

Le pin pignon au Liban : quel avenir pour les peuplements ?

par Joseph NAKHOUL et Bernard PRÉVOSTO

Le pin pignon est une essence très présente autour du Bassin méditerranéen. La production de pignons comestibles confère une valeur économique importante à ses peuplements. Mais qu'en est-il de l'avenir de ces pinèdes, menacées par l'urbanisation, l'incendie ou les insectes ravageurs ? Une étude a été menée au Mont Liban pour mieux évaluer, entre autres, ses capacités de régénération naturelle.

Introduction : une ressource menacée

Le pin pignon (*Pinus pinea*) couvre une superficie estimée à 700 000 ha au niveau mondial avec une distribution centrée autour du Bassin méditerranéen, principalement en Espagne (450 000 ha), au Portugal (90 000 ha), en Turquie (50 000 ha) et en Italie (40 000 ha) (MUTKE *et al.*, 2012). Le Liban pays de 1,045 million d'hectares possède une surface en pin pignon importante en valeur relative, d'environ 13 000 ha (ROUKOZ, 2005) soit à peu près la surface couverte par cette essence en France.

Cette large répartition du pin pignon en Méditerranée est liée à son importance économique et principalement à la production de pignons. Cette production au Liban est de 1 500 tonnes/an (SFEIR, 2011) ce qui correspond à un rendement estimé à 0,24 tonnes par hectare. La rentabilité financière est très élevée puisque le prix d'un kilogramme varie entre 40 et 50 dollars US (STEPHAN, 2013). Les pignons sont utilisés principalement dans la cuisine et la confiserie locale comme une consommation de luxe (ROUTIER, 1996). Cependant cette ressource est menacée. L'urbanisation en constante progression (+59% sur la période 1994-2005, FAOUR 2014) réduit les surfaces forestières en particulier celles des pinèdes. Celles-ci sont soumises aussi au risque d'incendie. Ainsi, au cours d'une seule journée en octobre 2007, la superficie brûlée totale (1 500 hectares) a été équivalente à trois fois la superficie reboisée pendant 17 ans (AFDC, 2007). Une autre menace sur les pinèdes à pin pignon est liée aux insectes ravageurs dont les dégâts sont en expansion notamment ceux liés au scolyte *Tomicus destruens* et plus récemment à la punaise d'origine nord-américaine *Leptoglossus occidentalis* (NEMER 2015). Ces facteurs font que la production de pignons a

chuté de manière sensible au cours des dernières années mais ce ne sont certainement pas les seuls.

En effet, aucune étude de terrain n'a été réalisée sur les peuplements de pin pignon. En particulier, on ne sait pas comment les peuplements se distribuent selon les facteurs du milieu, quelles sont leurs caractéristiques dendrométriques et quelle dynamique de végétation est observée dans ces formations. On ignore aussi si une régénération naturelle est possible. En effet, l'origine du pin pignon est débattue : pour certains auteurs cette essence a été introduite au Liban et se maintient par plantation depuis fort longtemps, mais pour d'autres elle est « climatique », c'est-à-dire capable de se maintenir sur le long terme en se régénérant. En particulier dans son travail de thèse, ABI-SALEH (1978) en utilisant une approche phytosociologique, place le pin pignon comme le stade terminal des successions végétales dans plusieurs étages de végétation et pour certains substrats. Mais cela est-il observé sur le terrain ? L'avenir du pin pignon est-il assuré dans ce pays ?

Afin de répondre à ces questions, nous avons conduit une étude sur le Mont-Liban, une large région où se concentre presque la totalité des peuplements. Nos objectifs sont les suivants : 1) caractériser les pinèdes sur le plan dendrométrique et celui de la composition de la végétation, 2) déterminer si une régénération naturelle est présente dans les

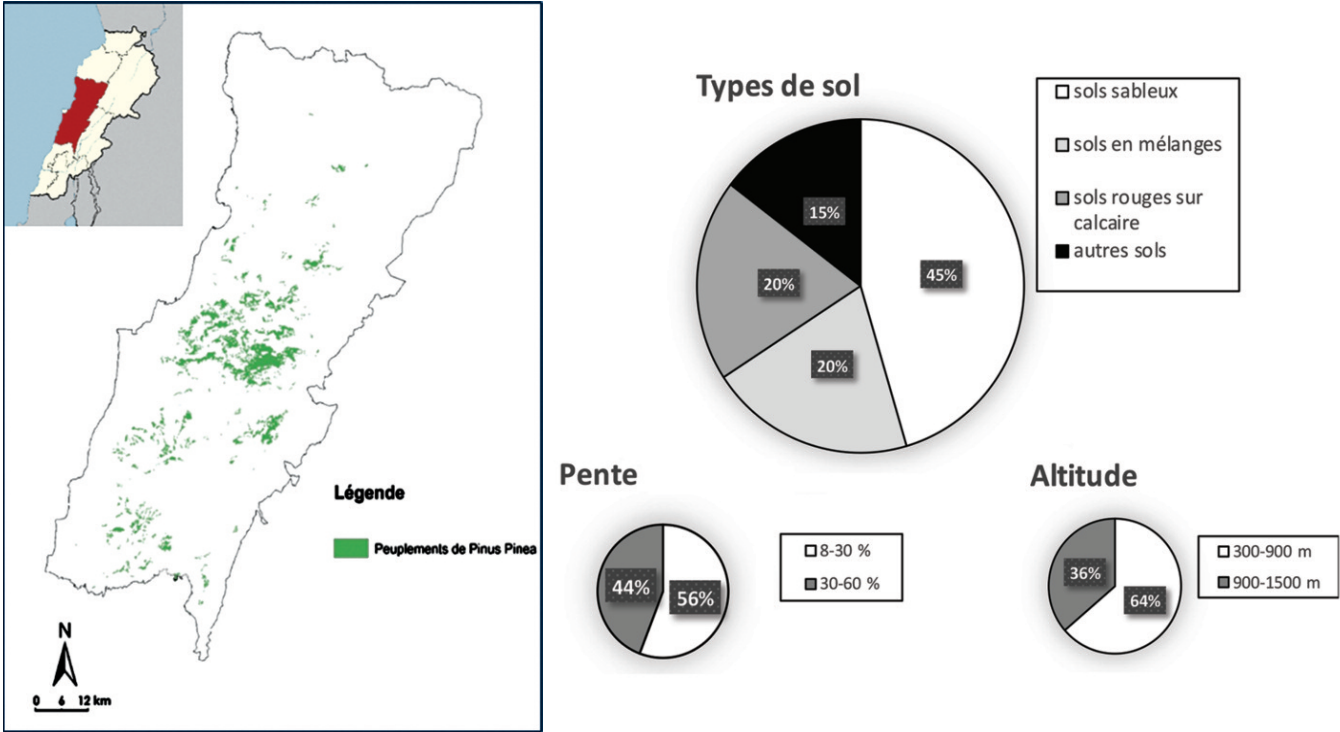
peuplements et 3) dans le cas où cette régénération ne s'observe pas comprendre les raisons de ce blocage afin de préconiser des pistes pour la gestion.

