

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

---

**Gérard SOULERES**

---

**LE PIN D'ALEP EN TUNISIE**

---

---

---

Vol. 2 Fasc. 1



1969

---

---

I.N.R.F.T. — ARIANA (Tunisie)

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

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 :

Directeur du Projet : Jacques MARION

Ecologie .....	A. SCHOENENBERGER
Pédologie .....	P. DIMANCHE
Génétique .....	} A. FRANCKET J. VAN LEUWEN
Techniques de reboisement .....	
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 AUFSESS

**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.

# **LE PIN D'ALEP EN TUNISIE**

**Par Gérard SOULERES**

Ingénieur des Eaux et Forêts, détaché  
auprès de la Société Centrale pour  
l'Équipement du Territoire-Coopération



## SOMMAIRE

	Pages
Préface .....	7
Introduction .....	9
 <b>LES FORETS ETUDIÉES ET LEURS CARACTÉRISTIQUES ÉCOLOGIQUES : MÉTHODES D'ÉTUDE</b>	
I. — Le milieu .....	13
a. — <i>Le climat</i> .....	13
b. — <i>Les sols</i> .....	19
c. — <i>Les étages bioclimatiques</i> .....	21
II. — Les forêts étudiées .....	24
III. — Les méthodes d'étude .....	26
a. — <i>Les mesures</i> .....	26
b. — <i>L'utilisation des mesures pour cette étude.</i> <i>Les calculs</i> .....	27
 <b>PREMIÈRE PARTIE — LES ARBRES</b>	
<b>Chapitre I. — CARACTÉRISTIQUES DES ARBRES</b>	
I. — Hauteur totale .....	29
Hauteur de la découpe « bois fort » .....	43
II. — Décroissance — Empattement .....	45
III. — Tarifs de cubage .....	50
IV. — Classement des produits et pourcentage d'écorce .....	57

	Pages
<b>Chapitre II. — CROISSANCE DES ARBRES</b>	
I. — Croissance en hauteur .....	64
II. — Croissance en diamètre .....	69
Variation de l'accroissement en fonction du diamètre .....	70
Variation de l'accroissement en fonction de l'âge .....	78
Croissance en diamètre .....	78
III. — Croissance en volume .....	81

## DEUXIEME PARTIE — LES PEUPEMENTS

### Chapitre I. — DENSITE ET STRUCTURE

I. — Densité des peuplements .....	83
II. — Structure des peuplements .....	93
III. — Facteurs de l'évolution des peuplements ..	97
a) Vieillessement .....	97
b) Les parasites .....	97
Trametes pini	
Processionnaire	
c) L'action humaine .....	99

### Chapitre II. — PRODUCTION

I. — Calculs de production .....	106
II. — Variation de la production en fonction de surface terrière .....	107
III. — Influence du sol .....	110
IV. — Influence de l'arbre moyen .....	111
V. — Influence de la variante thermique .....	114
VI. — Peuplements artificiels et régénérations après incendie .....	117
Conclusion .....	119
Résumé .....	120
Bibliographie .....	126

## PREFACE

La Tunisie s'est dotée d'un ensemble très unique de documents cartographiques de base qui donnent une connaissance exhaustive et une vue synthétique des conditions naturelles (sol, climat, végétation) à tous ceux qui sont responsables à un titre ou à un autre de son développement et de la mise en valeur de ses potentialités. Il s'agit notamment des cartes de la végétation établies au 1/200 000 par le C.E.P.E. (Montpellier) (a), pour le compte de l'I.S.E.A. (b), faisant suite à de nombreuses autres études au premier rang desquelles il convient de citer la carte des bioclimats dressée par Gounot et Le Houérou selon la méthode d'Emberger et Sauvage.

D'un autre côté, nous avons eu la chance que l'aménagement des forêts de pin d'Alep prévu par le Plan quadriennal ait pu être réalisé par une équipe unique choisie par la Direction des Forêts. En particulier, le responsable de cette équipe, M. Soulères, a eu le privilège rare de visiter lui-même chacun des massifs à aménager et de leur appliquer une seule et même méthode d'analyse. En biologiste averti, il a tenu, dès le début, à baser ce travail sur les diverses études de milieux citées plus haut.

Il était dès lors très tentant de demander à M. Soulères de bien vouloir dresser une synthèse générale des connaissances accumulées par lui sur le pin d'Alep en Tunisie en la rapportant à des milieux aussi bien identifiés. C'est ce que nous avons fait et c'est ce qu'il a bien voulu accepter, malgré le surcroît de travail que cela devait nécessiter.

L'étude de M. Soulères constitue un bel exemple, rarement réalisé semble-t-il, des connaissances que l'on peut titrer d'une analyse scientifique des milliers de données rassemblées à l'occasion des

---

(a) Centre d'Etudes Phyto-écologiques de Montpellier.

(b) Institut des Sciences Economiques Appliquées

aménagements forestiers, à condition qu'elles aient été rassemblées de façon uniforme et scientifique et qu'elles puissent être rapportées à des milieux préalablement définis et méthodiquement identifiés.

De telles données peuvent être rassemblées dans de nombreux pays où les méthodes d'aménagement sont soigneusement codifiées, mais l'identification des milieux qui permettrait leur dépouillement fait trop généralement défaut. De ce fait, la connaissance du comportement, des possibilités et des limites des grandes essences forestières en reste trop souvent au stade des appréciations empiriques fondées sur des observations plus ou moins contrôlées, alors qu'elle pourrait s'appuyer sur des données scientifiquement recueillies et mathématiquement analysées.

L'étude que l'on lira ci-dessous fait ressortir les corrélations généralement étroites qui existent entre les bioclimats et leurs variantes de températures d'une part, et les principales grandeurs mesurables sur les arbres et les peuplements de pin d'Alep en Tunisie d'autre part. Des conclusions très pratiques pourront en être tirées pour la gestion des massifs ; en particulier, le calcul des délais d'exploitabilité financière et économique pourrait conduire à une véritable spécialisation des forêts de pin d'Alep, selon les milieux auxquels elles appartiennent, selon leurs potentialités et selon leur rôle dans la protection des sols comme selon les besoins des économies régionales et nationales.

H. HAFSIA

Directeur des Forêts de Tunisie

J. MARION, Expert FAO

Directeur du Projet  
de Reboisement de Tunisie

## INTRODUCTION

Le Gouvernement tunisien se préoccupe depuis plusieurs années de la mise en valeur intensive du domaine forestier de l'Etat, très important dans certaines régions malgré l'inclémence des conditions naturelles, et susceptible de fournir une matière première précieuse pour l'Industrie Nationale.

Déjà, la législation forestière codifiée le 20 août 1959 édicte en son article 22 les dispositions suivantes :

« En vue d'assurer la pérennité, la reconstitution périodique et la meilleure rentabilité des massifs forestiers domaniaux, tout en tenant compte des intérêts légitimes des usagers la Direction des Forêts établira, pour chaque massif forestier, un plan technique dit plan d'aménagement ».

Le plan quadriennal de développement (1965-1968) prescrit que les forêts naturelles doivent être toutes aménagées avant la fin de l'année 1968.

En fait, études et réalisations avaient commencé bien avant le début de ce plan.

- En 1960 et 1962, avec les 2 missions d'un expert de la F.A.O., Monsieur Cochet et la rédaction de 2 mémoires généraux sur l'aménagement des forêts tunisiennes.
- En 1961, avec le début des travaux de parcellaire dans plusieurs forêts de pin d'Alep, à peu près simultanément dans les massifs d'Oum Djeddour, du Djebel Semmama, de la Kessera, du Djebel Mansour, etc...
- En 1963, avec les études préliminaires à l'établissement du premier procès-verbal d'aménagement (série pilote d'Oum Djeddour — 1002 ha, rédigé par Monsieur Albert de la Station de Recherches Forestières alors gérée par la SCET-COOPERATION).

A partir de 1965, les travaux, les études et les rédactions d'aménagement purent être intensifiés dans les dizaines de milliers d'ha déjà parcellés.

Sous différentes formes (Mission d'aménagement forestier, agents en prestation de personnel, convention pour la réalisation d'aménagements), la plus grande partie des aménagements de forêts de pin d'Alep fut confiée à la SCET-COOPERATION.

J'ai été ainsi et suis encore responsable de l'aménagement de nombreuses forêts de pin d'Alep, réparties sur toute l'aire tunisienne de cette essence et couvrant au total une centaine de milliers d'ha.

De nombreuses mesures ont été faites dans chacune de ces forêts à l'occasion de son aménagement, ainsi que souvent dans des forêts non aménagées, parce que trop pauvres ou dégradées, dans le but de préciser leur potentiel de production.

Les conditions écologiques varient grandement entre toutes ces forêts qui, du point de vue étages de végétation, vont du semi-aride inférieur au sub-humide, avec toutes les variantes plus ou moins continentales de ces étages.

Les études d'aménagement permirent ainsi de mieux connaître le pin d'Alep dans de nombreuses stations couvrant pratiquement toute la gamme de variation écologique de cette essence en Tunisie.

Mais l'aménagiste s'intéresse surtout aux moyennes.

C'est le volume, la production moyenne d'une forêt, la plus ou moins grande facilité moyenne de régénération de cette forêt qui conditionnent son aménagement.

Il en est de même pour l'établissement des tarifs de cubage.

Il est difficile en Tunisie, d'en donner plus d'un pour une forêt de 3 000 ha, en l'accompagnant éventuellement de coefficients correcteurs pour certaines parcelles, à moins que les variations ne soient vraiment très importantes.

De nombreuses différences concernant les caractéristiques particulières de certaines stations ou l'amplitude de certaines variations, sont ainsi passées sous silence ou développées beaucoup trop brièvement.

Ce fut le cas par exemple pour les forêts de Bireno et de Touiref qui, sur leurs 5 200 ha pour l'une, 7 000 ha pour l'autre, vont toutes les deux de l'étage semi-aride inférieur à l'étage sub-humide. Ce fut aussi le cas pour la deuxième série de la forêt d'Oum-Djeddour (4 200) ha située sur des sols très variés.

Etant donné d'autre part l'organisation de son travail, l'aménagiste était peu porté à effectuer des comparaisons ou tout au moins à en parler dans ses aménagements.

Chaque forêt donne lieu à l'établissement d'un document, procès verbal d'aménagement, très simplifié pour en faciliter l'application, et isolé, sans que la place de la forêt en cause puisse être bien marquée par rapport à l'ensemble des forêts tunisiennes de pin d'Alep.

Monsieur Marion et Monsieur Hafsia, Directeurs de l'Institut de Reboisement de Tunis, Projet du Fonds Spécial des Nations-Unies, me demandèrent de réaliser pour les *Annales* de cet Institut une synthèse des observations faites sur l'écologie, la croissance et la sylviculture du pin d'Alep en Tunisie.

S'il me paraît encore trop tôt pour parler de sylviculture, alors que la plupart des aménagements en sont aux tous premiers débuts de leur application, il est dès maintenant possible de réaliser la synthèse des connaissances acquises dans les différentes forêts aménagées en ce qui concerne d'abord *les Arbres*, puis *les Peuplements*, leurs caractères et leur accroissement.

Ce seront là les deux premières parties de l'étude que je voudrais consacrer au pin d'Alep en Tunisie.

Plus tard, après plusieurs années d'application des aménagements adoptés, il sera possible, au vu des résultats obtenus, de rédiger une troisième partie consacrée à *l'Aménagement et à la Sylviculture*.

Préalablement à l'étude des arbres, il sera nécessaire de passer en revue les différentes forêts aménagées dont il sera ensuite question, en précisant leurs caractéristiques écologiques.

LES FORETS ETUDIEES  
ET LEURS CARACTERISTIQUES ECOLOGIQUES  
METHODES D'ETUDE

I. — *LE MILIEU*

a) **Le Climat**

Il est difficile à définir pour les forêts de pin d'Alep. Celles-ci sont en grande majorité situées sur des Djebels d'accès difficile, alors que les postes météorologiques sont situés en périphérie à des altitudes et dans des situations topographiques très différentes : vallées, cols.

Pour les forêts de la partie nord de l'aire du pin d'Alep par exemple, entre le Kef et la frontière algérienne, le seul poste est celui du Kef, à 665 m d'altitude et sur un versant sud, alors que l'altitude des forêts dépasse souvent 1000 m.

