

## SOMMAIRE.

J. WEITZ. — La fixation des dunes en Palestine.	Pag. 1
O. ELORRIETA. — El Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias de España.	27
Les questions méditerranéennes au Congrès International de Sylviculture, Paris 1932. (Résumés des rapports)	33
Revue de la Presse forestière méditerranéenne.	
Espagne.	58
France.	63
Italie.	72

---

# SILVA MEDITERRANEA

BULLETIN DE LA " SILVA MEDITERRANEA "

Ligue forestière internationale méditerranéenne

---

## La fixation des dunes en Palestine

---

Dès 1920, les trois institutions intéressées à la colonisation de la Palestine, le Gouvernement, l'Organisation Sioniste et la Palestine Jewish Colonisation Association (P.J.C.A.) ont accordé une attention spéciale à l'assainissement des dunes et leur fixation tendant à éviter le submergement de nouvelles étendues de terre arable. De nombreuses expériences ont été faites dans cette direction. L'étude présente s'est donné pour but de décrire une partie du travail accompli et de ses résultats. Cependant, avant d'entrer dans la matière, nous croyons indispensable de donner, à titre d'introduction, une description générale des dunes en Palestine. Cet article étant destiné à des lecteurs résidant à l'étranger, ces notions préliminaires seront, me semble-t-il, assez utiles.

### A. — Description générale des dunes en Palestine.

1. SITUATION DES DUNES. — La zone des dunes s'étend depuis Raffa, située à la lisière du désert de Sinaï jusqu'à Acre, au Nord. Les dunes s'élargissent lentement vers l'est, en recouvrant les terres fertiles de la Shefela, du Saron et de la plaine d'Acre pour les transformer en une vaste superficie désertique.

La partie méridionale des dunes forme une bande presque ininterrompue depuis Raffa jusqu'à Jaffa, traversée

par six cours d'eau : Wadi Halib, Wadi Selka, Wadi Gaza, Wadi el Nebi, Nahar Sikrar et Nahar Roubin. La largeur de la bande atteint, par endroits, 6,250 kms. C'est en cette zone que se trouvent les quatre villes anciennes : Gaza, Askelon, Asdod et Yabneh, connues, aux temps de l'indépendance juive, comme des centres importants de la population et du commerce. Ces villes qui, jadis, longeaient la côte, sont aujourd'hui tombées en décadence par le fait d'être entourées de sable et privées ainsi de la source principale de leur richesse.

Au Nord, depuis Jaffa jusqu'à Acre, la zone des dunes est plus étroite. En deux endroits (depuis Harsouf jusqu'à Nahar Falg et depuis Atlith jusqu'à Caïffa) elle s'interrompt complètement. La largeur moyenne de cette bande est de 1.500 mètres; cependant, entre Nahar il Mafjar et Césarée un gouffre de sable de la largeur de 3 kms. s'enfonce à 6 kms. dans l'intérieur du pays. Un autre golfe, long de 3 ½ kms. et large d'un km. environ s'en détache au nord du Nahar Falk. Les wadis et les rivières qui traversent cette zone au nord de Jaffa sont : le Yarkon (Audja), Nahar Falg, Nahar Iskandrona, Nahar el Mawjar et Nahar Ez-Zerka.

La bande des sables qui sépare Caïffa d'Acre est encadrée de deux cours d'eau : la rivière Kishon au sud et Belus au nord.

2. SURFACE DES DUNES. — La surface totale des deux parties décrites est de 46.175 hectares environ, dont 37.660 hectares reviennent à la partie sud. Toutefois, il serait faux de supposer que toute cette étendue est couverte de sable aride. Les cours d'eau traversant les dunes ont formé des marécages dont les environs ne sont pas couverts de sable. On trouve, en outre, des dépressions assez grandes qui n'ont pas succombé aux sables. Dans ces vallées il n'est pas rare de voir des arbres fruitiers : figuiers, vignes, sycomores, etc. La surface des petites vallées et des marais plantés est évaluée à 650 hectares. D'ailleurs, toute la bande ne peut entrer dans la défini-

tion de dunes dans l'acception étroite de ce terme. Des milliers d'hectares ne sont recouverts que de couches superficielles de sable et ne peuvent donc être comptés parmi les sables mouvants.

3. GENÈSE DES DUNES. — Les dunes en Palestine telles qu'elles se présentent de nos jours ne sont pas un phénomène ancien. Elles datent tout au plus de quelques siècles. Ces sables mouvants n'existaient pas à l'époque de l'indépendance d'Israël. « Le sable au bord de la mer », mentionné dans les écritures, n'est que le sable de la plage proprement dite, bande étroite, objet du jeu des vagues et dont la largeur ne dépasse pas, en maints endroits, 100 mètres. Javneh (Jammia) et Césarée que le Talmud qualifie de « villes situées dans les sables » n'en étaient pas moins entourées de vignes et d'orange-ries fleuries, poussant facilement sur les dunes fixées. Jusqu'au premier millénaire de l'ère chrétienne, aussi longtemps que la Plaine de la *Sheféla* (littoral du sud) était habitée, les dunes n'avaient pas de prise sur cette région. À en juger des différentes sources qui décrivent les régions habitées du midi, surtout des villes de Gaza, Ashod et Askelon, le mouvement des dunes n'a commencé qu'il y a 400 ans environ (1), surtout depuis la conquête turque qui a voué le pays à la solitude. Il en résulte que l'avancement des dunes peut être évalué à 15 mètres par an, calcul confirmé par le mouvement des sables entre Richon le Sion et Jaffa.

La cause première de la création des dunes en Palestine est le Nil. En traversant l'Afrique, ce fleuve emporte des déserts de Libye et de Nubie des quantités

(1) Bedecker dit d'Askalon : « Malheureusement, depuis la conquête du pays par les Turcs, les dunes ont commencé à recouvrir et engloutir de grandes étendues qui, encore des temps du Roi Richard étaient des plus riches et des plus fertiles en Palestine. Les dunes ont englouti non seulement des milliers d'acres de sol excellent, mais aussi une partie de la ville. Elles vont maintenant jusqu'à couvrir les jardins englobés dans l'enceinte antique de la ville ».

par six cours d'eau : Wadi Halib, Wadi Selka, Wadi Gaza, Wadi el Nebi, Nahar Sikrar et Nahar Roubin. La largeur de la bande atteint, par endroits, 6,250 kms. C'est en cette zone que se trouvent les quatre villes anciennes : Gaza, Askelon, Asdod et Yabneh, connues, aux temps de l'indépendance juive, comme des centres importants de la population et du commerce. Ces villes qui, jadis, longeaient la côte, sont aujourd'hui tombées en décadence par le fait d'être entourées de sable et privées ainsi de la source principale de leur richesse.