Des peuplements vieillissants avec une dynamique à chênes

Répartition sur le Mont Liban en fonction des facteurs de l'environnement

Notre étude porte sur le Mont Liban, une chaîne de montagnes de 30 km de largeur et 170 km de longueur avec une orientation SSW-NNE. Elle s'étend de la côte à 3 088 m d'altitude avec une altitude moyenne de 2 000 m. Le climat est typiquement méditerranéen mais fortement influencé par le relief. Les températures varient avec l'altitude avec une moyenne annuelle de 20,7 °C dans les zones côtières et une diminution d'environ 0,6° C tous les 100 m. De même, les précipitations annuelles augmentent de 700 à 900 mm dans les zones côtières jusqu'à 1 200 mm au point le plus haut du Liban à 3 088 m et la sécheresse estivale s'étend sur 5 mois en moyenne de mai à septembre. Nous avons croisé la carte de répartition du pin pignon (12 740 ha, Cf. Fig. 1) avec les principaux facteurs de l'environnement : altitude, pente, exposition, géologie et sols en

Fig. 1 :
Carte de la distribution du pin pignon dans le Mont Liban (en insert : position du Mont Liban dans le pays). Les graphes indiquent la répartition des surfaces en pin selon le type de sol, les classes de pente et d'altitude.



utilisant les données existantes. Les peuplements sont distribués pour 64 % à des altitudes comprises entre 300 et 900 m (Cf. Fig. 1), sur des pentes fortes (>30 %) et sur des sols variés mais principalement représentés par des sols sableux sur grès (pour 45 %).

Nous avons ensuite sélectionné 10 sites les plus représentatifs des facteurs du milieu et échantillonné sur chaque site 5 peuplements en installant dans chacun une placette 15m×15m. Dans chaque placette, nous avons mesuré la hauteur de 2-3 arbres dominants (qui ont aussi été carottés à 1m30), la densité et la circonférence des arbres. Un inventaire de la flore a été réalisé et les principaux facteurs du milieu mesurés. Les traces de perturbations anthropiques présentes (par ex. coupes, débroussaillage) ou passées (banquettes) ont été notées. Une fosse pédologique a été installée pour estimer les principaux paramètres du sol et une mesure du pH et du ratio carbone sur azote (C/N) effectuée en laboratoire sur un échantillon du sol de surface (voir NAKHOUL *et al.*, 2020b pour plus de précisions). Pour connaître l'état de la régénération, la densité en semis de pin a été mesurée sur 9 placeaux de 1m×1m dans chaque placette.

60 % des peuplements de notre échantillon sont situés sur des sols sableux sur grès ou grès siliceux, 32 % sont sur calcaires et le reste sur marne. Les sols non carbonatés en surface sont les plus représentés (72 %). 28 % des peuplements sont sur des banquettes, témoignant d'un ancien passé agricole et 16 % présentent des signes d'activités anthropiques.

Etude dendrométrique : des peuplements âgés et denses

Les résultats de l'étude dendrométrique ont montré que les peuplements sont presque uniquement composés par le pin pignon dans l'étage dominant. L'âge des peuplements se situe entre 85 et 90 ans et seuls quelques-uns sont plus jeunes (45 ans). Ce sont des peuplements qui sont en moyenne denses (850 tiges/ha), de faible hauteur (11 m) et avec une surface terrière élevée (49 m²/ha).

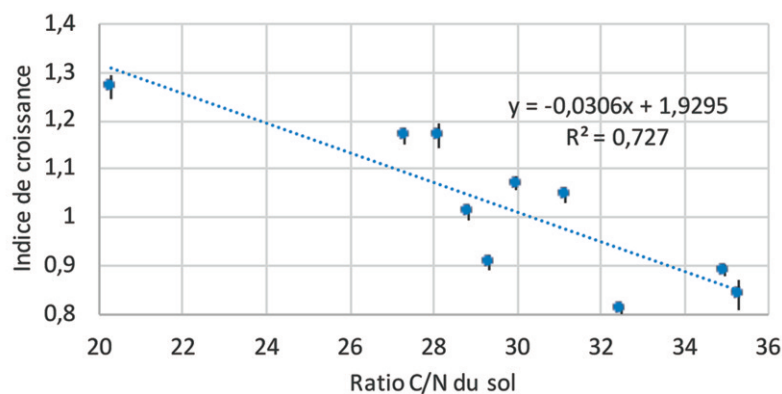
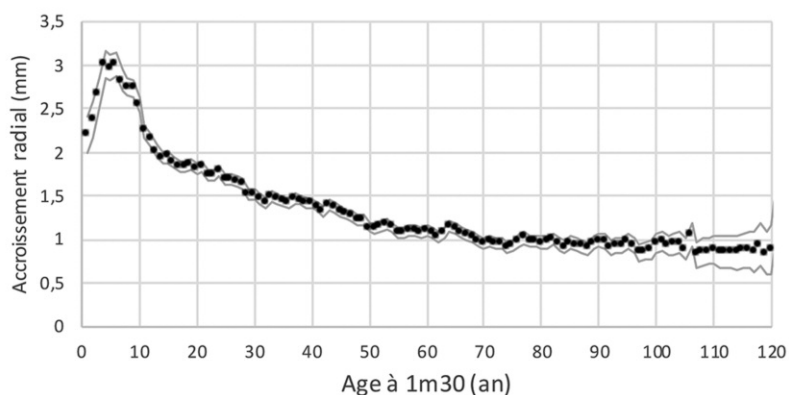
Nous avons mesuré également l'accroissement radial en analysant les cernes de croissance sur 238 carottes extraites à 1m30. Malheureusement nous n'avons pas pu effectuer une interdatation complète des séries de cernes, aussi nos résultats sont donnés à titre indicatif. Ils montrent une décroissance

forte de la croissance avec l'âge puisque l'accroissement radial entre 70-100 ans est de l'ordre de 1 mm seulement (Cf. Fig. 2). Il est intéressant de noter que l'indice de croissance, calculé en corrigeant les valeurs de croissance de l'effet de l'âge, est corrélé négativement avec le rapport C/N du sol. En effet, dans nos sites les sols sont en général profonds (>1m) et donc l'effet réserve utile en eau est certainement minoré alors que la fertilité semble jouer un rôle plus important dans ces conditions.

