



MICROFICHE N°

06614

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

F 1

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTRE DE
L'AGRICULTURE

GUIDE TECHNIQUE
DE LA
LUTTE CONTRE
L'ENSALEMENT

Par

T. JALEL
INGENIEUR GENERAL
DES FORÊTS

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTRE DE
L'AGRICULTURE

CNDA 6614

GUIDE TECHNIQUE
DE LA
LUTTE CONTRE
L'ENSABLEMENT

Par

T. JALEL
INGENIEUR GENERAL
DES FORETS

GUIDE TECHNIQUE
DE LA
LUTTE CONTRE
L'ENSAULEMENT

Par

T. JALEL
INGENIEUR GENERAL
DES FORÊTS

SOMMAIRE -

	<u>Pages</u>
Introduction	1 - 3
Chapitre I : Physique de la Dynamique dunaire	4
1 - Les Vents	4
1-1- Les vents rasants	4
1-2- Les vents d'altitude	4
2 - Notions préliminaires sur l'action du vent	5
2-1- de l'ablation	5
2-2- du transport	6
2-3- Dépôts ou accumulation	8
3 - Mécanismes de l'ensablement	9
3-1- Mécanismes régionaux	9
3-2- Mécanismes locaux	10
3-3- Mécanismes stationnels	10
4 - Les Facteurs de l'ensablement	10
4-1- Les pratiques culturelles	11
4-2- Le surpâturage	11
4-3- L'éradication des ligneux	12
Chapitre II: Fixation et stabilisation des dunes	13
1 - Considérations générales	13
1-1- Les divers moyens de lutte contre l'ensablement	13
2 - Procédés de fixation des dunes	14
2-1- Protection contre les apports de sable	14
2-2- Fixation et stabilisation physique des dunes	19
2-3- Fixation par paillage chimique	20
2-4- Protection contre les apports de sable au moyen de bandes de végétation naturelle	21

Chapitre III : Les boisements en milieu dunaire	22
1 - Conditions requises pour les boisements des dunes	22
1-1- La fertilité du sable	22
1-2- La fertilité du substrat	22
1-3- Profondeur des dépôts sableux éoliens	23
1-4- Niveau de la nappe aquifère	23
2 - Du choix des essences à utiliser	24
2-1- Critère écologique : aptitude au milieu	24
2-2- Critères physiologique et cultural	25
2-3- Les espèces à utiliser	25
3 - Technique de plantation	26
3-1- Choix des plants	27
3-2- Transport des plants	28
3-3- Plantation proprement dite	28
4 - Les bandes forestières et la lutte contre l'ensablement	30
Chapitre IV - Quelques Recommandations pour l'Aménagement et la gestion des plantations en milieu dunaire	32
1 - Les mesures conservatoires à prendre dans le cadre de la mise en oeuvre d'un programme de fixation des dunes	32
1-1- Les actions d'ordre social	33
1-2- Mesures d'ordre juridique	33
2 - Entretien et Irrigation des plantations	34
2-1- Les regarnis	34
2-2- Les façons culturales	34
2-3- Irrigation	35
2-4- Protection des plantations contre l'action de l'homme et des animaux	35
Chapitre V - Etapes proposées par l'établissement d'un plan d'action en milieu dunaire	38

Chapitre VI - Impact des travaux de lutte contre l'ensablement
sur les conditions socio-économiques et l'environnement 39

1 - Impact sur l'environnement 39

2 - Impact sur les plans économique et social 40

Les Annexes :

- Annexe I : Fiche mensuelle des travaux

- Annexe II : Fiche de site

- Schémas.

- INTRODUCTION -

Au Nord, comme au Sud du Sahara, les terres arides gagnent rapidement du terrain, avec l'aide d'une sécheresse qui dure depuis près de trois décades.

Avec la déforestation, le surpâturage des steppes et des parcours naturels, combinés à la mise en culture de sols fragiles, on assiste à une transformation rapide des zones écologiques conduisant inéluctablement à la désertification et à l'extension des dunes qui constituent l'aspect le plus marquant de cette désertification.

En Tunisie, comme d'ailleurs dans la plupart des pays circumsahariens, l'ensablement, qui est considéré comme le processus de désertification le plus actif, constitue un danger menaçant les infrastructures économiques les routes, les villages et les périmètres de mise en valeur agricole.

Ce phénomène engendre en outre une diminution des surfaces agricoles et la stérilisation de vastes zones. Dans certaines régions situées au Sud du pays, les efforts de développement économique et social sont subordonnés à la maîtrise de ces ensablements.

C'est pourquoi la lutte contre l'ensablement constitue l'une des préoccupations majeures du gouvernement et l'une des tâches les plus importantes de la Direction Générale des Forêts.

Le présent guide, qui est appelé à contribuer à la réalisation de la stratégie nationale pour la lutte contre la désertification, s'adresse particulièrement aux forestiers qui sont chargés de l'exécution des programmes de lutte contre l'ensablement dans le but de les aider à maîtriser les tech-

.../...

niques de fixation et de stabilisation des dunes et de leur permettre d'acquérir les connaissances de base suffisantes qui les aideront à sensibiliser les populations rurales.

Ce document fait le point de tous les aspects concernant la lutte contre l'ensablement, de la dynamique des dunes et des mécanismes éoliens jusqu'à la gestion des plantations en passant par les différents stades de fixation et de stabilisation des dunes.

Il se compose de six parties :

La première partie traite des aspects physiques de la dynamique dunaire et des mécanismes de l'ensablement. La deuxième partie fait le point des techniques et des procédés de fixation et de stabilisation des dunes. La troisième partie traite des boisements en milieu dunaire et des conditions requises pour les plantations.

La quatrième partie donne quelques recommandations pratiques pour l'aménagement et la gestion de plantations en milieu dunaire.

La cinquième partie traite des étapes proposées par l'établissement d'un plan d'action en milieu dunaire.

Enfin la dernière partie est consacrée à l'étude de l'impact des travaux de lutte contre l'ensablement sur les conditions socio-économiques et l'environnement.

Nous insistons particulièrement sur le choix du matériau à utiliser pour la fixation mécanique des sables et le choix des espèces à planter qui doivent nécessairement être bien adaptées à la région.

.../...

Nous attirons spécialement l'attention des responsables forestiers de l'exécution sur la nécessité d'assurer, parallèlement aux travaux techniques de fixation, des mises en défens intégrales des zones traitées, de limiter la charge du bétail en initiant une politique de rotation des parcours et d'élaborer une stratégie nationale de gestion rationnelle des parcours naturels.

Il est à noter que les techniques présentées dans cet ouvrage sont la synthèse d'une longue et riche expérience accumulée par l'auteur dans le domaine de la lutte contre l'ensablement et la désertification en général.

Ce guide devra être amélioré et complété par l'expérience qui sera acquise par les techniciens dans ce domaine, c'est la raison pour laquelle, il n'a pas d'autre prétention que celle d'être un instrument de travail dont il faudra savoir s'en servir.

II CHAPITRE PREMIER -

PHYSIQUE DE LA DYNAMIQUE DUNAIRE

CHAPITRE 1 --

PHYSIQUE DE LA DYNAMIQUE DUNAIRE

--==--

1 - LES VENTS -

Le vent est ici le facteur essentiel, le grand responsable du climat, donc de la formation mais surtout de l'extension des dunes de sable. En effet, bien qu'il ne soit pas spécifique aux régions arides, il joue un rôle déterminant dans la morphologie actuelle du paysage dans le Sud Tunisien.

Deux classes de vents sont à distinguer :

-La classe des vents inactifs : ce sont des vents dont la vitesse est $< 3\text{m/s}$. Ils ne peuvent pas déplacer les particules de sable et n'ont par conséquent aucune action sur la dynamique dunaire.

-Les vents actifs sont ceux qui ont une vitesse supérieure à 3m/s , ils sont donc aptes à mettre les particules en mouvement. Leur action sur la morphologie dunaire est certaine. Elle est proportionnelle à la vitesse du vent.

La direction des vents est fortement influencée par la topographie locale. Les vents dominants sont de secteur Est sur la côte (Sfax, Gabès, Medenine, Djerba, etc...) et de secteur Sud-Ouest et Nord-Est à l'intérieur (Gafsa, Tozeur, Kébili, Tataouine, etc...). 70% des vents ont une vitesse inférieure à 10m/s . Les vents chauds soufflent de 25 à 75 jours/an.

1-1- LES VENTS RASANTS

Ce sont les vents les plus "visibles" et dont le déplacement est parallèle au sol. Ils se chargent de particules de grains de sable qu'ils déposent dès qu'ils rencontrent un obstacle. Ils sont responsables des formations dunaires.

1-2- LES VENTS D'ALTITUDE

Ils sont moins dangereux que les premiers, mais plus spectaculaires.

.../...

Ils peuvent transporter, à plusieurs centaines de kilomètres, des éléments fins, en général d'origine saharienne, aspirés par des phénomènes tourbillonnaires. Ce sont les grands vecteurs. Ils apportent le sable, le dispersent sur de grands espaces squelettiques ; ces sables sont ensuite repris par les vents rasants qui sont les finisseurs.

Les vents rasants et les vents d'altitude se combinent au gré des fantaisies météorologiques, mobilisent les sables et aboutissent à la formation des dunes suivant le processus classique.

2 - NOTIONS PRELIMINAIRES SUR L'ACTION DU VENT :

LES MECANISMES EOLIENS

Le vent est, avec l'eau, un des principaux facteurs climatiques qui, au cours des âges, ont façonné le paysage du globe terrestre, notamment des régions arides. Il joue un rôle prépondérant dans le processus de l'ensablement et des formations dunaires.

Son action s'exerce :

2-1- DE L'ABLATION qui s'exprime par :

2-1-1- la déflation qui est le balayage par le vent des éléments fins du sol soit apportés lors des périodes humides, soit produits par la décomposition actuelle des roches. Il s'agit d'une action du vent sans charge qui a pour résultat un décapage du sol et la mise à nu de la roche.

2-1-2- La corrasion : Il s'agit d'une action mécanique exercée par des vents violents fortement chargés d'abrasifs (en général il s'agit de sables quartziques). Cette action est surtout sensible près du sol où la charge de l'air en particules est la plus élevée et elle cesse pratiquement à une hauteur de l'ordre de 2m.

Dans un matériau cohérent et homogène, la corrasion se traduit par des stries parallèles ou par un remarquable poli.

Le sol est souvent recouvert par une fine croûte qui est généralement résistante à l'érosion éolienne.

Les particules que le vent peut mettre en mouvement peuvent attaquer cette croûte, la désintégrer et rendre ainsi le sol plus vulnérable.

Généralement, plus l'érosion dure, plus la quantité des matériaux susceptibles d'être emportés est importante.

2-2- DU TRANSPORT

Les études qui ont été réalisées sur la mise en mouvement des particules ont démontré l'existence d'une vitesse seuil du vent à partir de laquelle l'érosion éolienne commence. Cette vitesse est fonction de la dimension des particules, de leur densité et de leur cohésion. Cette vitesse passe par un minimum pour un diamètre équivalent voisin de 0,1mm et qu'elle croît aussi bien pour des diamètres inférieurs ou supérieurs à cette valeur.

Les particules de faible diamètre sont difficilement mobilisées par le vent parce qu'elles présentent entre elles des forces de cohésion importantes d'une part et qu'elles sont protégées du vent par des particules de plus grandes dimensions.

2-2-1- Les différents modes de déplacement des particules du sol

Il existe trois modes différents de déplacements des particules du sol : la saltation,

la reptation en surface,

la suspension.

2-2-1-1- La saltation est le phénomène qui affecte les particules comprises entre 0,1 et 1mm. Quand le vent souffle au contact d'une motte de terre, il s'ensuit l'entraînement par le courant d'air d'innombrables particules ; au moment de leur chute, les grains de sable font rebondir d'autres grains de sable ou des agglomérats de terre qui, en retombant, font rebondir d'autres particules. Ainsi le nombre de particules en mouvement

ira en croissant et leur vitesse augmentera jusqu'à une certaine limite ; celle-ci est imposée par le fait que le courant d'air perdant l'énergie qu'il communique aux grains de sable est freiné. L'équilibre correspond à un courant d'air d'une certaine vitesse moyenne transportant une masse de particules solides qui échangent continuellement leur énergie avec les particules au repos.

La saltation représente le mode de déplacement des sables le plus important puisqu'il assure les 3/4 du transport éolien.

Le phénomène de la saltation est nécessaire pour amorcer l'érosion éolienne. Il est la cause des deux autres modes de transport du sol par le vent: la reptation en surface et la suspension dans l'air.

2-2-1-2- La reptation en surface

Les plus grosses particules de sable roulent ou glissent à la surface du terrain sous la poussée de l'air à l'instar des débits solides dans un courant d'eau.

Trop lourdes pour être soulevées, elles sont mises en mouvement par l'impact des particules en saltation plus que par l'action directe du vent.

Les particules qui se meuvent de cette manière ont des diamètres compris entre 0,5 et 2mm suivant leur densité et la vitesse du vent.

2-2-1-3- La suspension

Les particules qui ont le $\phi < 0,1\text{mm}$ peuvent être entraînées dans l'atmosphère et maintenues en suspension par les tourbillons. Elles peuvent s'élever à de très grandes hauteurs et être transportées à des distances de plusieurs centaines de kilomètres.

D'une façon générale, les fines poussières ne peuvent être déplacées

que si elles ont été projetées dans l'air par le rebondissement de grains plus gros ; soit qu'elles n'émergent pas dans la zone turbulente, soit qu'elles présentent suffisamment de cohésion entre elles pour résister à l'action du vent.

De toute façon, il est à noter que ces différents mécanismes n'entrent en action que si le vent atteint une vitesse moyenne suffisante, soit 25 à 30 km/h, quoiqu'une vitesse de 16 km/heure puisse être fréquente pour le sable dunaire déjà trié. La vitesse exacte varie naturellement avec la taille des particules et autres caractères.

2-3- DEPOTS OU ACCUMULATIONS

Ils se produisent lorsque le vent tombe en dessous de la vitesse limite nécessaire au transport.

Il peut ainsi s'édifier des systèmes dunaires qui sont les éléments les plus caractéristiques et les plus connus du modèle éolien.

Dans les zones cultivées, ce sont surtout les formations de petites dunes ou de barkhanes qui sont observées ; les grands édifices dunaires tels que les grands ergs du sahara ne se forment que dans les zones désertiques où toute culture est pratiquement impossible.

Dans les zones moins arides, les petites dunes se forment dès qu'un obstacle (touffe de végétation par exemple) ralentit la vitesse du vent ou capte les particules de sable en mouvement.

Les barkhanes, petites dunes en forme de croissants, se forment sur les surfaces planes et dénudées.

Dans les régions plus humides, on n'observe plus la formation de barkhanes, mais de petites dunes de forme elliptique qui sont immédiatement fixées par la végétation.

3 - MECANISMES DE L'ENSABLEMENT.

La définition d'une stratégie et d'un programme de fixation et de stabilisation des dunes implique la connaissance préalable des mécanismes de l'ensablement aux niveaux régional, local et stationnel.

3-1- LES MECANISMES REGIONAUX

Dans la compréhension des phénomènes d'ensablement, à l'échelle locale, il est nécessaire en effet de connaître la circulation générale des sables au niveau du sahara.

L'étude de Mainguet (1983) a permis de distinguer trois courants majeurs linéaires traversant le Sahara qui amènent le sable du Nord vers le Sud du désert selon une direction générale NE. SO, celle de l'alizé.

