

tallation d'une couverture végétale herbacée ou sous-frutescente. La troisième enfin est la mise en place d'espèces ligneuses suffisamment rustiques pour constituer un peuplement définitif.

Ces principes posés, la réalisation pratique de chaque phase de l'opération allait permettre de dégager certaines règles essentielles auxquelles il fallait absolument se tenir sous peine de travailler en pure perte.

LA RÉALISATION PRATIQUE

LES AMÉNAGEMENTS PRÉLIMINAIRES

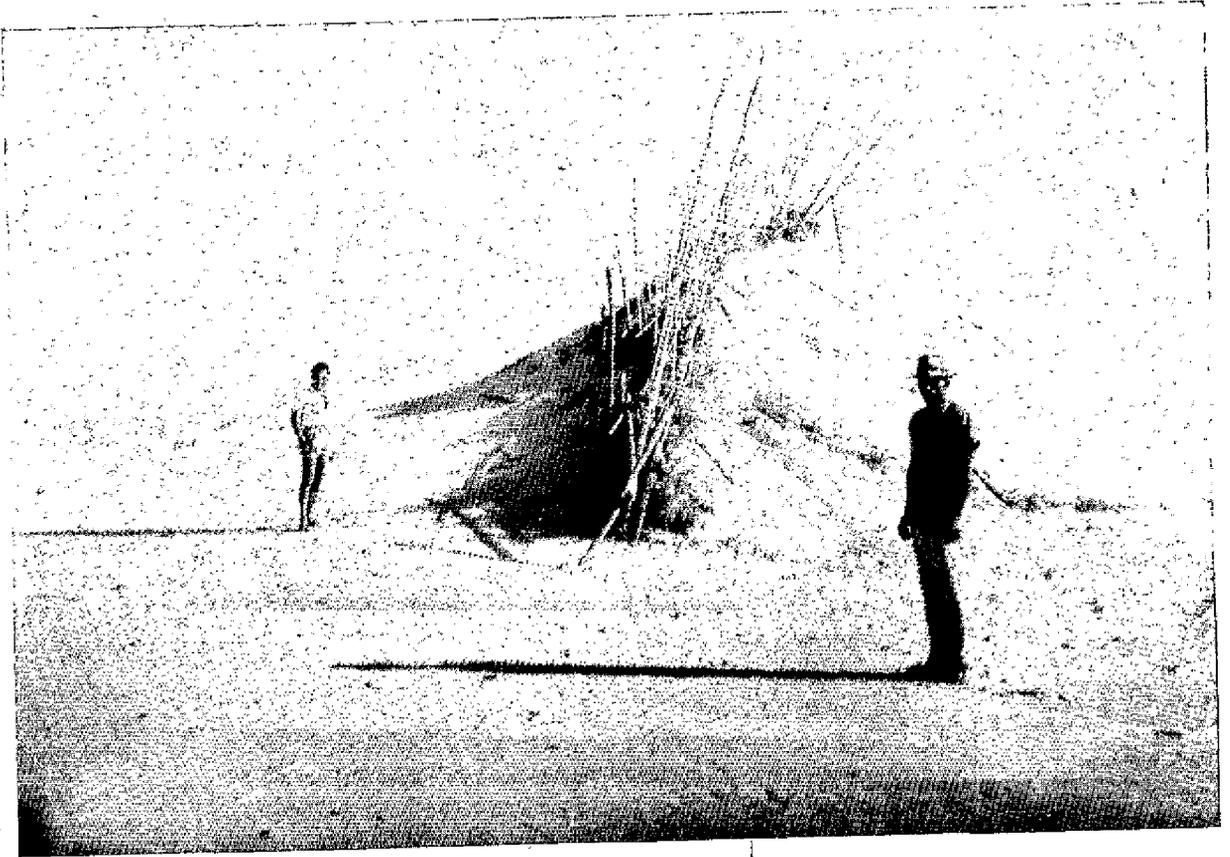
On commença par ouvrir une route de 8 km. 700 entre le village de Tanandava et l'emplacement prévu des travaux. Etablie en grande partie sur la plage de débris coquilliers qui borde le lac Anony elle fut de réalisation assez facile. Là où le sol n'avait pas la cohésion voulue, un hérisson de pierres plates fut posé et recouvert de terre. Deux mille quarante mètres ont été traités de cette façon et ont absorbé six cent quatre vingt quatorze mètres cubes de ces deux matériaux. Sept cents mètres de clayonnages ont été édifiés en plusieurs endroits pour éviter le glissement du talus de sable. Enfin, opération la plus difficile, plusieurs éperons de calcaire gréseux furent nivelés. Ils se terminaient sur l'eau et interdisaient toute possibilité de passage en bordure du lac.