Dans ces conditions, déterminer le climat d'une forêt, qu'il s'agisse de précipitations ou de températures, nécessite souvent l'emploi de gradients de variation, à partir des postes les plus proches.

LES PRECIPITATIONS

Nous donnons ci-après les résultats obtenus dans les postes existant à l'intérieur de l'aire tunisienne du pin d'Alep, tirés pour la plupart des statistiques météorologiques tunisiennes (août 1952).

LES PRECIPITATIONS

**Tableau n° 1**

*Hauteurs totales (millimètres)*

Stations (1)	Alti- tude m.	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	Total annuel
Zaghouan .....	195	39	52	53	65	68	58	58	38	28	15	5	17	496
Téboursouk .....	410	33	48	50	72	75	75	59	45	31	20	7	8	523
Le Kef .....	665	38	44	52	65	65	56	51	48	39	27	9	15	509
Maktar .....	937	42	36	45	57	57	54	53	48	41	27	11	19	490
Thala .....	1020	37	36	43	50	44	45	54	50	48	31	15	20	473
Aïn Amara (2) ....	1060	42	43	28	22	22	18	40	44	40	30	18	26	373
Kalaa Djerda .....	700	101			82			123			54			360
Djebel Kouif (3) ...	1015	114			87			115			59			375

(1) Voir la carte placée un peu plus loin pour juger de la situation de ces stations.  
 (2) Poste forestier, relevé de 1936 à 1961.  
 (3) En Algérie, mais près de la frontière.

**Tableau n° 2**

*Nombre de jours*

Stations	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	Total
Zaghouan .....	6	6	9	9	11	10	9	7	5	4	1	3	80
Téboursouk .....	5	7	8	9	11	10	9	7	5	4	2	2	79
Le Kef .....	7	7	9	11	11	10	9	8	7	5	2	4	90
Maktar .....	6	6	7	8	10	8	9	7	6	5	2	3	77
Thala .....	5	6	6	7	8	7	8	7	7	5	3	4	73

L'intérêt qu'il convient d'attribuer à ces moyennes est d'ailleurs grandement diminué par les variations constatées d'une année sur l'autre.

A Thala, entre 1900 et 1963, les précipitations annuelles ont ainsi varié de 234 à 872 millimètres. A Aïn Amara, elles ont varié en 25 ans de 234 à 596 millimètres.

Fait important, les années pluvieuses sont fréquemment groupées offrant de bonnes conditions de survie et de développement aux jeunes pins d'Alep.

A altitude égale, les précipitations décroissent nettement vers le sud-ouest, quand on s'éloigne de la mer.

La pluie théorique à 1000 mètres d'altitude serait ainsi de 600 millimètres ou davantage dans le Djebel Takrouna ou dans la forêt de Sakiet Sidi Youssef, de 520 millimètres dans la forêt de la Kessera. Elle ne serait plus que de 450 à 480 millimètres dans la région Oum-Djeddour — Thala — Sif El Annaba et Bireno et 360 millimètres enfin à Aïn Amara — Dernaïa.

En fait, cette diminution est surtout liée à la diminution des pluies d'hiver, de novembre à avril, qui passent de 340 millimètres à Zaghouan, 68,5% des précipitations, à seulement 174 millimètres à Aïn Amara (46,5%).

Inversement, les pluies d'été ou plutôt en fait les pluies de fin de printemps et de début d'automne, augmentent en valeur absolue et encore plus en pourcentage.

37 mm et 7,5% à Zaghouan

57 mm et 11,6% à Maktar

66 mm et 14 % à Thala

74 mm et 20 % à Aïn Amara

L'efficacité d'une pluie est variable suivant la saison.

Les pluies d'automne sont presque toujours orageuses. Tombant sur un sol desséché, les premières pluies sont absorbées d'autant plus facilement que le sol a de bonnes structure et texture.

Les pluies suivantes, tombant sur un sol saturé, provoquent une érosion hydrique intense.

Les pluies d'hiver, en fait souvent à partir du 15 décembre, ont un caractère atlantique. De faible intensité en général, elles ont une assez longue durée et une bonne efficacité.

Les pluies de printemps présentent souvent un caractère orageux, mais causent moins de dégâts car elles tombent sur des sols couverts de végétation.

Sauf dans les peuplements denses, elles risquent d'être évaporées en quelques heures sur un coup de vent. La grêle survenant surtout en cette saison cause de gros dégâts aux jeunes peuplements.

Les pluies d'été se présentent comme des orages localisés, brefs et violents.

Si la précipitation moyenne la plus basse reçue dans une forêt de pin d'Alep paraît être de 300 millimètres, on est beaucoup moins renseigné sur les précipitations reçues par les plus hauts sommets : Chambi (1544 m), Bireno (1419 m), Semmama (1314 m).

L'emploi de gradients, la lecture de la carte de Gaussen et Vernet donnent pour eux des précipitations de l'ordre de 600 à 800 millimètres comparables sur de petites surfaces à celles qui tombent sur les sommets des forêts de Sakiet-Sidi-Youssef et du Djebel Takrouna.

Les crêtes mêmes paraissent moins arrosées que les versants qui leur sont inférieurs en altitude.

On ne sait rien des hauteurs des chutes de neige. Il neige presque chaque année dans les forêts de pin d'Alep, sauf dans celles de l'est de l'aire (Djebel Mansour), mais la neige séjourne peu.

On peut supposer qu'à haute altitude elles correspondent à une part importante des précipitations. Ces chutes de neige sont particulièrement intéressantes car elles s'infiltrent en presque totalité.

En conclusion :

— Le régime pluviométrique des forêts de pin d'Alep est nettement à dominance de pluies de printemps. L'automne est la deuxième saison pluvieuse. L'hiver paraît assez sec, même en altitude, sauf dans le nord de l'aire.

L'été dans les forêts du sud-ouest devient une saison relativement pluvieuse.

— La pluviosité est liée au relief qui est arrosé sur toutes ses faces, à peu près également.

Par contre, elle décroît très vite dans les piedmonts, les plaines et les couloirs étant très secs (forêts de Haïdra et Bou Rebaïa, couloir entre Bireno et Ladjered).

— Les versants sud sont plus arides car plus ensoleillés et exposés à l'air sec saharien, de même les couloirs qui favorisent les remontées d'air sec (Versant sud de Bireno, du Chambi et du Semmama).

— Une pluviométrie de 400 millimètres dans la région d'Aïn Amara n'est absolument pas comparable à 400 millimètres dans le Djebel Mansour, ou même à Maktar, du fait tant du pourcentage important des précipitations estivales que de l'importance des chutes de neige.

### LES TEMPERATURES

La comparaison des températures des tableaux ci-après fournit en fait des conclusions erronées en ce qui concerne les forêts des environs de Maktar et de Thala.

La continentalité est beaucoup moins accusée dans les forêts de la Kessera et de Maktar, que dans les forêts de Sif El Annaba et Bireno par exemple, le massif d'Oum-Djeddour occupant une position intermédiaire. C'est dans les forêts d'Aïn Amara, de Der-naïa, du Djebel Sif, tout à fait dans le sud-ouest de l'aire, que les hivers sont les plus froids.

En fonction de la moyenne des minima du mois le plus froid,  $m$ , on peut ainsi classer les forêts tunisiennes de pin d'Alep dans les 3 groupes reconnus pour la région méditerranéenne.

— à hiver doux, quand  $4^{\circ}5 < m < 7^{\circ}$

Peu de forêts de pin d'Alep sont en fait situées dans cette zone : forêt du Bou Kornine, reboisements de la forêt domaniale du Rmel à Bizerte et de Zaghouan (partie).

— à hiver tempéré, quand  $3^{\circ} < m < 4^{\circ}5$

Beaucoup de forêts entrent dans cette catégorie : massif du Djebel Mansour, forêt de Bou Kehil, grande partie des forêts de Sakiet-Sidi-Youssef, Ouerrgha, Touiref, Maktar et de la Kessera.

— à hiver frais, quand  $m < 3^{\circ}$

C'est la majeure partie des forêts de pin d'Alep.

La détermination de la variante dans laquelle une forêt ou un groupe de parcelles doit être classé est souvent difficile.

Plus que par l'application d'un gradient, ce classement peut se faire par l'étude de la végétation et le repérage de certaines espèces caractéristiques données peu après, au paragraphe C. : les étages bioclimatiques.

L'altitude et l'exposition jouent un grand rôle pour la variation de la température à l'intérieur de ces massifs forestiers. On peut admettre pour les forêts de la zone à hiver frais, un gradient moyen de  $1^{\circ}$  par 200m.

### LES VENTS

Dans toute la zone du pin d'Alep, ce sont les vents du nord-ouest et de l'ouest qui dominent d'octobre à avril et apportent la pluie.

Les vents d'est et du sud-est, surtout fréquents et dangereux dans les forêts du sud de l'aire, causent un dessèchement atmos-

LES TEMPERATURES

Tableau n° 3

Températures moyennes mensuelles (en degrés centigrades)

Stations	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Zaghouan .....	9°	10°5	12°8	15°6	19°4	23°8	27°0	27°0	24°0	19°5	14°6	10°9	17°9
Téboursouk .....	8°4	9°0	11°6	14°7	18°1	22°8	26°2	26°1	22°8	18°5	13°9	9°7	16°7
Le Kef .....	7°1	8°2	10°8	13°9	17°8	22°7	26°5	26°2	22°5	17°7	12°3	8°4	16°2
Maktar .....	5°1	5°9	8°7	11°6	16°4	21°0	25°0	24°4	20°9	15°9	10°5	6°8	14°3
Thala .....	5°9	7°2	9°7	13°3	17°3	22°1	26°1	24°9	21°8	16°5	11°5	7°4	15°3

Tableau n° 4

Renseignements divers

Stations	Moyenne des minima du mois le plus froid janvier	Moyenne des maxima du mois le plus chaud juillet	Minima absolus				Maxima absolus			
			Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mai	Juin	Juil.	Août
Zaghouan ...	6°7	33°2	3°	1°	— 3°	— 1°	40°	45°	48°	48°
Téboursouk	4°9	33°4	0°	— 3°	— 1°	3°	40°	43°	48°	46°
Le Kef .....	3°1	34°1	— 3°	— 5°	— 5°	— 7°	38°	45°	45°	45°
Maktar .....	1°7	32°2	— 3°	— 5°	— 7°	— 6°	41°	44°	45°	44°
Thala .....	1°8	34°4	— 3°	— 7°	— 9°	— 7°	39°	46°	48°	50°

phérique et aussi quelquefois au contact d'un relief important, provoquent un orage d'été. Ce sont eux aussi qui ont considérablement aggravé les dégâts dûs aux incendies dans de nombreux massifs forestiers.

Sur sol superficiel, sur dalle calcaire, les vents d'ouest peuvent causer des chablis spectaculaires : forêt de Sakiet-Sidi-Youssef, 1ère série (Djebel Dolia, où un pare-feu de crête avait été ouvert trop large).

#### b) Les sols

D'une manière générale les sols des forêts tunisiennes de pin d'Alep peuvent être caractérisés par leur jeunesse.

L'érosion, d'autant plus forte que les sols forestiers sont situés sur des pentes fortes, et, qu'ils ne sont souvent protégés que par une végétation peu dense, enlève les couches superficielles et s'oppose ainsi à leur évolution.

L'humus ne peut s'accumuler, et, il est de plus souvent minéralisé à la suite d'un découvert brutal ou d'un incendie.

Dans ces conditions l'influence de la roche-mère va être très importante. Les sols n'ayant souvent subi qu'un début d'évolution auront très souvent des propriétés très voisines de celles du matériau qui leur a donné naissance.

En fonction de la roche-mère, les sols de forêts de pin d'Alep peuvent être classés en trois groupes :

- *Sols constitués à partir de calcaire dur,*
- *Sols constitués à partir de marne ou calcaire marneux,*
- *Sols constitués à partir de colluvions.*

#### *Sol sur calcaire dur*

Ce sont souvent les calcaires blancs et massifs du Campanien. Ces calcaires durs sont heureusement fissurés, mais leur décomposition est souvent beaucoup plus lente que l'érosion des produits auxquels elle donne naissance.

On ne trouve des sols bien évolués (rendzine et surtout sol brun calcaire assez profond) que dans les forêts du nord de l'aire, sur versant nord ou nord-ouest le plus souvent et sous couvert dense (Sakiet-Sidi-Youssef 1ère série, Oum-Djeddour).

