



Boisement de Tamarix aphylla de 5 ans sur bourrelets. Magen, Néguev occidental.

L'ARBRE ET LA FORÊT EN RÉGION ARIDE : EXEMPLE DU NÉGUEV ⁽¹⁾

par R. KARSCHON,
*Division des Forêts, Institut National
de la Recherche Agronomique, Ilanot.*

SUMMARY

TREES AND FORESTS IN ARID REGIONS : THE EXAMPLE OF THE NEGEV

The Negev is about 4,300 square miles in extent, and has a desert or sub-desert climate. After giving some indications concerning the natural vegetation, the author examines the factors which determine plant growth in a desert environment. Plant growth is linked with water and soil (infiltration capacity, texture). Species used for reforestation in this region are Tamarix aphylla

(1) Publication de l'Institut Agronomique et Universitaire d'Agriculture, Rehovot, N° 1375-F, 1968.

and *Atriplex palmus* among local species, and *Eucalyptus camaldulensis* among exotic species. The author indicates the methods employed, in particular the « steppe » method. He concludes with some information on the results obtained and the influence of plantations on agriculture and livestock raising.

RESUMEN

EL ÁRBOL Y EL BOSQUE EN REGIÓN ÁRIDA : EJEMPLO DEL NEGUER

El Neguer se extiende sobre, aproximadamente unos 11.000 km², siendo su clima desértico y subdesértico. Después de haber dado algunas indicaciones acerca de la vegetación natural, el autor estudia los factores que determinan el crecimiento de los vegetales en medio desértico, el cual se encuentra directamente relacionado con el agua y el suelo (capacidad de infiltración-textura). Las especies utilizadas para las repoblaciones en esta región son, entre las especies locales : *Tamarix aphylla* y *Atriplex palmus* y, entre las especies exóticas : *Eucalyptus camaldulensis*. El autor indica los métodos utilizados, y en particular, el « método estépico ». Finalmente, se dan algunos informes acerca de los resultados obtenidos y la influencia de las plantaciones sobre los cultivos y la cría de ganado.

Le but de cet article est de donner une vue d'ensemble sur la place de l'arbre et de la forêt — naturels ou plantés — en région désertique. De prime abord il pourrait sembler qu'arbre et forêt, d'une part, et désert, d'autre part, s'excluent, car dans l'imagination populaire le désert est volontiers représenté — d'ailleurs souvent à tort — comme dépourvu d'arbres et même de végétation en général.

Toute définition du désert à l'aide de la végétation est malaisée, car on peut y trouver certaines formations herbacées, arbustives ou même arborescentes. Il semble préférable de définir le désert comme étant lié à l'existence d'une certaine aridité, donnée qui se prête à une expression numérique.

Parmi les nombreuses classifications climatiques,

celle généralement admise aujourd'hui est celle de THORNTHWAITE qui définit le climat aride par un indice global d'humidité inférieur à —40. Ainsi que le montre la Figure 1, toute la partie sud d'Israël — le désert du Néguev — est donc aride.

L'exemple du Néguev servira à illustrer l'influence des facteurs du milieu sur la végétation arborescente naturelle, à indiquer les différentes techniques qui ont permis l'implantation d'arbres en milieu désertique et à souligner le rôle que remplissent ces arbres dans une économie moderne implantée dans le désert. Ainsi que le montrera l'exposé suivant, une grande partie des enseignements retenus sont d'un ordre plus général et peuvent être appliqués — *mutatis mutandis* — à d'autres régions désertiques, subtropicales et tropicales.

LE MILIEU

Le désert du Néguev fait partie de la vaste région de déserts chauds qui s'étend au nord du Tropique du Cancer, depuis l'Irak et le Golfe Persique, à l'est, jusqu'à la côte atlantique du continent africain, à l'ouest. Beaucoup de ses caractères sont dus à sa position centrale dans cet ensemble et à la proximité de la Méditerranée.

Occupant une surface d'environ 11.000 km², au sud de 31° 30' latitude nord, le Néguev forme un triangle isocèle dont la base va de la Méditerranée (au sud de Gaza) à la Mer Morte, en contournant les contreforts des Montagnes de Judée. Le sommet du triangle est à Eilat sur le Golfe d'Aqaba (Mer Rouge), à 29° 33' latitude nord. Ses côtés sont formés, à l'ouest, par la frontière du Sinaï et, à l'est, par la Mer Morte et l'Oued Araba, extension méridionale de la dépression du Jourdain.

Du point de vue géomorphologique, le Néguev comprend les unités suivantes :

1) dunes, plaines sablonneuses ou lacustiques et basses collines du Néguev occidental et septentrional, à des altitudes de 200 à 450 m ;

2) hauts plateaux et montagnes du Néguev atteignant une altitude de 1.050 m ;

3) plaines caillouteuses du Néguev méridional, à 400-500 m d'altitude ;

4) dépression de la Mer Morte et de l'Oued Araba, où l'altitude varie de 400 m au-dessous du niveau de la mer à 300 m au-dessus du niveau de la mer. A l'exception des parties ouest et nord du Néguev formées de dépôts éoliens (sables, loess) la plupart des terrains sont des formations calcaires crétacées ou éocènes ; des roches plus anciennes (trias, jurassique) n'affleurent que localement. Les formations néogènes, pleistocènes et holocènes (alluvions) sont particulièrement répandues au sud de la Mer Morte et dans l'Oued Araba. Il n'existe pas de cours d'eau permanents mais tout le Néguev est

silloné par de nombreux oueds souvent profondément encaissés avec drainage vers la Méditerranée, la Mer Morte ou la Mer Rouge.

Le climat du Néguev varie depuis un climat subdésertique atténué, au nord, jusqu'à un climat « désertique », au sud (tableau 1). Les précipitations diminuent du nord au sud et de l'ouest à l'est ; leur moyenne ne dépasse guère 350 mm par an à la limite nord du Néguev et n'est plus que de 30 mm par an à Eilat (Fig. 1). Le régime des pluies est du type méditerranéen : les pluies tombent exclusivement en hiver, principalement de décembre à mars ; leur quantité et leur distribution dans le temps et dans l'espace sont des plus variables et souvent elles tombent sous forme d'averses locales. L'hiver est relativement frais tandis que l'été est chaud et sec ; les différences de température entre le jour et la nuit sont toujours marquées. La continentalité augmente du nord au sud et de l'ouest à l'est ; le quotient pluviothermique d'EMBERGER indique l'existence d'un étage méditerranéen aride au nord et d'un étage saharien au sud. Il ne semble pas qu'il y ait eu des changements majeurs du climat depuis la dernière phase subpluviale qui date d'environ 4.400 ans ; par contre, l'existence de fluctuations cycliques de la quantité des pluies ressort d'études qui ont été effectuées sur les variations du niveau de la Mer Morte et la largeur des cernes de certains arbres et arbustes. Des recherches ont également montré que la limite d'aridité, c'est-à-dire l'efficacité des précipitations PE-16 selon THORNTHWAITE (qui correspond au besoin minimal en eau des cultures de céréales) n'est guère stable ; elle avance dans les années sèches jusqu'à 60 km au nord de Beersheba tandis que dans les années humides elle recule jusqu'à 20 km au sud de Beersheba.