Ce travail s'est effectué à la barre à mine exclusivement et à son achèvement en février 1955, la route put être considérée comme définitivement

établie. Son prix de revient atteint le chiffre de 40.000 fr. C.F.A. au kilomètre.

Parallèlement, la construction d'une base sommaire était activement poussée. Diverses considérations de ravitaillement, de surveillance, d'habitat et de transport ont fait choisir un point situé à deux kilomètres huit cents de Tanandava et à six kilomètres du bord de mer. Cette base comprend actuellement : une maison de trois pièces principales pour le chef de chantier, des maisons plus petites de dimensions traditionnelles pour une partie de la main d'œuvre, un garage, un magasin et un bureau.

Ces installations ont été réalisées en bois de fantsilohitra (*Alluaudia procera*), espèce ligneuse très curieuse de la famille des didiéracées couvrant de très vastes étendues d'un bush extrêmement original. La dépense correspondante s'est élevée à 300.300 fr. C.F.A.



10-9-1956 Photo J. Poupon
 PHOTO N° 1. -- Vue de profil d'une ligne d'arrêt qui en est encore au début de la phase d'exhaussement.

L'ÉDIFICATION DES LIGNES D'ARRÊT

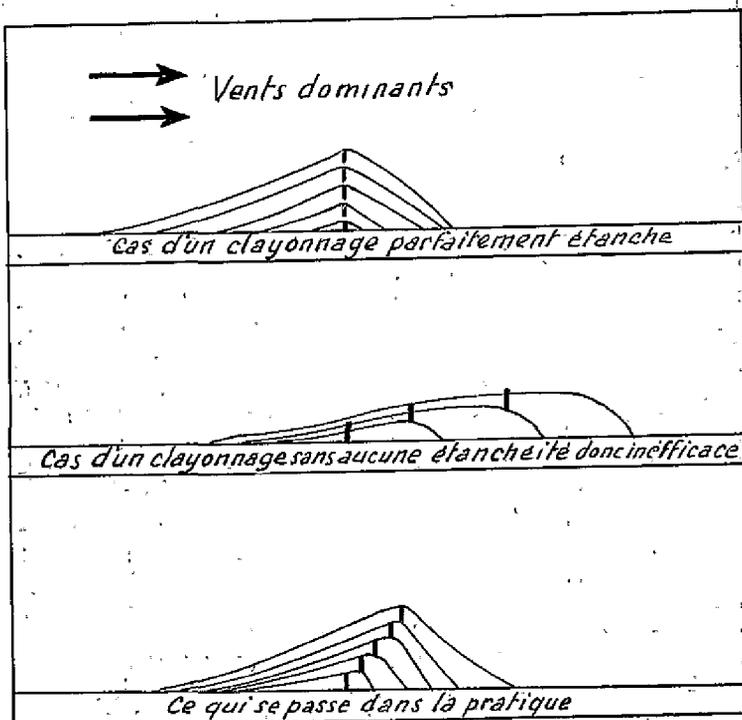


FIG. 1. — La rapidité d'édification d'une ligne d'arrêt est fonction de l'éfancheité des clayonnages.

Les crédits du budget provincial dont disposait le Service des Eaux et Forêts pendant les années 1950 à 1953 n'ont pas permis, en raison de leur modicité et de l'irrégularité des financements, d'aborder avec toute l'intensité désirable le problème de la fixation des dunes. Ils ont, malgré tout, permis de faire une première mise au point des méthodes qui, dès septembre 1954, époque à laquelle sont intervenus les crédits du plan, furent appliquées à une échelle beaucoup plus vaste.

