



Suivi de la régénération naturelle ou assistée du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Etude réalisée par Louis AMANDIER, ingénieur forestier du CRPF-PACA, avec la collaboration d'Olivier MARTINEAU et de Patrice DEVALLOIS, techniciens du CRPF, ainsi que de Laelien DELORT, stagiaire universitaire.

Programme SYLVIPACA niveau II
financé en 1995 sur contrat de plan Etat-Région

Problématique

Un bilan effectué en 1994 en PACA, par Hervé BOYAC, technicien du CRPF, des coupes de Pin d'Alep réalisées depuis le début de l'activité des ventes groupées de l'Union Régionale des Syndicats de Propriétaires Forestiers Sylviculteurs, a montré que les coupes assez fortes, dites de régénération, n'étaient généralement pas (ou très peu) suivies de l'apparition escomptée de semis de Pin d'Alep.

Un problème certain se pose vis à vis du code forestier qui impose la régénération des peuplements après les coupes ...

Le CRPF se préoccupe de cette inquiétante situation qui a été confirmée par la suite, lors d'un bilan plus récent réalisé en 2000.

Un financement SYLVIPACA a été sollicité et obtenu pour tenter de mieux comprendre ce déficit de régénération.

Un site représentatif a été trouvé sur la Trévarese

Il s'agit d'un peuplement très clair de Pin d'Alep situé en bordure d'un pare-feu entretenu régulièrement par les forestiers-sapeurs des Bouches-du-Rhône, sur le domaine "des Barons" à St Cannat au Nord-Ouest d'Aix-en-Provence.

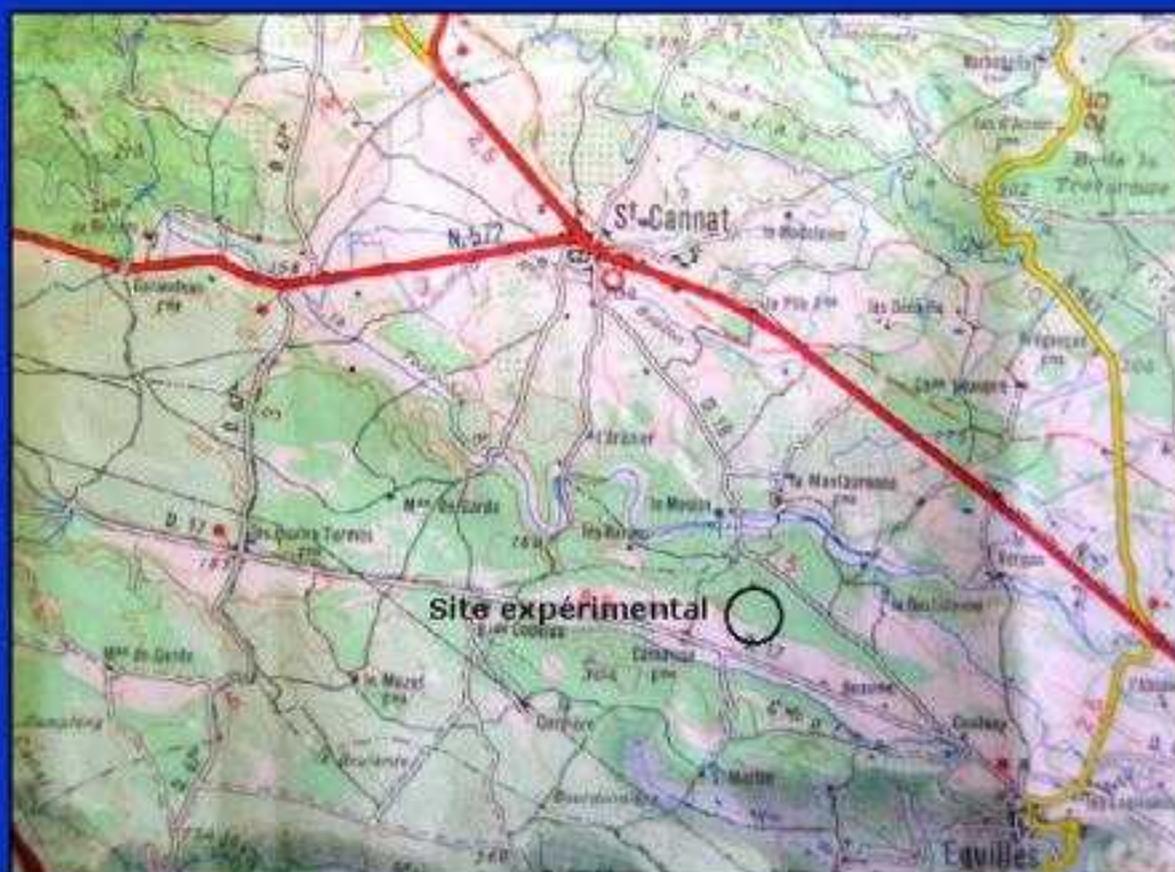
Une coupe de régénération a été exécutée en 1990-91, par l'URSPFS, laissant un bon nombre de semenciers : pins âgés d'une centaine d'années, de 12 à 14 m de hauteur. Pas de régénération visible en 1994.

La végétation des strates basses est très largement dominée par le Chêne kermès. Quelques mattes de Chêne vert indiquent la direction de l'évolution phytodynamique.