Au point de vue phytogéographique le Néguev appartient à trois territoires d'importance inégale :

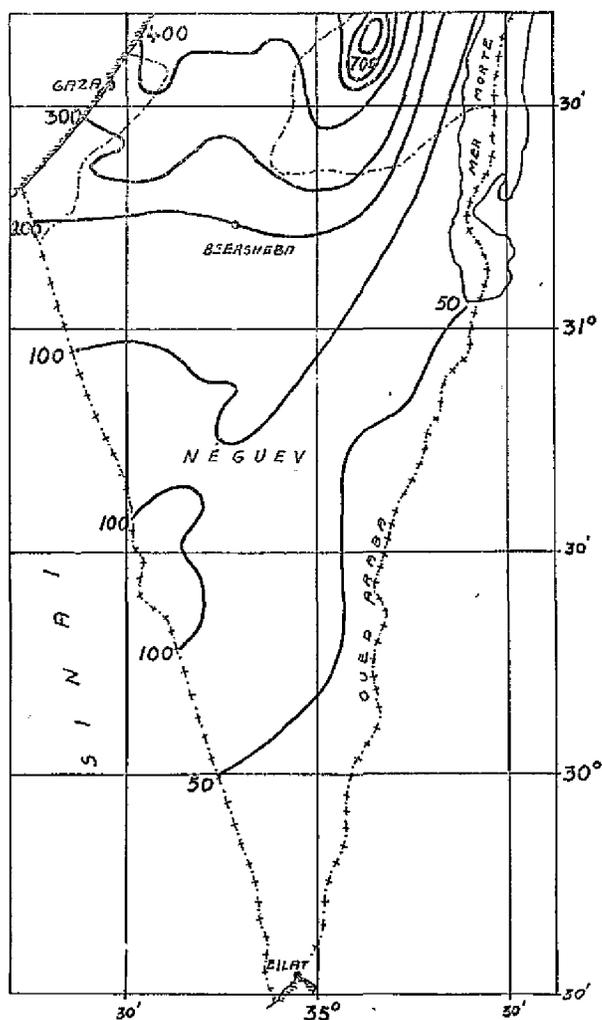


FIG. 1. -- Carte pluviométrique du Néguev.

territoires irano-touranien, saharo-arabe et territoire de pénétration soudanienne (Fig. 2).

TABLEAU 1

Moyennes climatiques

Station	Altitude m	Lat. N ° ' "	Long. E ° ' "	Température moyenne		Humidité relative moyenne %	Précipitation moyenne annuelle (1) mm	Conti- nenta- lité (Gor- szyn- ky) %	Coeffi- cient pluvi- ther- mique (Ember- ger)	Index d'hum- idité (Thornth- waite)
				des maxima du mois le plus chaud °C	des minima du mois le plus froid °C					
Gaza	45	31 30	34 28	31,5	8,8	70	376	20,2	56,5	-- 34,9
Beersheba .	270	31 14	34 47	33,7	6,2	58	200	32,6	24,8	-- 46,0
Mer Morte .	380	31 02	35 22	40,5	10,9	43	51	38,3	5,8	..
Eilat	5	29 33	34 57	40,2	10,1	39	30	43,0	3,3	-- 58,6

(1) Il est important de souligner que dans les climats arides les précipitations annuelles réelles s'écartent souvent sensiblement des moyennes annuelles calculées.

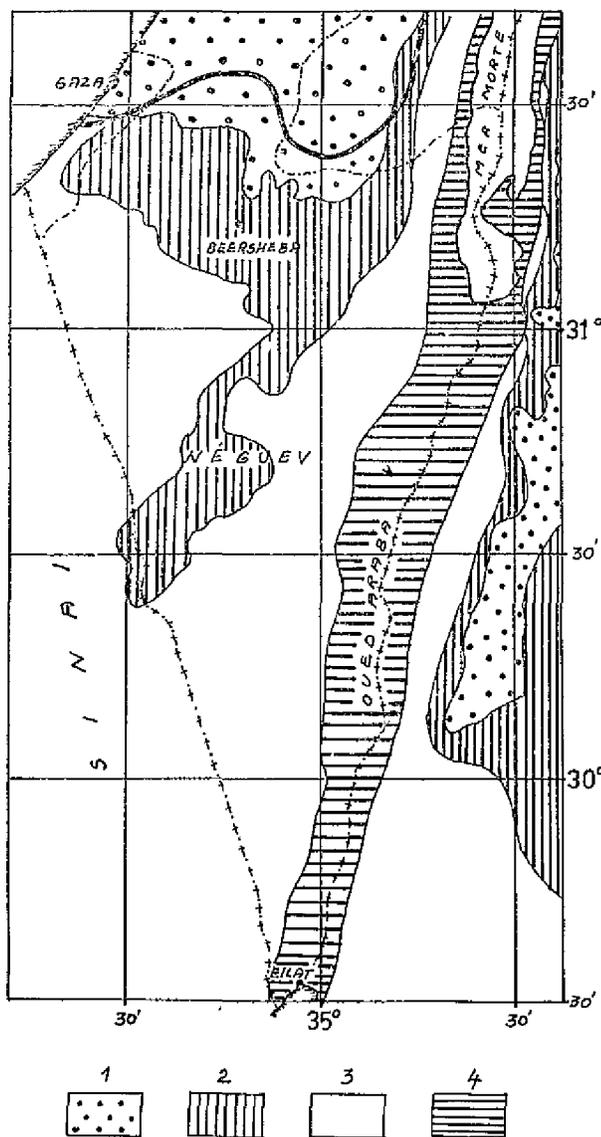


FIG. 2. — Carte phytogéographique du Négev.

1. — Territoire méditerranéen; 2. — Territoire irano-touranien; 3. — Territoire saharo-arabe; 4. — Territoire de pénétration soudanienne. La ligne épaisse indique la limite nord de la zone aride selon la classification de Thornthwaite.

Le territoire irano-touranien comprend la partie nord du Négev et s'étend des dunes côtières aux

montagnes surplombant la Mer Morte; vers le sud-ouest il inclut les parties les plus élevées du Négev central. La végétation typique est constituée par des formations d'essences arbustives telles que l'*Artemision herbae-albae* sur sierozems et sols bruns lœssiques et le *Haloxyletum articulati* des plaines alluviales lœssiques. Dans les oueds du massif central le *Pistacietum atlanticae* subsiste à l'état de relique.

La majeure partie du Négev fait partie du territoire saharo-arabe. Ici aussi la végétation est essentiellement arbustive et les associations principales sont le *Zygophylletum dumosi*, au nord et à l'ouest, sur sierozems lœssiques et lithosols, et l'*Anabasidetum articulati* du Négev central sur lithosol, reg et alluvium grossier. La végétation psammophyte est confinée principalement aux dunes et regosols sablonneux de l'ouest (association à *Artemisia monosperma-Aristida scoparia*) et à l'Oued Araba (*Haloxyletum persici*). La végétation halophyte est représentée surtout dans les marais salants (sebkhas) et oasis au sud de la Mer Morte et de l'Oued Araba.

Le territoire de pénétration soudanienne occupant la vallée inférieure du Jourdain et l'Oued Araba est caractérisé par l'abondance des arbres soudaniens. L'association la plus typique est l'*Acacietum tortilidis anabasidetosum* avec *Acacia raddiana* et *A. tortilis*; elle est principalement répandue dans l'Oued Araba sur reg et alluvium caillouteux.

Dans le passé, l'usage excessif de la végétation comme combustible et le parcours du bétail ont partout conduit à une destruction avancée du maigre tapis végétal et à une érosion accélérée du terrain. A présent, la culture extensive (céréales d'hiver) ou intensive (irriguée) est pratiquée sur les terrains à vocation agricole au nord de la latitude de Beersheba. Au sud, l'exploitation des richesses minières et le développement de l'industrie sont allés de pair avec la création de centres urbains. En dehors de certaines régions (principalement à l'est de Beersheba) occupées par quelques 18.000 bédouins se trouvant dans un stade de transition entre le semi-nomadisme et la sédentarisation, les terres exploitées pour l'agriculture et le parcours sont des plus limitées et la végétation naturelle est laissée à elle-même.