Ces courants sont :

-un courant oriental traversant l'Egypte et une partie de la Libye, selon une direction NNE - SSO. Il s'infléchit à la latitude du Tropique du cancer, tourne autour du Tibesti et prend une trajectoire ENE - OSO en traversant le Nord du Tchad, le Niger au Sud de l'Air et de l'Adrar des IFORAS.

-un courant central, beaucoup plus complexe, décrivant, à partir des 27°N et 18°E, une vaste trajectoire subcirculaire de sens anticyclonique autour des aires surelevées du Sahara central.

Entre l'Air et l'Adrar des IFORAS, une branche diverge vers le Sud et rejoint le courant précédent sur son tronçon parallèle.

-enfin, un courant occidental s'amorçant dans l'erg oriental et contournant les Aglab où il se divise en deux branches et rejoint, par une trajectoire légèrement arquée NE, SO, le littoral de l'Atlantique au Sud de Nouadhibou entre les 16° et 20°N.

3-2- MECANISMES LOCAUX

En dehors des mécanismes régionaux, il faut prendre en considération, à l'échelle locale, l'effet de la topographie, l'impact des obstacles naturels (oueds, depressions) humains (villages, infrastructures, palmeraies etc...). L'ensemble de ces obstacles modifie considérablement la direction du vent.

Par ailleurs, l'action de l'homme (défrichement, surpâturage) est de nature à modifier la rugosité du paysage et à engendrer par voie de conséquence, la mobilisation des sables et la formation des dunes.

3-3- MECANISMES STATIONNELS

Contrairement aux mécanismes précédents, les mécanismes stationnels qui se situent au niveau d'une agglomération, d'une oasis ou d'un point d'eau à protéger, sont plus faciles à contrôler.

Pour le traitement d'un tel phénomène au niveau stationnel, on a toujours besoin d'une meilleure compréhension générale des phénomènes d'ensablement aux niveaux régional et local. Ainsi, il est nécessaire de distinguer entre la source des sables, la zone de son cheminement ou transport de sable et la zone de dépôts ou d'accumulation.

Etant donné qu'il est pratiquement impossible de pouvoir agir directement sur la source des sables, il est donc important, après avoir caractérisé les phénomènes d'ensablement à tous les niveaux, d'établir à l'échelle de chaque station à protéger (agglomération, oasis, points d'eau, etc...) un plan d'opération basé sur les mécanismes éoliens et favorisant les actions ayant un impact immédiat sur le contrôle de l'ensablement.

4 - LES FACTEURS DE L'ENSABLEMENT

Les principaux facteurs qui sont à l'origine du processus de la formation des dunes sont, outre l'action du vent décrite précédemment, l'exten-

.../...

3-2- MECANISMES LOCAUX

En dehors des mécanismes régionaux, il faut prendre en considération, à l'échelle locale, l'effet de la topographie, l'impact des obstacles naturels (oueds, depressions) humains (villages, infrastructures, palmeraies etc...). L'ensemble de ces obstacles modifie considérablement la direction du vent.

Par ailleurs, l'action de l'homme (défrichement, surpâturage) est de nature à modifier la rugosité du paysage et à engendrer par voie de conséquence, la mobilisation des sables et la formation des dunes.

3-3- MECANISMES STATIONNELS

Contrairement aux mécanismes précédents, les mécanismes stationnels qui se situent au niveau d'une agglomération, d'une oasis ou d'un point d'eau à protéger, sont plus faciles à contrôler.

Pour le traitement d'un tel phénomène au niveau stationnel, on a toujours besoin d'une meilleure compréhension générale des phénomènes d'ensablement aux niveaux régional et local. Ainsi, il est nécessaire de distinguer entre la source des sables, la zone de son cheminement ou transport de sable et la zone de dépôts ou d'accumulation.

Etant donné qu'il est pratiquement impossible de pouvoir agir directement sur la source des sables, il est donc important, après avoir caractérisé les phénomènes d'ensablement à tous les niveaux, d'établir à l'échelle de chaque station à protéger (agglomération, oasis, points d'eau, etc...) un plan d'opération basé sur les mécanismes éoliens et favorisant les actions ayant un impact immédiat sur le contrôle de l'ensablement.

4 - LES FACTEURS DE L'ENSABLEMENT

Les principaux facteurs qui sont à l'origine du processus de la formation des dunes sont, outre l'action du vent décrite précédemment, l'exten-

.../...

sion des cultures, le surpâturage et l'éradication des espèces ligneuses.

4-1- Accroissement des superficies mises en culture avec une occupation irrationnelle des sols :

L'accroissement rapide de la population tunisienne dont l'effectif s'est multiplié par quatre depuis le début du siècle, s'est traduit par l'extension des zones cultivées. A titre d'exemple, les terres mises en culture sont passées de 3.375.000 Ha en 1938 (soit 27% de la surface totale du pays) à 4.460.000 Ha en 1968 (soit 38% de cette même surface).

Cette extension s'est faite dans une première phase au détriment des forêts et des terres de parcours ; puis, à la phase finale, elle s'est réalisée essentiellement aux dépens de ces dernières.

Le résultat est déplorable tant sur le plan pastoral que sur le plan agricole.

L'éradication du tapis végétal opérée lors des labours aux polydisques provoque une destruction des sols qui se trouvent alors totalement exposés aux risques d'érosions éolienne et hydrique.

Si le défrichement a commis au cours des décades écoulées les méfaits majeurs, il est vraisemblable qu'aujourd'hui la céréaliculture mécanisée constitue le dernier coup de baton entre les mains d'hommes irresponsables capables de susciter la dégradation rapide et irréversible déjà enregistrée dans de nombreux cas.

4-2- Le Surpâturage :

Le surpâturage est une action qui consiste à prélever d'une végétation donnée une quantité de fourrage supérieure à la production annuelle.

D'après le Houerou, le surpâturage se traduit par la réduction du couvert végétal des espèces vivaces, la raréfaction des espèces appetées, le développement et l'extension des espèces inalibiles et le piétinement

.../...

et le tassement du sol.

Du fait du surpâturage, et des effets conjugués des autres causes, les ressources pastorales qui étaient à l'origine des principaux moyens de production et de subsistance des populations du Sud ont connu une régression constante.

La dégradation observée ne permet plus le maintien des effectifs originaux et les efforts des populations pour le maintien de ces effectifs ne font qu'accentuer le processus de dégradation et la réduction progressive des ressources pastorales.

4-3- Le défrichement et l'éradication des ligneux :

Les besoins constamment croissants en combustibles ligneux pour les fours à chaux, les bains maures, les boulangeries et pour les besoins domestiques journaliers ont provoqué l'arrachage de toute forme ligneuse contribuant ainsi à la disparition de plus en plus généralisée de la couverture végétale.

Ce phénomène, quoique moins spectaculaire que l'influence des cultures, est cependant très important. En effet, sa gravité est accrue par le fait que le prélèvement des racines empêche toute reconstitution naturelle des espèces par rejet de souches. D'autre part, les espèces bouissonnantes telles que *Calligonum*, *Nitraria Retusé*, *Retéma Retem*, les plus productrices de bois, ont souvent disparu. La "Cueillette" intéresse donc des végétaux de plus en plus petits, mais en nombre de plus en plus élevé.

Sur le plan purement sylvicole, il a été constaté que dans certaines forêts comme celle d'Oum Djoudour, la Kessera (Makthar) et Bou Rabia (Thala) où la pression humaine est particulièrement intense, le taux de disparition de la couverture forestière par défrichement, à des fins multiples, est compris entre 0,5% et 1% par an.

Il est certain que le maintien de ces taux élevés de ces prélèvements équivaldrait à la disparition de notre patrimoine forestier en 20 ans.

// H A P I T R E I I -

FIXATION ET STABILISATION DES DUNES

- C H A P I T R E I I -

FIXATION ET STABILISATION DES DUNES

1 - CONSIDERATIONS GENERALES

1-1- Les divers moyens de lutte contre l'ensablement -

En fonction des moyens auxquels on fait appel, on distingue deux types de lutte contre l'ensablement :

- la lutte physique ou mécanique,
- la lutte biologique.

On classe dans la première catégorie celle dans laquelle on met en oeuvre des matériaux inertes d'origine locale, comme les palmiers, les roseaux, les branchages, ou industrielle comme les plaques ondulées en amiante ciment ou les grillages que l'on utilise pour ériger des palissades que l'on dispose soit en ligne perpendiculairement à la direction du vent dominant, soit en réseau de manière à former des losanges lorsqu'il y a lieu de se prémunir contre des vents provenant de diverses directions.

Quant à la lutte biologique, elle fait, comme son nom le laisse penser, appel à du matériel vivant.

En principe, un couvert végétal suffisant est de nature à s'opposer efficacement à l'érosion qu'elle soit d'origine éolienne ou hydrique.

Ainsi, dans tous les cas où cette solution s'avère possible, la lutte biologique est menée de pair avec la lutte mécanique ; de la sorte lorsque sous l'effet du temps, les matériaux inertes viendront à se dégrader, le matériel vivant aura largement assuré la relève.

.../...

2 - PROCEDES DE FIXATION DES DUNES (LUTTE MECANIQUE)

Les différents procédés utilisés pour la lutte contre l'ensablement reposent sur le principe suivant :

- Arrêt des sables qui alimentent les dunes,
- Fixation, par plantation, des dunes ne recevant plus de sable.

Nous allons examiner successivement dans ce chapitre les différents procédés physiques employés pour fixer et stabiliser les dunes. La fixation biologique sera traitée dans un chapitre à part.

2-1- PROTECTION CONTRE LES APPORTS DE SABLE

Il n'est souvent pas possible de diminuer le volume des sables apportés. Il sera donc nécessaire de protéger les agglomérations et les oasis en les plaçant à l'abri d'obstacles qui peuvent être soit de dunes artificielles ou de micro-brise-vent en sec (palissades).

2-1-1- La création de dunes artificielles

Le principe de cette méthode traditionnelle qui a donné des résultats satisfaisants est actuellement en vigueur dans les pays d'Afrique du Nord, notamment en Tunisie où elle est largement répandue et mise en oeuvre depuis 1886 en zone présaharienne.

L'arrêt des sables est réalisé grâce à la confection de dunes artificielles placées perpendiculairement à la direction du vent dominant.

La méthode utilisée consiste à opposer au vent un obstacle filtrant provoquant son ralentissement et la chute des grains de sable.

Il s'agit de confectionner une tabia en terre de 0,80 à 1m de hauteur, surmontée d'une palissade, si le terrain est suffisamment consistant ;

s'il est trop friable, cette palissade pourra être implantée directement au niveau du sol.

Divers matériaux peuvent être utilisés dans la confection de la palissade à condition de respecter une prescription essentielle que cette palissade soit perméable au vent afin d'en freiner la vitesse et de permettre le dépôt du sable qu'il transporte sans provoquer de phénomènes tourbillonnaires.

En règle générale, la priorité sera attribuée aux produits locaux tels que les feuilles de palmes, le bois et les branchages des différents arbres et arbustes dans la région.

2-1-1-1- Dunes surmontées de palissades en palmes.

Une solution simple consiste à enfoncer les palmes verticalement dans l'axe de la tabia après les avoir sectionnées à la longueur voulue, mais elles constituent plutôt une palissade fragile ; c'est pourquoi on lui préfère la méthode des palissades en palmes tressées que l'on fixe au sol, ou dans l'axe de la levée de terre, au moyen de piquets de bois, ou, le plus souvent, à l'aide de palmes à grosses nervures

Cette palissade s'ensable, une seconde est alors édifiée au-dessus et ainsi de suite jusqu'à ce que la dune atteigne son profil d'équilibre, objectif recherché. On aboutit alors à des dunes ayant une pente au vent se situant aux alentours de 30° et une pente sous le vent de l'ordre de 35 à 45° pouvant dépasser dix mètres de hauteur. On estime qu'il faut un minimum de six ans pour qu'un tel équilibre soit atteint.

2-1-1-2- Dunes surmontées de fascines en branchages.

Lorsque les palmes font défaut, on a recours alors aux ressources ligneuses de la région pour constituer des fascines en branchages devant servir de palissade pour la confection de la dune artificielle ayant 0,50 à

1m de hauteur.

Ces fascines confectionnées à partir des végétaux secs sont implantées, à l'instar des palissades en feuilles de palmiers, perpendiculairement à la direction du vent dominant et rehaussées chaque fois qu'elles s'ensablent jusqu'à ce que la dune ainsi créée ait atteint son profil d'équilibre.

Ce procédé a le grand inconvénient de coûter très cher et de provoquer indirectement le phénomène de l'ensablement par une utilisation abusive de la végétation spontanée locale.

2-1-1-3- Dunes surmontées de palissades en plaques en fibro-ciment.

Les palissades peuvent également être constituées de plaques en fibro-ciment de 0,50m à 0,70m de largeur sur 0,70m à 0,90m de hauteur que l'on enfonce verticalement à mi-hauteur dans l'axe de la tabia de départ en prenant soin de les espacer de 2 à 4cm de manière à laisser filter une partie de l'air et éviter les phénomènes de toubillons.

Les plaques sont ensuite rehaussées au fur et à mesure de leur ensablement jusqu'à ce que, comme dans le cas précédent, l'on atteigne le profil d'équilibre de la dune artificielle.

2-1-1-4- Avantages et inconvénients des deux procédés.

Les palissades d'arrêt réalisées à l'aide de palmes présentent l'avantage d'utiliser un matériel local et de constituer un obstacle relativement perméable, le plus efficace pour entraîner le dépôt du sable ; mais elles ne peuvent être rehaussées, une fois ensevelies, que grâce à l'édification d'une nouvelle palissade qui doit elle-même prendre appui sur la précédente.

Ces palissades superposées doivent théoriquement servir d'ossature permanente à la dune artificielle ; les recouvrements nécessaires à la stabilité de l'ensemble peuvent toutefois entraîner des pertes de hauteur efficace non négligeable.

La palme est actuellement le seul matériau qui ait donné satisfaction et quant au prix de revient et quant à l'efficacité.

C'est donc à ce matériau que l'on fera essentiellement appel pour la confection des dunes artificielles dans les différents périmètres d'intervention.

Si les palissades d'arrêt constituées de plaques ondulées en fibrociment pourvues d'un certain nombre de perforations ($\phi 1,5\text{cm}$) semblent devoir permettre certains avantages (ce procédé demande moins de main d'oeuvre, rehaussements immédiats) elles ne sont pas non plus sans inconvénients. Constituées d'éléments interdépendants juxtaposés mais non solidaires, ces palissades peuvent être rehaussées, du moins théoriquement, avec le même matériel que l'on doit remonter progressivement, au fur et à mesure, que la dune prend de la hauteur.

On admet que les dunes artificielles dont on provoque la formation par ce type de palissade sont fragiles parce que dépourvues d'ossature.

A l'usage, ces palissades d'arrêt se sont avérées décevantes : l'espace libre laissé entre les plaques lors de leur mise en place (environ 4cm) tant pour augmenter la perméabilité de la palissade que pour en faciliter l'installation, canalise le vent et en provoque l'accélération si bien qu'il se charge de sable et déchausse la plaque qui finit par tomber. Le phénomène qui est encore plus marqué aux deux extrémités de la palissade entraîne progressivement sa chute complète.

.../...

Si grâce à une surveillance continue et à des entretiens immédiats consistant à redresser, sans retard, toute plaque tombée, on peut obtenir des accumulations de hauteur plus ou moins importante, toute chute de plaques peut avoir des conséquences bien plus graves, car le vent peut alors déplacer, en peu de temps, de grandes quantités de sable et causer de véritables catastrophes dans les environs immédiats, puisque les palissades n'offrent aucune continuité en profondeur.

C'est pourquoi il est conseillé de ne pas utiliser ce type de palissade ou en tout cas de le réserver à des cas très particuliers.