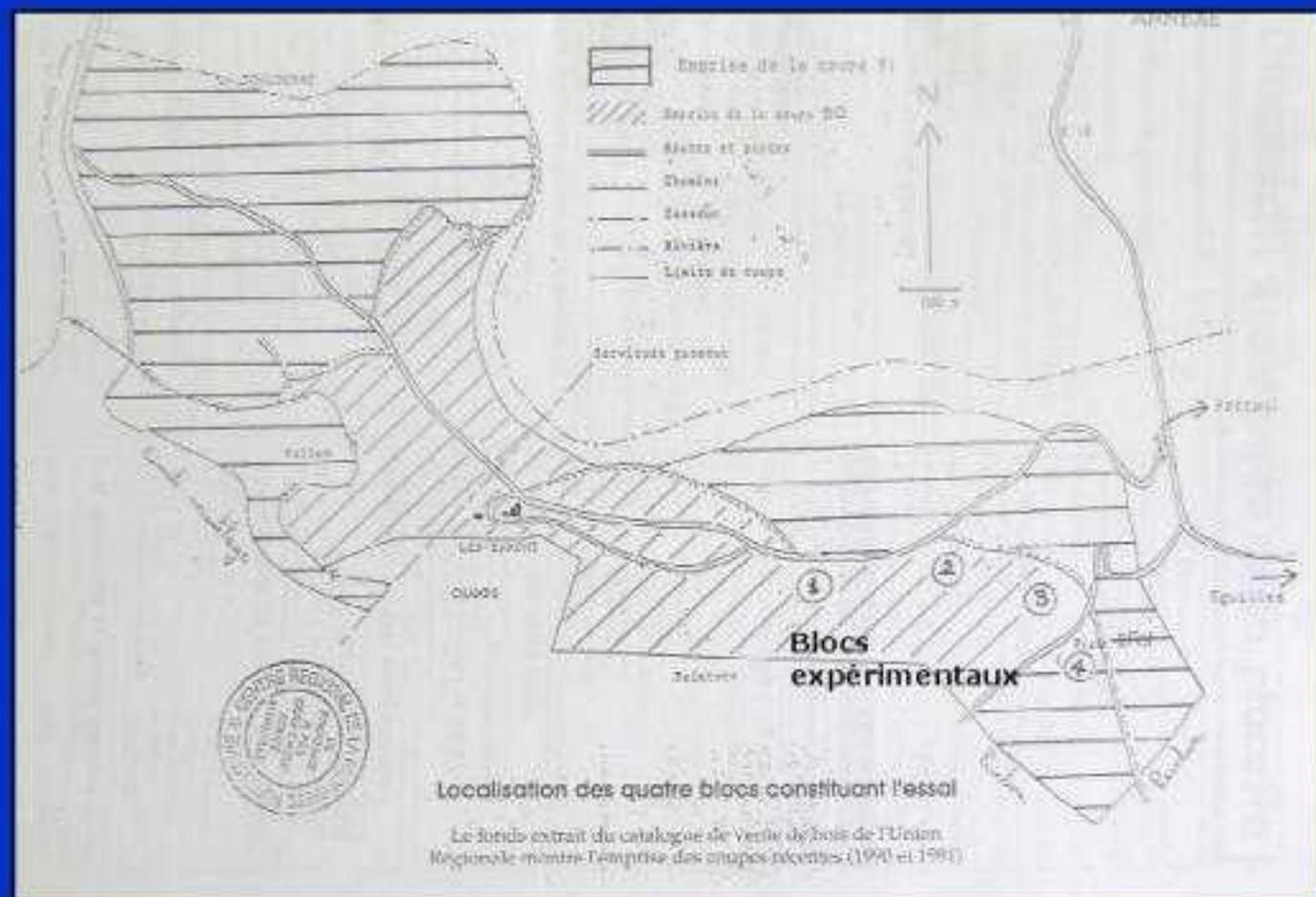
Zone climatique "Panini" = Basse-Durance. $600 < P < 730$ mm
Température moyenne : 12 à 14 °C
20 % de probabilité de gel au mois de mars

Géologie et sols : sols très minces, sur dalles de calcaire dur localement affleurantes, sub-horizontales. Fissuration et dissolution karstique.

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès



Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès



Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Un dispositif expérimental performant en "carré latin"

Quatre blocs ou répétitions comprenant quatre placeaux correspondant à quatre modalités expérimentales ou traitements.

<i>Placeau</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Bloc				
1	Gyrobroyage	Brûlage	Crochetage	Témoin
2	Brûlage	Crochetage	Témoin	Gyrobroyage
3	Témoin	Gyrobroyage	Brûlage	Crochetage
4	Crochetage	Témoin	Gyrobroyage	Brûlage

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Des travaux réalisés avec la participation des forestiers-sapeurs du "13"

Blocs :

Ils sont installés sur des zones homogènes au vu de la végétation, pas trop loin les uns des autres.

Traitements :

- Gyrobroyage des chênes kermès, en octobre 1994
- Crochetage par charrue forestière à disque, en octobre 1994
- Brûlage dirigé, par l'équipe de forestiers sapeurs encadrée par M. Jean Luc GUITTON, en mars 1995
- Témoin laissé intact.

Sur chaque placeau, sont installés des lignes permanentes de 4 x 9 ou 3 x 12, soit 36 quadrats d'observation de 1 m².

Des observations régulières enregistrées dans une base de données relationnelles

Trois séries de mesures ont été effectuées :

- 8 mois après travaux (été 1995)
- 30 mois après travaux (fin printemps 1997)
- 9 ans après travaux (novembre 2003)

Toutes les données sont recensées dans une base informatique 4D™ qui permet de bien structurer l'information, de réaliser certains calculs par programmation et d'exporter aisément des états récapitulatifs vers des logiciels de calcul tels que Excel™ ou Ragtime™.

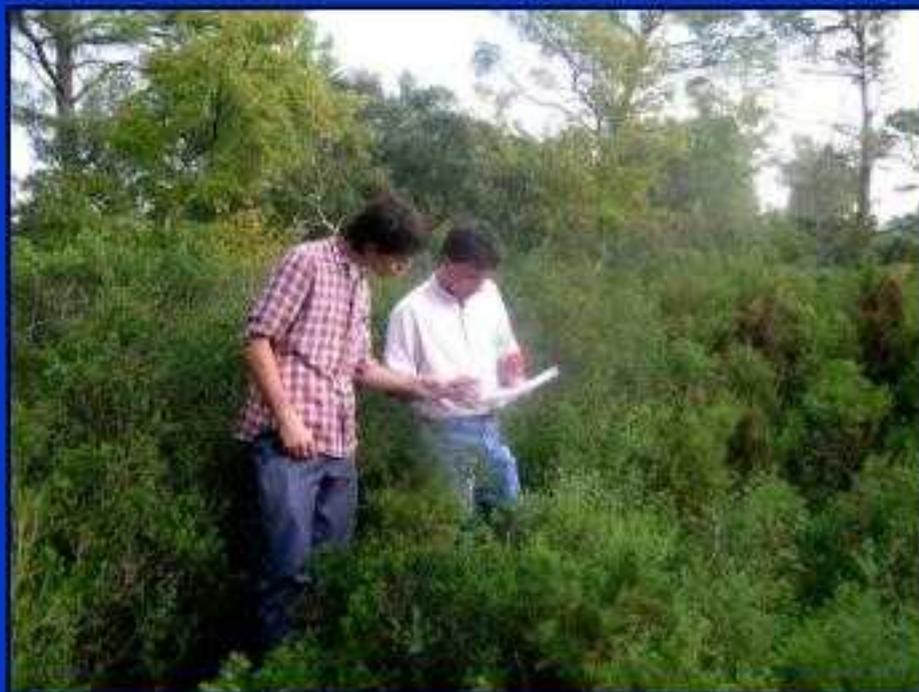
Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès



Aperçu du dispositif de mesure :

Des lignes permanentes, repérées par des tubes métalliques enfonçés dans le sol ; les quadrats sont délimités par deux décamètres tendus et par des tiges de bois espacées tous les mètres.