FACTEURS DÉTERMINANT LA CROISSANCE DES VÉGÉTAUX EN MILIEU DÉSERTIQUE

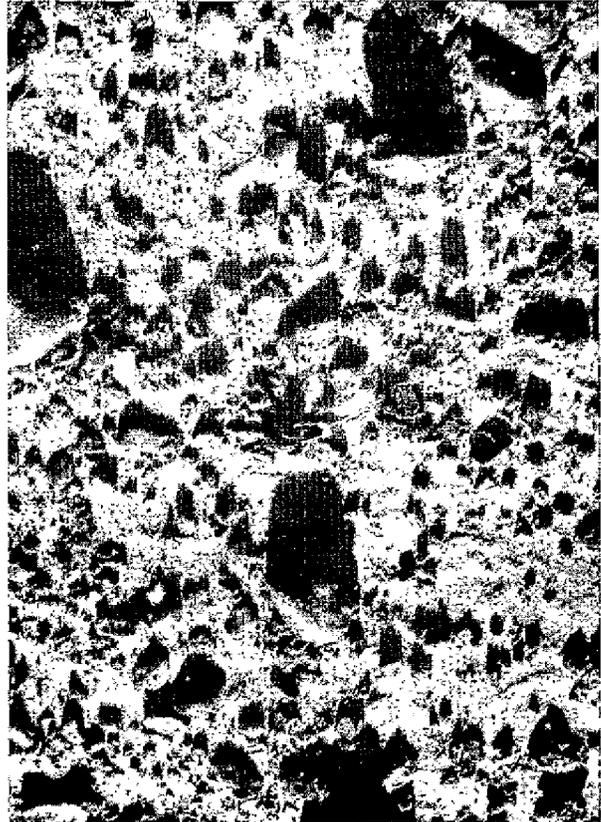
La plantation d'arbres en milieu désertique exige la connaissance des facteurs de station, spécifiques du désert, qui déterminent la croissance des végétaux. Etant donné qu'en milieu désertique l'eau est l'élément limitant, ces facteurs portent néces-

sairement — directement ou indirectement — sur l'approvisionnement en eau des plantes.

Dans le territoire phytogéographique irano-touranien, plus favorisé par la pluie, qui est en général supérieure à 150-200 mm par an, et dans

Reg stérile à capacité d'infiltration quasi nulle et haute teneur en sels. Oued Araba.

la partie du territoire saharo-arabe recevant en moyenne plus de 100 mm par an, la végétation naturelle est diffuse, c'est-à-dire qu'elle occupe d'une façon plus ou moins régulière la totalité du terrain. La hauteur de la lame de pluie influence la densité de la végétation mais n'affecte pas sa répartition sur le terrain. Au fur et à mesure que les précipitations diminuent et deviennent inférieures à 100 mm par an, la végétation n'occupe plus tout le terrain mais sa surface rétrécit, c'est-à-dire qu'elle n'occupe plus que les dépressions, oueds et sillons qui en plus de la pluie directe collectent les eaux de ruissellement superficiel s'écoulant de bassins de réception plus ou moins étendus. Ainsi, en milieu désertique — à l'exception des terres à nappe phréatique élevée (oasis et sebkhas) et aussi de sables profonds — la topographie devient le facteur décisif pour la répartition des végétaux. Ce phénomène est particulièrement frappant dans le territoire de pénétration soudanienne que constitue l'Oued Araba où les précipitations varient de 30 à 50 mm par an. De larges étendues semblent être couvertes de végétation arborescente rappelant la savane désertique à *Acacia panicum* du Sahara. Pourtant, l'examen détaillé montre que la végétation est strictement confinée aux oueds et dépressions sillonnant le reg ; parfois un sillon de quelques centimètres de profondeur est suffisant pour supporter des arbres. Un simple calcul permet de se faire une idée du régime d'eau de telles dépressions. Un oued collectant le ruissellement d'un bassin 50 fois plus étendu, recevra 500 mm d'eau lorsque la hauteur de pluie est de 25 mm par an et que l'écoulement est de l'ordre de 40 % des précipitations. L'existence d'arbres et arbustes le long de tels oueds confirme que la quantité d'eau dans le sol est suffisante pour l'évapotranspiration pourtant très élevée en milieu désertique ; les recherches ont d'ailleurs montré que dans le désert la profondeur mouillée du sol est la plus élevée dans de telles situations topographiques. L'efficacité des dépressions et oueds pour collecter et permettre l'infiltration des eaux de ruissellement est bien visible, même 1 ou 2 semaines après une pluie de quelques millimètres ; les acacias et tamaris poussant le long ou au milieu de véritables étangs forment un contraste violent avec la sécheresse des vastes étendues de reg.



Végétation groupée dans le thalweg d'un oued. Acacietum tortilidis anabasidetosum. Noter le manque de végétation de part et d'autre de l'oued. Nachal Tamar, au sud-ouest de la Mer Morte.

Le second facteur d'importance décisive pour l'existence et la distribution des eaux est la capacité d'infiltration du sol qui détermine la profondeur mouillée et par conséquent le volume de sol et d'eau à la disposition des racines. La plupart des sols désertiques — à l'exception des sables — possèdent une capacité d'infiltration peu élevée ; sur loess, la formation de croûtes pose un problème supplémentaire. Il en résulte que la majeure partie des eaux de pluie se perd par écoulement superficiel pour se concentrer dans les dépressions et oueds où les recherches ont confirmé que la capacité d'infiltration est très élevée. Sur des sols à mauvaise capacité d'infiltration le lessivage des sels solubles est réduit ; c'est pourquoi la haute teneur en sels (principalement chlorures), en plus du manque d'eau dans le sol, exclut toute végétation tandis que dans les dépressions et oueds le lessivage intensif réduit la salinité à des niveaux très bas et rend ainsi possible le développement de la végétation. Dans les bassins fermés le manque de drainage peut, d'autre part, conduire à la formation de marais salants (sebkhas).

Le troisième facteur est la texture du sol qui influe sur la profondeur mouillée et les pertes d'eau par évaporation du sol. À première vue, les sols sablonneux et les dunes du Néguev occidental et de l'Oued Araba se distinguent des sols plus lourds

par leur végétation plus riche, à distribution diffuse, sans qu'il existe des différences sensibles dues à la topographie. Même dans les parties les plus sèches du désert, un mince amoncellement de sable sur le reg est suffisant pour permettre l'établissement d'une nappe végétale ; lorsque le loess est recouvert d'une couche de sable, c'est la profondeur du sable qui est le facteur décisif pour le développement d'arbres plantés. On peut donc affirmer qu'en milieu désertique le sable est l'habitat le plus fertile tandis que les limons et argiles sont souvent entièrement stériles. Les raisons de cette « fertilité » des sables sont au nombre de quatre :

— L'eau s'infiltré facilement et la totalité des pluies peut être absorbée.

— L'écoulement superficiel est nul.

— La quantité d'eau disponible pour la végétation est importante.

— Les pertes d'eau par évaporation sont très faibles (la remontée par capillarité est, en effet, réduite dans le cas d'une texture grossière).

À première vue, il pourrait sembler impossible de planter avec succès des arbres en milieu désertique. L'existence d'une végétation naturelle indique pourtant que l'ennemi de l'arbre a été l'homme plutôt que ne l'est le désert, puisque les arbres ne manquent guère dans certaines régions des plus

*Oued désertique à capacité d'infiltration élevée et salinité très faible.
Acacietum tortilidis anabasidetosum, Nachal Tamar.*



sèches et que tout permet de croire qu'il y a quelques dizaines d'années ils étaient beaucoup plus nombreux que de nos jours. Il y avait donc lieu de penser qu'à l'aide de techniques appropriées l'implantation d'arbres était possible ; l'expérience en a apporté la confirmation. Il est pourtant entendu qu'à l'exception des parties les plus arrosées et des dunes du Néguev le terme « boisement » n'implique pas la création de massifs continus de large étendue mais plutôt des alignements, bosquets et parcelles d'étendue limitée. Dans ce qui suit nous ne nous occuperons pas du cas spécial des rares plantations irriguées ou sur terrains à nappe phréatique élevée, tous les boisements étant essentiellement du type à culture sèche (dry farming).