2-1-1-5- Implantation et orientation des dunes artificielles.

L'orientation des dunes artificielles à créer par rapport à la direction du vent dominant peut être triple :

-en arrêt, lorsqu'elles lui sont perpendiculaires. Dans ce cas, la zone située du côté du vent doit être dépourvue, sur à peu près 50m, d'obstacles telle qu'une touffe de broussailles par exemple, afin d'éviter la formation de tourbillons.

-en défilement, lorsqu'elles lui sont obliques (sous un angle de 120 à 140°).

-en enfilades, lorsqu'elles lui sont parallèles. Cette dernière orientation est à proscrire systématiquement.

La dune en arrêt, qui s'ensable rapidement est intéressante lorsqu'on veut aller vite et que l'on dispose de gros moyens.

La dune en défilement divise les vents, les déviant de part et d'autre des sites à protéger. Elle permet d'évacuer une partie des sables vers des zones sans intérêt.

Les dunes en défilement ont l'inconvénient de contribuer à l'ensablement d'autres secteurs par les sables qu'elles dévient. Aussi, ne l'emploie-

t-on que lorsqu'il n'y a pas de menace pour une zone voisine intéressante.

La distance à aménager entre ces dunes et les sites à protéger (oasis, agglomération etc...) doit être de l'ordre de 200 à 300m, et au minimum de 50m.

Il y a lieu de noter qu'en cas d'apports de sable très importants, on est souvent appelé à édifier une ou deux autres dunes derrière la première suivant les cas, espacées de 100 à 150m.

2-2- Fixation et stabilisation physique des dunes

Deux facteurs physiques importants rendent nécessaire l'opération de fixation et de stabilisation des dunes avant boisement à savoir : les risques de déchaussement du système racinaire des plants mis en place et le mitraillage des jeunes plants par les grains de sable.

Comme 90% de ce sable est transporté par saltation dans une zone de 30cm au dessus du sol, la rapidité de croissance est importante, car il faut que les jeunes plants puissent émerger très vite de cette zone dangereuse.

C'est pour cette raison donc qu'il y a une nécessité de procéder au préalable à la fixation et à la stabilisation des dunes à planter.

Cette action comporte deux opérations :

le quadrillage du terrain à fixer et sa couverture par debris végétaux secs (branchages).

2-2-1- Quadrillage

Entre la zone à protéger et les dunes artificielles ainsi créées, on dispose perpendiculairement au vent dominant et à des intervalles réguliers, (pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres) des palissades basées

.../...

/// H A P I T R E I I I -

BOISEMENTS EN MILIEU DUNAIRE

sur le même principe de manière à créer un réseau de dunes artificielles fixées servant d'abri.

Entre ces palissades, on réalisera un quadrillage complet du terrain, à l'aide d'obstacles filtrants constitués le plus souvent de végétaux secs. Ce sont des palissades (en feuilles de palmes ou de branchages d'environ 0,50m de haut, disposées en lignes parallèles).

Les lignes principales du quadrillage seront autant que possible perpendiculaires à la direction du vent dominant et les lignes secondaires situées en oblique, l'ensemble prenant l'aspect d'un réseau losangique. Un quadrillage carré ou rectangulaire est également possible, à condition que les deux côtés soient situés en oblique par rapport aux vents

L'intervalle entre les lignes ^{varie} entre 10 à 20m selon leur hauteur et la condition particulière de la dune.

2-2-2- Couverture

Lorsque la surface de la dune à fixer n'est pas importante et que les vents sont particulièrement violents, des travaux complémentaires sont souvent nécessaires. Ils consistent à couvrir le sable d'une couverture presque continue de branchages ; Ces travaux ne peuvent être généralisés du fait de leur coût élevé et des risques de déforestation, mais ils offrent l'avantage d'aider à la formation de l'humus.

2-3- Fixation par paillage chimique

Comme la réalisation de palissades nécessite énormément de main d'oeuvre et de matériaux végétaux qu'il est parfois difficile de s'en procurer, on peut recourir au paillage chimique c'est-à-dire des pulvérisations à base de produits asphaltés et autres substances chimiques.

Mais tous les essais réalisés avec ces nouveaux procédés n'ont pas été concluants.

D'une manière générale, les boisements effectués après paillage chimique semble moins bien réussir que par l'emploi du mode traditionnel de fixation par palissades et micro brise-vent.

2-4- Protection contre les apports de sable au moyen de bandes de végétation naturelle .

Cette technique a pour objectif de limiter les pertes en sol (déflation) de parcelles cultivées (par exemple la culture vivrière) et d'en améliorer les rendements au moyen de "bandes piégées" de 20m de largeur.

La technique consiste à cultiver des bandes de 100m de longueur sur 20m de largeur, orientées perpendiculairement au sens du vent dominant, alternées de bandes non labourées de même largeur.

L'expérience a montré que cette technique de bandes alternées contribue grandement à la réduction de l'érosion éolienne ; la bande piège arrête en effet la totalité des sables mobilisés dans la parcelle cultivée.

- C H A P I T R E I I I -

LES BOISEMENTS EN MILIEU DUNAIRE.

1 - CONDITIONS REQUISES POUR LES BOISEMENTS DES DUNES.

En règle générale, les sols dunaires sont caractérisés par une faible retention de l'humidité, une porosité élevée, une grande capacité d'infiltration et une bonne aération.

Ce sont des qualités qui généralement ne permettent pas d'envisager les boisements des dunes, à moins que certaines conditions particulières soient remplies parmi lesquelles on peut citer notamment :

1-1- La fertilité du sable

L'expérience a montré que le facteur limitant la croissance des plantations sur dunes est l'apport fertilisant. En effet, un sable riche en argile (plus de 2 pour cent) offre un milieu de croissance très riche, alors que la croissance arborée sur dune dont le sable contient une faible teneur en argile (inférieur à 1 pour cent) est limitée.

1-2- La fertilité du substrat

Par définition les dunes recouvrent un autre sol qui apparaît dans les zones interdunaires ou d'ablation. Sur les dunes peu épaisses, la possibilité de croissance des arbres dépend donc du substrat. Si celui-ci est constitué d'une couche calcaire dure, imperméable, comme dans beaucoup de zones arides, il est certain que la croissance des racines s'en trouvera limitée.

Par contre, si la dune recouvre un substrat arable, fertile, elle peut alors offrir un site de boisement de prédilection à condition que la

de
couche/sable ne soit pas trop épaisse.

La capacité élevée d'infiltration et l'effet auto-paillant du manteau sablonneux améliore le bilan hydrique du substrat fertile.

1-3- Profondeur des dépôts sableux éoliens

Il est démontré que la croissance des arbres sur dunes recouvrant un substrat médiocre peut être amélioré par une couche plus profonde de sable et vice versa lorsque la dune recouvre un ancien substrat fertile.

La "valeur limite" dépend, pour cette relation, de l'espèce et du climat. D'une manière générale, les possibilités d'exploiter les horizons profonds sont supérieures en zone tropicale, où la température plus élevée du sol permet un approfondissement du système racinaire.

1-4- Niveau de la nappe aquifère

Si le niveau de la nappe est trop proche de la surface, le boisement risquera de se heurter à une saturation du sol par l'eau, mais si le dépôt du sable éolien fertile est d'une certaine épaisseur au dessus du niveau le plus élevé de la nappe phréatique, cela peut être très favorable pour les plantations.

En fait, les dunes ne sont généralement stériles qu'à cause de la mobilité de leur surface, leur sécheresse n'est souvent qu'apparente et ce sont, dans bien des cas, des réservoirs d'humidité qui peuvent entretenir la vie à condition que les plantes puissent être protégées contre l'étouffement, l'usure par les grains de sable et la dent du bétail.

En raison de la faible capacité de rétention des dunes, on a souvent attribué la mauvaise croissance des plants au manque d'eau. Mais les essais ont montré que ce défaut est dû plutôt au manque de nutriments.

C'est pourquoi la teneur en argile de la dune est un élément très important dont on doit tenir compte lorsqu'on envisage des boisements sur dunes.

2 - DU CHOIX DES ESSENCES A UTILISER.

Le choix des espèces à utiliser pour les boisements des dunes sera déterminé en fonction des conditions écologiques et aussi par des considérations pratiques et financières, si bien que l'on pourra opter pour une solution pratique minimum consistant en un petit nombre d'essences rustiques convenant à toutes les conditions du milieu, - sinon, peut être pas idéalement, pour certaines "niches" - de façon à réaliser la fixation biologique sans trop rechercher la production du bois la plus rentable.

2-1- Critère écologique : aptitude au milieu

C'est à priori le critère fondamental. En effet, les résultats acquis par la recherche ont montré que la réussite d'un reboisement, sur n'importe quel milieu, dépend du choix des espèces utilisées, ce choix étant lui-même inéluctablement subordonné à une connaissance parfaite du milieu à planter.

Il va sans dire que les espèces à choisir pour les plantations sur dunes doivent être celles qui sont les mieux adaptées aux conditions du milieu (climat et sol) de la zone à fixer. Outre la répartition, la forme et le volume des précipitations, les facteurs climatiques importants à prendre en considération sont le vent, les extrêmes de température et la résistance à la sécheresse.

Parmi les facteurs édaphiques les plus importants, ceux à considérer sont la fertilité du sable et du substrat, la profondeur des dépôts sableux éoliens et le niveau de la nappe. La réussite des espèces sur dunes est directement liée à ces facteurs.

2-2- Critères physiologique et cultural

Les espèces doivent également être choisies en fonction de leur aptitude à la régénération, de leur reprise à la plantation, de leur vigueur et de la rapidité de leur croissance, de leur aspect physiologique et de la facilité avec laquelle elles pourront être conduites ultérieurement sur le plan sylvicole.

En ce qui concerne la pérennité des espèces (facteur aussi important dont il faut tenir compte pour le choix des espèces), l'avantage des feuillus sur les résineux est indéniable. En effet, la plupart des espèces feuillues se perpétuent, par simple rejet de souche, tandis que la pérennité des espèces résineuses ne pourrait être assurée que par voie sexuée (régénération naturelle par semis). Ceci implique, dans le cas où celle-ci ne se réalise pas, de nouveaux investissements pour la replantation à la fin de chaque rotation.

2-3- Les espèces à utiliser

Comme il apparait dans ce qui a été dit précédemment, il existe très peu d'espèces qui réunissent tous les critères souhaitables en vue de leur utilisation dans le cadre de la fixation biologique des dunes. Aussi, est-il nécessaire de faire appel à un mélange d'espèces pour assurer la structure et l'efficacité nécessaire en vue d'une bonne stabilisation des dunes. Dans la majorité des cas, on aura besoin d'arbres et d'arbustes buissonnants pouvant fournir très tôt une bonne protection contre l'ensablement.

Le tableau suivant donne une liste d'espèces arborées et arbustives les plus communément employées en zones présaharienne et aride.

Tamarix Aphylla

Tamarix Stricta

Prosopis Juliflora

.../...

Calligonum arabicum

Calligonum Commosum

Parkinsonia Articulata

Casuarina Glauca

Rétama Retam

Nitraria Retusa

Aristida Pungens

Lycium Arabicum

Eucalyptus Occidentales

Eucalyptus Nicrothéca

Prosopis Dulcis

Panicum Turgidum

Genista Saharæ.

3 - TECHNIQUE DE PLANTATION.

L'expérience a montré que la meilleure technique de plantation en milieu dunaire dans les zones arides est celle qui consiste à planter profond. En effet, la conjonction d'une couche superficielle, qui se dessèche rapidement, à une humidité permanente en profondeur oblige de recourir à cette technique.

La plantation profonde s'est révélée en effet un moyen efficace de boisement pour stabiliser les dunes, à condition d'être faite en temps opportun et avec des essences à croissance rapide comme le *Tamarix aphylla*.

En principe, à cette profondeur, l'évaporation est relativement peu importante durant les mois chauds qui suivent la plantation. Cette durée est suffisante pour permettre aux plants de se développer normalement.

D'une manière générale, le boisement des dunes ne requiert pas de préparation spéciale du sol, mais il repose, pour sa réussite, sur la qualité des plants utilisés, les conditions de leur transport, de leur mise en place et les soins après plantation.

.../...

3-1- Choix des plants

Le choix des plants aussi bien que les méthodes de plantation doivent être conduits en fonction de la constatation suivante : la mortalité de la plantation est généralement due à la déshydratation par évaporation de la partie aérienne des plants. La dessiccation rapide des feuilles entraîne la remontée d'une partie de l'eau contenue dans les racines, ce qui compromet leurs chances d'émettre des radicelles.

Ce déséquilibre physiologique entraîne rapidement la mort.

Les plants devront donc, au moment de la plantation :

a)-être en période de végétation ralentie,

b)-avoir une partie aérienne résistant bien à l'évaporation, c'est-à-dire une tige aoûtée (lignifiée) et un nombre de feuilles limité, d'où la pratique de "l'habillage" des plants qui consiste à couper les feuilles les parties aériennes vertes et tendres très sensibles au flétrissement.

c)-avoir un système racinaire aussi important et étendu que possible. L'importance du volume de terre est également un élément favorable.

Il y a donc lieu de généraliser la production de plants en polyéthylène ayant au moins 25cm de longueur.

Pour les espèces à croissance rapide, les plants doivent être produits impérativement des plants de l'année.

Les plants qui ont un an ou plus de pépinière sont beaucoup plus développés ; la tige et les feuilles peuvent être rabattues sans danger, mais les racines ont subi des malformations par suite de leur développement dans un volume de terre trop réduit. Ces malformations entraînent souvent la mort de l'arbre au cours de ses premières années.

3-1- Choix des plants

Le choix des plants aussi bien que les méthodes de plantation doivent être conduits en fonction de la constatation suivante : la mortalité de la plantation est généralement due à la déshydratation par évaporation de la partie aérienne des plants. La dessiccation rapide des feuilles entraîne la remontée d'une partie de l'eau contenue dans les racines, ce qui compromet leurs chances d'émettre des radicelles.

Ce déséquilibre physiologique entraîne rapidement la mort.

Les plants devront donc, au moment de la plantation :

- a)-être en période de végétation ralentie,
- b)-avoir une partie aérienne résistant bien à l'évaporation c'est-à-dire une tige aoûtée (lignifiée) et un nombre de feuilles réduit, d'où la pratique de "l'habillage" des plants qui consiste à couper chez les feuilles les parties aériennes vertes et tendres très sensibles au flétrissement.
- c)-avoir un système racinaire aussi important et profond que possible. L'importance du volume de terre est également un élément favorable.

Il y a donc lieu de généraliser la production de plants en sachets de polyéthylène ayant au moins 25cm de longueur.

Pour les espèces à croissance rapide, les plants doivent être impérativement des plants de l'année.

Les plants qui ont un an ou plus de pépinière sont beaucoup trop développés ; la tige et les feuilles peuvent être rabattues sans inconvénient mais les racines ont subi des malformations par suite de leur développement dans un volume de terre trop réduit. Ces malformations entraînent fréquemment la mort de l'arbre au cours de ses premières années.

3-2- Transport des plants

Le transport est une opération qui conditionne le succès ultérieur de la plantation. Aussi, doit-elle être effectuée rapidement et autant que possible par temps humide.

La transplantation, le transport et la réception des plants sont des moments où les végétaux risquent de souffrir, de grandes précautions doivent donc être prises. C'est ainsi que les manipulations des plants doivent être réduites au minimum. Un dispositif de transport et de distribution doit être mis en place de la pépinière jusqu'au lieu de plantation.

A la sortie de la pépinière, les plants doivent être :

- rabattus,

- arrosés copieusement la veille de la transplantation .