Les lignes d'arrêt sont orientées sud-ouest-nord-est, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction des vents dominants du sud-est. Tout manquement à cette règle s'est traduit par des mécomptes, les sables continuant à progresser dans l'axe de l'obstacle.

De même les lignes d'arrêt doivent être parfaitement rectilignes. Dans le cas contraire, se produisent des sortes de tourbillons provoquant des dénivellations locales de plusieurs mètres qui peuvent déchausser les clayonnages sur de grandes longueurs.

A l'origine, les lignes d'arrêt se composent d'un simple clayonnage de 0,75 m. au-dessus de la surface du sol. Le sable se dépose partiellement devant celui-ci jusqu'à atteindre une hauteur de 0,50 m. A ce moment là il faut le rehausser d'une hauteur identique et les mêmes faits se renouvellent. L'opération doit se poursuivre autant de fois qu'il est nécessaire jusqu'à atteindre une pente d'équilibre que les grains de sable ne pourront plus franchir quelle que soit la force du vent et leur degré de siccité. Cette pente se situe aux alentours de trente degrés.

Du côté abrité au vent se constituent aussi des dépôts qui prennent la pente naturelle du sable, dont plusieurs mesures ont donné des chiffres allant de trente deux à quarante degrés.

Le mécanisme de l'accumulation du sable peut s'envisager dans trois cas différents (figure 1).

Dans le premier, la ligne d'arrêt est parfaitement étanche avec des clayonnages rigoureusement sur la même verticale. Solution idéale puisqu'on atteint la pente d'équilibre le plus rapidement possible. Mais on ne saurait y avoir recours en raison des matériaux coûteux auxquels il faudrait faire appel, des planches par exemple, comme cela se pratique en certains points du littoral métropolitain.

Dans le second, le sable ralentit à peine sa vitesse et une très faible partie se dépose devant le clayonnage, le reste constituant derrière celui-ci une dune qui continue de progresser. La surélévation de la ligne d'arrêt n'a plus aucune raison d'être.

Dans le troisième cas, enfin, le clayonnage, malgré une étanchéité imparfaite, reste suffisamment efficace. La quantité de sable qui passe à travers participe encore à la réalisation de la pente d'équilibre de la ligne d'arrêt. Il suffit alors d'implanter un nouveau clayonnage légèrement en retrait du précédent. En procédant ainsi plusieurs fois on obtient un profil de pente voulue. C'est ce qui se passe dans la pratique.

La confection des clayonnages exige donc un minimum de soins. On utilise pour cela des gaulet-

tes de deux mètres, bien enfoncées dans le sol suivant deux rangées parallèles distantes de vingt centimètres. Un écartement de quarante centimètres entre gaulettes suffit sur chacune des deux rangées. L'intervalle formé entre celles-ci est comblé par des branchages et liés avec des lanières d'écorces diverses.