Ailleurs, avec une érosion plus forte et un climat moins favorable, la profondeur du sol est souvent beaucoup plus faible. La

fertilité décroît ainsi peu à peu. Souvent même, la dalle calcaire est à nu, avec heureusement, quelques cassures où se sont installés les pins ou plus souvent des genévriers (parcelles de crête de la forêt du Djebel Semmama).

L'argile de décarbonisation, en s'accumulant dans les fissures ou les dépressions, peut donner naissance à des sols lourds mais assez fertiles (Touiref : versant sud du Rhar et Tine, Kessera : Djebel Ballouta).

D'autres calcaires durs du Lutétien (Sakiet lère série, Djebel Meïda) ou de l'Aptien (Kessera lère série, Djebel Ballouta), sont beaucoup moins fissurés que ceux du Campanien et donnent des sols en général moins fertiles.

#### *Sols sur marnes et calcaires marneux*

Sur calcaires marneux, on peut trouver des sols proches de ceux qui se sont développés sur calcaire dur. Toutefois, les sols de ce 2ème groupe sont en général plus profonds, mais leur fertilité est aussi fonction de leur évolution.

Les sols bruts d'érosion sur marne, surtout sur versant sud, correspondent à des forêts dégradées, claires et de faible productivité. Le retour à un état forestier plus satisfaisant ne peut être que long et coûteux.

Sous couvert assez dense et sur des pentes moyennes, on obtient des sols rendziniformes dont la fertilité varie souvent suivant l'étage géologique.

Les calcaires marneux et marnes du Turonien paraissent plus fertiles, par exemple que ceux de l'Emschérien et du Cénomanién.

Certains sols à classer dans ce groupe sont particulièrement défavorables à la végétation forestière. La roche-mère, appelée localement torba, est un calcaire marneux pulvérulent, très actif. Sur un tel sol, les arbres sont chlorotiques, courts et de très mauvaise forme.

#### *Sols sur colluvions*

Ce sont les sols forestiers les plus favorables. Ils sont épais, malgré l'érosion et leur situation sur des versants à pente souvent forte. Ils couvrent d'importantes surfaces dans de nombreux massifs forestiers : Bireno, Sif El Annaba, Oum-Djeddour, Bou Rebaïa, Haïdra, Semmama, etc... Leur valeur semble provenir non seulement de leur fertilité moyenne plus grande, mais aussi de certains de leurs

caractères physiques, et en particulier de leur plus grande perméabilité.

Suivant la roche-mère dont elles proviennent, les colluvions sont plus ou moins lourdes. A Haïdra, Oum-Djeddour, dans le sud de la forêt de Bou Rebaïa, elles sont légères et souvent encroûtées. L'encroûtement à 50 cm au moins de la surface, sauf çà et là en des secteurs très érodés, est peu dur et ne gêne pas trop le bon développement des racines.

Sur colluvions très lourdes, surtout sur versant chaud et sec, on trouve une forêt proche de celle sur marne : versant sud du Bireno.

Toutes les roches-mères passées en revue sont calcaires. Les sols sont aussi le plus souvent calcaires, mais çà et là décarbonatés, en particulier les sols sur argile rouge.

On trouve aussi des pins sur roche-mère non calcaire : sables et grès miopliocènes d'Aïn Amara. Le pin paraît apprécier particulièrement ce support, pauvre mais filtrant, lui permettant de tirer au mieux partie de la faible pluviométrie de la région.

### **c) Les étages bioclimatiques et leur végétation caractéristique**

Théoriquement, le classement d'une station dans un certain étage bioclimatique résulte directement des caractéristiques climatiques, précipitations et températures de cette station.

En fait, tous les facteurs du milieu interviennent également et en particulier le sol.

A Aïn Amara, par exemple, à l'altitude du poste forestier (1060 m), alors que sur marne ou colluvions lourdes érodées, on trouve une forêt et une flore compagne rattachables à l'étage semi-aride inférieur, classement confirmé par les caractéristiques climatiques de la station, à la même altitude et à la même exposition, mais sur grès et sables miopliocènes, on trouve une forêt de pin d'Alep à chêne vert qui, elle, ne peut être classée que dans l'étage semi-aride supérieur.

Inversement sur dalle calcaire superficielle, même à haute altitude (Semmama 1300 m), la forêt et l'association sont souvent celles de l'étage semi-aride inférieur, bien que les précipitations dépassent vraisemblablement 600 mm.

C'est n'est d'ailleurs pas à partir de renseignements météorologiques, presque toujours approximatifs comme on l'a vu, que l'on

classera une forêt dans un étage. En fait, c'est l'étude du tapis végétal, véritable synthèse de tous les facteurs du milieu, qui nous donnera ce classement.

Ceci dit, le pin d'Alep tunisien apparaît comme une espèce très plastique que l'on trouve dans des stations allant de l'étage méditerranéen semi-aride inférieur à l'étage sub-humide, avec toutes les variantes plus ou moins continentales de ces étages.

Le problème qui se pose ici est d'ailleurs différent de celui qui se pose au phytoécologiste. Il ne s'agit pas de déterminer toutes les associations qui se rattachent à la série du pin d'Alep, même si depuis longtemps il n'y a plus de pin d'Alep, mais seulement son cortège d'espèces compagnes.

Il s'agit ici de rattacher les forêts existantes et *productives*, aux différents étages de végétation et à leurs variantes principales, chacun caractérisé par un cortège d'espèces caractéristiques.

C'est là le but des tableaux suivants, qui sont particulièrement redevables aux enseignements de Monsieur Schoenenberger et qui constituent les bases des classements et qualifications retenus.

**Tableau n° 5**

*Etages de végétation*

Etages	Principales espèces accompagnant le pin d'Alep
Sub-humide	<i>Arbutus unedo</i> , <i>Viburnum tinus</i> , <i>Colutea arborescens</i> , <i>Chrysanthemum corymbosum</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Catananche coerulea</i> , <i>Smilax aspera</i> , <i>Lonicera etrusca</i> , <i>Crataegus azarolus</i> , <i>Ruscus aculeatus</i> , <i>Pistacia terebinthus</i> , <i>Centaurea lagascae</i> , <i>Stachelina dubia</i> .
Semi-aride supérieur	<i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Cistus villosus</i> , <i>Erinacea anthyllis</i> , <i>Retama sphaerocarpa</i> .
Semi-aride inférieur	<i>Juniperus phoenicea</i> , <i>Stipa tenacissima</i> , <i>Atractylis humilis</i> .

Le chêne vert peut accompagner le pin d'Alep dans les étages sub-humide et semi-aride supérieur. En fait, sa forme et sa vigueur y sont très différentes.

**Tableau n° 6**

*Les variantes bioclimatiques*

Hiver doux ou tempéré	Hiver frais
<p><i>Erica multiflora, Cistus monspe-liensis, Pistacia lentiscus, Smilax aspera, Ceratonia siliqua, Lonicera implexa, Olea europaea, Phyllirea angustifolia, Calycotome villosa.</i></p>	<p>Absence des espèces caractérisant un hiver doux et tempéré.</p> <p>Présence de <i>Erinacea anthyllis, Retama sphaerocarpa, Astragalus armatus.</i></p> <p>Des espèces caractérisent les zones les plus froides : <i>Pycnomon acarna</i>, et <i>Koeleria valesiaca</i> (semi-aride supérieur).</p> <p><i>Thymelea tartonraira</i> (semi-aride inférieur).</p>

*Les espèces caractérisant les sols :*

Sols encroûtés : *Cistus libanotis*

Sols lourds : *Ampelodesma mauritanica* (assez rare dans le semi-aride inférieur), *Calycotome villosa, Onobrychis venosa, Astragalus armatus ssp numidicus, Astragalus incanus ssp nummularioides, Atractylis humilis.*

*Spartium junceum* dans le sub-humide et le semi-aride vraiment supérieur.

Gypse : *Lygeum spartum, Brotheroa amethystina.*

Torba (calcaire pulvérulent) : *Hedysarum pallidum.*

En passant en revue tous les facteurs du milieu, nous avons parlé à plusieurs reprises de l'exposition. Un autre facteur important n'a pas été évoqué : il s'agit de la densité des peuplements. La très grande sécheresse de l'air défavorise les peuplements ouverts. Les peuplements fermés se créent un microclimat particulier qui les rend à même de retenir et d'utiliser un pourcentage beaucoup plus important des précipitations totales. Sous eux les sols ont un pourcentage d'humus beaucoup plus important ; ils sont plus profonds et plus évolués.

II. — LES FORETS ETUDIÉES

Nous nous contenterons de les classer dans les différents étages. Il s'agit d'ailleurs le plus souvent de parties, une même forêt pouvant être classée dans plusieurs étages et quelquefois même dans plusieurs variantes.

Tableau n° 7

	H I V E R		
	Doux	Tempéré	Frais
Sub-humide	Reboisements du Rmcl	Sakiet lère série Touiref (pie)	Bireno (pie)
Semi-aride supérieur	Bou Kornine	Kessera lère Série, Bou Kehil, Ouergha, lère série, Touiref (pie), Djebel Mansour.	Bireno (pie), Bou Rebaïa (pie), Chambi (pie), Oum-Djeddour, Semmama (pie), Sif el Annaba, Touiref (pie).
Semi-aride inférieur	—	Ouergha lère série (pie), Touiref (Koudiat es Ser-souf).	Aïn Amara I, Haïdra, Bireno, Bou Rebaïa (pie), Chambi et Semmama (bas de leurs versants sud)

AUTEURS ET DATES D'ACHEVEMENT DES PROCES-VERBAUX  
D'AMENAGEMENT DES FORETS TUNISIENNES DE PIN D'ALEP

ALBERT E.	série pilote d'Oum-Djeddour .....	1964
HAMZA H. et BEN KHEDER M.	1ère série d'Oum-Djeddour .....	1964
PETITJEAN R.	3ème série d'Oum-Djeddour .....	1965
	1ère série Ouergha .....	1966
	1ère série Semmama .....	1967
	1ère et 2ème séries Dernaïa .....	1967
SOULERES G.	Aïn Amara I .....	1965
	2ème série d'Oum Djeddour .....	1965
	Sif El Annaba .....	1965
	Sakiet-Sidi-Youssef I .....	1965
	Bou Rebaïa .....	1966
	2ème et 3ème séries Semmama .....	1966
	Touiref .....	1967
	Kessera 1ère série .....	1967
	Bireno .....	1967
	Rmel (Reboisements) .....	1968
	Haïdra .....	1968
	El Glaa .....	1968
	Ladjered .....	1968
	1ère et 2ème séries Chambi .....	1968

### III. — LES METHODES D'ETUDE

#### a) Les mesures

Comme il a été dit dans l'introduction, l'aménagiste, en vue de la rédaction de son aménagement, se préoccupe surtout de moyennes : volume moyen, tarif de cubage moyen, accroissement moyen, etc... Les mesures effectuées en forêt pour les premiers de mes aménagements avaient surtout pour but d'obtenir ces valeurs moyennes. Elles portaient sur un échantillon suffisant, réparti sur toute une forêt. De telles mesures ne permettaient pas d'avoir une idée précise des variations à l'intérieur d'une forêt, et par là, de rechercher les causes de ces variations. De plus, les mesures au début ne portaient que sur des arbres des classes 25, 30, 35.

La suite des études devait montrer que ce choix conduisait à des conclusions fausses, surtout dans les forêts les plus défavorisées. Si un échantillon suffisant en nombre d'arbres de classe 15 ou 20 peut être considéré comme caractéristique d'une parcelle par exemple, il n'en est pas de même pour un échantillon d'arbres des classes 25, 30 ou 35. Alors que les arbres de classe 15 ou 20 sont également répartis sur toute la surface de la parcelle quelles que soient les fertilités des différentes stations, il n'en est pas de même pour les plus gros diamètres. Un nombre important de ceux-ci, d'autant plus important que le diamètre est plus élevé croît dans des stations de fertilité supérieure à la moyenne.

Dans la forêt d'Aïn Amara par exemple, la hauteur totale moyenne des arbres croît ainsi jusqu'à la classe 40, alors que la croissance en hauteur des dominants y est achevée dès la classe 25.

Les premières études portant uniquement sur des arbres de classe 25, 30 et 35 donnaient donc ainsi des résultats souvent supérieurs à la réalité. De plus, elles faisaient trop abstraction de certains facteurs comme la densité des peuplements, et par là permettaient mal de situer les parcelles et forêts par rapport à un état normal. En particulier, elles ne fournissaient de ce fait aucun renseignement sur la production potentielle et certains des résultats à escompter de l'application de l'aménagement.