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès



Aperçu du site neuf ans après les travaux

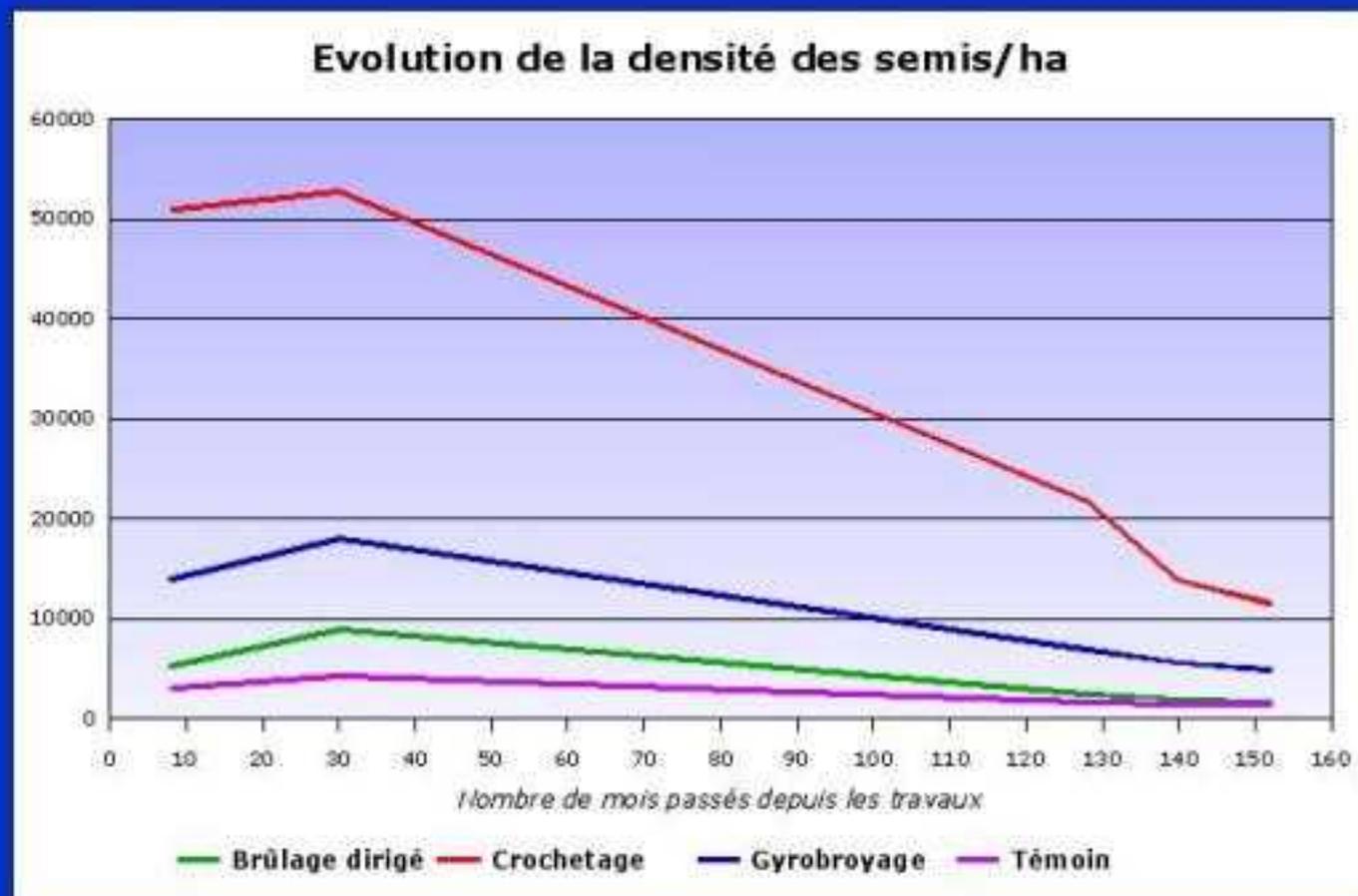
La végétation ligneuse basse composée de Chêne kermès et Ajonc de Provence dépasse largement un mètre de hauteur.

Principaux résultats obtenus au bout de neuf années

Les analyses sont conduites à deux échelles :

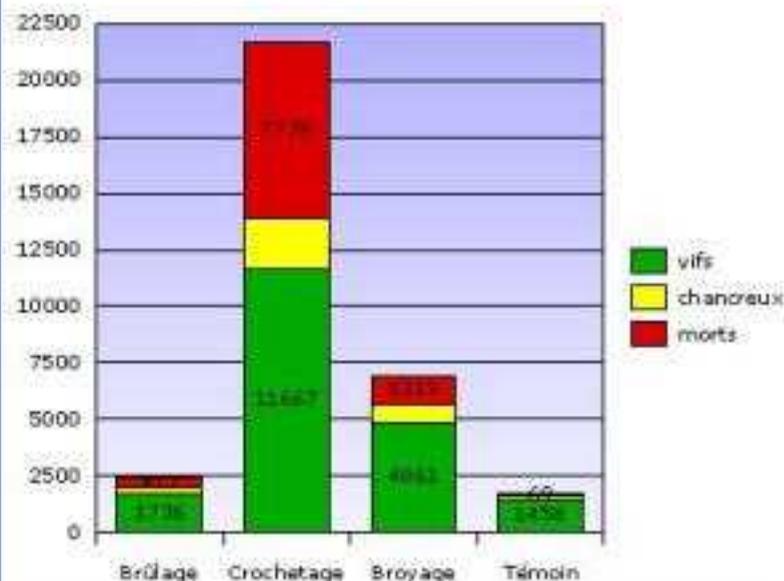
- au niveau des $4 \times 4 = 16$ placeaux (carré latin, test "F")
- au niveau des $4 \times 4 \times 36 = 576$ quadrats élémentaires ("Khi deux")