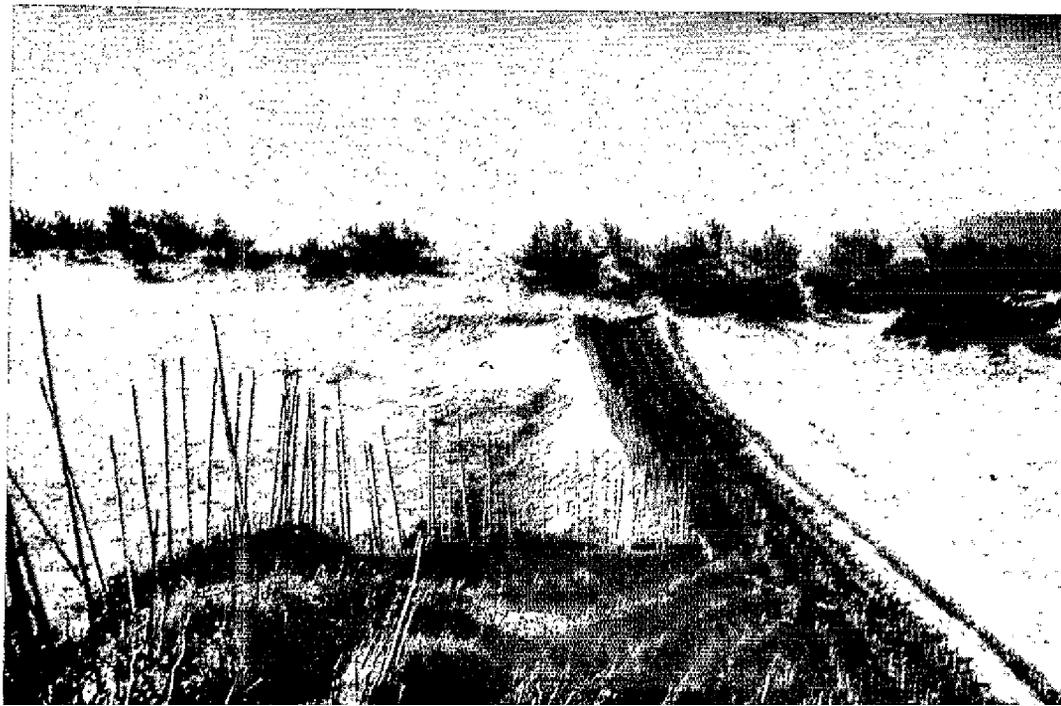
Le prélèvement des gaulettes dans le bush n'allait pas sans de très grandes difficultés. Il fallait aux récolteurs parcourir de très grandes distances pour de maigres rendements. Ils provoquaient en outre, quand ils ne prenaient pas la peine de disperser leurs coupes, de sérieux dommages au couvert végétal. Pour une région où il fallait lutter énergiquement contre les déprédations forestières, il était indispensable de trouver un autre matériau. On songea tout naturellement aux hampes de sisal qui se trouvent en quantité illimitée sur les terres de culture de la vallée du Mandraré où quelques dix milles hectares sont actuellement en exploitation. Elles sont cédées gratuitement en échange de menus services qui entrent dans les activités normales des agents forestiers. Le transport s'effectue par le camion du chantier qui dépose sa cargaison à pied d'œuvre, après avoir parcouru un trajet aller-retour de l'ordre de quarante km.

Les branchages utilisés pour former le corps des clayonnages proviennent de plusieurs *Dichrostachys* buissonnants qui constituent un élément floristique très important du bush. Les rameaux fastigiés de ces espèces, très finement ramifiés, conviennent particulièrement bien.

Le point délicat de cette phase de l'opération est qu'il ne faut pas se laisser gagner de vitesse. Ainsi quand le vent souffle avec violence pendant des périodes qui atteignent quelquefois deux à trois semaines, on doit intervenir impérativement en de nombreux points à la fois, soit pour exhausser de nouveaux clayonnages, soit pour réparer ceux qui se

PHOTO N° 2. — Vue d'ensemble de la ligne d'arrêt n° 4 : elle s'appuie sur un flot de végétation naturelle par son extrémité nord tandis que son extrémité sud apparaît au niveau des plus hautes eaux. Couvert de clayonnages, le versant exposé au vent. La partie blanche est le versant opposé.

Photo J. Poupon 10-9-1956.



disloquent ou se renversent. Faute de quoi la ligne d'arrêt est franchie par de nouveaux apports de sable, ou elle progresse sur un front plus ou moins grand à la façon d'une dune ordinaire. C'est très rapidement la catastrophe.

Il faut toujours prévoir l'utilisation d'une certaine masse de main d'œuvre qui permette de faire face à tout moment aux périodes très critiques et imprévisibles des grands vents. Cela implique l'établissement soigneux d'un plan de campagne élaboré en tenant compte, aussi étroitement que possible, des réalités budgétaires et une répartition équilibrée des divers postes de travaux sur le terrain.