Les mensurations furent ensuite faites dans les stations de surface connue, dont tous les arbres à partir de la classe 10 étaient inventoriés et mesurés : les stations étant elles-mêmes choisies comme moyennes et représentatives d'un secteur déterminé.

L'ensemble des stations d'une forêt donnée, chacune d'entre elles étant décrite ainsi que sa flore dans une fiche appropriée, peut constituer un échantillon des milieux de cette forêt. Elles peuvent d'ailleurs se classer le plus souvent en deux ou trois grands groupes,

bien caractérisés et bien caractéristiques de deux ou trois grands types de milieu existant dans la forêt.

Des mesures furent aussi exécutées à l'occasion des abattages sur les layons ouverts lors des travaux de parcellaire, ainsi que lors des exploitations nécessaires pour l'établissement de tarifs de cubage.

Les renseignements fournis dans les 1ère et 2ème parties de cette étude, les arbres et les peuplements, sont le résultat de l'exploitation de toutes ces mensurations. Ultérieurement, pour les rendre homogènes, des stations furent assises dans certaines des premières forêts aménagées.

Tout cela explique une partie des différences que l'on pourra constater dans les tarifs de cubage, les hauteurs, les accroissements, avec les premiers aménagements. D'autres différences proviennent de l'uniformisation des méthodes de calcul ou du rétablissement de certaines erreurs de peu d'importance heureusement en général.

#### **b) L'utilisation des mesures pour cette étude. Les calculs.**

Les résultats de toutes ces mesures furent d'abord utilisés pour la rédaction des procès-verbaux d'aménagement : tarifs de cubage, calculs de production pour une forêt donnée, etc... Après complément, ils furent de nouveau utilisés pour la rédaction de cette étude. Répétons ici qu'ils n'avaient pas été prévus pour cela, ce qui peut expliquer le caractère incomplet de cet article consacré au pin d'Alep tunisien. Il a été rédigé par un aménagiste, et le pin d'Alep y est surtout vu sous les caractères intéressant la gestion et l'exploitation de ses forêts.

S'agissant d'une étude destinée à mettre en évidence les rapports existant entre les caractéristiques des arbres ou des peuplements et celles du milieu, les calculs effectués pour elle ont surtout été des calculs de corrélation. Comme la plupart des variations étudiées sont linéaires, pour une part plus ou moins importante de l'amplitude de variation, ils se sont souvent réduits à des calculs de droites de régression.

Pour étudier la variation de la hauteur en fonction du diamètre, entre 10 et 25 cm, dans les parcelles de la forêt du Djebel Bireno que l'on peut rattacher à l'étage sub-humide (1ère partie — chapitre I), on a ainsi calculé les deux droites de régression :

$$\begin{aligned} \text{Hauteur} &= f(\text{Diamètre}) \quad , \text{ et déterminé leur bissectrice,} \\ \text{Diamètre} &= f(\text{Hauteur}) \end{aligned}$$

choisie pour constituer la représentation approchée de la loi  $D = f(H)$ , après avoir vérifié que le coefficient de corrélation était significatif.

Les droites figurant sur les différents graphiques de cette étude ont été presque toutes tracées de cette manière, avec des coefficients de corrélation significatifs en fonction du nombre de mesures effectuées.

Dans le cas de certains graphiques, n° 34 par exemple, qui schématise la variation de la production d'un peuplement en fonction de la surface terrière, 2 tronçons de droite ont été calculés, correspondant à une surface terrière variant de 0 à 10 m<sup>2</sup> pour l'un, de 10 à 20 m<sup>2</sup> pour l'autre. Ces 2 tronçons ont été ensuite reliés graphiquement.

Sans qu'il en soit fait davantage allusion dans la suite de cette étude, d'autres calculs statistiques ont été effectués. En particulier, quand le nombre de mesures était important, on a vérifié qu'elles se répartissaient bien, pour un certain diamètre par exemple, suivant la loi de Gauss.

D'autres graphiques, moins nombreux, ont par contre été tracés par points. C'est le cas par exemple, du graphique n° 2.

Dans la mesure où le tracé obtenu, grâce à un nombre important de mesures, 130 en moyenne pour chacune des 3 forêts qui y sont représentées, paraissait significatif, on n'a pas cherché à le préciser par un calcul.

Une grande importance a été attachée au nombre de mesures effectué, très suffisant dans tous les cas pour servir de base à des calculs statistiques de corrélation. A Bou Rebaïa par exemple (3434 ha), on a mesuré la hauteur des arbres et la largeur des 20 derniers cernes de 584 arbres. C'est le nombre de mesures, de préférence au coefficient de corrélation, qu'il a paru nécessaire de faire figurer dans les différents tableaux. Dans certains cas d'ailleurs, il pourra paraître énorme et sans aucune mesure avec le minimum exigé pour des calculs statistiques valables. Cela s'explique par les exigences de la formation des agents techniques qui ont par la suite participé aux mesures et opérations préliminaires à l'aménagement.

Pour quelques études de la croissance des arbres, de la production des peuplements, des conventions particulières ont été posées. Il a paru préférable de ne pas les exposer ici, mais au début des chapitres intéressés.

Signalons aussi que les blancs que l'on pourra trouver ne s'expliquent pas par l'existence de résultats non conformes, mais par l'absence de mesures, ou par le caractère non significatif de résultats, du fait d'un nombre trop faible d'arbres mesurés.

Signalons enfin que les renseignements donnés pour un certain nombre de forêts (Oum-Djeddour 3ème, Ouergha 1ère série), proviennent des travaux de Monsieur Petitjean.

## 1ère PARTIE : LES ARBRES

### CHAPITRE I. — CARACTERISTIQUES DES ARBRES

#### I. — HAUTEUR

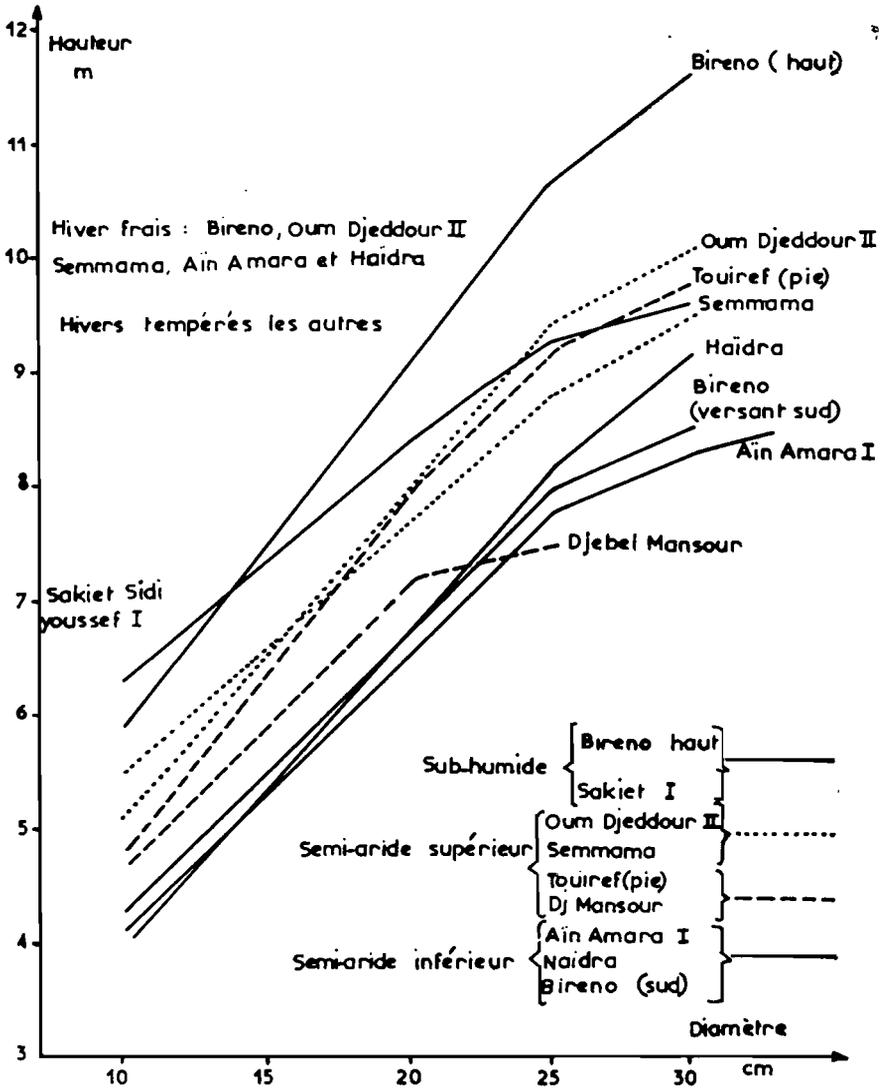
La hauteur totale est une grandeur facile à mesurer et sa connaissance fournit de nombreux et importants renseignements. Elle traduit bien en particulier la fertilité d'une station et permet une approximation quant au tarif de cubage à employer.

La hauteur totale des arbres a été mesurée dans toutes les forêts aménagées, pour les classes 25, 30 et 35 seulement au début. Dans presque tous les cas, les mesures furent faites au dendromètre Blume-Leitz, à une distance de 20 m mesurée à la chaîne. Pour les arbres les plus courts (classe 10), de nombreuses mesures furent effectuées à l'aide d'une perche graduée.

La graphique n° 1 fournit les résultats obtenus dans des forêts ou stations réparties sur toute l'aire tunisienne du pin d'Alep. Les droites représentant la variation de la hauteur en fonction du diamètre ont été obtenues, comme il a déjà été dit, par des calculs de corrélation, jusqu'à 25 cm de diamètre (20 cm pour le Djebel Mansour). Au-delà, elles ont été complétées à partir des points représentatifs des hauteurs totales moyennes des arbres des différentes classes.

Comme il était prévisible, la hauteur totale moyenne augmente quand on passe de l'étage semi-aride inférieur à l'étage sub-humide. Cette augmentation est même très importante puisque pour la classe 15 par exemple, on passe de 5,3 m pour les forêts de Haïdra et Aïn Amara à 7,5 m pour les stations sub-humides de la forêt de Bireno, géographiquement situées entre les deux premières forêts, mais à une altitude bien supérieure.

Alors que la plupart des courbes sont en gros parallèles, les deux forêts de Sakiet-Sidi-Youssef 1ère série (sub-humide) et du Djebel Mansour (semi-aride supérieur), toutes les deux dans la variante à hiver tempéré de ces étages, ont une pente plus faible, puis s'infléchissent nettement à partir de la classe 25 ou 20 respectivement. Dans ces deux forêts, alors que les arbres des classes 10, 15 et 20



Graphique I :Variation de la hauteur totale avec le diamètre.

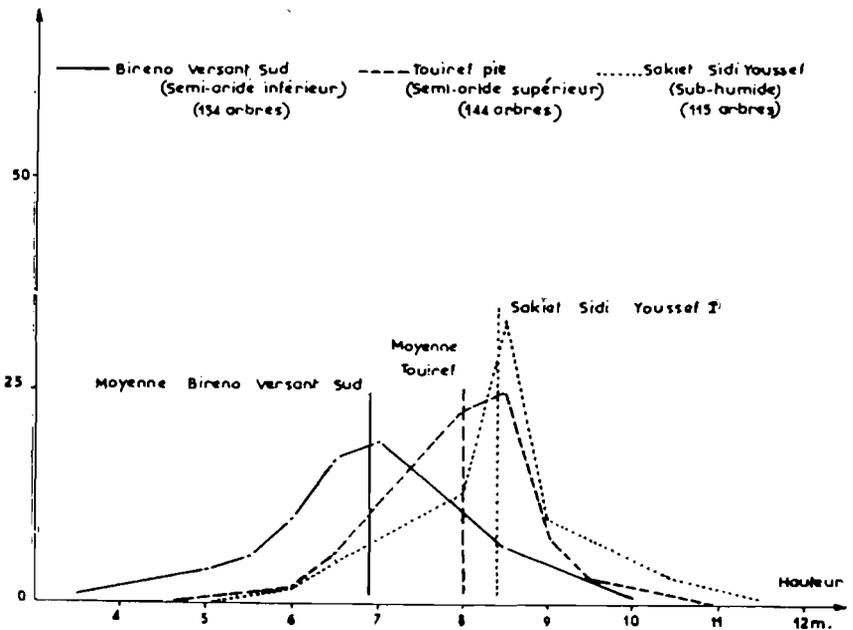
ont des hauteurs comparables à celles des arbres des forêts situées dans la variante correspondante à hiver frais, pour les classes supérieures la hauteur devient comparable à celle des arbres de l'étage inférieur, par exemple Oum-Djeddour II et Semmama pour Sakiet-Sidi-Youssef 1ère série.