La condition préalable de tout boisement doit être la définition de l'objectif à atteindre. Ce principe est d'autant plus valable en milieu désertique que les efforts requis ne sont justifiés que lorsque le boisement est appelé à remplir une fonction spécifique dans le cadre des plans de développement économique. Les objectifs des boisements sont donc :

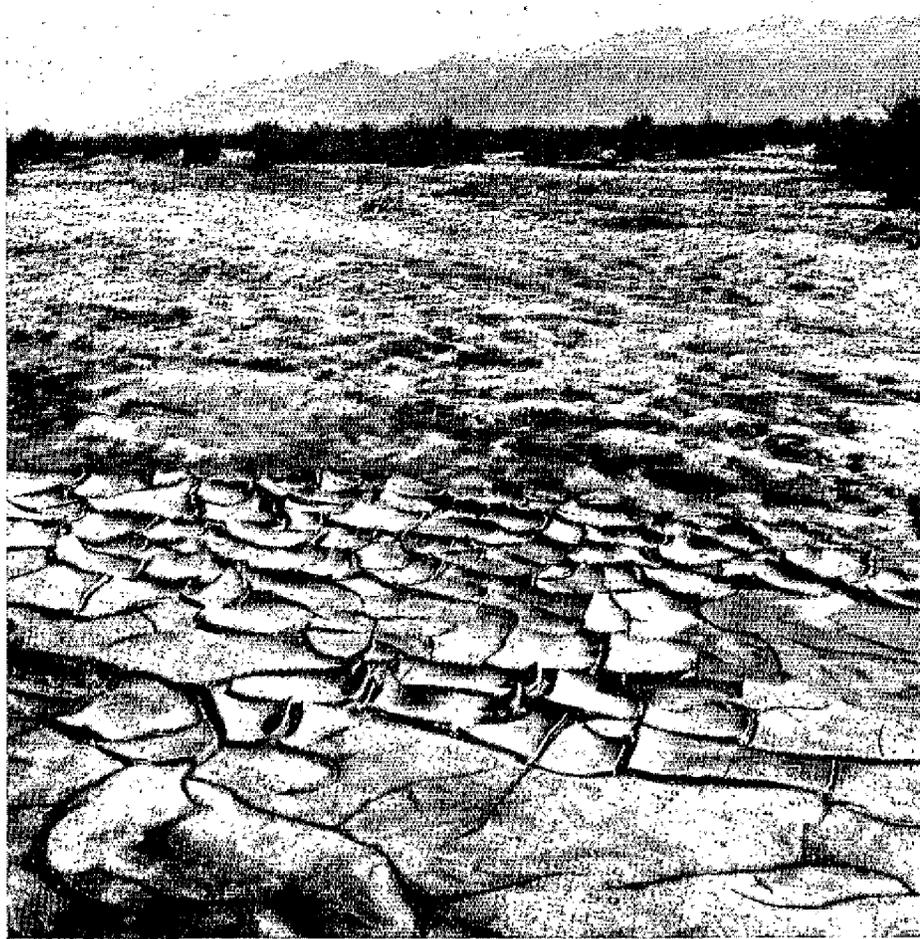
a) de créer de la verdure et de l'ombre près des villages et villes et de former des bosquets ou petits massifs servant à la récréation et au tourisme ;

b) de créer des ceintures vertes autour des agglomérations et des installations industrielles pour fournir une protection contre les vents chauds et les tempêtes de sable ;

c) de constituer des brise-vent destinés à abriter les cultures et troupeaux contre les rigueurs du climat désertique ;

d) de protéger le sol contre l'érosion par l'eau et le vent et d'arrêter les sables mouvants.

Il convient de rappeler que la protection du sol est un argument très commode qui est souvent avancé pour justifier n'importe quel boisement et n'importe quelle dépense. Or, cette protection du sol ne peut que rarement être un objectif en lui-



même ; l'amplitude des phénomènes d'érosion et l'impossibilité d'y mettre fin par des plantations nécessairement limitées en témoignent. Il en est de même des dunes dont la fixation n'est justifiée qu'à proximité d'agglomérations, cultures ou voies de communication mais dont le potentiel de production est nécessairement limité, bien que les sables constituent le milieu le plus favorable à l'implantation d'arbres.

Ainsi, les plantations en milieu désertique visent principalement à des bénéfices indirects sans toutefois exclure des bénéfices plus immédiats. Les boisements peuvent fournir du travail à de nouveaux colons et aux nomades ; les arbres peuvent produire de menus bois pour l'agriculture (clôtures, piquets, supports), des produits accessoires (charbon de bois, écorces à tanin, huiles essentielles) et servir de pâture au bétail en cas de sécheresse. Il est à noter que la production de bois de feu et charbon de bois, bien que parfaitement possible, ne figure pas parmi les objectifs des boisements parce que le niveau de vie dans les agglomérations du Néguev permet l'utilisation d'autres sources d'énergie.

CHOIX DES ESSENCES

Outre un certain nombre d'espèces de tamaris dont la taxonomie reste confuse, la végétation naturelle du Néguev comprend une quinzaine

d'espèces d'arbres et grands arbustes. Environ la moitié de ces espèces est confinée dans les oasis et sebkhas de la Mer Morte et de l'Oued Araba, tandis



Boisement de dunes mouvantes avec *Tamarix aphylla* (13 ans). Haloutsra, Néguev occidental.

également fait appel à d'autres espèces de tamaris pour la fixation des dunes mais leur croissance buissonnante est nettement plus lente.

Atriplex halimus occupe la seconde place parmi les espèces locales utilisées dans des travaux. C'est un grand buisson poussant à l'état naturel dans des oueds et sur des terrains légèrement salés ; il a été planté principalement sur des sols loessiques comme fourrage d'appoint. Des expériences avec différentes espèces exotiques de la famille des Chenopodiacées sont en cours.

A de rares exceptions près, on n'a guère fait usage des autres arbres et arbustes indigènes tel qu'*Acacia raddiana*, *A. tortilis*, *A. gerrardii*, *Pistacia atlantica*, *Zizyphus spina-Christi*, etc., dont la croissance est en général très lente. Parmi les psammophytes seul *Calligonum comosum* mériterait d'être employé ; *Haloxylon persicum* (le saxaul blanc

que quelques autres espèces sont typiques des dépressions et oueds et des terrains sablonneux. Il est intéressant de noter qu'à l'exception de *Pistacia atlantica* et *Rhamnus disperma* subsistant dans le massif central à l'état de reliques, on ne connaît aucun arbre qui soit indigène du territoire iranotouranien, pourtant le mieux arrosé du Néguev et qui forme en quelque sorte la transition entre le territoire méditerranéen (à climax forestier) et le territoire saharo-arabe.