Quelques chiffres :

La distance utile entre les lignes d'arrêt est de

l'ordre de deux cent cinquante mètres. Au-dessous de ce chiffre les apports de sable demeurent très faibles et la ligne d'arrêt perd beaucoup de sa signification. Au-dessus ils deviennent considérables, d'où impossibilité de les arrêter suffisamment.

Les clayonnages, de 0,75 m. de hauteur utile permettent un exhaussement moyen voisin de 0,50 m.

Les lignes d'arrêt s'élèvent de 5 à 9 mètres la première année, de 3 à 6 la seconde. Il leur faut de vingt à vingt quatre mois pour atteindre leur profil en long et leur profil en travers définitifs.

Le tableau ci-dessous résume l'activité du chantier des dunes du Mandraré en ce qui concerne la première phase des travaux de fixation :

N° de la ligne d'arrêt	Situation au 28/2/1955		Situation au 28/2/1956		Situation au 28/2/1957		Exhaussement moyen obtenu (m)
	Longueur de la ligne d'arrêt (m)	Longueur des clayonnages (m)	Longueur de la ligne d'arrêt (m)	Longueur des clayonnages (m)	Longueur de la ligne d'arrêt (m)	Longueur des clayonnages (m)	
1.....	539	539	609	8.891	609	22.703	15
2.....	639	2.256	639	10.969	639	24.745	15
3.....	piquetée	—	437	6.300	437	13.356	15
4.....	784	2.852	805	4.690	805	17.458	11,5
5.....	943	2.829	943	12.085	943	25.525	13,5
6.....	955	1.910	955	9.129	955	23.325	12
7.....			772	3.979	772	17.419	10
8.....			798	4.505	798	18.281	10,5
9.....			960	4.208	960	17.060	9
10.....					1.170	5.832	2,50
11.....					868	5.012	3
12.....					916	5.032	2,5
	3.860	10.686	6.918	64.756	9.772	195.748	

Au 28 février 1957 le dispositif complet est en place. Douze lignes faisant au total neuf mille sept cent soixante douze mètres ont absorbé 195.748 m.

de clayonnages, auxquels s'ajoutent 94.913 mètres refaits au titre de réparations.

Les lignes 1 à 6 ont achevé leur évolution actuelle-

ment, les lignes 7 à 9 l'achèveront dans moins de 6 mois. Quant aux 3 dernières, nouvellement créées, elles sont encore en pleine phase évolutive.

Le prix du mètre de clayonnage est passé d'abord de vingt à dix francs par l'utilisation des hampes de sisal. Il se ramène aujourd'hui à huit francs grâce à l'utilisation d'une main d'œuvre dont le rendement



PHOTO N° 3. — Cette photo montre la partie sud de la ligne d'arrêt n° 4.

Photo J. Poupon. 10-9-1956.

s'est amélioré jusqu'à atteindre douze à quatorze mètres de clayonnage par homme et par jour.

L'ensemble du travail revient à deux millions neuf cent mille huit cents francs C.F.A.

L'IMPLANTATION DE LA VÉGÉTATION

Une première règle s'est très vite dégagée des essais entrepris dans ce domaine. Certaines espèces remarquables par leur résistance à un recouvrement passager pouvant même durer un certain temps, ne sauraient tolérer un véritable ensevelissement sous de grandes épaisseurs ou un remaniement total et rapide du substratum. C'est une idée fautive et d'ailleurs fort généralisée qu'*Ipomea pescaprae*, cette convolvulacée rampante des rivages tropicaux, puisse fixer les sables dans tous les cas. Les premières plantations hâtives de cette espèce n'ont rigoureusement servi à rien. On attend donc désormais une bonne fixation des profils pour procéder à des essais d'implantation de végétaux.

Si théoriquement on avait, en octobre 1950, songé à couvrir d'abord les lignes d'arrêt d'une végétation herbacée qui aurait précédé la plantation d'espèces ligneuses, on était en fait dans l'ignorance la plus totale concernant les espèces à utiliser et leur mode d'utilisation. Aussi, depuis cette époque, de nombreux essais de bouturage, d'épandage de graines et de plantations furent-ils poursuivis, aussi bien avec des espèces ligneuses qu'avec des espèces herbacées. Toutes ont été mises en place en des stations absolument semblables à celles qu'offrent les sables à couvrir de végétation.



