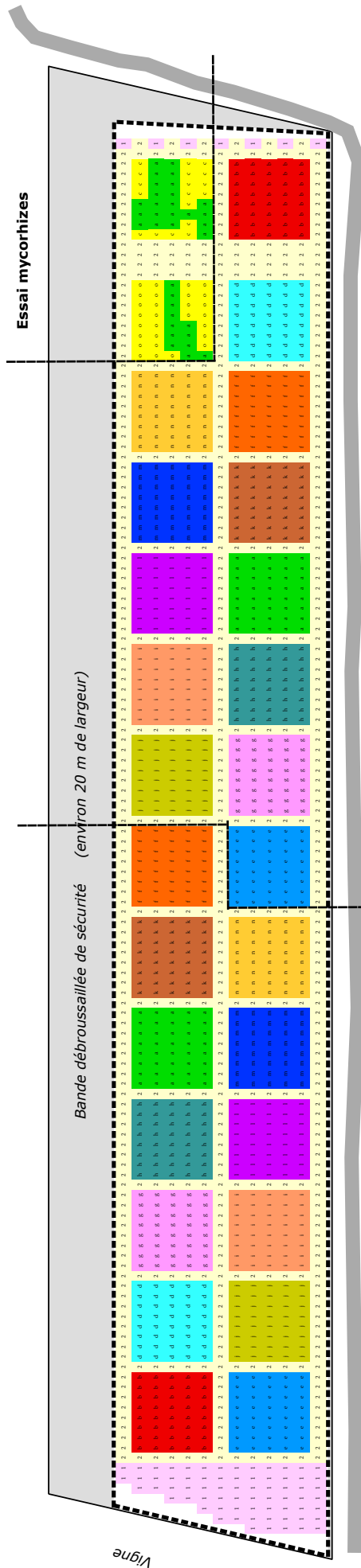
Provence  
Alpes  
Côte d'Azur

ASL de gestion de la suberaie varoise



# Essai de régénération artificielle du Chêne-liège

Propriété de Portonfus à Cogolin (Var)



Plantation effectuée en mars 2005

Jalonnement à 4 m x 2,5 m  
soit densité = 1 000 u/ha

Superficie nettoyée : 2,5 ha  
Superficie à planter : 1,8 ha

Ces travaux ont pu être réalisés grâce à la Fondation pour la Forêt Méditerranéenne et au mécénat de la Caisse d'Épargne de PACA. Les frais de conception des protocoles et de suivi sont pris en charge par le CRPF avec une aide financière du Conseil Régional PACA. Le propriétaire, M. Jean FALCOZ met son terrain à disposition des expérimentateurs et s'engage à assurer l'entretien de la plantation.

Modalités expérimentales	code	Qté
Témoin sol ripperé croisé	a	114
Très gros potets pelle mécanique	b	80
Plants inoculés avec <i>Pisolithus tinctorius</i>	c	18
Collets "enterrés" de 10 cm à la plantation	d	80
Arrosage pendant l'été	e	80
Fertilisation 100 u/ha de PK	f	80
Fertilisation 100 u/ha de PK + Ca	k	80
Plants témoins des inoculés Pisolithes	o	28
<b>Auxiliaires de plantation</b>		
Mulch de compost sur 5 cm épaisseur	g	80
Paille d'alle isopiant ~ 50 x 50	h	80
Grillage protection anti-lapin 0,60 cm	i	80
Tubex™ 0,60 cm	j	80
Gaine-abri climatic™ 0,60 cm	l	80
Gaine-abri climatic™ 1,20 m	m	80
Ombrière du côté Sud	n	80
<b>Sous-total "Chêne-liège"</b>		<b>1120</b>
Pin pignon en complément (aux extrémités)	1	75
Cormier	2	576
<b>Total des plants</b>		<b>1771</b>

Centre Régional de la Propriété Forestière



# Essai de régénération artificielle du Chêne-liège

Regarnis hiver 2007-08-09

Lieu-dit Le Grescq à Roquebrune-sur-Argens (Var)

Opération subventionnée par l'Etat et le Conseil régional de PACA et le CRPF

Catégorie	Origines	Modalités expérimentales	Corse survivants	regarnir
Génétique	Corse plants	1	12	transfert 29
Génétique	Catalogne plants	3		105
Génétique	Maures glands	1		42
Génétique	Catalogne glands	2		49
Génétique	Maures plants	4		34
Génétique	Maures plants	5		49
Sol profondeur	Maures glands	5		58
Sol profondeur	Maures glands	5		44
Sol profondeur	Maures glands	5		42
Sol chimisme	Maures + Corse	6	26	72
Sol + paillage	Maures + Corse	7	18	73
Paillage	Maures + Corse	8	43	55
Accessoires épigés	Maures + Corse	9	18	59
Accessoires épigés	Maures + Corse	10	36	48
Accessoires épigés	Maures + Corse	11	40	44
Accessoires épigés	Maures + Corse	12	35	49
Accessoires épigés	Maures + Corse	13	58	26
Accessoires épigés	Maures + Corse	14	0	76
Accompagnement	Catalogne plants	c	29	17
Diversification	voir pépinière	a	14	28
Diversification	voir pépinière	e	223	20
Diversification	voir pépinière	e	63	15
Biodalles pour Cormier et Aulne	Plants corses	290	<b>615</b>	<b>1034</b>
Gaines 120 pour Cormier	Plants catalans	181	286	925
à récupérer	Plants Maures	567		1211
	Semis Catalogne	49		
	Semis Maures	128	531	glands

Jalonnement à 4 m x 2,5 m  
soit une densité = 1 000 u/ha

Parcelle "Chêne-liège" : 2 ha

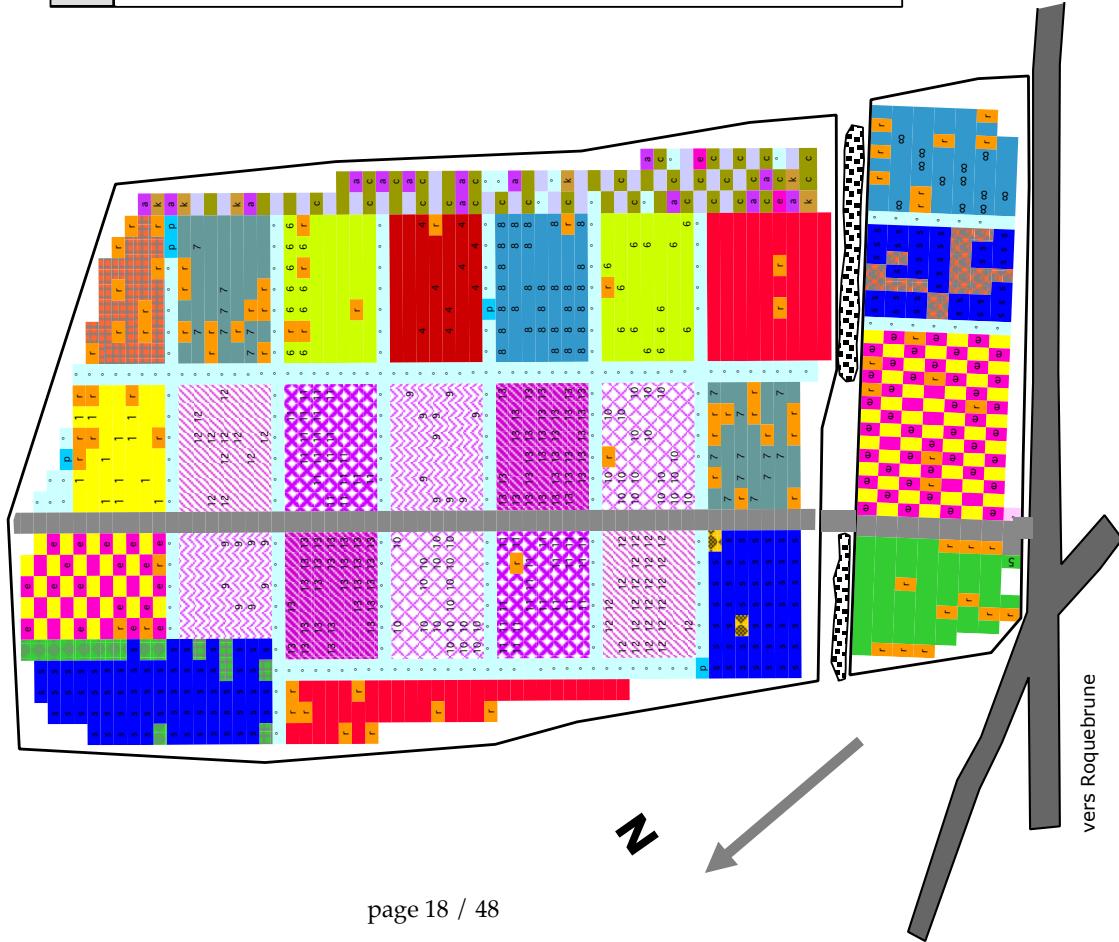
Plantation réalisée en avril 2007

Survie observée fin septembre 2007, faible (27%) = échec partiel

Regarnis en février 2008 selon tableau ci-dessus. Mesurés le 18/11/08.

Regarnis début 2008

- s 150 Semis de glands de Chêne-liège
- r 86 Plants de Chêne-liège
- p 5 Pin pignon
- k 6 Cormier
- a 14 Aulne à feuilles en cœur



Echelle 1 / 1 000 (au format A3)

100 m

ASL de gestion de la suberaie varoise

## Analyse des facteurs de croissance

### La question de l'origine génétique des provenances

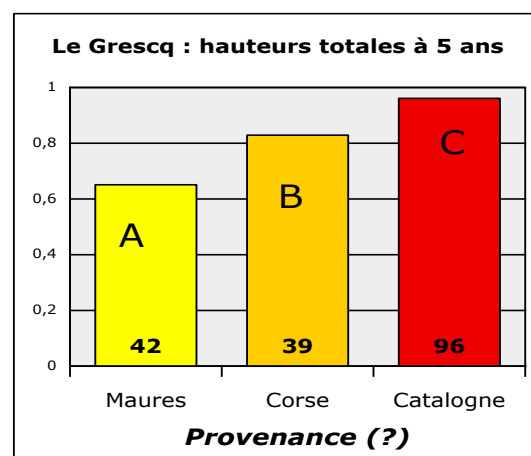
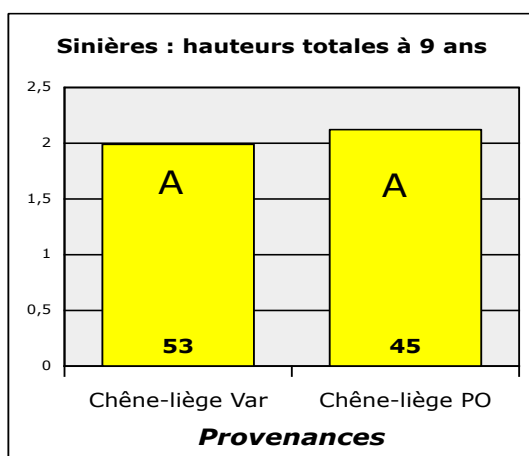
Le Chêne-liège possède une aire de répartition qui s'étend, de part et d'autre des rivages de la Méditerranée occidentale, en débordant aussi vers les basses terres non calcaires voisines de l'Océan atlantique, principalement au Portugal et au Maroc. Cette aire s'inscrit dans des bioclimats variés : semi-arides, sub-humides et humides au sens de Louis EMBERGER. L'espèce possède donc une bonne plasticité génétique qui lui permet de s'adapter à ces conditions très contrastées. Les migrations du Chêne-liège fuyant les glaciations quaternaires, ont favorisé un certain brassage, et même une certaine introgression avec le Chêne vert, pour les populations des Pyrénées-Orientales. Dans les Maures, le Chêne-liège a buté sur la mer et ne s'est conservé que sur des falaises maritimes, vraisemblablement au dessous du niveau actuel des eaux. Il n'a pu bénéficier du même brassage génétique que ceux qui ont traversé l'Espagne ou l'Italie. Ces enseignements issus des travaux de Roselyne LUMARET du CNRS de Montpellier laissent supposer que la variabilité intraspécifique des populations des Maures serait plus faible que celle des autres populations. **Il paraît donc, a priori intéressant d'introduire par plantation, des provenances issues d'autres parties de l'aire pour améliorer cette variabilité qui, rappelons-le, est un gage de bonne adaptation aux variations de l'environnement, principalement au changement climatique.**

Il y a une dizaine d'années, les chercheurs en génétique se sont préoccupés de comparer diverses provenances de Chêne-liège dans le cadre d'un programme européen EUFORGEN. Des essais ont été mis en place dans divers pays pour tester un panel de provenances. Pour la France, un essai a été installé en forêt domaniale du Dom, dans la vallée de la Môle. L'ONF partenaire de ce programme, devrait pouvoir fournir des informations, mais là encore, les résultats ne sont attendus qu'à moyen ou long terme.

### Les provenances utilisées dans les essais CRPF

Le CRPF n'a pas installé d'essais spécifiquement dédiés à la comparaison de provenances de Chêne-liège. Toutefois, à la faveur des opportunités, quelques tests ont été intégrés à des essais plus généralistes. Attention, cette relative "improvisation" limite la pertinence des comparaisons car les plants sont quelquefois issus de pépinières différentes et ont été élevés sur des substrats et conteneurs différents dont l'effet peut interagir avec la seule provenance génétique. Les résultats obtenus à Le Grescq doivent donc être relativisés.

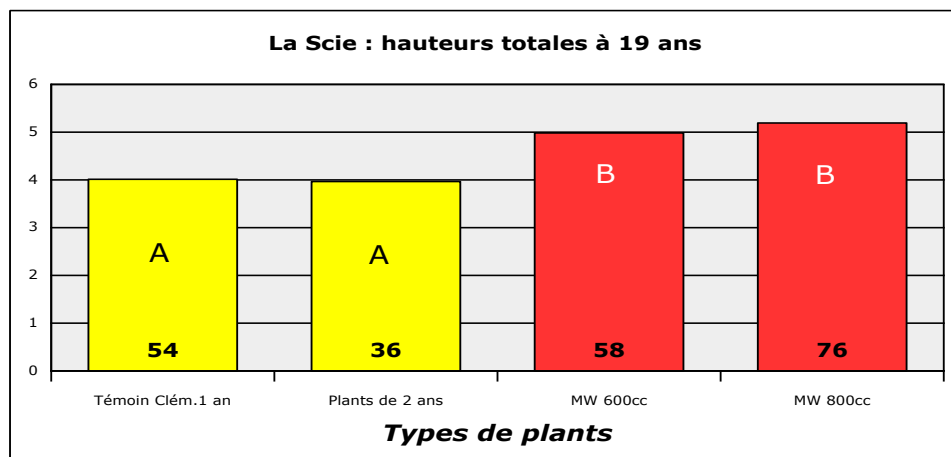
*NB. Les lettres inscrites sur les barres d'histogrammes figurent les groupes homogènes de moyennes obtenues par analyse de variance dans le logiciel de statistique. Les couleurs employées ainsi que leurs mélanges en "dégradé" expriment les différences significatives.*



### Influence de la qualité des plants issus des pépinières

Bien que ce facteur ait montré son efficacité sur la reprise, examinons si l'effet bénéfique d'une bonne qualité de plants se poursuit à travers les performances de croissance.