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

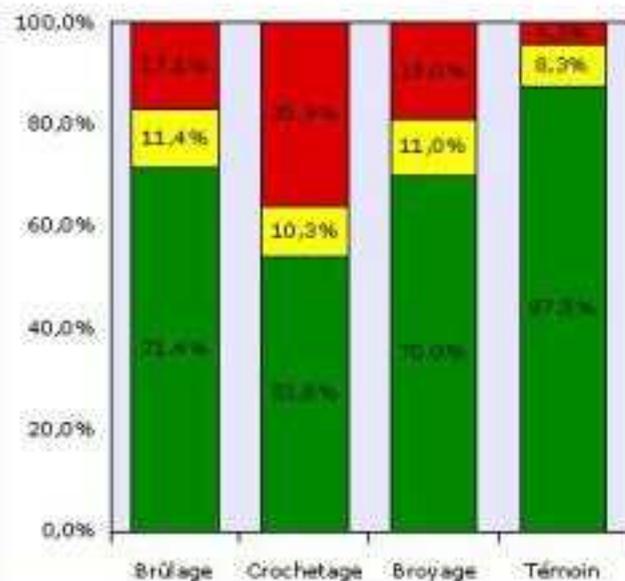


Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Nombre de semis par ha, observés neuf ans après travaux

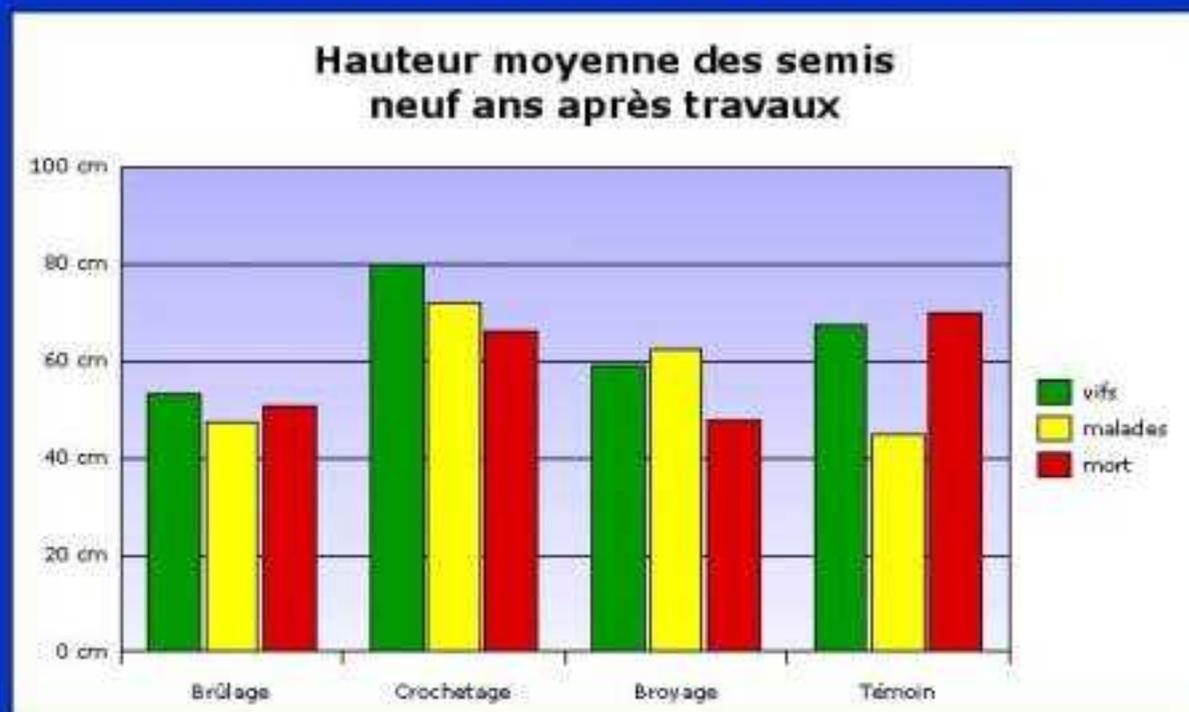


Proportion de semis chancreux neuf ans après travaux



Neuf ans après les travaux de mise en régénération, le nombre de semis est bien différent en fonction des traitements appliqués. Le traitement par crochetage du sol est le plus efficace, malgré les attaques de Chancre (*Crumenulopsis sororia*) – qui semblent proportionnelles à la densité.

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès



La hauteur des semis est favorisée par le traitement "crochetage" (meilleures conditions de croissance ?) et dans le témoin (effet de gainage du Chêne kermès ?), mais les différences ne sont pas statistiquement significatives : $F = 0,16 < 4,76$

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Statistique globale au niveau des placeaux

Facteur de variation	Nbre de semis	à 8 mois	Nbre de semis	à 30 mois	Nbre de semis	à 9 ans
Traitement crochetage	735	+++	759	+++	312	+++
Traitement gyrobroyage	202	+	261	+	100	+
Traitement brûlage dirigé	78	+	128	+	35	0
Témoin sans traitement	44	0	61	0	24	0
Bloc 1	251		319		119	
Bloc 2	137		169		112	
Bloc 3	125		140		85	
Bloc 4	546		581		155	
	F		F		F	
Effet "traitements"	5,1	+	5,4	+	14,4	+++
Couvert total végétation	16,6	---	6,1	-	0,68	0
Couvert ligneux bas	16,8	---	7,8	-	0,84	0
Couvert des herbacés	0,23	0	1,33	0	0,74	0
Couverture morte du sol	7,57	-	1,49	0		
Sol nu apparent	1,02	0	1,46	0		

Analyse de variance

Test statistique "F" de Fischer, avec 3/6 ddl.