Végétation : une absence de semis mais une présence marquée du chêne

L'inventaire floristique révèle un total de 117 espèces dans le sous-bois (flore vasculaire) avec une moyenne de 14 espèces par relevé (Cf. Photos 1 à 4). Les espèces ligneuses les plus abondantes (en recouvrement) sont le chêne de Palestine (*Quercus calliprinos*, 27% de recouvrement en moyenne) qui est un chêne apparenté au chêne kermès mais capable d'atteindre une plus grande taille, les cistes qui sont abondants (*Cistus salviifolius* et *Cistus creticus*, 20%) et le chêne d'Alep (*Quercus infectoria*,

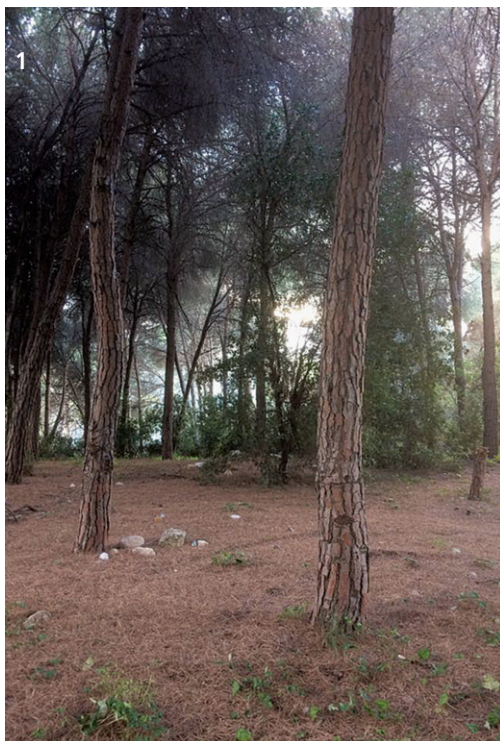
Fig. 2 (ci-dessous) : Accroissement radial moyen sous écorce en fonction de l'âge à 1m30 (en haut) et variation de l'indice de croissance en fonction du ratio C/N du sol pour les 10 sites d'étude (en bas).



1 - IMBE : Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale.

Photos 1 à 5 :

1) les pinèdes sont pour la plupart monospécifiques et denses. La végétation ligneuse du sous-bois est dominée par
2) *Quercus calliprinos*,
3) *Quercus infectoria*
et 4) les cistes dont *Cistus salviifolius*.
Les sols 5) sont le plus souvent profonds et à texture sableuse.
Photos J. Nakhoul.



7%) à feuilles marcescentes. On trouve ensuite le pistachier de Palestine (*Pistacia palaestina*, 6%), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*, 3%) et le caroubier (*Ceratonia siliqua*, 3%). Il est remarquable de constater que seulement 15 semis de pin pignon ont été inventoriés sur les 450 placeaux de 1m² ! Ces semis ont été trouvés sur des placettes avec des traces de perturbations par des activités humaines.

Ces éléments montrent que la trajectoire dynamique des peuplements de pin, qui sont pour la plupart non gérés, s'oriente clairement vers les chênaies. On peut donc soutenir le fait que le maintien du pin pignon dépend de la gestion forestière.

Le blocage de la régénération naturelle : le rôle négatif de la litière et des macérâts d'aiguilles

Nous avons constaté que la régénération naturelle était quasi-inexistante dans la plupart des peuplements échantillonnés. Nous avons voulu comprendre les raisons de cette absence à l'aide de deux expérimentations : la première *in situ* dans un peuplement de pin pignon au Liban et la seconde dans le laboratoire de l'IMBE¹ à Marseille.

Expérimentation in situ : l'influence positive des traitements de la litière

Dans la première expérimentation, nous testons l'hypothèse que la litière joue un rôle de barrière à l'émergence des semis et que la prédation des graines et des plantules est également un facteur limitant. Pour cela, nous avons installé dans un peuplement de pin au couvert fermé 18 placeaux de 1m² distribués selon trois traitements : un témoin avec la litière en place, un traitement où la litière est brûlée et un traitement où la litière est enlevée et le sol scarifié (Cf. Photos 6 à 8). Chaque placeau est divisé en 4 parties (sous-placeaux) : deux avec une cage de protection contre les oiseaux et les rongeurs (30 cm × 30 cm, maille de 1 cm) et deux sans protection. Nous avons ensuite installé à la fin de l'automne, 25 graines de pin pignon dans chaque sous-placeau (graines à 98% de pouvoir germinatif). Nous





avons suivi l'émergence et la survie des semis durant 29 semaines. L'expérience a été répétée au cours de 2 années consécutives et comme les résultats sont globalement comparables nous présentons ceux de la seconde année (11 novembre 2018 - 8 juin 2019). Plus de précisions sont disponibles dans NAKHOUL *et al.* (2020a).