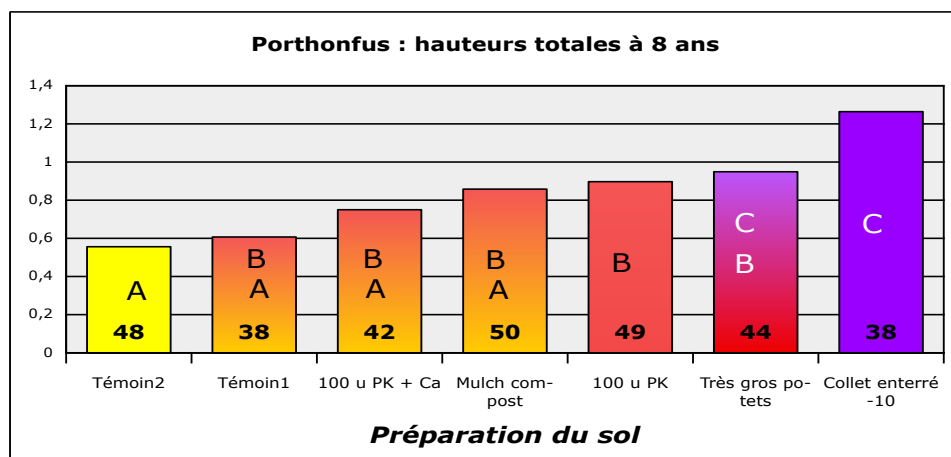
Au domaine de la Scie, dans la Plaine des Maures, cet effet se prolonge effectivement. Dix-huit ans après la plantation, les plants MW de bonne qualité conservent une "avance" d'environ un mètre, soit environ 20 % de hauteur en plus du témoin.



### Influence des modalités de préparation du sol

A Porthonfus, près de Cogolin : trois groupes de moyennes :  
 Témoin 1, Témoin 2, Fertilisation additionnée de chaux et Mulch de compost ne sont pas significativement différents dans leurs effets sur la hauteur des plants atteinte à l'âge de 8 ans.

Collet enterré de 10 cm et très gros potets sont les plus efficaces.  
 Fertilisation simple PK se distingue du premier Témoin.

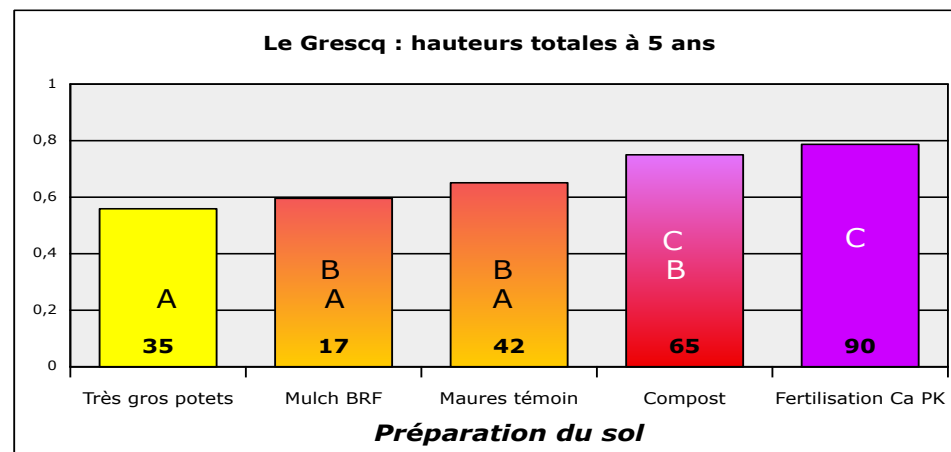


Au Grescq, près de Roquebrune-sur-Argens, là encore trois grands groupes de résultats :

Très gros potets et mulch de BRF ne se distinguent pas du témoin.

La fertilisation avec addition de chaux donne la meilleure performance, comparable avec le compost.

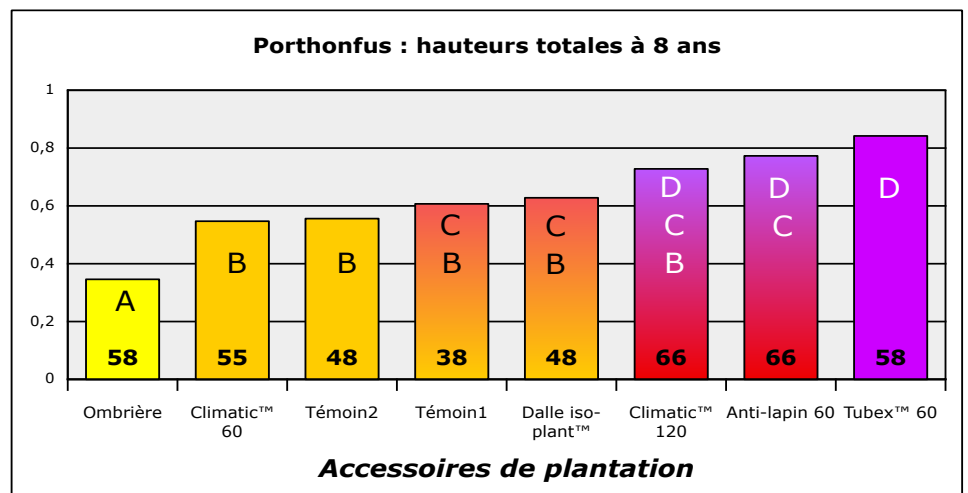
Ce dernier ne se distingue pas franchement du témoin et du mulch de BRF.



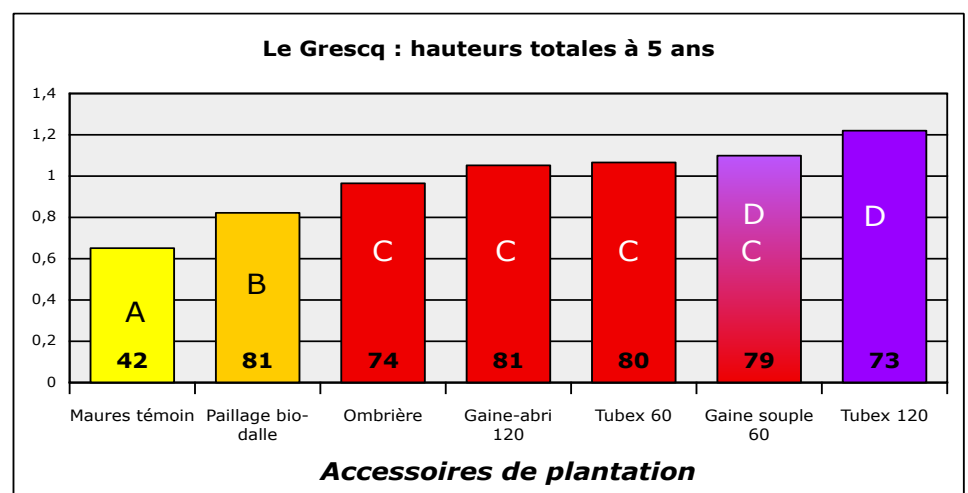
Attention la modalité "mulch de BRF" n'a pas été tout à fait réalisée selon nos souhaits. Ce n'est pas du véritable *bois raméal fragmenté* qui a été épandu en surface autour du plant mais plutôt des plaquettes de bois broyé. Le BRF mériterait d'être expérimenté plus sérieusement car, en d'autres circonstances, les résultats produits sur la croissance de jeunes arbres sont remarquables.

## Influence des accessoires de plantation

**A Porthonfus**, les ombrières disposées au sud des plants n'ont pas eu d'effet favorable. Gains de 60 cm et dalles isoplant™ n'ont rien apporté par rapport aux témoins. Il en est de même des gains climatic™ de 120 cm, bien qu'elles apportent des performances voisines de celles des simples gains anti-lapin de 60 cm. Les accessoires les plus performants sont ici les tubex™ de 60 cm, mais ils ne se distinguent que très peu des gains climatic™ de 120 cm et des gains anti-lapin.



**Au Grescq**, quatre grands groupes de résultats :  
 Le témoin, inférieur aux autres modalités.  
 Le paillage biodalle™ lui est significativement supérieur.  
 Ombrières, gains-abris climatic™ de 120, tubex™ de 60 cm et gains souples de 60 cm forment un autre groupe homogène aux performances supérieures aux précédentes.  
 Tubex™ de 120 cm donne la meilleure performance, supérieure aux autres.



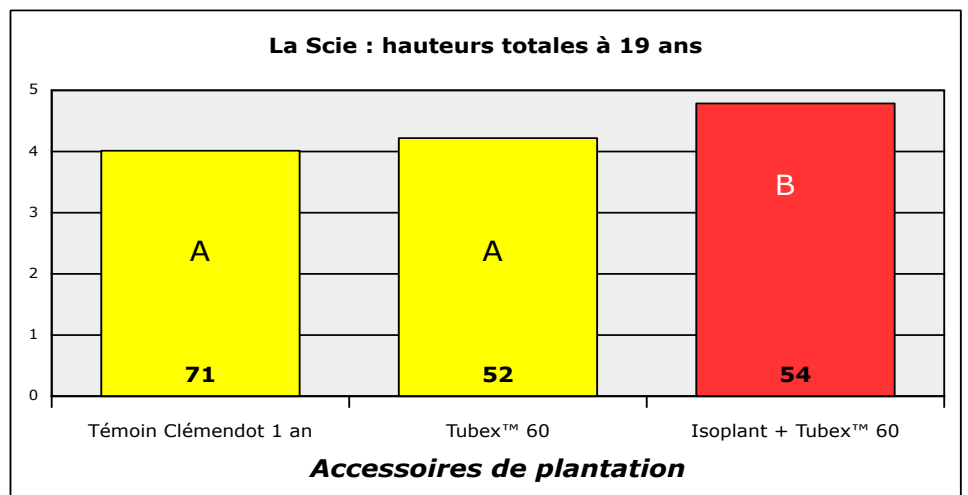
**Sur le domaine de la Scie**, au bout de 19 ans de croissance, l'association de tubex™ 60 cm et de dalle isoplant™ se distingue, à la fois du tubex™ simple et du témoin qui ne diffèrent pas entre eux.



*A Porthonfus, gaine-abri climatic™ à double maille, la principale, épaisse pour la rigidité, la secondaire plus fine pour un effet "climatique" d'abri contre le vent et les ardeurs du soleil. Effet de tube qui "canalise" le plant vers le haut... mais les petits bourgeons du chêne-liège parviennent souvent à traverser les mailles et à produire des branches latérales. Effet néanmoins positif. Photo L. AMANDIER.*



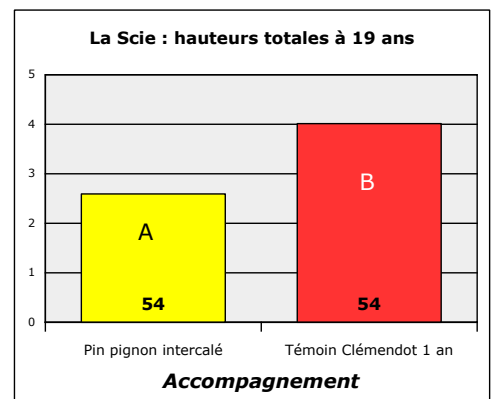
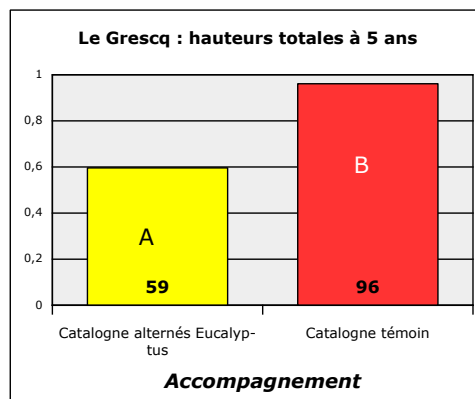
*A Porthonfus, ombrière constituée d'un fin grillage de plastique tendu entre deux piquets, au sud du plant. Idée de dissocier l'effet d'ombrage de l'effet mécanique des tubes. Les mesures n'ont montré aucun effet ! Photo L. AMANDIER.*



### Influence de la mycorhization

Il s'agit ici de l'inoculation en pépinière de *Pisolithus tinctorius* qui est considérée comme une technique efficace pour la reprise des plants. Cette mycorhization a-t-elle un effet qui se prolonge au champ ? Visiblement non. L'essai des Sinières ne montre aucune influence sur la croissance.

### Effet d'une plantation d'accompagnement



Tant au Grescq qu'à la Scie, la concurrence des arbres accompagnants semble avoir actuellement un effet dépressif.

En y regardant de plus près, la différence observée au Grescq est assez inexplicable car les arbres sont encore très espacés, compte tenu de leur petite taille.

A la Scie, les arbres d'accompagnement (Pin pignon) ont été plantés bien plus proches des chênes, au milieu de la bande de 4 m séparant les lignes de ces derniers. Il est vrai qu'au départ, les chênes et les pins sont plantés en même temps et que, vu leur petite taille, l'influence réciproque n'a pas dû jouer pendant quelques années... Ensuite, on pourrait penser que l'abri latéral eut pu être bénéfique tant que les pins n'ont pas surcîmé les chênes dont la croissance est plus lente. A partir de cette phase là, l'effet est vraisemblablement devenu négatif, comme observé actuellement (les pins sont très hauts et vigoureux). En fait, cette hypothèse ne s'est pas vérifiée ici ; aucun effet positif ne s'est jamais manifesté... comme en témoignent les courbes ci-dessous.

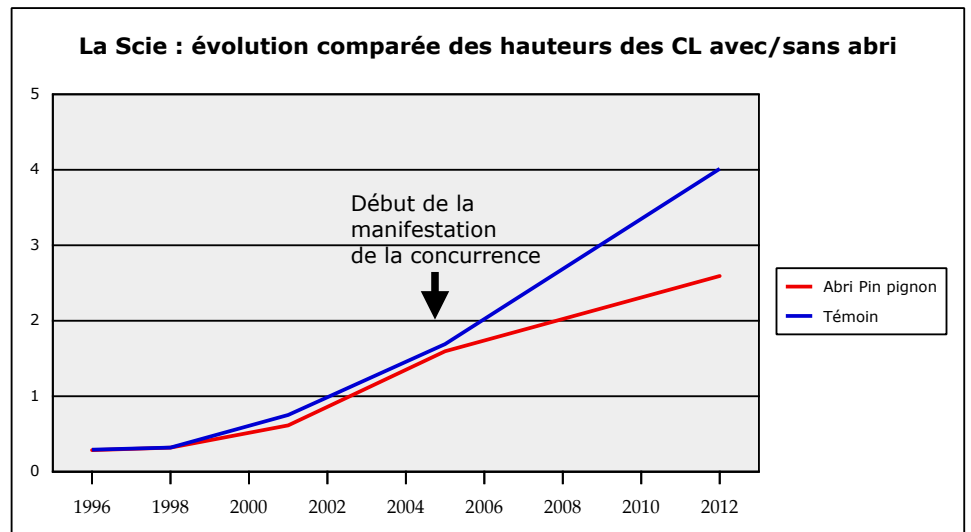


*La Scie. A l'âge de 11 ans, plantation alternant Pin pignon et Chêne-liège. Les pins sont déjà plus de deux fois plus hauts que les chênes. A 18 ans, ils les recouvrent quasi complètement ! Aucun effet de synergie n'a pu être constaté dans cet essai, mais plutôt une compétition d'où le pin sort vainqueur...  
Photo L. AMANDIER.*



*A Porthonfus, certains chênes-lièges sortent des tubex™ de 60 cm après une année de pousse. Les plants sont "canalisés" par le tube, contraints à pousser en hauteur. Cependant, après leur sortie, ils reprennent leur comportement habituel et produisent des tiges horizontales, en attendant l'âge de leur essor... Néanmoins 60 cm sont gagnés, ce qui est précieux en cas de concurrence par du maquis.  
Photo L. AMANDIER.*





### Quelles conclusions pour la croissance ?

Les plants de grande qualité que l'on sait produire aujourd'hui montrent un effet très positif sur la croissance, autant que sur la reprise.

