

Restauration adaptative du paysage forestier comme contribution à des écosystèmes plus résilients dans la Réserve de biosphère de Shouf (Liban)

par Nizar HANI, Pedro REGATO, Rosa COLOMER, Marco PAGLIANI,
Monzer BOUWADI & Zeina ZEINEDDINE

Introduction

Les écosystèmes forestiers au Liban subissent diverses pressions, dont la fragmentation du paysage et des habitats, les changements dans l'utilisation des terres, les conflits fonciers, l'étalement urbain, les incendies de forêt, les épidémies et attaques de ravageurs, l'empietement des terres cultivées et les pratiques non durables telles que l'exploitation forestière, le sur et le sous pâturage, et la récolte massive de plantes médicinales et aromatiques (MoE/PNUD, 2011). Ces menaces ont augmenté la vulnérabilité des peuplements forestiers déjà fragmentés et menacent grandement leur résilience face aux impacts du changement climatique, à savoir la fréquence et l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes tels que les vagues de chaleur et la sécheresse, l'aggravation des feux de forêts, des épidémies et ravageurs et des dépérissements (MITRI, G., 2007).

Les efforts de reboisement dans les écosystèmes des terres arides sont souvent entravés par la sécheresse et la productivité limitée des sols. Ces deux facteurs ont tendance à interagir de manière synergique pour aggraver le stress hydrique pour les jeunes plants mis en place (VALLEJO, V.R. *et al.*, 2012). Les projections du changement climatique indiquent une augmentation de la sécheresse et un régime de feu plus sévère dans la majorité du Liban (MoE/PNUD, 2011). Dans ce contexte,

Article déjà paru dans :
Plant Sociology n° 54 (1) S1
doi: 10.7338/pls2017541S1/14
<http://www.scienzadellavegetazione.it/sisy/documenti/Articolo/pdf/526.pdf>

1 - <https://webgate.ec.europa.eu/europeaid>

le principal défi pour la restauration des forêts est de maintenir un équilibre hydrique ou une capacité de transport d'eau du sol qui permette aux plants d'utiliser la quantité d'eau dont ils ont besoin, tout en permettant la recharge en eau du sol par l'infiltration des précipitations.

Liban, les forêts du Liban couvrent 139 376 ha tandis que les autres terres boisées (*Other Wooded Lands - OWL*) occupent une superficie de 108 378 ha, soit respectivement 13,3% et 10,37% de la superficie du pays (FAO, 2010). Les forêts sont globalement divisées en trois types : forêts mixtes (15 610 ha), feuillus (78 887 ha) et conifères (44 879 ha). En décembre 2012, le Liban a lancé le programme « 40 millions d'arbres », une initiative nationale dirigée par le ministère de l'Agriculture pour planter 40 millions d'arbres forestiers dans les terres publiques au cours des 20 prochaines années¹.

Le projet « Mosaïques méditerranéennes » (MM) vise à contribuer au programme « 40 millions d'arbres », en augmentant la résilience aux changements climatiques des écosystèmes forestiers dans la réserve de biosphère de Shouf (RBS) et en mettant en œuvre des interventions de gestion forestière adaptive et de restauration du paysage forestier qui aident à : (i) surmonter la tendance croissante de pénurie en eau (à savoir la réduction des précipitations annuelles et la durée plus longue de la sécheresse estivale) ; (ii) et réduire la vulnérabilité des agro-écosystèmes du paysage rural aux phénomènes météorologiques extrêmes tels que les incendies de forêt et les vagues de chaleur.



Matériaux et méthodes

L'équipe de MM a entrepris les interventions de restauration du paysage forestier suivantes :

1.- Événements de sensibilisation dans les municipalités cibles sur les objectifs du projet et les interventions proposées en matière de gestion et de restauration forestière.

2.- Ateliers de formation sur la gestion durable des forêts et la restauration du paysage forestier, ciblant les membres des comités forestiers, l'administration forestière et les utilisateurs des terres. Approche d'apprentissage par la pratique, de formation sur le terrain pour les gestionnaires et travailleurs impliqués dans la production de plantes en pépinières et les travaux de restauration sur le terrain.

3.- Actions de planification participative visant à identifier les domaines prioritaires pour la restauration de la forêt dans la RBS et à élaborer des plans de restauration forestière au niveau municipal, y compris la sélection d'espèces indigènes polyvalentes avec des valeurs écologiques, sociales et économiques et l'identification de techniques de restauration de terrain appropriées. Les comités de gestion forestière, établis au niveau municipal, ont facilité le travail de planification participative. Les plans de restauration forestière ont été élaborés en utilisant les Directives mondiales de la FAO pour la restauration des forêts et des paysages dégradés dans les zones arides (BERRAHMOUNI, REGATO & PARFONDRE, 2015) et son outil complet de suivi de la restauration des forêts, qui vise à planifier, analyser et surveiller la performance et l'impact des projets de restauration forestière.

4.- Soutien technique et supervision pour deux partenaires de projet gérant des pépinières privées dans la municipalité de Ramlieh près de la RBS, pour l'élaboration de protocoles de production de plantes pour des matériaux végétaux de haute qualité.

5.- Soutien technique et supervision pour les travailleurs embauchés sur le terrain pour la mise en œuvre effective des techniques de restauration sur le terrain.

6.- Suivi de la performance et de l'impact de toutes les interventions.

Photo 1 :

Vue de la réserve de biosphère de Shouf.

