

TN 13
EF Doc 03/7

**ANNALES
DE L'INSTITUT NATIONAL
DE RECHERCHES FORESTIERES
DE TUNISIE**

E. ALBERT et P. DIMANCHE

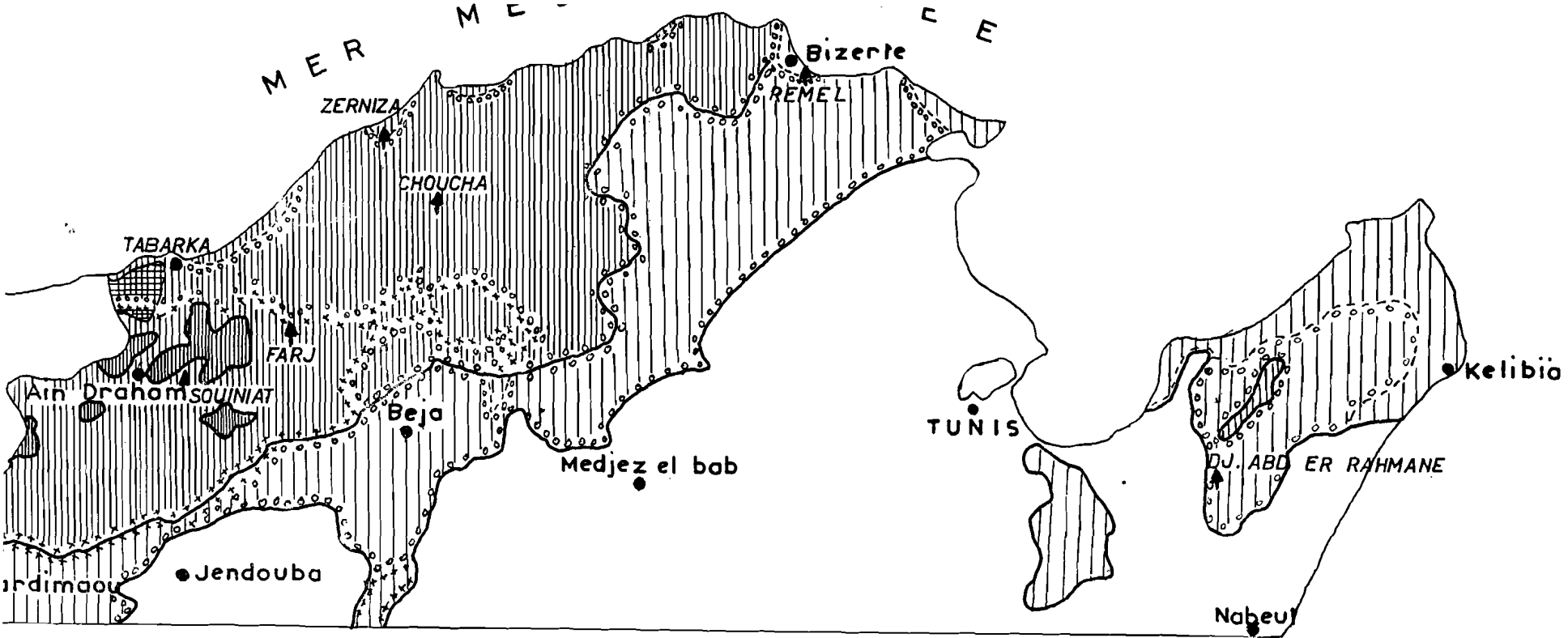
**ETUDE DE LA PRODUCTIVITE DU PIN MARITIME
PINUS PINASTER (ssp. RENOUI)**

Vol. 5 — Fasc. 2



1970

I.N.R.F.T. — ARIANA (Tunisie)



LEGENDE

STATIONS DE PIN MARITIME



Peuplements naturels



Placettes temporaires en arboretum ou en reboisement

Exemple: † SOUNIAT

BIOCLIMAT

A ETAGES ET SOUS-ETAGES

ETAGE HUMIDE



Sous-étage supérieur



Sous-étage inférieur



ETAGE SUB-HUMIDE



ETAGE SEMI-ARIDE

B VARIANTES A HIVERS

+++ Tempérés

ETUDE DE LA PRODUCTIVITE DU PIN MARITIME

PINUS PINASTER (ssp. RENOUI)

par

E. ALBERT et P. DIMANCHE

S O M M A I R E

	Pages
INTRODUCTION	3
Chapitre I. — LES CONDITIONS STATIONNELLES DANS L'AIRE DU PIN MARITIME	
I. — <i>GENERALITES</i>	3
1 — Localisation et répartition du pin maritime	3
2 — Conditions climatiques	4
3 — Conditions géologiques et lithologiques	6
4 — Caractères généraux de la végétation	8
5 — Caractères principaux des sols	9
II. — <i>INVENTAIRE DES UNITES PHYTOPEDOLOGIQUES OU MILIEUX</i>	10
1 — Méthodologie	10
2 — Description des groupes écologiques et des milieux	11
a) <i>Les groupes écologiques</i>	
b) <i>Les milieux</i>	
Chapitre II. — METHODE D'ANALYSE DE LA PRO- DUCTIVITE DU PIN MARITIME	
I. — <i>DEFINITION DU PROBLEME</i> ..	20
II. — <i>METHODOLOGIE</i>	20
1 — Mensurations de terrain	20
a) <i>Description de la méthode des placettes temporaires</i>	
b) <i>Description de la méthode de prélèvement en vue de l'analyse de tige</i>	
2 — Dépouillement initial des données récoltées	23
a) <i>Dépouillement des placettes temporaires</i>	
b) <i>Analyse de tige</i>	

	Pages
3 — Calcul des significations	26
a) <i>Transformation des données</i>	
b) <i>Recherche des groupements</i>	
c) <i>Analyse des corrélations</i>	
d) <i>Analyse du pourcentage d'écorce</i>	
 Chapitre III. — RESULTATS	
I — <i>CONSTITUTION DES GROUPES</i>	29
1 — Regroupement basé sur la simple étude écologique	29
2 — Nature des facteurs édaphiques favorables ou défavorables	30
3 — Groupement définitif des placettes temporaires	33
II. — <i>CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DE CES GROUPES.</i>	34
1 — Caractéristiques écologiques	34
2 — Caractéristiques dendrométriques	37
a) <i>A partir des échantillons de peuplement</i>	
b) <i>A partir des analyses de tige</i>	
III. — <i>DISCUSSION DES RESULTATS DENDROMETRIQUES</i> ..	45
1 — Sur les différences entre les croissances	45
a) <i>En hauteur totale</i>	
b) <i>En diamètre</i>	
c) <i>En volume bois-fort</i>	
2 — Sur les interprétations des différents facteurs	47
 Chapitre IV. — EXTRAPOLATION AUX REBOISEMENTS	
I. — <i>PRESENTATION DES STATIONS PORTANT DES PEU- PLEMENTS ARTIFICIELS</i>	49
II. — <i>DISCUSSION ET INTERPRETATION DES RESULTATS.</i>	51
1 — Croissance en hauteur, diamètre et volume	51
2 — Diamètre d'exploitabilité	52
3 — Production	52
4 — Tarifs de cubage	53
III. — <i>POSSIBILITES D'EXTENSION DU PIN MARITIME</i>	55
RESUME	57
BIBLIOGRAPHIE	59

INTRODUCTION

But de l'étude

Le pin maritime occupe une aire naturelle restreinte en Tunisie, puisqu'il est localisé au sud-ouest de Tabarka (cf. carte de répartition). Or il a été introduit depuis le début du siècle dans les dunes, de Tabarka à Dar Chichou, puis à partir des années 1950, en basse Kroumirie (Djebel Ezouza) et dans les Mogods. Les programmes de reboisement en prévoient une large utilisation pour l'avenir en Kroumirie et dans les Mogods.

Il est donc apparu indispensable de préciser les exigences écologiques de cette espèce dans son aire, et les fluctuations de sa productivité en fonction des conditions stationnelles afin de limiter son introduction à des sites favorables.

Cet objectif a été abordé par l'inventaire et la description phyto-pédologique des massifs naturels, la distinction d'un certain nombre de milieux types, et la mesure de la productivité en fonction de ceux-ci.

Chapitre I. — LES CONDITIONS STATIONNELLES DANS L'AIRE DU PIN MARITIME

I. — GENERALITES

1) Localisation et répartition du pin maritime

En Tunisie, le pin maritime (*Pinus pinaster* var. Renoui, H. Del Vilar) est présent, à l'état spontané, uniquement dans les séries de la forêt de Tabarka et dans la 2ème série de la forêt d'Aïn Draham.

Il est principalement localisé dans la 4ème (668 ha de peuplements purs), et la 2ème série de Tabarka (360 ha). Avec les quelques bouquets présents en 1ère et 3ème série de Tabarka, on peut estimer la surface actuellement couverte en peuplements purs à 1 100 ha (1). Il est certain que l'espèce a couvert autrefois des surfaces beaucoup plus importantes d'au moins 5 000 ha.

Il faut rechercher les causes de cette réduction dans plusieurs raisons liées à l'occupation humaine et dont la plus récente est l'Instruction technique de l'administration forestière, en 1935, qui prescrivait d'extraire tous les pins maritimes de plus de 20 cm de diamètre. Cela explique notamment que lors des aménagements récents, l'âge le plus fréquemment observé était de 45 ans et au maximum de 55 à 60 ans.

Les massifs tunisiens de pin maritime assurent la continuité des forêts algériennes de la région de la Calle. Ils sont exclusivement confinés au sud-ouest de Tabarka. Ils ne franchissent rigoureusement pas, vers l'est, la ligne de crêtes gréseuses orientées nord-sud et composée des Kefs : Sollah (381 m), El Assel (377 m), Ed Deba (386 m), Bou Ahafa (379 m). Vers le sud, ils ne dépassent pas la latitude de la maison forestière d'Aïn Saïda soit à environ 15 km de la mer.

La répartition des massifs est bien caractéristique : ils se cantonnent essentiellement sur les crêtes et les arêtes qui s'en détachent et sur les pitons isolés. Dans les vallons, le pin est remplacé par l'oléo-lentisque, le chêne liège, voire le zéen (versant nord de Guebou el Aouda et de l'Argoub Bou Rouine).

L'altitude moyenne de ces massifs est de 150 à 300 m; les plus élevés sont situés à la frontière algérienne (550 m environ au djebel Added).

2) Conditions climatiques

Deux stations météorologiques, Tabarka (altitude : 12 m) et Aïn Draham (altitude 739 m), encadrent l'aire du pin

(1) Etant donné la très petite surface occupée par le pin dans la forêt d'Aïn Draham, les numéros de série cités dans la suite sont ceux de la forêt de Tabarka.

maritime. Leurs données climatiques sont rassemblées dans les tableaux ci-dessous :

Stations	P	Tma	M	m	Q	ma	Nma
Tabarka	1 044	17.9	30.3	7.2	142	— 1,0	1,5
A. Draham	1 572	14.9	29.8	3.9	194	— 5,0	7,5

où : P : précipitations annuelles, en mm
Tma : température moyenne annuelle en degrés Celsius
M : moyenne des températures maximales de juillet
m : moyenne des températures minimales de janvier
Q : quotient pluviothermique d'Emberger (formule II)
ma : température minimale absolue
Nma : nombre moyen annuel de jours de neige

Le bioclimat est du type : humide supérieur, variante à hivers tempérés, pour Aïn Draham,
: humide inférieur, variante à hivers chauds, pour Tabarka.

La variante à hivers chauds du bioclimat humide inférieur ne constitue qu'une mince bande (largeur 5 à 10 km) le long de la mer. La variante à hivers doux lui succède, en s'éloignant de la mer, jusqu'à 400 à 500 m d'altitude. Cette zone inclut la grande majorité des peuplements de pin maritime. Au dessus de cette altitude, le climat appartient à la variante à hivers tempérés. Elle comprend les sommets de la frontière algérienne, occupés par des reliques de massifs de pin maritime.

Malgré l'importance des précipitations, la répartition saisonnière des pluies indique une nette sécheresse estivale.

Stations		Hiver déc. jan. fév.	Prin- temps mars av. mai	Eté juin juil. août	Automne sept. oct. nov.	Total
Tabarka	mm	486	199	30	329	1044
	%	46,5	19,1	2,9	31,5	
A. Draham	mm	723	374	44	434	1572
	%	46,0	23,8	2,8	27,6	

La neige tombe pratiquement chaque année sur les reliefs où elle persiste quelques jours au-delà de 500 à 600 m d'altitude environ, sur versants nord. Elle tombe fréquemment à plus basse altitude, mais elle y est peu persistante. On constate donc que l'aire du pin maritime n'est pas concernée par les jours de neige persistante.

Les données sur les vents sont fournies par les stations de Tabarka et Ain Draham. Elles indiquent une dominance très nette du secteur nord-ouest. A Tabarka, le vent du matin est le plus fréquemment de direction sud (brise de terre). Les versants où sont répandus les peuplements de pin maritime sont le plus souvent à l'abri du vent car les reliefs ont une orientation générale nord, nord-est sud-ouest. Les bouquets présents sur les crêtes exposées au vent présentent cependant une forme indiquant une bonne résistance au vent.

Les journées de sirocco (température anormalement élevée accompagnée d'un abaissement de l'humidité relative et par suite d'une forte évaporation) sont nombreuses à Tabarka (plus de 80 en moyenne par an) mais plus rares à Ain Draham (50 en moyenne). Elles ont généralement pour cause un vent du secteur sud à sud-ouest.

Enfin, il semble que les brouillards et rosées soient fréquents dans l'aire du pin maritime, du fait de la forte teneur en eau de l'air, due à l'influence maritime, et de la protection contre les vents du nord-ouest.

En résumé, l'aire du pin maritime est localisée dans le bioclimat humide inférieur et surtout dans sa variante à hivers doux (moyenne des minima de janvier comprise entre 4,5° et 7°C). Les brouillards et rosées sont fréquents. L'ensemble est assez bien abrité des vents dominants du nord-ouest, mais les journées de sirocco sont assez fréquentes du printemps à l'automne.

3) Conditions géologiques et lithologiques

Comme l'ensemble de la Kroumirie, l'aire du pin maritime repose sur un substrat profond de structure complexe, d'âge s'étalant jusqu'au lutétien, recouvert par les matériaux du flysch oligocène (ou nummulitique, en Algérie). Il y a donc là une discontinuité stratigraphique importante puisque tout le crétacé supérieur manque. Cette discontinuité a été la cause de glissements, lors des plissements qui se sont produits de l'oligocène supérieur au burdigalien (miocène).

L'aire tunisienne du pin maritime est répartie de part et d'autre de la grande dépression allant du col de Meloula à Aïn Saïda. Il s'agit d'un anticlinal inversé dont le cœur est formé par les marnes de l'éocène supérieur (lutétien supérieur) ou de l'oligocène inférieur.

La nature lithologique des matériaux est représentée par :

- les marnes, en position basse;
- les grès sur les crêtes et les arêtes secondaires, ossature du relief;
- des argiles acides entre les deux, sur les versants.

Les marnes sont des matériaux de texture limono-argileuse à très argileuse (teneur en argile : 50 à 65 %, et en limons : 25 à 45 %), peu calcaires : pH : 7,2 à 8,0; calcaire total : 2 à 20 %. Elles sont peu gypseuses mais fréquemment salées dès 70 cm à 1 mètre. La conductivité y est de l'ordre de 4 à 10 mmhos/cm. Le complexe absorbant reste dominé par le calcium (50 à 60 % de la capacité d'échange), mais le magnésium occupe une place importante (40 %). La teneur en sodium échangeable est de l'ordre de 2,5 meq et elle peut être suffisante pour conférer une certaine alcalisation au sol (Na/T supérieur à 15 %).

Les argiles sont des matériaux de texture argileuse à très argileuse, plus riches en argile et moins en limons que les marnes (argile 60 à 70 %, limons : 10 à 20 %). Elles présentent des caractères d'hydromorphie actuelle très intense, plus ou moins héritée de climats anciens. Ces argiles se caractérisent chimiquement par une forte acidité (pH 4,8 à 5,2), et un rapport Ca/Mg nettement inférieur à 1 (0,5 à 0,8). Ceci n'est pas dû à une augmentation de la teneur en Mg qui occupe toujours 30 à 40 % du complexe mais aux faibles teneurs en Ca qui ne représente plus que 20 à 30 % du complexe. L'hydrogène, et peut-être l'aluminium occupent la place laissée par le calcium.

Les grès sont assez riches en fer, altérés profondément, et peuvent former un niveau compact à faible profondeur. Leur pH est supérieur à celui des argiles (5,4 à 5,8).

Depuis l'émersion définitive de la région à l'oligocène supérieur, ces matériaux ont été soumis aux processus d'altération, de décomposition et de transport durant les périodes du mio-pliocène et du quaternaire. Ces périodes ont connu des climats chauds et humides, comme en témoigne la rubéfaction des grès et des argiles.

Les grès, qui représentent une proportion importante du substrat des reliefs, ont été altérés et ont fourni des produits

de désagrégation qui se sont superposés et incorporés aux argiles.

De ce fait, la roche-mère des sols est formée par les marnes, au creux de la dépression de Meloula - Aïn Saïda, et, sur les reliefs, par les grès ou les argiles recouverts de leurs produits de décomposition et de mélange. Des érosions récentes ont parfois décapé ce matériel d'altération, mettant en surface le substrat gréseux ou argileux.

4) Caractères généraux de la végétation

Dans cette région, se rencontrent les groupements appartenant aux séries

- du pin maritime
- du chêne liège
- du chêne zeen
- de l'oléo-lentisque

Les groupements de la subéraie sont caractérisés par la présence du chêne kermès jusqu'à 5 à 10 km de la mer et la présence du lentisque et de *Teucrium fruticans* sur pratiquement toute la surface. Seuls les sommets formant la frontière avec l'Algérie voient ces deux espèces se raréfier et faire place vers 400 mètres à *Cytisus triflorus*. L'ensemble de la subéraie appartient donc à la variante bioclimatique à hivers doux jusqu'à 400 m d'altitude, les sommets se rattachant plutôt à la variante tempérée.