Photo J. Poupon 10-9-1956.

PHOTO N° 4. — Vue d'ensemble du versant exposé au vent de la ligne d'arrêt n° 5.

Les premiers résultats furent extrêmement médiocres dans l'ensemble. Pour les boutures par exemple, le taux de reprise des meilleures espèces n'atteignait pas quinze pour cent au 20 janvier 1956. Finalement, aucun plant vivant ne subsista plus après cette date, à la suite de 5 jours de vents extrêmement violents. Les jeunes pousses étaient littéralement lacérées par l'action mécanique des grains de sable qui, même dans les parties stabilisées

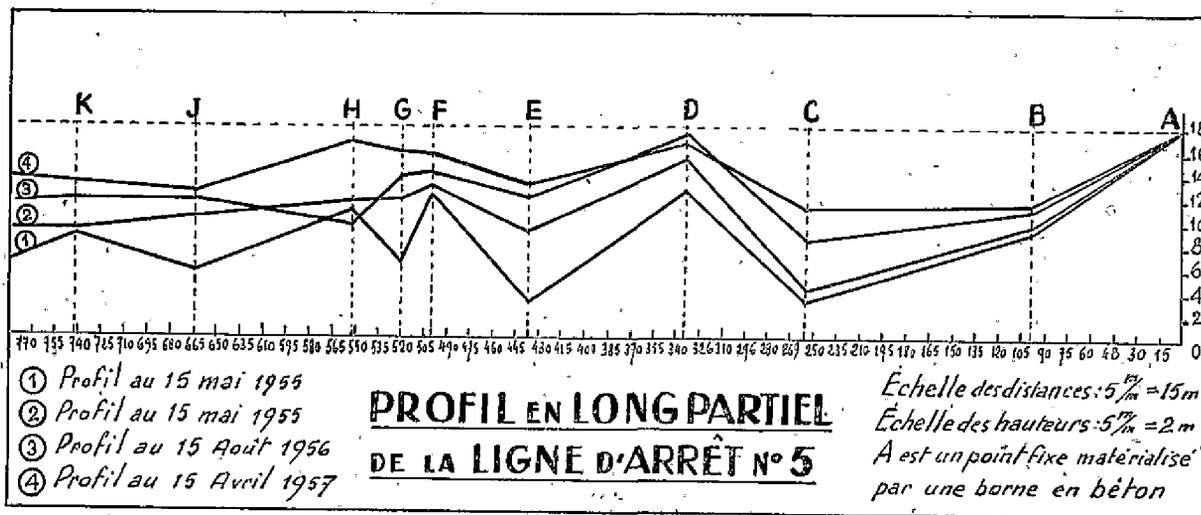




Photo J. Poupon 10-9-1956.

PHOTO N° 5. — Vue d'ensemble du versant exposé au vent de la ligne d'arrêt n° 4 ; on remarque au pied de la ligne des marbrures grisâtres constituées par des tapis d'*Ipomea pescapiae*.

sont soumis à de violents mouvements tourbillonnaires. Pour éviter cela, on généralisa sur la partie des lignes d'arrêt exposées au vent, un quadrillage assez dense formé de clayonnages de 0,50 m. de hauteur. On réalise ainsi un ensemble de carrés et de rectangles dont la superficie n'excède pas dix mètres carrés (photos 6 et 7). Dès lors de prometteuses reprises furent enregistrées.

D'autre part, tous les épandages de graines s'étant soldés par des échecs en toutes saisons et aucune végétation spontanée ne s'étant installée, on pensa que cela pouvait partiellement provenir de la stérilité d'un milieu dépourvu de tout élément bactérien susceptible d'intervenir dans la vie végétative. Aussi des mottes de terre, des touffes de plantes desséchées de toutes sortes, des branchages, furent-ils éparpillés aussi uniformément que possible à l'intérieur du quadrillage. Il est encore trop tôt pour

porter un jugement définitif sur l'efficacité de ces mesures, toutefois, c'est avec la plus grande satisfaction que des jeunes plants de deux espèces buissonnantes extrêmement intéressantes ont été dénombrés en maints endroits.