Parmi les essences indigènes le seul arbre utilisé dans les boisements est *Tamarix aphylla* (*T. articulata*) qui existe à l'état naturel dans les dunes du Néguev occidental et dans les oueds et cônes de déjection. C'est une espèce à croissance rapide convenant particulièrement à la fixation de sables mouvants grâce à son système de racines très extensif, sa capacité de supporter l'ensablement et son abondante litière qui, toutefois, conduit à une augmentation de la salinité du sol lorsque les précipitations sont insuffisantes pour lessiver les dépôts de sel (particulièrement des chlorures) qui se constituent sur les aiguilles sous forme de cristaux. Sur les sols plus lourds la croissance de *T. aphylla* est beaucoup plus lente et l'arrosage est nécessaire au moins pendant les premières années. Sous irrigation l'arbre donne un excellent brise-vent mais l'élagage périodique des racines traçantes est nécessaire pour réduire la compétition avec les cultures agricoles. Son bois est blanc et excellent pour la menuiserie. On a

des déserts de l'Asie Centrale) est probablement représenté ici par un écotype très thermophile et tous les essais d'implantation se sont soldés par des échecs.

Parmi les arbres exotiques *Eucalyptus camaldulensis* occupe la première place, particulièrement dans les boisements au nord-ouest du Néguev, dans le territoire irano-touranien. Sa croissance est évidemment fonction des quantités d'eau disponibles ; sensible à l'excès de calcaire dans le sol, il est toutefois relativement résistant à la salinité (chlorures). La provenance de Broken Hill, N. S. W., s'est, en général, avérée supérieure à la population locale d'*E. camaldulensis* ; elle donne des arbres de bonne forme, à croissance rapide et qui résistent bien à la sécheresse. Dans des régions plus arides *E. occidentalis* convient davantage qu'*E. camaldulensis* grâce à sa haute résistance au calcaire, à la salinité et à la sécheresse. L'emploi d'*E. gomphocephala* a été abandonné dernièrement à cause de sa sensibilité à la sécheresse qui, en beaucoup d'endroits, a conduit à la mortalité de toute la plantation.

Acacia cyanophylla sert à la fixation des dunes côtières au nord et au sud de Gaza et à la production de bois de feu. Dans les parties les plus arrosées du Néguev il convient à des boisements contre l'érosion et comme fourrage d'appoint. Nettement inférieur au tamaris il ne se prête guère à la fixation des dunes et champs de sables en-dessous de la latitude de Beersheba.

Pinus halepensis, indigène au territoire méditerranéen d'Israël, a été récemment planté en région aride. D'aspect vigoureux il est pourtant de croissance lente et son emploi devra être limité à la zone de transition entre le désert et les terrains à climax méditerranéen.

Cupressus sempervirens forme également en région aride le brise-vent idéal pour cultures irriguées. Au nord est du Sinaï, *Casuarina glauca* convient bien au même objectif.

De nombreuses parcelles expérimentales ont été établies pour étudier dans différentes parties du Néguev, des plaines lacustiques au massif central, les possibilités d'implantation d'autres espèces. Parmi les essences se prêtant bien à la zone aride citons :

Eucalyptus brockwayi

E. dundasii

E. lesouefii

E. populnea

E. stricklandi

E. torquata

E. oleosa

Casuarina glauca

C. lepodophloia

C. rigida

Acacia ciliata

A. salicina

A. pendula

A. sclerosperma

MÉTHODES DE BOISEMENT

L'expérience a montré que ce n'est que dans les parties les plus arrosées, à la limite nord du Néguev, que l'application des techniques conventionnelles de boisement — plantations sur labour superficiel

à des écartements de 3 × 3 m pour les eucalyptus dans les plaines et plantations en potets ou sur « taupinières » pour les conifères sur les contreforts des montagnes de Judée — est possible. De telles

Limite entre sable et reg. Au premier plan association à Anabasis articulata-Calligonum comosum sur sables dérivés de grès Nubiens ; à l'arrière-plan, Zygophyllum dumosum sur reg. Noter la limite abrupte entre les deux stations. Tureibe, Néguev central.

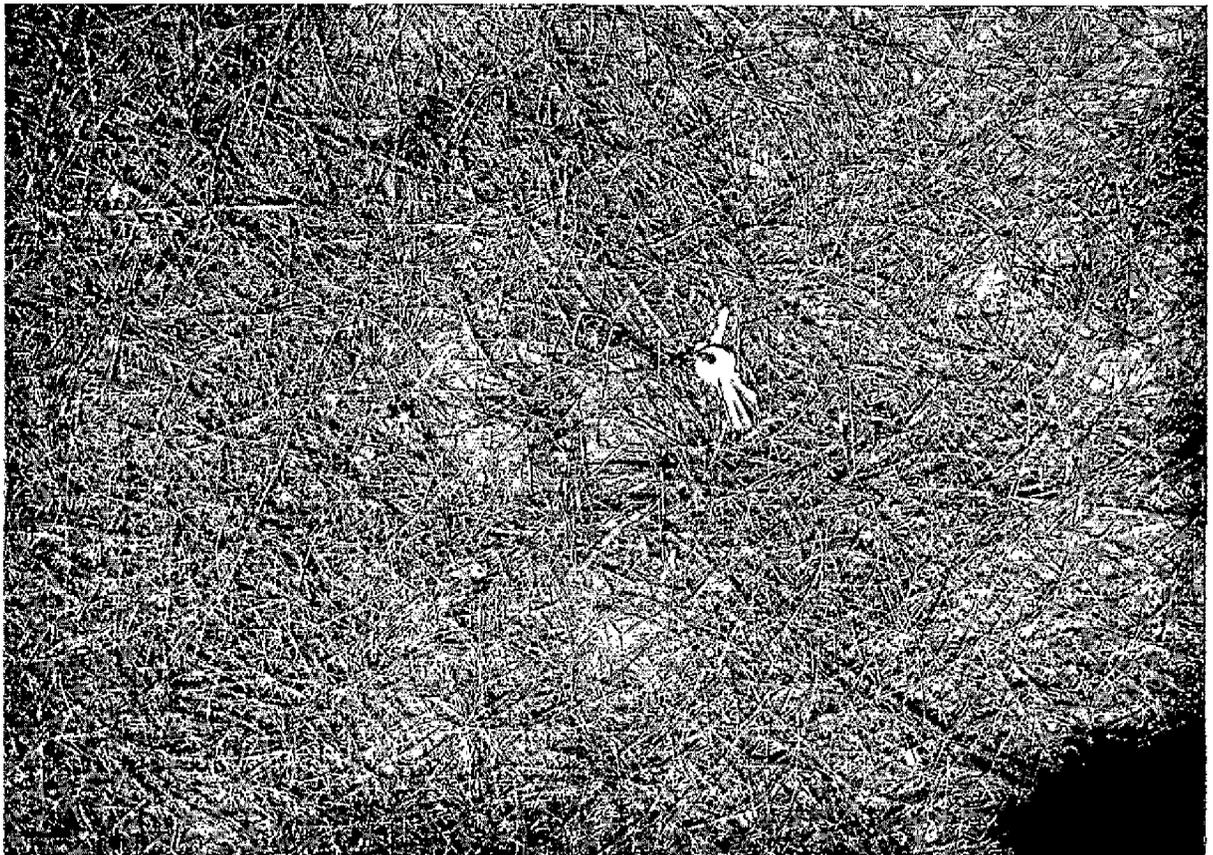


plantations se sont avérées fort aléatoires ; une succession de plusieurs années de sécheresse risque de rompre l'équilibre fragile qui s'est établi dans les années pluvieuses et de mettre en question l'existence même des peuplements, ainsi que cela s'est vu dans les années 1955-60. Il y a donc lieu de recourir à toute une gamme de méthodes spécialement adaptées au milieu aride qui tiendront compte des particularités de la station et assureront le bilan hydrique des plants. Ces méthodes consistent dans l'application d'une technique agricole intensive préparation du terrain et soins culturaux — et dans l'utilisation attentive des facteurs topographiques et édaphiques. C'est donc dire que c'est à la fois de l'intensité des façons culturales et du choix judicieux des stations à boiser que dépend le succès des boisements.