Il convient d'attirer ici de nouveau l'attention sur le fait que l'augmentation de la hauteur moyenne au-delà de la classe 25 n'est pas due à la poursuite de la croissance en hauteur. Celle-ci s'arrête suivant les forêts au diamètre 25 ou 30.

Au-delà, l'augmentation constatée de la hauteur moyenne est due au fait qu'un pourcentage de plus en plus important des arbres de gros diamètre est situé dans des stations de fertilité supérieure à la moyenne et donc caractérisées par des hauteurs totales plus fortes.

En fait, toutes les moyennes couvrent une très grande hétérogénéité et l'on trouve par exemple de nombreux arbres de même hauteur dans 2 stations caractéristiques, l'une du semi-aride inférieur, l'autre du sub-humide, ayant pourtant des hauteurs moyennes très différentes.

Le graphique n° 2 schématise ces variations pour les arbres de la classe 20 de trois forêts où le nombre de mesure a été particuliè-



Graphique 2 : Répartition des hauteurs des arbres de classe 20.



Forêt domaniale du Rmel. Etage bioclimatique sub-humide, hiver doux, beau peuplement artificiel d'une cinquantaine d'années sur dunes anciennement fixées (région de Bizerte).

rement important. Les courbes représentatives deviennent de plus en plus aigües quand l'on passe du versant sud du Bireno à la forêt de Sakiet-Sidi-Youssef.

Dans la mesure où les variations de hauteur dans une forêt donnée proviennent de la variation de fertilité des différentes stations qui la constituent, ce fait montre que l'amplitude des variations est plus faible dans les forêts à fertilité forte que dans celles à fertilité faible.

Le même fait a été constaté dans le massif du Djebel Bireno qui du fait de l'altitude, de l'exposition et aussi des sols, offre sur ses 5200 ha une très grande variation de milieu. Les hauteurs totales des arbres sont beaucoup plus groupées autour de la moyenne dans les stations rattachées à l'étage sub-humide, puis dans celles rattachées à l'étage semi-aride supérieur que sur le versant sud, à rattacher à l'étage semi-aride inférieur.

Il en est de même à Aïn Amara, Dernaïa.

Les tableaux 8, 9, 10, récapitulent tous les résultats obtenus en matière de hauteur totale, les forêts ou parties de forêt étant classées par étage et variante.

Ces tableaux confirment et complètent abondamment les indications données par l'étude du graphique n° 1, mais mettent mieux en évidence l'importance des variations à l'intérieur d'un même étage, en fonction de la variante thermique.

**Tableau n° 8**  
*Hauteurs totales en bioclimat sub-humide*

Forêts	Hauteur totale moyenne (m) par classe de diamètre							Nombre total des mesures
	10	15	20	25	30	35	40	
1) <i>A hiver frais</i> :								
Bireno (pie) . . . . .	5,9	7,5	9,2	10,7	11,7	12,3	12,3	317
2) <i>A hiver tempéré</i> :								
Sakiet 1ère série . . . . .	6,3	7,4	8,4	9,3	9,6	10,1	10,8	837
Touiref (pie) . . . . .	5,8	7,2	9,0	10,4	11,1	—	—	196
3) <i>A hiver doux</i> :								
Reboisements du Rmel								
— Bonne fertilité . . . . .	7,6	9,0	10,3	12,6	13,7	14,9	15,0	484
— Fertilité médiocre (1) . . . . .	4,6	6,1	7,7	8,8	8,8	—	—	512

(1) Encroûtements, affleurements plus lourds. dunes récemment fixées.  
Les bonnes stations correspondent à des dunes anciennement fixées, caractérisées par de nombreuses espèces humicoles.

**Tableau n° 9**  
*Hauteurs totales en bioclimat semi-aride supérieur*

Forêts	Hauteur totale moyenne par classe-mètres						Nombre total de mesures	Observations	
	10	15	20	25	30	35			
<i>1) A hiver frais :</i>									
Bireno (pie) .....	4,8	6,3	7,6	8,8	9,9	—	465	fertilité moyenne à forte fertilité faible	
Bou Rebaïa (pie) ...	4,9	6,15	7,4	8,65	9,1	—	578		
Ouergha I (face nord)	5,6	6,5	7,5	8,4	8,8	—	300		
Oum Djeddour II ..	5,1	6,5	8,0	9,4	10,1	—	1300		
Semmama I, II, III (pie) .....	5,5	6,6	7,7	8,8	9,5	10,0	1410		
Sif El Annaba .....	5,3	6,45	7,6	8,5	9,1	9,6	640		
Touiref (pie) (1) ...	4,8	6,3	7,9	9,2	9,8	—	376		
<i>2) A hiver tempéré :</i>									
Bou Kehil .....	5,2	6,1	7,1	8,0	—	—	300		
Djebel Mansour ...	4,65	5,9	7,2	7,5	—	—	230		
Djebel Mansour ....	3,7	4,1	4,6	—	—	—	220		
Kessera I .....	3,8	5,0	6,0	7,1	7,7	8,2	595		
Ouergha I (face sud).	5,0	6,1	7,4	8,2	9,0	—	300		
Touiref (pie) (1) ...	4,7	6,3	8,0	9,2	9,7	—	642		
<i>3) A hiver doux :</i>									
Bou Kornine .....	5,6	7,2	7,3	7,8	9,75	—	250		

(1) Les sols des parcelles de la forêt de Touiref situées dans la variante à hiver frais sont plus lourds et moins fertiles en général que pour les parcelles situées dans la variante à hiver tempéré. De toute façons, les deux variantes se touchent sur le terrain, et c'est en fonction de l'altitude surtout que l'on passe de l'une à l'autre.

Tableau n° 10

*Hauteurs totales en bioclimat semi-aride inférieur*

Forêts	Hauteur totale moyenne par classe-mètres						Nombre total de mesures	Observations
	10	15	20	25	30	35		
1) <i>A hiver frais :</i>								
Aïn Amara I .....	4,1	5,3	6,6	7,8	8,3	8,6	612	Station en plein versant sud à basse altitude : 900 m.
Bireno (pie) .....	4,1	5,7	6,9	8	8,5	—	559	
Chambi (sud) .....	3,3	5,3	6,1	7,6	—	—	176	
Dernaïa I et II ....	4,1	5,4	—	—	—	—	250	
Haïdra .....	4,0	5,3	6,7	8,2	9,2	—	457	
2) <i>A hiver tempéré :</i>								
Touiref (pie) .....	4,2	5,5	6,9	7,6	8,2	—	399	

Les tableaux et graphiques précédents mettent bien en évidence les variations de la hauteur totale en fonction des étages de végétation et de leurs variantes.

Il peut être aussi intéressant d'étudier ces variations en fonction d'autres facteurs :

— *l'altitude* : c'est l'objet du graphique n° 3 (Djebel Bireno) et du tableau n° 11 (Djebel Semmama).

Notons d'ailleurs que c'est l'altitude qui fait se succéder les étages de végétation sur un même versant.



Forêt du Djebel Mansour, semi-aride supérieur à hiver tempéré.

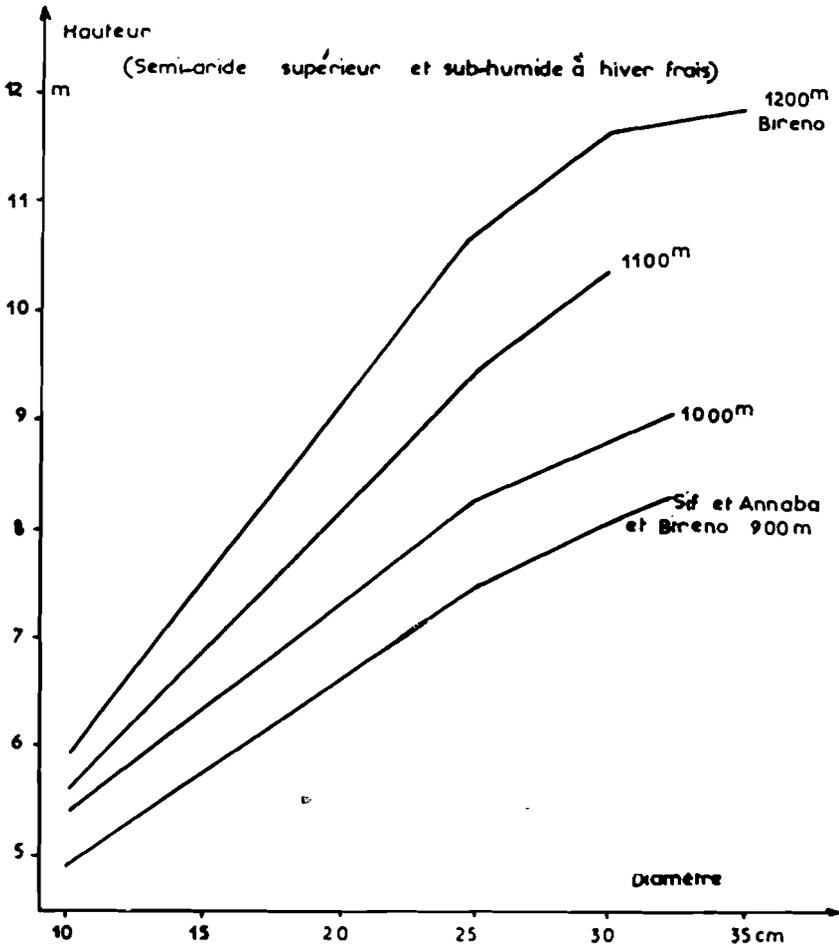
Arbres courts et d'assez mauvaise forme : Romarin, diss,  
lentisque, calycotome, de nombreux jeunes pins

— *la nature du sol* : graphique n° 4 (Oum-Djeddour II) et tableau n° 12 (Bou Rebaïa).

Toutes les stations ayant concouru à l'établissement du graphique n° 3 sont situées dans les forêts de Sif El Annaba et du Djebel Bireno, sur versant nord et sur des sols comparables, sur colluvions lourdes (diss). Celles correspondant aux altitudes 900, 1000 et 1100 m sont à rattacher à l'étage semi-aride supérieur à hiver frais. Celles situées à une altitude de 1200 m ou supérieure sont à rattacher à l'étage sub-humide, même variante.



Forêt du Djebel Ladjered; semi-aride inférieur sur colluvions encroutées. Arbres courts d'assez mauvaise forme et à forte décroissance; Romarin, alfa, genévrier rouge.



Graphique 3 : Variation de la hauteur totale avec l'altitude. Versant nord des forêts de Sif El Annaba et Bireno,

*NOTA.* — Pour chaque altitude, 200 arbres au moins ont été mesurés.

Dans le Djebel Semmama, les stations, qui sont toutes à rattacher à l'étage semi-aride supérieur (hiver frais), sont situées sur des sols variés, paraissant en général moins fertiles.