Enfin, la plantation d'espèces produites en pépi-

PHOTO N° 6 — et PHOTO N° 7 — Deux aspects des quadrillages édifiés sur le versant exposé au vent de la ligne d'arrêt n° 4 et destinés à favoriser l'implantation d'une végétation de couverture.

Photo J. Poupon 10-9-1956.



Nom vernaculaire	Nom d'espèce, nom de genre ou famille	Observations
a) Bouturage (suite)		
Tsingivy	Solanée	Espèce arbustive très envahissante sur tous les terrains sablonneux de l'Androy. Couvre fort bien le sol. Résultats assez bons : 30 % de reprise.
Laro	<i>Euphorbia laro</i> , euphorbiacée	Euphorbe arbustive caractéristique des sols assez lourds même salés. Résultats médiocres : 10 % de reprise.
Mozotse	<i>Euphorbia stenoclada</i> euphorbiacée	Espèce arbustive très fréquente dans le bush côtier de l'extrême sud malgache. Reprise très peu satisfaisante, inférieure à 10 %.
Befoetse	<i>Euphorbia oncoclada</i> , euphorbiacée	Autre euphorbe arbustive du bush. Reprise nulle.
Fengoky	<i>Poinciana</i> à fleurs blanches cesalpiniée	Espèce arbustive du bush dont le fût est étranglé à la base et à la croissance des premières branches. Résultat nul.
Fengoky	<i>Poinciana</i> à fleurs jaunes, cesalpiniée	Espèce arbustive du bush dont le fût est étranglé à la base et à la croissance des premières branches. Résultat nul.
Famonty	g. <i>Helichrysum</i> composée	Espèce buissonnante à couvert dense qui colonise surtout les terres salées. Reprise inférieure à dix pour cent.
Tsitsika	Acanthacée	Espèce sous-frutescente à fleurs jaunes très abondante sur le littoral. Reprise inférieure à 10 %.
Hazomantsy	<i>Zygophyllum depauperatum</i> , zygophyllacée	Espèce buissonnante douée d'un grand pouvoir d'expansion sur les sables du littoral. Reprise nulle.
	<i>Cesalpinia sepiaria</i>	Plante sarmenteuse pan-tropicale formant des fourrés très étendus et absolument impénétrables. Reprise nulle.
Lokaza	g. <i>Helichrysum</i> , composée	Espèce buissonnante voisine du famonty dont elle a le même habitat. Résultat nul.
Taritarika	<i>Leptadenia madagascariensis</i> apocynacée	Espèce rampante extrêmement rustique colonisant les terrains dénudés quelle que soit leur nature. C'est une plante de couverture remarquable par le grand développement qu'elle prend.
Besofy	g. <i>Scevola</i> , goodeniée	Espèce pan-tropicale sous-frutescente à feuilles crassulacées formant des touffes très épaisses sur les sables en bordure de mer. Echec total.
Tambiky	Solanée	Espèce sous-frutescente qui s'installe spontanément sur les terrains dénudés. Echec total.
b) Semis-direct		
Hazomantsy	<i>Zygophyllum depauperatum</i> zygophyllacée	Bien que cette espèce envahisse intensément les sables et les terres salées légères, des épandages de graines à la volée se sont traduits par des échecs constants jusqu'à ce que des apports de terre et de débris végétaux aient été effectués sur les lignes d'arrêt. Elle permet aujourd'hui les plus grands espoirs.
Tsimenamena	Solanée	Comme pour la précédente de premiers résultats très intéressants ont été obtenus après apport de terre et de débris végétaux.
Lalanda	<i>Ipomea pescaprae</i> , convulvulacée	Réussite très modeste du semis direct. Mais cela ne présente pas beaucoup d'intérêt, cette plante se bouturant avec une extrême facilité.
	<i>Cesalpinia sepiaria</i> , cesalpiniée	Echec complet. Cette espèce possède de grosses graines à téguments extrêmement durs et épais qui nécessitent vraisemblablement une humidité assez considérable pour provoquer la germination.
Kabatongoaka	<i>Cavanilla</i> sp., papilionacée	Mêmes remarques que pour <i>Cesalpinia sepiaria</i> .
Akatapoty	Papilionacée rampante	Espèce herbacée formant des plages assez étendues et denses en bordure de mer. Résultat nul.
Tsingivy	Solanée	Un pourcentage appréciable de germination a été obtenu à la faveur des apports de terre et de débris végétaux. Une technique simple a permis d'obtenir de biens meilleurs résultats : cette espèce comptant de très nombreux semis naturels à proximité de tous les sujets adultes, de nombreux jeunes plants ont été prélevés en mottes, mis en place sur les lignes d'arrêt. Ce procédé paraît particulièrement intéressant.