L'expérience acquise jusqu'ici est basée principalement sur des boisements effectués sur des dunes, des sols sablonneux et des sols loessiques du nord et de l'ouest du Néguev, dans des régions où les précipitations moyennes atteignent jusqu'à 75 mm par an. Il y a donc lieu de supposer qu'une partie des méthodes appliquées pourra se prêter également aux boisements dans d'autres parties du Néguev et dans d'autres régions désertiques chaudes.

Etant donné le fait qu'en zone aride le sable constitue l'habitat le plus favorable, on peut de prime abord affirmer que ce sont les terrains sablonneux qui se prêtent le mieux aux boisements. A condition toutefois que le sable soit d'égale profondeur, le facteur topographique ne joue pas sur de tels terrains mais la croissance des arbres sera plus lente sur des crêtes fortement exposées au vent. Aucune préparation du terrain n'est en général nécessaire, mais sur des dunes mouvantes il sera parfois avantageux de répandre des branches et autres débris pour limiter la déflation jusqu'à ce que les arbres aient fixé la dune. Les dunes se prêtant le mieux au boisement sont les dunes dépourvues de végétation ; en effet, la présence d'un épais tapis végétal d'herbes et arbustes rend le rootage nécessaire pour réduire, au moins temporairement, la concurrence pour l'eau. La plantation consiste à enfoncer dans le sable des boutures non enracinées de tamaris de 80 à 100 cm de longueur jusqu'à une profondeur d'au moins 60 à 80 cm ; l'expérience a, en effet, montré que l'emploi de telles boutures est de loin préférable à celui de boutures enracinées pendant une année en pépinière. Au cours de la première année il y aura lieu de dégager les plants ensevelis ; à part cela, ni irrigation ni autres soins ne sont nécessaires.

L'épaisse titière formée par les boisements de tamaris sur dunes. Haloulsa, Néguev occidental.





Boisements d'Eucalyptus camaldulensis après comblement de ravins. Au premier plan, bassin artificiel collectant les eaux de pluie pour l'irrigation auxiliaire des plants pendant la première année. Beerl, Néguev occidental.

Comme une plantation trop dense risque d'épuiser les maigres réserves en eau du sol, des éclaircies fréquentes sont nécessaires de façon à obtenir à 10 ans environ 400 arbres à l'hectare.

Il y a lieu de penser qu'en dehors des tamaris on peut implanter d'autres espèces par plantation profonde selon la technique utilisée dans les dunes côtières pour *Acacia cyanophylla* (plantation de plants de 70 cm de longueur avec motte insérée à 60 cm de profondeur de façon à ne laisser sortir du sol que quelques phylloides). Toutefois, jusqu'à présent, aucune espèce ne s'est avérée supérieure au tamaris dans les dunes désertiques.

Dans les parties les plus arrosées du Néguev, sur terrain loessique fortement raviné par l'eau, l'emploi de matériel mécanique lourd permet de modifier complètement la topographie avant l'implantation d'arbres. Dans un premier stade les ravins sont comblés et le terrain est aplani à l'aide de bulldozers des types Caterpillar D-8 ou D-9. Après rootage profond à 80-90 cm, un labour superficiel à la charrue à disques est fait en deux directions pour égaliser davantage le terrain. Les plants sont mis en place à l'intersection de sillons placés à des écartements de $3,5 \times 3,5$ m. Les soins

culturaux consistent en plusieurs passages au cultivateur ou pulvérisateur.

Les avantages de cette méthode sont multiples : le remaniement de la topographie, permet en effet de reboiser des terrains fortement entamés par l'érosion et de planter des eucalyptus sur des sols qui auparavant ne se prêtaient guère à la culture des arbres ; en outre, le travail profond du sol augmente sa capacité d'infiltration et réduit ainsi l'érosion. L'expérience a toutefois montré que pendant les années pluvieuses le sol est souvent incapable d'absorber la totalité de la pluie tombant sous forme d'averses ; il se crée ainsi de nouvelles griffes d'érosion que l'on pourrait sans doute éviter en prévoyant des lignes d'écoulement pour les eaux excédentaires. Cette nouvelle érosion est également favorisée par la culture du sol en deux directions et elle est difficile à contrôler lorsque les arbres ne sont pas plantés rigoureusement selon les lignes de niveau. Enfin, le manque d'homogénéité du sol dû aux opérations de décapage et de comblement au bulldozer conduit également à de très fortes différences dans la capacité d'infiltration du sol et à des phénomènes locaux d'érosion ; il en résulte également une croissance très inégale des arbres.

Une autre technique basée sur l'emploi de matériel mécanique lourd est la méthode dite « steppique » développée par les forestiers français d'Afrique du Nord et basée sur ce qu'ils conviennent d'appeler « l'effet de bourrelet », c'est-à-dire la croissance plus vigoureuse de semis et plants sur des remblais surélevés. Dans un premier stade, le sol est défoncé au roter travaillant selon les lignes de niveau jusqu'à une profondeur de 70 ou 80 cm. Ensuite, des bourrelets également disposés selon les lignes de niveau sont faits à l'angledozer. Les bourrelets ont une largeur à la base de 2 m et une hauteur initiale d'environ 1 m et sont distants de 4 m. La préparation du terrain étant, en général, faite en automne, les plantations doivent être exécutées dans l'hiver de la même année ; il semble que lorsque la mise en place est retardée d'une année, les bourrelets perdent de leur efficacité. Les plants sont disposés de préférence en quinconces, de part et d'autre du bourrelet, au tiers inférieur de sa hauteur ; la mise en place sur le sommet du bourrelet conduit au déchaussement des plants au fur et à mesure que le bourrelet s'affaisse sous l'effet du tassement et de l'érosion. Après la plantation, la culture du sol au pulvérisateur à disques est faite 2 à 3 fois par an entre les bourrelets ; sur les bourrelets mêmes, seuls quelques désherbages peuvent être nécessaires au début.

La méthode steppique se prête bien aux boisements sur des terrains plats ou à pente modérée sur n'importe quel sol — à l'exception des sables et dunes — lorsque les précipitations moyennes sont de l'ordre de 150 mm par an et plus. Elle produit une reprise vigoureuse à la plantation et accélère la croissance, particulièrement pendant les premières années. Contrairement aux méthodes conventionnelles de boisement qui exigent quelques irrigations auxiliaires afin d'assurer au moins la reprise des plants, ni irrigation ni garnissage ne sont nécessaires même en zone aride.

Les causes de la réussite des plantations sur bourrelets ne sont pas connues mais on peut penser que les facteurs suivants contribuent au succès de la méthode steppique. La plantation sur bourrelets reposant sur un sol ameubli en profondeur par le rootage fait que les plants jouissent dès le début d'un sol fertile et meuble, à bonne aération et profondeur mouillée accrue favorisant le développement vertical et horizontal des racines. D'autre part, les façons culturales répétées de l'impluvium entre les bourrelets maintiennent le sol en état

d'absorber la totalité des précipitations, préviennent l'écoulement superficiel et réduisent les pertes d'eau par évaporation.

Une technique plus récente spécialement appliquée à la plantation d'arbres en région désertique fait usage de l'irrigation par eaux de ruissellement. Elle suit de près le système développé dans l'antiquité par les Nabatéens et Byzantins et est bien connue des bédouins du Néguev qui s'en servent pour des jardins et céréales d'hiver ; elle est également pratiquée dans toute l'Afrique du Nord. L'irrigation par épandage des eaux de crue consiste à barrer, par un remblai de terre (*khelif*) fait au bulldozer, le cours d'un petit oued à son débouché dans la plaine. On peut également faire usage d'irrégularités du terrain pour créer à l'aide de petits barrages une ou plusieurs dépressions élargies, partiellement endiguées. Le rapport entre la surface du *maader* et celle du bassin de réception doit être d'au moins 1,20 ou 1,30. Même avec une lame annuelle de pluie de l'ordre de 50-75 mm on peut, en général, compter sur au moins une ou parfois plusieurs crues par an ; après la crue, la parcelle reste souvent submergée pendant plusieurs heures et même plusieurs jours. Pour obtenir une répartition égale des eaux de pluie il faut que le *maader* soit rigoureusement plat. Au moment de la plantation, les arbres sont en général arrosés afin qu'ils prennent racine avant la première crue de l'hiver. Durant la saison sèche, le sol est intensivement travaillé afin de conserver l'humidité et de réduire l'évaporation ; si nécessaire, on procède également à la réparation du barrage.