© SBR

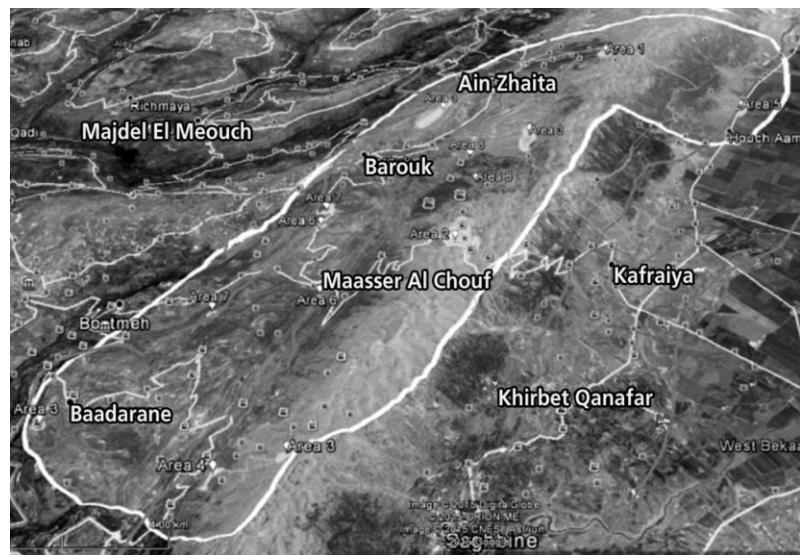
Zone d'étude

La réserve de biosphère de Shouf (RBS) se situe entre $35^{\circ}28'$ et $35^{\circ}47'$ de longitude est et entre $33^{\circ}32'$ et $35^{\circ}48'$ de latitude nord à une altitude de 1200 à 1980 mètres. Elle est située le long d'un massif montagneux escarpé des montagnes de Barouk et de Niha, une extension sud du Mont Liban parallèle à la côte méditerranéenne. La lithologie du calcaire prédomine, bien que les formations de grès se produisent souvent aux altitudes inférieures dans les pentes occidentales, où prédominent les forêts de *Pinus pinea* L. Sur la base de la station météorologique de Maasser el Shouf, les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 1 000 mm, la température annuelle moyenne est de $13,6^{\circ}\text{C}$, avec une période de sécheresse physiologique de mai (19,4 mm) à septembre (17,8 mm), pas de précipitations en juillet et août, et seulement 2,9 mm en juin.

Les principaux écosystèmes forestiers sont les forêts de chênes (*Quercus calliprinos* Webb et *Quercus infectoria* Oliv. dans les zones inférieures, et *Quercus brantii* ssp. Look Mouterde dans les parties supérieures), les forêts de pins à basse et moyenne altitude (*Pinus brutia* Ten. dans les zones calcaires et *Pinus pinea* L. dans les formations de grès), et environ 620 ha de forêts de cèdres (*Cedrus libani* A.Rich.) aux altitudes plus élevées. Ceux-ci représentent les plus grands peuplements de cèdres libanais dans le pays (COLOMER *et al.*, 2014). En outre, la réserve abrite une flore riche qui comprend des plantes médicinales, comestibles et aromatiques.

La SBR comprend trois zones (COLOMER *et al.*, 2014) : (i) zone cœur d'environ 161 km², dont l'objectif principal est de protéger et de restaurer les valeurs naturelles et culturelles ; (ii) zone tampon d'environ 54 km² qui entoure le cœur, où des activités de développement compatibles avec la conservation de la nature peuvent avoir lieu ; (iii) zone de transition d'environ 233 km² avec les villages environnants, où les pratiques de gestion durable des ressources sont promues.

Le projet a identifié et cartographié sous SIG (Cf. Fig. 1) cinq zones prioritaires pour la restauration forestière dans une unité de paysage s'étendant des pentes de montagne occidentales, jusqu'au sommet, et les pentes orientales jusqu'à la zone humide d'Ammiq dans la vallée de la Beqaa.



Zone 1 : l'objectif est de relier les peuplements de cèdres isolés d'Ain Zhalta et Barouk, grâce à la mise en place d'un peuplement de chênes (*Quercus brantii* ssp. Look Mouterde et *Quercus cerris* L.) dans les pentes dénudées, et sur la base de projets de restauration précédents (CASTRO, J. *et al.*, 2004 ; AERTS, R. *et al.*, 2007 ; SHARAN, GJ *et al.*, 2009), pour profiter du rôle de plantes nourrices que les chênes peuvent jouer dans le futur, facilitant la régénération naturelle des cèdres — grâce à la réduction du rayonnement solaire, à l'amélioration de la fertilité des sols et à la rétention d'eau, ainsi qu'à la protection contre les dommages causés par les herbivores. La zone comprend un site de 6 ha, entre Ain Zhalta, Bmohray et Barouk Cedar, dans le côté ouest de la chaîne de Shouf, à une altitude de 1770-1850 m. Le site se compose d'une pente de calcaire abrupte avec des affleurements rocheux abondants et des pierres dans le sol de surface avec un couvert végétal épars d'herbe, de petits arbustes (par exemple, *Ajuga chia* Schreb., *Alyssum repens* Baumg., *Astragalus coluteoides* Will, *A. emarginatus* Labill.), d'arbustes en coussins (par exemple, *Onobrychis cornuta* (L.) Desv., *Prunus prostrata* Lab., *Daphne oleoides* Schreb., *Cotoneaster nummularia* Fisch. & Mey) et de petits arbres (par exemple, *Prunus ursina* Ky, *Sorbus torminalis* (L.) Crantz.) façonnés par l'effet de vents forts.