Le chêne zeen forme quelques peuplements dans les cuvettes à microclimat plus frais (parcelles 24/27 en 4ème série) ou sur versant nord (parcelle 14 en 2ème série).

L'oléo-lentisque occupe les bas fonds marneux, c'est-à-dire principalement la grande dépression nord-sud de Meloula — Aïn Saïda, ainsi que les bandes marneuses qui lui sont parallèles au pied des arêtes gréseuses (Kef el Assel).

Le pin maritime forme des taches dispersées au milieu de la subéraie. On y retrouve les mêmes groupes écologiques climatiques à chêne kermès, à lentisque et *Teucrium fruticans*, et à *Cytisus triflorus*, en allant de la mer vers les sommets.

Le groupe écologique édaphique est également le même que celui de la subéraie, et caractérisé par :

Arbutus Unedo

Erica scoparia

Halimium halimifolium

Les unités distinguées dans l'étude de détail seront données dans la description des unités de milieux.

5) Caractères principaux des sols

Les sols sur marnes se caractérisent par une teneur élevée en éléments fins (plus de 75 % d'argile et de limons) et un taux de calcaire faible (5 à 20 %). Dans les conditions climatiques humides de la région de Tabarka, il se produit, sous végétation naturelle de l'oléo-lentisque, un net lessivage du calcaire et un humus doux du type mull calcique. Les sols sont du type calcimorphe, généralement brun calcaire en position bien drainée; ils évoluent vers les vertisols quand le drainage se ralentit : bas de pente, cuvettes. Ces divers sols ne portent pas de peuplements de pin maritime. On n'y observe que des individus isolés.

Dans les conditions normales de sol peu érodé, les argiles ne se présentent pas dès la surface, mais sous un recouvrement colluvial à cailloux de grès. Son épaisseur variable, mais de 50 centimètres au moins, permet le développement de sols lessivés. Cependant, la dégradation du couvert végétal par les pratiques humaines (incendie, pâturage) a parfois entraîné le décapage de ces horizons de surface, qui ne se maintiennent qu'à l'état de buttes sous des touffes de maquis. Dans ces conditions, les argiles sont mises en surface. Or, les argiles présentent presque toujours des caractères d'hydromorphie du type pseudogley. Les sols qui résultent de ce processus sont des sols hydromorphes à pseudogley. Il faut en outre remarquer que ces argiles présentent une forte acidité (pH : 4,8 à 5,2) accompagnée d'un déséquilibre chimique du complexe (taux anormalement élevés de Mg, et bas de Ca) et parfois d'une salure faible à moyenne (conductivité : 2 à 6 mmhos/cm).

Les grès forment fréquemment la roche-mère des sols sous les peuplements de pin maritime, comme par exemple dans les parcelles 29 à 35 de la 4ème série de Tabarka. Ainsi qu'il a été exposé pour les argiles, il arrive que les grès aient été recouverts d'un sol plus ou moins lessivé, et que celui-ci ait été érodé. Quoiqu'il en soit, là où le grès est actuellement superficiel (vers 30 à 40 cm de profondeur), il apparaît recouvert d'une mince couche de cailloux et de sable (environ 10 cm), puis d'un matériel de texture sablo-argileuse à argilo-sableuse (argile : 20 à 40 %, sables 50 à 70 %). Celui-ci pénètre sous forme de poches entre les blocs altérés de grès. Il semble qu'il s'agisse d'un produit assez ancien de l'altération des grès, plus ou moins repris à la surface par la pédogénèse, com-

me horizon d'accumulation (horizon B). Les sols lessivés tronqués sur grès aboutissent ainsi généralement à des sols lithosoliques.

Le substrat colluvial qui recouvre les grès et les argiles est formé d'un mélange de cailloux peu altérés de grès et d'une matrice de texture moyenne : 15 à 40 % d'argile et 50 à 60 % de sables. Dans cette roche-mère se sont développés climaciquement des sols lessivés. Sous une épaisse couche d'aiguilles non décomposées, se présente un horizon de matière organique brute altérée, mais non encore mélangée à la matière minérale. L'horizon A₁ sous-jacent est d'épaisseur variable, mais généralement mince dans les sols lessivés typiques : 5 à 10 cm. Lui succède un horizon lessivé qui peut atteindre 40 à 50 cm d'épaisseur. Cet horizon se caractérise par sa couleur claire et sa structure peu développée, vis-à-vis de l'horizon humifère sus-jacent ou d'accumulation sous-jacent marqués, le premier par l'influence de la matière organique, le second par celle de l'argile et du fer. L'horizon d'accumulation, ou horizon B, est de texture sablo-argileuse à argilo-limoneuse, ce qui correspond à un indice de lessivage d'argile de 3 ou moins. L'indice de lessivage du fer est de 3 à 5. Il n'a été observé qu'exceptionnellement des cas de migration de matière organique, avec légère accumulation en profondeur.

Les petites dépressions sont constituées de colluvions, plus ou moins remaniées par les alluvionnements de petits oueds. Elles se caractérisent par une texture légère, limono-sableuse à sablo-argileuse, et un horizon humifère plus épais. Généralement, le taux de matière organique y est supérieur à 1 % sur au moins 50 cm. Là, les sols ne présentent pas de caractères de lessivage. Ils se classent dans les sols bruns forestiers.

Enfin, quelques bouquets de pins sont situés sur des terrasses d'oueds. Les sols s'en distinguent par les signes de la présence d'une nappe phréatique : le pseudogley et les concrétions ferromanganeuses sont présents jusque dans l'horizon A₂, classant ainsi ces sols en sols hydromorphes lessivés.

II. — INVENTAIRE DES UNITES PHYTO-PEDOLOGIQUES OU MILIEUX

1) Méthodologie

La localisation des peuplements de pin maritime est connue à la suite des aménagements des 2ème et 4ème séries de

Tabarka. Les procès verbaux sont en effet accompagnés de cartes de répartition des peuplements.

Sur la base de ces documents, il a été procédé à un parcours systématique de tous les massifs signalés. Lors de cette prospection étaient effectuées des observations sur la composition de la végétation et sur la phénologie du pin maritime. 150 observations ont été ainsi rassemblées, soit environ une pour dix hectares. 80 de ces stations ont été particulièrement étudiées sur le plan pédologique au moyen de fosses jusque 1,80 m de profondeur environ. Outre la description morphologique du sol, il a été procédé à un échantillonnage sur une cinquantaine de profils. Ce matériel a fait l'objet d'analyses au laboratoire du Service Pédologique de Tunis.

De l'observation de la végétation et des caractères édaphiques correspondants, se sont dégagées les unités phytopédologiques ou milieux. Ceux-ci sont des groupements végétaux définis par la présence, l'absence ou la dominance, de certains groupes écologiques. A ces groupements végétaux correspondent des caractères édaphiques : nature de la roche-mère (argile, marne, grès), richesse en humus, qualité du drainage ou de l'alimentation en eau.

2) Description des groupes écologiques et des milieux

a) Les groupes écologiques

* Groupes bioclimatiques

Les groupes bioclimatiques sont ceux de la subéraie de basse et moyenne altitude (cf chapitre I § 4 : caractères généraux de la végétation).

— La zone où l'influence maritime est la plus marquée, est caractérisée par la présence du chêne kermès (*Quercus coccifera*). Ce dernier est fréquent jusqu'à l'altitude de 200 m environ. Au delà, il est localisé de préférence sur les affleurements et crêtes exposées au vent (Kef Sollah, Kef el Assel) jusqu'à une altitude de 300 à 400 m.

— La plus grande partie de l'aire du pin maritime est caractérisée par la présence du lentisque (*Pistacia lentiscus*) et de *Teucrium fruticans*. Ces espèces se maintiennent jusqu'à une altitude d'environ 400 à 500 m, suivant les expositions. Cet étage correspond à la variante à hivers doux.

— Au-delà de 400 à 500 m, les espèces précédentes se raréfient, disparaissent et sont remplacées par *Cytisus triflorus*. C'est le cas de la 2ème série (parcelle 37, 38, 41, 43). En outre le chêne zeen ne se cantonne plus uniquement le long des oueds, mais forme des peuplements sur des versants à exposition fraîche (parcelle 14, 15 de la 2ème série).

Outre les groupes écologiques bioclimatiques proprement dits, certaines espèces montrent des limitations climatiques du fait de leur caractère thermophile. Ainsi, *Viburnum tinus* est surtout présente sur les bas de versants et ne se trouve guère au dessus de 300 m. De même, *Erica multiflora* est surtout abondante, dans les stations qui lui conviennent édaphiquement, jusqu'à 300 à 350 m d'altitude.

* Groupes édaphiques

— L'arbousier (*Arbutus Unedo*) apparaît comme l'espèce la plus sensible à la présence d'argile hydromorphe, donc au drainage du sol. Dans les stations où l'argile est à moins de 30 cm de profondeur, l'arbousier est absent ou du moins représente 5 % au plus du couvert végétal. Il est en outre très peu développé, c'est-à-dire peu vigoureux.

— Inversement, le groupe des plantes hydromorphes comprenant

Schoenus nigricans

Iris juncea

Lepturus filiformis

Mentha pulegium

indique des conditions hydromorphes, au moins en surface. C'est particulièrement le cas des stations dégradées où l'appauvrissement en humus, et le tassement du sol ont amené une dégradation de la structure. Les plantes hydromorphes sont alors groupées dans les petites cuvettes situées entre les buttes du maquis.

Il faut signaler que, dans la région de Tabarka qui a fait l'objet de l'étude, plusieurs stations ont montré une assez grande abondance de *Schoenus nigricans*, particulièrement bien développé, sans que pour autant le sol présente des caractères hydromorphes. Il est possible que dans cette région humide et à influence marine importante, cette espèce soit moins inféodée à des conditions hydromorphes. On peut l'expliquer aussi par des phénomènes de circulation d'eau puisque dans cette région la proportion de grès dans le flysch est sensiblement plus grande qu'en Mogods ou en Kroumirie.

— *Erica multiflora* sert de base à deux groupes écologiques :

Sur les grès affleurants, elle forme un tapis presque à elle seule, accompagnée seulement des plantes ubiquistes du maquis : *Erica arborea*, *Erica scoparia*, *Phillyrea media* et de plantes xérophiles : *Tuberaria vulgaris*, *Thymus numidicus*.

Sur les argiles hydromorphes, souvent calcaires à faible profondeur, elle est accompagnée du groupe écologique des sols hydromorphes. Les arbustes du maquis (*Erica*, myrte, filaire) sont peu développés et souvent jaunissants. Par contre, le groupe écologique des sols lourds : lentisque, *Cistus monspeliensis*, *Calycotome villosa* prend souvent une certaine extension.

— Le groupe des humicoles est dominé par *Smilax aspera* dont l'abondance caractérise bien la fertilité de la station, sa richesse en humus. Là où il domine (plus de 50 % du couvert), et devient exubérant, s'élevant jusque dans les cimes, l'horizon humifère est souvent épais de 15 à 50 cm. Là où il est assez abondant, (25 % du couvert), l'horizon humifère ne dépasse guère 5 à 10 cm.

Les autres plantes composant le groupe des humicoles sont principalement :

Rubia peregrina
Clematis flammula
Cyclamen africanum
Pteridium aquilinum

Viburnum tinus caractérise aussi par son développement et son abondance (jusqu'à 50 % du couvert) des sols assez humifères (A₁ de 5 à 15 cm), mais il réagit aussi comme thermophile, comme il a été déjà signalé.

Rubus ulmifolius accompagne assez souvent les plantes humicoles, mais cette espèce indique aussi des conditions plus humides. C'est ainsi qu'elle est surtout fréquente au bas des versants, dans les cuvettes, sur les terrasses alluviales à sols lessivés hydromorphes, voire hydromorphes à pseudogley et concrétions.

* Groupes dynamiques

Sur les parcelles récemment incendiées, le maquis très vigoureux est dominé par :

Genista aspalathoides
Erica scoparia
Halimium halimifolium
Arbutus Unedo

C'est dire que ces plantes ont de grandes exigences en lumière. D'ailleurs, des espèces comme *Erica scoparia* et *Halimium halimifolium* régressent considérablement, voire disparaissent, dans les forêts les plus denses, c'est-à-dire dans les faciès à *Smilax aspera*.

b) Les milieux

La comparaison des observations sur la végétation et sur les sols a amené à distinguer différents milieux suivant la présence, l'absence ou la dominance des divers groupes écologiques décrits plus haut.

Schématiquement on a distingué :

(1) ... Un milieu moyen où ne domine aucun groupe écologique.

Il a été subdivisé en :

- un faciès typique;
- un faciès à tendance humicole (riche) quand sont présentes quelques espèces du groupe humicole;
- un faciès hydromorphe quand le groupe hydromorphe n'est que peu représenté.

Ce milieu moyen regroupe des sols variés, mais jamais très superficiels, ni très riches en humus. Ce sont :

soit des colluvions caillouteuses épaisses, lessivées, sans pseudogley, ou reposant sur une argile à pseudogley à au moins 70 - 100 cm;

soit des grès altérés, recouverts d'une argile d'altération ou de colluvions caillouteuses, épaisses d'au moins 50 cm.

(2) ... Un milieu dominé par le groupe écologique d'*Erica multiflora*, caractérisant des sols superficiels sur argile ou sur grès (moins de 50 cm de profondeur en moyenne).

(3) ... Un milieu dominé par le groupe écologique des humicoles dont le sol se caractérise par un horizon humifère (A₁) épais de 15 à 45 cm

(4) ... Un milieu où le groupe hydromorphe est bien représenté. Il caractérise des sols sur argile, parfois sur grès, à une profondeur de l'ordre de 70 cm à 1 m.

Exemple : du milieu (1) (faciès hydromorphe)

Profil n° 71, 2ème série — Parcelle 45 — Altitude 320 m.
Exposition sud

Végétation : strate arborescente	<i>Pinus pinaster</i> (H 10 à 12 m)	3/2 *
	<i>Quercus suber</i> (8 à 10 m)	1/2
strate arbustive	<i>Erica scoparia</i>	2/3
	<i>Erica arborea</i>	2
	<i>Phillyrea media</i>	2
	<i>Myrtus communis</i>	1
	<i>Arbutus Unedo</i>	2
	<i>Pistacia lentiscus</i>	1/1
strate herbacée	<i>Ampelodesma mauretanicum</i>	3
	<i>Lavandula Stoechas</i>	+
	<i>Halimium halimifolium</i>	+
	<i>Teucrium fruticans</i>	+
	<i>Carex flacca</i>	+
	<i>Genista tricuspidata</i>	+
légèrement plus bas	<i>Schoenus nigricans</i>	1/2

Sol : Litière non et peu décomposée assez épaisse

0- 5 cm : Humifère, gris, grains de sable dénudés
abondants, radicelles abondantes.

5-25 cm : Sablo-limoneux, gris clair, peu humifère,
racines assez abondantes, cailloux abon-
dants, meuble, friable.

25-50 cm : Texture équilibrée, jaune brun, structure
polyédrique peu développée, assez meuble,
assez cohérent, cailloux et racines abon-
dantes.

50-90 cm : Argileux, brun à taches rouges abondantes
et taches grises au-delà de 70 cm, structure
polyédrique moyenne, peu développée, con-
sistant, cohérent, racines peu abondantes,
cailloux assez abondants.

plus de 90 cm : Argileux, bariolé gris et rouge avec encore
un peu de brun jusqu'à 110 cm, consistant,
cohérent, cailloux assez abondants, rares
racines.

Conclusions : Sol lessivé à roche-mère colluviale, à pseu-
dogley à moyenne profondeur (entre 50
et 100 cm)

* Coefficient d'abondance dominance.

Exemple du milieu (2)

— à *Erica multiflora*, sur grès

Profil n° 43 : 4ème série — Parcelle 35 — Altitude 135 m.
Exposition sud-est

Végétation : strate arborescente	<i>Pinus pinaster</i> (8 à 10 m)	3/4
	<i>Quercus suber</i> (6 m)	+ /1
strate arbustive	<i>Erica multiflora</i>	3/4
	<i>Erica scoparia</i>	2/3
	<i>Arbutus Unedo</i>	1/2
	<i>Phillyrea media</i>	1/2
	<i>Myrtus communis</i>	1
	<i>Halimium halimifolium</i>	1/2
	<i>Lavandula Stoechas</i>	1
	<i>Pistacia lentiscus</i>	1
strate herbacée	<i>Smilax aspera</i>	+
	<i>Genista tricuspidata</i>	+
	<i>Lonicera implexa</i>	+
	<i>Chamaerops humilis</i>	+
	<i>Carex flacca</i>	+ /1
	<i>Schoenus nigricans</i> (dépression)	+ /2

Sol : Litière discontinue et mince entre les buttes

0-20 cm : Argilo-sableux, assez humifère (matière organique : 1,7 %), sans structure : fondu, assez friable, consistant, pH : 6,0, racines assez abondantes, fragments de grès altéré.

20-30 cm : Sablo-limoneux, jaune brun, peu humifère, sans structure : fondu, consistant, friable, racines peu abondantes, pH : 5,8.

plus de 30 cm : Grès altéré en une masse sableuse, fondue, avec encore des racines dispersées; le grès devient plus consistant vers 80 à 100 cm.