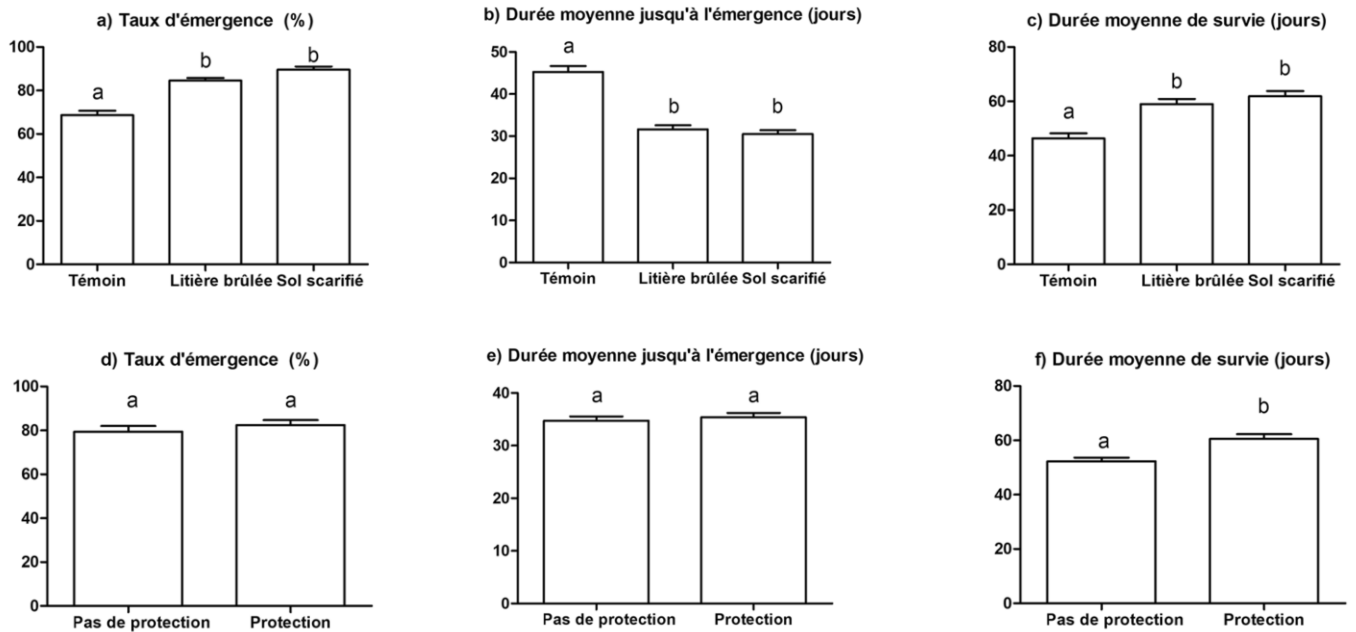
Les résultats (Cf. Fig. 3) ont montré que c'est dans le témoin que l'émergence des semis a été la plus faible (69 % des graines) par rapport aux deux autres traitements (85-90 %) et la plus tardive (45 jours) en comparaison avec le brûlage et la scarification (31 jours). La survie des semis a aussi été de 14 jours plus courte dans le témoin par rapport aux deux autres traitements. En revanche le traitement de protection n'a eu une influence

positive significative que sur la durée de survie.

La dynamique des semis au cours du temps montre cependant (Cf. Fig. 4a) qu'à la fin de l'expérimentation le taux de survie est très faible dans tous les traitements puisque qu'au bout de 206 jours seuls 14 semis étaient encore vivants ! Le traitement de protection a eu un effet positif mais assez faible sur la survie (Cf. Fig. 4b).

Photos 6 à 8, de gauche à droite :
6) Placeau après brûlage de la litière.
7) Placeau sans litière avec sol scarifié et cages de protection sur deux sous-placeaux.
8) Comptage des semis de pin pignon.
Photos J. N.

Fig. 3 (ci-dessous) :
 Influence des traitements de la litière et de la protection sur a), d) le taux d'émergence b), e) la durée moyenne jusqu'à l'émergence et c), f) la durée de survie moyenne des semis (moyenne + se). Des lettres différentes entre les traitements indiquent des différences significatives (test de Tukey, $P < 0.05$). Dans cette expérimentation le devenir de 1800 graines a été suivi sur 29 semaines.



Ces résultats montrent que la litière exerce un effet négatif à la fois en diminuant et en retardant l'émergence et aussi en accélérant la mortalité même si la mortalité finale reste très élevée dans tous les traitements. La mortalité forte des semis au cours du temps dans les traitements est liée à un dessèchement des plantules pour la plus grande part, bien qu'il y ait eu aussi des attaques par le champignon pathogène *Melampsora pinitorqua*. Elle s'explique aussi par le manque de lumière dans cette pinède fermée : la lumière transmise est estimée à 9% en utilisant la relation entre la lumière transmise et la surface terrière proposée par ADILI (2013) pour les pinèdes à pin pignon en Tunisie du Nord. A cette faible transmittance, ces auteurs ont noté également *in situ* un déficit marqué de plantules de 1 an par rapport à des niveaux de transmittance plus élevés. En laboratoire aussi une mortalité forte des plantules au bout de quelques mois a été observée dans les conditions d'éclaircissement les plus faibles (ADILI, 2012).

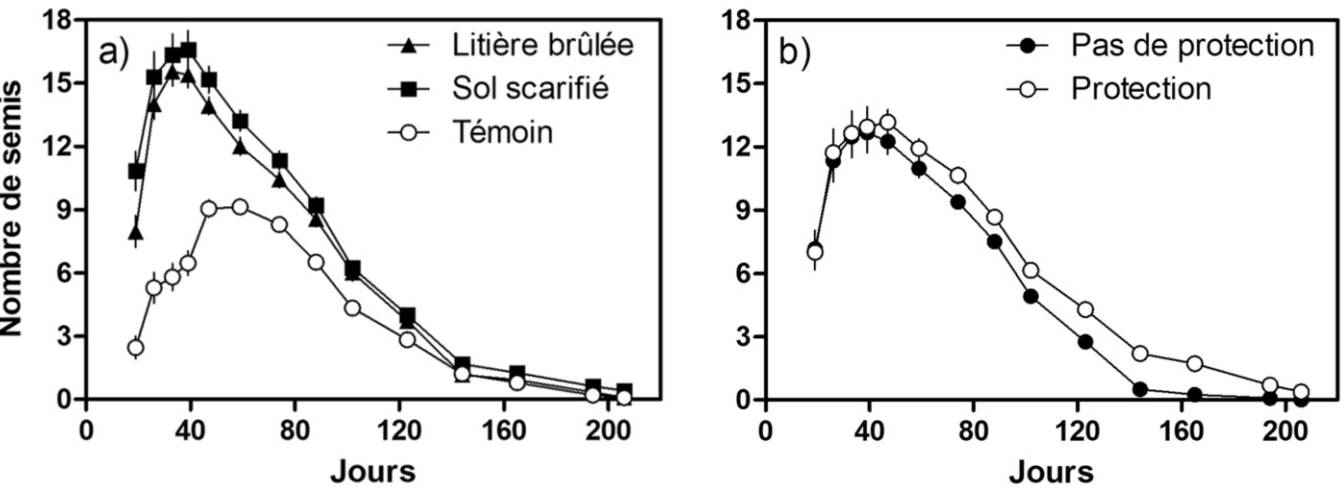
De façon surprenante la prédation n'a joué qu'un rôle relativement faible. Elle s'est exercée sur les plantules et non sur les graines. L'absence de prédation sur les graines peut s'expliquer par le fait que les graines ont été légèrement enfouies dans le sol, les rendant moins détectables. D'autre part, la présence de la hyène et du chacal dans les forêts libanaises peut réduire la pression de la prédation par les petits rongeurs. Quand elle survient, cette prédation ne concerne que les plantules, plus facilement détectables par les prédateurs en raison du faible développement de la végétation de sous-bois.