Zone 2 : l'objectif est d'améliorer la diversité des espèces d'arbres et d'arbustes dans les habitats des forêts de haute montagne et de faciliter la migration en altitude en réponse au changement des conditions de bio-climat dû au changement climatique. La

Fig. 1 :
L'unité de paysage et les zones où des actions de restauration forestière ont été mises en œuvre dans la réserve de la biosphère de Shouf.

zone comprend un site de restauration de 20,5 ha, à Maaser El Shouf, à une altitude de 1750 à 1925 m. Le site se compose de pentes de calcaire modérément à très escarpées avec des pierres de surface abondantes. Une partie de la zone a été aménagée en terrasses dans le cadre d'une précédente tentative de reboisement infructueuse. Le site a une végétation éparses, avec de l'herbe, des arbustes en coussins (par exemple *Prunus prostrata*, *Daphne oleoides*, *Astragalus gummifer* Labill) et des petits arbres dispersés (par exemple *Prunus ursina*, *Sorbus torminalis*, *S. flabellifolia* (Spach) Schneider).

Zone 3 : l'objectif est d'établir des « îlots boisés » variés en espèces dans diverses zones surpâturées, pour fournir un ensemble intégral de services écologiques, suivant l'approche proposée par d'autres projets (REY BENAYAS, JM *et al.* 2008 ; RAZOLA & REY BENAYAS, 2009) : (i) agir comme un centre de propagation, ce qui accélère considérablement le développement des forêts dans les zones dénudées environnantes ; (ii) améliorer la fertilité des sols et les conditions de microclimat favorables à la germination et à la croissance des plantes ; (iii) attirer la faune permettant la dispersion des graines (zoochorie) ayant un rôle clé dans la régénération forestière naturelle ; (iv) améliorer les conditions pour le bétail et la faune pendant la sécheresse estivale, grâce à l'allongement de la période de végétation des herbacées. La zone comprend 15 sites clôturés de 0,5 ha chacun, dans les communes de Fraidees, Barouk (1250-1500 m), Mrusti (1635-1680 m) et Baadarane (1135-1150 m). Les sites sont principalement des pâturages dégradés.

Photo 2 :
Machine
de déchiquetage.
© SBR

Zone 4 : L'objectif est de restaurer la couverture végétale naturelle dans les pentes de talus instables d'une carrière abandonnée, afin de montrer les bonnes pratiques de restauration minière qui pourraient éventuellement être reproduites dans les carrières abandonnées voisines. La zone se trouve dans la commune de Mrusti, à une altitude de 1325 à 1400 m. Le site se compose d'une carrière de calcaire abandonnée, avec des falaises de roche friable verticale et des pentes de talus recouvertes de pierres et de sédiments plus fins provenant d'anciennes activités extractives.

Zone 5 : l'objectif est de créer une barrière verte entre la route et les zones humides et d'accroître la diversité des espèces forestières ripariales, d'améliorer la fonctionnalité écologique de la zone humide, d'accroître l'extension de l'habitat forestier et celui répondant aux besoins des oiseaux (par exemple, sites de nidification, d'hébergement et d'observation) et d'autres espèces animales. La zone comprend un site dans la zone tampon d'Ammiq, une zone humide à proximité de la route principale traversant la vallée de Bekaa, à une altitude de 900 m.

Méthodologie

Differentes actions de restauration forestière ont été mises en œuvre au cours des trois années, couvrant un total de 59 ha dans 19 sites pilotes de 5 zones prioritaires. Les principaux facteurs de succès dans les travaux de restauration forestière sont :

- la disponibilité en matériel végétal de grande qualité pour les espèces sélectionnées ;

- une bonne préparation du sol et une plantation soigneuse des semis afin d'éviter le choc de transplantation, c'est-à-dire le stress intense éprouvé lors du transfert depuis les conditions favorables de la pépinière vers l'environnement défavorable du terrain. Ceci nécessite des mesures telles que des techniques efficaces de préparation des sols pour faciliter la croissance du système racinaire et augmenter la rétention et le stockage de l'eau dans le sol ;

- la sélection de la période de plantation adéquate. Il est essentiel de prendre en compte les conditions environnementales du site, en particulier la disponibilité en eau pendant et après les opérations de plantation. Cela nécessite une planification minutieuse de la période de l'année pour les tra-



vaux de plantation ou de semis, afin d'assurer que le sol est suffisamment humide (par exemple, juste après le début de la saison des pluies lorsque les premières pluies ont suffisamment humidifié le sol).

Le manque de matériel végétal de grande qualité lors du projet a constitué une lacune de premier ordre. MM a réalisé des investissements importants dans le développement de protocoles de production de plantes pour des semences et semis de haute qualité présentant les traits de qualité morphologique et les caractéristiques génétiques nécessaires pour optimiser l'adaptation au stress environnemental (par exemple, tolérance à la sécheresse, déficit en nutriments du sol). L'équipe du projet et les partenaires ont sélectionné les semences et les semis de 38 espèces végétales (Cf. Tab. I) et les ont utilisées dans les différents sites de restauration.