**Tableau n° 11**

*Variation de la hauteur avec l'altitude et l'exposition*

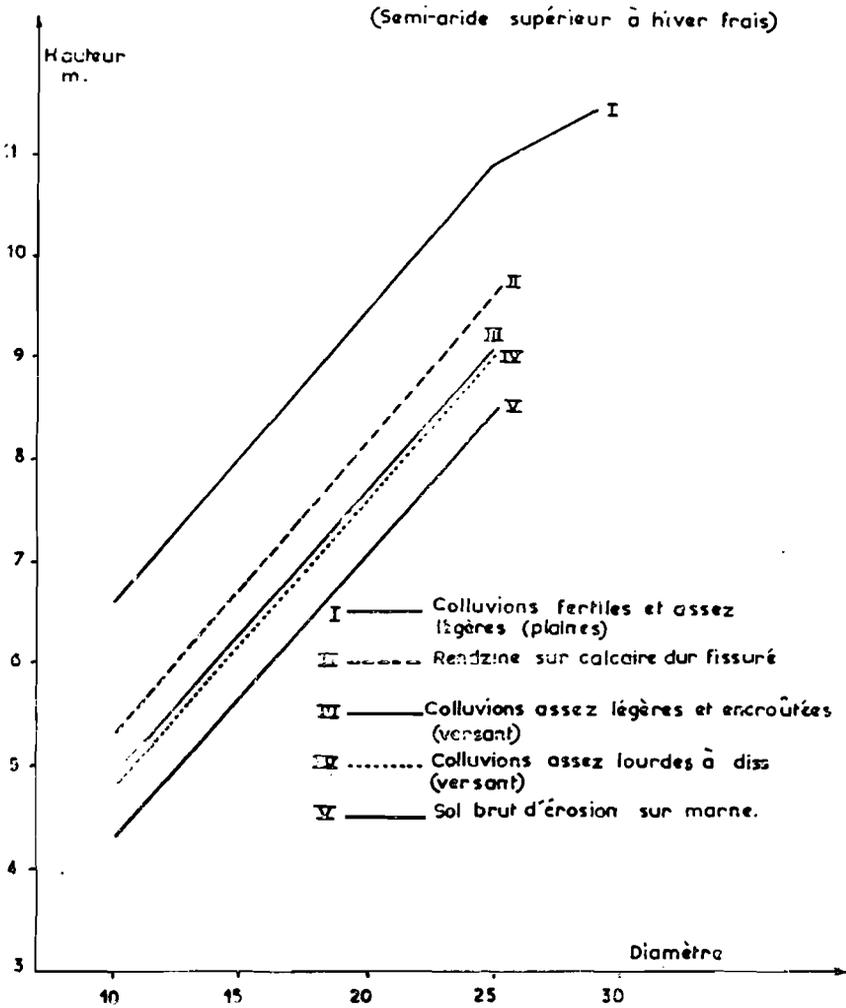
Djebel Semmama (Séries I, II, III)

Etage semi-aride supérieur à hiver frais

Stations	Hauteur totale moyenne (mètres)		
	cl 25	cl 30	cl 35
<i>Versant nord</i>			
1100 mètres .....	9,1	9,8	10,2
1200 mètres .....	9,6	10,1	10,4
<i>Versant sud</i>			
1000 mètres .....	8,5	9,0	9,7
1100 mètres .....	8,7	9,4	10,0
1200 mètres .....	9,0	9,6	10,2
1300 mètres .....	10,1	10,4	10,7
Moyenne pour la forêt : ..	8,8 m	9,5 m	10,0 m

**Nota :** 150 arbres au moins ont été mesurés pour chaque ligne de ce tableau.

Toutes les stations de la forêt d'Oum-Djeddour (IIème série) portent la flore de l'étage semi-aride supérieur (hiver frais). Le peuplement des stations du groupe n° 1, sur colluvions fertiles et assez légères de plaine, est comparable par la hauteur et la forme à celui des stations sub-humides de la forêt de Djebel Bireno.



Graphique 4 : Oum-Djeddour IIème Série, relation entre la hauteur et diamètre.

*La forêt de Bou Rebaïa* est une forêt au relief peu accusé et où, de ce fait, l'exposition joue un rôle réduit. Les différences d'altitude entre les parcelles sont de même très réduites. C'est le facteur sol qui a la plus grosse influence sur les variations dans la forme et en particulier la hauteur des arbres.

**Tableau n° 12**

*Forêt de Bou Rebaïa (semi-aride supérieur à hiver frais)*

	Parcelles de bonne fertilité		Moyenne pour la forêt	Parcelles de fertilité faible	
	I	II		III	IV
Classe 25 . . . .	9,0 m.	8,5 m.	8,65 m.	8,2 m.	7,4 m.
Classe 30 . . . .	9,5 m.	9,05 m.	9,10 m.	8,6 m.	8,2 m.
Classe 35 . . . .	10,1 m.	9,75 m.	9,30 m.	(1)	(1)

**Nombre total d'arbres mesurés : 418**

(1) arbres de classe 35 tous localisés dans ces parcelles dans des stations de fertilité très supérieure à la moyenne.

**Légende :**

- I — sur colluvions calcaires assez légères et profondes, bien que peu évoluées.
- II — sur colluvions marneuses plus lourdes mais profondes (diss).
- III — sol superficiel sur énoûtements affleurants ou sur colluvions calcaires érodées peu épaisses.
- IV — sol brut d'érosion sur marne.

Dans des conditions moyennes plus dures que celles d'Oum-Djeddour, les différences s'accroissent. Les sols lourds nettement plus secs sont défavorisés par rapport aux sols plus filtrants.

Le même fait a été constaté, plus net encore, dans des conditions encore plus difficiles : Aïn Amara, Dernaïa.

Les données relatives aux deux types de sol que le pin d'Alep paraît le moins apprécier ont été rassemblées dans les 2 tableaux suivants :

- *Tableau n° 13* : Sol brut d'érosion sur marne, forêts d'Oum-Djeddour et de Sif El Annaba.
- *Tableau n° 14* : Sol superficiel sur dalle calcaire : Semmama et Sakiet-Sidi-Youssef I.

**Tableau n° 13**  
*Sol brut d'érosion sur marne*

Forêts	Hauteur totale moyenne par classe (mètres)					
	10	15	20	25	30	35
<i>Oum-Djeddour II</i>						
Moyenne de la forêt.	5,1	6,5	8,0	9,4	10,1	—
Stations sur marne érodée (200 arbres).	4,3	5,7	7,1	8,5	—	—
<i>Sif El Annaba</i>						
Moyenne de la forêt à 900 m. ....	4,9	5,7	6,75	7,5	8,1	8,6
Stations sur marne érodée (parcelle 37, 927 m, 230 arbres)	4,3	5,2	5,9	6,3	7,1	—

Les stations sont situées dans des conditions telles, pour les autres facteurs, que la comparaison puisse être significative. Les moyennes données pour les forêts et les stations s'appliquent toutes à des peuplements que leur flore d'accompagnement permet de classer dans l'étage semi-aride supérieur à hiver frais.

**Tableau n° 14**  
*Peuplements sur dalle calcaire superficielle*

Forêts	Hauteur totale moyenne par classe (mètres)						
	10	15	20	25	30	35	40
<i>Djebel Semmama</i>							
Moyenne pour la forêt .....	5,5	6,6	7,7	8,8	9,5	10,0	—
Peuplement sur dalle calcaire (1) (230 arbres) .....	4,2	5,2	6,25	7,25	8,25	—	—
<i>Sakiet-Sidi-Youssef</i>							
Moyenne pour la forêt .....	6,3	7,4	8,4	9,3	9,6	10,1	10,8
Peuplement sur dalle calcaire (200 arbres)	—	—	—	7,4	7,8	8,1	8,7

(1) Parcelle 24 de 2ème série — Altitude 1 300 mètres.  
Pour l'altitude 1 300, les hauteurs pour les classes 25 et 30 sont respectivement 10,1 et 10,4 mètres (cf. tableau n° 11).

*Résumé* : La hauteur totale moyenne des pins d'Alep varie dans de grandes proportions en fonction de l'étage bioclimatique.

Pour les arbres de classe 15, on passe ainsi de 5,3 m (Semi-aride inférieur) à 7,5 m (Sub-humide).

Dans les variantes à hiver tempéré, la variation de hauteur en fonction du diamètre est plus lente.

Alors que pour les arbres de classe 10, les hauteurs sont comparables à celles des arbres de même classe du même étage, pour les arbres de classe 25 on observe une différence sensible par rapport à leurs homologues.

Le sol est un important facteur de variation. C'est sur les colluvions que les arbres sont les plus hauts.

Inversement dans les stations les moins favorisées (sol brut d'érosion sur marne, sol superficiel sur dalle de calcaire dur) les arbres perdent 15 à 20 % de leur hauteur par rapport à la moyenne. La dispersion autour des valeurs moyennes est d'autant plus faible que la station est plus fertile.

#### *Hauteur de la découpe « bois fort »*

Les mensurations de la hauteur de la découpe bois fort (20 cm de circonférence) ont été beaucoup moins nombreuses.

Toutes ont cependant fourni les mêmes résultats :

La différence entre la hauteur totale et cette hauteur ne représente pas un certain pourcentage de la hauteur totale de l'arbre mais représente une longueur constante, tout au moins pour plusieurs classes 15, 20, 25, 30.

Pour la classe 10 cette longueur est plus forte, alors qu'elle est plus faible pour les classes 35 et supérieures.

Ce résultat est important : Quand l'arbre grandit c'est donc sa hauteur utile qui croît; la partie correspondant à la charbonnette décroissant en pourcentage de 48% pour la classe 10, à 24% pour la classe 35, et même en valeur absolue.

Dans les stations où les hauteurs totales sont plus faibles, la partie de l'arbre située au dessus de la découpe 20 cm est de même beaucoup plus réduite.

Les résultats obtenus sont condensés dans le tableau n° 15 suivant.

Tableau n° 15

Hauteur totale et Hauteur de la découpe « bois fort » — mètres

	10	15	20	25	30	35	40
<i>Sub-humide</i>							
<i>Touïref</i>							
Hauteur totale .....	5,8	7,2	—	—	—	—	—
Hauteur à la découpe bois fort .....	2,8	4,7	—	—	—	—	—
	} 3,0	} 2,5					
<i>Semi-aride supérieur</i>							
<i>Ouergha I versant nord</i>							
Hauteur totale .....	5,6	6,5	7,5	8,4	8,8	9,2	
Hauteur découpe B.F. ...	2,7	4,2	5,2	6,1	6,5	7,0	
	} 2,9	} 2,3	} 2,3	} 2,3	} 2,3	} 2,2	} 2,2
<i>Ouergha I versant sud</i>							
Hauteur totale .....	5,0	6,1	3,4	8,2	9,0		
Hauteur découpe B.F. ...	2,5	3,9	5,3	6,1	7,0		
	} 2,5	} 2,1	} 2,1	} 2,1	} 2,0	} 2,0	} 2,0
<i>Semi-aride inférieur</i>							
<i>Ain Amara (pie) - Dernaïa</i>							
Hauteur totale .....	4,1	5,4	—	—	—	—	—
Hauteur découpe B.F. ...	2,5	3,9	—	—	—	—	—
	} 1,6	} 1,5					

## II. — DECROISSANCE — EMPATTEMENT

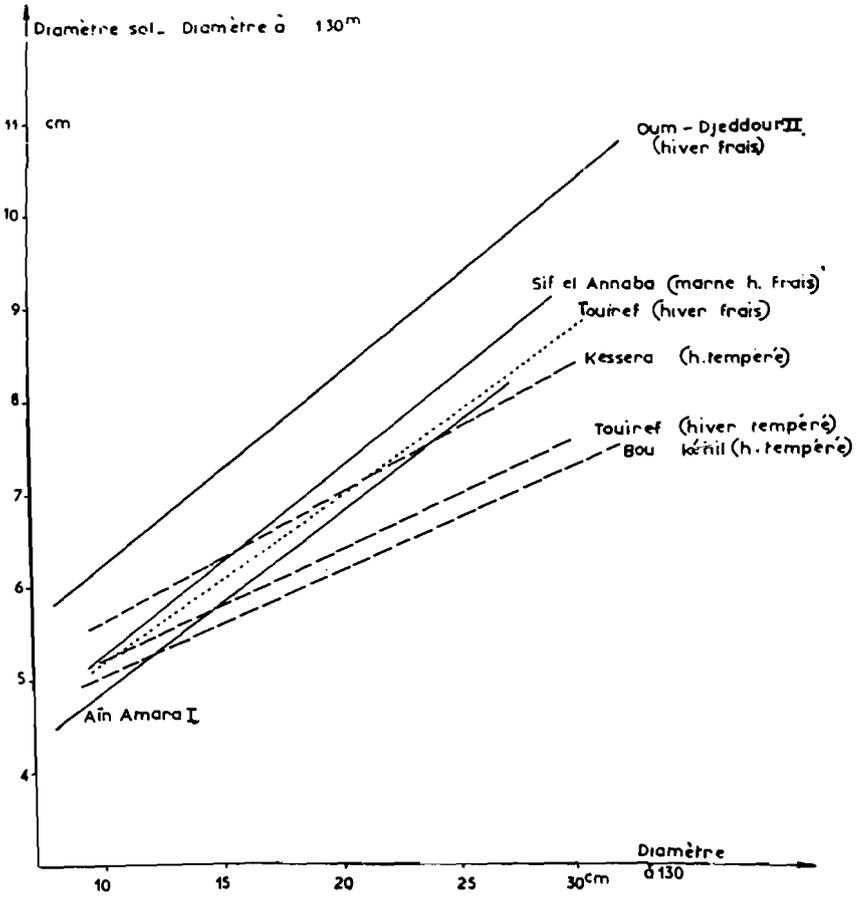
La décroissance n'était pas mesurée lors des premiers aménagements. Sa mesure n'intervint que par la suite, avec le souci de calculer les tarifs de cubage par des mensurations d'arbres sur pied, au lieu d'arbres abattus, et aussi de calculer la production de parcelles où des arbres avaient été exploités.