Au Nord, depuis Jaffa jusqu'à Acre, la zone des dunes est plus étroite. En deux endroits (depuis Harsouf jusqu'à Nahar Falg et depuis Atlith jusqu'à Caïffa) elle s'interrompt complètement. La largeur moyenne de cette bande est de 1.500 mètres; cependant, entre Nahar il Mafjar et Césarée un gouffre de sable de la largeur de 3 kms. s'enfonce à 6 kms. dans l'intérieur du pays. Un autre golfe, long de 3 ½ kms. et large d'un km. environ s'en détache au nord du Nahar Falk. Les wadis et les rivières qui traversent cette zone au nord de Jaffa sont : le Yarkon (Audja), Nahar Falg, Nahar Iskandrona, Nahar el Mawjar et Nahar Ez-Zerka.

La bande des sables qui sépare Caïffa d'Acre est encadrée de deux cours d'eau : la rivière Kishon au sud et Belus au nord.

2. SURFACE DES DUNES. — La surface totale des deux parties décrites est de 46.175 hectares environ, dont 37.660 hectares reviennent à la partie sud. Toutefois, il serait faux de supposer que toute cette étendue est couverte de sable aride. Les cours d'eau traversant les dunes ont formé des marécages dont les environs ne sont pas couverts de sable. On trouve, en outre, des dépressions assez grandes qui n'ont pas succombé aux sables. Dans ces vallées il n'est pas rare de voir des arbres fruitiers : figuiers, vignes, sycomores, etc. La surface des petites vallées et des marais plantés est évaluée à 650 hectares. D'ailleurs, toute la bande ne peut entrer dans la défini-

tion de dunes dans l'acception étroite de ce terme. Des milliers d'hectares ne sont recouverts que de couches superficielles de sable et ne peuvent donc être comptés parmi les sables mouvants.

3. GENÈSE DES DUNES. — Les dunes en Palestine telles qu'elles se présentent de nos jours ne sont pas un phénomène ancien. Elles datent tout au plus de quelques siècles. Ces sables mouvants n'existaient pas à l'époque de l'indépendance d'Israël. « Le sable au bord de la mer », mentionné dans les écritures, n'est que le sable de la plage proprement dite, bande étroite, objet du jeu des vagues et dont la largeur ne dépasse pas, en maints endroits, 100 mètres. Javneh (Jammia) et Césarée que le Talmud qualifie de « villes situées dans les sables » n'en étaient pas moins entourées de vignes et d'orange-ries fleuries, poussant facilement sur les dunes fixées. Jusqu'au premier millénaire de l'ère chrétienne, aussi longtemps que la Plaine de la *Sheféla* (littoral du sud) était habitée, les dunes n'avaient pas de prise sur cette région. A en juger des différentes sources qui décrivent les régions habitées du midi, surtout des villes de Gaza, Ashod et Askelon, le mouvement des dunes n'a commencé qu'il y a 400 ans environ (1), surtout depuis la conquête turque qui a voué le pays à la solitude. Il en résulte que l'avancement des dunes peut être évalué à 15 mètres par an, calcul confirmé par le mouvement des sables entre Richon le Sion et Jaffa.

La cause première de la création des dunes en Palestine est le Nil. En traversant l'Afrique, ce fleuve emporte des déserts de Libye et de Nubie des quantités

(1) Bedecker dit d'Askalon : « Malheureusement, depuis la conquête du pays par les Turcs, les dunes ont commencé à recouvrir et englober de grandes étendues qui, encore des temps du Roi Richard étaient des plus riches et des plus fertiles en Palestine. Les dunes ont englouti non seulement des milliers d'acres de sol excellent, mais aussi une partie de la ville. Elles vont maintenant jusqu'à couvrir les jardins englobés dans l'enceinte antique de la ville ».

énormes de sable jetées, ensuite, dans la Méditerranée. Le courant traversant la mer, du sud au nord, en longeant la côte, emporte le sable et le dépose sur la plage. Les vents d'ouest, de sud-ouest et de nord-ouest se chargent ensuite d'entraîner les grains de sable à l'intérieur des terres. Cette activité est ininterrompue, les flots rejetant continuellement de nouvelles quantités de sable qui, dès qu'elles sèchent, sont entraînées par le vent. L'orientation des dunes est donc parallèle à la direction des vents.

#### 4. TOPOGRAPHIE DES DUNES ET HAUTEUR DES COLLINES. —

Bien que la superficie de la région sablonneuse ne soit pas régulière, — collines inégales et vallées tortueuses — la ligne générale du progrès des dunes s'y dessine nettement. Au bord même de la mer s'étend la plage, dont la largeur dépend du mouvement des vagues vers la terre. Si ce mouvement est fort et constant, et s'il ne rencontre pas d'obstacles sur terre, la bande s'élargit, et vice-versa. Ensuite commencent les dunes proprement dites. D'abord des collines qui s'élèvent en plans inclinés du côté de la mer et descendent en pentes abruptes vers l'est. Ces collines sont la cause de l'extension ultérieure des dunes. Le vent en emporte le sable qui se répand vers l'est, formant une couche plus ou moins plate, qui recouvre de petites dépressions en pentes. La hauteur des collines et des plaines varie d'un endroit à l'autre. Leurs dimensions et leur altitude du niveau de la mer dépend, dans une grande mesure, de la topographie de la terre ferme au-dessous des sables. Certaines collines dépassent 75 mètres au-dessus du niveau de la mer et 20 à 25 mètres au-dessus de la terre ferme. A mesure qu'on s'éloigne de la côte, les collines deviennent plus hautes et les vallées plus profondes. Il n'est pourtant pas rare de trouver de basses collines, disséminées au milieu des dunes ou à leur extrémité est. Dans la plupart des cas elles sont abritées par des collines plus hautes qui leur servent de remparts contre les méfaits du vent.

5. COMPOSITION DES SABLES. — D'après M. N. Shalem qui a consacré une étude spéciale à la création des dunes en Palestine (1), la composition des sables est déterminée en partie par trois facteurs locaux : 1) éléments calcaires ou calco-siliceux diluviaux ; 2) dépôts organiques, formés surtout des débris des coquilles *Pectunculus violaceus* détruites par les vagues et servant à former le *zifzif* qu'on emploie comme matériel de construction (semblable au *falun* français) ; 3) Débris de rochers gris-blancs arrachés par les flots aux nombreux volcans de la Méditerranée.

La composition des sables n'est pas constante, surtout dans la zone allant de la Baie de Caïffa jusqu'au Yarkon. On y trouve 0,67% à 92,32% de  $SiO_2$  et en même temps une proportion maximum de 9,6% de  $CaCO_3$  (maximum 6,1%). Dans la partie sud de la plaine de *Shefela* la composition moyenne est de 95%  $SiO_2$ , 9%  $CaCO_3$ .