Les provenances génétiques demandent à être expérimentées plus sérieusement.

La technique de plantation préconisée par Maria Carolina VARELA du Portugal, à savoir enterrer profondément les plants, bien au dessus du collet, a donné de bons résultats, mais il faudrait encore d'autres essais pour bien valider cette conclusion.

Les accessoires tubulaires sont favorables à la croissance initiale, tout comme à la reprise.

Les essais de fertilisation, d'amendement par du compost ou de paillages devraient être poursuivis avec des protocoles plus rigoureux. Le paillage par du liège broyé devrait être essayé.

### Etude spécifique de la plagiotropie juvénile

#### Comment mesurer la plagiotropie ?

Nous avons calculé un indice de plagiotropie  $I_p$  à partir de la mesure de la hauteur totale  $H_t$  et du rayon de la touffe  $R$ .

$$I_p = R/H_t^1$$

Nous avons considéré qu'un plant est plagiotope si  $I_p > 0,5$ , c'est-à-dire si le diamètre de son houppier est supérieur à sa hauteur. Le plant est alors plus large que haut, nonobstant les défauts de symétrie. Bien entendu, cet indice ne vaut que pour des plants de petite taille. Lorsqu'ils dépassent deux mètres et qu'ils sont devenus des arbres, le problème ne se pose plus. En effet, il y a bien des Chênes-liège plus que centenaires qui sont plus de deux fois plus larges que hauts ! Souvent du fait des interventions humaines telles que les tailles pratiquées en Espagne dans les *déhesas* ou au Portugal dans les *montados*.

<sup>1</sup> Les forestiers sardes utilisent un indice appelé *hypsodiamétrique* quasiment identique, sauf qu'ils considèrent le diamètre du houppier au lieu du rayon.

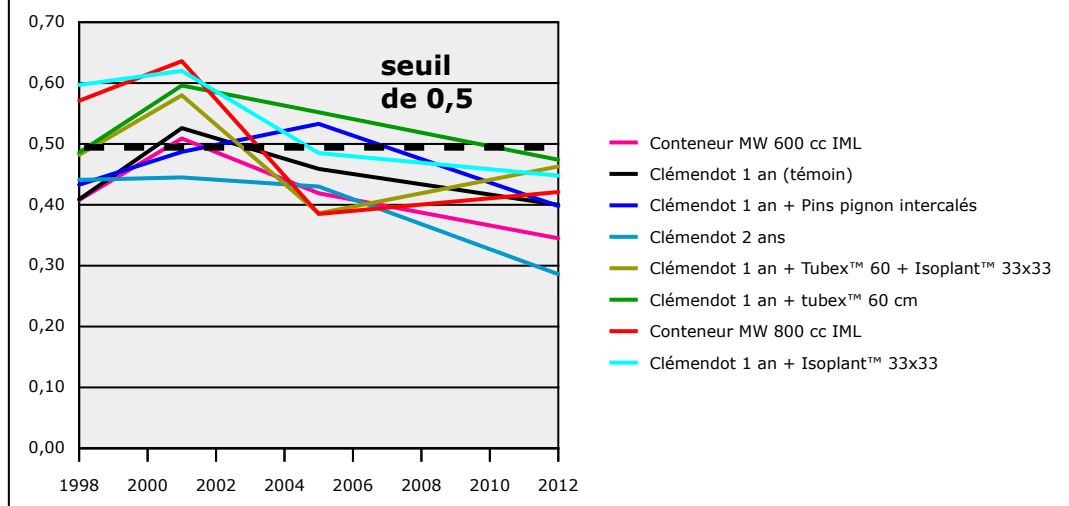


*Le Pourpier (Portulaca oleracea) est une plante rampante bien connue des jardiniers et des amateurs de salades champêtres ... Il a profité du travail du sol, lié à la plantation de Chêne-liège de Porthonfus.  
Photo L. AMANDIER.*



*Pourquoi ce Chêne-liège a-t-il essayé de l'imiter ? Il est vrai que ce plant trop vigoureux avait été recépé en pépinière pour limiter son développement aérien. La dominance apicale mettra plusieurs années pour s'initier. En arrière plan, le Mimosa (Acacia dealbata) est prêt à venir étouffer les chênes-lièges qui sont trop petits. La plagiotropie est donc un problème bien réel... Photo L. AMANDIER.*

## Evolution de la plagiotropie à La Scie



### Les enseignements de la plantation de La Scie

Il apparaît que pour un âge précoce (3 ans) quasiment tous les plants sont plagiotropes à l'exception de ceux qui sont munis de tubex™ qui les obligent à pousser verticalement.

A l'âge de 6 ans, les plants sortis des tubex™ s'étaient horizontalement et deviennent plagiotropes eux aussi.

A l'âge de 10 ans, le phénomène a quasiment disparu ; une dominance apicale s'installe pour la plupart des plants qui ont survécu. Voir aussi photographie ci-après.

C'est pourquoi, nous préférons parler aujourd'hui de **plagiotropie juvénile**, pour bien préciser que ce phénomène est normalement limité dans le temps aux premières années de l'arbre (s'il y survit bien sûr !).

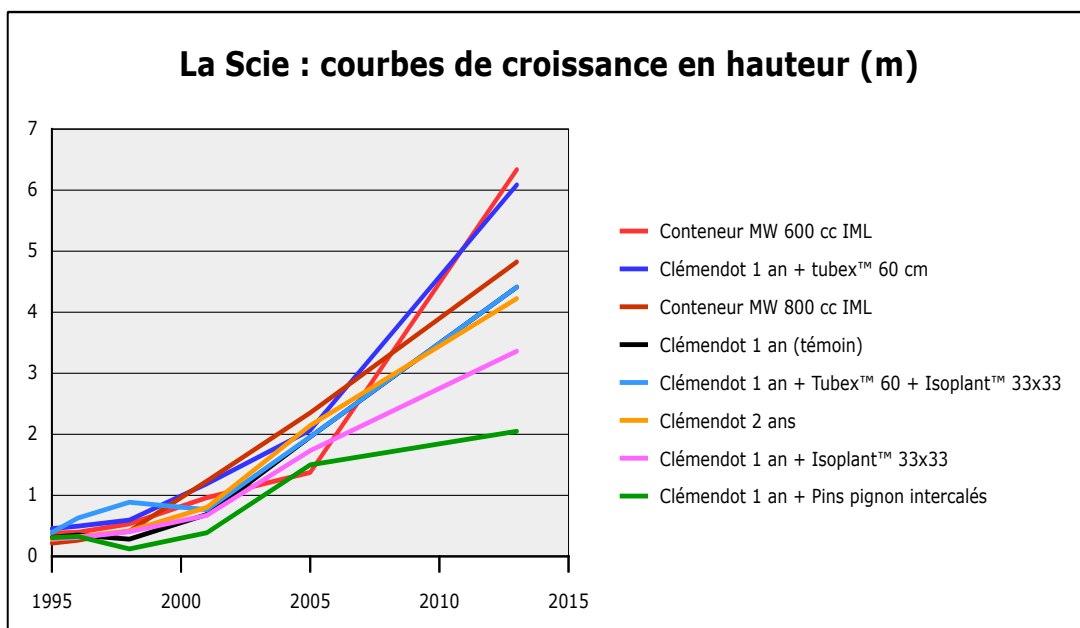
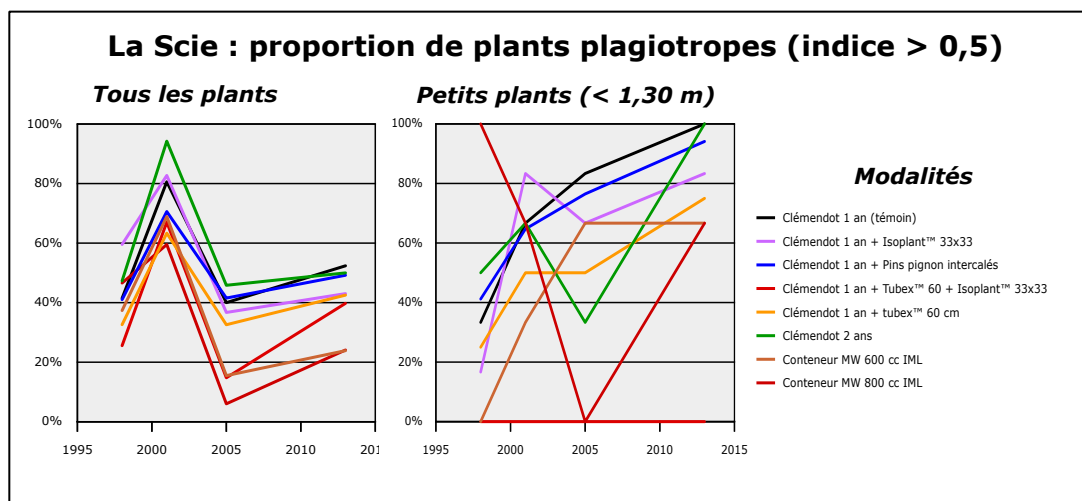
### Les diverses modalités expérimentées ont-elles une influence sur la plagiotropie ?

Une comparaison statistique des moyennes de l'indice de plagiotropie pour les différentes modalités et pour les différentes périodes de mesure est présentée dans le tableau ci-après.

Coefficients de plagiotropie Modalités	1998		2001		2005		2012		
	Moyenne		Moyenne		Moyenne		Nbr	Moyenne	
Conteneur MW 600 cc IML	0,408	A	0,509	ABC	0,419	AB	88	0,345	AB
Clémendot 1 an (témoin)	0,409	A	0,526	ABC	0,459	ABC	86	0,400	BC
Clémendot 1 an + Pins pignon intercalés	0,433	A	0,487	AB	0,533	BC	92	0,398	BC
Clémendot 2 ans	0,441	A	0,445	A	0,430	AB	91	0,286	A
Clémendot 1 an + Tubex™ 60 + Isoplant™ 33x33	0,482	AB	0,580	BC	0,386	A	90	0,463	CD
Clémendot 1 an + tubex™ 60 cm	0,486	AB	0,596	BC	0,552	C	93	0,474	D
Conteneur MW 800 cc IML	0,571	B	0,636	C	0,385	A	89	0,421	CD
Clémendot 1 an + Isoplant™ 33x33	0,597	B	0,620	C	0,485	BC	90	0,448	CD

L'influence des modalités est significative, bien que parfois inattendue ! Par exemple, en 1998, à l'âge de trois ans, les MW de 800 cm<sup>3</sup> produisent des plants plus plagiotropes que ceux de 600 cm<sup>3</sup>. En 2001, à l'âge de six ans, la plagiotropie augmente un peu pour toutes les modalités avant de descendre en 2005, une dizaine d'années après la plantation. Depuis elle fluctue sans montrer un déterminisme facile à interpréter, mais pour des plants de grande taille, la plagiotropie n'est plus gênante.

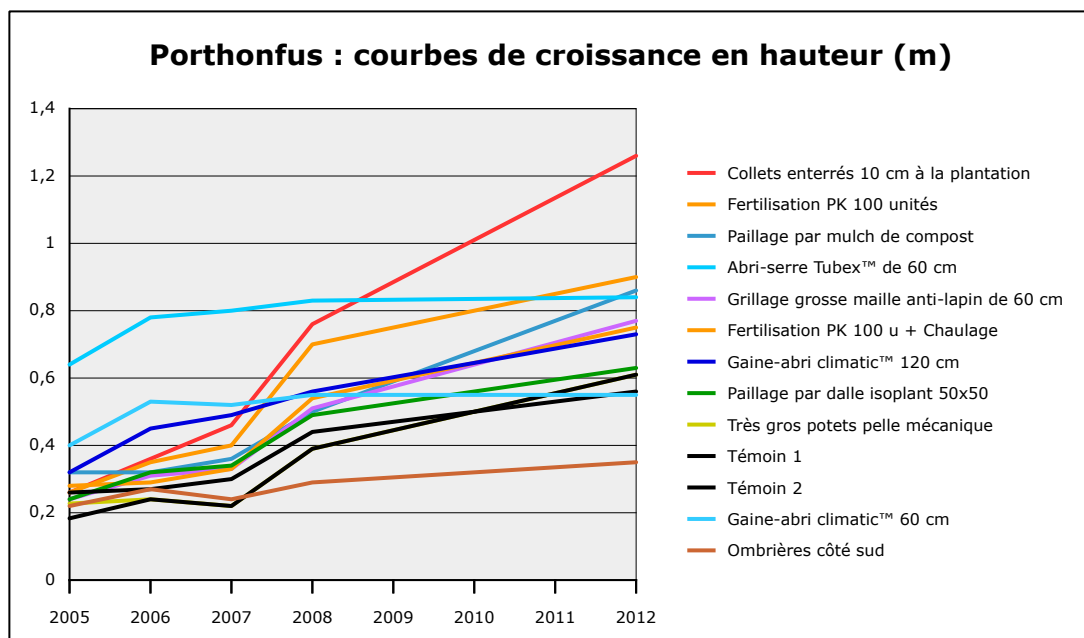
Une autre façon d'aborder le problème c'est d'étudier la proportion de plants qui sont plagiotropes. Sur le graphe ci-après il apparaît qu'en 2001, plus de 60 % des plants sont plagiotropes ; trois ans plus tard, il n'y en a moins de 40 %. Si l'on s'intéresse qu'aux plants de petite taille, par exemple ceux de taille inférieure au seuil de 1,30 m, usuel dans les inventaires, la proportion de plagiotropes en 2001 est encore plus importante soit plus de 70 % avec des modalités telles que les "Clémendot de deux ans" qui appoquent les 100 %. Attention, les effectifs de petits plants sont bien évidemment de plus en plus faibles avec les années.



### Les enseignements du site de Porthonfus

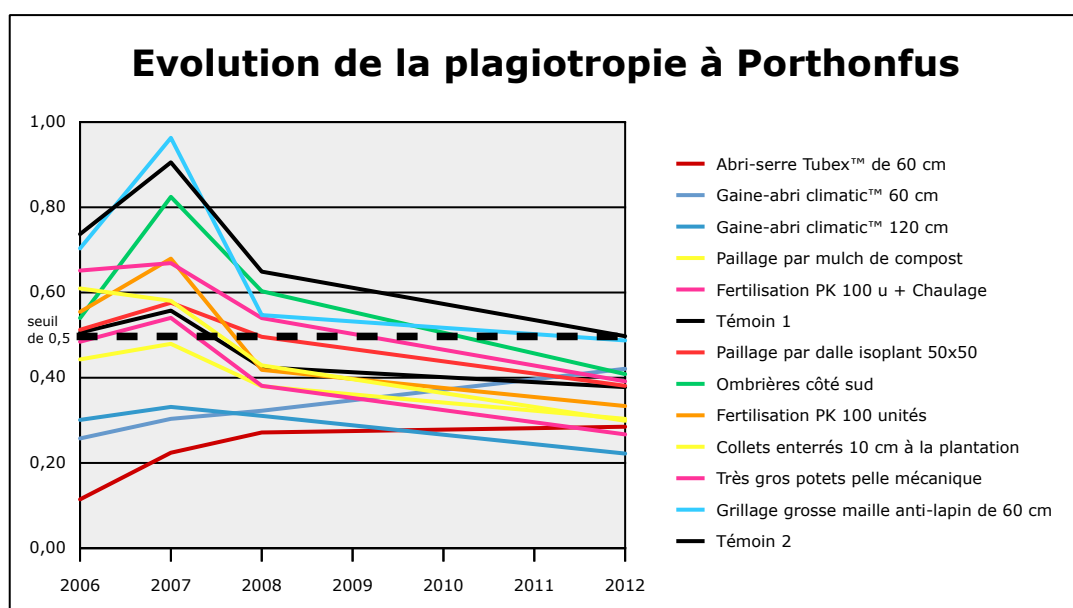
Si l'on compare à la même échelle graphique, La Scie et Porthonfus, on constate que les faisceaux de courbes de croissance suivent dans les premières années, des trajectoires assez voisines. On pourrait en déduire que la plagiotropie juvénile observée sur les plantations de Chêne-liège est "normale", au moins pour les populations des Maures. Sa disparition par établissement d'une dominance apicale demande quelques années, le temps peut-être que le plant réussisse à installer un système racinaire performant.