Lors du choix du matériel de reproduction, le projet a pris en compte différents facteurs : (i) région de provenance du matériel ; (ii) maturation complète des fruits sur le terrain ; (iii) bonne gestion du matériel, du site de collecte au lieu de stockage avant son utilisation en pépinière ; (iv) lavage-extraction-traitement sans endommager les semences, afin d'extraire le nombre maximum de semence, de sélectionner celles qui sont viables et de vérifier leur qualité ; (v) élaboration de mesures de conservation à court et long terme ; (vi) élaboration de mesures de prétraitement pour sécuriser la germination chaque fois que cela est nécessaire.

Conformément à d'autres initiatives visant à élaborer des protocoles de production végétale pour les espèces de plantes méditerranéennes (CHIRINO, E. et al., 2009 ; VALLEJO, VR et al., 2012), les techniques proposées visent à assurer une croissance équilibrée des semis depuis les premières étapes de production aux phases finales de durcissement avant la plantation. Il est nécessaire de produire des semis avec une distribution de biomasse appropriée ou un ratio racine/pousse optimal : (i) un système racinaire suffisamment long capable d'atteindre rapidement les horizons plus profonds du sol où l'humidité du sol est toujours disponible pendant l'été; (ii) une partie aérienne courte qui aura plus de chances de supporter la dormance hivernale, permettant à la plante d'investir de l'énergie dans un bon système racinaire et évitant une transpiration excessive pendant la première saison estivale.

Les règles de base suivies par le projet MM sont :

- l'utilisation de récipients de 250 à 400 cc (selon l'espèce) et de 14-18 cm de profondeur avec des nervures internes pour éviter l'enroulement des racines, en particulier dans le cas de *Quercus* spp. ;

- l'utilisation de substrats normalisés qui permettent une oxygénation optimale du système racinaire, assurent la fertilité, montrent une augmentation de la capacité de retenue de l'eau et de la disponibilité de l'eau, réduisent le choc post-transplantation et aident les semis à supporter le stress hydrique pendant les premiers mois après la plantation ;

Tab. I :
Liste des espèces de plantes et nombre de semis utilisés dans les travaux de restauration.

Espèces de plantes indigènes	Nombre de semis
<i>Acer tauricorum</i> Boiss. & Bal.	325
<i>Arbutus andrachne</i> L.	50
<i>Berberis libanotica</i> Ehrenb.	500
<i>Cedrus libani</i> A.Rich.	10 595
<i>Celtis australis</i> L.	325
<i>Cotoneaster nummularia</i> Fisch. & Mey.	550
<i>Crataegus azarolus</i> L.	1 540
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	1 235
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	50
<i>Fraxinus syriaca</i> Boiss.	200
<i>Gundelia tournefortii</i> L.	20
<i>Juglans regia</i> L.	50
<i>Juniperus drupacea</i> Labill.	50
<i>Lavandula officinalis</i> Chaix	75
<i>Laurus nobilis</i> L.	50
<i>Malus trilobata</i> (Lab.) Schneider	825
<i>Myrtus communis</i> L.	25
<i>Orygano syriacum</i> L.	1 275
<i>Pinus brutia</i> Ten.	300
<i>Pinus pinea</i> L.	775
<i>Populus bolleana</i> Lauche	450
<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb	75
<i>Prunus prostrata</i> Lab.	225
<i>Prunus ursina</i> Ky	625
<i>Pyrus syriaca</i> Boiss.	500
<i>Quercus brantii</i> ssp. <i>look</i> Mouterde	1 200
<i>Quercus calliprinos</i> Webb	505
<i>Quercus cerris</i> L.	200
<i>Quercus infectoria</i> Oliv.	100
<i>Rhus coriaria</i> L.	500
<i>Salix alba</i> subp. <i>micans</i> (And.) Rech.f.	80
<i>Salvia fruticosa</i> Miller	225
<i>Sorbus flabellifolia</i> (Spach) Schneider	1 235
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	2 135
<i>Spartium junceum</i> L.	300
<i>Styrax officinalis</i> L.	30
<i>Thymbra spicata</i> L.	75
<i>Ulmus minor</i> Mill.	475
Total	27 750

– l'application d'engrais à libération lente ou de ferti-irrigation adaptée à chaque espèce, avec un dosage bien contrôlé pour éviter une croissance excessive de la partie aérienne et une quantité réduite d'engrais vers la fin du processus de production, afin d'assurer un durcissement adéquat avant les opérations de plantation automnale ;

– l'utilisation de conditions de serre principalement pour le semis de petites semences et de semences à germination difficile. Après leur maintien sous serre jusqu'à la germination, les semis ont été retirés de la serre pour assurer un bon équilibre de croissance et leur durcissement. Le transfert à l'extérieur de la serre a été effectué avant que les températures du printemps ne deviennent trop chaudes (vers le mois de mai). Dans le cas des glands de *Quercus* et des graines de *Cedrus/Pinus*, le semis a été effectué à l'extérieur de la serre ;

– un degré élevé d'humidité (environ 85%) dans le substrat a été maintenu pendant la germination, à la fois à l'extérieur et à l'intérieur de la serre. Une fois que les semis ont été déplacés à l'extérieur de la serre, l'arrosage a été réduit à 70-75% d'humidité du substrat. À la fin du processus de production, et en particulier 1-1,5 mois avant la plantation, l'arrosage a diminué de 50 à 60% afin de garantir un bon durcissement. Juste avant la plantation, les semis ont été fortement irrigués dans la pépinière et ont été soigneusement transportés vers les sites de restauration pour éviter d'éventuels dommages ;

– l'élagage des espèces d'arbres a été évité, tandis que les petits arbustes et les buissons ont été occasionnellement taillés pendant le

processus de production à la pépinière, chaque fois qu'ils croissaient plus que ce qui était attendu.