6. LE CLIMAT ET SON INFLUENCE SUR LES DUNES. — Les facteurs climatiques exerçant une influence sur le mouvement des dunes, leur forme et le caractère de leur végétation, sont : a) la température ; b) la pluie et la rosée ; c) les vents.

a) *La température.* — La température de la zone des dunes n'est pas plus élevée que celle du reste de la plaine du littoral. Elle atteint 7 à 10° C. au minimum en hiver, et 26° à 40° C. au maximum en été. Le sable absorbe vite la chaleur pendant la journée et en facilite l'irradiation la nuit. C'est pourquoi, dans ces parages, la différence de température entre le jour et la nuit est très sensible. La couche supérieure sèche s'échauffe très vite, dès la levée du soleil, et se refroidit peu après le coucher.

b) *La pluie et la rosée.* — Durant la saison des pluies (cinq mois : décembre-avril) il tombe dans la plaine du

(1) Voir sa brochure : Dott. N. SHALEM, *Considerazioni sull'origine delle sabbie palestinesi*. Estratto dagli « Atti della società dei Naturalisti Matematici di Modena », sez. 6.<sup>a</sup>, vol. VII (59) fasc. 1, p. 47-52.

Saron et dans la Shefela jusqu'à Yabneh, 500 mm. de pluie en moyenne. Cette quantité, qui devient plus maigre au sud de cette ville, aurait suffi à doter les dunes d'une végétation riche et multiple. L'eau des pluies qui tombe sur les dunes y est immédiatement engloutie, sans qu'une goutte ne se perde ou ne s'écoule plus loin. La pluie passée, l'eau s'évapore et la couche supérieure devient rapidement sèche. Cependant, à quelques décimètres de profondeur on trouve toujours de l'humidité, même au sommet des hautes collines de sable.

La rosée tombe en Palestine durant presque toute la saison d'été. Sous l'effet du vent frais d'ouest, la rosée descend sous forme de gouttes qui s'évaporent quelques heures après la levée du soleil. La rosée contribue à refroidir pour plusieurs heures la couche supérieure des dunes.

c) *Le vent.* — Après le soleil la plus grande part dans la création des dunes revient au vent. Aussitôt desséché le sable déposé par la mer est porté à l'intérieur du pays avec une vitesse qui correspond à la direction et à la force du vent. L'extension des dunes en Palestine est due, pour la plupart des cas, à l'activité du vent sud-ouest pendant la saison des pluies, et nord-ouest pendant la saison sèche. Les vents chauds de l'Est (*Hamsin*), qui soufflent pendant l'hiver et, à de grandes interruptions, au printemps, ne jouent pas un rôle décisif dans l'extension des dunes, bien qu'ils contribuent à transformer les dunes existantes ou à rendre mobiles les dunes fixées.

Sous l'action du vent, les grains de sable lourds roulent sur la surface de la terre. Les plus fins s'élèvent du niveau du sol et descendent successivement pour former ensuite des amas de sable plus ou moins grands. Les grains microscopiques sont transportés dans l'air. Cette poussière est emportée des sommets des dunes sous forme d'un nuage de sable.

7. LES ZONES DE DUNES. — D'après leur forme et leur flore les dunes se divisent en 4 zones : a) la plage ; b) les

sables mouvants ; c) les dunes fixes ; d) les étangs et les plaines.

a) *La plage.* — Cette zone s'étend le long de la mer depuis Raffa jusqu'à Saint-Jean d'Acre. Sa largeur est de 10 à 100 mètres. Elle se présente sous la forme d'une bande plate située au niveau de la mer et constamment mouillée par les vagues. Imbibée d'eau salée cette zone n'est pas accessible à la végétation. A quelque distance de là, sur le sable, durci, on trouve pourtant des halophytes. Les signes distinctifs des plantes de cette famille sont leur succulence, et leurs feuilles épaisses charnues, entières et transparentes. La flore y est composée de plantes annuelles, bis-annuelles et multiannuelles ; ce sont pour la plupart des buissons nains, des arbrisseaux et des plantes rampantes. Il n'y a que le tamaris (*Tamarix articulata*) qui s'élève sous la forme d'un arbuste et atteint parfois la hauteur de 3 à 5 mètres.

Parmi les autres plantes, notons, comme les plus répandues :

*Glaucium flavum* Cr., *Cakile maritima* Scop., *Rumex lacerus* B., *Eryngium maritimum* L., *Silene succulenta* F., *Diotis maritima* L., *Convolvulus secundus* Degr., *Lippia nodiflora* L., *Scrophularia hypericifolia* Wydler.

b) *Les sables mouvants* (Photo N. 1). — Ce sont les dunes proprement dites. Puisqu'elles sont en état de formation, elles se transforment très facilement, couvrant d'année en année des étendues de terre fertile ; cette action est susceptible de continuer jusqu'à ce qu'il y ait en Palestine une population civilisée qui puisse la vaincre.

Les plantes caractéristiques pour ces dunes sont les xérophytes qui résistent au sol sec. Ce sont des plantes qui se multiplient par drageons contribuant par là à affermir les sables mouvants. Les plus importants d'entre elles sont :

*Ammophila arenaria* L. ;  
*Pennisetum elatum* Hoch ;

*Retama Raetam* Fors. ;  
*Panicum turgidum* Forsk. ;  
*Artemisia monosperma* Del.

Parmi les autres plantes de cette zone :

*Medicago marina* L. ;  
*Lithospermum collosum* Vahl. ;  
*Crucianella manitima* L. ;  
*Cyperus schoenoides* Gria ;  
*Cyperus conglomeratus* Roth.

c) *Les sables fixés.* — Ce sont les dunes conquises naturellement par les plantes ou reboisées artificiellement. Leur étendue n'est pas grande. On les trouve surtout dans les environs d'Asdod et d'Askalon, au sud de Jaffa et au nord de Césarée. La flore de ces dunes est formée d'arbrisseaux, parfois d'arbres. Les plus abondantes sont les plantes de la famille des graminées et des légumineuses ; parmi les premières on rencontre :

*Aristida ciliata* D. ;  
*Cynodon dactylon* L. ; *Bromus villosus* Frosk. ;  
*Lolium filiformis* Trin. ; *Lagurus ovatus* L. ; etc.

Les légumineuses y sont représentées par :

*Lupinus palestinus* Boiss. ;  
*Trigonella monspeliaca* L. ;  
*Melilotus messanensis* Del.

C'est en cette zone qu'on trouve le Lys du Saron (*Pan-  
cratium maritimum* L.) connu par sa beauté et son par-  
fum agréable.