+ effet positif sur la régénération
- effet négatif sur la régénération

5% => F > 4,76 + ou -
1% => F > 9,78 ++ ou --
0,1% => F > 12,9 +++ ou ---

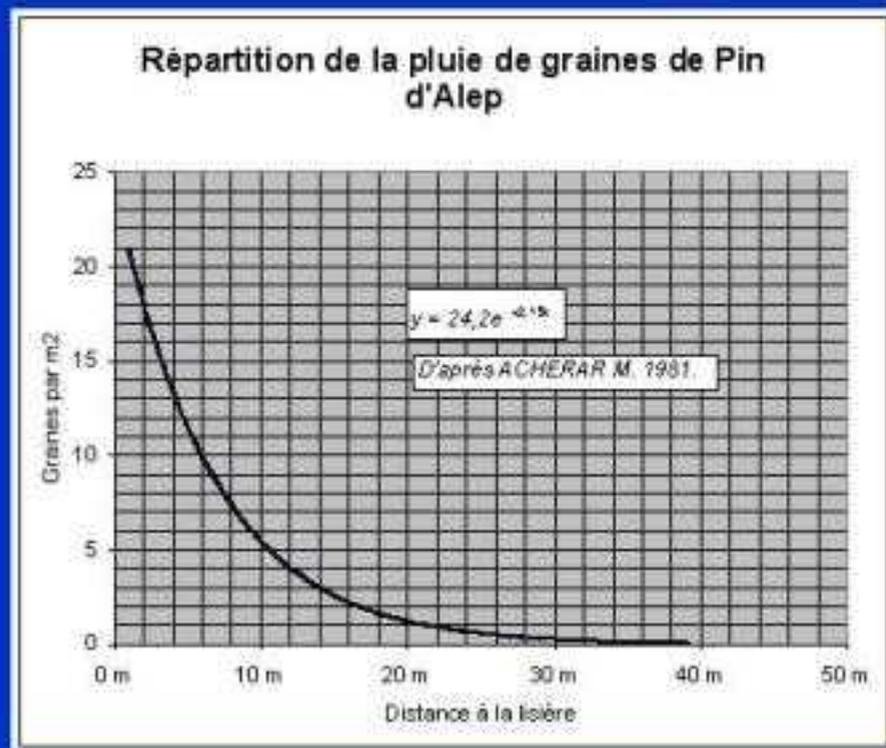
Essai de prise en compte de la pluie de graines sur la réussite de la régénération

Remarque importante : cette tentative repose non pas sur des mesures effectives de la pluie de graine, mais seulement sur des hypothèses simplistes, à savoir :

- Tous les pins présents produisent des graines avec la même intensité et régularité
- Toutes les graines sont également viables
- La répartition des graines à partir de l'aplomb des lisières des houppiers suit une loi simple inspirée des travaux de M. ACHERAR sur la colonisation d'une friche de la région montpelliéraine à partir de la lisière d'un peuplement de Pin d'Alep
- Il n'est pas tenu compte de la météorologie, etc.

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Estimation théorique de la pluie de graines de Pin d'Alep par un modèle mathématique simple



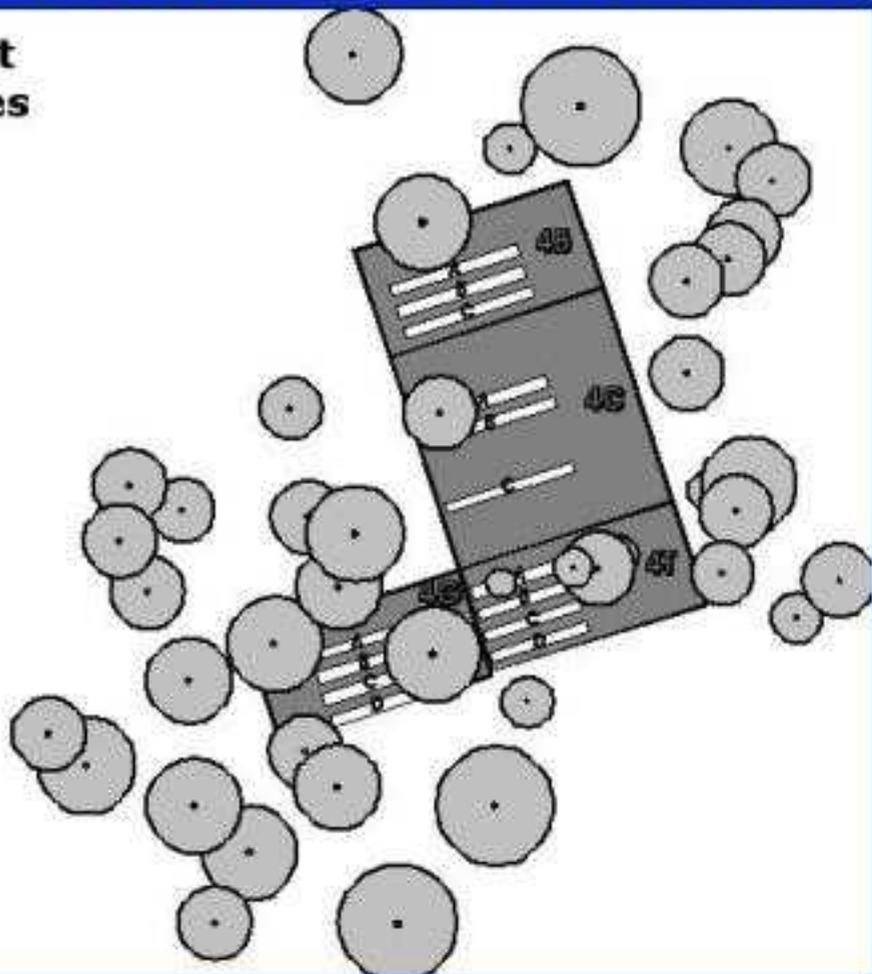
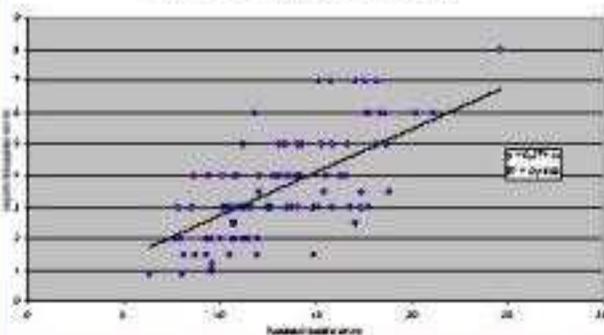
Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Cartographie du peuplement de Pin d'Alep environnant les placeaux de mesure

Chaque pin est repéré en distance et azimuth. Le diamètre du tronc et la hauteur totale sont mesurés et le diamètre du houppier est calculé par une relation d'allométrie :

$$\text{rayon houppier} = \text{hauteur totale} * 0,2741$$

Relations allométriques Pin d'Alep



Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Liaison entre la pluie de graine théorique et les semis obtenus sur les 4 blocs x 4 traitements au bout de 30 mois

L'analyse de variance du "carré latin" montre que globalement, la pluie de graines n'est pas significativement différente d'un plateau à l'autre.

F calculé = 1,83 < 4,76 (F 5% ; 3 ; 6)

Une recherche plus fine, au niveau de chaque quadrat de mesure fera-t-elle apparaître des différences ?