Les plants extraits des planches sont ensuite placés dans des caisses de plantation préparées à cet effet.

Au cours du transport des plants, les caisses doivent être chargées et déchargées des remorques ou des plateformes des camions avec le maximum de précautions.

Il est nécessaire d'abriter les plants du vent et du soleil. Le transport de nuit est recommandé.

3-3- Plantation proprement dite

3-3-1- Exécution de la plantation.

Cette phase de la séquence comprend les opérations élémentaires suivantes :

- * enlèvement des sachets,

- * mise en terre des plants,

* tassement autour des plants.

Ces opérations sont effectuées simultanément par la même personne.

-L'enlèvement du sachet est effectué en sectionnant le sachet longitudinalement avec une demi-lame de rasoir.

-La mise en terre des plants comporte l'ouverture à l'aide de quelques coups de pioche, d'un potet et l'introduction du plant, sans brutalité, après l'avoir débarrassé du sachet.

Le plant doit être enterré profondément pour que les racines puissent se trouver plus rapidement dans les horizons profonds qui conservent une certaine humidité pendant la saison sèche.

Il faut laisser dépasser du sol une tige d'autant plus réduite que l'aridité du climat est plus prononcée.

3-3-2- Quelques règles à observer pour l'exécution des plantations.

La réussite d'une plantation dépend exclusivement du soin avec lequel elle a été préparée puis effectuée. Aussi, est-il bon d'avoir toujours présents à l'esprit un certain nombre de préceptes ou plutôt de "recettes pratiques" consacrées par l'expérience.

-planter par temps couvert, humide et même sous pluie fine si c'est possible, mais jamais par temps sec, ventilé ou trop ensoleillé ;

-n'employer pour la mise en terre que des ouvriers spécialisés dans ce domaine ;

-n'en jamais confier la surveillance à des débutants non expérimentés ;

-ne pas demander une trop grande rapidité aux ouvriers, car elle ne peut être réalisée qu'au détriment de la qualité du travail.

4 - LES BANDES FORESTIERES ET LA LUTTE CONTRE L'ENSABLEMENT

Les brise-vent, les rideaux-abris et les bandes forestières en général jouent un rôle déterminant dans le contrôle de l'érosion éolienne et la lutte contre l'ensablement.

Il a été mentionné dans le premier chapitre le rôle prépondérant joué par le vent dans le processus de l'érosion éolienne et la formation des dunes.

En effet, c'est sous l'action du vent que le déplacement, par saltation, réptation ou suspension, du sable va former des dunes en fonction des obstacles rencontrés et de la topographie.

Pour réduire cette érosion, il faut tout d'abord réduire le phénomène de saltation et pour cela deux moyens peuvent être envisagés : soit stabiliser le sol, soit réduire le gradient de vitesse du vent au voisinage de la surface du sol. Il faut également limiter le phénomène d'avalanches en réduisant la largeur des bandes de terrain sensibles à l'érosion (cf protection contre l'ensablement au moyen de bandes de végétation naturelles!).

Cet objectif peut être atteint par la création d'un réseau de bandes forestières implantées perpendiculairement à la direction du vent dominant qui aura pour objet principal de lutter contre le transport éolien du sable.

L'analyse des mécanismes de l'érosion éolienne nous a permis de constater que la majorité des particules transportées par le vent se déplacent très près de la surface du sol sur une hauteur qui ne dépasse pas 1 mètre. Aussi, pour lutter efficacement contre l'érosion éolienne, il n'est pas nécessaire d'utiliser des bandes forestière de grande hauteur. En outre, pour limiter les phénomènes d'avalanche, il faut réduire la distance que parcourt le vent entre deux obstacles. Ainsi, pour fixer le sable

et l'empêcher de se déplacer, il suffit d'installer des bandes basses et rapprochées.

Dans les zones sablonneuses, ou sur le front des dunes mouvantes, la première rangée au vent sera composée d'arbres à couronne basse ou d'arbustes comme *Parkinsonia Aculeata*, *Prosopis Juliflora*, *Acacia ssp* pour fournir très tôt une bonne protection. Leur frondaison serrée stoppe le transport éolien des fines particules de sable.

II CHAPITRE IV -

QUELQUES RECOMMANDATIONS POUR L'AMENAGEMENT

ET LA GESTION DES PLANTATIONS EN MILIEU

DUNAIRE -

- C H A P I T R E I V -

QUELQUES RECOMMANDATIONS POUR L'AMÉNAGEMENT
ET LA GESTION DES PLANTATIONS EN MILIEU

DUNAIRE -

Les différentes actions à entreprendre dans le cadre de l'aménagement et de la gestion des plantations sur dunes ont pour but de créer des conditions favorables pour le développement des boisements en vue de leur permettre de jouer pleinement leur rôle de fixation et de stabilisation des dunes.

1 - LES MESURES CONSERVATOIRES A PRENDRE DANS LA CADRE DE LA MISE EN OEUVRE
D'UN PROGRAMME DE FIXATION DE DUNES.

Si l'on est acculé à demeurer dans une attitude défensive pour lutter contre les sables originaires des grands Ergs, source de sable inépuisable, on peut néanmoins agir sur les autres causes de l'ensablement qui ronge progressivement le potentiel économique du Sud Tunisien ..

On a vu précédemment que ces causes sont principalement : la pratique des cultures mécanisées, l'éradication de la végétation pour le combustible et le surpâturage.

Or, tout programme de fixation des sables n'aura pas l'impact désiré si d'autres actions ne sont pas réalisées parallèlement sur la majeure partie de la région.

Ces actions sont destinées à juguler le mal à la source et l'empêcher de prendre naissance. Elles sont essentiellement d'ordre social et juridique.

.../...

1-1- Les actions d'ordre social

Les mesures proposées sont de deux natures : les unes sont plutôt restrictives, les autres sont destinées à faire participer les citoyens concernés à l'effort nécessaire pour la lutte contre l'ensablement.

Ainsi, il est proposé :

- d'arrêter impérativement toute exploitation du couvert végétal sur toute l'étendue des périmètres soumis à une érosion éolienne,
- de limiter strictement l'utilisation domestique de la végétation ligneuse,
- d'interdire tout parcours de tout bétail dans les zones traitées et aux environs immédiats des zones menacées pour éviter tout nouveau mouvement de sable,
- localiser les cultures vivrières dans les zones où la mise à nu périodique du sol n'entraînerait pas une érosion éolienne importante. On évitera surtout de recourir aux cultures mécanisées qui favorisent considérablement la formation des dunes.
- diminuer la charge actuelle en animaux sur certaines zones, notamment autour des villages et mettre en défens les cantons surpâturés et dont le potentiel végétal possède encore une dynamique suffisante pour que la régénération soit possible en particulier les zones sableuses.

1-2- Mesure d'ordre juridique

Toutes les zones dunaires qui seront traitées en vue de lutter contre l'envahissement par les sables doivent être déclarées d'utilité publique.

Par ailleurs, la plupart des mesures proposées, notamment celles qui auraient un caractère restrictif devraient faire l'objet de textes réglementaires ou législatifs.

2 - ENTRETIEN ET IRRIGATION DES PLANTATIONS.

L'entretien des plantations est la phase finale de la série des opérations qui commencent avec la préparation du sol et qui se terminent par la création d'un boisement qui assure la stabilisation définitive des dunes.

L'entretien est nécessaire si l'on veut obtenir une croissance normale et, dans bien des cas, si l'on veut assurer la survie même des plants.

Cette phase comprend les opérations élémentaires suivantes :

- les regarnis,
- les façons culturales,
- l'irrigation,
- la protection des plantations contre l'action de l'homme et de ses animaux.

2-1- Les regarnis.

C'est une opération qui consiste à remplacer des plants morts après la plantation. Ces regarnis sont effectués un an après la transplantation.

L'opportunité des regarnis dépend du pourcentage des plants à remplacer et de la répartition des manquants sur les surfaces plantées.

Il est inutile, par exemple, de prévoir des regarnis quand le pourcentage des manquants est inférieur ou égal à 10% .

2-2- Les façons culturales.

Les façons culturales sont des opérations qui visent à détruire les plantes herbacées adventices susceptibles de disputer aux arbres l'humidité et à empêcher qu'elles ne leur fassent de l'ombre ou ne les étouffent.

2-3- Irrigation.

Les irrigations ont pour objet d'aider les arbres dans la période capitale de leur plantation où ils n'ont pas encore développé suffisamment leur système racinaire pour aller puiser l'humidité naturelle au fond de la dune.

L'irrigation sur les sols sableux profonds doit se faire par arrosages peu fréquents, mais abondants de manière à humidifier en profondeur, plutôt qu'en application légères et répétées. Cela est particulièrement vrai pour les plantations profondes. Des arrosages inférieurs à 10 litres par plant n'humidifieront souvent que les quarante premiers centimètres du sol et s'évaporeront rapidement, tandis que l'on peut considérer 20 litres comme un maximum - Après l'irrigation, on aura avantage à recouvrir la surface de sable sec.

2-4- Protection des plantations contre l'action de l'homme et des animaux.

Les jeunes arbres sont fréquemment mutilés par l'action inconsiderée et inconsciente de l'homme, le gardiennage doit donc être renforcé.

Le bétail exerce aussi sur les plantations une action destructive. Les jeunes plants subissent de ce fait une espèce de taille d'autant plus répétée que le bétail est plus nombreux.

En conséquence, une protection contre les dégâts d'animaux est absolument essentielle et il faut impérativement veiller à la mise en défense rigoureuse contre le pacage et le broutage ainsi qu'à la protection contre les coupes clandestines.

- Contrôle des travaux :

Il est indispensable de suivre de très près l'exécution des tra-

.../...

vaux de fixation et de stabilisation des dunes et les dépenses effectuées, pour connaître leur prix de revient et leur rentabilité.

Le contrôle est facilité par l'emploi de deux types de fiches :

a)- Fiches mensuelles tenues par les Chefs de Chantiers sous la responsabilité direct de l'Agent Technique. Outre les feuilles de journées qui servent à la paye des ouvriers, Le Chef de chantier doit remplir une fiche dite des travaux établie sur le même principe que la feuille de journée (voir annexe I)

- Dans la colonne (1) on indique le site traité .

- Dans la colonne (2) on distingue pour chaque site les différents travaux effectués (nbre Km de dunes artificielles créées, surface fixée et plantée). On porte également les travaux divers ; pistes, clôtures, ainsi que les journées des caporaux, gardiens etc...

- Dans la colonne (3) on vise chaque jour dans la colonne correspondante le nombre de journées d'ouvriers utilisées pour chacune des catégories de travaux détaillées dans la colonne (2).

- La colonne (4) permet de récapituler en fin de mois le nombre de journées utilisées pour chacun des travaux ; ce chiffre est converti en argent dans la colonne (5).

- Dans la colonne (6) on porte le métré des travaux et éventuellement la qualité du travail.

b)- Fiches des sites traités (annexe II)

Chaque site doit avoir au Cantonnement et au siège du projet, une fiche qui est complétée chaque année en fin d'exercice à partir des fiches mensuelles.

- Dans la colonne (1) on porte le mois où le travail a été effectué,

- Les colonnes (2) à (6) sont remplies d'après les indications des fiches mensuelles. La main d'oeuvre est comptabilisée en journées de

travail, seul élément de comparaison.

- Dans la colonne (7), on porte le quotient de la dépense totale par le mètre. Les chiffres obtenus permettent de préciser le prix de revient et de contrôler la bonne marche des chantiers.

Les fiches de sites sont des pièces capitales pour les archives d'un cantonnement. Elles retracent l'historique chiffré des travaux de fixation et de boisement des dunes. Elles donnent donc des renseignements précieux qui permettent, en fonction des résultats obtenus, de comparer les différentes méthodes aux points de vue technique et économique.

L'utilisation de ces fiches permettra aussi de déterminer les prix de revient réels des travaux de fixation et de boisement dans les différents milieux et avec les différentes techniques utilisées.

// CHAPITRE V -

ETAPES PROPOSEES POUR L'ETABLISSEMENT

D'UN PLAN D'ACTION EN MILIEU DUNAIRE -

- C H A P I T R E V -

ETAPES PROPOSEES POUR L'ETABLISSEMENT
D'UN PLAN D'ACTION EN MILIEU DUNAIRE.

Les directives suivantes sont à prendre en considération lorsqu'on est amené à établir un plan d'action pour combattre l'ensablement :

- Elaboration d'un schéma directeur de lutte contre l'ensablement de l'ensemble des zones concernées par ce phénomène (prospection et reconnaissance généralisée des zones affectées par l'ensablement, inventaire des sites à protéger, qualification du phénomène).

- Planification et programmation des interventions.

- Mise en exécution des travaux en association avec les autorités locales et en assurant la participation maximum et active des populations les plus concernées de manière à lever la méfiance facilement suscitée par le corps forestier en raison du rôle qu'il est appelé à jouer dans la repression des délits.

- Renforcement des moyens de lutte contre l'ensablement en assurant:

- * la présence d'un personnel forestier spécialisé et efficace coopérant et intégrant les actions du service forestier dans les programmes des autres départements concernés,

- * la formation du personnel spécialisé par l'organisation de séances spéciales (stages, journées d'information, séminaires etc ...)

- * La vulgarisation et la sensibilisation des masses populaires aux problèmes de lutte contre l'ensablement.

// H A P I T R E V I -

IMPACT DES TRAVAUX DE LUTTE CONTRE
L'ENSABLEMENT SUR LES CONDITIONS SOCIO-ECONOMIQUES
ET L'ENVIRONNEMENT -

-- C H A P I T R E V I --

IMPACT DES TRAVAUX DE LUTTE CONTRE L'ENSABLEMENT
SUR LES CONDITIONS SOCIO-ECONOMIQUES ET L'ENVIRONNEMENT

Certes, les opérations de fixation et de reboisement des dunes jouent un rôle important dans la conservation de l'équilibre naturel, l'amélioration des conditions de vie des populations, et d'une façon générale, dans le développement socio-économique des régions considérées.

1 - IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET CONTRIBUTION A LA PRODUCTION VIVRIERE.

Dans le Sud Tunisien , le manque d'eau, l'instabilité et la fragilité des sols et les conditions climatiques défavorables sont les principaux obstacles pour améliorer la productivité des terres arides. La mesure dans laquelle les boisements peuvent contribuer à les éliminer est désormais mieux comprise et plus largement reconnue, notamment en ce qui concerne le rôle des arbres et des boisements dans l'amélioration du microclimat et de la conservation des ressources en eau et en sol nécessaires à la production vivrière.

L'installation des bandes boisées accroît sensiblement les rendements des cultures dans les " oasis ". En effet, des recherches effectuées dans ce domaine ont montré que l'emploi des arbres sous forme de rideau abris peuvent augmenter sensiblement les rendements des cultures de 10 à 20% selon les conditions climatiques et la culture. D'autre part on a constaté, pour certaines cultures, non seulement une augmentation en quantité, mais aussi en qualité.

Par ailleurs, l'effet est d'autant plus important que les conditions naturelles deviennent plus rigoureuses.

.../...

--- C H A P I T R E VI ---

IMPACT DES TRAVAUX DE LUTTE CONTRE L'ENSABLEMENT
SUR LES CONDITIONS SOCIO-ECONOMIQUES ET L'ENVIRONNEMENT

Certes, les opérations de fixation et de reboisement des dunes jouent un rôle important dans la conservation de l'équilibre naturel, l'amélioration des conditions de vie des populations, et d'une façon générale, dans le développement socio-économique des régions considérées.

1 - IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET CONTRIBUTION A LA PRODUCTION VIVRIERE.