Les arbres souvent rencontrés dans des dunes fixées sont : le Sycomore (*Ficus sycomorus* L.), le palmier, le figuier, la vigne, le ricin, le tamaris. Aux environs de Césarée on trouve de grandes étendues couvertes de *Pi-  
stacia Lentiscus* L.

d) *Les marais et les vallées.* — Ce sont des étendues qui ne sont presque pas couvertes de sable. Il y en a des cultivables, surtout les vallons. Le plus grand ma-

récage est situé au nord de la rivière *Roubin*. L' eau étant abondante, on y cultive des légumes. La flore des marais est plus riche que celle des vallées qui sont le plus souvent stériles. Les plantes caractéristiques pour les marais sont :

*Inula viscosa* L. ;  
*Scirpus holoschoenus* Gr. ;  
*Juncus maritimus* L.

## B. — Expériences faites pour la fixation des dunes.

### I. — Emplacement des travaux.

Des expériences ont été faites en différents points éloignés les uns des autres. En deux cas le Gouvernement Palestinien s'en est chargé : au sud, près de Gaza, sur une superficie de 600 hectares environ, et au nord dans les dunes qui s'étendent entre Caïffa et Acre, sur 100 hectares environ. Des détails intéressants sur ce travail ont été publiés dans la *Empire Forestry Journal*, Vol. 6, Cahier 1 (1927) par M. F. J. Tear, Assistant-Manager, Agriculture Department of the Gouvernement of Palestine, Jérusalem. Un troisième emplacement a été choisi dans les dunes s'étendant au nord de Césarée ; le travail y a été exécuté par la P.I.C.A. Les quelques centaines d'hectares formant cette superficie sont recouverts de sables fixés, plantés pour la plupart de buissons divers. Le travail consistait surtout en la plantation d'*Euca-  
lyptus*. Dans les dunes s'étendant entre le village Richon le Sion et le bord de la mer, au sud de la ville de Jaffa, c'est le Keren Kayemeth qui s'est occupé de l'afforestation. La largeur des sables, à partir de la mer, y atteint près de 6 kilomètres. La superficie où les expériences ont été effectuées s'élève à 40 hectares, à distance de 5 kilo-  
mètres et demi du bord de la mer, et elle est entourée le tous côtés de sables mouvants. L'éloignement du bord de

la mer et l'absence d'une dune littorale ont rendu le travail particulièrement difficile. Ces conditions contraires ont voué, dès l'abord, le travail à un échec. D'ailleurs il est difficile de tirer de cette expérience des conclusions définitives, le travail n'ayant duré que 2 ans, 1920, 1921. Pourtant, ce qui a été fait a suffi pour faire découvrir de nombreux détails, extrêmement importants pour le boisement des dunes.

### 1. — Fixation préliminaire des dunes.

La plantation d'arbres, dans les dunes, n'est possible que si elle est précédée par un travail préparatif qui consiste à fixer les sables mouvants. Les moyens employés pour ce but sont :

I) Couverture des dunes par couche mince de déchets de plantes : branches et buissons :

II) Plantation d'une végétation appropriée.

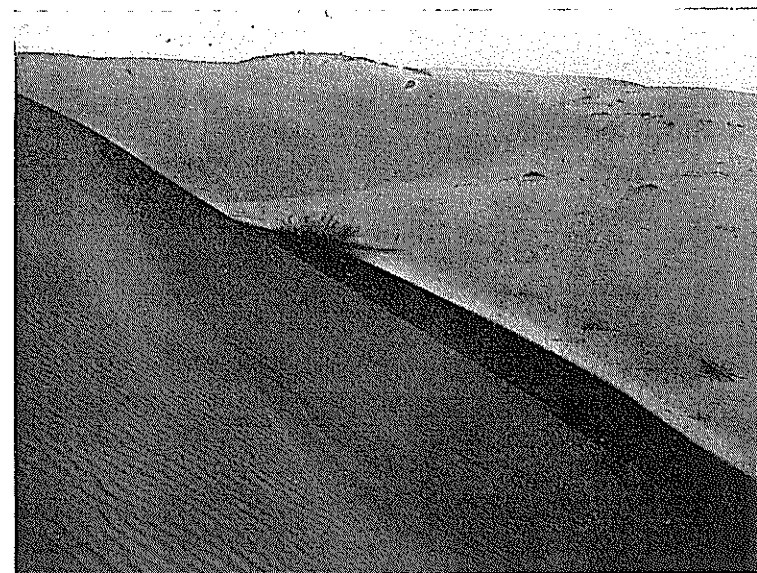
III) Construction de palissade et de haies pour la protection de la surface fixée contre de nouvelles vagues de sable.

Ces trois méthodes ont été essayées tour à tour et bien que, seule, la plantation ait donné des résultats positifs, nous croyons bon aussi de rappeler, brièvement, les deux autres systèmes.

1.°) Couverture des dunes par des feuilles de cactus et des branchages d'eucalyptus et d'acacias :

Nous n'avons pas trouvé, dans le voisinage, un matériel adéquat pour couvrir les dunes, sauf des branchages d'*Acacia Farnesiana*, d'*Eucalyptus* et des feuilles de cactus. Notre but était de couvrir la superficie entière d'une couche fine de branches. Un dounam (0,1 hectare) exigeait 600 kgs. de branches ; 20 feuilles de cactus suffisaient pour un mètre carré seulement. L'expérience a donc prouvé que cette méthode de travail était dénuée de toute valeur pratique ; au cas même où le matériel se serait trouvé sur place en quantité suffisante, la couverture

de grandes étendues aurait été trop coûteuse. Evidemment, ce fut là une raison suffisante pour interrompre le travail sans attendre la conclusion définitive sur la vertu de cette méthode pour fixer les sables et préserver l'humidité. Nous avons donc fait un essai ultérieur d'utiliser ce matériel simplement pour prévenir le mouvement des dunes.



Les sables mouvants des dunes.