Expérimentation en laboratoire : mise en évidence d'un facteur allélopathique

Afin de mieux comprendre l'effet des traitements sur l'émergence et le développement des plantules de pin, une seconde expérimentation a été conduite en laboratoire. Des graines ont été mises à germer dans des boîtes distribuées selon trois conditions de substrat : sol nu, sol avec litière de pin (3 cm d'épaisseur) = témoin, sol avec une litière brûlée. Les pluies traversant la canopée puis les litières se chargent de divers composés et peuvent induire un phénomène d'autotoxicité sur les plantules comme cela a été montré pour le pin d'Alep (FERNANDEZ, 2008). Afin de simuler ce processus, les boîtes ont été régulièrement arrosées avec des macérations d'aiguilles fraîches de pin pignon selon trois concentrations (0 %=témoin ; 2,5 % et 10 %). Le sol, la litière et les aiguilles proviennent de peuplements des Bouches-du-Rhône et du Gard. La germination a été suivie dans le temps et à la fin de l'expérimentation les dimensions et biomasses aériennes et souterraines des plantules ont été mesurées. Les détails méthodologiques sont disponibles dans NAKHOUL *et al* (2020a).

Les résultats ont montré que la vitesse de germination, la longueur de la racine et le ratio de la biomasse souterraine/aérienne ont augmenté en suivant la séquence sol litière en place / sol avec litière brûlée / sol nu scarifié (Cf. Fig. 5). En revanche, ces mêmes variables ont diminué avec l'augmentation de la concentration des macérations.

Fig. 4 :
Variation du nombre de semis (moyenne \pm se) au cours du temps en fonction
a) des traitements de la litière et b) de la présence ou non d'une protection.



Cela met en évidence un facteur allélopathique qui pourrait être lié à l'acide quinique ($C_7H_{12}O_6$), principal métabolite détecté après analyse des macérations (NAKHOUL *et al.*, 2020a).

Ces résultats sont cohérents avec ceux observés *in situ* pour ce qui est du type de substrat. La litière représente une barrière mécanique et chimique défavorable à la germination et au développement des plantules. En revanche, sa suppression et la scarification du sol sont bénéfiques. Sur le terrain, la scarification permet aussi la décompaction du sol et l'amélioration des conditions d'alimentation hydrique et minérale du plant. L'influence un peu moins bénéfique du brûlage peut être liée à la présence de cendres comme montré dans d'autres études portant sur diverses espèces de pin (REYES et CASA, 2004 ; SAGRA *et al.*, 2018). L'influence négative des macérations illustre un effet autotoxique du pin sur sa régénération. Un tel effet a déjà été observé sur *Pinus halepensis* (FERNANDEZ *et al.*, 2008) ou sur *Pinus densiflora* (BONG-SEOP, 1992).

Pour conclure : quelle gestion pour les peuplements actuels ?

Une espèce qui se maintient artificiellement

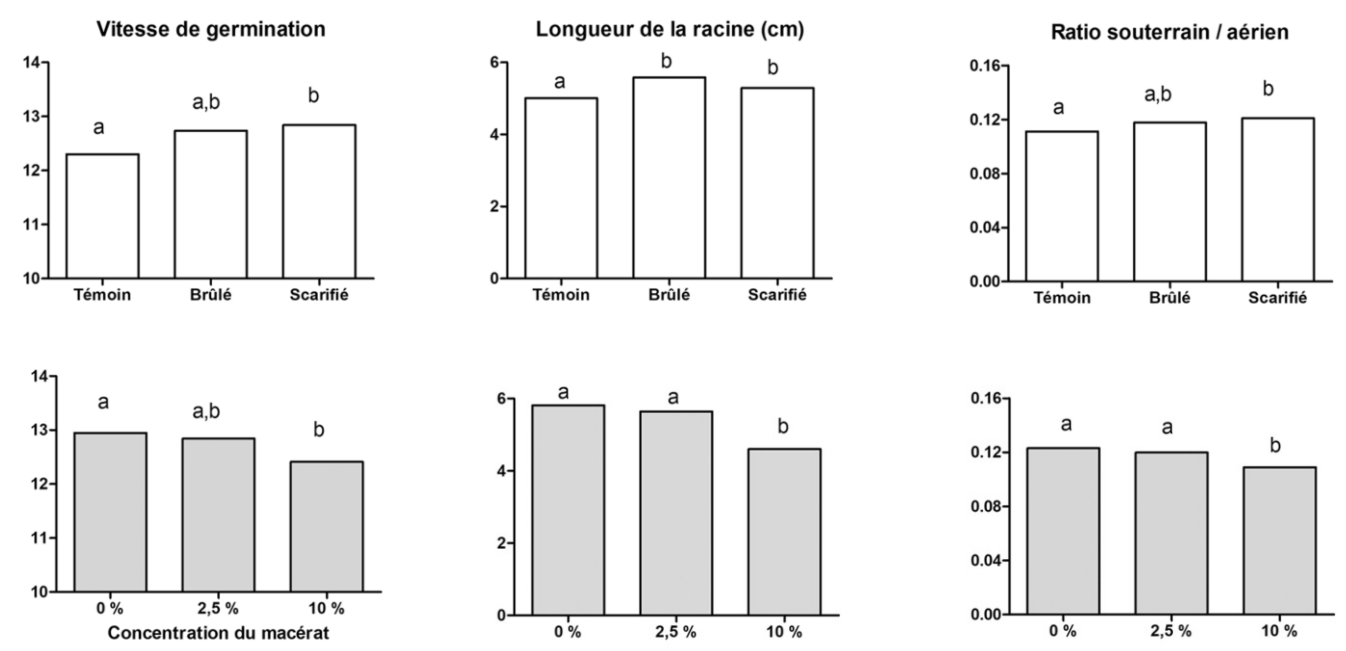
De précédents travaux phytosociologiques (CHOUCHANI *et al.*, 1975 ; ABI-SALEH, 1978) affirmaient que le pin pignon était une espèce spontanée au Liban capable de consti-