Conclusions : Sol lithosolique sur grès

— à *Erica multiflora* sur argile

Profil n° 39 : 2ème série — Parcelle 2 — Altitude 290 m.
Exposition nord

Végétation : strate arborescente	<i>Pinus pinaster</i> (8 à 10 m)	3/2
	<i>Quercus suber</i> (5 à 6 m)	+
strate arbustive	<i>Erica multiflora</i>	3/4

	<i>Arbutus Unedo</i>	1/2
	<i>Erica scoparia</i>	1/2
	<i>Erica arborea</i>	1
	<i>Phillyrea media</i>	1
	<i>Myrtus communis</i>	1/+
	<i>Quercus suber</i>	+ /1
	<i>Pistacia lentiscus</i>	+ /1
strate herbacée	<i>Ampelodesma mauretanicum</i>	+
	<i>Cistus salvifolius</i>	+
	<i>Lavandula Stoechas</i>	+
	<i>Daphne gnidium</i>	+
	<i>Lonicera implexa</i>	+
Sol : 0 à 5-10 cm : Humifère à humus mal décomposé, grumeleux, meuble, friable, racines très abondantes, cailloux abondants.		
5 à 10-25 cm : Limono-argileux, brun jaune clair tacheté de rouge et de gris, avec enduits bruns (humus) sur les faces des aggrégats, structure polyédrique fine et grossière bien développée, cohérent, assez consistant, racines abondantes, cailloux abondants.		
25-45 cm : Limono-argileux, plus tacheté, structure polyédrique moyenne et grossière bien développée, racines assez abondantes, cailloux abondants.		
plus de 45 cm :	Argile grise jaune à taches rouges, lits gréseux, structure polyédrique grossière assez développée.	
Conclusions	: Sol brun à roche-mère argileuse superficielle	

Exemple du milieu (3) : humifère à *Smilax aspera*

Profil n° 29 : 4ème série — Parcelle 19 — Altitude 240 m. Dépression dans un versant d'exposition nord-est.

Végétation : strate arborescente	<i>Pinus pinaster</i> (15 à 20 m)	4
strate arbustive	<i>Phillyrea media</i>	2
	<i>Arbutus Unedo</i>	+
	<i>Erica arborea</i>	+
strate herbacée	<i>Viburnum tinus</i>	3
	<i>Smilax aspera</i>	4
	<i>Lonicera implexa</i>	+
	<i>Clematis flamula</i>	+

Sol : 0- 25 cm : Sablo-limoneux, très humifère, grains de sable dénudés assez abondants, structure grumeleuse assez bien développée, meuble, friable, racines abondantes.

25- 45 cm : Sablo-limoneux à sablo-argileux, humifère, sans structure : fondu poreux, meuble, assez friable, racines abondantes.

45- 90 cm : Sablo-argileux, assez humifère par taches diffuses, structure polyédrique peu développée, poreux, meuble assez cohérent, racines assez abondantes (limite inférieure de la majorité de l'enracinement).

90-130 cm : Sablo-argileux à texture équilibrée, brun jaune à taches d'humus, sans structure : fondu, meuble, assez friable, racines peu abondantes.

plus de 130 cm : Limono-sableux, jaune brun à taches gris clair, meuble, friable, frais, quelques racines.

Conclusions : Sol à diffusion profonde d'humus, de texture moyenne, sans argile ni grès à moins de 60 cm.

Profondeur	Argile	Limons	Sables	pH	Carbone	Mat. Organ.	C/N	MHT/C	AH/MHT	T/C
0- 25	8,3	20,6	64	5,94	2,82	4,88	20,1	7,8	77,3	3,7
25- 45	14,5	18,2	66	5,54	1,21	2,09	15,7	28,9	54,2	5,5
45- 90	15,6	17,3	62	5,42	0,56	0,97	13,4	33,9	21,1	
90-130	16,8	20,3	57	4,88						

Rm : MHT : matières humiques totales : acides humiques + fulviques
AH : acides humiques

Exemple du milieu (4) : hydromorphe

Profil n° 58 : 4ème série — Parcelle 46 — Altitude 275 m.
Exposition ouest

Végétation : strate arborescente	<i>Pinus pinaster</i> (8 à 10 m)	3
	<i>Erica scoparia</i>	3
strate arbustive	<i>Arbutus Unedo</i>	2
	<i>Erica arborea</i>	2/1
	<i>Phillyrea media</i>	2
strate herbacée	<i>Ampelodesma mauretanicum</i>	2
	<i>Schoenus nigricans</i>	2
	<i>Carex flacca</i>	+ / 1
	<i>Daphne gnidium</i>	+
	<i>Lonicera implexa</i>	+
	<i>Smilax aspera</i>	+
	<i>Rub'a peregrina</i>	+
	<i>Linum numidicum</i>	+
	<i>Teucrium fruticans</i>	+
	<i>Cistus salvifolius</i>	+
	<i>Halimium halimifolium</i>	+

Sol : 0- 10 cm : Sablo-limoneux, très humifère à humus peu décomposé, grains de sable dénudés abondants, meuble, friable, cailloux et racines abondants.

10- 15 cm : Sablo-limoneux, gris clair, cailloux abondants, structure polyédrique peu développée, friable.

15- 35 cm : Limono-argileux, brun jaune, structure finement polyédrique bien développée, assez consistant, assez cohérent, racines assez abondantes, cailloux abondants.

35- 70 cm : Argileux, brun jaune à taches rouges abondantes, structure finement polyédrique bien développée, cohérent, consistant, cailloux abondants, racines assez abondantes.

70-105 cm : Argileux, brun jaune tacheté de rouge et de gris (de plus en plus vers le bas), racines assez abondantes localement, Cailloux peu abondants, cohérent, très consistant.

plus de 105 cm : Très argileux, gris bleu tacheté d'ocre rouge et de brun jaune (très peu), rares racines; quelques cailloux, cohérent, très consistant.

Conclusions : Sol brun lessivé, assez humifère, à rochemère colluviale argileuse, avec pseudogley à profondeur moyenne (entre 50 et 100 cm).

Chapitre II. — METHODE D'ANALYSE DE LA PRODUCTIVITE DU PIN MARITIME

I. — DEFINITION DU PROBLEME

Le problème posé, dans le cas présent, peut être résumé très simplement. Il s'agissait de mettre en évidence les relations pouvant exister entre les différents facteurs du milieu et des critères variés, mesurables sur les pins maritimes en peuplement naturel.

Le choix des critères à mesurer a été mené dans deux voies différentes, des critères relatifs aux peuplements, et des mesures se rapportant aux individus.

La collecte des renseignements sur les peuplements s'est faite par la méthode des placettes temporaires, sur les individus par des analyses de tige.

L'articulation du texte qui va suivre est telle que le chapitre II définira la méthodologie employée, aussi bien sur le terrain qu'au cours du dépouillement au bureau, tandis que, dans le chapitre III, les résultats obtenus seront exposés et discutés.

II. — METHODOLOGIE

Ainsi qu'il vient d'être expliqué, le chapitre méthodologique commence par la définition des méthodes de collecte des renseignements sur le terrain.

1) Mensurations de terrain

a) *Description de la méthode des placettes temporaires*

Cette méthode est destinée à fournir des renseignements sur les peuplements. Pour répondre à ces buts, les équipes de terrain ont réalisé le maximum d'observations chiffrées sur des échantillons judicieusement choisis.

* *Choix des échantillons*

L'écologiste, ayant réalisé une étude exhaustive des différents milieux, avait à priori, distingué un certain nombre de milieux différents par leurs caractéristiques botaniques et édaphiques. C'est à l'intérieur de ces « classes » que les placettes ont été installées dans des peuplements qui pré-

sentaient, au coup d'œil, un aspect moyen de ce qu'il était possible de rencontrer sur ces milieux. Ceci a conduit à établir 28 placettes au total.

** Dimensions et forme des échantillons*

La dimension de chacune des placettes temporaires mises en place fut uniformément de 12 ares, et les peuplements naturels ne présentant pas, contrairement aux boisements artificiels, de directions privilégiées, la forme adoptée a donc été le cercle. En conséquence, sur le terrain, les équipes ont implanté des placettes circulaires de 20 mètres de rayon. L'intérêt du choix de cette dimension réside dans le fait qu'il fut possible d'utiliser pour ce travail un simple équipement « Blume — Leiss ».

** Inventaire des placettes*

Après implantation, un inventaire total de la placette, en circonférence à 1,30 m, a été immédiatement réalisé et enregistré. De plus, au cours de ce travail, les souches résultant d'exploitations antérieures ont été inventoriées et mesurées en circonférence à la base.

** Sélection et cubage d'un sous-échantillon*

Après ce travail d'inventaire, un sous-échantillon composé d'arbres devant être mesurés plus complètement a été sélectionné à l'intérieur de cette placette en choisissant 1 arbre sur 10, répartis à travers toutes les classes de circonférences représentées, et, en jouant sur ce rapport de 1 à 10, de manière à ce que le sous-échantillon se compose *au minimum* de 12 arbres, en moyenne de 14 arbres, mais pouvant atteindre 21 dans certaines placettes.

Les arbres de ce sous-échantillon ont été ensuite mesurés en hauteur totale et cubés, par des grimpeurs, en les décomposant en billons de 1 m, jusqu'à ce que la circonférence bois fort (0,22 m) soit atteinte.

** Enregistrement des données*

Les données d'inventaire, aussi bien que celles résultant du cubage ont été enregistrées sur des imprimés adéquats mis au point depuis quelques années, lorsque les études de production furent entreprises en Tunisie.

b) *Description de la méthode de prélèvement en vue de l'analyse de tige*

L'introduction à ce chapitre précisait que les mesures prises pour ce travail concernaient les peuplements, ce qui a été réalisé par la méthode des placettes temporaires. Après ce premier dégrossissage, le besoin de données plus précises, donc individuelles, s'est fait sentir et la deuxième phase des travaux de terrain a commencé avec la récolte d'échantillons en vue de l'analyse de tige.

** Choix des arbres à exploiter*

Les arbres à exploiter furent sélectionnés à l'intérieur des placettes temporaires qui venaient d'être mises en place. Le nombre d'arbre à abattre a été fixé à un par placette, et cet arbre a été choisi, après un calcul qui sera décrit, comme ayant un diamètre égal au diamètre moyen.

** Abattage et règles de découpe*

Les arbres furent exploités, mesurés en hauteur totale, à partir d'un repère à 1,30 m, mis en place avant la chute, et découpés en tronçons selon les règles suivantes :

- Repérage et marquage de la découpe bois-fort.
- A partir du repère à 1,30 m, repérage et marquage des découpes à 0,30 m — 1,30 m — 2,30 m — 4,30 m — 6,30 m — etc... de 2 m en 2 m jusqu'à la découpe bois-fort.
- Les arbres furent tronçonnés ensuite perpendiculairement à l'axe du tronc, selon ces découpes et de part et d'autre de la section, en deux rondelles de 0,05 m d'épaisseur.

** Numérotation des rondelles*

Les placettes avaient reçu des numéros à deux chiffres pour permettre de les identifier. Les rondelles, prélevées par paire de part et d'autre des découpes, furent numérotées en séquence à partir de celle prise en-dessous de la découpe 0,30 m qui a reçu le numéro 1, celle située juste au-dessus étant numérotée 2. Ainsi, celles de la découpe 1,30 m reçurent respectivement, selon la même règle, les numéros 3 et 4 et ainsi de suite jusqu'à la découpe bois-fort. Au moment du report sur les rondelles, les opérateurs inscrivirent des numéros à 3 chiffres, les deux premiers permettant d'identifier la placette d'origine de l'arbre, le dernier alternativement pair ou impair permettant d'identifier la position de cet échantillon par rapport à la découpe.

** Transport et répartition des rondelles*

Dès l'abattage et tronçonnage des échantillons, toutes les rondelles provenant d'un même arbre furent enfermées

dans un sac de polyéthylène destiné à limiter au maximum les échanges d'eau.

Arrivés à l'Institut, ces sacs furent ouverts et les rondelles se terminant par des nombres impairs, donc prises en-dessous des découpes, en furent extraites en vue de l'analyse de tige qui sera décrite au § 2, tandis que celles se terminant par des nombres pairs furent acheminées dans les sacs vers la section de technologie où elles ont fait l'objet d'autres études.

2) Dépouillement initial des données récoltées

En possession de ces données d'origines diverses, il était nécessaire d'en tirer le maximum d'enseignements possibles pour répondre au problème des corrélations éventuelles avec les milieux. Le travail de bureau comprenait donc deux étapes, un dépouillement et une mise en forme des données brutes, et ensuite, une recherche des significations (au cours de cette étude le terme signification sera pris au sens statistique, c'est à dire recherche des différences significatives) et corrélations proprement dites.

a) Dépouillement des placettes temporaires

Les données obtenues doivent permettre de caractériser les peuplements c'est pourquoi elles conduisirent à l'élaboration d'un certain nombre de caractéristiques à partir des trois groupes de mesures de terrain. Ces trois groupes sont, l'inventaire en circonférence, les mesures de hauteur et les mesures de volume.

* *Données élaborées à partir des inventaires*

Les inventaires ont permis, pour chaque placette le calcul de la *surface terrière totale* de la placette. A partir de cette donnée, il a été possible d'établir la *surface terrière à l'hectare* et surtout de calculer le *diamètre moyen* comme étant le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne. C'est ce diamètre qui a permis la recherche des individus exploités en vue de l'analyse de tige (cf. ci-dessus).

* *Données élaborées à partir des mesures de hauteur*

Les mesures de hauteur, prises sur les arbres du sous-échantillon, ont permis l'élaboration de deux données intéressantes pour la suite de l'étude, la *hauteur moyenne* et la *hauteur dominante*. Cette dernière a été prise comme la hauteur moyenne des 12 plus gros arbres du sous-échantillon.

* *Données élaborées à partir des mesures de volume*

C'est à partir de ces données que sont exécutés les calculs statistiques les plus longs de cette première phase.

La décomposition en billons d'un mètre de longueur de tous les arbres du sous-échantillon permet le calcul d'une valeur aussi approchée que possible du volume bois-mort de chacun des arbres qui le compose.

A partir de ces volumes et connaissant les circonférences à 1,30 m, il a été possible de rechercher, pour chacune des placettes, un *tarif de cubage en circonférences*. Etant donné la répartition des mesures ponctuelles, ce tarif fut recherché dans une formule :

$$V = a + b C^2$$

où V désigne le volume — C la circonférence et a et b des paramètres à déterminer.

La détermination de ces paramètres a été réalisée par la recherche d'une droite de régression entre V et C^2 , donc après un changement de variable C en C^2 . D'autre part, la validité de ces ajustements de tarif fut vérifiée en faisant le rapport de la variation due à cet ajustement « linéaire » à la déviation à partir de cet ajustement (c'est-à-dire, l'effet imputable au terme de degré immédiatement supérieur, donc en C^4 , à la suite du changement de variable initial). Ce rapport fut, à chaque fois, comparé à la distribution de F de Snedecor.

En outre, les arbres du sous-échantillon ayant été également mesurés en circonférence à la base, il a été possible de calculer la relation existant entre cette circonférence et celle à 1,30 m.

Cette relation a été cherchée de la forme

$$C_{1,30} = a' + b' C_b$$

où $C_{1,30}$ = circonférence à 1,30 m

C_b = circonférence à la base

a' et b' = des paramètres à déterminer.

Comme précédemment, la validité de chacun de ces ajustements a été vérifiée.

A partir de cette dernière formule, il a été possible de rétablir une estimation du volume, V_c , exploité antérieurement, l'inventaire des souches rencontrées ayant été réalisé. De plus, l'application du tarif de cubage à l'inventaire total a permis le calcul du volume existant V_e . A partir de ces

résultats, il a été possible d'établir le *volume bois-fort* total V_t , produit par chaque placette, en calculant

$$V_t = V_e + V_c$$

De cette dernière opération, le *volume à l'hectare*, V/ha , s'est déduit très facilement.

b) *Analyse de tige*

Les échantillons de tige prélevés selon la méthode décrite ci-dessus ont été analysés au bureau selon un protocole très simple.

* *Préparation des rondelles*

Avant toute opération de mesure, il a été procédé sur chacune des rondelles, au traçage sur une section de deux diamètres perpendiculaires et au repérage des intervalles de 10 cerne à partir du cerne extérieur jusqu'à ce que le nombre de cerne restant entre la dernière tranche de 10 cerne la plus centrale et l'axe du tronc lui-même, soit inférieure à 10.

* *Mesures des diamètres et circonférences*

La première mesure a porté sur la circonférence sur écorce. Ensuite, selon les quatre directions pré-tracées, des séries de 4 rayons ont été mesurés, correspondant successivement au cerne extérieur et à chacun des groupes de 10 cerne jusqu'au plus central de ces groupes.

* *Mesures déduites*

A partir de ces mesures initiales, il a été possible de déduire un certain nombre de données.

— L'âge total de l'arbre, en considérant le nombre total des cerne de la rondelle 1 (0,30 m) et en y ajoutant systématiquement 2 ans (durée estimée pour atteindre ce niveau).

— Les diamètres sous écorce de 10 ans en 10 ans à partir de l'âge actuel et à différents niveaux (en multipliant par 2 les moyennes des quatre rayons mesurés).

— Le pourcentage d'écorce à différents niveaux, grâce aux mesures de la circonférence sur écorce et du diamètre du cerne actuel sous écorce.

— Les âges auxquels les différentes hauteurs furent atteintes, en soustrayant, le nombre total de cerne d'une rondelle de l'âge total.

— Les volumes bois-fort sous écorce, enfin, de 10 ans en 10 ans, par estimation de la hauteur de la découpe cor-

respondante et calcul du volume des billons situés en-dessous. En conclusion donc, à partir de ces analyses de tige, un grand nombre de données permettant de mieux cerner la croissance des pins maritimes ont pu être estimées avec une assez grande précision.

3) Calcul des significations

Les placettes temporaires ont été implantées sur des milieux qui semblaient, à priori, grâce aux études écologiques, se distinguer plus ou moins les uns des autres. A partir maintenant de ces échantillons, sur lesquels un certain nombre de résultats chiffrés ont pu être établis, il a paru intéressant d'étudier les possibilités de regroupement statistiquement valables, pour, soit confirmer le jugement initial, soit en proposer un autre.

Ce travail a été réalisé en deux temps, mise en forme des données de manière à les rendre comparables, et recherche des regroupements.

a) *Transformation des données*

Les données manipulées pour cette étude ont été la hauteur et le volume à l'hectare.