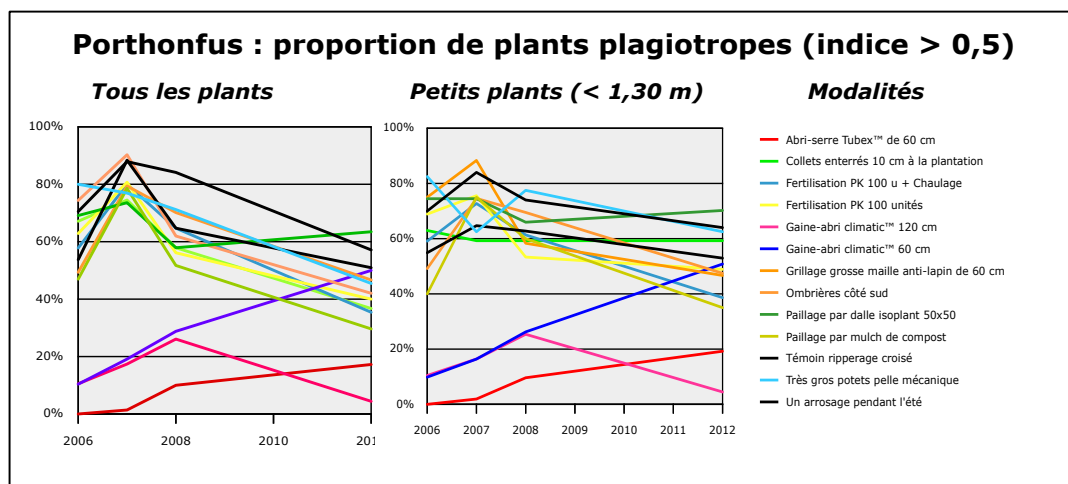
<b>Porthonfus croissance en hauteur</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2012</b>
Ombrières côté sud	0,22	0,27	0,24	0,29	0,35
Gaine-abri climatic™ 60 cm	0,40	0,53	0,52	0,55	0,55
Un arrosage pendant l'été	0,26	0,27	0,30	0,44	0,56
Témoin ripperage croisé	0,18	0,24	0,22	0,39	0,61
Très gros potets pelle mécanique	0,23	0,24	0,22	0,39	0,61
Paillage par dalle isoplant 50x50	0,24	0,32	0,34	0,49	0,63
Gaine-abri climatic™ 120 cm	0,32	0,45	0,49	0,56	0,73
Fertilisation PK 100 u + Chaulage	0,28	0,29	0,33	0,54	0,75
Grillage grosse maille anti-lapin de 60 cm	0,24	0,31	0,33	0,51	0,77
Abri-serre Tubex™ de 60 cm	0,64	0,78	0,80	0,83	0,84
Paillage par mulch de compost	0,32	0,32	0,36	0,50	0,86
Fertilisation PK 100 unités	0,26	0,35	0,40	0,70	0,90
Collets enterrés 10 cm à la plantation	0,26	0,36	0,46	0,76	1,26



Indices de plagiotropie Porthonfus - modalités	2006		2007		2008		Nb	2012	
	Moyenne		Moyenne		Moyenne			Moyenne	
Abri-serre Tubex™ de 60 cm	0,115	A	0,224	A	0,272	A	80	0,285	ABC
Gaine-abri climatic™ 60 cm	0,258	B	0,304	AB	0,323	ABC	80	0,421	DE
Gaine-abri climatic™ 120 cm	0,301	B	0,332	AB	0,311	AB	80	0,222	A
Paillage par mulch de compost	0,443	C	0,480	BC	0,380	ABCD	80	0,304	ABCD
Fertilisation PK 100 u + Chaulage	0,485	CD	0,541	CD	0,381	ABCD	80	0,267	AB
Témoin 1	0,506	CD	0,558	CD	0,425	BCDE	80	0,378	BCDE
Paillage par dalle isopiant 50x50	0,513	CDE	0,576	CD	0,496	DEF	80	0,381	BCDE
Ombrières côté sud	0,540	CDE	0,825	EF	0,603	FG	80	0,409	CDE
Fertilisation PK 100 unités	0,555	DEF	0,680	DE	0,419	BCD	80	0,334	ABCD
Collets enterrés 10 cm à la plantation	0,610	EFG	0,581	CD	0,429	CDE	80	0,299	ABCD
Très gros potets pelle mécanique	0,652	FGH	0,669	DE	0,540	EFG	80	0,392	BCDE
Grillage grosse maille anti-lapin de 60 cm	0,704	GH	0,963	F	0,547	FG	80	0,488	E
Témoin 2	0,737	H	0,906	F	0,649	G	80	0,498	E

Des différences initiales sont statistiquement établies selon les modalités, surtout les accessoires tubulaires, mais en quelques années elles vont globalement s'estomper.



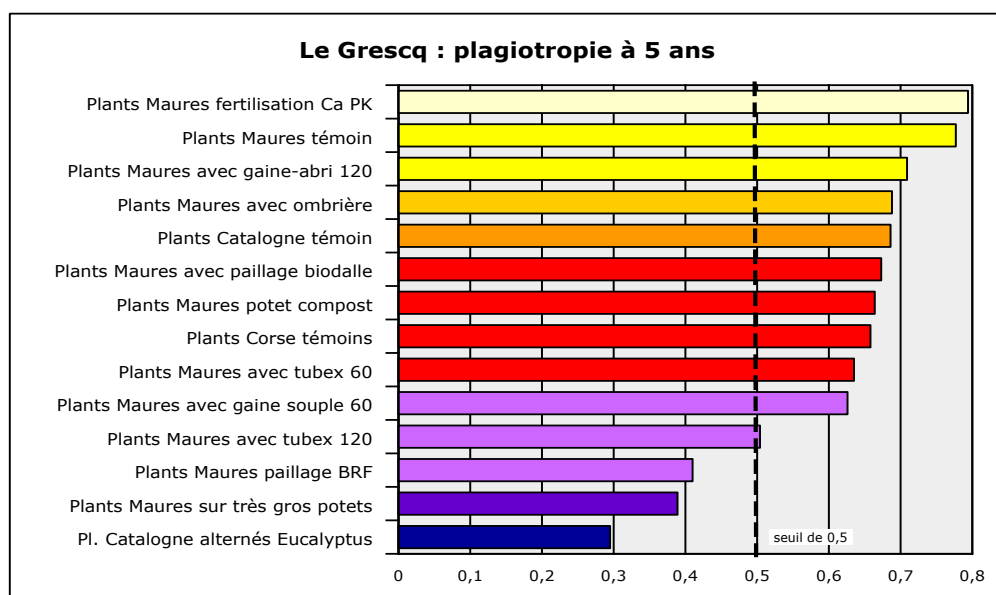


### Les enseignements du site du Grescq

Le Grescq Plagiotropie 2012 Modalités	Nbr	Moyenne	Groupes
Pl. Catalogne alternés Eucalyptus	152	0,295	A
Plants Maures sur très gros potets	61	0,389	AB
Plants Maures paillage BRF	35	0,41	AB
Plants Maures avec tubex 120	84	0,504	BC
Plants Maures avec gaine souple 60	84	0,626	CD
Plants Maures avec tubex 60	84	0,635	DE
Plants Corse témoins	49	0,658	DE
Plants Maures potet compost	91	0,664	DE
Plants Maures avec paillage biodalle	103	0,673	DE
Plants Catalogne témoin	110	0,686	DEF
Plants Maures avec ombrière	77	0,688	DEF
Plants Maures avec gaine-abri 120	84	0,709	DEF
Plants Maures témoin	49	0,777	EF
Plants Maures fertilisation Ca PK	98	0,794	F

Une seule mesure des houppiers réalisée en 2012, donc pas d'évolution représentable, seulement un constat à l'âge de 5 ans. Beaucoup de plants (barres dépassant le seuil de 50 %) sont encore plagiotropes. Exception faite pour ceux qui poussent le moins bien et qui n'ont pas assez de vigueur pour même s'élargir !

Des mesures ultérieures permettront de voir à partir de quel âge, dans cette situation, les plants prennent leur essor.



## Les enseignements du site des Sinières

<b>Sinières - plagiotropie</b>		<b>2006</b>			<b>2012</b>		
<b>Modalité</b>	<b>Bloc</b>	<b>Nbr</b>	<b>Moyenne</b>		<b>Nbr</b>	<b>Moyenne</b>	
Chêne-liège PO	1	30	0,231	A	30	0,229	A
Ch-liège PO pisolithe	1	45	0,314	B	45	0,355	AB
Chêne-liège PO	2	30	0,342	BC	30	0,32	AB
Ch-liège Var + pisolithe	2	45	0,342	BC	45	0,391	B
Ch-liège PO pisolithe	2	45	0,37	BCD	45	0,423	B
Chêne-liège Var	1	30	0,396	CD	30	0,328	AB
Ch-liège Var + pisolithe	1	45	0,398	CD	45	0,377	B
Chêne-liège Var	2	27	0,449	D	27	0,371	AB

Aux Sinières, les plants âgés de 3 ans et ceux de 9 ans ne sont pas, *en moyenne*, plagiotropes, bien que certains individus le soient certainement.

L'indice de plagiotropie se différencie statistiquement assez bien selon les modalités à 3 ans, mais à 9 ans les différences s'atténuent et l'ensemble devient très homogène.

Il est vrai que les conditions écologiques aux Sinières, à moyenne altitude, sont beaucoup plus favorables que celles de Porthonfus (argile assez proche) ou du Grescq (argile, climat plus chaud). Ici le sol est profond et de texture légère, bien travaillé par un bon labour, optimal pour réussir toute plantation.

### Quelles conclusions sur la plagiotropie ?

Bien que tous les essais ne soient pas aujourd'hui suffisamment âgés pour laisser se dérouler de façon complète l'épisode de plagiotropie juvénile, il est possible sur la base des données disponibles de formuler au moins quelques théories.

De la similitude des pieds de courbes de croissance, on pourrait déduire que la plagiotropie juvénile observée sur les plantations de Chêne-liège est "normale" pour cette essence, dans les conditions écologiques des Maures.

La disparition progressive, par établissement d'une dominance apicale demande quelques années, le temps que le plant réussisse à installer un système racinaire performant. L'âge de cette disparition semble varier avec la fertilité de la station.

En bonnes stations (Les Sinières), au bout de trois ans, les plants ne sont plus plagiotropes. Ailleurs, il faut cinq à six ans, peut-être davantage.

#### Quels conseils en tirer pour les gestionnaires ?

- Planter dans de bonnes stations (si on a le choix !)
- Effectuer un travail du sol en profondeur pour l'ameublir et faciliter l'installation du système racinaire.
- Planter des plants de bonne qualité (voir plus haut) en enterrant bien le collet.
- Utiliser les gaines tubulaires (60 cm sont suffisants).
- Entretenir la plantation en cas de prolifération de graminées.

Ces conseils se fondent sur l'expérience acquise par le CRPF sur quelques essais, installés dans un espace donné et une période de temps donnée. D'autres essais pourraient permettre de valider ces théories ou de les infirmer. D'autres modalités que nous n'avons pas, ou mal, expérimentées, se révéleront peut-être efficaces ... Le champ de l'expérimentation reste ouvert.

# Deuxième partie : la régénération naturelle

## **Les questions posées par les gestionnaires**

### **Le Chêne-liège peut-il se régénérer par semis de glands ?**

La réponse n'est pas évidente. Tout comme le Chêne pubescent, le Chêne-liège ne se régénère pas — ou très difficilement — sous lui-même, dans les peuplements existants, même à la faveur de fortes coupes, de débroussailllements ou d'incendies. Tout comme le Chêne pubescent, il peut aisément coloniser les friches avoisinantes, avec l'aide des geais, des écureuils, etc.... Nous ignorons si ce parallèle procède des mêmes causes, mais nous espérons que des chercheurs voudront bien se pencher sur ce problème qui concerne beaucoup de gestionnaires forestiers méditerranéens.

### **Quels résultats pour des essais de semis ?**

Les tentatives anciennes des SIVOM, etc. n'ont pas donné de résultats significatifs : lève irrégulière, forte prédation par les sangliers et les rongeurs, plagiotropie des survivants.

Le CRPF a introduit cette modalité dans l'essai de Roquebrune avec un échec quasi complet, malgré l'emploi d'écrans grillagés anti-rongeurs gracieusement fournis par le Cemagref, et en dépit du choix de glands "tardifs" récoltés en novembre-décembre — les "précoces" étant réputés stériles.

Il est difficile de conclure avec si peu de références, aussi pensons-nous **qu'une expérimentation devra être poursuivie sur les semis** : modalités de stratification des glands, vernalisation, etc. Des savoir-faire anciens se sont vraisemblablement perdus ; il conviendrait de fouiller dans la littérature forestière ancienne pour tenter de les retrouver.

### **Le Chêne-liège peut-il se régénérer végétativement ?**

**La réponse est oui, mais avec certains inconvénients.**

A la faveur de travaux de débroussaillage, l'intervention d'engins en suberaie provoque un écrasement ou une blessure des racines superficielles qui se traduit par l'émission de nombreux drageons. Une fois sélectionnés et éduqués, ces drageons peuvent renouveler à terme le peuplement, mais ce mode de *régénération naturelle* présente un inconvénient majeur d'ordre génétique. En effet, cette multiplication végétative ne produit que des clones des arbres "parents". On ne peut donc en attendre l'effet bénéfique d'un brassage génétique qui laisserait s'exprimer la variabilité intraspécifique locale, cette dernière permettant l'émergence et à terme, la sélection d'individus plus adaptés, notamment au changement climatique...

Comment compenser cet inconvénient à défaut de maîtriser la régénération par semis ? En introduisant, forcément par plantation, des génotypes différents, issus de zones climatiques plus sèches et plus chaudes de l'aire de répartition du Chêne-liège (Péninsule ibérique, Maghreb) — avec tous les problèmes réglementaires qu'il faudra alors régler ! Le croisement de ces provenances méridionales avec les chênes-lièges locaux pourrait améliorer leurs performances génétiques. Voir problématique abordée au chapitre des plantations.