2.°) Feuilles de cactus et branches d'acacias comme obstacles contre le mouvement des sables :

Pour ce but nous avons employé des feuilles de cactus verticalement plantées, à moitié fichées dans le sol et se touchant l'une l'autre en formant une sorte de palissade. Ces haies ont été plantées du nord au sud, à distance de 4 à 6 mètres l'une de l'autre. L'expérience a été faite en des endroits plats, peu influencés par le mouvement des sables. Quant aux pentes, plus susceptibles de succomber à l'action des dunes, plus susceptibles aussi à la trans-

formation, nous les avons protégées par des branches d'acacias densément étalées sur la pente. Nous nous sommes bientôt avisés que ces obstacles artificiels n'arrêtaient pas le mouvement des sables. Il a été prouvé que ces constructions arrêtaient le mouvement des dunes tant que le sable amoncelé à quelque distance derrière la barricade n'atteignait pas la hauteur de la palissade. Passé ce moment, celle-ci était débordée par le sable qui formait des amas derrière elle, contribuant à renforcer ainsi le mouvement des dunes. Ce résultat négatif est venu confirmer l'opinion traditionnelle concernant la protection contre le mouvement des sables, à savoir :

a) Le clayonnage complet et définitif est, seul, capable de protéger les dunes contre le mouvement. Or, un tel clayonnage, étant trop coûteux, n'est pas réalisable.

b) Des obstacles solides, tels que barricades, haies et amas de branches qui s'opposent au vent mais laissent des bandes de sables libres à l'action du vent, ne protègent guère les dunes. Bien au contraire; en s'opposant aux vents ces constructions contribuent à transformer la surface des dunes, originellement plate, en une série alternante de monticules et de concavités.

c) Ce mouvement ne sera empêché que si le moyen employé est organiquement attaché aux sables; sa partie supérieure doit être assez flexible pour résister au vent. Ce facteur ne doit pas nécessairement interrompre complètement le mouvement des vagues de sable; il suffit que celui-ci soit modéré et que la couche supérieure ait le temps de se fixer. Un tel résultat ne peut être obtenu que par les plantes spécialement adaptées aux sables.

3.) Fixation des sables par l'*Ammophila*.

De toutes les plantes vivant dans les sables, et qui contribuent à leur fixation, l'*Ammophila arenaria* a été reconnue la plus adéquate.

Les résultats d'expériences antérieures ont permis d'établir les règles suivantes pour la plantation de cette herbe :

a) L'herbe doit posséder des longs rhizomes formés de trois bourgeons au moins qui donnent naissance à des racines et à des nouvelles plantes.

b) L'herbe doit être plantée immédiatement après avoir été arrachée au sol où elle avait pris naissance. Lors du transport, il y a lieu de veiller à ce que les rhizomes soient protégés contre le vent et le soleil.

c) La distance entre les rangées est d'un mètre. L'espace séparant les plantes ne doit pas dépasser 10 cms.

d) Dans des plaines, l'herbe doit être plantée dans des sillons ouverts par une charrue attelée à un seul cheval. Le sillon est double, c'est-à-dire que la charrue repasse une seconde fois dans le même sillon afin d'atteindre la profondeur minimale de 25 cms.

e) Sur les pentes, l'herbe est plantée dans des trous à l'aide de plantoirs en fer ou en bois.

f) La direction des rangées, dans les plaines, va du nord au sud. Près des pentes les herbes doivent être plantées non en lignes droites, mais rondes ou transversales suivant la forme de la pente.

g) La meilleure période pour la plantation est le début de la saison des pluies : décembre-janvier.

Suivant ces règles l'*Ammophila* a été plantée sur de vastes étendues pour protéger les dunes contre le mouvement et pour aider à leur fixation. Dans les plaines, le creusement de sillons larges et profonds est assez facile. Une bête robuste est capable d'ouvrir des sillons à distance d'un mètre l'un de l'autre, sur une étendue de 1,5 à 2 hectares par jour. Des ouvriers cueillaient l'herbe en des endroits éloignés, là surtout où la végétation est fort épaisse et l'apportaient par paquets; d'autres tenant les plantes sous le bras gauche s'en allaient le long du sillon, enfonceant le bout du rhizome dans l'ouverture à l'aide de leur main droite. Chacun d'eux était suivi d'un autre ouvrier qui, de ses pieds, remplissait le sillon.

La photo N. 2 donne une idée du procédé de plantation sur les pentes abruptes. Un des ouvriers perce des trous

à l'aide du manche de la pioche ; les autres qui le suivent enfoncent les tiges dans les trous. Lorsque la plantation se fait le long de la pente on commence par en bas. La seconde rangée se fait au-dessus de la première de façon



Plantation de *Ammophila arenaria* sur les pentes des dunes.

que les ouvriers piétinent la première rangée déjà plantée, applatissant le sable autour de l'herbe.

*Développement de l'herbe.* — Le développement de l'ammophile est généralement lent mais sûr. Plusieurs tiges qui ne donnaient pas signe de vie au printemps suivant la plantation, ont commencé à croître en été ou, plus souvent encore, immédiatement après la première pluie de la seconde année. En janvier on remarque déjà les drageons qui poussent non seulement près des tiges originaires, mais aussi à quelque distance. Au début de l'année suivante, les surfaces recouvertes d'herbes étaient déjà assez protégées pour permettre la plantation d'arbres.

*Ensemencement de l'Ammophile.* — L'ammophile se multiplie non seulement par drageons, mais aussi par semis. La semence, mûrie en juin, est disséminée par le vent sur les sables. Arrêtée sous une plante ou un coquillage, elle est préservée pendant tout l'été jusqu'à la première pluie, donnant naissance à un nouveau plant. On avait cru pouvoir utiliser cette façon de reproduction pour la culture de la plante en vue de fixer les dunes. En été 1920, 40 kgs. de graines de l'ammophile furent recueillis en trois endroits, aux environs de Richon le Sion, de Jaffa et d'Acre. Pendant la saison des pluies 1921, divers procédés d'ensemencement furent essayés. Les résultats ayant été négatif, ce système de reproduction de l'herbe dans les dunes fut complètement abandonné.

*AUTRES PLANTES DE FIXATION.* — Le *lupin* adapté au sol sablonneux et poussant très vite a semblé un moyen adapté pour empêcher le mouvement des dunes. En hiver 1920 on a essayé d'ensemencer du lupin sur des superficies restreintes, en deux localités différentes, en rangées serrées et droites. Le lupin a germé dans 8 à 10 jours. Il faut noter que le lupin ne pousse en hauteur qu'à mesure que ses racines se développent dans le sable.

Le lupin ensemencé à une époque hâtive s'est développé le mieux. Bientôt l'étendue entière fut recouverte d'un tapis vert et le vent n'avait plus d'emprise sur elle. Durant la saison des pluies, malgré les tempêtes, aucune transformation ne s'était signalée dans la surface des dunes ensemencées de lupin. La différence entre la superficie ensemencée et celle qui ne l'était pas était énorme : les vagues de sable mouvant s'arrêtaient devant le lupin et changeaient de direction. Aux limites de l'étendue ensemencée on pouvait voir des monticules de hauteur moyenne qui ne bougeaient pourtant pas de là. Cette transformation a rendu possible la plantation de arbres sur la superficie élaborée bien que non protégée par des herbes. Il n'y avait plus à craindre que le mou-

vement des sables submergeât ou découvrit les arbres plantés. Cette qualité du lupin a été très utile pour l'ensemencement des graines d'herbes et d'arbres, directement dans le sable. La semence de l'ammophile a été mélangée avec celle du lupin. Ailleurs, on l'ensemencait dans les champs où le lupin poussait déjà.