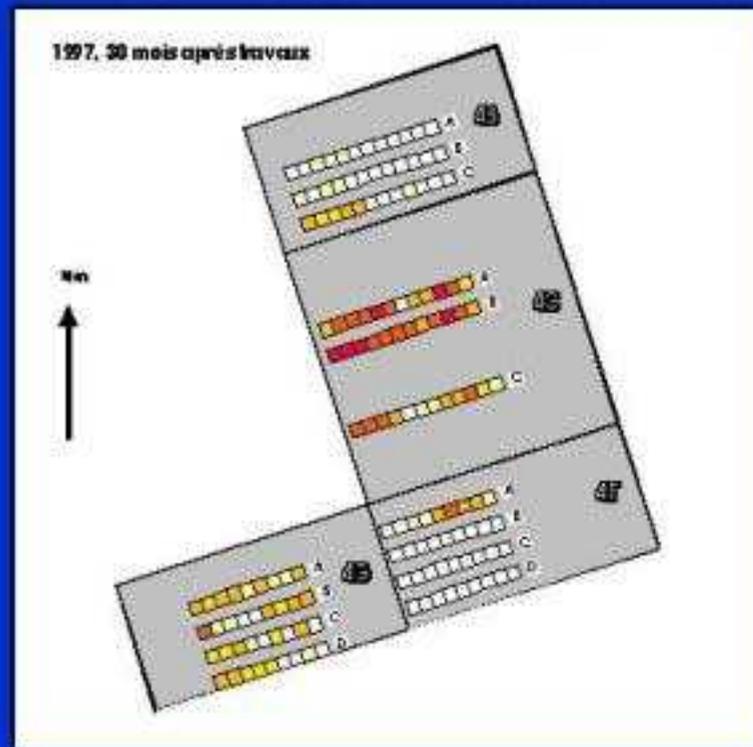
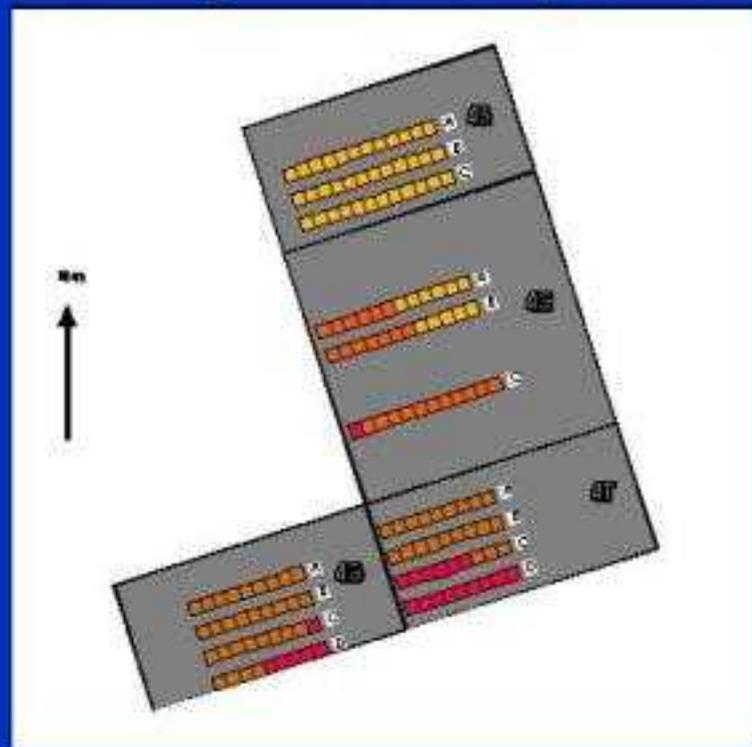
Le nombre de graines tombées au m² ne semble pas être globalement un facteur limitant. L'effet des traitements estompe complètement un effet des irrégularités de répartition

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Cartographie précise de la densité de semis

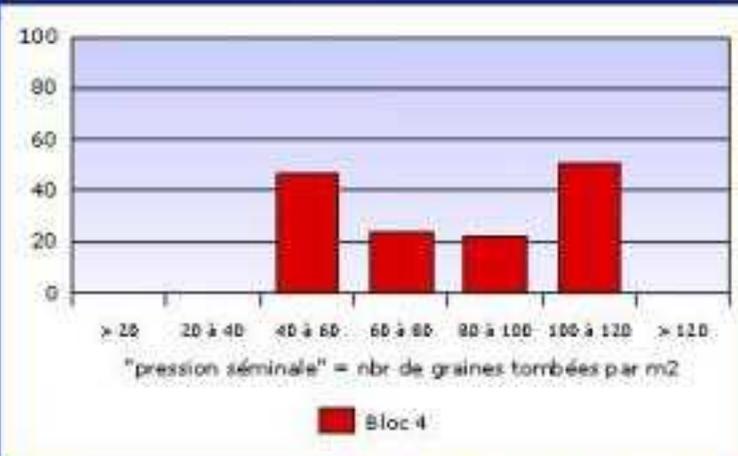
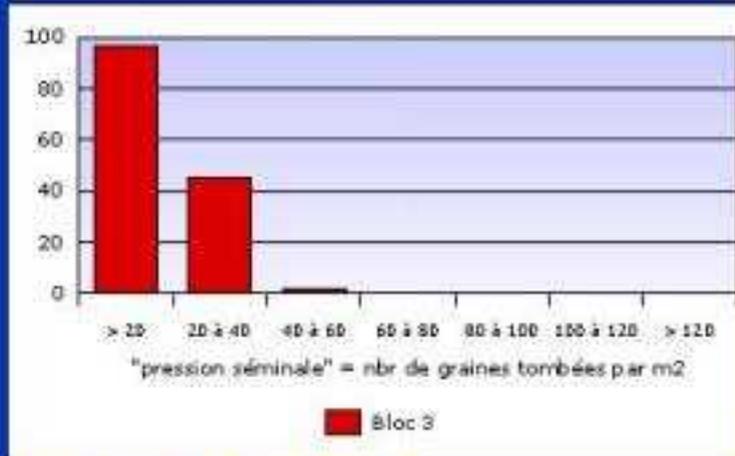
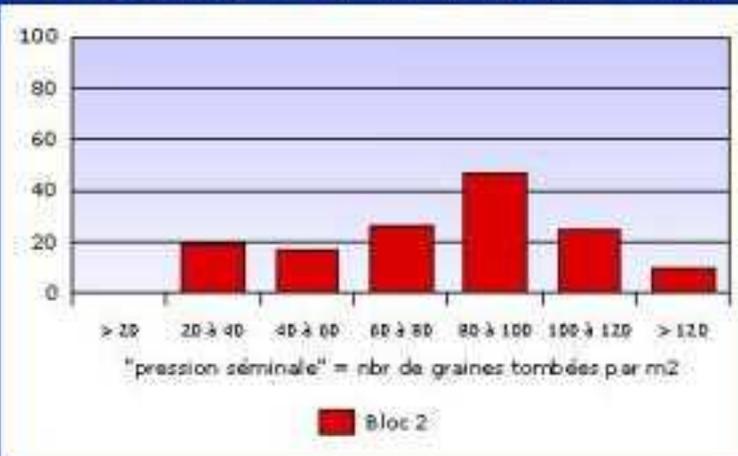
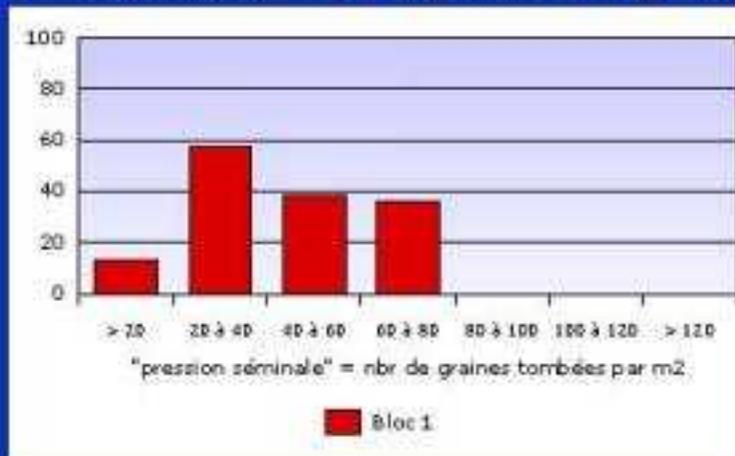
Pluie de graine théorique bloc 4