b) Semis-direct (suite)

Maintanakanga	<i>Cyperus maritimus</i> , cypéracée	Cette cypéracée qui s'installe spontanément en bordure de mer semble exiger des sables contenant un certain taux de matière organique et des sols bien en place. Résultats nuls.
	<i>Ricinus communis</i> , euphorbiacée	Espèce sub-spontanée de l'extrême sud malgache. Echecs répétés sur sables absolument dénudés. Résultats excellents à l'abri des quadrillages de clayonnages.

c) plants produits en pépinière

	<i>Acacia cyanophylla</i> , mimosée	Cette espèce introduite à Madagascar par le service des Eaux et Forêts en 1951 donne les meilleurs résultats à l'abri des clayonnages si elle est plantée à une taille aussi grande que possible. Avec 500 plants mis en place le 20 juillet 1956 à l'âge de 6 mois sur la ligne d'arrêt numéro 4, on a constaté six mois après une reprise de 80 % (photo 8).
Akao ou filao	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Il est nécessaire de ne mettre en place que des plants aussi développés que possible. Production facile en pépinière. Croissance très rapide à l'abri des quadrillages de clayonnages.
Avoha	<i>Dichrostachys</i> , mimosée	Résiste bien après la mise en place mais croissance extrêmement lente. D'où intérêt réduit comme espèce de première installation.
Akatapoty	Papilionacée rampante	— d° —
Taritarika	<i>Leptadenia madagascariensis</i> , apocynacée	Tandis qu' <i>Ipoméa pescaprae</i> se bouture avec une extrême facilité et donne de maigres résultats, au semis cette plante est parfaitement utilisable à partir de la graine.
	<i>Prosopis juliflora</i> , <i>Acacia arabica</i> <i>Acacia galepinii</i>	Ces trois espèces germent sans difficulté en pépinière mais elles paraissent n'avoir aucune vigueur après leur mise en place.

d) Autres procédés

Des éclats de racines et des drageons ont été mis en place à diverses reprises. Ils n'ont jamais conduit qu'à des échecs avec toutes les espèces ci-dessous :

- *Cyperus maritimus*
- une goodeniée du genre *Scevola*
- *Zyopophyllum depauperatum*
- *Imperata cylindrica*
- akatapoty (papilionacée)
- tsimenamena (solanée).

La meilleure époque de mise en place se situe à la fin de la saison sèche et au début de la saison des pluies entre les mois de juillet et de novembre, qu'il s'agisse de boutures, de semis directs ou de jeunes plants enracinés.

* * *

Après une longue période d'expérimentation qui s'est étendue sur plusieurs années, un certain nombre de résultats probants ont été obtenus sur le chantier de fixation des dunes du Mandraré. Ils permettront, sans nul doute, de mener à son terme, dans les années qui viennent, une entreprise délicate sous ses différents aspects techniques. Et l'on peut espérer qu'ils éviteront, dans d'autres régions tropicales où se posent des problèmes identiques, de coûteux et fastidieux tâtonnements.

PHOTO N° 8. — *Acacia cyanophylla* très bien venant mis en place en juillet 1956 au sommet de la ligne d'arrêt n° 4.

10 septembre 1956. Photo J. Poupon.