### **La régénération végétative doit-elle être aidée ?**

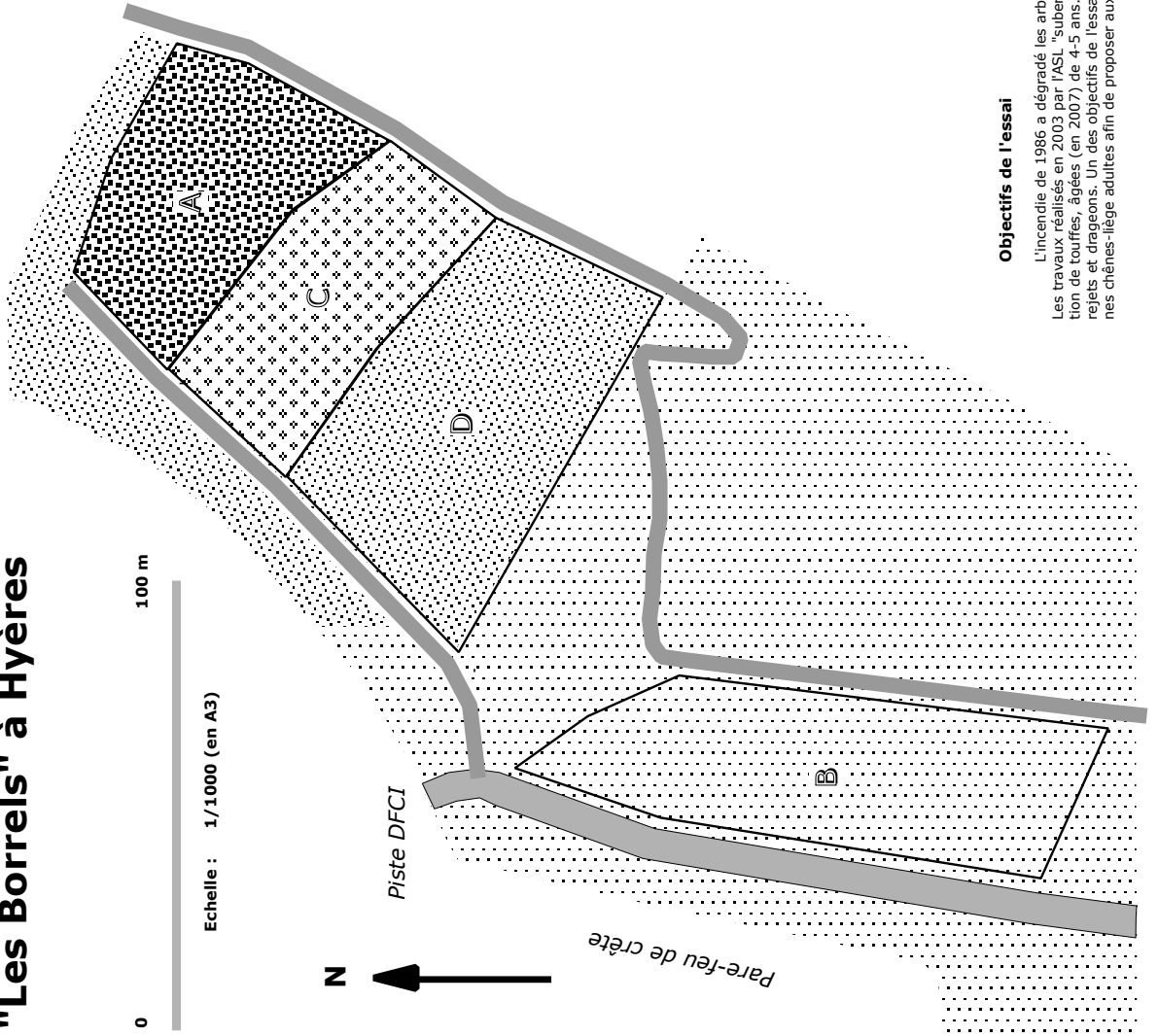
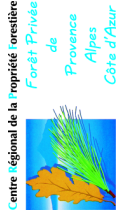
**Sauf exception, cette régénération par rejets ou drageons est relativement facile à obtenir à la faveur de travaux de rénovation des suberaies ou après un incendie. Pour assurer le renouvellement de la forêt, il importe de savoir si cette régénération se maintient et parvient à survivre à la concurrence du maquis.**

C'est ce que le CRPF a expérimenté aux Borels, sur la commune d'Hyères. Il s'agit d'une suberaie incendiée en 1986, une vingtaine d'années avant l'intervention. Sur une partie de la propriété, l'ASL "suberaie varoise" avait réalisé une opération de restauration, et signalé au CRPF que le peuplement initial était très clair et dégradé et qu'une régénération était indispensable. Après un premier gyrobroyage de maquis réalisé en 2003, cette régénération est apparue en abondance, ce qui a stimulé notre optimisme et incité le CRPF à installer, avec l'accord du propriétaire, une placette expérimentale à cet endroit.



# Etude de la régénération naturelle d'une suberaie des Maures occidentales

## "Les Borrels" à Hyères



### Programme SYLVIPACA

Code	Surface	dernier feu	Type de travaux récents	Date
------	---------	-------------	-------------------------	------

#### Travaux sylvicoles réalisés jusqu'à 2007

A	2 585 m <sup>2</sup>	feu 1986	Témoïn sans intervention	--
B	3 752 m <sup>2</sup>	feu 1986	Travaux ASL "suberaie varoise"	2003
C	2 556 m <sup>2</sup>	feu 1986	Travaux par CRPF (sylvipaca)	2006
D	4 116 m <sup>2</sup>	feu 1986	Débroussaillage manuel localisé	2006
Σ	13 009 m <sup>2</sup>			



Restauration de suberaie par l'ASL (Débrouss. + sylviculture) 2003



Débroussaillage mécanique de sécurité (CRPF) 2006

#### Travaux scientifiques prévus

Inventaires en plein des arbres de chaque plateau	2007
Inventaire en plein des touffes de régénération	2007
Sélection de brins et formations de jeunes brins	2008
à des âges variés (4 à 7 ans)	2009
	2010

Interprétation des données et rédaction de rapports

#### Objectifs de l'essai

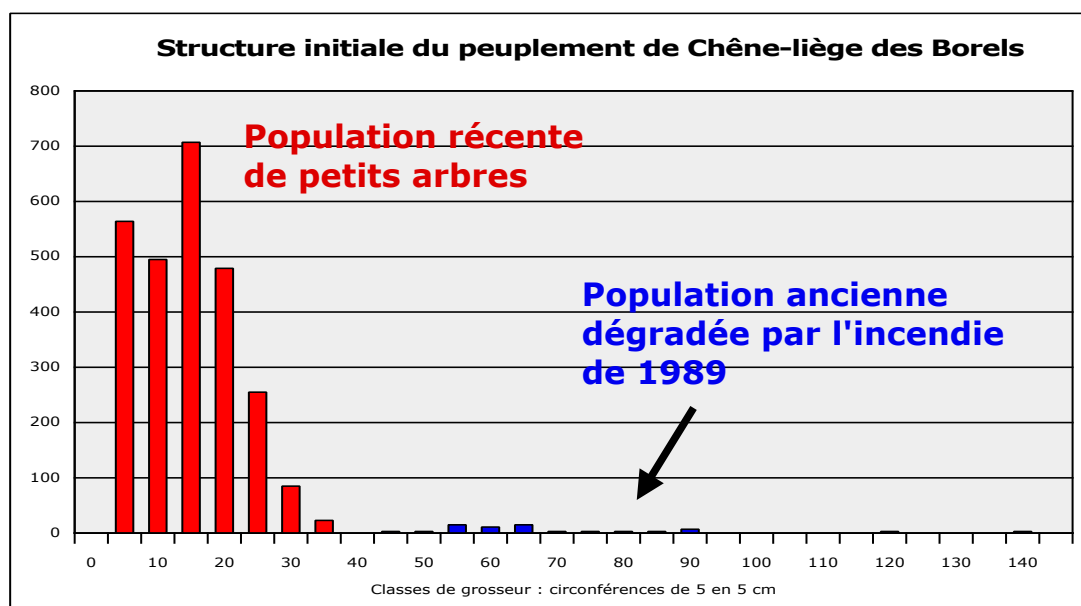
L'incendie de 1986 a dégradé les arbres adultes de l'époque mais provoqué une régénération par rejets qui a survécu sous le maquis. Les travaux réalisés en 2003 par l'ASL "suberaie varoise" ont ainsi permis de dégager quantité de perches et de stimuler une nouvelle génération de touffes, âgées (en 2007) de 4-5 ans. Des travaux semblables réalisés en 2006 par le CRPF ont provoqué une troisième génération de rejets et dragons. Un des objectifs de l'essai est d'étudier les modalités d'intervention les plus efficaces sur ces régénérations et sur les jeunes chênes-liège adultes afin de proposer aux propriétaires une technique éprouvée de remise en état d'une telle suberaie. Louis AMANDIER.

## Le dispositif expérimental des Borels

Sur une partie voisine de la zone traitée par l'ASL, trois modalités ont été expérimentées : un plateau gyrobroyé mécaniquement, reproduisant l'opération ASL, un plateau traité manuellement en se contentant de débroussailler seulement au voisinage des régénérations et un plateau témoin du maquis âgé de 20 ans. Un autre plateau a été installé dans la zone gyrobroyée en 2003.

Des inventaires en plein ont été effectués après les travaux. Ils ont été particulièrement difficiles à réaliser du fait de l'embroussaillage et ont mobilisé beaucoup de personnels car le CRPF a implanté des plateaux de grande surface pour pallier l'hétérogénéité de la répartition des chênes-lièges. Pour le témoin, quelques layons très étroits ont été réalisés à la débroussailluse pour permettre aux observateurs de pénétrer. Ces inventaires ont porté sur le peuplement résiduel de chênes-lièges adultes mais aussi sur l'abondante régénération issue de l'incendie de 1986 qui végétait sous le maquis.

Un rapport détaillé a été rédigé en septembre 2008 sur les premiers enseignements des Borels.<sup>1</sup>



## Les évolutions du peuplement mesurées sur cinq ans

Le peuplement initial étant à peu près homogène, nous regroupons tous les plateaux inventoriés avant intervention pour obtenir une image représentative. L'examen de l'histogramme ci-après suggère l'existence de deux populations d'arbres, les gros-anciens, survivants du feu de 1986 (et très dégradés), en faible densité, ici 69 arbres/ha, et les petits-récents, issus de la régénération post-incendie, ici à 1609 arbres/ha.

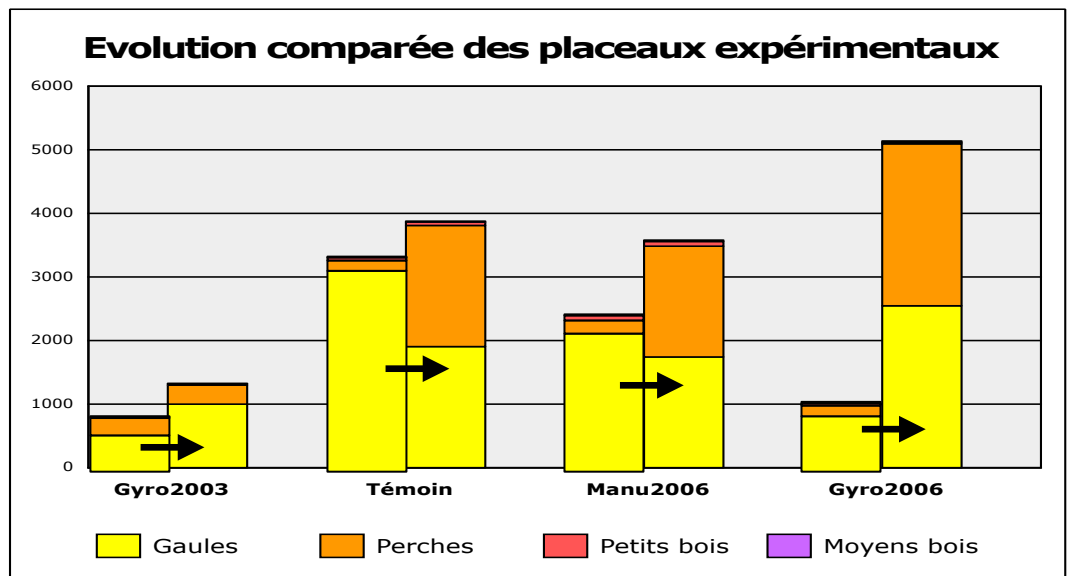
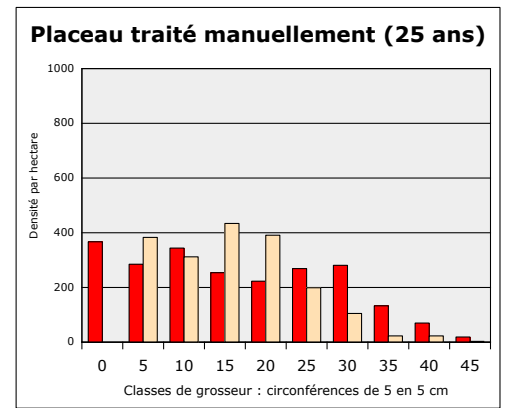
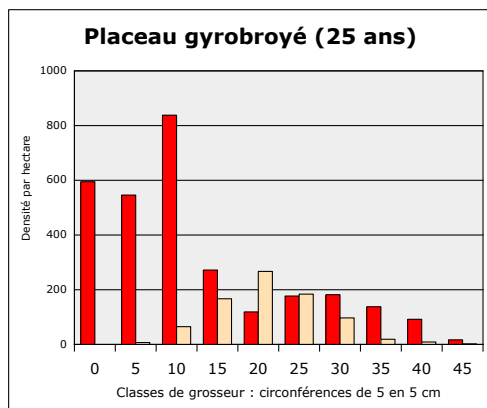
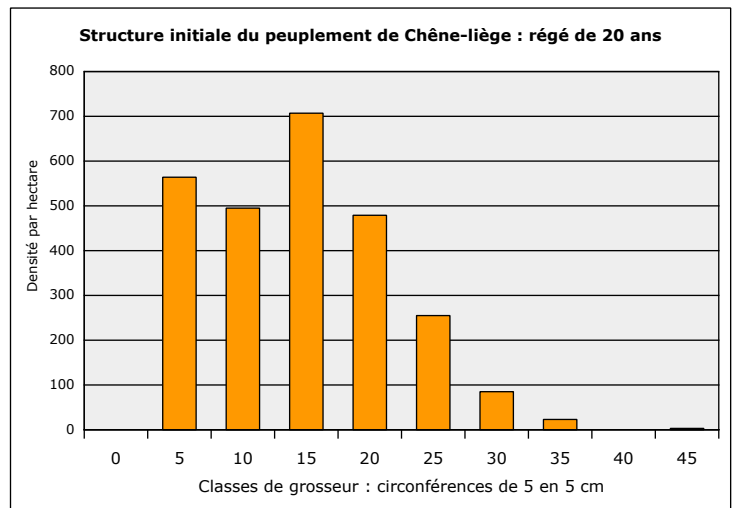
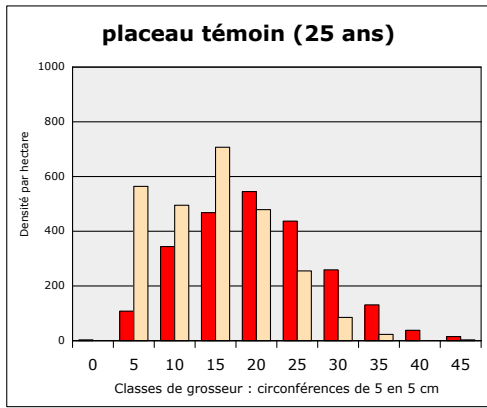
La comparaison fine des histogrammes, plateau par plateau (page suivante) montre que le témoin poursuit sa croissance sans perturbation (courbe en cloche assez caractéristique) alors que sur les zones traitées, le décalage de l'histogramme sur la droite s'accompagne de l'apparition d'une autre génération de régénérations, très abondantes sur la partie gauche des graphes.

La zone gyrobroyée connaît une forte stimulation des régénérations, supérieure à celle traitée manuellement sur une partie seulement de la surface. Elle pourrait s'expliquer par l'émergence d'un plus grand nombre de drageons suite au passage du tracteur gyrobroyeur.

En regroupant les grosseurs par grandes catégories, celles proposées par Emilie DEPORTES dans son étude sur la typologie des suberaies des Maures<sup>2</sup>, on obtient une vision plus synthétique et une représentation graphique plus aisée. Voir bas de la page suivante.

<sup>1</sup> AMANDIER L. 2008. **Etude de la régénération du Chêne-liège sur les collines des Borels à Hyères (Var)**. Document interne CRPF. 47 p.