Semis observés à 30 mois



Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Estimation de la pluie de graine sur chaque quadrat de 1m²



Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

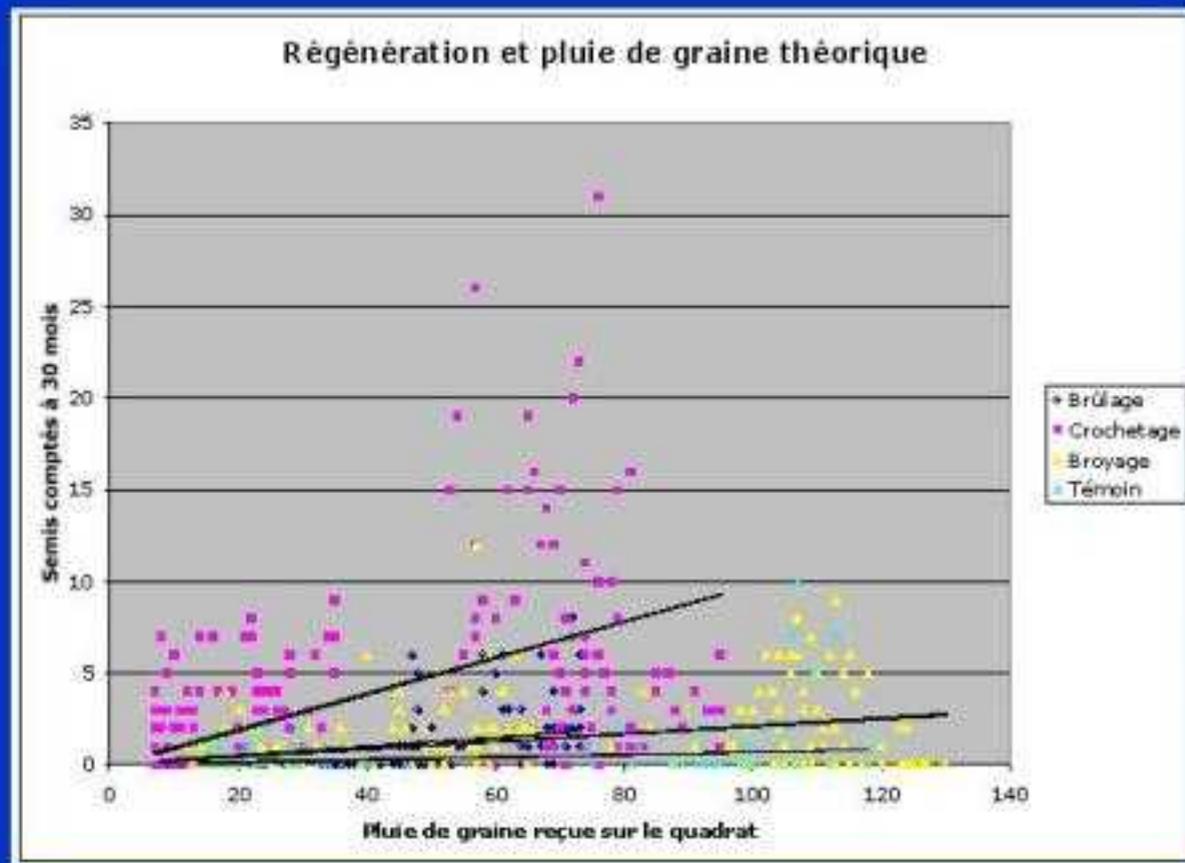
Liaison entre la pluie de graine et les semis obtenus sur les 576 quadrats de 1m² à 30 mois

classes de densité de semis	codes	classes de pression séminale						Σ
		< 20	20 - 39	40 - 59	60 - 79	80 - 99	100 >	
0	0	67	69	53	8	38	45	280
1	1	22	28	25	27	16	17	135
2 - 3	2	16	9	9	16	11	7	68
4 - 7	3	5	14	11	19	3	15	67
8 >	4	0	1	6	16	1	2	26
	Σ	110	121	104	86	69	86	576

Valeur de Khi deux calculée	113,48
Valeur limite K2 au seuil de 5%	31,41
dd	20
Probabilité d'erreur	4,54 * 10 ⁻¹⁵

L'hypothèse de l'indépendance entre la pression séminale et le nombre de semis comptés à 30 mois est rejetée avec une très faible probabilité d'erreur

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès



Efficacité du traitement sur la germination :

semis/pluie gr.

Crochetage : 10%
des graines

Brûlage : 2,5%

Broyage : 2,1%

Témoin : 0,7%

Attention, les coefficients de corrélation sont très faibles.

Les facteurs locaux influençant la régénération et leur évolution

Sur chaque quadrat sont périodiquement notés les caractéristiques de la végétation pouvant abriter ou concurrencer les semis ainsi que celles de la couverture de la surface du sol en liaison possible avec la germination des graines.

L'interprétation de ces données est effectuée à partir des 576 quadrats de 1 m² observés à trois périodes : 8 mois, 30 mois et neuf ans après les travaux de mise en régénération.