Dans le Sud Tunisien , le manque d'eau, l'instabilité et la fragilité des sols et les conditions climatiques défavorables sont les principaux obstacles pour améliorer la productivité des terres arides. La mesure dans laquelle les boisements peuvent contribuer à les éliminer est désormais mieux comprise et plus largement reconnue, notamment en ce qui concerne le rôle des arbres et des boisements dans l'amélioration du microclimat et de la conservation des ressources en eau et en sol nécessaires à la production vivrière.

L'installation des bandes boisées accroît sensiblement les rendements des cultures dans les " oasis ". En effet, des recherches effectuées dans ce domaine ont montré que l'emploi des arbres sous forme de rideau abris peuvent augmenter sensiblement les rendements des cultures de 10 à 20% selon les conditions climatiques et la culture. D'autre part on a constaté, pour certaines cultures, non seulement une augmentation en quantité, mais aussi en qualité.

Par ailleurs, l'effet est d'autant plus important que les conditions naturelles deviennent plus rigoureuses.

.../...

La production animale peut aussi être accrue par la création de bosquets dans les environnements excessivement chauds, tel est le cas de la Tunisie présaharienne.

Les boisements sur dunes, notamment dans les milieux extrêmement arides, contribuent également à l'amélioration des écosystèmes et ce par le changement et l'amélioration du microclimat. La couche superficielle des sables devient de plus en plus fertile et acquiert plus de matières organiques, et de ce fait, l'équilibre du milieu naturel progresse vers l'amélioration.

Les boisements des dunes constituent en outre un élément important de la stratégie adoptée pour combattre la désertification et assurer la protection des cultures, des agglomérations et des infrastructures économiques contre l'avance inexorable du désert.

2 - IMPACT SUR LES PLANS ECONOMIQUE ET SOCIAL.

Toute la région du Sud Tunisien est déficitaire en bois. Les boisements à créer sur dunes pourront alors être plus tard une source de combustible et de bois de service nécessaires aux populations locales.

Mais le rôle premier de ces plantations, notamment dans les zones arides, lorsqu'elles sont, bien sûr, rationnellement gérées, est peut être leur contribution à l'économie pastorale et plus précisément à l'alimentation animale, en particulier durant les périodes de sécheresse où la végétation herbacée disparaît.

- Enfin, la mise en oeuvre des programmes de lutte contre l'ensablement permettra de remédier au chômage et au sous-emploi en milieu rural.

La production animale peut aussi être accrue par la création de bosquets dans les environnements excessivement chauds, tel est le cas de la Tunisie présaharienne.

Les boisements sur dunes, notamment dans les milieux extrêmement arides, contribuent également à l'amélioration des écosystèmes et ce par le changement et l'amélioration du microclimat. La couche superficielle des sables devient de plus en plus fertile et acquiert plus de matières organiques, et de ce fait, l'équilibre du milieu naturel progresse vers l'amélioration.

Les boisements des dunes constituent en outre un élément important de la stratégie adoptée pour combattre la désertification et assurer la protection des cultures, des agglomérations et des infrastructures économiques contre l'avance inexorable du désert.

2 - IMPACT SUR LES PLANS ECONOMIQUE ET SOCIAL.

Toute la région du Sud Tunisien est déficitaire en bois. Les boisements à créer sur dunes pourront alors être plus tard une source de combustible et de bois de service nécessaires aux populations locales.

Mais le rôle premier de ces plantations, notamment dans les zones arides, lorsqu'elles sont, bien sûr, rationnellement gérées, est peut être leur contribution à l'économie pastorale et plus précisément à l'alimentation animale, en particulier durant les périodes de sécheresse où la végétation herbacée disparaît.

- Enfin, la mise en oeuvre des programmes de lutte contre l'ensablement permettra de remédier au chômage et au sous-emploi en milieu rural.

- //ES /T- NNEXES -

313

3
6
1

1111

FICHE MENSUELLE DES TRAVAUX.

A.....le.....

V_L et Vérifié

/ C :f du Cantonnement

A.....te.....

Le Chef des Travaux.

Cantonnement de
Pépi ni è re de
Mo is de 19.....

REPUBLIQUE DU TCHAD

MINISTERE DU TOURISME

ET DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES EAUX, FORETS,

CHASSE ET LA LUTTE CONTRE

LA DESERTIFICATION -

Site de

Périmètre de

Superficie

/I/- N N E X E II -

FICHE DE SITE .

Mois et année (1)	Nature des travaux (2)	Métré (3)	Unités de la journée d'ouvrier (4)	Dépense (5)	Prix de revient unitaire (6)	Observations (7)

- ИСХЕМАВ -

MECANISMES DE L'EROSION EOLIENNE

(Mise en mouvement des particules)

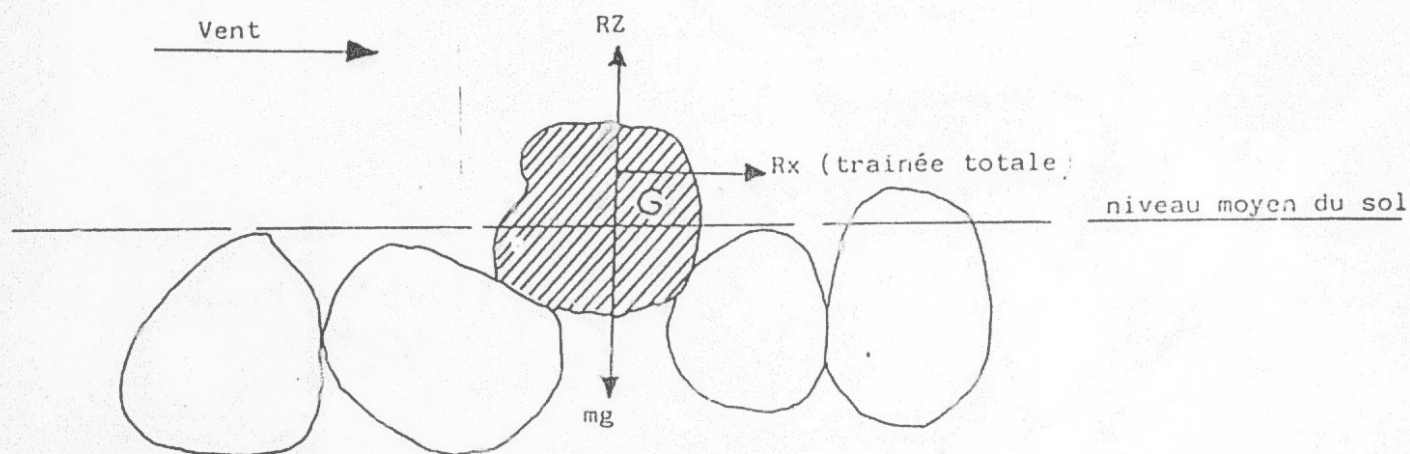
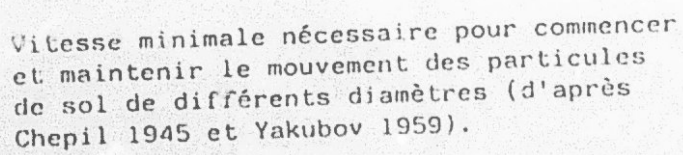


Schéma représentant les différentes forces auxquelles
une particule de sol est soumise

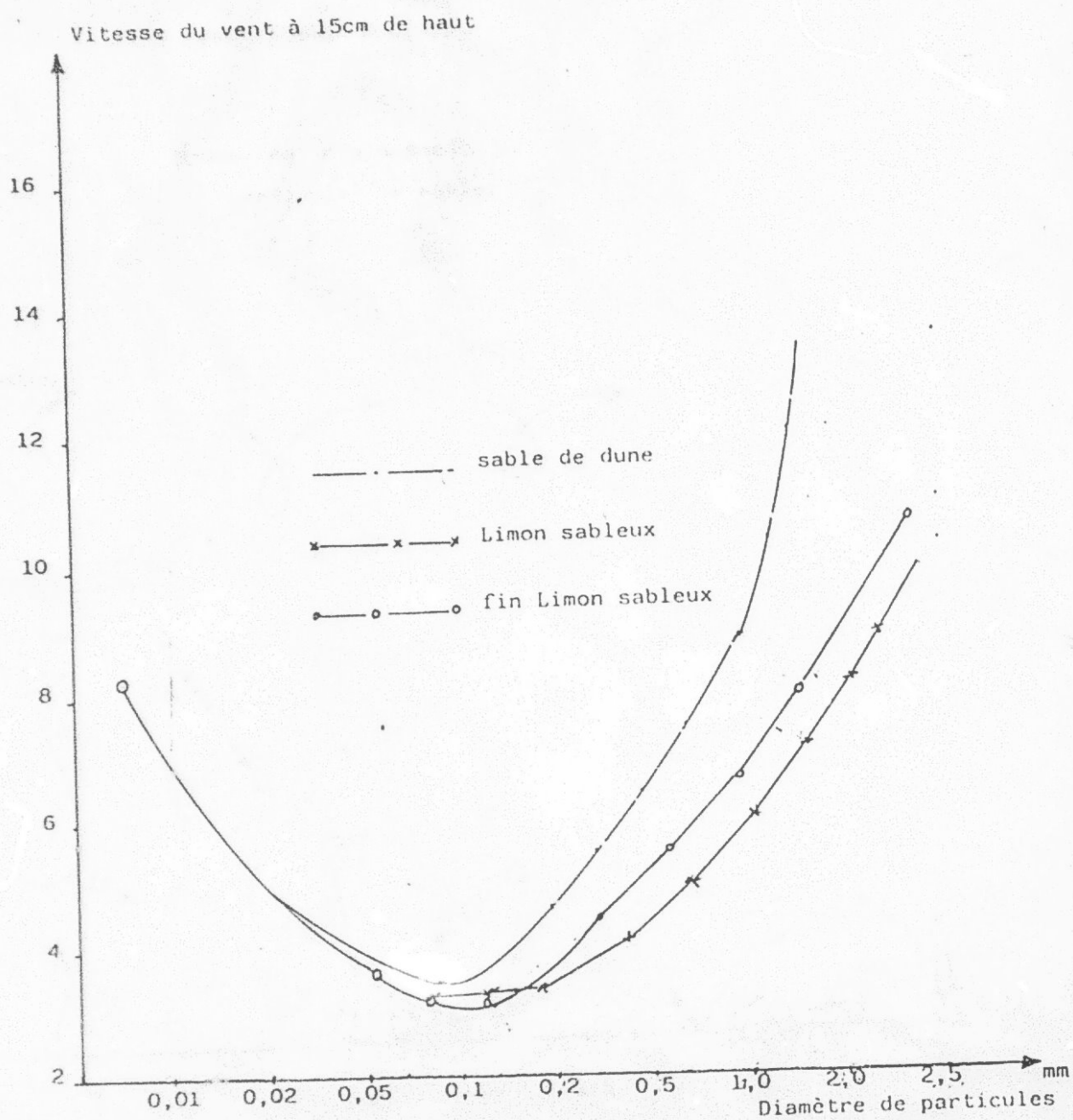
0000 0000 0000 0000 0000

Vitesse du vent à 15cm de haut



MECANISMES DE L'EROSION EOLIENNE

Mise en mouvement des particules

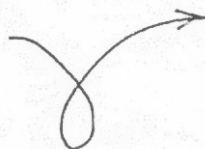
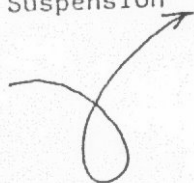


Vitesse minimale nécessaire pour commencer et maintenir le mouvement des particules de sol de différents diamètres (d'après Chepil 1945 et Yakubov 1959).

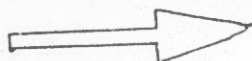
MECANISMES EOLIENS

Modes de déplacement de
particules de sable.

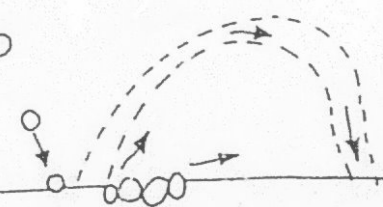
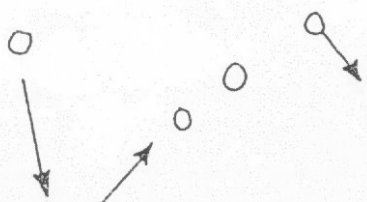
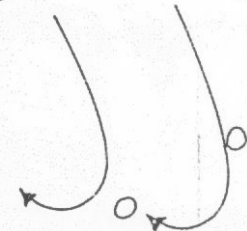
Suspension



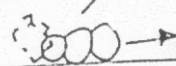
Direction du vent



Saltation



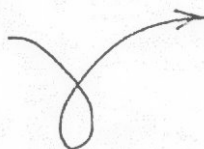
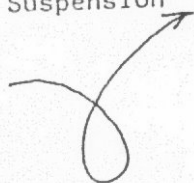
Reptation en surface



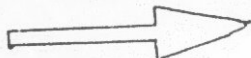
MECANISMES EOLIENS

Modes de déplacement de
particules de sable.

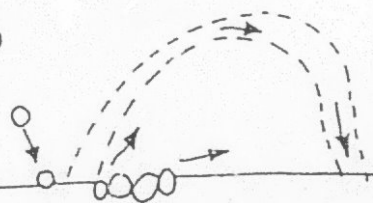
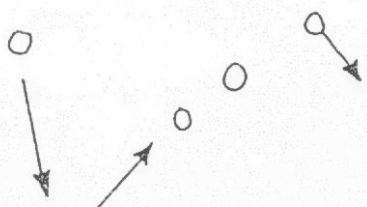
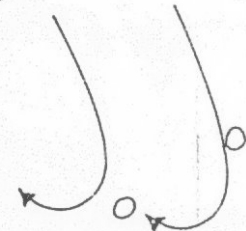
Suspension



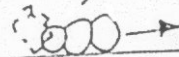
Direction du vent



Saltation → ○



Reptation en surface

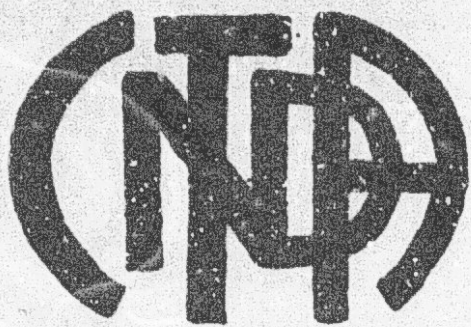




SUITE EN

F

2



MICROFICHE N°

0664

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

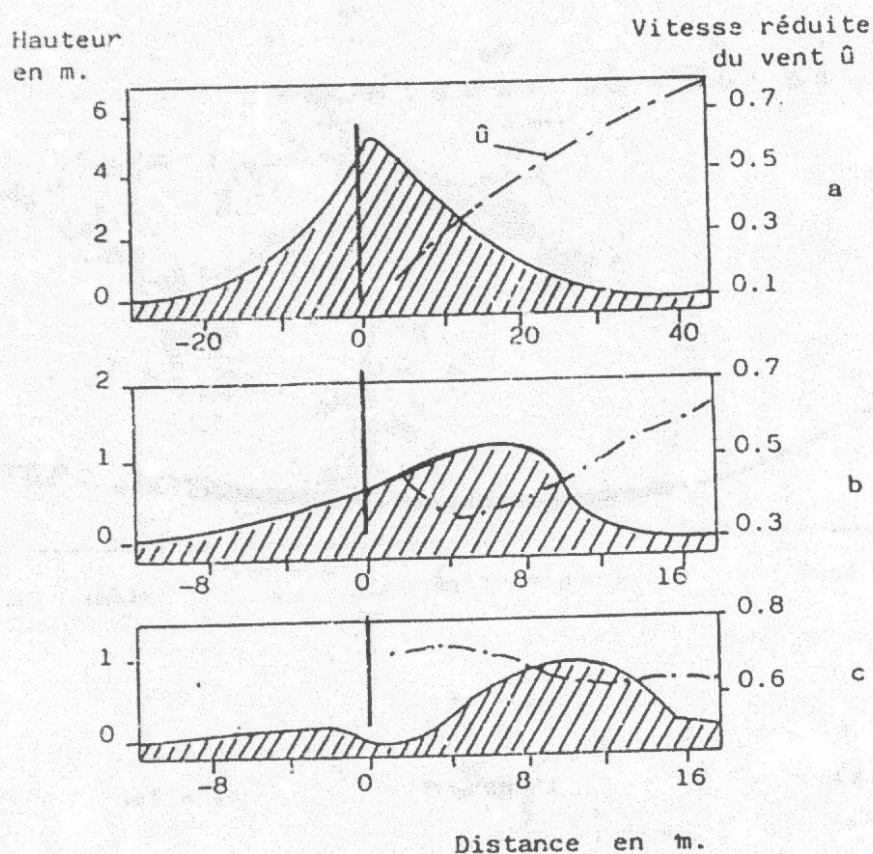
المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F