* *Hauteur*

C'est le critère le plus couramment utilisé pour caractériser une station, aussi son emploi a semblé le plus intéressant; mais, dans le cas présent, l'analyse de tige a montré que les âges variaient de 26 ans à 50 ans. Il a donc paru nécessaire d'éliminer cette source d'erreur pour faire des comparaisons valables. Plutôt donc que la hauteur, il a paru souhaitable d'employer l'accroissement moyen annuel en hauteur, obtenu en divisant la hauteur par l'âge moyen de la parcelle considéré comme égal à l'âge de l'arbre exploité pour analyse de tige. Le choix de l'âge moyen de la parcelle se justifie par deux considérations. La première s'appuie sur le fait que jusqu'à ces dernières années, le pin maritime n'avait fait l'objet, en Tunisie, d'aucune sylviculture, hormis une circulaire administrative, promulguée en 1935, et citée précédemment, qui prescrivait la coupe systématique de tous les arbres d'un diamètre supérieur à 0,20 m. La deuxième, qui découle partiellement de la précédente, est que les peuplements rencontrés actuellement sont tous consécutifs à des incendies; surtout vu le caractère envahissant de cette essence qui a tendance, après ce genre d'accident à envahir

les peuplements de chêne-liège (ce qui justifie la circulaire précitée à une époque où le liège constituait le revenu principal des forêts tunisiennes). Le risque donc, sur une aussi petite superficie que 12 ares, de rencontrer des âges variés est très faible, de plus, cela a été vérifié sur plusieurs placettes temporaires plus ou moins contiguës.

** Volume à l'hectare*

De la même façon, par la connaissance de l'âge des parcelles, il a été possible de déterminer la production en bois-fort en mètres cubes par an. Mais cette production varie selon l'âge, en divisant la valeur obtenue par le nombre de tige, les stations peuvent être caractérisées par une valeur qui pourrait être appelée production en mètre cube bois-fort par an de la tige moyenne.

** Accroissement annuel en diamètre moyen*

A partir du diamètre moyen, calculé selon la méthode décrite précédemment, il a été possible d'établir pour chaque placette un accroissement annuel en diamètre moyen.

b) Recherche des groupements

A partir des deux données transformées ci-dessus, (hauteur et volume) différentes possibilités de regroupement des placettes ont été testées.

Les tests ont été calculés sur chacune des variables ci-dessus par une analyse de variance avec un test de signification (test de Snedecor), et les écarts relatifs entre les groupements ont été analysés et comparés par un test de t (Student).

Le schéma théorique suivi est extrêmement classique et ne mérite pas de plus amples commentaires, il s'agit d'une comparaison de la variance du facteur contrôlé, le groupement, à la variance due au facteur non contrôlé. Quand au test, il s'est résumé dans la comparaison de la valeur de la différence entre deux moyennes à la plus petite différence significative t sd avec

$$sd = \sqrt{\frac{s^2 (na + nb)}{na \ nb}}$$

où na effectif de la population correspondant à la première moyenne et nb à la deuxième et s^2 représente la variance de l'erreur résiduelle.

c) Analyse des corrélations

Lorsque la série d'analyses, définie précédemment, a permis un regroupement des placettes, les données récoltées grâce à l'analyse de tiges ont permis le calcul d'un certain nombre de lois de croissance.

Pratiquement, pour chacun des groupes, le travail a consisté en une recherche de :

- Lois de croissance en hauteur totale et bois-for
- Lois de croissance en diamètre à 1,30 m
- Lois de croissance en volume bois-for

La répartition graphique des valeurs observées a conduit à établir pour ces lois les équations suivantes :

- en hauteur

$$H = \sqrt{a_1 + b_1 A} \quad \text{(aussi bien pour la hauteur totale que la hauteur bois-for)}$$

- en diamètre

$$D = a_2 + b_2 A^2$$

- en volume

$$V = a_3 + b_3 A^2$$

où H = hauteur, D = diamètre, V = volume, A = âge et $a_1, b_1, a_2, b_2, a_3, b_3$ sont des paramètres à déterminer.

La validité de ces ajustements fut vérifiée à chaque fois et une comparaison des coefficients de régression b_1, b_2 et b_3 deux à deux fut réalisée pour mettre en évidence l'effet des regroupements.

d) Analyse du pourcentage d'écorce (rapporté à la circonférence)

Il a paru, en outre, intéressant d'analyser les variations des pourcentages d'écorce observés.

Sur chaque individu, ayant fait l'objet d'une analyse de tige, les données de base ont été utilisées pour établir les pourcentages d'écorce, par rapport au diamètre total (sur écorce) aux niveaux suivants, 1,30 m — 4,3 m — 6,3 m — 8,3 m et 10,3 m.

Ces données ont été immédiatement transformées grâce à un changement de variable

$$X = \text{Arc sin} \sqrt{\frac{e}{100}}$$

où X, nouvelle variable et e, % d'écorce mesurée.

Sur ces nouvelles données, une première analyse de variance a permis la comparaison du pourcentage d'écorce à 1,30 m entre les groupes déterminés précédemment. La deuxième étape de l'analyse a consisté à rechercher les variations significatives entre les pourcentages observés à différents niveaux.

Chapitre III. — RESULTATS

I. — CONSTITUTION DES GROUPES

Le premier problème, ainsi qu'il a été expliqué dans le chapitre précédent, était la recherche d'un éventuel groupement des différentes placettes temporaires. Ou, statistiquement parlant, il s'agissait de trouver les différences significatives pouvant exister entre les échantillons de peuplement analysés.

1) Regroupement basé sur la simple étude écologique

L'étude des milieux, exécutée préalablement à toute analyse des peuplements (cf. chapitre I § II) avait permis à l'écologiste de définir un certain nombre de stations différentes qui ont servi de base pour la sélection des échantillons. Ce classement peut être très brièvement résumé comme suit :

Définition des milieux	Nombre de placettes et numéros
1 Moyen :	
faciès 1-1 typique	4 : N° 16, 36, 74, 76
1-2 riche (humifère)	7 : N° 24, 32, 37, 47, 72, 67, 80
1-3 hydromorphe	4 : N° 27, 52, 56, 70
2 A <i>Erica multiflora</i> :	
faciès 2-1 typique	
21-1 sur grès	2 : N° 38, 43
21-2 sur argile	3 : N° 39, 77, 77 bis
2-2 humifère	1 : N° 44
3 A <i>Smilax aspera</i>	
3-1 sableux	2 : N° 29, 57
3-2 argileux	2 : N° 45, 33
4 Hydromorphe typique	4 : N° 22, 34, 58, 71

Précédemment, il a été procédé à la description des milieux distingués principalement sur la base de la végétation, et présentant des caractères communs du point de vue pédologique. L'implantation des placettes temporaires en fonction des unités distinguées a eu pour but de vérifier si, aux différences écologiques correspondaient des différences dans la productivité ou les caractéristiques dendrométriques du pin maritime.

Or l'analyse des données des placettes temporaires a montré que le regroupement en milieux ne permettait pas de mettre en évidence des différences significatives entre les unités. Dès lors, un autre regroupement s'imposait.

Il est certain que, du fait que l'aire du pin maritime est restreinte au point de vue climatique, la distinction en milieux consiste en réalité à séparer uniquement des milieux édaphiquement différents.

Or, dans une recherche des relations entre le peuplement et les conditions stationnelles, on est amené rapidement à caractériser celles-ci par la présence, ou l'absence, de caractères édaphiques jugés favorables ou défavorables. Le principal critère de discernement en cette matière est le comportement de l'enracinement vis-à-vis des données pédologiques. C'est sur cette base que la définition des différentes placettes et leur classement ont été reconsidérés.

2) Nature des facteurs édaphiques favorables ou défavorables

L'examen purement phénologique de l'allure des peuplements de pin maritime et leur rapprochement avec les sols observés amènent à formuler certaines conclusions quant à l'écologie de cette espèce.

La présence de calcaire, même en profondeur, élimine les peuplements de cette espèce. Dans ces stations, les pins n'existent qu'à l'état isolé et sont le plus souvent chlorotiques à l'âge adulte.

Les sols non calcaires comprennent des sols formés à partir de :

— grès

- argiles à pseudogley
- colluvions caillouteuses sur argile ou grès.

Dans ces matériaux, l'observation de l'enracinement des arbres montre qu'il se raréfie dans les grès altérés, consistants, dans les argiles à taches de réduction abondantes, où le gley radiculaire est intense.

Aussi, se basant sur ces constatations et sur le fait que le pin est d'autant plus médiocre que le sol est superficiel (milieu à *Erica multiflora*), on a regroupé les parcelles de la manière suivante :

Groupe A : Parcelles sans grès compact ni argile à pseudogley, à la profondeur d'observation, (1,80 m en général)

Numéro de la parcelle	Nature de la roche-mère : caractères édaphiques
24	Colluvions caillouteuses lessivées mélangées à une argile sableuse sans pseudogley.
29	Colluvions sablo-argileuses, très humifères.
45	Argile, en surface, à argile sableuse en profondeur, très humifère, sans pseudogley.
52	Texture équilibrée, sans pseudogley. Racines jusque 120 cm.
57	Sableux à sablo-argileux, très humifère.
72	Texture équilibrée en surface, très humifère, à argile avec pseudogley léger au delà de 110 cm.
80	Colluvions caillouteuses mélangées d'argile à faible pseudogley au delà de 120 cm.

Groupe B : Parcelles présentant du grès compact ou une argile à pseudogley intense à plus de 50 cm.

Numéro de la parcelle	Nature de l'horizon limitatif	Profondeur
16	Argile à pseudogley dès 40 cm	Pseudogley fort à 90 cm
22	Argile à pseudogley dès 25 cm	Pseudogley fort à 50 cm Limitation de l'enracinement vers 80 cm
27	Alternance d'argile à pseudogley et de barres de grès	55 cm
32	Grès peu altérés	70 cm
33	Grès peu altérés	130 cm
36	Grès peu altérés	60 cm
37	Grès peu altérés	60 cm
38	Grès peu altérés	55 cm
47	Grès peu altérés	60 cm
56	Argile à pseudogley dès 50 cm	Fort pseudogley et limitation des racines vers 85 cm
58	Argile à pseudogley dès 70 cm	Pseudogley intense et limitation des racines vers 105 cm
67	Grès altérés	95 cm
70	Argileux dès 5 cm pseudogley dès 60 cm	Pseudogley intense et limitation des racines vers 75 cm
71	Argileux dès 50 cm avec pseudogley à partir de 70 cm	Limitation des racines vers 70/90 cm
74	Grès peu altérés	Environ 75 cm
76	Argileux dès 60 cm avec pseudogley à partir de 90 cm	Environ 90 cm
77 et 77 bis	Argileux dès 10 cm	Environ 70 cm

Groupe C : Parcelles présentant du grès peu altéré ou une argile à pseudogley intense à moins de 50 cm.

Numéro de la parcelle	Nature de l'horizon limitatif	Profondeur
34	Grès peu altérés en poches irrégulières	Irrégulière mais au minimum de 20 cm
39	Argile à pseudogley à lits de grès	45 cm
43	Grès peu altérés	30 cm
44	Grès altérés en une argile sableuse compacte à limite irrégulière	45/80 cm

Comme il fallait s'y attendre, le groupe A est apparu comme significativement différent des deux autres, et cela quelle que soit la variable utilisée, accroissement annuel en hauteur ou production annuelle en volume de la tige moyenne. Par contre, il n'est pas apparu de différence significative entre les groupes B et C. Il a donc fallu étudier la possibilité de trouver un autre regroupement à l'intérieur des parcelles qui constituaient les groupes B et C. Ce dernier classement, basé sur l'accroissement annuel en hauteur fut, par la suite, considéré comme définitif, à cause des multiples enseignements qu'il a permis de tirer sur le comportement du pin maritime.

3) Groupement définitif des placettes temporaires

Dans ce regroupement, les placettes du groupe A du chapitre précédent ont été conservées ensemble (absence de facteur limitant). A l'intérieur des placettes restantes, un classement a été établi dans l'ordre des prestations (1) décroissantes, selon le critère utilisé, sur ce classement. Il a été constitué deux groupes de 7 placettes (B' et C') et un de 8, (D') les placettes N° 77 et 77 bis n'ayant pas été dissociées.

La recherche des significations sur ce dernier regroupement a conduit aux résultats suivants :

- le groupe A (identique à celui du paragraphe précédent) est significativement différent des groupes B', C' et D' nouvellement constitués.
- les groupes B' et C' ne sont pas dissociables, mais, par contre, l'ensemble est significativement différent du groupe D'.

En définitive, les placettes temporaires se trouvent associées en 3 groupes dont la composition est la suivante :

Groupe I. : placettes N° 24, 29, 45, 52, 57, 72, 80

Groupe II. : placettes N° 16, 22, 32, 34, 36, 27, 47, 56, 58, 67, 70, 71, 74, 37

Groupe III. : placettes N° 33, 38, 39, 43, 44, 76, 77, 77 bis

Après ce travail de regroupement, il a été procédé à une vérification des significations sur le critère accroissement annuel en volume de la tige moyenne qui avait permis de détacher le groupe I, II et III, et il a été trouvé que tous étaient significativement différents.

(1) Prestation est pris ici dans le sens de fourniture en nature et remplace résultat plus vague.

Au contraire le calcul des mêmes tests en prenant l'accroissement annuel en diamètre moyen pour variable, a donné les significations suivantes :

Groupe I, différent des groupes II et III non dissociables.

II. — CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DE CES GROUPES

1) Caractéristiques écologiques

En regroupant les informations du chapitre III § I, les définitions écologiques de ces trois groupes sont en première approximation, les suivantes :

- Groupe I : milieu moyen riche (1-2) : 3 placettes (24-72-80)
milieu moyen hydromorphe (1-3) : 1 placette (52)
milieu à *Smilax aspera* sableux (3-1) : 2 placettes (29-57)
milieu à *Smilax aspera* argileux (3-2) : 1 placette (45).
- Groupe II : milieu moyen typique (1-1) : 3 placettes (16-36-74)
milieu moyen riche (1-2) : 4 placettes (32-37-47-67)
milieu moyen hydromorphe (1-3) : 3 placettes (27-56-70)
milieu hydromorphe typique (4) : 4 placettes (22-34-58-71).
- Groupe III : milieu moyen typique (1-1) : 1 placette (76)
milieu à *Erica multiflora*
typique sur grès (21-1) : 2 placettes (38-43)
typique sur argile (21-2) : placettes (39-77-77 bis).
humifère (2-2) : 1 placette (44)
milieu à *Smilax aspera* argileux (3-2) : 1 placette (33).

Le groupe I, représente intégralement les placettes qui avaient été classées « sans facteur limitant ». Du point de vue « milieu » on y retrouve toutes les parcelles du milieu le plus riche (3) à *Smilax*, sauf la parcelle 33 qui, il faut le

souligner, présente du grès en profondeur et une certaine abondance d'*Erica multiflora*. Les deux notions, « milieu » et « facteur limitant » se retrouvent donc ici : le milieu 3, à *Smilax aspera*, ne présente qu'exceptionnellement un « facteur limitant » et est toujours classé dans le groupe à meilleure croissance. C'est le « milieu » assurément le plus fertile.

Les autres parcelles du groupe I appartiennent au milieu moyen, 2, surtout à tendance riche. Cependant les autres parcelles de ce milieu se retrouvent surtout dans le groupe II. Ce milieu 2 n'apparaît donc pas homogène et on ne retrouve dans le groupe I que les parcelles sans « facteur limitant ».

En conclusion, l'absence du « facteur limitant », généralisée dans le milieu 3 et partielle dans le milieu 2, provoque un accroissement annuel en hauteur dominante significativement plus fort.

Le groupe II : toutes les parcelles de ce groupe présentent un facteur limitant (sauf la parcelle 34) entre 50 et environ 100 cm, soit en moyenne vers 70 cm. Cependant toutes les parcelles à facteur limitant à cette profondeur ne sont pas dans le groupe II. Il s'agit des parcelles 33, 38, 77 et 77 bis. Or ces parcelles font partie des milieux à *Erica multiflora*. On peut donc conclure en ce qui concerne le facteur limitant que les parcelles présentant celui-ci entre 50 et 100 cm, sans abondance d'*Erica multiflora*, sont classées dans le groupe II.

En ce qui concerne les milieux, le groupe II comprend la majorité (les 2/3) du milieu moyen (1) et tout le milieu hydromorphe (4). Il ne comprend aucune parcelle du milieu 2.

En conclusion, la présence d'un facteur limitant dans le sol, entre 50 et 100 cm, sans abondance simultanée d'*Erica multiflora*, amène un accroissement significativement inférieur en hauteur, en diamètre et en volume. Cela se traduit par une réduction de 30 % dans l'accroissement en volume vis-à-vis du groupe I, sans facteur limitant.

Cette classe de fertilité du pin maritime à Tabarka représente la moyenne et la majorité de ses peuplements dans cette région. Elle signifie que le pin y atteint encore ces performances sur des grès altérés entre 55 et 130 cm (75 cm en moyenne) ou sur des argiles présentes dès 40 cm en moyenne (entre 5 et 70 cm) où le pseudogley n'est intense que vers 85 cm en moyenne (entre 70 et 100 cm). Ce dernier point notamment met en évidence que si la réduction de croissance est sensible vis-à-vis des meilleurs sols (30 % sur l'accroissement en volume), le pin atteint cependant encore des performances honorables sur les sols argileux superficiels

(moins de 50 cm), à condition que le pseudogley intense y soit profond (70/100 cm).

Le groupe III : du point de vue facteur limitant, toutes les parcelles de ce groupe en présentent un. D'autre part, il n'apparaît pas d'influence nette de sa profondeur. Le groupe est en effet composé aussi bien de parcelles à facteur limitant superficiel (moins de 50 cm) que profond.