Des protocoles de production végétale pour chacune des 38 espèces de plantes ont été développés (COLOMER, R. et al, 2014) et ont été appliqués pour la production des 27 750 plants utilisés dans les travaux de restauration forestière.

Les techniques de restauration sur le terrain comprenaient les mesures suivantes :

– l'ouverture des trous de plantation a été effectuée avec une machine à vis sans fin dans tous les sites où le sol était suffisamment mou. Chaque fois que les tarières ne pouvaient être utilisées en raison du substrat rocheux, des pioches et des houes étaient utilisés. La taille des trous pour les arbres/arbustes était d'au moins 40x40x40 cm afin de maximiser l'absorption d'eau par les racines. Les plantules d'un an (exceptionnellement, 2 ans) ont été plantées dans les trous. Les glands de chêne ont été semés dans les trous, parfois avec l'utilisation de tubes de protection pour éviter la pré-dation ;

– la densité de plantation a été ajustée aux contraintes d'eau, allant de 500 à 800 semis d'arbres/ha et 1500-1750 semis d'arbustes/ha ;

– la construction de micro-bassins de captage associés aux trous de plantation favorise la capture de l'eau de ruissellement, ce qui augmente la capacité de stockage en eau du sol. La mise en place des pierres dans le trou autour du semis a permis de contrôler la compétition des mauvaises herbes et a eu un effet de paillage du sol, évitant l'évaporation de l'eau et la formation d'une croûte de sol en saison sèche, favorisant l'infiltration, réduisant l'impact des gouttes de pluie et amortissant les éventuelles gelées pendant l'hiver ;

– la végétation naturelle des sites de plantation a été conservée, sauf dans la petite zone où des trous ont été réalisés et où le micro-captage a été préparé. Dans les parcelles clôturées dans des pâturages dégradés, l'herbe a été tondue au printemps pour réduire la concurrence avec les semis.

– l'arrosage assisté n'a pas été pris en compte par le projet en supposant que les semences et les semis provenant d'espèces indigènes bien adaptées à leur environnement devraient pouvoir se développer sans irrigation, tout comme dans le cas de la régénération naturelle. En outre, l'arrosage aug-

Photo 3 :
Apiculteurs.
© SBR



mente considérablement le coût de la restauration et est socialement douteux - l'eau est un bien rare qui est primordial pour le développement humain dans les régions sèches ;

– les glands de chêne ont été semés dans des trous (*Project Restoration Action 1*), en utilisant des tubes de protection sur l'année 3 pour éviter la prédateur principalement par les rongeurs. Les graines de cèdre ont été semées à la volée sur la neige ou plantées dans des trous après avoir été prétraitées pour favoriser une germination rapide et minimiser les pertes de prédateur.

Les travailleurs journaliers ont été formés et embauchés parmi les réfugiés syriens, leur fournissant ainsi un revenu indispensable contribuant à leur intégration sociale et économique dans le tissu social de la région. La fréquence d'ouverture des trous était la suivante: (i) 7-8 trous/travailleur/heure lors de l'utilisation de houes et de pioches dans des endroits rocheux où la machine à vis ne pouvait pas être utilisée ; (ii) 14-16 trous/travailleur/heure lors de l'utilisation de la machine à vis sans fin.

rent ce choix comme l'un des éléments clés du succès dans l'exercice de restauration. Le projet a également porté sur le renforcement de la capacité du personnel dans les pépinières locales et a permis un suivi et une surveillance précis pendant toutes les étapes de production des plants. Cette approche a conduit au développement de protocoles de production de plants de haute qualité qui ont été publiés dans le cadre d'un manuel de restauration de la forêt (COLOMER, R. et al, 2014) et à la croissance réussie des 27 750 plants utilisés dans les travaux de restauration sur les années 2 et 3.

Trois ans après le lancement du projet, le taux de survie moyen (après 3 ans pour A-1, après 2 ans pour A-2 et après 1 an pour A-3) dans la plupart des sites se situait entre 75% et 95%, à l'exception du semis direct des glands de chêne de la zone 1 (jusqu'à 20%), où les semences ont été fortement affectées par la prédateur des rongeurs (Cf. Tab. II). D'une manière générale, ces taux de survie sont remarquablement élevés — en particulier en tenant compte de l'absence d'arrosage — et très prometteurs pour les activités de restauration haut de gamme dans la réserve de la biosphère de Shouf et ailleurs au Liban.

En tenant compte de la performance du travail et du coût unitaire des semis produits (1 USD), le coût de la restauration était d'environ 2,5 à 3 USD par semis planté (coût de production des semis + coût du transfert des semis sur le terrain + coût de la préparation

Tab. II :
Liste des actions
de restauration et gestion
forestière avec taux
de survie.