MECANISMES EOLIENS

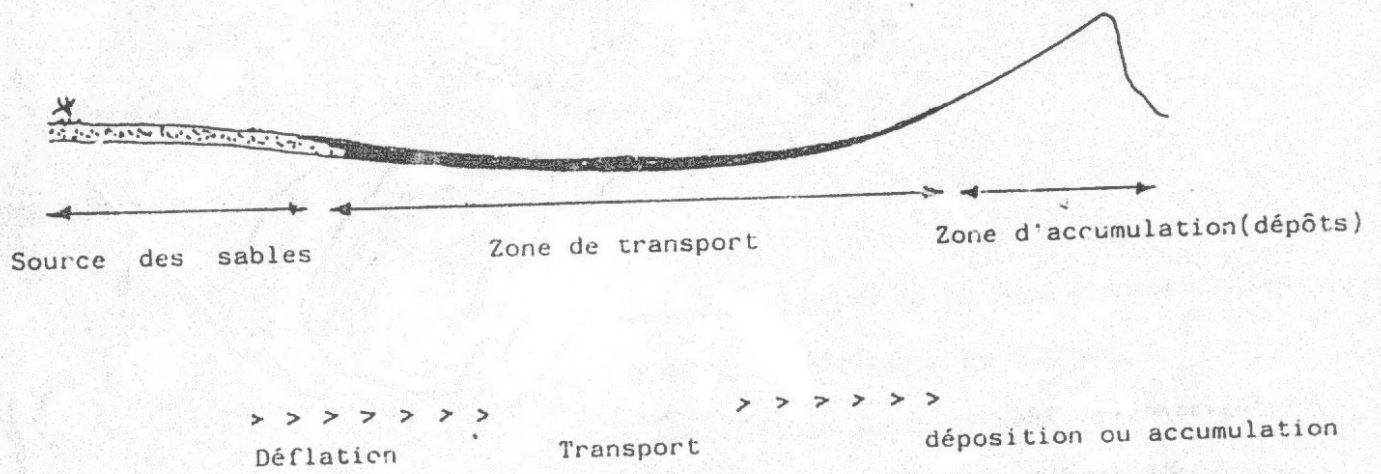
Effets des brise-vent sur les dépôts de particules



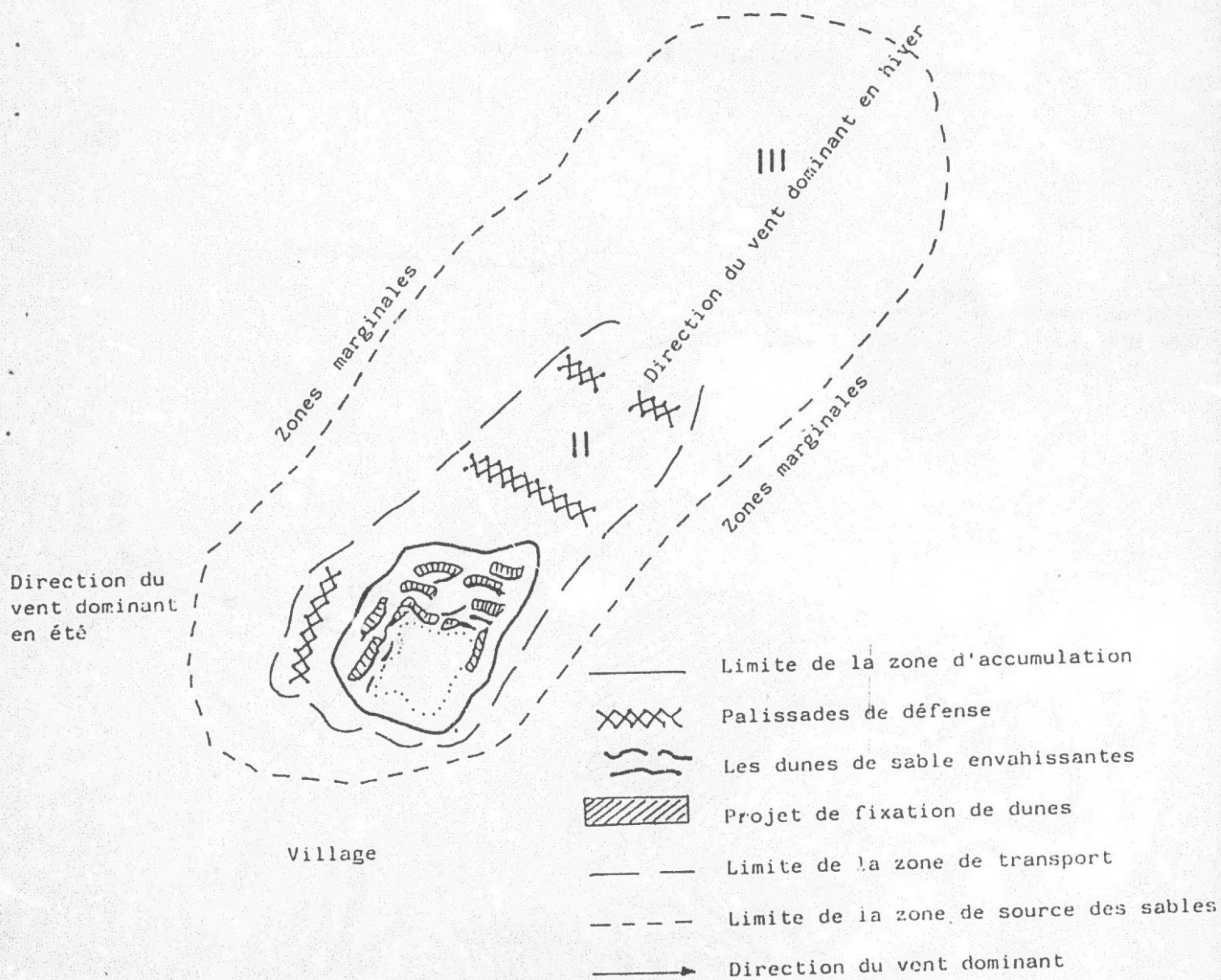
-Vitesse relative du vent et accumulation de sable près de différentes barrières.

- a - Barrière impénétrable, 7ans après son érection.
Vitesse du vent mesuré à 1.4m du sol.
- b - Barrière perméable, 2 ans après son érection.
Vitesse du vent mesuré à 37.5 cm du sol.
- c - Barrière décollée du sol, 5mois $\frac{1}{2}$ après son érection.
Vitesse du vent mesuré à 45 cm du sol (d'après Kaiser 1959).

DYNAMIQUE DES DUNES



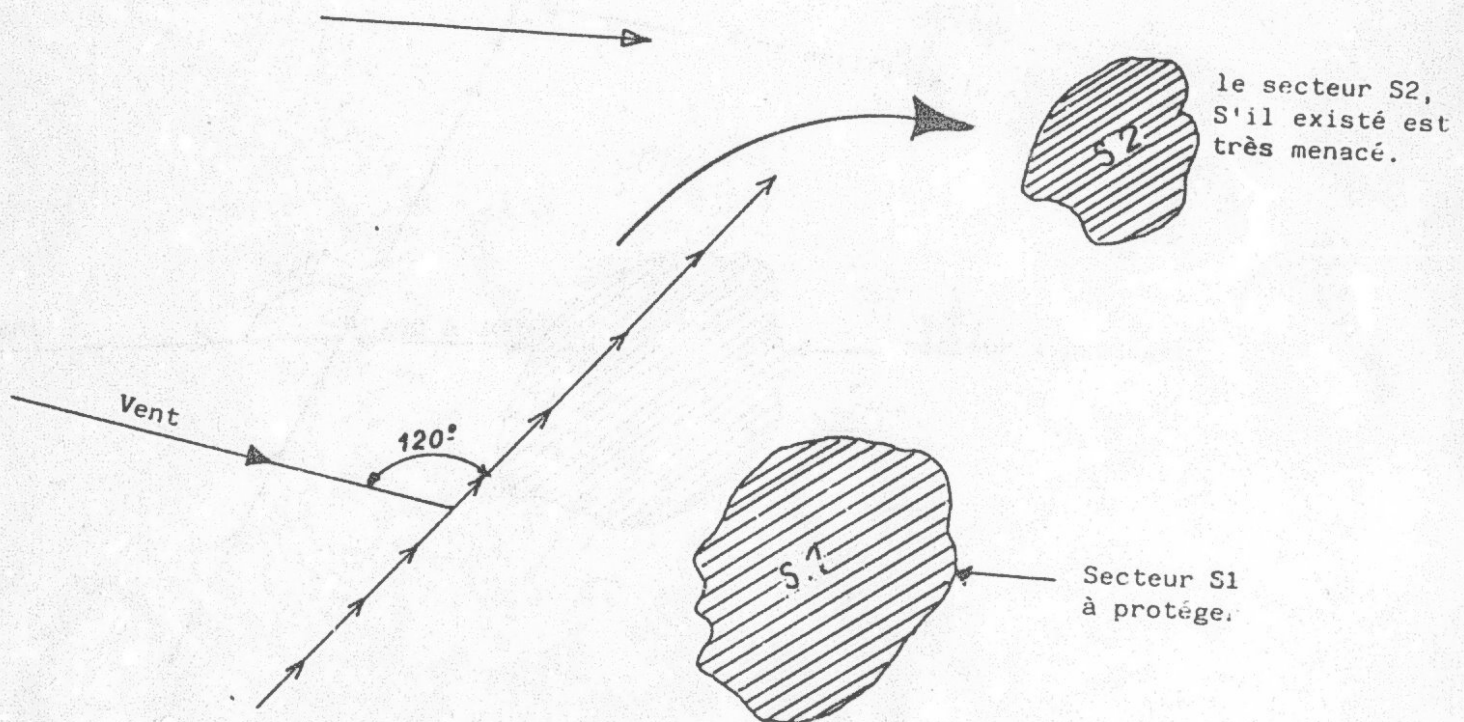
Dynamique des dunes



Schema des trois principales zones à prendre en considération dans le cadre de la planification des Projets de fixation des dunes.

FIXATION DES DUNES

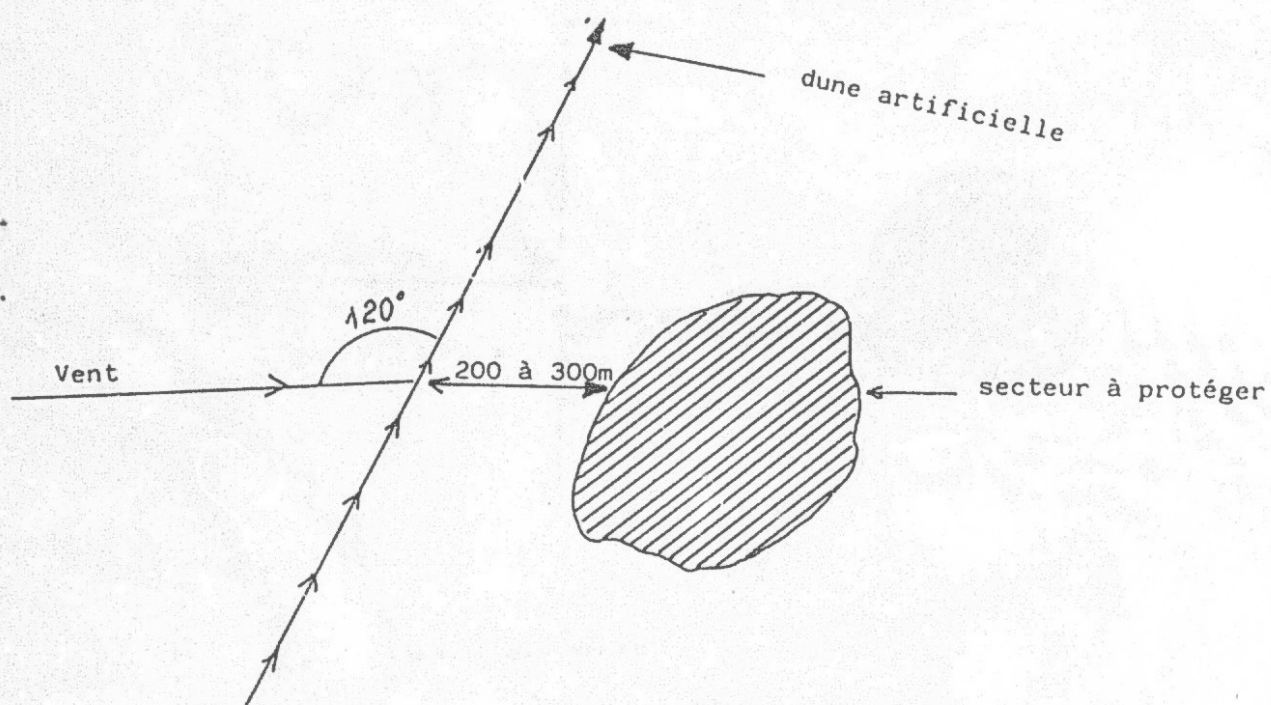
Implantation et orientation des dunes.



Inconvénient de la dune "en défilement."

FIXATION DES DUNES

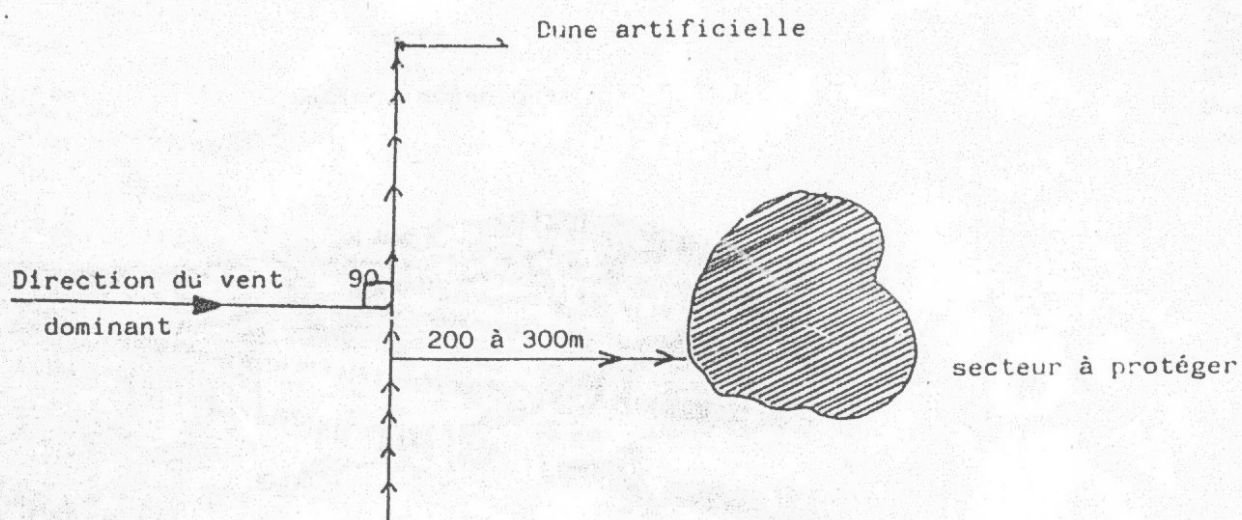
Implantation et orientation des dunes.