Du point de vue milieu, ce groupe comprend toutes les parcelles du milieu 4 à *Erica multiflora*. Ce milieu apparaît donc particulièrement bien individualisé. Il semble que, outre la présence d'un facteur limitant édaphique, ce groupement indique des conditions écologiques (microclimatiques, topographiques) particulièrement défavorables au pin. Ce fait pourrait être aussi interprété comme résultant d'une concurrence extrême de l'*Erica* ou des antagonismes *Erica*-pin.

Quoi qu'il en soit, dans ce milieu, le pin montre une réduction considérable de croissance puisqu'on constate une diminution significative sur l'accroissement en volume de 55 % vis-à-vis des meilleurs sols, et de 35 % vis-à-vis du groupe II.

Conclusions générales sur la signification écologique des groupes

La majorité des profils étudiés et des placettes mesurées présentent un facteur édaphique limitant, grès compact ou argile à pseudogley, vers 70 à 80 cm. Vis-à-vis de l'ensemble des peuplements parcourus, ils semblent, en représenter environ 70 %. Leurs caractéristiques dendrométriques sont nettement précisées dans les paragraphes se référant au groupe II.

Vis-à-vis de ce type moyen de forêt, les peuplements connaissent une différence positive significative d'accroissement, lorsque le sol ne présente pas de facteur limitant jusque 150 à 180 cm environ. C'est notamment le cas des milieux où *Smilax aspera* est très abondant. Ces milieux ne semblent pas représenter plus de 10 à 15 % des peuplements étudiés.

A l'opposé, il se produit une réduction significative d'accroissement dans les milieux où *Erica multiflora* est abondante. Les caractéristiques dendrométriques sont celles du groupe III. Le milieu est répandu dans certaines régions, et peu en altitude (jusque 300/350 m). Il semble représenter environ 10 à 15 % de l'ensemble des peuplements étudiés.

2) Caractéristiques dendrométriques

a) A partir des échantillons de peuplement

Selon les procédés qui ont été décrits dans le paragraphe méthodologie, un certain nombre de caractéristiques ont été étudiées sur chacun des groupes et sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Groupes	Accroissement annuel en hauteur	Production annuelle en volume bois fort	Accroissement annuel en diamètre t m.	Densité	Production	Age d'exploitabilité pour un diamètre 0,25 m
	m/an	m3/an	cm/an	tige/ha	m3/ha/an	
moy.	0,308	0,008	0,61	640	5	40 à 42 ans
I min.	0,302	0,0076	0,59	600	4,6	
max.	0,314	0,0084	0,63	680	5,7	
moy.	0,250	0,0051	0,505	700	3,5	50 ans
II min.	0,249	0,0050	0,50	680	3,4	
max.	0,252	0,0052	0,51	720	3,7	
moy.	0,208	0,0033	id à groupe II	670	2,2	id à groupe II
III min.	0,204	0,0032		640	2,0	
max.	0,212	0,0034		700	2,4	

Nota : 1) Les valeurs des maximums et minimums correspondent à un intervalle de confiance au seuil de 95 %.

2) t. m. = tige moyenne.

Les trois premières colonnes correspondent à des données calculées et permettent, en particulier, de classer les trois groupes les uns par rapport aux autres de la façon suivante :

Accroissement annuel en hauteur : groupe I > groupe II > groupe III

Production annuelle en volume bois fort sur écorce : groupe I > groupe II > groupe III

Accroissement annuel en diamètre : groupe I > groupe II et groupe III.

Donc, l'action des « milieux » se fait sentir sur les croissances en hauteur et volume tandis que, dans le cas des groupes II et III il n'y a pas de différence significative sur la croissance en diamètre.

Cette observation constitue un résultat important qui sera repris ultérieurement.

Il faut enfin noter que les valeurs indiquées dans la colonne densité constituent des valeurs observées; alors que, au contraire les deux dernières colonnes représentent des valeurs déduites des premières colonnes et que la production est donnée en volume bois fort sur écorce.

*b) Caractéristiques établies d'après les analyses de tige.
Lois de croissance.*

Comme il a été expliqué dans la description des méthodes, les analyses de tige ont permis l'établissement d'un certain nombre de lois relatives aux groupes distingués.

** Lois de croissance en hauteur totale*

Les lois de croissances ont été recherchées (cf. chapitre méthodologie) elles sont de la forme :

$$H = \sqrt{a_1 + b_1 A}$$

soit Hauteur totale = f (Age)

L'analyse des significations a permis de mettre en évidence 3 lois de régression différentes dont les équations sont :

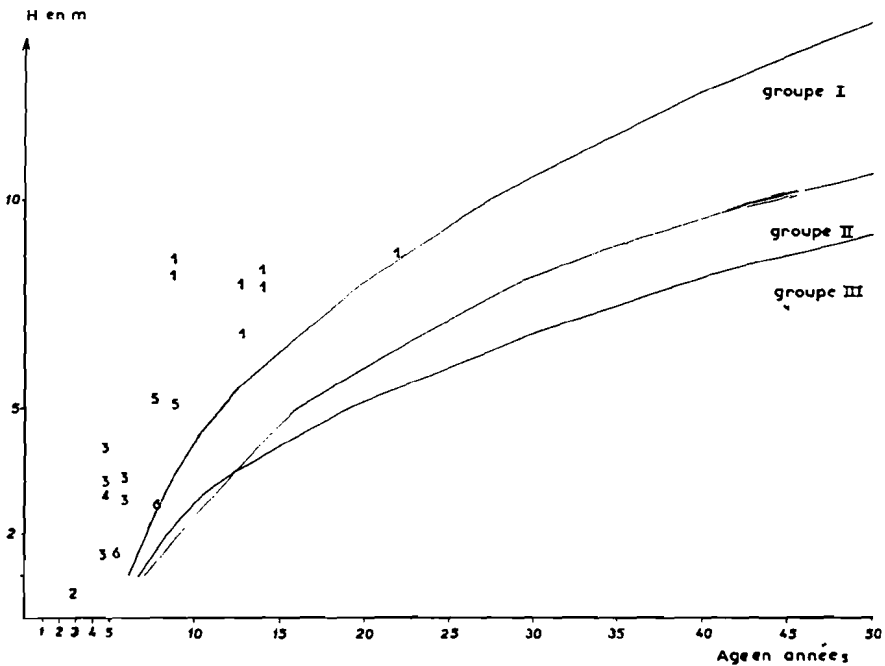
Avec A en années
et H en mètres

$$\text{Groupe I} : H = \sqrt{4,7A - 29,1}$$

$$\text{Groupe II} : H = \sqrt{2,7A - 17,8}$$

$$\text{Groupe III} : H = \sqrt{1,9A - 11,8}$$

Ces lois ont été représentées sur le graphique 1, et elles permettent de matérialiser l'influence des différents facteurs qui caractérisent le milieu sur les lois de croissance.



Graphique 1 : Loi de croissance en hauteur totale.

Nota : Les graphiques ont été complétés avec les résultats de :

- 1 placettes temporaires du Fardj
- 2 arboretum du Dj. Abderrahman
- 3 arboretum Pryor
- 4 arboretum du Remel
- 5 arboretum de Souiniat
- 6 arboretum de Zerniza

* *Loi de croissance en diamètre sous-écorce*

Les lois de croissance en diamètre, Diamètre = f (Age), sont elles de la forme :

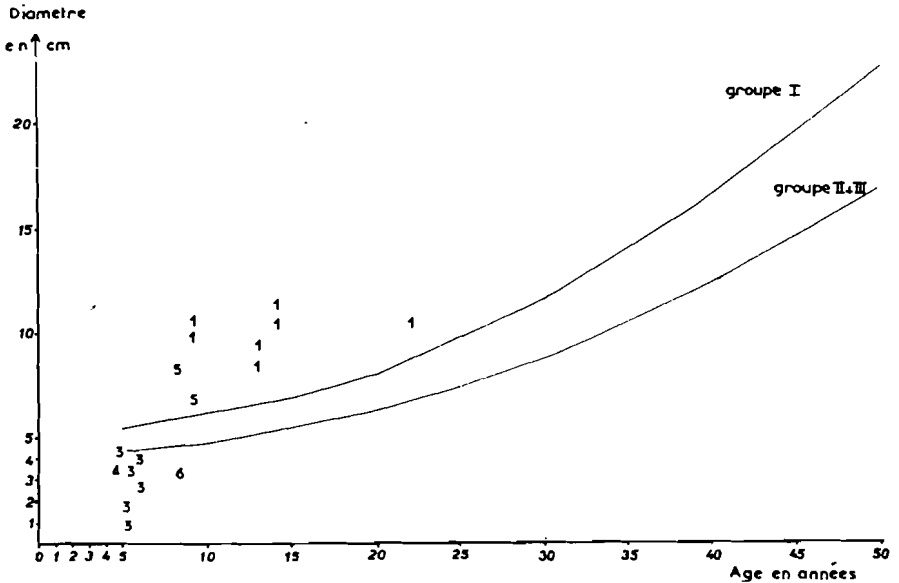
$$D = a^2 + b^2 A^2$$

Les analyses sur la signification n'ont permis de mettre en évidence que deux lois de régression significativement différentes.

Groupe I : $D = 5,425 + 0,007A^2$

Groupe II et III : $D = 4,418 + 0,005A^2$

Ces lois donnent le diamètre en centimètres avec l'âge introduit en années dans la formule et sont représentées sur le graphique 2.



Graphique 2 : Loi de croissance en diamètre sous écorce.

Nota : Les graphiques ont été complétés avec le résultats de :

- 1 placettes temporaires du Fardj
- 3 arboretum Pryor
- 4 arboretum du Remel
- 5 arboretum de Souiniat
- 6 arboretum de Zerniza

** Lois de croissance en volume bois-forêt sous-écorce*

Les lois ont été recherchées sur le type volume = f (Age) et de la forme :

$$V = a^3 + b^3 A^3$$

Les comparaisons de signification ont permis de mettre en évidence trois lois :

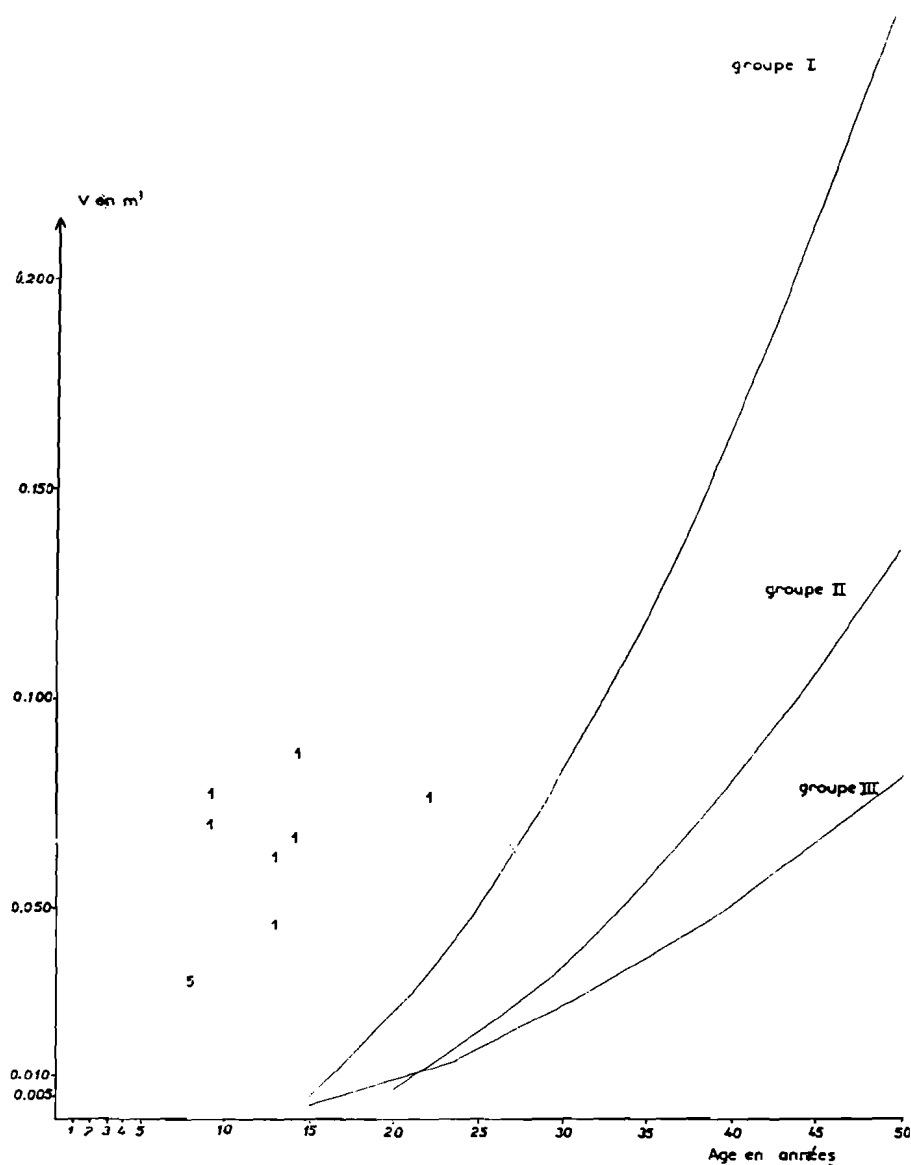
Groupe I : $V = 0,000116A^3 - 0,0209$

Groupe II : $V = 0,000061A^3 - 0,0174$

Groupe III : $V = 0,000035A^3 - 0,0047$

Les volumes bois-forêt sont obtenus en mètre-cubes, les âges étant fournis en années et sont représentés sur le graphique 3.

Les tests de F, destinés à comparer les coefficients de régression, sont résumés dans les tableaux ci-après.



Graphique 3 : Loi de croissance en volume bois-fort.

Nota : Les graphiques ont été complétés avec le résultats de :

- 1 placettes temporaires du Fardj
- 5 arboretum de Souiniat

* *Loi de croissance en hauteur*

Groupes	II	III	(1)
I	7,8*	10,15*	
II	////	4,37*	

Ces tableaux donnent les valeurs de F, dans les comparaisons entre groupes et les symboles utilisés indiquent la signification des différences observées entre les coefficients de régression.

* *Lois de croissance en diamètre sous écorce*

Groupes	II	III	(1)
I	2,10*	3,35*	
II	////	1,49 NS	

* *Lois de croissance en volume bois-fort sous-écorce*

Groupes	II	III	(i)
I	8,2**	6,18**	
II	////	3,9 **	

Nota : Ces résultats sont à rapprocher de ceux trouvés par la méthode des placettes temporaires.

* *Autres caractéristiques individuelles : Décroissance métrique et coefficient de forme*

Pour essayer de préciser les connaissances sur les critères caractérisant la croissance des pins maritimes dans les dif-

(1) Remarque :

NS = non significative * = significative au seuil de 95 % ** = significative au seuil de 99 %.

férentes conditions rencontrées au cours de l'étude, la décroissante métrique a semblé être utile.

Le calcul selon la méthode décrite à montré que :

- Le groupe I a une valeur significativement inférieure à celle des groupes II et III non dissociables; autrement dit, et cela est un point important, sur les stations du groupe I les arbres sont plus cylindriques que sur les groupes II et III.
- Les valeurs respectives sont :
 Groupe I : 0,060 mètre/mètre
 Groupe II et III : 0,080 mètre/mètre

A partir de cette valeur et connaissant la hauteur d'un arbre, il est possible de déduire la valeur du coefficient de forme par la formule :

$$f = (1 - \frac{H}{2} \text{ dm})^2$$

où f = coefficient de forme, H la hauteur bois-fort et dm = décroissance métrique.

Ce coefficient de forme pourra, comme le démontrera la suite de cette étude, être utilisé pour le calcul de valeurs approchées du cube des arbres.

* *Etude du pourcentage d'écorce*

L'étude statistique sur les pourcentages de l'écorce par rapport au diamètre sous écorce a permis de mettre en évidence les points suivants :

- à 1,30 m le pourcentage d'écorce n'est pas significativement différent d'un groupe de placettes à l'autre et sensiblement égal à 29 %
- sur un arbre le classement des pourcentages d'écorce est le suivant :

1,30 m — 29 %

4,30 m — 19 %

au-dessus, pas de différence et une valeur moyenne égale à 16 %.

* *Comparaison des croissances en hauteur totale et en hauteur bois-fort.*

Pour chacun des groupes ces lois sont :

Groupe I $H_{br} = \sqrt{5,7A - 111,4}$

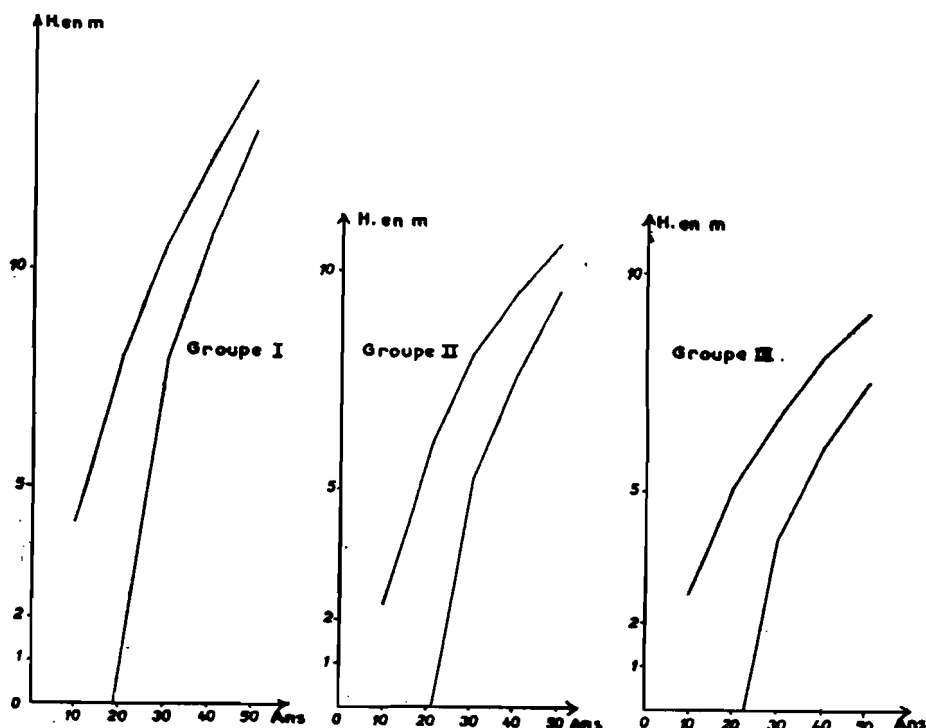
Groupe II $H_{br} = \sqrt{3,2A - 68,7}$

Groupe III $H_{br} = \sqrt{2,1A - 47,4}$

Groupes	II	III
I	4,21**	5,97**
II	////	3,02**

Une comparaison des significations du paramètre des régressions montre donc des différences significatives entre les différentes courbes.