<sup>2</sup> DEPORTES E. 2004. **Typologie des suberaies varoises**. Doc. Institut Méditerranéen du Liège. 214 p.



Là encore, le rôle favorable du gyrobroyage apparaît. Une bonne croissance a entraîné beaucoup de gaules dans la catégorie des perches ; d'autres gaules sont apparues suite aux travaux. Nous remarquons que l'évolution du témoin est aussi satisfaisante.

**Remarque importante.** Pour le placeau "rénovation 2003" un incident regrettable limite fortement l'interprétation des inventaires. Environ un tiers du placeau, situé sous la piste DFCI, a été débroussaillé et fortement éclairci pour établir une BDS (bande de sécurité). La propriétaire, non prévenue de l'intervention, n'a pu effectuer aucune démarche pour que l'essai scientifique soit épargné. L'inventaire 2012 n'a donc été réalisé que sur 64 % de la surface initiale. La règle de trois qui donne à présent la densité par hectare est donc sujette à caution car rien ne garantit l'homogénéité parfaite du peuplement...

## La régénération est-elle satisfaisante ?

La structure optimale des suberaies est une **futaie jardinée** où chaque catégorie de grosseur occupe la même proportion du couvert total optimal ici de 70% (Voir SRGS). Le peuplement "**régularisé**" par l'incendie s'éloigne beaucoup trop du modèle théorique de la futaie jardinée optimale. Il convient alors d'adopter un objectif plus réaliste en visant un peuplement s'approchant d'une **futaie régulière**. Pour obtenir le couvert recherché, il faudrait alors disposer de 1242 perches, ce qui est loin d'être encore le cas. Néanmoins, le grand nombre de gaules autorise un certain optimisme. Voir calculs page suivante.

Il apparaît aussi que le peuplement devra encore bénéficier de travaux de sylviculture pour éclaircir les secteurs trop denses en Chêne-liège, puis, dans un avenir plus lointain, viser à mieux équilibrer les diverses catégories pour se rapprocher un peu du modèle optimal...

Le résultat obtenu par les travaux est donc globalement satisfaisant mais il convient de remarquer que le témoin poursuit son évolution naturelle de façon favorable. On peut alors s'interroger sur l'intérêt d'avoir réalisé des travaux coûteux dans une telle situation.

Tableau récapitulatif des structures observées et théoriques en 2012

Catégories	effectif optimal	effectif "réaliste"	état initial	témoin	manuel 2006	gyro 2006	renov 2003
Gaules	707	1 896	2500	1905	1742	2547	1000
Perches	463	1 242	129	453	533	440	298
Petits bois	242	52	38	52	74	24	20
Moyens bois	155	16	10	16	22	21	9
	<b>860</b>	<b>1 310</b>	<b>177</b>	<b>521</b>	<b>629</b>	<b>485</b>	<b>327</b>

### Calcul de la densité optimale de la suberaie

L'effectif théorique optimal de la futaie jardinée de Chêne-liège peut être calculé en considérant que les grandes catégories de grosseur doivent occuper la même proportion de la surface optimale du peuplement qui, d'après les normes usuelles de subériculture, doit occuper 7 000 m<sup>2</sup>/ha. Soit 2 333 m<sup>2</sup> pour chaque catégorie. L'effectif se calcule à partir des équations de régressions allométriques suivantes, établies sur le site.

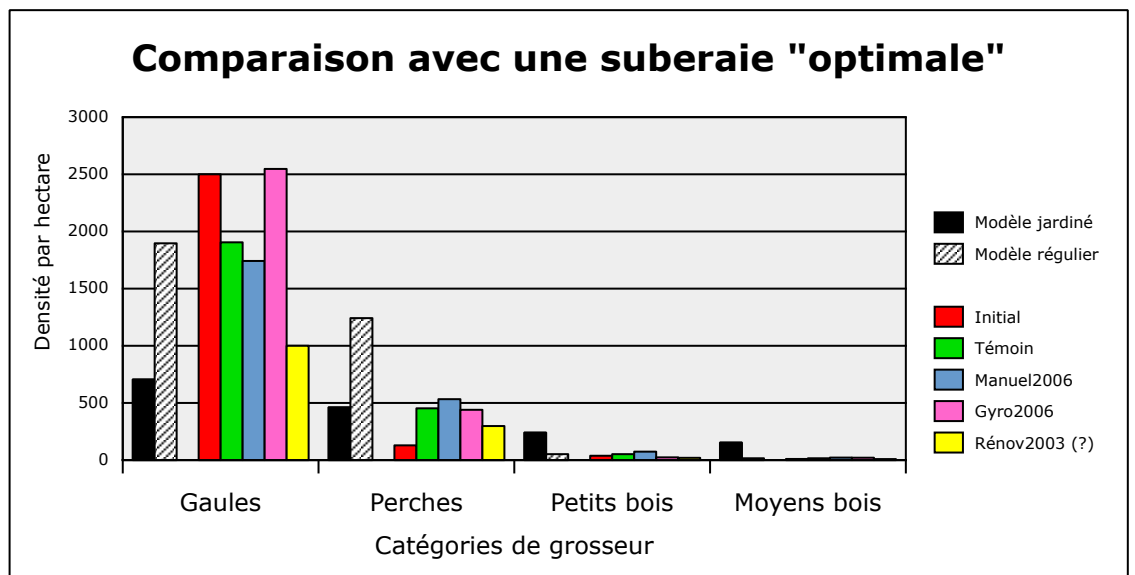
Hauteur totale en m = 2,373 + 5,005 \* Circonférence<sub>130</sub> (m) avec R<sup>2</sup> = 0,77

ou bien Htot = 1,009 + 11,665 \* C130 - 6,171 \* C130<sup>2</sup> avec R<sup>2</sup> = 0,82

Rayon du houppier en m = 0,274 + 2,189 \* Circonférence<sub>130</sub> avec R<sup>2</sup> = 0,79

Surface du houppier en m<sup>2</sup> = 44,017 \* Diamètre du tronc en m<sub>130</sub> avec R<sup>2</sup> = 0,75

Catégories	Diamètre		Circonférence		Surface terrière		Surface houppier		Effectif théorique*
Gaules	1,0 cm	7,5 cm	3,0 cm	24,0 cm	1 cm <sup>2</sup>	44 cm <sup>2</sup>	0,4 m <sup>2</sup>	3,3 m <sup>2</sup>	707
Perches	7,5 cm	17,5 cm	24,0 cm	55,0 cm	44 cm <sup>2</sup>	241 cm <sup>2</sup>	3,3 m <sup>2</sup>	7,7 m <sup>2</sup>	463
Petits bois	17,5 cm	27,5 cm	55,0 cm	86,0 cm	241 cm <sup>2</sup>	594 cm <sup>2</sup>	7,7 m <sup>2</sup>	12,1 m <sup>2</sup>	242
Moyens bois	27,5 cm	42,5 cm	86,0 cm	134,0 cm	594 cm <sup>2</sup>	1 419 cm <sup>2</sup>	12,1 m <sup>2</sup>	18,7 m <sup>2</sup>	155
(pas de gros bois dans une telle station)							<b>hors gaules</b>		<b>860</b>



## Une étude particulière de la structure des régénérations naturelles de Chêne-liège

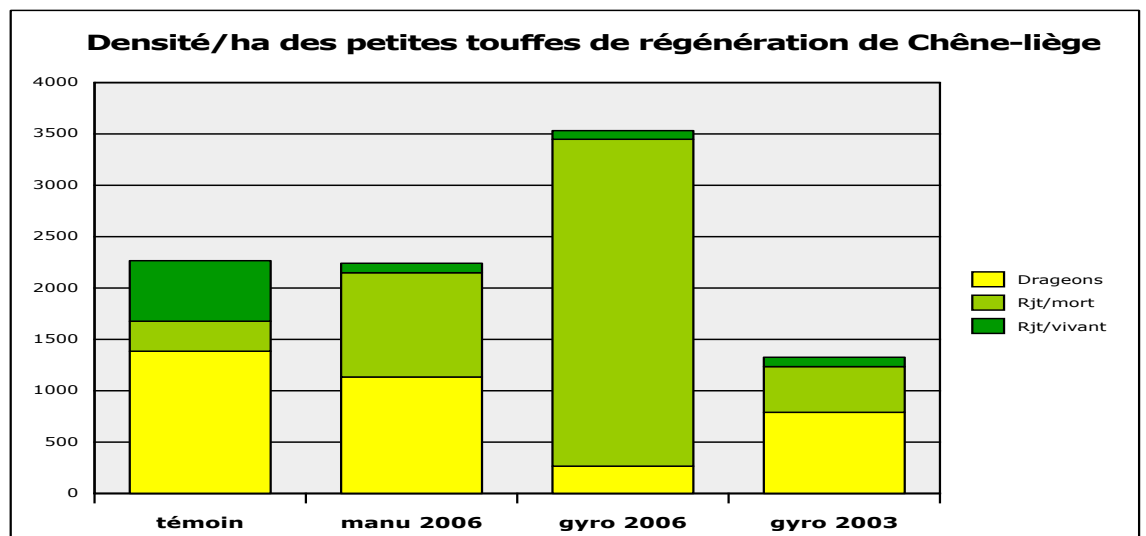
### Protocole

En sus de l'inventaire en plein des tiges précomptables, c'est-à-dire dépassant la hauteur totale de 1,30 m, le CRPF a effectué aux Borels en 2007, quelques mois après les travaux, un inventaire complet de toutes les régénérations de dimensions inférieures, en notant leur origine : drageons, rejets au pied d'arbres morts, rejets au pied d'arbres vivants, ainsi que le nombre de brins par souches, en distinguant des souches monobrins, à 2-4 brins, à 5-9 brins, à 10-19 brins, à plus de 20 brins. Cette dernière catégorie de très faible effectif a été ensuite regroupée avec la précédente qui devient donc "10 brins et plus".

### Quelques données sur les touffes de régénération

L'étude de la répartition des origines montre des différences assez marquées entre les modalités. Le gyrobroyage est l'opération qui a produit le maximum de régénérations. Beaucoup de touffes classées en rejets, sont issues du recépage mécanique de régénérations antérieures vieilles d'une vingtaine d'années, datant du feu de 1986.

Les régénérations ont été aussi comptées dans la parcelle gyrobroyée en 2003, quatre ans plus tôt. Il est vraisemblable qu'une grande partie de celles qui ont été broyées en 2003 sont déjà passées dans la catégorie précomptable et sont donc absentes du présent inventaire.





*Les Borels. Vue du peuplement en 2013, soit 27 ans après le feu de 1986. Beaucoup de chênes-lièges issus de la régénération végétative après incendie, parviennent à dépasser le maquis, mais le peuplement demeure encore assez clair. Risque d'incendie très élevé. Photo L. AMANDIER.*



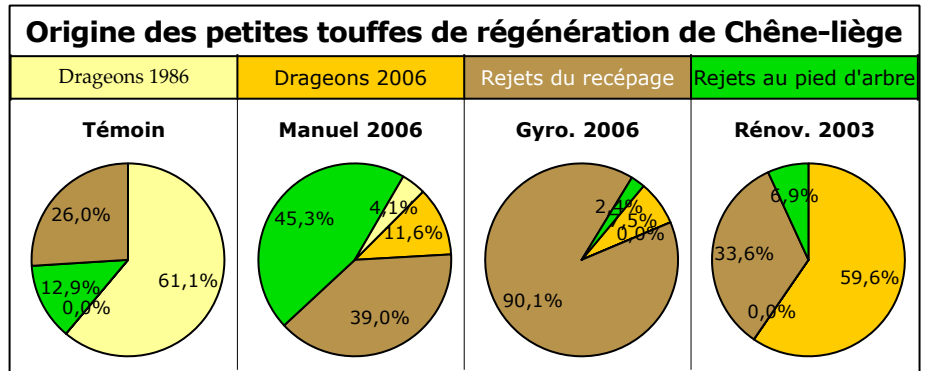
*Les Borels. Un échantillon de touffes de régénération est régulièrement suivi. Ici un brin unique âgé de 10 ans, issu de la sélection de brins opérée par le CRPF en 2009. Photo L. AMANDIER.*

Quelle est l'origine et la structuration de cette population de petites touffes de régénération ? Un traitement des données récoltées permet d'obtenir les graphes présentés ci-après.

Les origines sont très différentes selon les modalités. Attention certaines touffes de rejets ont pu être confondues avec des drageons si l'on ne trouve pas trace du moignon de la souche parente, ce qui peut être le cas de beaucoup de drageons issus du feu et broyés en 2006..

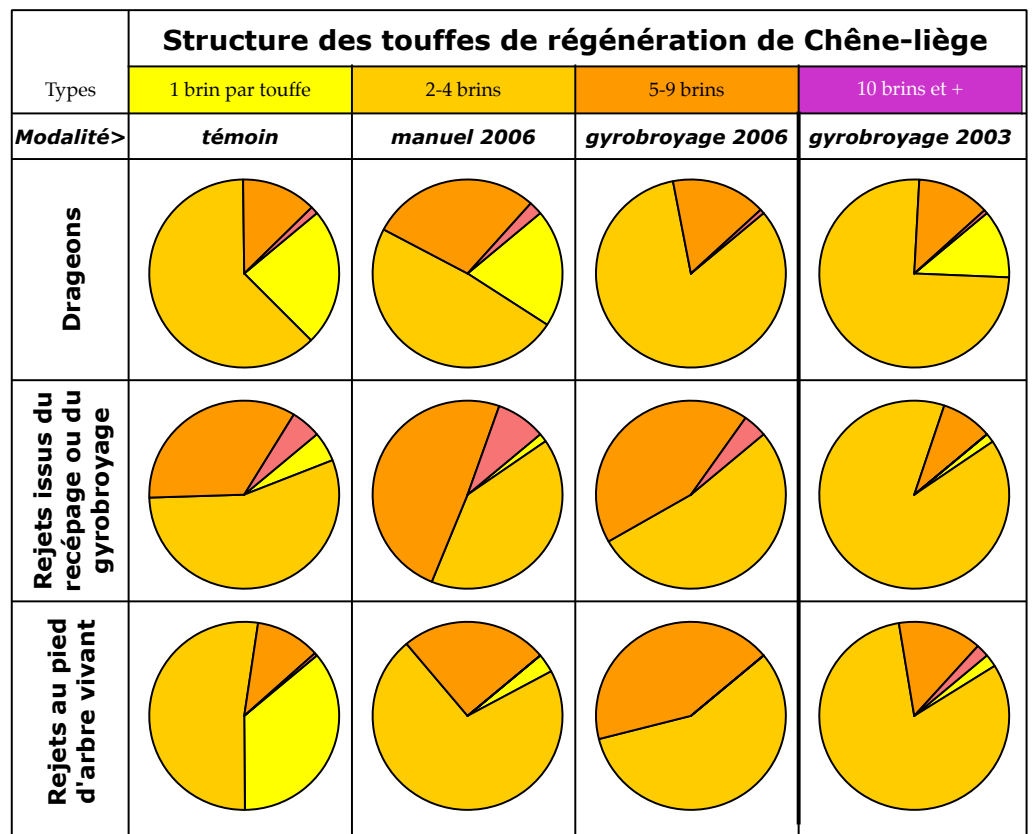
Les rejets sont beaucoup mieux identifiés quand il s'agit du recépage manuel.

Les rejets au pied d'arbres vifs sont amenés généralement à régresser et disparaître si l'arbre "parent" parvient à reprendre de la vigueur. Les rejets dont la tige parente est recépée sont généralement issus des drageons issus du feu de 1986.



La structuration des touffes en fonction du nombre de brins portés doit être interprétée en fonction de l'âge de la touffe. En effet le plateau rénové en 2003 ne peut être directement comparé aux autres. Sur les touffes âgées d'environ quatre ans au moment de l'observation, un processus naturel de sélection de brins a pu débuter, ce qui expliquerait les faibles effectifs des touffes à plus de 5 brins.