Dune en "défilement"

FIXATION DES DUNES

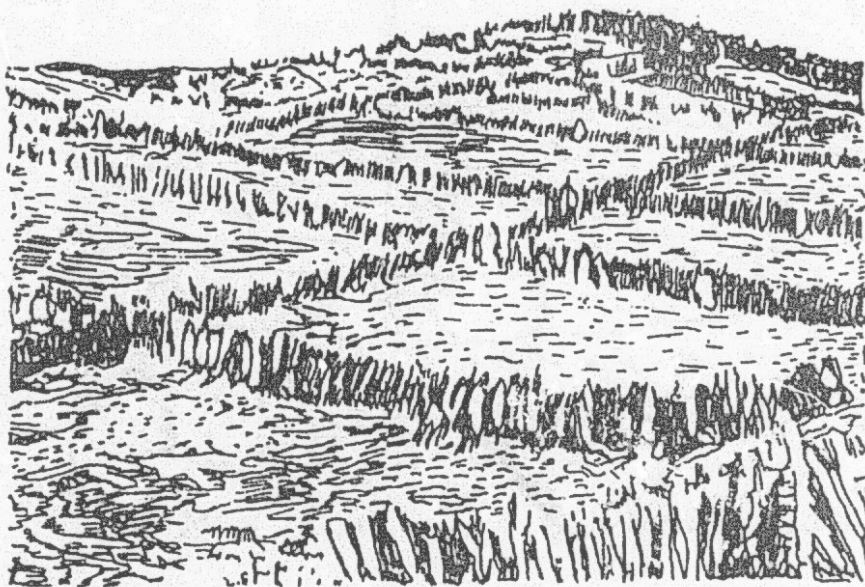
Implantation et orientation des dunes artificielles



Dune en arrêt.

PROCEDES DE FIXATION DES DUNES

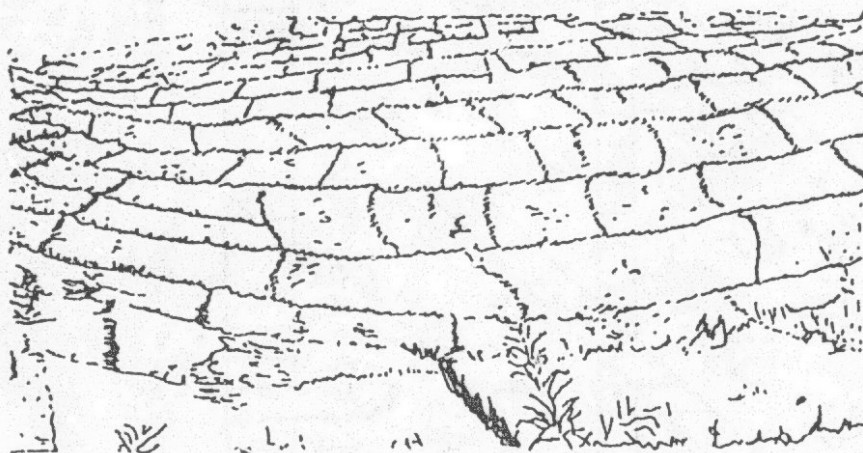
Fixation mécanique



Quadrillage avec des palissades en palmes
de 0,50 m de hauteur.

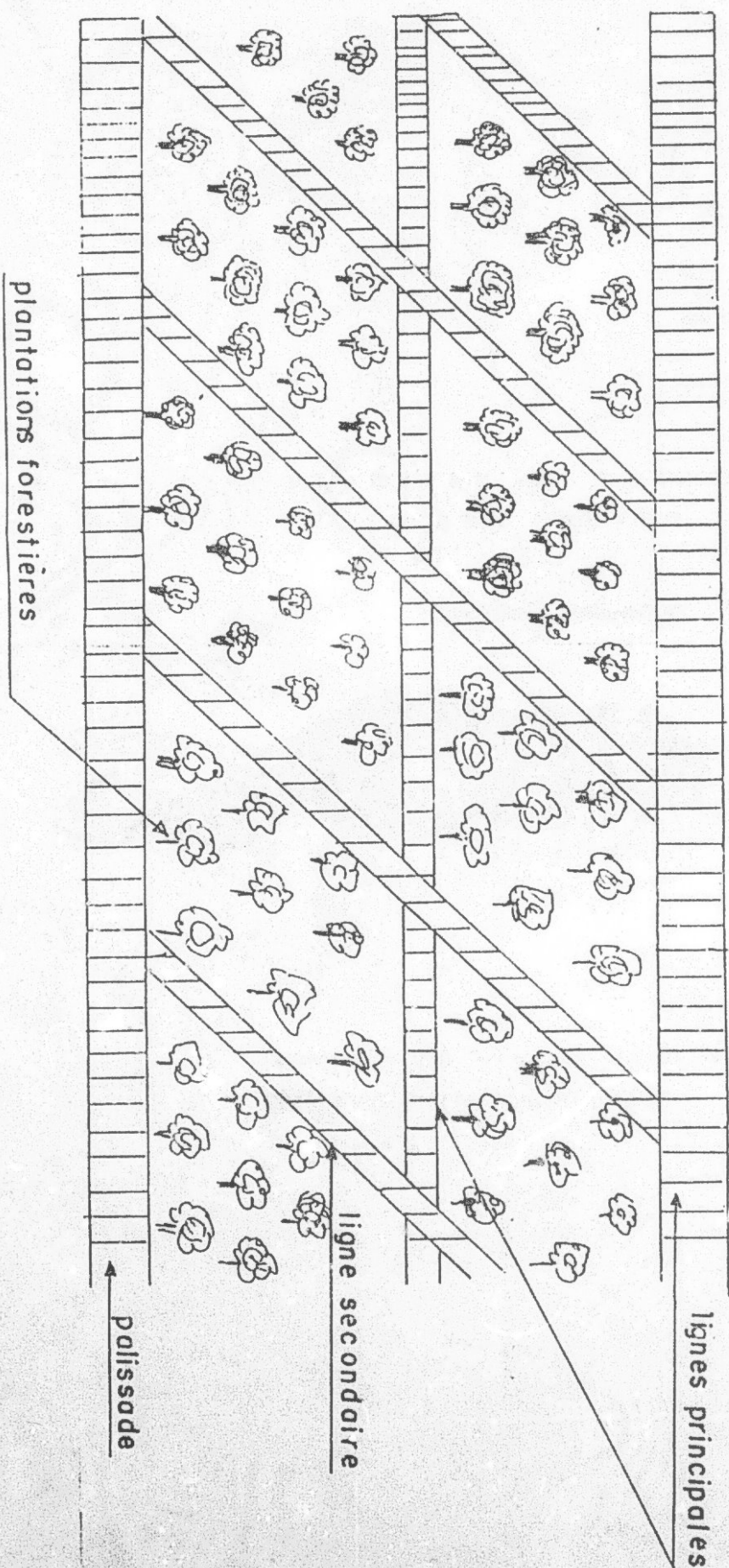
PROCEDES DE FIXATION DES DUNES

Fixation mécanique



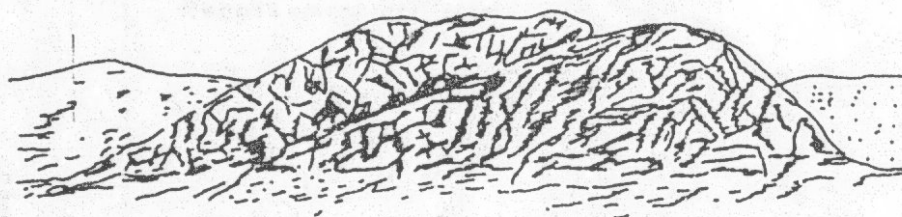
Fixation par établissement de réseau de brise-vent sec

PROCEDES DE FIXATION DES DUNES
RESEAU DE QUADRILLAGE EN PALMES AVEC PLANTATION



PROCEDES DE FIXATION
DES DUNES

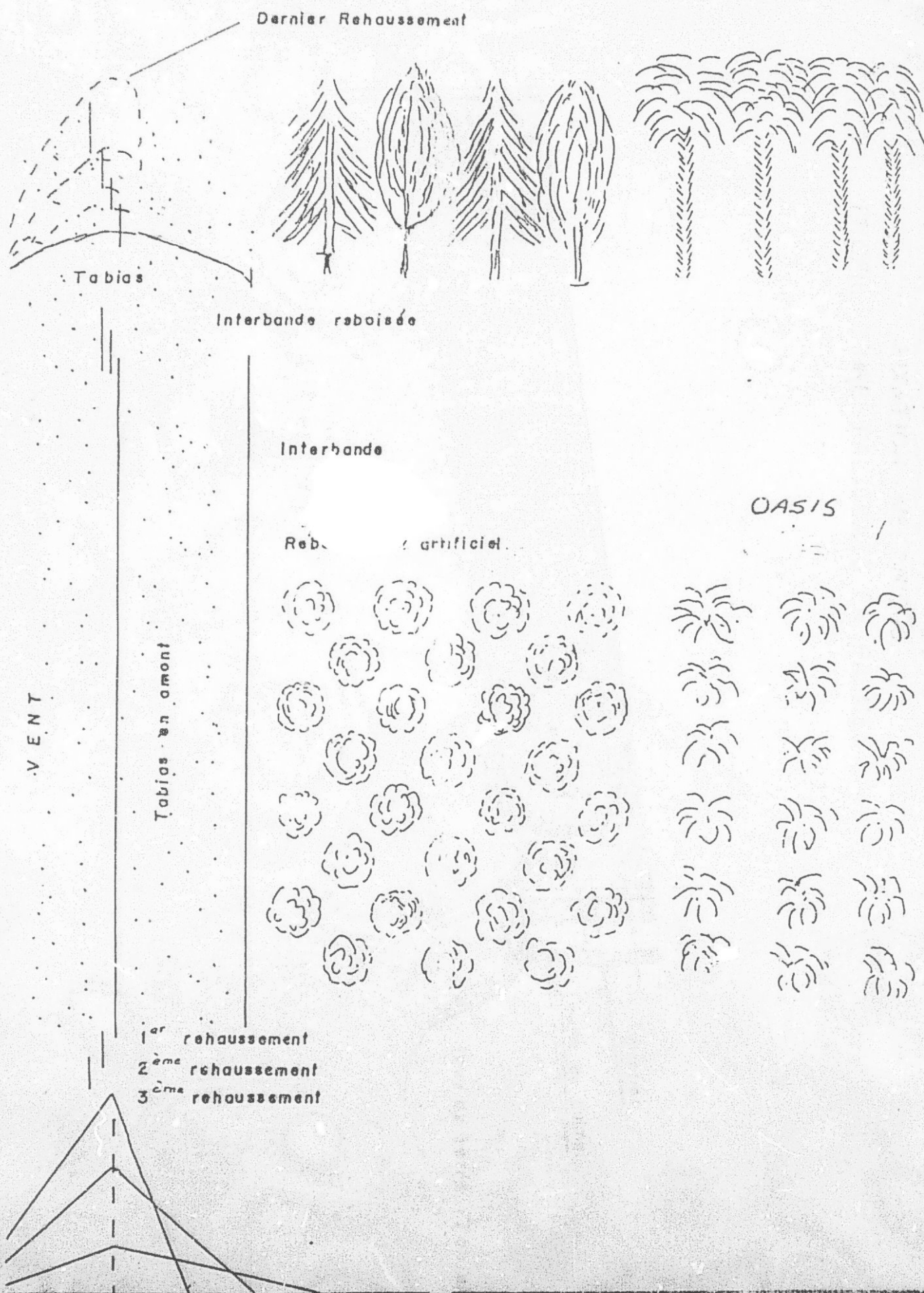
FIXATION MECANIQUE -
--



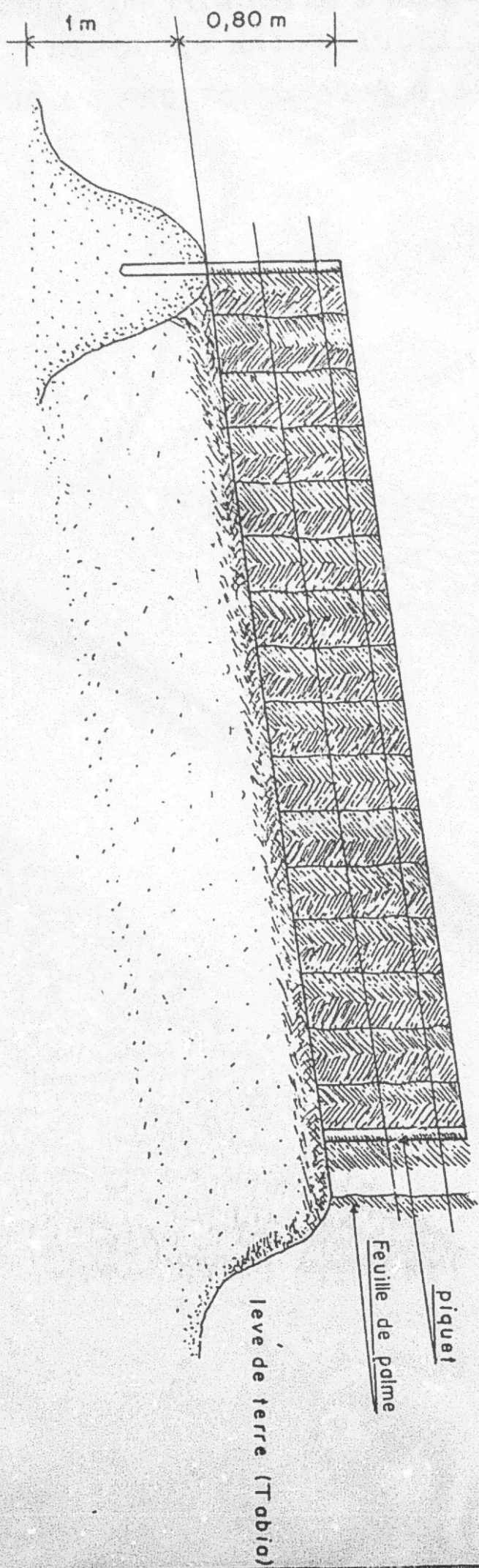
Couverture des dunes par des matières
végétales inertes (branchages).