Le Tableau 2 indique les prix de revient des plantations d'arbres au Néguev (préparation du terrain, mise en place et entretiens pendant la première année).

TABLEAU 2
Prix de revient par hectare

	Préparation du terrain IL	Plantation (y compris plants) IL	Entretiens IL	Total IL
Comblement de ravins ...	300,—	280,—	750,—	1 330,—
Méthode steppique.....	220,—	300,—	520,—	1 040,—
1 IL = 1,45 F.				

EFFETS DES PLANTATIONS D'ARBRES

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, les plantations d'arbres dans le désert sont appelées à remplir essentiellement des fonctions protectrices. Leur efficacité est donc difficile à exprimer en termes de rendement financier ; tout bilan opposant les

dépenses à d'éventuels revenus serait d'ailleurs illusoire sous les conditions du Néguev où le bois de feu — seul produit potentiel important — n'est pas exploité, faute de débouchés.

Il n'existe malheureusement pas de données sur

les économies réalisées grâce à la présence de plantations d'arbres arrêtant localement l'érosion et le progrès de dunes mouvantes. Par contre, nous pouvons appliquer trois critères pour juger de l'efficacité des arbres en milieu désertique.

1. La hauteur des arbres en fonction de l'âge, pour exprimer à la fois la croissance des arbres dans différentes stations et avec différentes techniques et pour évaluer les bénéfices indirects que les arbres peuvent d'ores et déjà produire (effet esthétique, récréation et tourisme, ceintures vertes, abri contre les vents, etc.) ;

2. Influence des arbres sur le microclimat et la physiologie de l'homme dans le désert ;

3. Influence de l'abri fourni par des brise-vent sur le rendement de cultures agricoles.

FIG. 3. — Croissance en hauteur d'*Eucalyptus camaldulensis* (●) et *E. occidentalis* (+), après comblement de ravins.

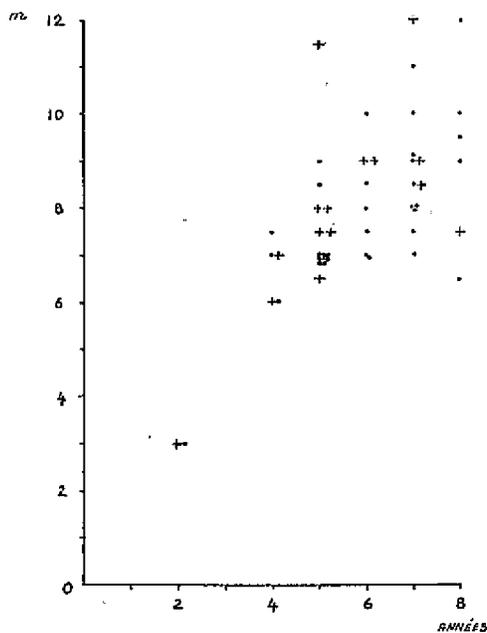
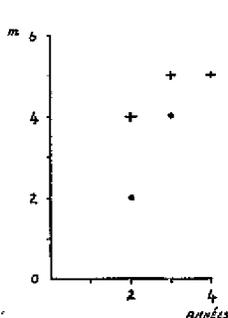


FIG. 5. — Croissance en hauteur d'*Eucalyptus camaldulensis* (●) et *E. occidentalis* (+) avec irrigation par eaux de ruissellement.



Les Figures 3-6 montrent la croissance en hauteur de plantations établies selon différentes techniques. Les tableaux et données ne sont pas strictement comparables en raison de variations significatives existant entre les stations reboisées. Ces variations portent notamment sur les types de sols et leurs propriétés ainsi que sur les hauteurs de pluies et la distribution des précipitations selon les différentes années. Plusieurs points méritent toutefois d'être retenus.

Avec comblement de ravins sur des sols lœssiques recevant en moyenne 250 à 350 mm de pluie par an, l'accroissement en hauteur d'*Eucalyptus camaldulensis* et *E. occidentalis* atteint ou dépasse 1 m par an. L'accroissement des eucalyptus est moindre dans les plantations sur bourrelets sur des regosols sablonneux ; cela est sans doute dû à la lame de précipitations plus réduite — de 150 à 300 mm par an — et peut-être aussi à l'emploi d'*E. gomphocephala* qui est moins adapté au milieu désertique. Dans les plantations avec irrigation par eaux de ruissellement, sur sierozems lœssiques, l'accroisse-

FIG. 4. — Croissance en hauteur d'*Eucalyptus camaldulensis* (●) et *E. gomphocephala* (O) sur bourrelets.

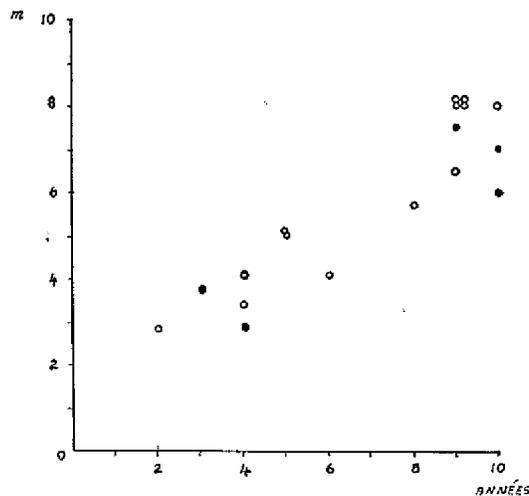
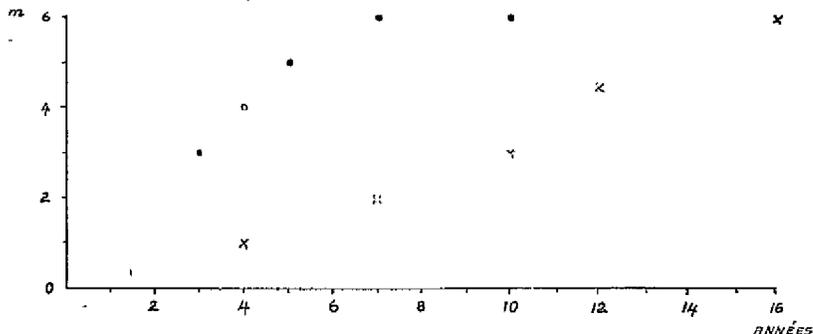


FIG. 6. — Croissance en hauteur de *Tamarix aphylla* (x) et *Eucalyptus camaldulensis* (●) sur dunes.