L'examen des touffes très jeunes (un an environ, issus de travaux de 2006) montre que les drageons sont majoritairement à 2,3 ou 4 brins. Les rejets issus du recépage manuel ou mécanique forment des touffes de 5 à 9 brins en majorité. Les rejets au pied d'arbres vifs sont nombreux dans le témoin, mais il s'agit souvent de très petits brins souffreteux.



Parmi toutes ces régénérations, un échantillonnage a été implanté en 2008, pour suivre finement l'évolution et la croissance d'une trentaine de brins par modalité.

**Le développement d'une touffe de régénération se traduit par l'élimination progressive de brins dominés, par un accroissement de la hauteur de brins dominants, par la formation de liège par taches discontinues au pied du brin dominant et par l'élargissement du collet, ce dernier prenant une forme conique.**

Les mesures effectuées sur l'échantillon de touffes ne permettront pas forcément d'illustrer toutes ces facettes, compte tenu de la brièveté de l'expérimentation, ici de 2008 à 2012, mais il convient néanmoins de tirer les premiers enseignements des mesures effectuées.

## Est-il efficace d'intervenir sur les touffes par des sélections de brins ?

L'intérêt du placeau installé dans la partie traitée en 2003 est de bénéficier d'un décalage d'âge entre les touffes, ici d'environ trois ans, fort intéressant dans la cas de la problématique de la régénération en général et plus particulièrement, de l'opportunité des interventions de taille sur cette dernière. En effet, en 2009, sur le placeau "2003", un second échantillon d'une trentaine de touffes a été installé à côté du premier. Une taille a été effectuée en sélectionnant un brin dominant bien vertical, par coupe ras de terre au sécateur des autres brins. Un élagage léger a été aussi pratiqué sur le brin réservé.

Tableau des moyennes des mesures effectuées

<b>2008</b>	<b>Hauteur tot m</b>		<b>Ø collet cm</b>		<b>R houppier m</b>		<b>Nbr brins</b>		<b>Brins liégés</b>	
Témoin 2006	0,980	B	2,203	B	0,695	A	2,567	A	0,800	AB
Manuel 2006	0,709	A	1,186	A	0,757	A	6,857	C	1,086	BC
Gyrobroyage 2006	0,771	A	1,363	A	0,781	A	6,771	C	0,486	A
Rénovation 2003	1,211	C	2,203	B	0,723	A	4,968	B	0,968	BC
<b>2009</b>	<b>Hauteur tot m</b>		<b>Ø collet cm</b>		<b>R houppier m</b>		<b>Nbr brins</b>		<b>Brins liégés</b>	
Témoin 2006	0,890	A	1,847	A	0,685	A	2,567	A	0,733	A
Manuel 2006	0,881	A	1,623	A	0,796	A	6,857	B	0,829	AB
Gyrobroyage 2006	0,959	A	1,843	A	0,794	A	6,771	B	0,886	AB
Rénov 2003 témoin	1,873	B	2,977	B	1,040	B	3,355	A	1,086	B
Rénov 2003 taille	2,354	C	4,291	C	1,169	B				
<b>2012</b>	<b>Hauteur tot m</b>		<b>Ø collet cm</b>		<b>R houppier m</b>		<b>Nbr brins</b>		<b>Brins liégés</b>	
Témoin 2006	0,867	A	non mesuré		0,623	AB	non mesuré		non mesuré	
Manuel 2006	1,005	A	non mesuré		0,517	A	non mesuré		non mesuré	
Gyrobroyage 2006	1,126	A	non mesuré		0,660	AB	non mesuré		non mesuré	
Rénov 2003 témoin	2,059	B	4,720	A	0,742	B	3,514	A	0,943	A
Rénov 2003 taille	2,545	C	6,500	B	1,050	C	1,257	B	0,886	A

Pour les hauteurs, sans surprise, les touffes plus âgées de trois ans sont significativement plus hautes que les autres. Les rayons du houppier sont assez homogènes au départ, se différencient en 2009, puis redeviennent plus homogènes en 2012 pour la population la plus jeune tandis que les régénérations les plus âgées se différencient par un rayon supérieur du houppier, probablement induit par l'effet de la taille. De même, les brins taillés ont un collet sensiblement plus large. Le nombre de brins diminue un peu avec l'âge, mais surtout suite à la sélection pratiquée, bien évidemment. La proportion de brins portant du liège, traduisant le début d'une mise en place de la dominance apicale, semble plus faible dans le témoin que dans les modalités travaillées.

Pour l'essai de sélection de brins, sur la modalité "Rénov 2003" une différence significative apparaît. L'intervention semble bien efficace sur la croissance en hauteur, le diamètre du collet et le rayon du houppier.



## L'origine rejet ou drageons a-t-elle une importance ?

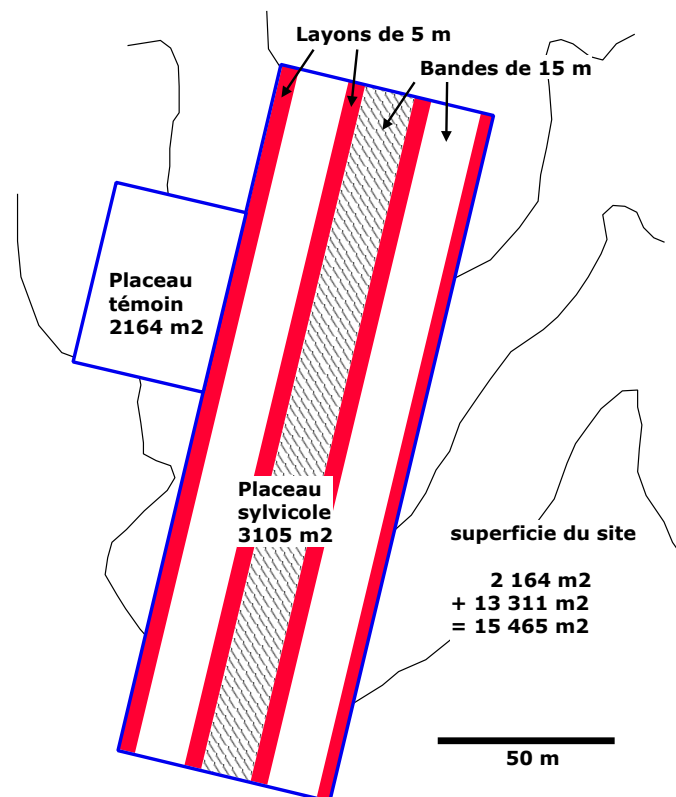
**Non.** L'analyse de variance selon ces critères montre seulement une petite différence sur les rayons de houppiers et le nombre de brins, supérieurs dans le cas de rejets, mais toutes les autres différences observées ne sont pas significatives et s'estompent rapidement avec le temps. Ici les régénérations plus âgées de trois ans ne montrent aucune différences significatives entre rejets et drageons.

Populations	Origine	Hauteur tot m		Ø collet cm	R houppier m		Nbr brins		Brins liés		
Jeunes	Drageons	0,748	A	1,517	A	0,653	A	4,457	A	0,652	A
Jeunes	Rejets	0,866	A	1,583	A	0,821	B	6,463	B	0,907	A
+ âgés 3 ans	Drageons	1,281	A	2,325	A	0,738	A	5,000	A	1,000	A
+ âgés 3 ans	Rejets	1,186	A	2,161	A	0,717	A	7,957	A	0,957	A

## Le dispositif expérimental du Vallon du Pey à Sainte Maxime

Le site du Vallon du Pey est situé à proximité immédiate du pare-feu de Catalugno, sur la commune de Sainte-Maxime. Le CRPF a profité de travaux réalisés par l'ASL "suberaie varoise" dans le cadre d'un programme dit INCENDI, financé par l'U.E. et la Région, pour installer un dispositif expérimental portant principalement sur l'amélioration de la résilience des suberaies vis-à-vis des incendies, et dans ce cadre, la régénération de la suberaie. Cette question se pose en effet avec acuité dans ce petit secteur qui a brûlé quatre fois en cinquante ans d'après une enquête menée par le CEMAGREF (aujourd'hui IRSTEA).

### Schéma du dispositif expérimental du Vallon du Pey à Sainte-Maxime (83)





*Le Pey. Suberaie incendiée en 2003. Quatre incendies en 50 ans ! Un débroussaillage + fraisage du sol sur bandes, créent une discontinuité horizontale de la biomasse végétale destinée à diminuer la combustibilité du peuplement et à augmenter sa résilience en cas de nouveau feu. Entretien des bandes prévu par du pâturage. Photo L. AMANDIER.*

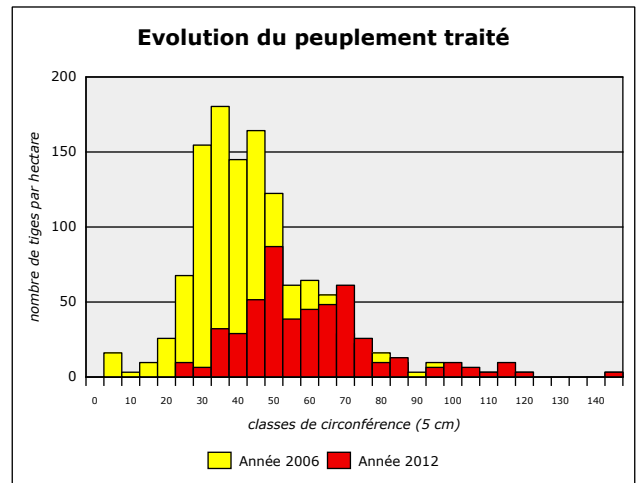
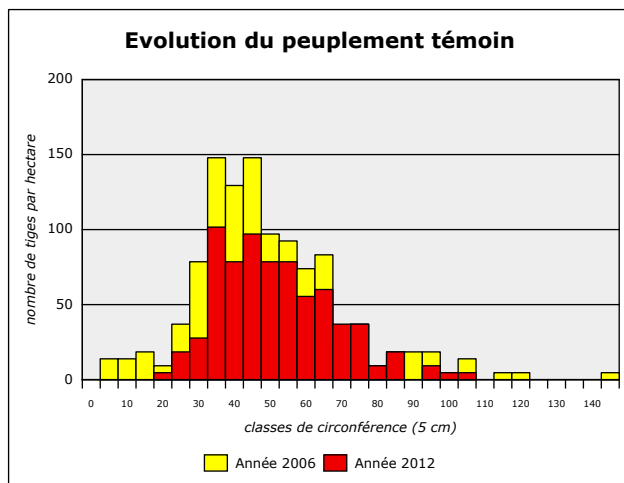
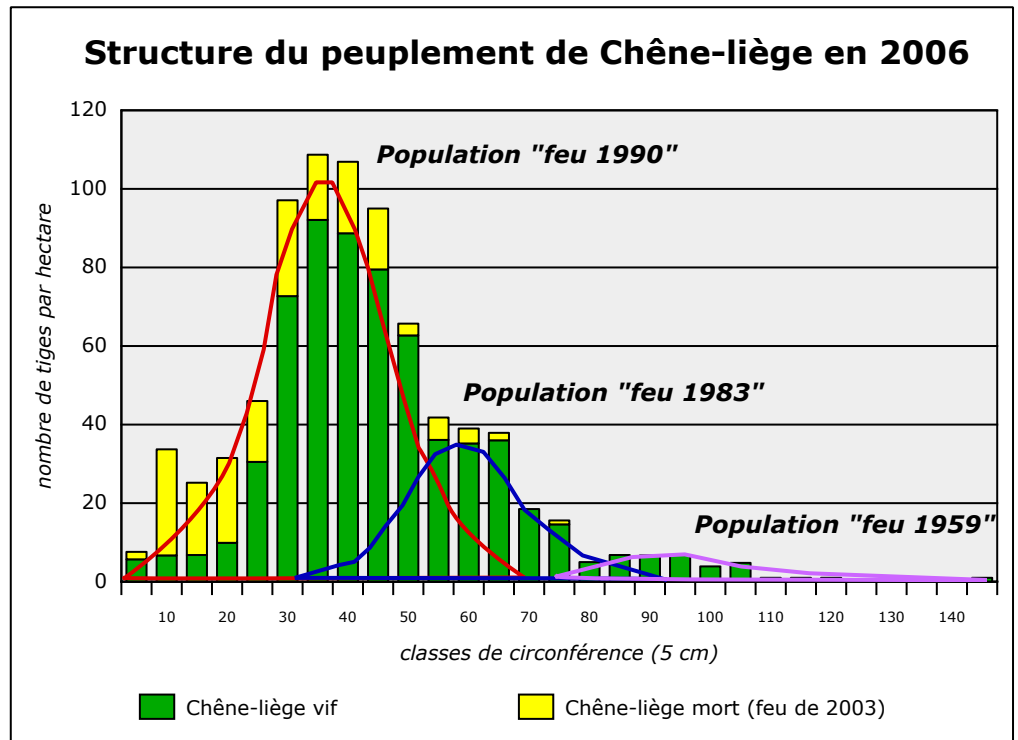


*Le Pey. Sélection d'un seul brin par touffe, celui qui commence à manifester une dominance. Photo L. AMANDIER.*

## Les évolutions du peuplement en six ans

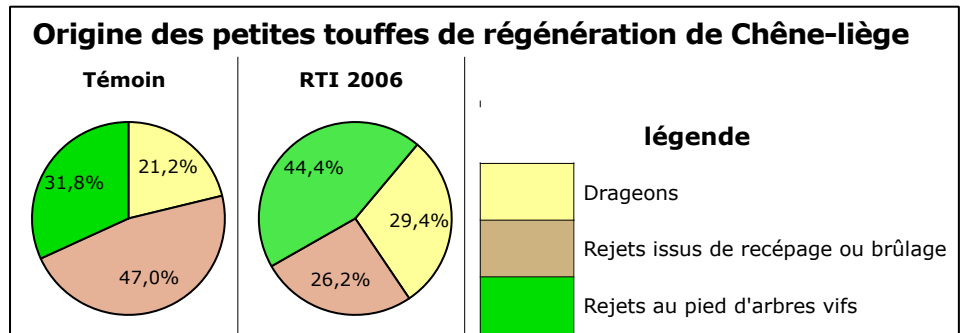
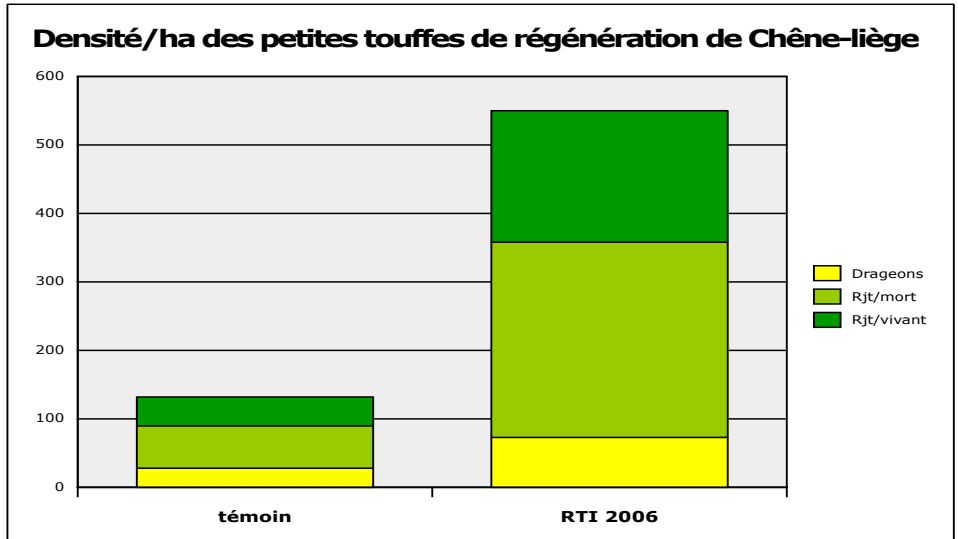
L'histogramme donne une assez bonne image d'un peuplement façonné par les feux successifs. Le Chêne-liège est une essence qui résiste extraordinairement bien à ce régime, toutefois le peuplement est très affaibli et, surtout, le sol est très érodé, formé d'arène granitique presque pure, quasiment dépourvue de matière organique.