PROCEDES DE FIXATION DES DUNES CREATION DE DUNES ARTIFICIELLES

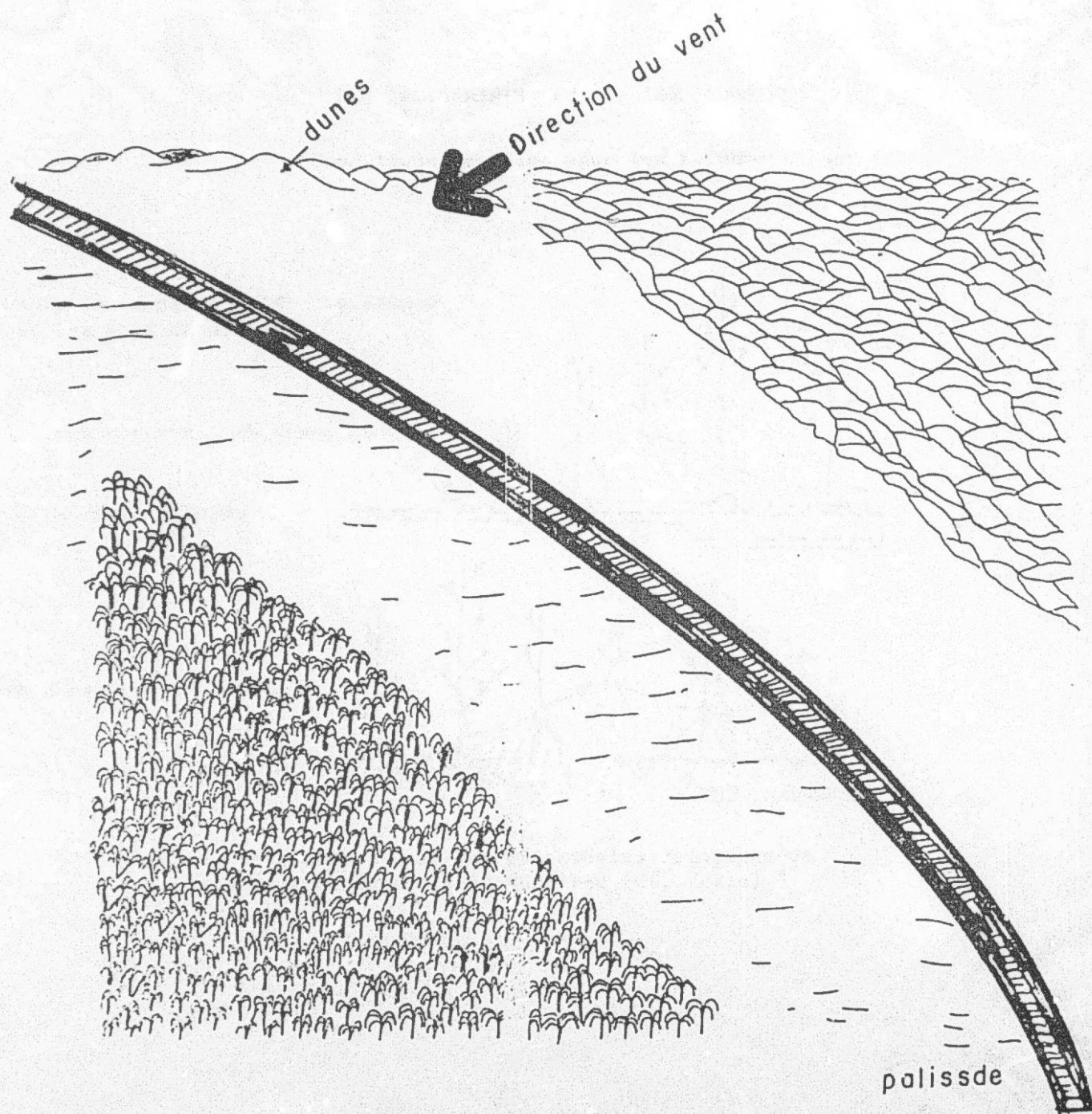
PROFIL APRES PLUSIEURS REHAUSSEMENTS



PROCEDES DE FIXATION DES DUNES
FIXATION . MECANIQUE
PROFIL D'UNE PALISSADE EN PALMES



PROCEDES DE FIXATION DES DUNES
CREATION DE DUNES ARTIFICIELLES
POUR LA PROTECTION D'UNE OASIS



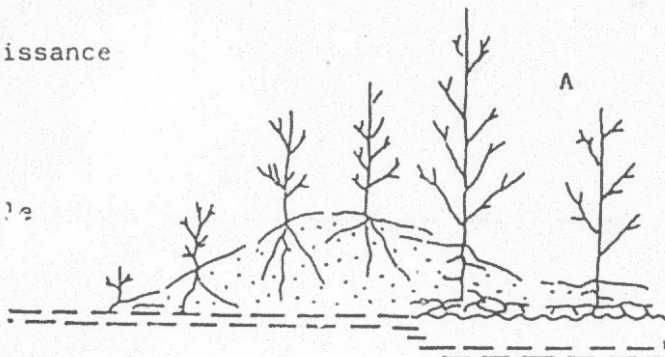
LES BOISEMENTS EN MILIEU DUNAIRE

Conditions requises pour les boisements des dunes

Exemples de relation de croissance
sur les sols dunaires

Sable riche, 2% d'argile

Horizon étanche



Sable pauvre, 1% d'argile

Sous-sol fertile

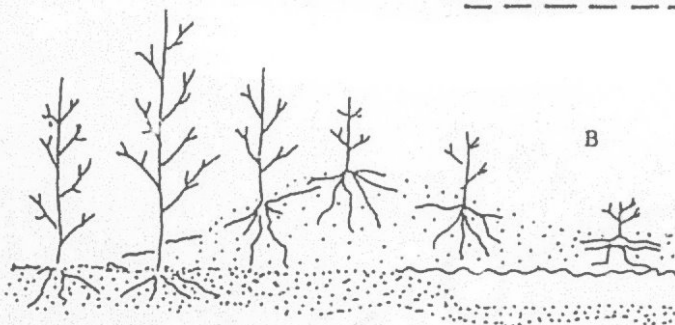


Schéma de quelques-unes des principales relations de
croissance arborée sur sols dunaires (Cf. texte)

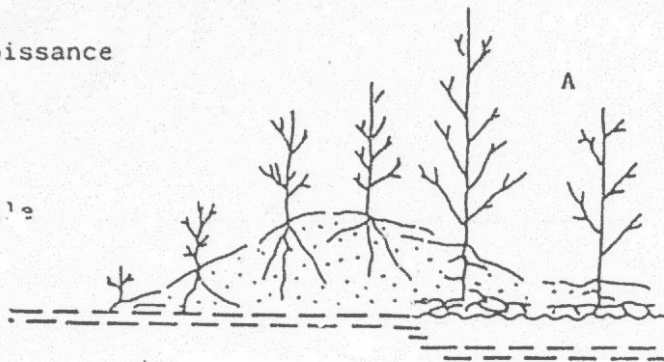
LES BOISEMENTS EN MILIEU DUNAIRE

Conditions requises pour les boisements des dunes

Exemples de relation de croissance
sur les sols dunaires

Sable riche 2% d'argile

Horizon étanche



Sable pauvre 1% d'argile

Sous-sol fertile

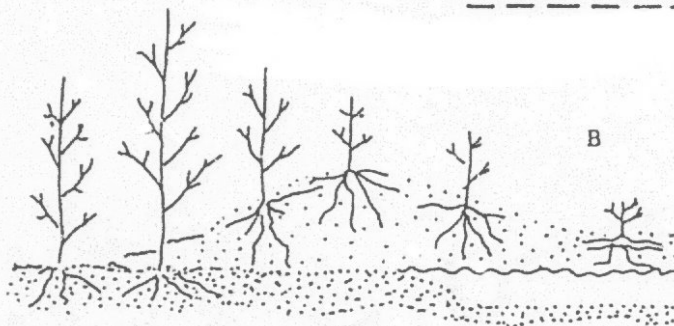
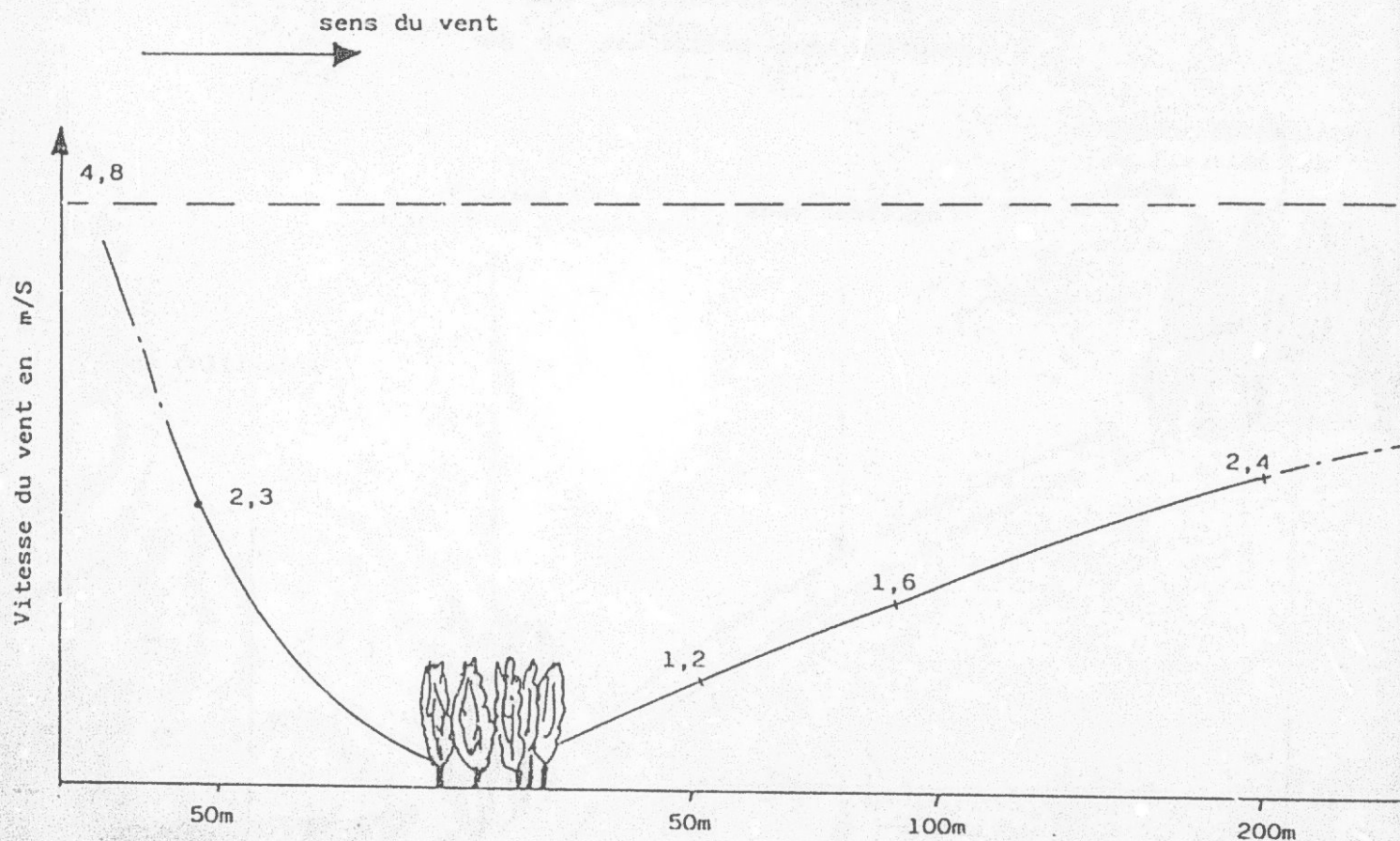


Schéma de quelques-unes des principales relations de
croissance arborée sur sols dunaires (Cf. texte)

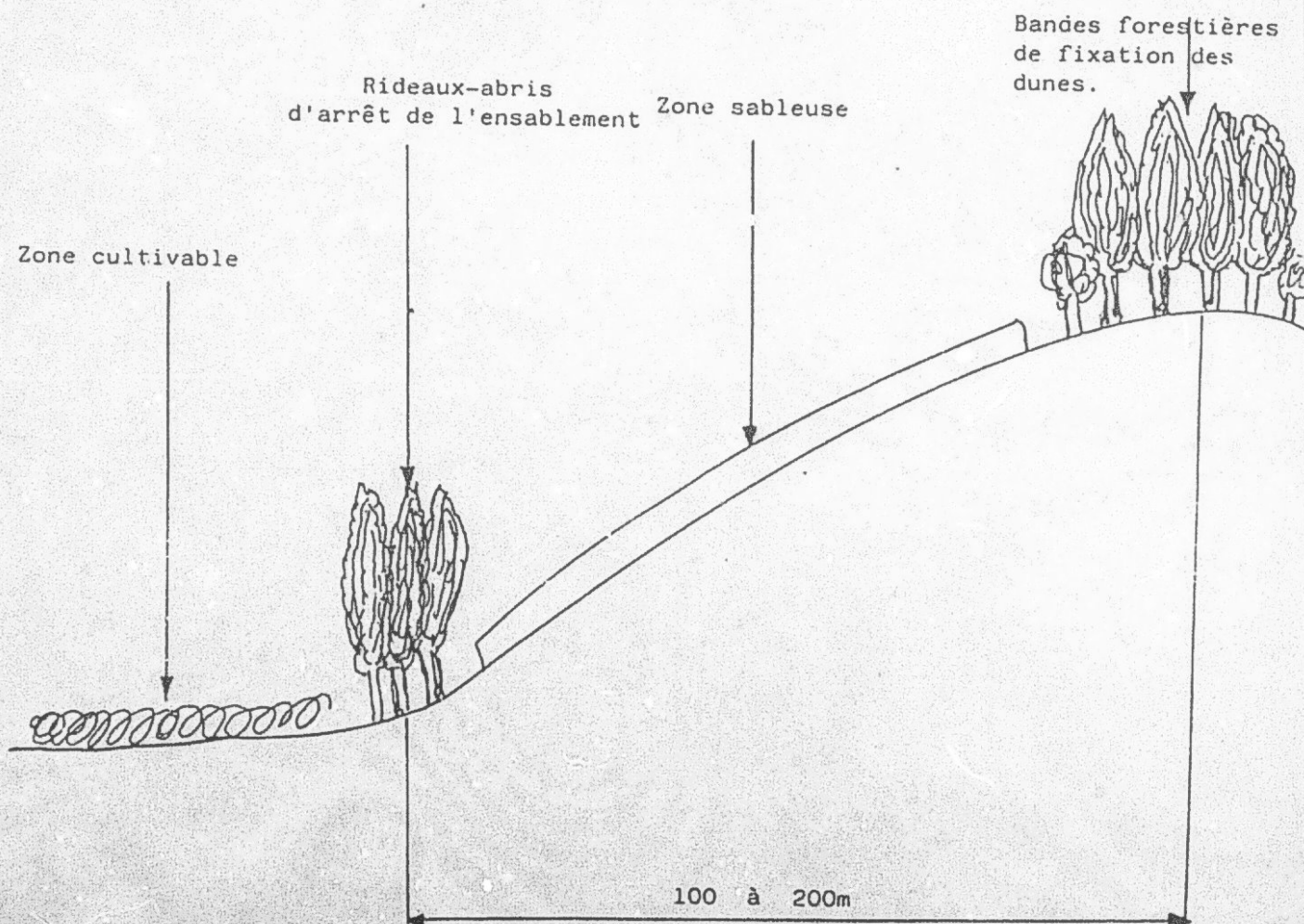
Représentation de l'effet d'une bande boisée
haute de 15m et large de 20m sur un vent de
4,8M/S a 2m du sol

(d'après Pratchenko).

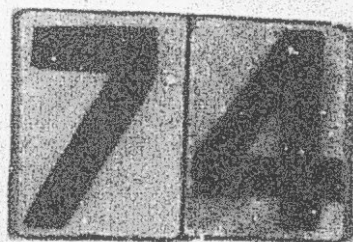


LES BANDES FORESTIERES
ET LA LUTTE CONTRE L'ENSABLEMENT

Réseau de rideaux - abris
pour la fixation des dunes
et la protection des cultures



FIN



VUES