Cependant, vers la fin de l'hiver, lorsque les pluies cessèrent et le lupin commença à fleurir, un danger se révéla. Cette plante absorbe en effet une grande quantité d'eau. Alors que dans les sables non ensemencés de lupin on trouvait l'humidité au début d'avril à la profondeur de 5 ou 6 centimètres, ici le sol était sec jusqu'à 12 ou 15 cms, profondeur atteinte par les racines du lupin. L'humidité dans les sables ne descend généralement à cette profondeur qu'aux mois de juin-juillet. Toutes les plantes ensemencées en même temps que le lupin, et dont les racines n'étaient pas aussi profondes, commencèrent à souffrir de la sécheresse. C'est ainsi que la sécheresse frappa, par la faute du lupin, le pin maritime, le pin de Jérusalem, le ricin, l'ammophile, et l'*Elymus arenaria*.

Il est digne d'être noté que très souvent les racines du lupin possèdent des nodosités. Il semble donc utile d'ensemencer cette plante dans les sables comme engrais vert contribuant à créer une couche d'*humus*. Cependant, pour que cet effet soit atteint il faut que le lupin soit enfoui dans le sol au début de sa floraison. Or, justement à cette époque la couche supérieure des sables étant sèche, le lupin ne peut pas pourrir. Il est emporté par le vent avec le sable sec.

Il résulte de la description précédente que le lupin est malgré tout un moyen efficace pour protéger les sables contre le mouvement et d'une aide appréciable lors du reboisement des dunes.

L'*Elymus Arenaria*, le *Sorgho d'Alep*. — L'*Elymus Arenaria* fut essayé en 1921; on fit venir les graines d'Angleterre. L'ensemencement fut réalisé par deux

procédés différents: 1) dans une plate-bande moyenne. Le sable était ensuite recouvert de tiges desséchées de maïs. 2) Par semis à la volée, mélangée avec la semence du lupin. Le champ fut ensuite labouré avec une charrue. Les graines poussaient huit à dix jours après l'ensemencement. La couche recouvrant la plate-bande fut enlevée lorsque la plante atteignit 10 à 15 cms. Elle continuait à se développer jusqu'aux chaleurs d'été, où elle se fana et périt. Les mêmes résultats ont été atteints, avec le semis du *Sorgho d'Alep*, venu de France et ensemencé la même année par les deux procédés cités.

## 2. — La plantation d'arbres.

Lors de la plantation d'arbres dans les dunes, deux règles fondamentales doivent être observées:

1.) La plantation doit être profonde, tandis que, s'il s'agit d'un sol ordinaire, la plante ne doit pas être enfoncée dans le sol plus qu'elle ne l'a été dans la pépinière. Cette mesure est rendue nécessaire par le dessèchement rapide de la couche supérieure des sables.

2.) Les arbres doivent être plantés serrés, pour obliger les racines à chercher la nourriture en profondeur et affermir par là une couche toujours plus épaisse. Ceci contribue d'ailleurs à préserver l'humidité.

Les arbres destinés à la plantation avaient été élevés dans des pépinières rapprochées de l'emplacement de plantation. On a employé, dans la majorité des cas, l'*Eucalyptus* (1), mais aussi la *Casuarine*, le *Pin* et l'*Acacia longifolia*. Une attention spéciale a été accordée aux facultés d'adaptation des plantes employées aux conditions des sables. Les sujets plantés devaient dépasser en hauteur 1 mètre et avoir non seulement des ra-

(1) Quand nous parlons d'« eucalyptus », sans spécifier l'espèce, nous entendons par là l'*Eucalyptus tereticornis* et l'*Eucalyptus rostrata*, employés pour le reboisement des sables de préférence.

cines développées, mais aussi un tronc assez solide et souple pour résister aux vagues de sables.

La plantation a commencé en décembre, après les premières pluies.

La distance entre les arbres a été fixée à un mètre. La profondeur des trous, creusés par la pioche, à 40-50 cms. Les arbres n'étaient pas plantés en lignes continues; on laissait des vides entre les emplacements plantés en tenant compte de la topographie du sol. Les plaines les moins menacés par le mouvement des dunes étaient choisies de préférence, les pentes abruptes des côtes nord et sud ayant été laissées à l'écart.

Afin d'assurer aux plantes un minimum de nourriture et d'activer par là la première phase de leur croissance, l'essai fut fait sur une surface restreinte, d'ajouter dans chaque trou une pelletée de terre argileuse (hamra) extraite des vallons adjacents. La terre était versée au fond du trou, ajoutée au-dessus de la motte entourant les racines et recouverte ensuite de sable. Toutefois, il a été bientôt prouvé que ce travail n'en valait pas la peine. Une couche de sable haute de 40 cms. pèse sur la terre argileuse. Celle-ci se rétrécit, adhère aux racines et les empêche de prendre contact avec le sable. Il est donc arrivé que les racines de plusieurs plants, pris dans la motte de terre argileuse, empêchèrent la croissance de l'arbre. La terre a contribué en outre à séparer les couches inférieures de sable de la surface, de sorte que celle-ci s'est vite desséchée. Le sable couvrant les trous était donc facilement emporté par le vent, les arbres étaient découverts et souffraient considérablement des méfaits du soleil et des vents.

A mesure que le travail avançait, il devenait de plus en plus clair, qu'une profondeur de 40 cms. ne suffisait pas, surtout sur les pentes, où une couche de sable de cette épaisseur peut se déplacer dans l'espace de quelques jours. Il a donc fallu opter pour 70 à 80 cms. Or, à une telle profondeur la pioche n'était plus utilisable.

Pour creuser un trou de 70 cms. il aurait fallu l'élargir considérablement, afin d'empêcher que le sable soit de nouveau versé dans le trou; or, la distance entre les arbres n'étant fixée qu'à 1 mètre, l'emploi de la pioche aurait été impossible; d'ailleurs, les frais étaient trop grands.

Il fallait donc adopter un nouvel outil. Plusieurs expériences ont précédé l'invention d'un tel instrument employé avec succès pour les plantations exécutées en 1921.

Cet outil a la forme d'une barre de fer, longue d'un mètre et composée d'une pointe en vis de 5 cms., de plats de fer également en vis (40 cms.) et d'un manche en bois de 55 cms. Le diamètre des plats est de 12 cms. Cet instrument permet de forer des trous sans grand effort.

On procède au travail à deux reprises, pour le rendre plus facile. D'abord, on enfonce l'outil, en le tournant à 40 cms. de profondeur; on sort ensuite l'instrument pour verser le sable et on l'enfonce encore jusqu'à la profondeur voulue. Un ouvrier moyen peut ainsi forer en une journée de 8 heures plus de 300 trous à 70 cms. de profondeur.