Les deux histogrammes jumeaux montrent l'évolution constatée sur les deux plateaux. Attention ! En 2012, le technicien qui a réalisé l'inventaire n'a pas cru bon de recenser les tiges de diamètre inférieur à 7,5 cm... ce qui nous prive de l'information sur la densité des gaules.

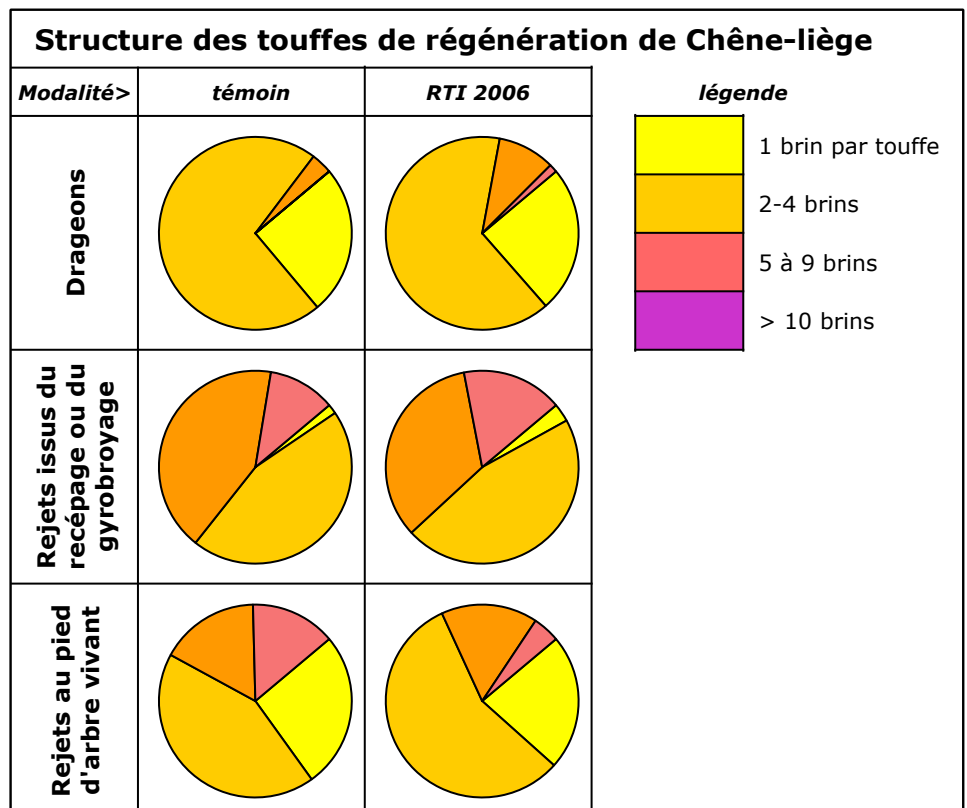


## Inventaire des petites touffes de régénération

Les touffes de petite dimension, non précomptables car de hauteur généralement inférieure à 1,30 m, ont été inventoriées sur le plateau témoin et sur le plateau traité en "RTI" (restauration de terrains incendiés), soit avec ouverture de bandes (voir plan) et éclaircie sanitaire dans les interbandes. Cet inventaire, réalisé un an environ après les travaux, montre déjà un effet significatif de ces derniers, avec une beaucoup plus grande densité de touffes sur la zone traitée. Voir histogramme ci-après.



La répartition des origines des touffes n'est pas très différente entre les placeaux.



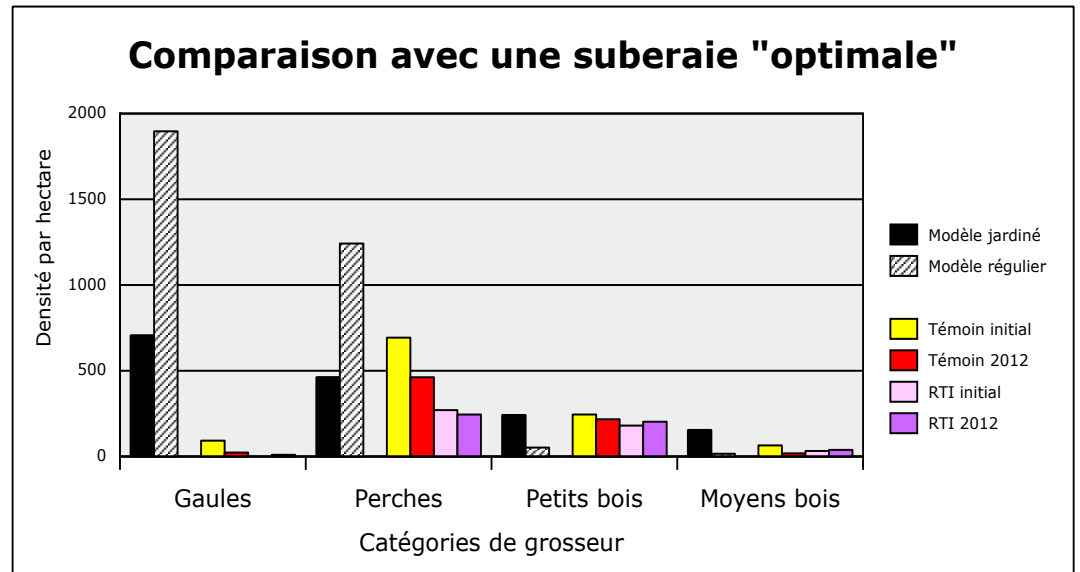
Là encore, la structure selon le nombre de brins est très homogène, du fait d'une origine commune et unique : l'incendie de 2003.

## La régénération est-elle satisfaisante ?

Tableau récapitulatif des structures de peuplement

Catégories	effectif optimal	effectif "réaliste"	état initial	RTI 2006
Gaules	707	1 352	CIRC!	10
Perches	463	886	271	245
Petits bois	242	203	180	203
Moyens bois	155	39	32	39
$\Sigma$	860	1 127	483	486

Le calcul de la structure optimale est réalisé avec la même méthode et les mêmes paramètres allométriques que pour la placette des Borels.



Le déficit en moyens bois est bien réel, tandis que celui des gaules est lié à leur oubli dans le dernier inventaire. Cependant l'inventaire des petites touffes en 2007, peut apporter certaines informations.

Pour ces touffes, les dragons et les rejets sur tiges mortes ou recépées devraient survivre. C'est moins certain pour les rejets au pied d'arbres vivants qui risquent fort de dépérir si ces derniers reprennent de la vigueur. Le résultat de cette estimation de serait 90 gaules "en devenir" pour le témoin et de 360 pour la zone traitée.

Même en considérant cet apport en jeunes tiges, il apparaît sur l'histogramme, qu'il sera bien difficile de s'approcher de la structure jardinée optimale ou même de la structure régulière dite "réaliste". Globalement, la régénération est donc très déficitaire dans ce peuplement considérablement dégradé par des incendies répétés.

**Comment améliorer cette situation, dans l'hypothèse (peu vraisemblable) où l'on tient à rétablir une suberaie productive à cet endroit, selon les règles de la subéiculture ?**

Le recours à la **plantation d'enrichissement** serait alors inévitable. Attention, cette technique demande à être validée expérimentalement. En effet, il n'est pas évident (expérience personnelle) de réussir l'introduction de plants lorsque des arbres sont déjà présents et que leurs racines occupent le terrain.

On peut aussi raisonnablement envisager une **transformation** du peuplement par plantation d'arbres pionniers moins exigeants que le Chêne-liège : Pin pignon, Pin maritime (provenance tolérant la cochenille), Pin brutia, etc. Attention cependant au risque d'incendie qui demeure très élevé dans ce secteur, les jeunes plantations résineuses ne possédant hélas pas la capacité de résilience du Chêne-liège !

## Etude d'un échantillon de touffes de régénération et de l'effet d'une sélection de brins

Un échantillonnage de touffes de régénération a été réalisé en 2008 avec une trentaine d'individus pour le plateau témoin et autant pour le plateau sylvicole. En 2009, une trentaine d'individus ont été ajoutés sur le plateau sylvicole pour étudier l'intérêt de réaliser une taille de sélection de brins.

### Le degré de brûlure des arbres parents, estimé par observation de la position et de la vigueur des rejets épïcormiques, a-t-il une influence sur la croissance des rejets ?

La réponse est non. Pas de différences significatives dans l'analyse de variance. Cette croissance doit davantage dépendre des réserves accumulées dans les souches, de leur âge, etc..

### Le diamètre du tronc (souche) des arbres parents a-t-il une influence ?

La réponse est non. Le R2 de la régression est beaucoup trop faible (0,04).

### La sélection de brins pratiquée en avril 2008 sur des touffes de rejets âgées de quatre années de pousse après le feu de l'été 2003 présente-t-elle une efficacité sur la croissance ?

Un seul brin par touffe a été sélectionné en recépant les autres au sécateur. L'échantillon ainsi traité est comparé à un échantillon témoin situé dans les mêmes conditions de peuplement environnant et de station. Signaler de fortes attaques de boudragues (*Eppiphiger* sp) un gros criquet qui a pullulé dans le secteur et qui a consommé beaucoup de feuilles sur toutes les touffes de régénération, au moins pendant deux années successives. Les touffes n'ont pas beaucoup poussé !

Paramètre >	Moyenne hauteur totale des régénérations (en m)						Ray. houppier en m	
	deux ans après		trois ans après		cinq ans après		cinq ans après	
Sélection de brin	1,426	A	1,342	A	1,351	A	0,484	A
Evolution naturelle	1,488	A	1,390	A	1,427	A	0,529	A

Aucune différence significative n'est apparue ni pour la hauteur totale en 2009, 2010 et 2012, ni pour le rayon des houppiers.

## Les enseignements d'un ancien essai à Siouvette (La Môle)

Une fois obtenue la régénération par drageons, ou par rejets si des arbres ont été coupés, faut-il intervenir pour assurer la pérennité de ce résultat ?

Dès 1991-93, le CRPF avait abordé ce thème en installant un petit "essai" relativement sommaire à Siouvette près de La Môle.

Après un débroussaillage par gyrobroyage, qui a suscité des rejets et drageons, une sélection de brins très précoce a été entreprise selon trois modalités comportant chacune, une quarantaine d'échantillons de touffes.

- Touffe coupée ras-de-terre au sécateur, un seul brin étant conservé au centre,
- Touffe rabattue à mi-hauteur en conservant un seul brin central,
- Témoin intact.

Aucune différence statistiquement significative n'est apparue lors des mesures effectuées les années suivantes. Une intervention trop précoce, ici à deux ans d'âge, semble donc totalement inutile.

## **Que conclure sur la régénération naturelle ?**

### **Comment fonctionne la régénération naturelle de la suberaie ?**

Le Chêne-liège, dans les Maures ne se régénérant pas par semis sous lui-même, c'est la régénération végétative qui, en l'absence d'introductions artificielles, peut y suppléer, avec les inconvénients génétiques qui ont été cités.

Cette régénération végétative se produit soit par le passage d'un incendie, soit par des travaux mécanisés. On obtient des rejets et des drageons. Les rejets semblent plus vigoureux au départ que les drageons, mais les résultats expérimentaux montrent que rapidement cette différence s'estompe.

### **La régénération obtenue suffit-elle pour restaurer la suberaie ?**

La réponse est en général positive. L'état de départ des peuplements, souvent régularisés et fortement éclaircis par les incendies successifs ne permet pas d'obtenir immédiatement une suberaie en futaie jardinée, avec un bon équilibre des classes d'âge. A défaut, il faut se contenter d'une futaie plus ou moins régulière, car les quantités de perches et de gaules paraissent acceptables pour obtenir, à terme, un couvert de peuplement se rapprochant de l'optimum de 70 %. Plus tard, d'autres opérations de sylviculture devront être pratiquées pour limiter des surdensités locales et aussi, s'il y a débroussaillage, pour relancer une autre génération de rejets et drageons.

Dans les zones incendiées, nous avons vu aux Borels, que beaucoup de régénérations sont présentes dans le maquis et que, *même en l'absence de travaux*, un bon nombre ont réussi à survivre et devraient régénérer le peuplement. Attention, cette observation ne peut pas, à notre avis, être généralisée à toutes les suberaies incendiées des Maures. La situation locale d'adret de basse altitude expose le versant à un très fort ensoleillement qui a relativement bien "pénétré" le maquis où un certain nombre de touffes de Chêne-liège ont pu survivre et même continuer à pousser. Il est très vraisemblable qu'en situation d'ubac, la vigueur supérieure du maquis et le déficit d'ensoleillement, auraient entraîné une forte mortalité des régénérations de chênes, ou du moins leur stagnation. A vérifier par des essais en d'autres conditions.

### **Est-il efficace d'intervenir précocement sur les touffes par des sélections de brins ?**

Les essais ont été réalisés à des âges échelonnés de un an (Siouvette) , de quatre ans (Vallon du Pey) et de six ans (Les Borels).

D'après les résultats obtenus, l'intervention précoce, avant 5-6 ans ne sert à rien.

L'intervention plus tardive aux Borels a donné de bons résultats.

# Conclusion générale

La suberaie des Maures est globalement vieillissante, avec un très fort déficit en gaules et en perches. Sa régénération devrait donc être une préoccupation majeure pour les forestiers ou les aménageurs du territoire, qui souhaitent maintenir des suberaies dans ce massif et même, pour les plus optimistes, en tirer une ressource économique sur le long terme, grâce à la récolte de liège.

La quasi impossibilité d'obtenir des semis viables au sein des suberaies existantes prive cette forêt des Maures du brassage génétique lié à la reproduction sexuée. C'est un inconvénient majeur vis-à-vis de son adaptation au changement climatique en cours.

La **plantation** de géotypes appropriés, qui seront conseillés par les chercheurs, est un moyen d'y remédier. Toutefois, cette technique est onéreuse et elle sera forcément d'application limitée.

L'expérience acquise par le CRPF avec l'aide de ses partenaires locaux, permet néanmoins de proposer des itinéraires techniques assez efficaces : utilisation de plants jeunes élevés en gros godets anti-chignon, usage d'auxiliaires de plantation tels que les gaines-abris ou les petits tubex™... D'autres idées mériteraient d'être expérimentées plus efficacement qu'elles ne l'ont été dans nos essais : par exemple l'usage du BRF ou encore la plantation "à collet enterré" préconisée par nos collègues portugais.

A défaut de plantation, la **régénération naturelle végétative** peut assurer, dans beaucoup de cas, une certaine pérennité de la forêt, notamment après le passage d'incendies à faible fréquence, ou encore lorsque sont réalisés des travaux de débroussaillage et/ou de rénovation. Cependant lorsque les suberaies sont soumises à des incendies trop fréquents, leur dégradation peut atteindre un seuil d'irréversibilité. Le Chêne-liège, en dépit de sa grande résilience, ne pourra y assurer seul le rétablissement d'une forêt productive. On peut penser à des plantations d'enrichissement mais la transformation par une forêt pionnière plus "frugale", à base de pins serait peut être un meilleure voie — en attendant que les chênes reviennent naturellement sous leur couvert.