Résultats

L'année 1 (2012), le projet a investi le plus d'efforts dans la production de semences et de semis de haute qualité des 38 espèces de plantes sélectionnées. Les auteurs considè-

Action	Espèces	Surface (hectares)			Taux de survie (%)
		A-1	A-2	A-3	
Zone 1 Semis direct	<i>Quercus brantii</i> ssp. look <i>Quercus cerris</i> var. <i>pseudocerris</i>				20%
Zone 2 Plantation de plants	<i>Quercus brantii</i> look, <i>Cedrus libani</i> , <i>Juniperus drupacea</i> , <i>Acer tauricolum</i> , <i>Crataegus azarolus</i> , <i>Sorbus flabellifolia</i> , <i>S. torminalis</i> <i>Prunus ursina</i> , <i>Prunus prostrata</i> , <i>P. syriaca</i> , <i>Cotoneaster nummularia</i> , <i>Malus trilobata</i> , <i>Berberis libanotica</i> .	0,28	6	0,11	
Zone 3 Plantation de plants dans 15 parcelles clôturées	<i>Quercus calliprinos</i> , <i>Q. infectoria</i> , <i>Cedrus libani</i> , <i>Crataegus azarolus</i> , <i>C. monogyna</i> , <i>Sorbus flabellifolia</i> , <i>S. torminalis</i> , <i>Prunus ursina</i> , <i>Pinus pinea</i>	1,18	20,5	15	79%
Zone 4 Semis direct et plantation de plants combinés	<i>Cedrus libani</i> , <i>Pinus brutia</i> , <i>P. pinea</i> , <i>Quercus calliprinos</i> , <i>Celtis australis</i> , <i>Salix alba</i> , <i>Crataegus azarolus</i> , <i>Stirax officinalis</i> , <i>Rhus coriaria</i> , <i>Sorbus flabellifolia</i> , <i>S. torminalis</i> , <i>Cupressus sempervirens</i> , <i>Celtis australis</i> , <i>Cedrus libani</i> , <i>Pinus brutia</i> , <i>P. pinea</i> .	0,5	7	-	95%
Zone 5 Plantation de plants avec irrigation	<i>Celtis australis</i> , <i>Populus bolleana</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus syriacus</i> .	0,5	4	-	85%-95%
	TOTAL = 56,7 hectares	2,46	38,50	15,11	99%

du sol + coût de la plantation des semis). Pour une densité moyenne de plantation de 700 semis par hectare, le coût/hectare se situait entre 1 750 et 2 100 USD, selon les caractéristiques de chaque site de restauration (par exemple, le degré de la pente, l'enrochemen t des sols).

Discussion

Comme mentionné précédemment, le faible taux de survie dans la zone 1 est principalement dû à la prédateur des rongeurs. Afin de résoudre les problèmes de prédateur, le projet a adopté l'utilisation de tubes de protection dans les opérations de semis de semences directes avec des glands de *Quercus brantii* ssp. en novembre 2014. Deux types de protection ont été testés dans une zone avec 100 trous et 2 glands par trou : (i) 50 trous avec des tubes en plastique individuels de 0,5 mètre de hauteur enterrés de 15 cm et fermés avec une bande en haut pour empêcher l'entrée des rongeurs ; (ii) 50 trous avec de petites boîtes faites avec un treillis métallique fin (pas de fer galvanisé), à l'intérieur duquel les glands ont été placés. Six mois après les opérations de semis, les tubes en plastique se sont révélés être une bonne option pour prévenir la prédateur, avec une bonne germination et une croissance végétale. Au contraire, les petites boîtes pouvaient être facilement brisées par les rongeurs. Le projet est en relation avec d'autres équipes de recherche impliquées dans le développement et l'essai de nouveaux dispositifs (CASTRO, J. et al., 2015) qui peuvent être efficaces pour éviter la prédateur des rongeurs.

Le taux de survie moyen pour les espèces utilisées dans la zone 2 était de 79%. Les espèces fruitières indigènes (*Sorbus flabellifolia* et *Sorbus torminalis*) ont démontré une bonne capacité de réapparition après la sécheresse estivale. *Sorbus flabellifolia*, *Crataegus azarolus* et *Acer tauricolum* étaient les espèces les plus résistantes avec 100% de taux de survie.

Le taux de survie atteint dans les parcelles clôturées de la zone 3 a été extraordinairement élevé (95%) étant donné qu'aucune irrigation n'a été fournie. *Crataegus monogyna*, *Sorbus flabellifolia* et *Quercus infectoria* ont affiché le taux de survie le plus élevé. Ces espèces jouent un rôle écolo-

gique important, attirant la faune dispersatrice de semences et ont une valeur économique importante pour les moyens d'existence locaux — collecte des fruits sauvages et du miel de chêne.

Cette technique de restauration s'est révélée très efficace dans les terres dégradées avec un pâturage intense et pourrait être facilement reproduite dans d'autres régions de la RBS et ailleurs au Liban. En outre, des enclos sans plantation pourraient être utilisés pour obtenir une régénération des pâturages et la croissance de nouvelles plantes à partir du processus de régénération naturelle, tandis que l'emploi de la plantation d'enrichissement pourrait accélérer le développement de nouvelles communautés d'arbres et arbustes. Les clôtures avaient également une importante fonction de sensibilisation, démontrant aux berger comment l'établissement d'enclos temporaires pourrait entraîner une amélioration rapide de la qualité des pâturages et une diversification du paysage, avec des avantages évidents pour la production animale et les moyens de subsistance locaux. Une fois convaincus des avantages des enclos temporaires, les berger sont généralement prêts à participer à la mise en place et à la gestion des parcelles clôturées, avec une réduction du conflit entre le pâturage et la conservation de la nature dans la Réserve.