*La plantation proprement dite.* — L'outil décrit a non seulement facilité le forage des trous, mais a beaucoup profité pour la plantation proprement dite. Le vide laissé par cet instrument n'a que 12 cms. de diamètre, tout juste suffisant pour recevoir la motte de terre. Aussi, les couches humides du sol ne sont-elles pas exposées au soleil et au vent. Le travail de plantation est aussi notablement facilité. Les dix ouvriers chargés de forage sont suivis de deux ouvriers planteurs qui ont tout le temps pour enfoncer leurs plants. L'ouvrier met un faisceau de plants dans sa main gauche, saisit de la main droite la tête du plant et l'enfonce dans le trou: en même temps il couvre de son pied droit le trou ouvert et affermit le sable. (Photo N. 3).

*La saison de plantation et le développement des racines.* — Les *Eucalyptus* ont été plantés durant toute la

saison de plantation, décembre-février. Bien qu'il n'y eût pas une différence radicale entre les arbres plantés au début de la saison, et ceux dont la plantation a été retardée, nous croyons pouvoir constater que la planta-



Plantation dans les dunes à l'aide d'un plantoir.

tion suivant immédiatement les premières pluies, donne les meilleurs résultats pour le développement des racines. Il est vrai que l'arbre planté ne commence à pousser de nouvelles branches qu'au mois de mars; mais les racines nouvelles apparaissent au bout de 20 jours après la

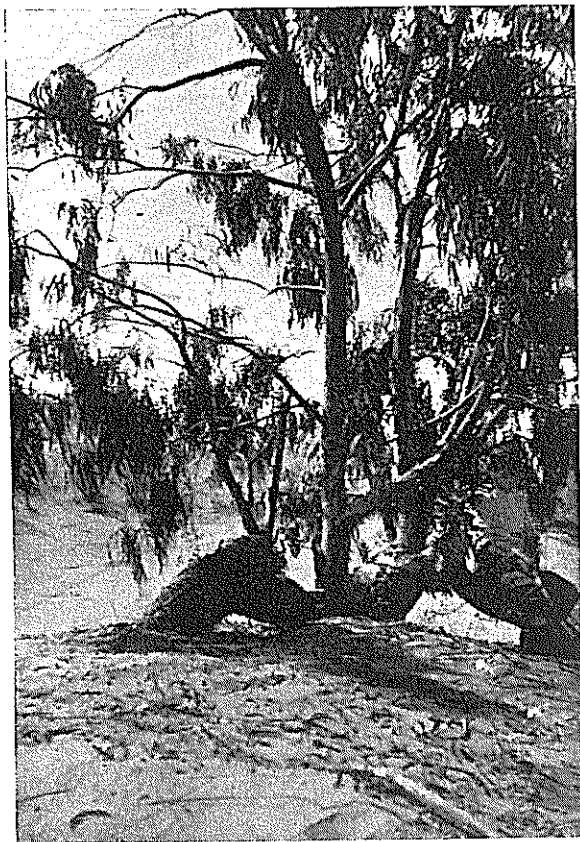
plantation; or, des racines vigoureuses sont très importantes pour la croissance ultérieure de l'arbre. Outre les avantages organiques, les racines fixent la plante et la prémunissent contre le mouvement des sables menaçant, à la fin de l'hiver, à laisser l'arbre à découvert.

*La croissance de l'arbre.* — Les nouveaux bourgeons ne commencent à apparaître qu'avec la période de croissance, à partir du mois de mars. Cette règle vaut presque pour tous les arbres plantés dans les dunes au cours des deux années qu'a duré l'expérience. Les feuilles ayant couvert l'arbre dans la pépinière tombent presque toutes, mais les bourgeons restent le long du tronc, même sur les arbres submergés par les vagues de sable. Au printemps, les bourgeons s'ouvrent et le plant nu se couvre de jeunes feuilles.

*Taille des arbres.* — Mais une telle abondance de bourgeons peut à peine être supportée par l'arbre planté en terrain sablonneux pauvre en matières nutritives. C'est pourquoi les bourgeons ne peuvent se développer avec la rapidité voulue. Au printemps où les vents d'Est sont très fréquents, l'arbre est trop faible pour leur résister. Très souvent, au premier *Hamsin* du mois d'avril les nouvelles feuilles se fanent. Pour prévenir ce danger il y a lieu de libérer l'arbre du fardeau d'yeux et de bourgeons pour concentrer la force vitale en quelques boutons, soit de tailler l'arbre. En 1920, la plupart des arbres plantés ont été taillés au mois d'avril jusqu'à 20 à 25 cms. du sol. La taille a dirigé la sève aux deux-trois yeux restés sur les troncs; les bourgeons ainsi renforcés ont pu résister aux vents d'est. En 1921, les arbres ont été taillés immédiatement après la plantation.

Ce travail a été le seul que les arbres ont exigé au printemps et en été. Il est tout à fait inutile de labourer ou de sarcler les environs des arbres comme c'est l'usage en terre ordinaire. L'herbe ne pousse pas dans les dunes et, d'ailleurs, il est dangereux de remuer le sable qui pourrait se mettre en mouvement.

*Développement des eucalyptus.* — Plus de 300.000 eucalyptus furent plantés au cours des deux années en question. Cependant dix ans après la plantation, à peine



Un *Eucalyptus* qui résiste sur les dunes, même si les racines ont été découvertes par le mouvement du sable.

10% en ont subsisté. Les enseignements suivants peuvent être tirés des arbres ayant subsisté sur la surface de 40 hectares plantés.

1.°) Les arbres plantés au-dessus des pentes où de nouvelles quantités de sable se sont amassées, ont eu une

croissance normale. Partout où les plantes furent submergées de sable elles ont pris force et poussé en hauteur.

2.°) Par contre, là où la couche de sable fut enlevée et les troncs découverts, la croissance des arbres s'est trouvée empêchée. Les racines mises à nu atteignaient des fois 10 mètres de longueur. Cependant, des grands arbres qui avaient eu le temps de bien s'enraciner pendant plusieurs années, n'ont pas souffert même quand une partie des racines fut mise à découvert (Photo N. 4).

3.°) Dans les dunes fixées par l'*Ammophile* là où le sable reste sans changement, la plupart des arbres ont subsisté; leur croissance a été cependant extrêmement lente; les troncs n'ont pas conservé la ligne droite, l'écorce s'est trouvée fêlée et le feuillage délié.

*Plantation d'espèces diverses.* — En dehors de l'eucalyptus qui a occupé la place principale dans le boisement des dunes, d'autres espèces furent essayées. Les procédés de plantation ne diffèrent pas sensiblement de ceux employés pour la plantation d'eucalyptus.