tuer une formation climacique. Nos travaux montrent au contraire l'absence de régénération naturelle dans les peuplements mais mettent en avant une dynamique marquée vers les chênaies. Ces observations rejoignent des constatations plus anciennes. Ainsi MONNET (1924), inspecteur des Eaux et Forêts en mission en Syrie en 1921-1922, note la présence étendue du pin pignon et écrit « *Au niveau de Beyrouth, dans la partie centrale du Liban et sur le versant qui regarde la mer, c'est enfin la vaste région forestière d'Hamana (10 000 hectares) constituée par les plantations de pin pinier... Effectués par les villages ou des particuliers, ces reboisements d'âges divers, compris entre zéro et soixante ans, sont en général très bien venants* ». Il souligne aussi l'importance de cette ressource par plantation « *leur présence est bien faite pour qu'on puisse envisager avec confiance l'avenir forestier de l'ensemble du pays* ». De façon similaire, BERJAOUI (1952) note que le pin pignon s'étend de la côte jusqu'à 1660 m sur grès et sur calcaire et que c'est le plus étendu des résineux. Il précise également que « *tous les boisements sont d'origine artificielle* ».

Eclaircir les peuplements

Il existe deux options pour la gestion des peuplements de pin pignon au Liban. La première est de laisser les peuplements vieillir sans aucune intervention (scénario de « non gestion ») ce qui constitue le cas actuel. Nous avons montré que les forêts de pin pignon sont pures avec un âge relativement avancé.

Fig. 5 : Effet du type de substrat (graphes du haut) et de la concentration des macérations (graphes du bas) sur les valeurs moyennes de la vitesse de germination, la longueur de la racine et le ratio de la biomasse souterraine sur aérienne. Des lettres différentes entre les traitements indiquent des différences significatives (test de Tukey, $P < 0,05$).



Si ces peuplements, qui sont artificiels et plantés depuis des décennies, continuent à vieillir, ils seront très probablement menacés de disparition en raison de l'absence de régénération naturelle et de gestion forestière favorisant celle-ci. Une disparition plus brutale et massive n'est pas à exclure sous l'effet des sécheresses qui deviennent plus fréquentes et intenses, du risque incendie et du risque sanitaire avec une aggravation des dommages liés aux insectes nuisibles (NEMER, 2015). Par ailleurs, les fortes densités des peuplements limitent drastiquement la production de cônes. La chute dans les rendements constatée ces dernières années (FAO, 2010) fait baisser la valeur économique de ces forêts et pousse les propriétaires à ne pas gérer.

Une autre option est de favoriser une gestion sylvicole se fondant sur l'éclaircie des peuplements actuels (Cf. Tab. I). En effet, l'éclaircie favorise la croissance des arbres et accélère leur productivité. Elle agit sur le microclimat en augmentant la disponibilité en lumière, en améliorant le bilan hydrique via la réduction de la transpiration et de l'interception des pluies entre arbres (BRÉDA *et al.* 1995), ce qui au final favorise aussi la croissance de la végétation sous la canopée (PRÉVOSTO *et al.*, 2020). Pour le pin pignon les éclaircies visent à augmenter la produc-

tion en cônes et elles sont généralement effectuées à un âge plus précoce que dans nos conditions. Ainsi en Tunisie du Nord, la production moyenne, estimée à 30 cônes/arbre pour une densité de 200 tiges/ha, chute à seulement 1,6 cônes/arbre pour une densité de 900 tiges/ha (ADILI, 2012). Des résultats similaires ont été trouvés par MORENO-FERNÁNDEZ *et al.* (2013) où les éclaircies pratiquées sur des peuplements âgés de 20 ans ont augmenté la production de cônes de 14,9 à 39,3 kg/ha/an en diminuant la densité de 517 tiges/ha à 350 tiges/ha. Il faut remarquer qu'au Portugal, une surface terrière de l'ordre de 8 à 14 m²/ha est recommandée pour optimiser la production de cônes (FREIRE *et al.*, 2019) ce qui correspond à des densités particulièrement faibles (entre 16 et 28 arbres de 80 cm de diamètre à l'hectare !).

Des éclaircies sont à recommander dans les peuplements denses de notre étude (849 tiges/ha) afin de stimuler la production de cônes malgré un âge moyen relativement avancé (80 ans) correspondant au début de la baisse de production fructifère (GANATSAS *et al.*, 2008). L'éclaircie permettra aussi d'améliorer l'état sanitaire des peuplements et de les rendre moins vulnérables au stress hydriques. Toutefois, au Liban, des obstacles législatifs s'opposent à de telles actions de

Tab. I :
Principales études
sur le pin pignon
et enseignements
pour la gestion.

| Référence | Lieu | Travaux | Enseignements, gestion |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adili (2012) | Pinèdes matures, Tunisie du Nord | Comptage des cônes, étude de la régénération naturelle | Optimisation de la production de cônes à 200 tiges/ha (30 cônes/arbre) Faible régénération naturelle (semis de 1 an) hormis dans les trouées |
| Gonçalves <i>et al.</i> (2016) | Pinèdes au Portugal dans un système agroforestier | Evaluation de la production de cônes en fonction des mesures dendrométriques | Distribuer les semenciers d'une façon spatialement homogène avec une faible densité – Production de 33,7 cônes/arbre pour une densité de 66 tiges/ha et seulement 12,9 cône/arbre pour 233 tiges/ha. |
| Montero <i>et al.</i> (2008) cité dans Calama <i>et al.</i> (2017) | Pinèdes Espagne (Plateau du Nord) | Sylviculture et coupes | Coupe de régénération à 100 ans réduisant la densité à 60 arbres/ha. Deux coupes supplémentaires possibles (durée de la régénération : 20 ans). |
| Pardos et Calama (2017) | Pépinière en Espagne | Mesures de paramètres allométriques, de croissance, et photosynthétiques | La grande plasticité phénotypique du <i>Pinus pinea</i> aide à choisir les milieux les plus adaptés vis à vis du stress hydrique. Nécessité d'une forte disponibilité en lumière. |
| Bouachir <i>et al.</i> (2017) | Pinèdes matures en Tunisie | Etude des paramètres dendro-écologiques | Le stress hydrique influence négativement la croissance radiale et les caractères structuraux des arbres de <i>Pinus pinea</i> et les prédisposent aux attaques d'agents pathogènes. |
| Madrigal <i>et al.</i> (2019) | Pinèdes en Espagne et tests en laboratoire | Etude de l'influence de l'écorce sur l'inflammabilité et la résistance au feu | Les hauteurs des troncs affectées par le feu et la survie des arbres lors d'un incendie de forêt sont étroitement liées à l'épaisseur de l'écorce. |
| Freire <i>et al.</i> (2019) | Portugal Peuplements à objectif de production de graines | Sylviculture et coupes | Système traditionnel : éclaircies (2 à 4) entre 10 ans et 40 ans. La densité finale est de 100 à 225 tiges/ha. Coupe finale entre 80 et 100 ans. Elagage pratiqué de 5 à 50 ans. La production de cônes est maximale dans les peuplements très clairs avec de très gros arbres. La surface terrière recommandée se situe entre 8 et 14 m².ha ⁻¹ |