C'est la différence entre le diamètre au sol et le diamètre à 1,30 m,  $D(1,30)$ , facile à mesurer, qui fut choisie. Cette différence caractérise d'ailleurs beaucoup plus l'empattement que la décroissance proprement dite. Ainsi défini, l'empattement  $D'$  est une fonction linéaire du diamètre, tout au moins jusqu'à la classe 25 ou 30, suivant les forêts.

$$D' = a D(1,30) + b$$

Les coefficients de corrélation correspondant aux différentes droites, jusqu'à 30 cm de diamètre, ont été particulièrement significatifs. Au delà de la classe 25 ou 30, la droite monte moins vite et tend même à devenir parallèle à l'axe des diamètres.

Les droites tracées pour les forêts étudiées se groupèrent en deux familles caractérisées par leur pente différente (voir tableau n° 16 et graphique n° 5).



Graphique 5 :

Empattement  $D' = \text{Diamètre sol} - \text{Diamètre à 1,30 m}$

**Tableau n° 16**

*Empattement (Différence entre le diamètre au sol  
et le diamètre à 1,30 mètre)*

Forêts	Pentes a	b	Nombre total de mesures
<i>Première famille - Equation de la forme : <math>D' = 0,20 D (1,30) + b</math></i>			
<i>Forêts situées dans les variantes à hiver frais</i>			
Aïn Amara I (s.a. inférieur) . . . . .	0,21	3,2	407
Bireno (1) . . . . .	0,20	4,3	1340
Chambi Versant sud (s.a. inf.) . . . . .	0,20	3,7	176
Dernaïa (s.a. inf.) . . . . .	0,20	4,5	250
Haïdra (s.a. inf.) . . . . .	0,21	4,0	457
Oum-Djeddour II (s.a. sup.) . . . . .	0,20	4,0	920
Sif El Annaba parcelle 37 (s.a. supérieur) . . . . .	0,19	3,5	230
Touiref (s. a. supérieur) . . . . .	0,18	3,9	376
<i>Deuxième famille - Equation de la forme : <math>D' = 0,12 D (1,30) + b</math></i>			
<i>Forêts situées dans les variantes à hiver tempéré</i>			
Bou Kehil (s.a. supérieur) . . . . .	0,11	4,3	300
Dj. Mansour (2) (s.a. supérieur) . . . . .	0,13	3,7	450
Kessera I (s. a. supérieur) . . . . .	0,13	4,7	595
Sakiet I (Sub-humide) . . . . .	0,12	4,5	412
Touiref (1) . . . . .	0,12	4,65	1200
(1) Ces forêts sont situées sur trois étages bioclimatiques (semi-aride inférieur, semi-aride supérieur et sub-humide). On n'a pas observé de différence entre ces étages.			
(2) peuplement assez exceptionnel, peu de vieux bois, qui ont donc eu une croissance très rapide et de ce fait (voir suite) un fort empattement.			



L'existence des deux groupes de forêts peut ainsi être reliée à la présence de deux races différentes, d'ailleurs séparées sur le terrain par d'importantes zones non forestières ou à l'existence de régimes thermiques différents.

Plusieurs faits interviennent en faveur de cette deuxième hypothèse : augmentation de l'empatement avec l'augmentation de la continentalité.

La droite correspondant aux stations de l'étage semi-aride supérieur à hiver frais de la forêt de Touiref a une pente intermédiaire. Sur le terrain les stations de cette variante sont contiguës à des stations caractérisées par la flore du pin d'Alep à hiver tempéré.

La forêt de la Kessera, la plus proche au point de vue thermique des forêts du premier groupe, a la pente la plus forte des forêts du deuxième groupe.

Le fait que les deux groupes soient si bien individualisés, avec seulement Touiref à hiver frais en intermédiaire, provient vraisemblablement aussi bien des hasards de l'échantillonnage que de l'existence entre les forêts des deux groupes d'une importante zone non forestière qui aurait contenu les forêts de transition.

D'autres recherches ont été faites pour savoir à quels facteurs était lié l'empatement dans une forêt donnée.

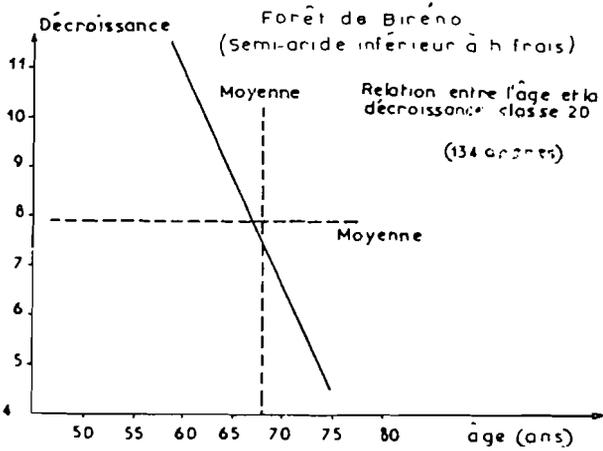
Aucune corrélation nette n'a pu être établie entre l'empatement et un type de sol, entre l'empatement et la hauteur totale pour les arbres d'une classe donnée, entre l'empatement et l'accroissement annuel sur le diamètre.

Par contre l'empatement paraît lié à la densité du peuplement et à la rapidité générale de la croissance (caractérisée par l'âge, pour les arbres d'une classe donnée), les deux choses étant d'ailleurs elles-mêmes liées (voir graphique n° 6).

*Résumé.* — L'empatement, différence entre le diamètre au sol et le diamètre à 1,30 m, est une fonction linéaire du diamètre.

Les pentes des différentes droites caractéristiques se groupent nettement en deux familles correspondant d'une part aux forêts à hiver tempéré, d'autre part aux forêts à hiver frais.

L'empatement est lié à la densité du peuplement et à la rapidité générale de la croissance.



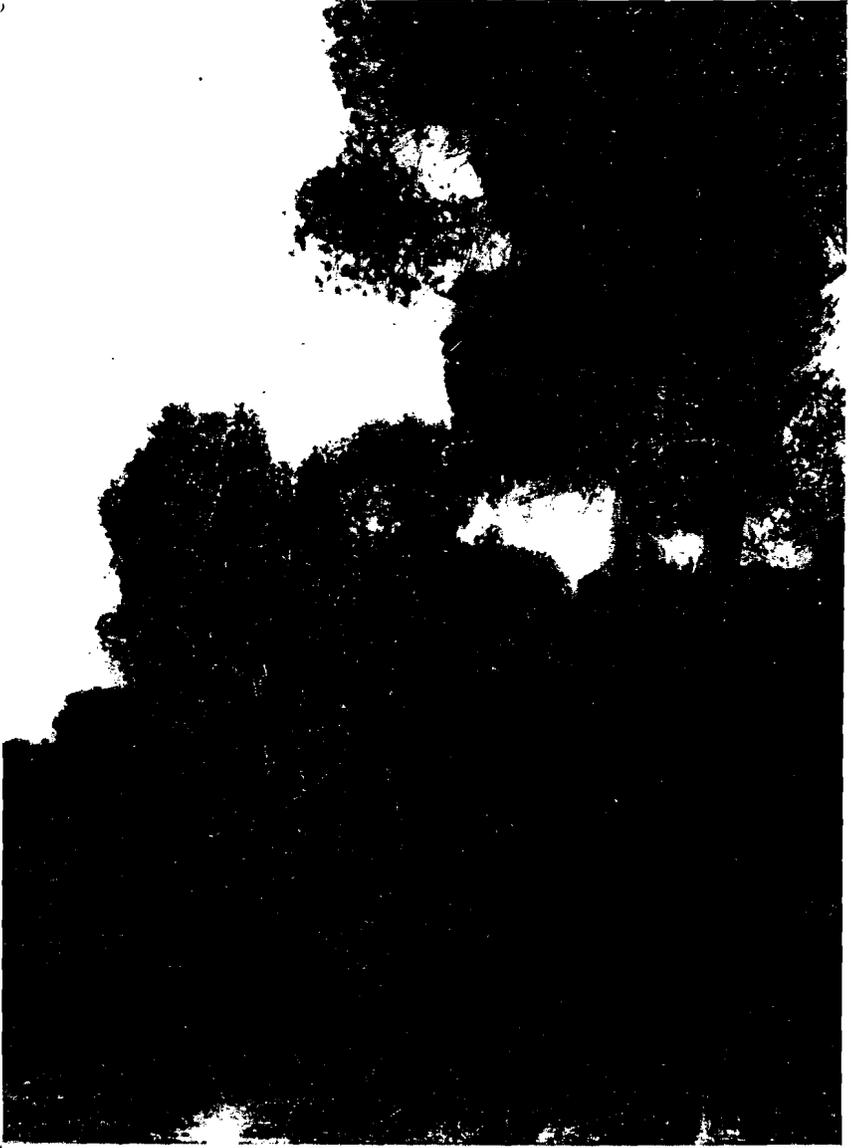
Graphique 6 : Relation entre l'âge et la décroissance  
(Classe 20)

### III. — TARIFS DE CUBAGE

Dès les premiers aménagements, il fut nécessaire d'établir des tarifs de cubage pour les forêts étudiées. Les premiers tarifs furent établis par cubage d'arbres abattus, sur l'emprise des layons le plus souvent, lors des travaux de parcellaire. Par la suite, d'autres tarifs furent calculés à partir des mensurations d'arbres sur pied : hauteur totale, hauteur de la découpe bois fort, diamètre à différentes hauteurs, mesuré au relascope de Bitterlich.

8 tarifs furent ainsi obtenus par cubage d'arbres abattus, et 7 par mensuration d'arbres sur pied. Tous donnent le volume bois fort, arrêté à la découpe 20 cm de circonférence. Le houppier est compris, quand sa circonférence est supérieure à 20 cm; la charbonnette est exclue.

Le tableau 17 fournit ces tarifs.



Forêt de Hādra, semi-aride inférieur. Arbres courts, de mauvaise forme et à forte décroissance sur colluvions calcaires peu profondes, encroûtées. Sous-étage clair : Romarin, alfa, ciste à feuille de romarin.

**Tableau n° 17**

*Tarifs de cubage*

*Tarifs obtenus par cubage d'arbres abattus*

Diamètre à 1,30 m	Sub-humide		Semi-aride supérieur			Semi-aride inférieur		
	Sakiet-Sidi Youssef I	Touiref	Bou Rebaïa	Ouergha I nord	Sif El Annaba	Chambi (bas ver- sant sud)	Dernaïa	Aïn Amara I
	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3
10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,015	0,02	0,015
15	0,07	0,075	0,065	0,065	0,065	0,055	0,06	0,055
20	0,14	0,15	0,13	0,13	0,13	0,11	0,12	0,11
25	0,23	0,25	0,21	0,22	0,22	0,19	0,20	0,19
30	0,34	0,36	0,32	0,33	0,33	0,28	—	0,28
35	0,47	—	0,44	0,45	0,45	0,39	—	0,38
40	0,62	—	0,58	—	—	—	—	0,51
45	0,79	—	—	—	—	—	—	—

*Tarifs obtenus par cubage d'arbres sur pied*

Diamètre à 13,0 m	Semi-aride supérieur					Semi-aride inférieur	
	Bireno	Kessera I	Oum Djed- dour II	Sem- mama II et III	Touiref	Bireno	Touiref
10	0,02	0,015	0,02	0,02	0,02	0,015	0,015
15	0,07	0,055	0,07	0,065	0,065	0,055	0,055
20	0,14	0,11	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12
25	0,23	0,18	0,23	0,22	0,22	0,20	0,20
30	0,34	0,27	0,34	0,33	0,33	0,30	0,29
35	0,46	0,38	0,46	0,45	0,45	0,42	0,40
40	0,61	—	0,61	—	—	0,55	—

Si l'on porte en abscisse les sections et en ordonnée les volumes correspondant, ces 15 tarifs peuvent se ramener à une famille de droites dont les équations sont de la forme :

$$V = a d^2 - 0,02$$

C'est le coefficient  $a$  qui caractérise la forêt. Pour les tarifs donnés, il varie de 3,25 pour la 1ère série de la forêt de la Kessera, qui a le tarif le plus faible, à 4,24 pour les parties de la forêt de Touiref situées dans l'étage sub-humide.