*L'Acacia longifolia.* — Quelques arbres furent plantés en 1920 et le choix n'a pas été heureux, les sujets plantés ayant été trop petits. Les arbres adaptés firent cependant épreuve d'une faculté de résistance considérable. Leur croissance n'est pas moins rapide que celle des eucalyptus. En été 1920, les sujets réussis, très branchus, ont dépassé 2 mètres de hauteur. Le feuillage des acacias pourvoit les sables d'ombre ce qui en fait un moyen efficace pour assainir les dunes. Cependant, les branches touffues et lourdes sont facilement pliées par les vents d'été et nécessitent par conséquent des soutiens.

En 1921, plusieurs milliers de pieds furent plantés, élevés en partie en pots et en partie en plates-bandes. Les premiers ont tous réussi; les autres n'ont pas subsisté. *L'Acacia cyanophylla* s'est également adapté aux sables. Il présente le grand avantage de faire tomber de nombreuses feuilles qui couvrent les dunes d'une

couche épaisse protégeant le sable. La photo N. 5 représente un bouquet d'acacias dix ans après la plantation.

La *Casuarine* plantée en deux endroits différents n'a pas réussi. Les arbres ont enraciné mais les troncs n'ont pas poussé. Ils sont restés en état stationnaire pendant toute l'année 1920. L'hiver 1921 ne leur a pas profité non plus et, finalement, les arbres ont tous péri, sauf ceux qui avaient été plantés dans le marais.

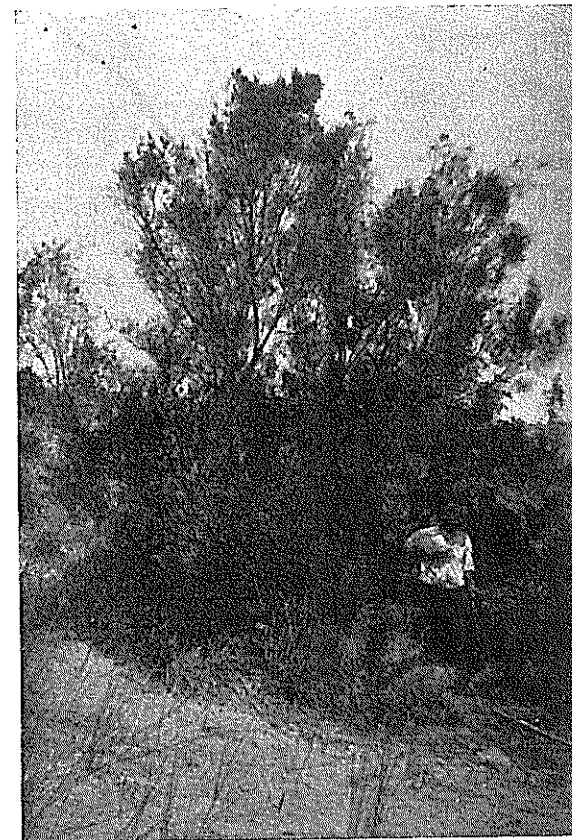


Plantation d'*Acacia cyanophylla* âgée de 10 ans environ.

Les expériences de 1920 ont porté également sur le poivrier (*Schinus molle*) et sur l'azedarach (*Melia Azedarach*). Mais l'essai ayant échoué, la plantation n'a pas été poursuivie. Au cours de la seconde année, l'on a planté plusieurs milliers d'*Acacia dealbata* et plusieurs centaines de caroubiers. Ils n'ont pas duré longtemps.

*Plantation d'arbres par boutures.* — Parmi les arbres plantés par boutures, le tamaris (*Tamarix articulata*) occupe une place spéciale. Les boutures ont été prises aux tamaris des environs de Jaffa et plantées à l'aide d'un plantoir de fer. Peu d'entre elles ont réussi, et ceci pour plusieurs raisons. D'abord, la plantation a été faite

dans un vallon ouvert entre deux collines, qui s'est démontré plus tard extrêmement dangereux au point de vue du mouvement des sables. Ensuite, le choix des boutures, trop minces, n'était pas heureux. Les sujets



Exemplaire de *Tamarix articulata* issu d'une plantation par bouture.

adaptés ont pris un bel essor, racines et branches. Au cours de l'été, les troncs ont atteint 5 à 6 mètres en hauteur, les branches 2 à 3 mètres en longueur, ce qui nous donne le droit de considérer les résultats comme positifs.

En 1921, on a planté des plants de tamaris, transplantés de la pépinière avec les racines. C'était un échec, les racines de cet arbre étant trop tendres pour résister à la sécheresse. La plantation par boutures peut réussir, à condition que celles-ci soient assez longues et épaisses et que l'arbre soit enfoncé dans le sol à 70-80 cms. au moins. Les boutures doivent être plantées aussitôt coupées de l'arbre.

Les tamaris ayant survécu ont pris la forme d'arbustes occupant une espace étendue, comme celui, âgé de 10 ans, représenté sur la photo N. 6.

C'est aussi par boutures que furent plantés dans des placettes d'essai le peuplier, le sycomore, le mûrier et le grenadier, d'ailleurs sans résultat.

J. WEITZ.

Directeur d'Afforestation au Bureau Central  
du Keren Kayemeth Leisraël Jerusalem.

## El Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias de España

El Instituto de Investigaciones y Experiencias Forestales, fué creado en España en 15 de Marzo de 1907, con el nombre de Instituto Central de Experiencias Técnico-forestales.

Como en otros países, nace afecto a la Escuela Forestal de Ingenieros de San Lorenzo del El Escorial, dependiendo de ella en todo cuanto concierne a su funcionamiento y administración.

Se concedió para toda clase de atenciones de este Instituto la cantidad de 8.000 pesetas, que es la que figuró en los presupuestos anuales, y esta exigua y a todas luces insignificante cantidad, unida a la dispersión que a su empleo había de darse al tener que repartirla en las distintas materias y actividades a que el profesorado de la Escuela se dedicaba, hizo que fuese poco eficaz su resultado en la investigación, y que por ello se destinase casi siempre la consignación entera a la adquisición de aparatos y material, y hasta muchas veces para cubrir atenciones de la Escuela ajenas a la investigación.

Mas tarde, siguiendo también la historia de los centros análogos del extranjero, en vista de las dificultades ya apuntadas y de la necesidad sentida cada día con mayor afán por los trabajos de investigación, trabajos que, por otra parte, al tener que llevarse con creciente intensidad, dificultaban la asidua labor que requiere el cometido del Profesorado de la Escuela, se determinó por la superioridad su separación de la Escuela, dando al Instituto la autonomía precisa para su mejor desenvolvimiento.

Al efecto en 29 de Noviembre de 1922 se aprobó el reglamento de constitución del mismo, nombrándose Director al que suscribe y empezó a vivir, a consecuencia de la