gestion forestière. Il s'agit notamment de la loi 85 du 7 septembre 1991 qui interdit de couper tous types d'arbres résineux, y compris le pin pignon. Initialement, cette loi a été prise dans le but de protéger et préserver les forêts après la fin de la guerre afin de mettre fin aux coupes intempestives et interdire les expansions urbaines dans les écosystèmes forestiers. Il s'agirait donc de modifier cette loi en permettant des coupes mais sans remettre en cause la destination forestière du terrain.

Les coupes seront aussi nécessaires pour assurer la régénération naturelle dans ces peuplements denses où la disponibilité en lumière est un facteur limitant au développement des jeunes plantules. Seules, elles peuvent être insuffisantes pour permettre la régénération et des travaux complémentaires de travail du sol seront sans doute nécessaires pour lever les facteurs de blocage comme cela a été démontré aussi pour d'autres espèces de pin. Enfin une solution alternative est la plantation, car même si cette option ne permet pas le brassage génétique comme la régénération naturelle, sa mise en œuvre reste relativement simple à réaliser au Liban grâce aux pépinières existantes.

J.N., B.P.

Références

Abi Saleh, B., 1978. Etude phytosociologique, phytodynamique et écologique des peuplements sylvatiques du Liban. Thèse de Doctorat. Université Aix-Marseille III.

Adili, B., 2012. Croissance, fructification et régénération naturelle des peuplements artificiels de Pin pignon (*Pinus pinea* L.) au nord de la Tunisie. Thèse de Doctorat. Université Blaise-Pascal.

Adili, B., Hédi El Aouni, M., and Balandier, P., 2013. Unravelling the influence of light, litter and understorey vegetation on *Pinus pinea* natural regeneration. *Forestry*. 86: 297-304.

AFDC, 2007. Association for Forests, Development and Conservation. 2007. State of Lebanon's Forests. Italian Cooperation through ROSS Program, Hanns Seidel Foundation, UNDP, IUCN. Beirut. 128p.

Berjaoui, A., 1952. La distribution des essences forestières au Liban. *Revue Forestière Française*. 4: 833-837.

Bong-Seop, K., 1992. Effect of pine allelochemicals on selected species in Korea. In: Rizvi, S. J. H., Rizvi, V. (Eds.), *Allelopathy: Basic and Applied Aspects*. Chapman and Hall, London. 205-241.

Bouachir, B.B., Khorchani, A., Guibal, F., El Aouni, M.H., and Khaldi, A., 2017. Dendroecological study of *Pinus halepensis* and *Pinus pinea* in northeast coastal dunes in Tunisia according to distance from the shoreline and dieback intensity. *Dendrochronologia*. 45: 62-72.



Photo 9 :

Pin pignon au Mont Liban.

Photo J. N.

Joseph NAKHOUL
Bernard PRÉVOSTO
UMR RECOVER, INRAE,
Aix-en-Provence
bernard.previsto@
inrae.fr

Bréda, N., Granier, A., and Aussenac, G., 1995. Effects of thinning on soil and tree water relations. Transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.)). *Tree Physiology*. 15: 295-306.

Chouchani, B., Khouzami, M., and Quézel, P., 1975. A propos de quelques groupements forestiers du Liban. *Ecologia Mediterranea*. 1: 63-77.

Calama, R., Manso, R., Lucas-Borja, M., Espelta, J., Piqué, M., Bravo, F., del Peso, C., and Pardos, M., 2017a. Natural regeneration in Iberian pines: A review of dynamic processes and proposals for management. *Forest Systems*. 26: 20.

FAO, 2010. Global Forest Resources Assessment. Country Report - Lebanon. FRA2010/114 Rome, 2010.

Faour, 2014. Evaluating urban expansion using remotely-sensed data in Lebanon. *Lebanese Science Journal*. 16: 23-31.

Fernandez, C., Voiriot, S., Mévy, J.P., Vila, B., Ormeño, E., Dupouyet, S., and Bousquet-Mélou, A., 2008. Regeneration failure of *Pinus halepensis* Mill.: the role of autotoxicity and some abiotic environmental parameters. *Forest Ecology and Management*. 255: 2928-2936.

Freire, J., Rodrigues, G.C., and Tomé, M., 2019. Climate change impacts on *Pinus pinea* L. Silvicultural system for cone production and ways to contour those impacts: A review complemented with data from permanent plots. *Forests*. 10: 169.

Ganatsas, P., Tsakalidimi, M., and Thanos, C., 2008. Seed and cone diversity and seed germination of *Pinus pinea* in Strofylia site of the Natura 2000 Network. *Biodiversity Conservation*. 17: 2427-2439.

Gonçalves, A.C., Afonso, A., Pereira, D.G., and Pinheiro, A., 2016. Influence of umbrella pine (*Pinus pinea* L.) stand type and tree characteristics on cone production. *Agroforestry systems*. 91: 1019-1030.

Madrigal, J., Souto-García, J., Calama, R., and Guijarro, M., 2019. Resistance of *Pinus pinea* L. bark to fire. *International Journal of Wildland Fire*. 28: 342-353.