A partir de ces équations, les courbes ont été tracées par groupe, et il a paru intéressant de compléter ces graphiques par les lois de croissance en hauteur totale : graphique 4.



Graphique 4 : Comparaison des croissances en hauteur totale et bois-fort.

De tels graphiques permettent de visualiser la comparaison entre l'évolution de ces deux critères.

Il apparaît ainsi nettement que, bien que le phénomène soit tardif, apparition entre 19 ans et 23 ans selon les groupes,

la découpe bois-fort « monte » assez rapidement au début le long du tronc diminuant d'autant l'importance des menus-bois et à 50 ans la hauteur bois-fort représente :

93 % de la hauteur totale dans le groupe I

90 % de la hauteur totale dans le groupe II

83 % de la hauteur totale dans le groupe III

Cette constatation vient confirmer certaines hypothèses sur les formes (groupe I particulièrement cylindrique) et surtout l'observation relative à la faible importance de la cime du pin maritime adulte.

III. — DISCUSSION DES RESULTATS DENDROMETRIQUES

1) Sur les différences entre les croissances

a) en hauteur totale

Les deux méthodes, placettes temporaires et analyse de tiges ont montré que les milieux agissaient différenciellement sur les croissances en hauteur et que le sens des variations était le même.

Les lois de croissance en hauteur sont de la forme

$$H = \sqrt{a_1 + b_1 A}$$

L'accroissement en hauteur pendant une période dA quelconque sera donné par :

$$dH = \frac{b_1 dA}{2 \sqrt{a_1 + b_1 A}}$$

L'accroissement annuel à un moment quelconque sera donc :

$$\Delta H = \frac{b_1}{2 \sqrt{a_1 + b_1 A}}$$

L'accroissement en hauteur diminue au cours du vieillissement, ce que montraient les courbes et, à l'âge moyen des placettes de chaque groupe, il a pour valeur :

Groupe I $\Delta H = 0,09$ m/an à 43 ans

Groupe II $\Delta H = 0,07$ m/an à 41 ans

Groupe III $\Delta H = 0,06$ m/an à 41 ans

Ces valeurs représentent des accroissements actuels qui sont beaucoup plus faibles que les accroissements moyens depuis l'année 0. En effet, ces derniers peuvent être établis en appliquant la loi primitive pour l'âge moyen actuel et en divisant cette croissance globale par la durée totale. Par ce procédé la valeur des accroissements moyens obtenus est :

Groupe I 0,302 m/an à 0,307 m/a

Groupe II 0,232 m/an à 0,236 m/an

Groupe III 0,195 m/an à 0,200 m/an

Nota : Ces chiffres obtenus par analyse de tige sont à rapprocher de ceux fournis, par l'analyse des placettes temporaires :

(groupe I : 0,308 — groupe II : 0,25 — groupe III : 0,208).

b) en diamètre

Il est possible d'obtenir par dérivation de la loi de croissance une estimation de la croissance à un âge quelconque par le calcul de :

$$\Delta H = 2 b_1 A$$

Il est aussi possible de calculer l'accroissement moyen comme précédemment. Mais, pour pouvoir faire une comparaison avec les chiffres obtenus par analyse de tige il faut majorer les valeurs obtenues de 30 % afin d'obtenir une estimation sur écorce, la loi étant établie pour des valeurs sous-écorce. Les résultats obtenus sont :

Groupe I 0,55 à 0,57 cm/an

Groupes II et III 0,40 à 0,41 cm/an

donc des valeurs légèrement plus faibles que les valeurs obtenues par la méthode des placettes temporaires :

(groupe I : 0,61 cm/an — groupe II et III : 0,505 cm/an)

Par ailleurs le fait remarquable est que l'analyse de tige aussi bien que l'analyse des placettes temporaires ont montré que la croissance en diamètre n'était pas différente entre les milieux II et III. En remontant aux définitions de ces groupes, cela permet d'affirmer que la présence du « facteur limitant » joue un rôle prépondérant sur la croissance en diamètre.

Si, enfin, le problème du diamètre et de l'âge d'exploitabilité est repris en tenant compte du % d'écorce, les résultats obtenus sont, d'après les lois de croissance :

Groupe I 42 ans

Groupes II et III 52 ans

c) en volume bois-fort

Il reste enfin à rapprocher les résultats en volume, en faisant observer que là encore l'écorce joue un rôle fondamental et que les résultats fournis par les lois de croissance doivent être multipliés par un facteur correctif (1,56 en prenant 25 % d'écorce en moyenne) avant d'être comparés à ceux provenant de l'analyse des placettes temporaires.

Comme précédemment, il est possible de déterminer les accroissements « instantanés » par dérivation de la loi de croissance. Quant aux accroissements moyens annuels, pour l'arbre moyen ils sont de :

Groupe I : de 0,0069 à 0,0073 m³/an sur écorce

Groupe II : de 0,0031 à 0,0033 m³/an sur écorce

Groupe III : de 0,0019 à 0,0021 m³/an sur écorce

et les valeurs obtenues par la méthode des placettes temporaires :

groupe I : 0,008 m³/an — groupe II : 0,0051 m³/an —
groupe III : 0,0033 m³/an

Nota : Les « blais » constatés entre les deux estimations des productions, en hauteur, diamètre et volume sont essentiellement dus à l'effet du nombre d'individus mesurés qui est incomparablement plus important que dans le cas de l'analyse de tige.

2) Sur les interprétations des différents facteurs

Les analyses résumées précédemment ont montré que les groupes se caractérisaient quelle que soit la voie suivie :

- par des croissances en hauteur différentes;
- par des croissances en diamètre identiques pour les milieux ayant un « facteur limitant » observé, supérieures pour le milieu ne montrant pas ce facteur;
- par des croissances en volume différentes;
- par des coefficients de forme suivant la même répartition que les croissances en diamètre (c.a.d. identiques dans les groupes II et III).

A partir de cet ensemble de résultats, il est nécessaire de formuler quelques conclusions.

A un âge déterminé, les lois de croissance montrent que des arbres situés sur les milieux caractérisant le groupe I auront un diamètre, une hauteur plus grands et une décrois-

sance métrique plus faible, donc seront plus cylindriques, et auront par conséquent un volume plus fort que les arbres des groupes II et III.

Par contre dans les mêmes conditions d'âge, des arbres des groupes II et III auront un diamètre identique, une même décroissance métrique (plus forte que dans le groupe I), donc seront plus coniques, mais auront une hauteur plus grande dans le groupe II que dans le groupe III et les résultats le prouvent, un volume plus élevé en II qu'en III. Ce dernier point peut s'expliquer en partant d'une formule approchée pour l'établissement du volume, de la forme :

$$V = f G h$$

ou V = volume, f = coefficient de forme, G = surface terrière = kD^2 (D = diamètre) et h = hauteur bois-mort

Or f peut être estimé à partir de la décroissance métrique (cf ci-dessus) et la formule devient :

$$V = \left(1 - \frac{h d m}{2 D}\right)^2 k D^2 h$$

ce qui donne après développement, mises en facteur et en négligeant le terme en dm^2

$$V = k D h (D - h dm)$$

qui montre que le volume varie en fonction de H .

Si donc, à un âge déterminé, les diamètres D étant les mêmes, la hauteur d'un arbre du groupe II est H_2 et celle d'un arbre du groupe III, H_3 , les volumes respectifs deviennent :

$$V_2 = k D h_2 (D - h_2 dm)$$

$$V_3 = k D h_3 (D - h_3 dm)$$

et la différence entre les volumes

$$V_2 - V_3 = k D [h_2 (D - h_2 dm) - h_3 (D - h_3 dm)]$$

qui peut être écrite après développement et mise en facteur

$$V_2 - V_3 = k D [(h_2 - h_3) (D - dm) + dm (h_2 + h_3)]$$

Or les courbes de croissance montrent que le groupe II croît plus vite en hauteur que le groupe III donc $H_2 - H_3$ ira en croissant et à fortiori $H_2 + H_3$, donc, $V_2 - V_3$ sera lui aussi croissant et les deux courbes iront en s'éloignant ce qui se vérifie bien graphiquement.

Chapitre IV. — EXTRAPOLATION AUX REBOISEMENTS EN PIN MARITIME

Tout au long de cette étude traitant de stations naturelles de pin maritime en Tunisie, il a été fait mention, à chaque fois que la possibilité s'en est offerte, de résultats provenant de peuplements artificiels de la même espèce.

Dans ce nouveau chapitre les buts poursuivis vont donc être doubles : en premier lieu ces peuplements artificiels vont être présentés afin de permettre au lecteur de faire les comparaisons qu'il jugera nécessaires, ensuite les possibilités de généralisation, avec le maximum de prudence, vont être envisagées, ce dernier point étant destiné à fournir quelques bases de travail au praticien reboiseur.

I. — PRESENTATION DES STATIONS PORTANT DES PEUPELEMENTS ARTIFICIELS

— *Le Fardj* (Kroumirie) Ages à la mensuration : 9 ans; 13 ans; 14 ans; 22 ans.

Altitude des reboisements : environ 600 m.

Bioclimat : humide inférieur à hivers tempérés.

Végétation naturelle : subérale à *Cystisus triflorus*, faciès à *Pteridium aquilinum*

Caractères édaphiques : les parcelles sont situées sur le faciès non calcaire (brèche gréseuse) du trias diapirique du djebel Ez-Zouza. Ce matériel géologique est généralement recouvert d'un limon argileux rubéfié, bien structuré et bien pourvu en humus. On n'y observe pas de facteur limitant hydromorphe.

— *Arboretum de Souiniat* (Kroumirie) Ages à la mensuration : 9 ans et 8 ans (parcelles 7 et 34).

Altitude : 500 m.

Bioclimat : humide inférieur à hivers tempérés.

Végétation naturelle : maquis à base de *Erica scoparia*, *Halimium halimifolium*, *Arbutus Unedo*, faciès de dégradation de la subérale à *Cystisus triflorus*.

Caractères édaphiques : sol très pauvre en humus, filtrant, de texture moyenne, sur grès altéré très profond (180/200 cm).

- *Arboretum de Choucha - Pryor* (Mogods) Ages à la mensuration 6 ans (parcelles 107 et 108) et 5 ans (parcelles 93, 96 et 100 de l'arboretum).

Altitude : 160 m.

Bioclimat : humide inférieur à hivers doux.

Végétation naturelle : oléo-lentisque à *Hedysarum coronarium* et subéraie dégradée à *Pistacia lentiscus*, localement humifère.

Conditions édaphiques : marnes affleurantes localement (bas de la parcelle 92); ailleurs, enfouies (vers 100/150 cm) sous une argile hydromorphe recouverte d'une épaisseur variable (20/50 cm) de colluvions caillouteuses. Ces dernières sont humifères dans le bas des parcelles 100, 107, 108.

- *Arboretum de Remel* — (Dunes de Bizerte) Age à la mensuration : 5 ans (parcelles 36 et 37).

Altitude : 15 m.

Bioclimat : sub-humide à hivers chauds.

Végétation naturelle : dunes à *Juniperus phoenicea* et *Quercus coccifera* sur les sables fixés, bien drainés, et à *Imperata cylindrica* et *Rubus ulmifolius* dans les bas-fonds.

Caractères édaphiques : sables grossiers peu calcaires sur dunes. Sables assez humifères sur argile sableuse hydromorphe à pseudogley vers 20/50 cm, dans les bas-fonds. Nappe phréatique entre 100 et 150 cm.

- *Arboretum de Zerniza* (Mogods) Ages à la mensuration : 8 ans et 5 ans (parcelles 135 et 254).

Altitude : 60 m.

Bioclimat : humide inférieur à hivers chauds.

Végétation naturelle : Dégradation d'oléo-lentisque à *Genista ferox* : pelouse à *Hypochaeris radicata* et *Cichorium Intybus* au plateau 254. Subéraie dégradée à *Erica scoparia*, *Ormenis mixta* avec faciès localement à *Schoenus nigricans* : plateau 135.

Conditions édaphiques : plateau 234 : terrasse de texture moyenne à grossière, pseudogley moyen et concrétions : bien alimenté en eau mais assez aéré. Plateau 135 : colluvions gréseuses sur argile hydromorphe entre 60 et 120 cm.

— *Arboretum de djebel Abderrahman* (Cap Bon) Age à la mensuration : 3 ans (parcelle 3).

Altitude : 255 m.

Bioclimat : Sub-humide à hivers chauds.

Végétation naturelle : maquis à base de *Quercus coccifera*, *Erica arborea* et *Halimium halimifolium*.

Caractères édaphiques : sables grossiers, acides, peu humifères, épais de 50/100 cm sur argile sableuse.

II. — DISCUSSION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

1) Croissance en hauteur, diamètre et volume

L'examen des résultats obtenus par la méthode du cubage de placettes temporaires en reboisement ou la mensuration systématique de placeaux d'arboretum met en évidence un certain nombre de points qu'il est indispensable d'essayer d'expliquer.

Les reports graphiques des caractéristiques individuelles (graphiques 1 - 2 et 3) montrent que le travail de préparation du sol, la lutte contre la concurrence et la qualité de la station, se traduisent par un gain de croissance notable, dans certains cas, sur les composantes du volume, hauteur et diamètre, dans les peuplements artificiels. Le terme qualité de la station recouvre un certain nombre de facteurs éco-pédologiques, climatiques et topographiques. L'ensemble de toutes ces conditions particulières ainsi que les travaux réalisés concourent certainement à l'établissement des différences observées. Mais, il n'est pas possible d'accorder une prépondérance particulière à l'un d'entre eux.

Il faut encore noter que, en dehors de la valeur intrinsèque du volume supplémentaire obtenu dans certains cas, les reboisements montrent aussi une tendance nette à produire plus précocement du bois-fort que les peuplements naturels (apparition du volume bois-fort entre 8 et 10 ans en reboisement contre 15 à 20 ans en forêt naturelle).

L'influence des stations où sont installés ces reboisements apparaît encore lors d'un examen plus détaillé des graphiques 1 et 2 qui montrent que dans les arboretum de Pryor, Zerniza, Remel et dj. Abderrahman, les prestations sont égales ou inférieures à celles obtenues en forêt naturelle, et, par des observations, non chiffrées, faites dans les reboisements de Sedjenane (cf. ci-dessous).

Le dernier point qui semble se dégager des 7 placettes du Fardj est que la période où la vitesse de croissance en hauteur décroît est beaucoup plus précoce, de 10 ans environ, qu'en forêt naturelle, même dans le meilleur milieu.

2) Diamètre d'exploitabilité

Les analyses réalisées en forêt naturelle ont montré qu'en choisissant un diamètre d'exploitabilité de 0,25 m sur écorce, les âges d'exploitabilité correspondants se situaient entre 40 et 42 ans pour le groupe I et aux environs de 50 ans pour le groupe II.

Intuitivement, il semble bien d'après le graphique 2 que, pour des stations comme Fardj et Souiniat, ce diamètre puisse être atteint à des âges plus proches, encore que la placette âgée de 22 ans montre que son avance a tendance à se réduire (cf. ci-après); par contre, pour des stations telles que Zerniza, Pryor, dj. Abderrahman et Remel, il ne faut pas s'attendre à des résultats supérieurs à ceux des plus mauvais groupes de la forêt naturelle, à moins que des techniques culturales complémentaires ne puissent venir corriger les carences du milieu naturel.

3) Production

Les productions mesurées sur quelques reboisements en pin maritime ont fourni des valeurs qui sont résumées dans le tableau ci-après pour être comparées aux productions observées en forêt naturelle.

Stations	Age moyen	Accroissement depuis l'origine en m ³ /ha/an
Fardj	9 ans	13,6 et 14,9
Fardj	13 ans	6,4 et 9,5
Fardj	14 ans	5,0 et 9,1
Fardj	22 ans	6,7
Souiniat	8 ans	4,5
Forêt naturelle groupe I	50 ans	entre 4,6 et 5,7
Forêt naturelle groupe II	50 ans	entre 3,4 et 3,7
Forêt naturelle groupe III	50 ans	entre 2,0 et 2,4

Ce tableau montre, comme précédemment, que dans des stations analogues à celles du Fardj, l'accroissement depuis l'origine semble optimum aux environs de 9 ans.

Quant à la potentialité des stations, il semble, sans qu'il soit possible de l'affirmer, que les stations du Fardj soient supérieures à Souiniat. L'étude écologique, par ailleurs, étaye cette hypothèse. Par contre, vis-à-vis des peuplements naturels, il n'est pas possible d'affirmer que les productivités seront supérieures, car les âges où les observations ont été faites sont très différents et les reboisements ont reçu des traitements, qui, cela a été indiqué ci-dessus, favorisent nettement la croissance dans les premières années.

Il faut noter enfin que, dans les reboisements âgés de 8 ans, installés dans la région de Sedjenane, Mogods, il n'a pas été possible, malgré cette avance au stade juvénile, de recruter des tiges ayant atteint le diamètre bois-fort. Donc, dans ces conditions, les résultats de la croissance semblent se rapprocher des observations faites en forêt naturelle où l'apparition du bois-fort est très tardive. Il est donc possible d'affirmer là encore, que la potentialité de ces stations est plus faible que celles de Souiniat et du Fardj. Comme par ailleurs, les résultats obtenus sur les composantes du volume à Zerniza, dans des conditions grossièrement identiques, mais avec des façons culturales encore plus soignées, montrent que les résultats sont proches de celles des groupes II et III de forêt naturelle, il est plausible de prévoir que la production escomptable n'excèdera pas celle observée pour ces mêmes groupes.