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Statistique fine au niveau des 576 quadrats de 1 m² Intensité du lien entre la régénération et les facteurs

Facteur de variation	à 8 mois	à 30 mois	à 9 ans
<i>Valeur limite K_{hi2} à 5% 12 ddl</i>	21,03	21,03	21,03
Effet "Bloc"	112,7	104,2	34,8
Effet "traitements"	205,4	249,3	186,7
Couvert total végétation	90,5	144,8	14,3
Couvert ligneux bas	73,1	70,6	28,7
Couvert des herbacés	15,4	34,1	27,2
Couverture morte du sol	147,8	33,6	-
Sol nu apparent	144,8	57,4	-
Hauteur moyenne du Kermès	179,1	135,7	-
<i>Valeur limite K_{hi2} à 5% 6 ddl</i>	12,59		
Intensité du brûlage	22,1		

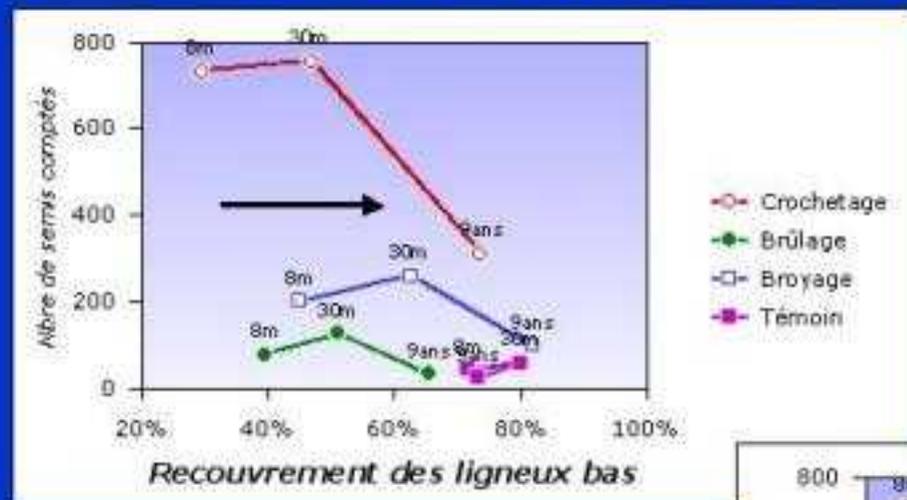
Au bout de neuf ans, seul le traitement conserve un effet très marqué. C'est un héritage de la période d'installation des semis. L'influence des autres facteurs a tendance à s'estomper.

Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès

Statistique au niveau des placeaux du carré latin
Evolution diachronique des facteurs observés, selon les traitements

Fourcentages moyens de recouvrement	Crochetage	Brûlage dirigé	Cyro-broyage	Témoins	F cakuké	F table Fischer
Nbr de semis à 8 mois	735	78	202	44	5,11	4,76
Couverture du tapis végétal	41,0%	52,9%	62,4%	83,6%	16,61	12,9
Couverture des ligneux bas	29,3%	39,4%	45,0%	71,5%	16,80	12,9
Couverture des herbacés	13,2%	16,9%	16,9%	18,3%	0,23	4,76
Couverture morte du sol	70,8%	91,9%	98,2%	99,3%	7,57	6,61
Sol nu découvert	29,2%	8,1%	1,8%	0,7%	1,02	4,76
Nbr de semis à 30 mois	759	128	261	61	5,49	4,76
Couverture du tapis végétal	79,2%	81,8%	81,1%	90,5%	6,09	4,76
Couverture des ligneux bas	46,6%	51,0%	62,3%	80,0%	7,83	6,61
Couverture des herbacés	36,7%	35,2%	25,8%	21,3%	1,93	4,76
Couverture morte du sol	93,3%	96,5%	93,1%	99,5%	1,49	4,76
Sol nu découvert	6,7%	3,5%	6,9%	0,5%	1,46	4,76
Nbr de semis à 9 ans	912	35	100	24	14,37	12,9
Couverture du tapis végétal	88,5%	84,8%	90,1%	80,5%	0,68	4,76
Couverture des ligneux bas	73,5%	65,4%	81,6%	73,0%	0,84	4,76
Couverture des herbacés	40,2%	37,2%	33,4%	33,8%	0,74	4,76
Couverture morte du sol	erreurs de notation					
Sol nu découvert	erreurs de notation					

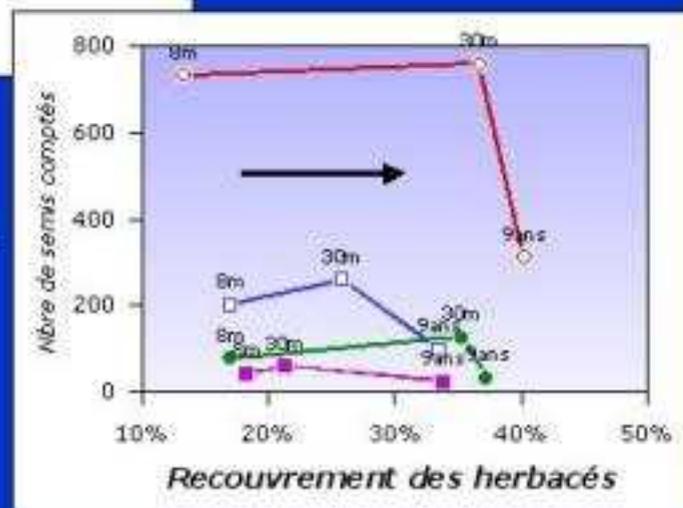
Régénération du Pin d'Alep sur garrigue à Chêne kermès



Le couvert des ligneux bas se reconstitue avec le temps. Un couvert trop dense (témoin) est un obstacle à la régénération.

Celui du témoin va-t-il s'ouvrir ?

Le couvert des herbacés (Brachypode rameux) se reconstitue avec le temps, mais sa valeur est trop faible – du fait de la concurrence du Chêne kermès – pour gêner la régénération.



Conclusion et perspectives

La régénération du Pin d'Alep est obtenue dès les premières années après travaux, avant que le couvert de la végétation naturelle ne se reforme.

Le crochitage qui fait apparaître des plages de sol nu favorables à la germination des graines et qui retarde la repousse de la garrigue apparaît comme la meilleure technique pour favoriser la régénération.

La densité des semis obtenus au bout de neuf années semble malgré sa variabilité, partout suffisante (encore 1450 semis/ha au minimum) pour reconstituer un peuplement mais la forte attaque de chancre constatée actuellement risque d'entraîner une forte mortalité qui incite à tempérer ce premier diagnostic.

Combien d'arbres survivront ? Un suivi ultérieur devrait apporter une réponse.