Remerciements

Ce travail a été effectué dans le cadre de la thèse de Joseph Nakhoul. Nous remercions pour leur collaboration Catherine Fernandez, Anne Bousquet-Mélou, Mathieu Santonja, Stéphane Greff et Sylvie Dupouyet de l'équipe « Diversité et fonctionnement : des molécules aux écosystèmes » de l'IMBE/AMU. Nous associons à ces remerciements les membres de l'équipe « Ecosystèmes méditerranéens et risques » de l'UMR RECOVER (INRAE). Nous remercions Christine Boyer (CRPF) pour son aide dans le prélèvement des sols et litières dans les peuplements de pin pignon dans le Gard. Nous remercions aussi au Liban les professeurs Nabil Nemer et Jihad Aboud pour leur aide et leur soutien. Ce travail a obtenu un soutien financier par le programme franco-libanais PHC Cèdre du ministère de l'Europe et des Affaires étrangères.

- Monnet, 1924. Une mission forestière en Syrie. *Revue des Eaux et Forêts*. Tome 42, pp. 445-454.
- Moreno-Fernández, D., Cañellas, I., Calama, R., Gordo, J., and Sánchez-González, M., 2013. Thinning increases cone production of stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in the Northern Plateau (Spain). *Annals of Forest Science*. 70: 761-768.
- Mutke, S., Gordo, J., and Gil, L., 2005. Variability of Mediterranean Stone pine cone production: Yield loss as response to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 132: 263-272.
- Nakhoul, J., Santoja, M., Fernandez, C., Greff, S., Bousquet-Melou, A., Dupouyet, S., Nemer, N., Kattar S., Abboud, J., Prévosto, B., 2020a. Soil scarification favors natural regeneration of *Pinus pinea* in Lebanon forests: Evidences from field and laboratory experiments. *Forest Ecology and Management*, 459: 117840.
- Nakhoul, J., Fernandez, C., Bousquet-Melou, A., Nemer, N., Abboud, J., Prévosto, B., 2020b. Vegetation dynamics and regeneration of *Pinus pinea* forests in Mount Lebanon: towards the progressive disappearance of pine. *Ecological Engineering*, 152: 105866.
- Nemer, N., 2015. Report on insect pests associated with conelet losses and their management in *Pinus pinea* forests in Lebanon. TCP/LEB/3501BABY, Affiliation: FAO.
- Pardos, M., and Calama, R., 2017. Responses of *Pinus pinea* seedlings to moderate drought and shade: is the provenance a differential factor? *Photosynthetica*. 56: 786-798.
- Prévosto, B., Helluy, M., Gavinet, J., Fernandez, C., and Balandier, P., 2020. Microclimate in Mediterranean pine forests: What is the influence of the shrub layer? *Agricultural and Forest Meteorology*. 282-283: 107856.
- Reyes, O., and Casal, M., 2004. Effects of forest fire ash on germination and early growth of four *Pinus* species. *Plant Ecology Former. 'Vegetatio'*. 175: 81-89.
- Roukoz, S., 2005. Final Report - National Consultant Mapping and Remote Sensing TCP/LEB/2903. MOA, Beirut, July 2005.
- Routier, J., 1996. Analysis of *Pinus pinea* Forests in Lebanon. (Project in Forest Management). Faculty of Forestry, Laval University, France.
- Sagra, J., Ferrandis, P., Plaza-Álvarez, P.A., Lucas-Borja, M.E., González-Romero, J., Alfaro-Sánchez, R., De las Heras, J., and Moya, D., 2018. Regeneration of *Pinus pinaster* Aiton after prescribed fires: Response to burn timing and biogeographical seed provenance across a climatic gradient. *Science of the Total Environment*. 637-638: 1550-1558.
- Sfeir, P., 2011. Stone Pine & Pine Nuts Production In Lebanon. Agropine, 2011. http://networks.iamz.ciheam.org/agropine2011/PDFs_ponencias/RT4.Production_in_Lebanon_P_Sfeir.pdf
- Stephan, J., 2013. Safeguarding and restoring Lebanon's woodland resources project: socio-economic impact assessment. United Nations Development Programme. 22p.

Résumé

Le pin pignon est une essence qui joue un rôle central dans la forêt libanaise principalement pour son intérêt économique dans la production de graines comestibles. Cependant, les peuplements de pin pignon, dont la majorité se localise au Mont Liban, n'ont fait l'objet d'aucune étude écologique et forestière. L'origine du pin (artificielle ou spontanée) est aussi débattue. A l'aide de 50 placettes distribuées dans diverses conditions de milieu nous avons montré que ces peuplements sont pour la plupart âgés (80-90 ans environ), denses (850 tiges/ha) avec une surface terrière forte (49 m²/ha). La composition du sous-bois révèle une absence presque complète de semis de pin mais une dynamique claire à chênes : *Quercus calliprinos* principalement et secondairement *Quercus infectoria*. Une étude conduite sur le terrain et une autre en laboratoire montrent que la litière et les macérations d'aiguilles fraîches de pin influent négativement sur la germination, l'émergence et la survie initiale des semis de pin. En revanche, la suppression de cette litière par des travaux du sol (scarification, brûlage) a un effet bénéfique. Cependant la mortalité finale des semis reste très élevée dans nos conditions expérimentales *in situ* liée à un manque de lumière. En l'absence de gestion, l'avenir des peuplements de pin pignon au Mont Liban semble donc compromis par le manque de régénération naturelle. Nous recommandons l'éclaircie des peuplements pour favoriser la croissance et la production de cônes, complétée par des travaux du sol lorsque le peuplement doit être régénéré.

Summary

The stone Pine in Lebanon: what future for existing stands?

Stone pine is a species which plays a key role in the Lebanese forest, mainly for its economic interest in edible seed production. However, no ecological or forestry studies have been conducted on stone pine stands which are for the most part located on Mount Lebanon. The origin of this pine (introduced or spontaneous) is also debated. By studying 50 plots, spread across diverse site conditions, we found that for the most part pine stands are 80-90 years old, with a high density (850 pines/ha) and a high basal area (49 m²/ha). An analysis of the vegetation making up the understory revealed an almost complete absence of pine seedlings but a clear dynamic for oaks, mainly *Quercus calliprinos* and to a lesser extent *Quercus infectoria*. Results from a field survey and laboratory experiment showed that the litter and leachates from green needles have a negative influence on germination, emergence and early survival. In contrast, the suppression of the litter with work on the soil (scarification, controlled burning) has a beneficial effect. However, the final seedling mortality was very high in our field conditions due to lack of light. Thus, in the absence of management, the future of stone pine stands on Mount Lebanon will be compromised due to the lack of natural regeneration. We recommend the thinning of present stands in order to favor growth and cone production, combining this with working the soil wherever the regeneration of the stand is required.