4) Tarifs de cubage

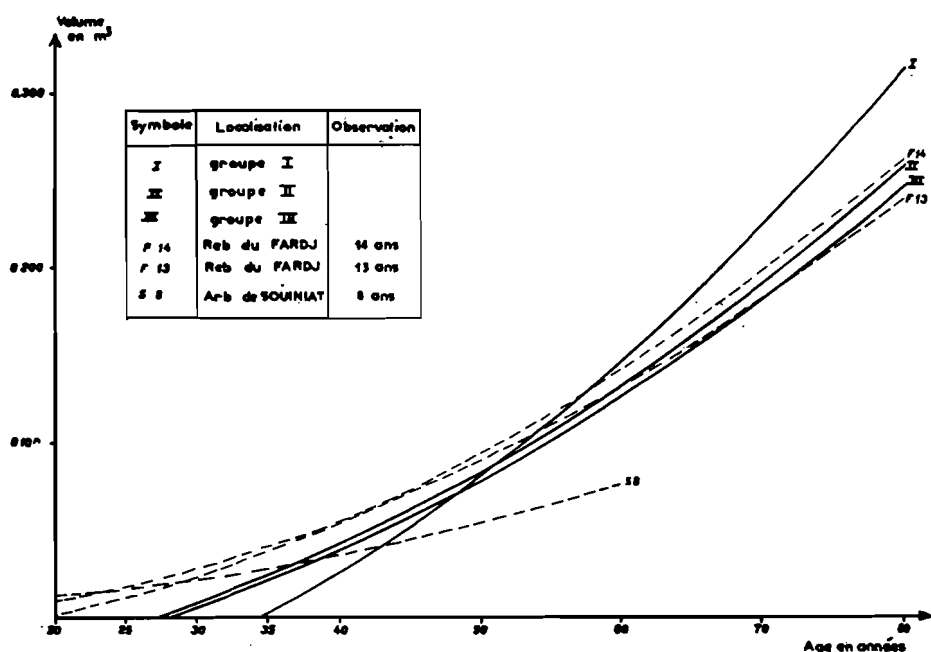
Maintenant que les analyses ont permis de préciser les idées sur les différents groupes, il a paru souhaitable de calculer, selon la méthode habituelle, des tarifs de cubage, en circonférence, donnant le volume bois-fort.

Ces tarifs sont de la forme $V = a + bC^2$ et les valeurs trouvées pour les coefficients a et b sont les suivantes :

Stations (1)	Age (2)	b (3)	a (4)	Circonférence l'mites utilisées (5)	Densités par ha (6)
Forêt naturelle groupe I	50 ans en moyenne	0,60	— 0,07	0,22 à 1,72 m	600 à 680
Forêt naturelle groupe II	50 ans en moyenne	0,45	— 0,03	0,22 à 1,30 m	680 à 720
Fardj	14 ans	0,44	— 0,01 à 0,02	0,77 à 0,76 m	800 à 1918
Forêt naturelle groupe III	50 ans en moyenne	0,43	— 0,029	0,22 à 1,33 m	635 à 700
Fardj	22 ans	0,41	— 0,01	0,22 à 0,81 m	1950
Fardj	9 ans	0,40 à 0,38	— 0,009 à — 0,006	0,22 à 0,70 m	1300 à 1600
Fardj	13 ans	0,38 à 0,37	— 0,006 à — 0,011	0,22 à 0 76 m	1900 à 2000
Souiniat	8 ans	0,20	0,004	0,22 à 0,60 m	1650

Le graphique 5 montre une superposition des principaux tarifs. Il apparaît à la lecture de ce document que, faisant abstraction des âges, pour une même classe de circonférence, à partir d'un certain moment le volume des arbres ayant crû naturellement, s'avère supérieur.

Il est plausible d'en déduire que cette observation est liée au traitement appliqué aux peuplements, la colonne 6 du tableau ci-dessus montre en effet que les densités en forêt naturelle sont beaucoup plus faibles; il faut bien noter cependant que les âges moyens sont beaucoup plus élevés.



Graphique 5 : Comparaison des tarifs de cubage.

Les conclusions que l'on peut tirer sont alors les suivantes :

— Dans des peuplements artificiels installés sur des stations analogues à celles du Fardj, il est nécessaire de prévoir des éclaircies lorsque la circonférence moyenne du peuplement avoisine 0,50 m. Ces éclaircies devront amener le peuplement à des densités maximum comprises entre 600 et 700 tiges par hectare. C'est tout au moins ce qu'il est possible de dire au niveau des connaissances présentes.

— Dans les peuplements artificiels sur des stations analogues à celle de Souiniat, il semble nécessaire de procéder à la même opération lorsque la circonférence moyenne atteint une valeur comprise entre 0,30 et 0,40.

Nota : Les faibles densités des peuplements naturels sont le résultat d'une élimination naturelle combinée avec une exploitation sans aucune planification préalable (délits divers).

III. — POSSIBILITES D'EXTENSION DU PIN MARITIME

Tous les résultats qui viennent d'être exposés ci-dessus ont déjà par eux même fourni un certain nombre de conclu-

sions qui doivent guider les responsables du reboisement ayant à porter leur choix sur cette essence.

En particulier, cette étude montre que plus la station est médiocre, plus les résultats escomptables seront faibles. Ce n'est pas là une notion nouvelle, mais l'intérêt du présent travail est que les stations étudiées ont reçu des descriptions écologiques précises et que, de la sorte, il sera possible par de simples comparaisons de descriptions de station de se faire une idée sur les productions envisageables.

Il est évident que le facteur climat est inclus dans la notion de station. De ce fait, les résultats obtenus dans la région de Tabarka, notamment en ce qui concerne les réactions aux facteurs limitants édaphiques ne doivent pas être transposés tels quels dans d'autres conditions climatiques. Là, les mêmes facteurs édaphiques peuvent jouer un rôle sensiblement différent.

La connaissance des descriptions écologiques et dendrométriques des stations de pin maritime dans et hors de son aire, sera cependant extrêmement profitable. Elle devrait permettre, en premier lieu, d'éviter de planter cette espèce dans les stations qui ne lui conviennent pas. C'est le cas certainement des dépressions marneuses et des sols où le calcaire est présent à moins de 2 m car dans ces conditions on ne trouve pas de peuplements de pin maritime. Par contre on y a observé quelques bouquets et beaux individus de pin d'Alep dont la croissance a semblé encourageante. Des essais devraient être menés dans ce sens ainsi qu'avec d'autres espèces : *Pinus brutia*, *pinia*, *Cupressus* etc...

En second lieu, elle devrait donner des éléments pour le choix des zones et la sélection des méthodes d'implantation des peuplements artificiels en fonction de leur prix de revient afin d'équilibrer les sommes investies avec le revenu prévisible.

R E S U M E

Dans cette étude, les auteurs se sont attachés à analyser les liaisons pouvant être mises en évidence, entre les conditions naturelles et les différents facteurs de la production du *Pinus pinaster* (ssp Renoui). Le travail se divise en 4 chapitres. Le premier relate l'analyse des conditions naturelles aussi exhaustive que possible qui a été réalisée dans les peuplements naturels de cette espèce, et aboutit à distinguer 4 milieux principaux, sur le plan phytopédologique. Le deuxième chapitre traite de la méthodologie utilisée, les placettes temporaires et l'analyse de tige, lors de la collecte des renseignements chiffrés sur les peuplements qui se développent sur les stations étudiées précédemment. Le troisième chapitre expose les résultats observés, d'une part sur l'influence des milieux naturels sur les critères analysés sur les peuplements, ce qui conduit à modifier notablement les distinctions initiales entre milieux et à mettre en évidence la sensibilité très nette du pin maritime à la profondeur du sol (apparition de la notion de facteur limitant); d'autre part, ce chapitre met en évidence les différentes caractéristiques aussi bien individuelles que des peuplements dans les différentes stations naturelles étudiées. Le quatrième chapitre essaye d'étendre, à partir de quelques mesures ponctuelles, les résultats observés en forêt naturelle, aux reboisements avec cette essence. Ce dernier chapitre montre particulièrement l'influence des conditions naturelles sur les reboisements et l'effet bénéfique des façons culturales, dans la phase d'installation des peuplements artificiels, sur la croissance juvénile.

Cette étude enfin, est complétée par deux annexes qui développent quelques considérations technologiques sur cette essence.

S U M M A R Y

In this study, the authors were concerned with the similarities which could be seen between the natural conditions and the different factors of production of *Pinus pinaster* (ssp Renoui). The analysis is divided into 4 chapters. The first one describes the analysis, as exhaustively as possible, of the natural conditions which undertaken in natural stands of these species, and ends by distinguishing 4 main sites from the phytopedological point of view. The second chapter deals with the methodology used, the temporary samples of stands and the analysis of the stem during the gathering of numbered informations on the stands which grow on the stations previously studied. The third chapter gives the results which

have been obtained, on one hand on the influence of natural site on the data analysed on the stands, which leads noteable modifications of initial distinctions between habitats, and takes into account the clear sensitivity of the maritime pine to the depth of the soil (evidence of the notion of limiting factors); on the other hand, this chapter shows the different characteristics, both individual and of the stands in the different natural sites studied. The fourth chapter tries, starting from some measures on a given point, to extend the results observed in natural forest, to reforestation with these species. This last chapter shows in particular, the influence of natural conditions on reforestation and the advantageous effect of methods of culture, in settlement phase of artificial stands on juvenile growth.

Finally, this study has two annexes which show some technological considerations about this species.

BIBLIOGRAPHIE

- An. (1941). — Le pin maritime en Tunisie (note ronéotypée).
- An. (1967). — Notice détaillée de la carte phyto-écologique de la Tunisie Septentrionale au 1/200.000. Feuille II et III. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie vol. 40, fasc. 1.
- CASTANY, G. (1968). — Notice explicative de la carte géologique de la Tunisie au 1/500.000 - Sefan, Tunis.
- LISON, L. (1968). — Statistiques appliquées à la biologie expérimentale. Gauthier et Villars, Paris.
- PARDE, L. (1961). — Dendrométrie. Editions de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts - Nancy.
- Programme de calcul sur cartes magnétiques (P. 101, Olivetti)
- Analyse des placettes temporaires (Programmes PT 0004, PT 0007, PT 0008, PT 0009, PT 0010, PT 0011) — Origine Institut de Reboisement de Tunis.
 - Analyse de variance sur données regroupées (ST 0014) — Origine Institut de Reboisement de Tunis.
 - Epaisseur écorce et décroissance métrique (PT 0005 et PT 0023) — Origine Institut de Reboisement de Tunis.
 - Comparaison des coefficients de regression (ST 0025) — Origine Institut de Reboisement de Tunis.
 - Transformation Arc sin $\sqrt{P/00}$ (ST 0015) — Origine Olivetti
 - Calcul perte de poids au séchage, retrait radial moyen, retrait angulaire moyen; retrait tangentiel et volumétrique (TE 0018, TE 0019, TE 0020, TE 0021) — Origine Institut de Reboisement de Tunis.
- SNEDECOR, G.W. (1956). — Statistical methods. Editeur : Iowa State College Press 5ème édition.
- SOULERES, G. (1967). — Projet de procès verbal d'aménagement de la forêt domaniale de Tabarka : IVème série. SCET — Coopération.
- SOULERES, G. (1968). — Projet de procès verbal d'aménagement de la forêt domaniale de Tabarka : 11ème série. SCET — Coopération.

A N N E X E I

**NOTES TECHNOLOGIQUES
SUR LE PIN MARITIME NATUREL
DE LA REGION DE TABARKA**

par

M. MARIANI

I. — INTRODUCTION

1. — But des essais

Un certain nombre d'essais technologiques du bois de pin maritime provenant des forêts naturelles de la région de Tabarka ont été réalisés dans l'intention de fournir des renseignements complémentaires à l'étude menée par E. Albert et P. Dimanche, sur la « productivité du pin maritime » liée à différents facteurs du milieu.

Ont été résumés :

- la densité anhydre;
- le rétractibilité;
- le pourcentage d'écorce en poids.

2. — Méthodologie

L'échantillonnage a été prélevé, préparé et conservé selon le processus décrit dans le chapitre II de l'étude sus-dite. Comme il y est spécifié, deux rondelles de bois ont été prélevées dont :

- l'une a été utilisée pour les relevés de poids d'écorce et préparation des éprouvettes destinées aux mesures de densité;
- l'autre qui avait déjà été utilisée pour les études de la section sylviculture et biométrie, a été utilisée pour les mesures de retrait.

a) *Mesure de la densité anhydre*

Pour chaque rondelle prélevée aux hauteurs de 1,30 m et 2,30 m, on a préparé 40 éprouvettes mesurant environ $1 \times 1 \times 3$ cm, débitées dans un plot central, la plus grande dimension de l'éprouvette étant orientée dans le sens axial.

Les mesures ont été faites sans épuisement de résine (des mesures des caractéristiques chimiques du bois de pin maritime de la même provenance, faites par l'Institut de technologie du bois de Poznan, Pologne, donnent une valeur de 4 % pour les substances solubles dans les solvants organiques, mélange en rapport volumétrique de 1 — 1 de éthanol et benzine).

L'état sec a été obtenu par séjour en étuve de laboratoire étalonnée à 103° (± 1°) jusqu'à atteindre le poids constant.

Le poids a été estimé avec une balance précise au 0,01 g. près, après avoir ramené la température des éprouvettes sortant de l'étuve à la température ambiante, dans un séchoir à sels.

Le volume a été estimé avec un volumètre à mercure de la précision de ± 5 mm³.

La densité anhydre a été calculée selon la formule

$$D_o = \frac{P_o}{V_o} \text{ Kg/dm}^3$$

où : D_o = densité à l'état anhydre

P_o = poids à l'état anhydre

V_o = volume à l'état anhydre

b) *Mesure de retrait total*

Chaque rondelle, aux hauteurs de 1,30 m et 2,30 m, a été coupée en quartiers selon deux diamètres perpendiculaires passant par le cœur de l'arbre. Les quartiers ont été numérotés dans l'ordre cartésien en I, II, III, IV et les diamètres mesurés sur les diamètres I, II et II, III sur chaque rive attenant des quartiers groupés 2 par 2.

Les différences de diamètre ont été évaluées avec la précision de ± 0,5 mm, entre l'état frais et l'état sec à l'étuve à 103° (± 1°) et le retrait angulaire maximum estimé à l'état sec avec la précision de ± 1° sexagésimal.

Le retrait radial rapporté à l'état sec a été calculé selon la formule :

$$\alpha r = \frac{r - r_o}{r_o}$$

où αr = retrait radial (%)

r = mesure de rayon à l'état frais

r_o = mesure de rayon à l'état sec.

Le retrait angulaire rapporté à l'état sec a été calculé selon la formule :

$$\alpha = \frac{\varphi_0}{360^\circ - \varphi_0} \quad (\%)$$

où $\alpha \varphi$ = retrait angulaire (%)

φ_0 = la somme des retraits angulaire sur les quartiers

Le retrait tangentiel rapporté à l'état sec a été calculé selon la formule :

$$\alpha t = \varphi + \alpha r + \alpha \varphi \alpha r \quad (\%) \quad (1)$$

ou αt = retrait trangentiel (%)

Le retrait volumétrique total rapporté à l'état sec a été calculé selon la formule :

$$\alpha v = 2 \alpha r + \alpha \varphi + \alpha r \alpha \varphi \quad (\%) \quad (1)$$

où αr = retrait volumétrique (%)

c) *Mesure du pourcentage d'écorce en poids*

Chacune des rondelles, aux hauteurs de 1,30 m et 2,30 m, et de 2 en 2 m pour toute la hauteur de l'arbre, ont été pesées à l'état frais avec écorce et sans écorce. Le pourcentage d'écorce en poids a été calculé en se référant aux poids avec écorce.

d) *Distribution des relevés*

Les différentes données résultant des essais ont été groupées selon la distribution établie par E. Albert dans son étude sur la « Productivité du pin maritime » (chapitre III) d'après les études des milieux établis par P. Dimanche.

II. — RESULTATS

1. — **Calculs préalables**

Les densités anhydres ont été employées directement suivant leur unité initiale en kg/dm^3 après calcul de la moyenne des deux rondelles étudiées pour chaque arbre.

(1) G. Giordanno — Il legno e le sue caratteristiche Ed. Hoepli — Milano 1951.

Le retrait volumétrique total exprimé en pourcentage et calculé comme étant la moyenne pour chaque arbre des deux rondelles étudiées a été transformé en Arcsin $\frac{P}{100}$

(P = %) pour les calculs statistiques ultérieurs.

Les données relatives aux pourcentages d'écorce, relevées sur toutes les rondelles disponibles, ont subi elles aussi, une transformation en Arcsin.

2. — Densité anhydre

Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les échantillons provenant des différents groupes. C'est-à-dire que la densité du bois ne varie pas en fonction des milieux étudiés et elle a une valeur moyenne de :

$$0,558 (\pm 0,017) \text{ Kg/Dm}^3$$

3. — Retrait volumétrique total

Après la transformation indiquée ci-dessus, l'analyse statistique a montré qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les groupes. C'est-à-dire que le retrait volumétrique total est constant quels que soient les milieux où les arbres ont poussé et il a une valeur moyenne de : 14,4 % comprise entre 15,1 % et 13,1 %.

4. — Pourcentage d'écorce en poids

Après transformation angulaire, une analyse de covariance a permis de montrer que :

- les variances à l'intérieur des groupes différaient significativement donc les populations des mesures sont différentes;
- qu'il existait des régressions linéaires significatives à l'intérieur de chaque groupe entre le pourcentage d'écorce et la hauteur;
- que ces régressions linéaires ne différaient pas significativement entre elles.