La combinaison des semis direct et de la plantation de plants dans les déblais miniers de la carrière abandonnée dans la zone 4 a atteint un taux de survie très élevé de 85% à 95%. Il est particulièrement intéressant de noter le taux de survie élevé des glands semés (95%), avec une réponse très positive en termes de résistance à la prédateur, par rapport au site décrit dans l'action 1. L'hypothèse préliminaire des auteurs est que l'instabilité des débris dans la pente empêche l'accès des rongeurs et facilite la germination des semences. Dans le substrat de talus à structure médiocre, l'application d'amendements organiques et la plantation de semences et de semis ont démontré de bons résultats dans le contrôle de l'érosion des sols. Cette expérience pilote a été particulièrement satisfaisante, avec des enseignements prometteurs à l'égard des travaux de restauration futurs dans des endroits similaires à la RBS et ailleurs au Liban.

Le taux de survie des semis des essences ripariales dans la zone 5 a atteint 99%. Les nouvelles plantes croissent très rapidement,

grâce à la mise en œuvre de mesures de lutte contre le pâturage et aux arrosages pendant la période de sécheresse estivale. Cette action pilote a été mise en œuvre en collaboration avec l'un des propriétaires privés des vignobles bio et d'autres cultures fruitières bordant la zone humide d'Ammiq. Cette action a été cruciale en tant que démonstration de bonnes pratiques en matière de restauration des zones humides appliquées par les propriétaires fonciers et pour sensibiliser aux services environnementaux fournis par les forêts ripariales, au profit d'une production agricole durable et de haute qualité dans la région. Cette leçon apprise sera présentée aux autres propriétaires fonciers afin d'encourager la restauration de la forêt ripariale autour d'Ammiq.

Compte tenu du choix de ne pas irriguer (sauf dans la zone 5), les résultats ci-dessus sont très encourageants et démontrent la possibilité d'effectuer une restauration de la forêt sèche au Liban, à condition que les conditions suivantes soient remplies : (1) production et durcissement élevé de plants de qualité suite aux nouveaux protocoles développés par le projet ; (2) l'identification de la bonne période de plantation, en fonction de l'observation minutieuse des conditions sur le terrain et de la date de début précise de la saison des pluies d'automne ; (3) transfert minutieux des plants sur le terrain ; (4) techniques adéquates de préparation du sol, y compris des trous suffisamment profonds, des micro-bassins de captage et des protections en pierre pour faciliter le développement d'un système racinaire long et la collecte et la rétention d'eau dans le sol.

Le projet MM a réussi à réduire le coût de la restauration forestière de 10 USD par plant planté à 2,5-3 USD. Cette réduction était due à : (i) un protocole précis de production des plants évitant la consommation inutile d'eau et d'autres intrants ; (ii) l'équipement utilisé pour la préparation du sol (machine à vis sans fin) ; (iii) l'autonomisation et la professionnalisation du personnel impliqué dans la production végétale et la plantation sur le terrain ; (iv) l'absence d'arrosage pour la maintenance des sites restaurés. Nous nous attendons à ce que l'amélioration de la performance du travail et la réduction des coûts des plants réduisent davantage les coûts de restauration par hectare jusqu'à 1,5-2 USD à court et à moyen terme.

Le projet a démontré la possibilité de mettre en œuvre la restauration des forêts sans approvisionnement additionnel en eau sur le terrain des semences et des plants, ce qui représente un grand succès pour la réduction des coûts de restauration et une contribution majeure à l'amélioration des lignes directrices de forestation définies par le gouvernement libanais dans son Programme national de forestation.

Nizar HANI
Monzer BOUWADI
Zeina ZEINEDDINE

Al-Shouf Cedar Society (ACS)
Park House
Maasser el Shouf Région de Shouf LIBAN
Tél., fax et e-mail : +961 5 350250/150 nizar@shoufcedar.org

Pedro REGATO
Rosa COLOMER
Marco PAGLIANI

Consultants indépendants Madrid (ESPAGNE) pregatop@gmail.com rosacolomer7@gmail.com mrcpagliani2@gmail.com

Remerciements.

Cet article résume certaines des réalisations du projet Mosaïques méditerranéens / Phase 1, qui a été mis en œuvre dans le parc naturel Sirente-Velino (Italie) et la réserve de la biosphère de Shouf (Liban) par un groupe d'organisations LIPU, ILEX, ACS, SILVESTRIS, AFDC avec le soutien financier de la Fondation MAVA. Une deuxième phase de Mosaïques méditerranéennes se déroulera dans les mêmes régions pendant trois autres années, à partir de mai 2016.

Les auteurs doivent des remerciements spéciaux aux comités de développement forestier, aux propriétaires fonciers privés, à l'organisation locale et aux particuliers — y compris les réfugiés syriens — dans les municipalités d'Ain Zhalta, Ammiq, Baadarane, Bmohray, Barouk, Fraidees, Maaser El Shouf, Mrusti. Nous remercions sincèrement M. Khaled Sleem et Mme Maya Nehme pour leur contribution technique et leurs suggestions lors de la mise en œuvre du projet.