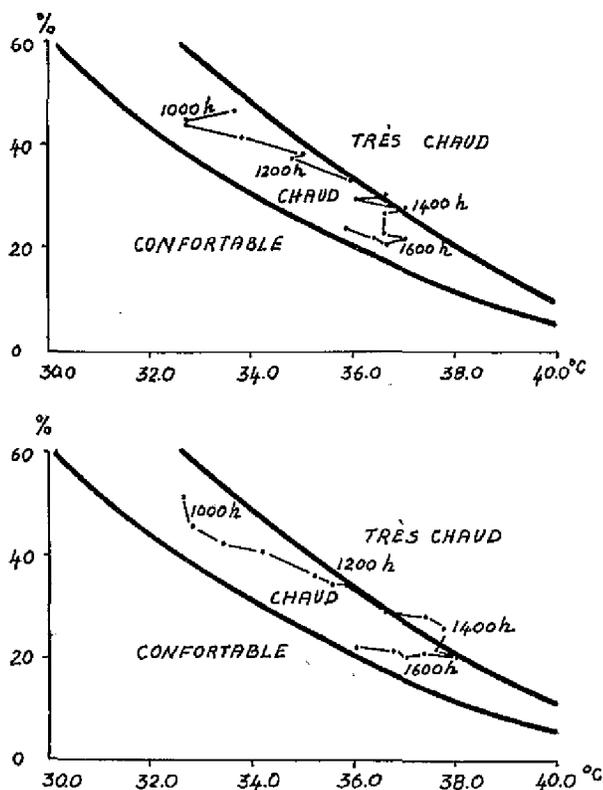


FIG. 7. — Température et humidité relative en fonction de la classification de Ladell. En haut, à l'abri d'Acacia raddiana; en bas, reg, Ein Hatzeva. 14.9.1965.

ment en hauteur est le plus élevé bien que les précipitations soient parfois inférieures à 200 mm par an; la raison en est que dans ce cas ce n'est pas la lame annuelle des précipitations qui détermine la croissance des arbres mais la grandeur du bassin de réception et la fréquence et la quantité des crues. Dans des plantations de tamaris sur les dunes, où

les précipitations sont également de l'ordre de 100-150 mm par an, l'accroissement est très lent et ne dépasse guère 30-35 cm par an; l'eucalyptus est de croissance un peu plus rapide mais ne convient guère à la station.

Ainsi, il ne fait aucun doute que dans un temps relativement court les plantations d'arbres seront en mesure d'atteindre en milieu désertique, même sur les dunes, des dimensions leur permettant de remplir les fonctions de protection énumérées plus haut.

L'implantation d'arbres dans le désert est d'importance capitale pour atténuer les extrêmes climatiques et favoriser ainsi à la fois l'agriculture, l'élevage et les conditions d'existence même de l'homme. L'influence des arbres faisant partie de la végétation naturelle (tamaris, acacia) a fait l'objet de recherches dans deux oasis de l'Oued Araba. Des mesures comparatives dans les oasis à végétation arborescente et dans le désert ouvert (reg) ont permis de déterminer « l'effet d'oasis » qui consiste en une réduction sensible de la température, de la vitesse du vent et de l'évaporation et une augmentation de l'humidité relative. Cet « effet d'oasis » est particulièrement intéressant par son influence sur la physiologie de l'homme puisqu'il agit sur sa sensation de confort et sa capacité d'exécuter des travaux physiques. L'analyse des mesures faites en septembre à Ein Hatzeva montre que la plupart des températures et humidités enregistrées dans l'oasis sont plus proches de la « zone de confort » selon LEMAIRE que celles notées dans le désert. La Figure 7 présentant ces mêmes données en fonction de la classification climatique de LADELL indique que pendant la majeure partie du jour le climat de l'oasis était plus confortable que celui du reg et ne dépassait jamais la ligne *b*, au-delà de laquelle le climat est considéré comme très chaud.

TABEAU 3

Effet de brise-vent sur le rendement de cultures irriguées

Localité	Lat. N	Long. E	Culture	Brise-vent	Rendement de la parcelle abritée		
					jusqu'à la distance du brise-vent de	t/ha	en % du témoin (non abrité)
Mivtachim ...	31 15	34 24	arachides tomates	artificiel id.	20 H (*) 12 H	5,1 70,6	142 116
Nir Yizhaq ..	31 14	34 22	all grapefruit pamplemousse id.	id. cyprès id.	20 H 4 H 10 H	25,0 66,0 76,4	123 115 114
Eilat	29 33	34 58	aubergines oignons tomates	artificiel id. <i>Pennisetum purpureum</i>	20 H 12 H 10 H	20,8 9,9 26,7	123 145 168

(*) H : hauteur du brise-vent.



*Boisement d'Eucalyptus occidentalis de 2 ans avec irrigation par eaux de ruissellement, au moment de la crue.
A l'est de Beersheba.*

Des recherches relatives à l'influence des brise-vent sur le rendement des cultures irriguées ont été exécutées dans le Néguev occidental (Miytachim, Nir Yizhaq) ainsi qu'à Eilat sur le golfe d'Aqaba. Les résultats sont résumés dans le Tableau 3. Bien que dans la plupart des cas les cultures aient été abritées par des brise-vent artificiels (principalement tiges d'inflorescences d'agave de 2-3 m de hauteur avec une perméabilité de 50 %) il ne fait aucun doute que des résultats similaires pourraient

être obtenus à l'aide de brise-vent buissonnants ou arborescents. L'analyse détaillée des données a d'ailleurs montré l'efficacité des brise-vent à tous les stades de croissance des cultures, depuis la germination et floraison jusqu'à la maturation des fruits. En plus de l'augmentation significative des rendements, on a constaté également dans tous les cas une augmentation de la qualité ainsi qu'une maturation plus précoce des fruits dans les champs abrités du vent.

CONCLUSIONS

Les enseignements découlant de l'expérience déjà acquise dans la partie aride du Néguev indiquent l'importance capitale d'une bonne connaissance des facteurs de la station à reboiser, ainsi que de l'application de techniques intensives de préparation du terrain et de culture des plantations. Le choix judicieux des stations à boiser, conformément à des objectifs bien définis, est indispensable au succès des opérations; l'étude du potentiel

hydrique de la station permettra de déterminer le choix de la méthode de boisement la plus appropriée. Une fois la plantation exécutée, c'est l'intensité des entretiens qui est décisive pour la reprise et la croissance des arbres. En milieu désertique, tout se réduit en somme à assurer l'approvisionnement en eau des arbres et c'est en fonction de ce facteur minimum qu'il y a lieu d'exécuter l'ensemble des techniques d'implantation et d'entretien.

Bien que la majeure partie des plantations d'arbres dans le Néguev ait été confinée jusqu'ici aux secteurs nord et ouest de la zone aride, il y a lieu de croire que leur extension aux autres parties du désert, sera également possible. C'est là, toutefois, un problème économique plutôt que technique, toute extension des boisements devant être liée étroitement aux plans de développement et tenir compte de facteurs économiques, démographiques et sociaux. Cela ne veut pas dire que la totalité des problèmes relatifs à l'implantation d'arbres dans le désert soit d'ores et déjà résolue ; Les recherches en différents domaines — choix des essences adaptées à différentes stations, amélioration des

techniques, irrigation avec eau salée et plantations sur nappe phréatique saline élevée — doivent être poursuivies. Il est toutefois clair qu'il n'est pas question de transformer l'ensemble du désert en forêt, même discontinue et ouverte, le but est plutôt d'établir des bosquets, alignements ou zones vertes à proximité des centres urbains, industriels ou agricoles, dont l'étendue et le plan détaillé devront tenir compte des objectifs spécifiques à atteindre. Les travaux déjà accomplis témoignent que les arbres peuvent remplir avec succès et dans un temps relativement court, les tâches qui leur sont assignées.

A NOS LECTEURS

Si vous ne possédez pas la collection complète des numéros de notre Revue, parus de 1947 à 1968 inclus, demandez-nous nos

**RÉPERTOIRES DES ARTICLES PARUS DEPUIS 22 ANS
DANS LA REVUE**

“ BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES ”

nous vous les adresserons gratuitement. Vous pourrez alors choisir et nous commander les numéros anciens susceptibles de vous intéresser et qui se trouvent encore disponibles