On peut donc admettre que dans le pin maritime il existe une relation entre le pourcentage d'écorce en poids et la hauteur de l'arbre, relation de la forme :

$$e = 100 \sin^2 (28,8 - 0,34 F) \quad (1)$$

(1) La quantité entre parenthèse doit être transformée en degrés sexagésimaux dès que l'utilisateur a déterminé les valeurs de H qui l'intéressent.

A N N E X E I I

EXTRAIT D'UNE ETUDE SUR LES PINS MARITIMES DE TABARKA

par

H. POLGE et R. KELLER(1)

(1) Respectivement : Directeur de la Station de Recherche sur la qualité des bois au Centre National de Recherches Forestières — Nancy, et assistant de M. Polge.

Tous deux ont été appelés par la F.A.O., en 1969, comme consultants auprès du projet Institut de Reboisement de Tunis.

OBSERVATIONS RELATIVES AUX VALEURS MOYENNES PAR STATION

Les valeurs moyennes des diverses caractéristiques étudiées sont reportées pour chaque plateau sur le tableau n° 1 ci-après; le tableau n° 2 permet de voir quelles sont les stations qui sont significativement différentes les unes des autres aux seuils de probabilité de 1 % et de 5 %. (1)

Les deux critères de croissance : longueur radiale et largeur moyenne des cernes sur les 30 derniers millimètres. donnent des indications assez cohérentes entre elles, ce qui ne doit pas surprendre puisque les âges des quatre peuplements étudiés étaient sensiblement identiques; dans les deux cas, le plateau 24 apparaît comme bénéficiant de la meilleure croissance et le plateau 39 comme le moins satisfaisant de ce point de vue.

La résistance mécanique mesurée au torsiomètre et la densité moyenne (2) donnent des résultats absolument semblables, avec cependant un coefficient de variation nettement plus élevé pour le couple de torsion; ceci ne fait que traduire des liaisons maintenant bien connues et souligne l'intérêt du couple de torsion relevé in situ pour obtenir une appréciation rapide de la qualité du bois. Le plateau 24, qui bénéficie de la croissance la plus rapide, arrive également en tête au point de vue résistance mécanique et densité du bois.

(1) En ce qui concerne la distribution des relevés et leur groupement (cf. Productivité du Pin maritime — chapitre 3), les données des plateaux 24, 22, 45 et 39 cités dans l'étude se placent comme suit :

- Groupe 1 : plateaux 24 et 45
- Groupe 2 : plateau 22
- Groupe 3 : plateau 39

(2) Les densités indiquées par Polge et Keller sont des infra-densités (rapport du poids anhydre au volume saturé) et les résultats sont donnés en g/dm³.

Il apparaît ainsi une fois de plus que pour le pin maritime, contrairement à la plupart des autres espèces résineuses, il n'y a pas antinomie entre cernes larges et membranes épaisses.

Les résultats fournis par l'analyse densitométrique sont également très discriminants pour différencier les quatre stations en cause; d'une façon générale, on a plus de différences significatives sur les valeurs moyennes obtenues pour les 30 derniers millimètres que sur les mêmes caractéristiques relevées sur les 5 derniers millimètres seulement; il semble donc que les différences entre stations aillent en s'atténuant légèrement.

L'hétérogénéité du bois, que l'on peut maintenant apprécier de façon quantitative à partir des différences entre moyennes des densités maximales et moyennes des densités minimales annuelles, est également très variable d'un plateau à l'autre; le bois du plateau 24 est le plus hétérogène (contraste de 525 g/dm³), celui du plateau 22 le plus homogène (contraste de 377 g/dm³), les plateaux 39 et 45 apparaissant, comme pour beaucoup d'autres caractéristiques significativement différents des deux autres avec des contrastes de 466 g/dm³ et 472 g/dm³ respectivement.

Les différences entre stations au point de vue pourcentage de longueur radiale ayant une densité supérieure à un seuil donné sont de plus en plus importantes au fur et à mesure que l'on prend en considération une densité limite plus élevée; ceci montre que les écarts entre plateaux sont surtout le fait de la partie la plus dense de l'accroissement annuel.

En ce qui concerne la rétractibilité, le plateau 22 apparaît supérieur aux trois autres (en ce sens que son bois bénéficie d'une meilleure stabilité dimensionnelle) et ceci d'une façon qui est souvent significative; quant au plateau 24, il est presque toujours au contraire le plus mauvais de ce point de vue.

Contrairement à toutes les autres caractéristiques, rendement en fibres et longueur moyenne des fibres ne diffèrent pas significativement d'une station à l'autre; il convient cependant de rappeler que le rendement en fibres est rapporté au poids anhydre des échantillons avant défibrage, lequel est déjà fonction de la densité du bois; on peut ainsi considérer que les rendements en fibres rapportés aux volumes sur pied varient entre eux comme le font les infra-densités.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus pour les différentes caractéristiques sont extrêmement cohérents, les plateaux 24 et 22 occupant toujours les positions extrêmes, séparés l'un de l'autre par les plateaux 45 et 39 qui, la plupart du temps,

donnent des résultats qui ne sont pas significativement différents entre eux.

Le cas des placeaux 24 et 22 mériterait certainement d'être étudié plus à fond : jamais dans la littérature on a mentionné de différences aussi importantes entre deux stations d'une même essence aussi voisine l'une de l'autre et étant donc soumises aux mêmes conditions de climat, ayant des âges très semblables et des largeurs de cernes qui ne sont pas significativement différentes entre elles.

On peut observer en particulier que, pour un grand nombre de caractéristiques, les valeurs moyennes des placeaux 24 et 22 sont séparées entre elles par une quantité qui est supérieure, quelquefois assez nettement, à la somme de leurs écarts-types, ce qui signifie que les diagrammes de fréquence les concernant ne se recroisent presque pas; c'est là une situation absolument exceptionnelle qui est due semble-t-il, au fait que les deux stations en cause sont caractérisées par des types de sols différents (sol gréseux filtrant pour le placeau 24 et sol hydromorphe argileux pour le placeau 22). On peut concevoir que l'influence des facteurs édaphiques soit prépondérante lorsque la rigueur du climat devient extrême.

La question peut cependant se poser de savoir si cette explication suffit à rendre compte des écarts considérables constatés pour toutes les caractéristiques étudiées; il est assez tentant de penser également à une influence de l'hérédité mais, faute de plantations comparatives dans lesquelles ces deux provenances se trouveraient réunies, il n'est pas possible de conclure.

Quoi qu'il en soit, on doit retenir la supériorité du placeau 24 au point de vue croissance, couple de torsion et densité du bois ce qui signifie que les produits extraits de cette station sont particulièrement aptes à tous les emplois pour lesquels une résistance mécanique élevée est nécessaire et également aux utilisations papetières puisque, à même volume apparent, correspond une production de matière sèche plus importante.

Le placeau 22 manifeste au contraire des caractéristiques fort intéressantes au point de vue stabilité dimensionnelle et au point de vue homogénéité du bois; ses caractéristiques devraient faire préférer le bois de cette station pour certaines utilisations nobles dans lesquelles une résistance mécanique élevée n'est pas nécessaire.

Il peut être intéressant de comparer les diverses stations de pin maritime de Tabarka échantillonnées à d'autres provenances de cette même espèce au point de vue de la densité du bois, qui est le critère de qualité qui apparaît le plus important.

Pour les provenances landaises étudiées à la station de recherches sur la qualité des bois, la plus forte densité moyenne relevée est de 468 g/dm³, et la plus faible de 420 g/dm³, mais une provenance corse bien connue (forêt domaniale d'Ospédale) a atteint une densité moyenne de 476 g/dm³.

Il est d'autre part admis d'une façon générale qu'un gradient de densité positif du Nord au Sud existe à l'intérieur des aires naturelles d'une espèce résineuse donnée; sous cette réserve, on peut observer que le plateau 24 a une densité moyenne du même ordre de grandeur que celle de la forêt d'Ospédale et supérieure à la meilleure provenance landaise; par contre, une fois de plus le plateau 22 apparaît comme très exceptionnel car, bien que beaucoup plus méridional, il a une densité moyenne plus faible que toutes les autres provenances étudiées jusqu'ici.

TABLEAU 1
Pins Maritimes
valeurs moyennes et écart-type par plateau
pour les différentes variables

	Placeau 24	Placeau 22	Placeau 45	Placeau 39
Couple de torsion	21, 04 ± 2, 52	14, 12 ± 1, 88	17, 36 ± 2, 02	17, 16 ± 2, 13
Longueur radiale	89, 52 ± 18, 8	71, 00 ± 13, 6	80, 20 ± 16, 8	70, 60 ± 12, 5
Largeur moyenne des cernes sur 30 mm ..	148, 89 ± 40, 82	134, 65 ± 23, 83	131, 76 ± 28, 49	124, 45 ± 28, 37
Densité carotte droite	480, 84 ± 30, 74	412, 04 ± 32, 01	444, 48 ± 31, 41	442, 64 ± 28, 64
Densité carotte oblique	467, 67 ± 26, 81	397, 12 ± 32, 03	430, 20 ± 27, 42	430, 32 ± 31, 33
Densité moyenne	175, 04 ± 38, 12	404, 58 ± 30, 35	437, 34 ± 28, 46	436, 48 ± 27, 06
Densité maximale moyenne sur 5 mm	964, 80 ± 63, 72	806, 28 ± 97, 47	883, 40 ± 91, 66	865, 28 ± 96, 05
Densité maximale moyenne sur 30 mm ..	980, 24 ± 46, 83	806, 00 ± 73, 83	915, 76 ± 67, 83	893, 20 ± 95, 32
Densité minimale moyenne sur 5 mm	469, 40 ± 48, 43	433, 16 ± 46, 14	469, 00 ± 49, 05	447, 40 ± 27, 99
Densité minimale moyenne sur 30 mm ..	454, 96 ± 36, 73	427, 36 ± 33, 70	443, 52 ± 40, 35	427, 24 ± 26, 31
% longueur radiale de densité ≥ 600 (sur 5 mm)	44, 09 ± 11, 90	25, 57 ± 9, 61	41, 17 ± 12, 56	35, 67 ± 7, 93
% longueur radiale de densité ≥ 600 (sur 30 mm)	40, 89 ± 6, 63	24, 96 ± 7, 36	35, 95 ± 7, 97	33, 92 ± 6, 24
% longueur radiale de densité ≥ 800 (sur 5 mm)	21, 70 ± 6, 43	6, 24 ± 5, 32	15, 84 ± 8, 25	13, 95 ± 8, 16
% longueur radiale de densité ≥ 800 (sur 30 mm)	23, 53 ± 4, 78	6, 11 ± 4, 32	16, 27 ± 6, 26	15, 85 ± 8, 12
% longueur radiale de densité ≥ 1000 (sur 5 mm)	3, 43 ± 4, 73	0, 16 ± 0, 58	1, 41 ± 2, 91	1, 59 ± 3, 20
% longueur radiale de densité ≥ 1000 (sur 30 mm)	5, 21 ± 5, 04	0, 08 ± 0, 24	1, 92 ± 2, 12	1, 68 ± 2, 03
Retrait radial état saturé à sec à l'air	3,427 ± 0,469	3,145 ± 0,490	3,297 ± 0,497	3,431 ± 0,526
Retrait radial état saturé à anhydre	5,284 ± 0,692	4,739 ± 0,620	5,190 ± 0,903	5,190 ± 0,636
Retrait tangentiel état saturé à sec à l'air ..	5,638 ± 0,874	4,370 ± 1,210	5,111 ± 0,664	5,094 ± 0,840
Retrait tangentiel état saturé à anhydre ..	8,422 ± 1,001	7,069 ± 1,193	7,939 ± 1,089	7,439 ± 1,058
Rendement en fibres	45, 51 ± 2, 13	45, 13 ± 1, 70	45, 55 ± 1, 65	45, 41 ± 1, 94
Longueur moyenne des fibres	265 ± 30	262 ± 31	266 ± 24	273 ± 19

TABLEAU 2
Pins Maritimes

Tests de comparaison de moyennes

- Les lettres A, B, C, D représentent respectivement dans l'ordre les placeaux 24, 22, 45, 39.
- Conformément aux usages, les valeurs des diverses variables groupées à l'intérieur d'une même parenthèse ne sont pas significativement différentes entre elles au seuil de probabilité mentionné en bout de ligne.

Couple de torsion	<u>B</u> 14,12	<u>D</u> 17,16	<u>C</u> 17,36	<u>A</u> 21,64	1 % et 5 %
Longueur radiale	<u>D</u> 70,60	<u>B</u> 71,00	<u>C</u> 80,20	<u>A</u> 89,52	5 % 1 %
Largeur moyenne des cerne sur 30 mm	<u>D</u> 124,45	<u>C</u> 131,76	<u>B</u> 134,65	<u>A</u> 148,89	5 % 1 %
Densité carotte droite	<u>B</u> 412,04	<u>D</u> 442,64	<u>C</u> 444,48	<u>A</u> 480,84	1 % et 5 %
Densité carotte oblique	<u>B</u> 397,12	<u>C</u> 430,20	<u>D</u> 430,32	<u>A</u> 467,67	1 % et 5 %
Densité moyenne	<u>B</u> 404,58	<u>D</u> 436,48	<u>C</u> 437,34	<u>A</u> 475,04	1 % et 5 %

Densité maximale moyenne sur 5 mm	<u>B</u> 806,28	<u>D</u> 865,28	<u>C</u> 883,40	<u>A</u> 964,80	5 %
					1 %
Densité maximale moyenne sur 30 mm	<u>B</u> 806,00	<u>D</u> 893,20	<u>C</u> 915,76	<u>A</u> 980,24	1 % et 5 %
Densité minimale sur 5 mm	<u>B</u> 433,16	<u>D</u> 447,40	<u>C</u> 469,00	<u>A</u> 469,40	1 % et 5 %
Densité minimale moyenne sur 30 mm	<u>D</u> 427,24	<u>B</u> 427,36	<u>C</u> 443,52	<u>A</u> 454,96	1 % et 5 %
% longueur radiale de densité ≥ 600 (sur 5 mm)	<u>B</u> 25,57	<u>D</u> 35,67	<u>C</u> 41,17	<u>A</u> 44,09	1 % et 5 %
% longueur radiale de densité ≥ 600 (sur 30 mm)	<u>B</u> 24,96	<u>D</u> 33,92	<u>C</u> 35,95	<u>A</u> 40,89	5 %
					1 %
% longueur radiale de densité ≥ 800 (sur 5 mm)	<u>B</u> 6,24	<u>D</u> 13,95	<u>C</u> 15,84	<u>A</u> 21,70	1 % et 5 %
% longueur radiale de densité ≥ 800 (sur 30 mm)	<u>B</u> 6,11	<u>D</u> 15,85	<u>C</u> 16,27	<u>A</u> 23,53	1 % et 5 %

% longueur radiale de densité ≥ 1000 (sur 5 mm)	B 0,16	C 1,41	D 1,59	A 3,43	1 % et 5 %
% longueur radiale de densité ≥ 1000 (sur 30 mm)	B 0,08	D 1,68	C 1,92	A 5,21	1 % et 5 %
Retrait radial état saturé à sec à l'air	B 3,145	C 3,297	A 3,427	D 3,431	5 % 1 %
Retrait radial état saturé à anhydre	B 4,739	C 5,111	D 5,190	A 5,284	5 % 1 %
Retrait tangentiel état saturé à sec à l'air ..	B 4,370	D 5,094	C 5,190	A 5,638	5 % 1 %
Retrait tangentiel état saturé à anhydre	B 7,069	D 7,439	C 7,939	A 8,422	1 % et 5 %
Rendements en fibres	B 45,13	D 45,41	A 45,51	C 45,55	1 % et 5 %
Longueur moyenne des fibres	B 262	A 625	C 266	D 273	1 % et 5 %

REPUBLIQUE TUNISIENNE
Ministère de l'Agriculture
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES FORESTIERES

Directeur : Hachmi HAMZA

Section de recherches :

Ecologie	H. GHORBAL
Pédologie	M. EL AOUNI
Graines	M. EL HAOUIMEL
Génétique	M. GHALI
Techniques de reboisement	B. BEN SALEM
Pâturages forestiers	
Biométrie et sylviculture	A. DJAZIRI
Technologie du bois	M. DAHMAN
Entomologie	K. M'SADDA
Démonstration et formation	A. BEN AMOR
Utilisation des arbres forestiers dans le sec- teur agricole	M. CHARFI

Directeur du Projet : Jacques MARION

L'Institut National de Recherches Forestières bénéficie depuis mai 1965 d'une aide du Programme des Nations-Unies pour le Développement dans le cadre spécifique de l'Institut de Reboisement de Tunis. On trouvera ci-après les noms des experts affectés par la F.A.O. à ce projet :

Ecologie	A. SCHOENENBERGER
Pédologie	P. DIMANCHE
Génétique	A. FRANCIET
	J. VAN LEEUWEN
Techniques de reboisement	J. POUPON
	J. F. GREGERSEN
Pâturages forestiers	P. ZIANI
Biométrie et sylviculture	E. ALBERT
Technologie du bois	M. MARIANI
Entomologie	C. CHARARAS
Démonstration et Formation	U. HOENISCH
Utilisation des arbres forestiers dans le sec- teur agricole	E. VACCARONE
	E. VON AUFSSESS

PUBLICATIONS

L'I.N.R.F. diffuse les publications suivantes : **Annales**, Bulletin d'information, Notes techniques et variétés scientifiques.

Les Annales paraissent annuellement.

Le Bulletin d'information paraît trimestriellement.

Les Notes techniques et variétés scientifiques paraissent au fur et à mesure des sujets à traiter.

Le service de ces différentes publications peut être fait à tous ceux qui le demandent.

Adresse : Route de la Soukra - Boîte Postale 2 - Ariana - (Tunisie) -
Téléphone : 280-757 et 283-320.