Références

- Mitri G. (Ed.), 2007. The State of Lebanon's Forests. AFDC
- Berrahmouni N., Regato P., Parfondry M., 2015. Global guidelines for the restoration of degraded forests and landscapes in drylands: building resilience and benefiting livelihoods. FAO Forestry Paper 175. ISBN 978-92-5-108912-5
- Castro J., Zamora R., Hodar J., Gomez J.M., Gomez-Aparicio L., 2004. Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: A 4-Year study. Restoration Ecology Vol. 12 No. 3, pp. 352-358. Doi: 10.1111/j.1061-2971.2004.0316.x

- Castro J., Leverkus A.B., Fuster F., 2015. A new device to foster oak forest restoration via seed sowing. *New Forests*. Doi: 10.1007/s11056-015-9478-4
- Chirino E. Vilagrosa A., Cortina J., Valdecantos A., Fuentes D., Trubat R., Luis VC., Puértolas J., Bautista S., Baeza J., Peñuelas JL., Vallejo VR., 2009. Ecological restoration in degraded drylands: the need to improve seedling quality and site conditions in the field. Chapter 4, in: S.P. Grossberg Ed. Forest management. Nova Science Publishers, New York, pp 85-158. ISBN: 978-1-60692-504-1
- Colomer R., Regato P., Enciso E., 2014. Restoration plan: the Mediterranean Mosaic Project in the Shouf Biosphere Reserve. Al-Shouf Cedar Society.
- FAO. 2010. Global Forest Resource Assessment 2010. Country Report: Lebanon.
- MoE/UNDP. 2011. Climate change vulnerability and adaptation of the forestry sector. Lebanon's Second National Communication to the UNFCCC.
- Aerts, R., Negussie A., Maes W., November E., Hermy M., Muys B., 2007. Restoration of Dry Afromontane Forest Using Pioneer Shrubs as Nurse-Plants for *Olea europaea* ssp. *cuspidata*. *Restoration Ecology* Vol. 15, No. 1, pp. 129–138. Doi:10.1111/j.1526-100X.2006.00197.x
- Sharam, G.J., Sinclair A.R.E., Turkington R. & Jacob A.L., 2009. The savanna tree *Acacia polyacantha* facilitates the establishment of riparian forests in Serengeti National Park, Tanzania. *Journal of Tropical Ecology* 25: 31-40. doi:10.1017/S0266467408005683
- Razola I. & Rey Benayas J.M. 2009. Effects of Woodland islets introduced in a Mediterranean agricultura landscape on local bird communities. *Web Ecol.* 9: 44-53.
- Rey Benayas J. M., Bullock J.M., Newton A.C., 2008. Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. – *Front. Ecol. Environ.* 6: 329–336. doi:10.1890/070057.
- Vallejo V.R., Smanis A., Chirino E., Fuentes D., Valdecantos A. & Vilagrosa, A., 2012. Perspectives in drylands restoration: approaches for climate change adaptation. *New Forests* (2012) 43: 561-579. Doi: 10.1007/s11056-012-9325-9.

Résumé

Contribution de la restauration adaptative du paysage forestier à des écosystèmes plus résilients dans la réserve de biosphère de Shouf (Liban)

Le projet Mosaïques méditerranéennes a pour objectif d'accroître la résilience aux changements climatiques des écosystèmes forestiers dans la réserve de biosphère de Shouf (SBR). Le projet a conçu des plans adaptatifs de restauration et de gestion des forêts qui ont été appliqués dans plusieurs sites pilotes au cours des 3 années de mise en œuvre du projet : (i) des opérations d'éclaircie et d'élagage durables ont été appliquées dans 18,5 ha de peuplements de *Quercus calliprinos* et *Pinus brutia* ; (ii) des techniques de restauration écologique ont été testées et démontrées sur 59,11 ha. Des semences et des plants d'environ 38 espèces végétales ont été utilisés, dans le but de restaurer les habitats forestiers et les processus écologiques grâce auxquels les populations d'espèces peuvent s'auto-organiser en communautés fonctionnelles et résilientes, bien adaptées aux conditions climatiques changeantes, tout en fournissant des services écosystémiques vitaux. Des protocoles *ad hoc* de production végétale ont été développés pour assurer la production de plants de haute qualité et bien endurcis. Le projet a démontré la possibilité de mettre en œuvre la restauration des forêts sans apport supplémentaire d'eau aux plants. Le taux de survie dans la majorité des sites après 3 ans se situait entre 75% et 100%, à l'exception des semis directs de glands de chêne (jusqu'à 20%) qui ont été très affectés par la prédation des rongeurs. Ce n'est que dans les sols instables composés de débris que le semis direct de glands de *Quercus* a atteint un taux de survie très élevé jusqu'à 100%. Les principaux facteurs de succès dans les travaux de restauration forestière du projet étaient les suivants : (i) la disponibilité de matériel végétal de haute qualité provenant des espèces sélectionnées ; (ii) une bonne préparation du sol et une transplantation soigneuse des plants pour faciliter la croissance du système racinaire et augmenter la rétention et le stockage de l'eau dans le sol ; (iii) le choix de la bonne période de plantation, en s'assurant que le sol est suffisamment humide. Le projet a également démontré les avantages environnementaux et socio-économiques de l'utilisation combinée des produits d'éclaircie et d'élagage de la forêt avec des déchets agricoles (grignons d'olives et déchets verts issus de l'élagage des arbres fruitiers). Les leçons tirées des actions pilotes de démonstration ont ouvert de nouvelles opportunités pour influencer les plans de forestation dans le pays et réguler la récolte de biomasse forestière et son utilisation combinée avec les déchets agricoles pour contrôler le risque d'incendies de forêt, générer des avantages économiques et contribuer aux moyens de subsistance locaux.