Il peut être intéressant, connaissant l'équation générale des tarifs de cubage pour pin d'Alep en Tunisie, connaissant également l'amplitude de variation de la pente  $a$ , de calculer une famille de 12 tarifs se partageant cette amplitude de variation et permettant le cubage de tous les peuplements tunisiens de pin d'Alep. Ces tarifs sont données dans le tableau 18, avec pour chacun d'entre eux l'indication des forêts auxquelles il s'applique.

**Tableau n° 18**

*Famille de tarifs pour le cubage des peuplements tunisiens  
de pin d'Alep (équation du type  $V = a d^2 - 0,02$ )*

Tarif	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pente a	3,00	3,14	3,27	3,41	3,54	3,68	3,82	3,95	4,09	4,22	4,36	4,50
Classe 10	0,010	0,010	0,015	0,015	0,015	0,015	0,020	0,020	0,020	0,020	0,025	0,025
15	0,050	0,050	0,055	0,055	0,060	0,065	0,065	0,070	0,070	0,075	0,080	0,080
20	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16
25	0,17	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,26
30	0,25	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,32	0,34	0,35	0,35	0,37	0,39
35	0,35	0,36	0,38	0,40	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48	0,50	0,51	0,53
40	0,46	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,66	0,68	0,70
45	0,59	0,62	0,64	0,65	0,70	0,73	0,75	0,78	0,81	0,83	0,86	0,89
50	0,73	0,77	0,80	0,83	0,87	0,90	0,94	0,97	1,00	1,04	1,07	1,11

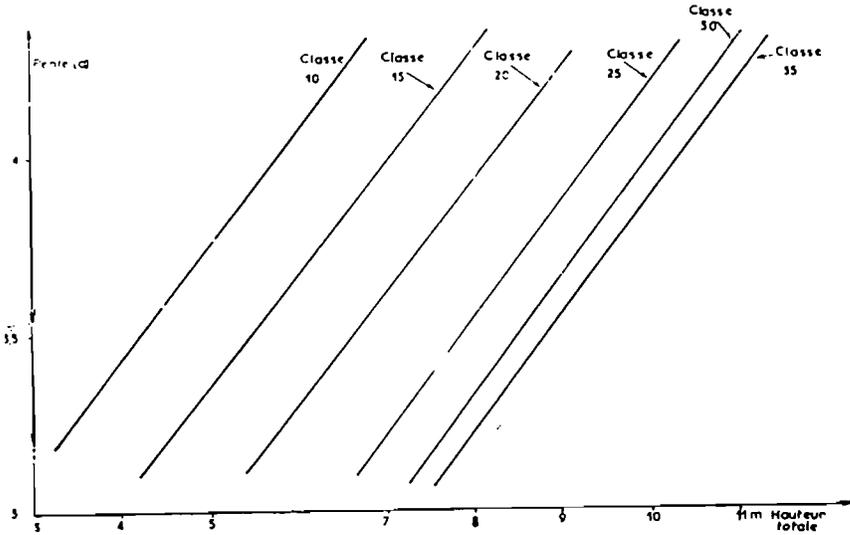
*Application des différents tarifs aux forêts étudiées*

Tarifs	FORETS
1	—
2	Djebel Mansour (stations à faible fertilité).
3	Kessera I, Chambi (bas du versant sud).
4	Aïn Amara I, Touiref (Semi-aride inférieur : Koudiat es Sersouf).
5	Dernaïa, Djebel Mansour (fertilité bonne et moyenne), Haïdra, Bireno (Versant sud)
6	Bou Kehil, Bou Rebaïa.
7	Touiref (Semi-aride supérieur), Sif El Annaba, Semmama II et III, Ouergha I (Versant nord).
8	Oum-Djeddour II, Bireno (Semi-aride supérieur)
9	Sakiet Sidi Youssef (1ère Série), Touiref (sub-humide).
10	Bireno (sub-humide), Oum-Djeddour II (peuplements de plaine).
11	Peuplements artificiels : Le Rmel.
12	Peuplements artificiels : Le Rmel.

Le problème qui se pose maintenant est celui du choix du tarif pour une forêt donnée. Le volume moyen des arbres d'une classe dépend de la hauteur de la découpe bois fort, de la décroissance et, surtout pour les gros diamètres, de l'importance du houppier. Il existe aussi une corrélation étroite entre le coefficient  $a$  de la droite et la hauteur totale. Cette grandeur étant une des plus faciles à mesurer, il est particulièrement intéressant de choisir le tarif à partir de la hauteur totale. C'est là le but du graphique n° 7.

Pour chaque classe de diamètre, une droite, tracée à partir des tarifs établis compte tenu des hauteurs totales moyennes dans les forêts étudiées, permet d'obtenir la valeur de  $a$  correspondant à une hauteur totale donnée.

Si les valeurs de  $a$  obtenues pour les différentes classes sont proches, il suffit de prendre la moyenne, en pondérant éventuelle-



Graphique 7 : Détermination de la pente (a) de l'équation des tarifs de cubage ( $V = ad^2 - 0,02$ ).

ment suivant la composition du peuplement, et de choisir dans le tableau n° 18 le tarif le mieux adapté.

Si les valeurs de  $a$  sont nettement différentes, le tarif retenu pour la forêt pourra être la suite des volumes correspondant aux  $a$  des différentes classes. Ce peut être le cas pour des forêts comme celles du Djebel Mansour, de Bou Kehil et de forêts situées dans la variante thermique à hiver tempéré pour lesquelles la variation du volume en fonction du diamètre est beaucoup plus lente à partir de la classe 20 ou de la classe 25.

*Résumé.* — Les 15 tarifs de cubage établis pour les forêts étudiées sont de la forme :

$$V = a d^2 - 0,02$$

La pente  $a$  caractérise la forêt. Ses différentes valeurs calculées varient de 3,25 à 4,24.

A partir de ces éléments, il est possible d'établir une famille de 12 tarifs ( $a$  variant de 3,00 à 4,50), couvrant toute l'amplitude de variation des peuplements tunisiens, spontanés et artificiels.

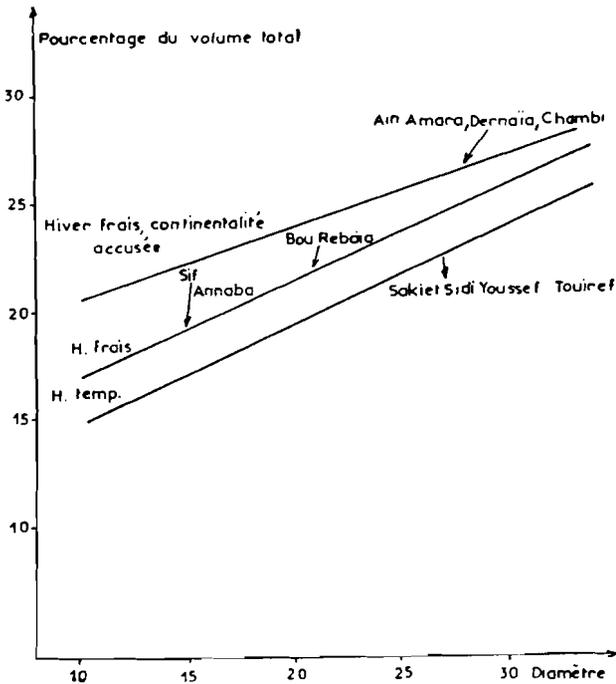
Le choix du tarif correspondant à une forêt peut être fait à partir des hauteurs totales moyennes des arbres de cette forêt.

#### IV. — CLASSEMENT DES PRODUITS ET POURCENTAGE D'ECORCE

Les tarifs de cubage étudiés au chapitre précédent donnent le volume bois fort, écorce comprise, des pins des différentes classes; Lors du calcul des tarifs par cubage d'arbres abattus, il a paru intéressant de déterminer :

- le pourcentage d'écorce,
- le pourcentage des différents produits fournis par le pin d'Alep.

Les résultats obtenus quant au *pourcentage d'écorce* sont résumés dans le graphique n° 8 et dans le tableau n° 19. L'écorce est surtout épaisse dans les forêts situées dans la variante thermique à hiver frais. Le pourcentage d'écorce est important dans ces forêts et d'autant plus important que la continentalité est plus accusée.



Graphique 8 : Importance de l'écorce.

L'abattement à pratiquer de ce fait sur le volume tarif est très important. Il peut varier de 15% pour les petits diamètres (classe 10) et les forêts de Sakiet-Sidi-Youssef et Touiref, au 1/3 du volume pour la classe 35 et les forêts d'Aïn Amara et Dernaïa.

Le tableau n° 19 montre, lui, que le pourcentage d'écorce est d'autant plus fort que le tarif est plus faible.

**Tableau n° 19**

*Pourcentage d'écorce pour différentes catégories de forêts et de produits*

	Chambi (versant sud)	Aïn- Amara Dernaïa	Bou Rebaïa	Sif El Annaba	Sakiet- Sidi- Youssef I
Pente a de l'é- quation du tarif .....	3,30	3,50	3,75	3,85	4,00
Perches .....	—	—	—	22,7	20,5
Bois de mine..	32,5	30,8	28,5	26,0	25,1
Sciages .....	34,6	33,5	32,0	28,1	26,8

Le classement des produits sur les chantiers d'abattage est rendu très difficile par le fait qu'il n'existe pas en Tunisie de traditions en matière d'exploitation forestière et aussi par l'imprécision des renseignements qui nous ont été fournis par les utilisateurs.

On distingue 4 catégories de produits :

— *Le bois de sciage*, en longueurs supérieures à 1 m et multiples de 50 cm. Le bois doit être sain, sans noeud noir ou trop important. Le diamètre au milieu sous écorce est égal ou supérieur à 20 cm. La plus importante utilisation de ce petit sciage est la fabrication de caissettes.

— *Le bois de mine*, les spécifications des piquets et poteaux employés en Tunisie sont données ci-dessous :

	Longueur (m)	Diamètre (cm) au petit bout
<i>Piquets</i>	2,0	9/11 — 11/13 — 13/15
	2,20	9/11 — 11/13 — 13/15
	2,50	9/11 — 11/13 — 13/15 — 15/17
	3,0	13/15 — 15/17
<i>Poteaux</i>	3,0 — 3,5 — 4,0	17

Le bois doit être sain, de droit fil, sans flèche trop prononcée et sans noeud ni couronne de noeuds.

— *Les perches et poteaux*, surtout destinés à satisfaire les besoins en bois des usagers, ont une longueur comprise entre 3 et 5 m. Ils sont surtout fournis par les arbres de classe 15.

Tout le reste a été classé comme :

— *Bois de chauffage* (quartier et rondin) et *bois de trituration*

Les spécifications de l'usine de panneaux de particules, en cours de création, ne sont pas assez connues pour qu'un essai de séparation de ces deux catégories puisse être valable. Il en est de même pour la distinction entre petit sciage et bois de mine. Des grumes peuvent être classées dans l'une ou dans l'autre catégorie. Dans ce cas là, c'est en fonction des instructions données aux agents chargés du classement que s'opérera le partage. Ce fait explique par exemple l'importante différence que l'on pourra constater entre les forêts de Sif el Annaba, Bou Rebaïa et d'Ouergha. Les tarifs de cubage et la forme des arbres sont comparables, mais dans le premier cas, on a favorisé la production du bois de mine au détriment du bois de sciage.

Pour les arbres de gros diamètre, une partie importante des grumes susceptibles par leurs dimensions de devenir sciage a dû être déclassée en chauffage du fait des attaques du *Trametes pini*. Un peuplement vigoureux ou plus souvent un peuplement clair, aura ainsi un pourcentage de chauffage plus faible qu'un peuplement dépérissant ou trop dense.

Notons que la charbonnette n'est pas comprise dans les volumes fournis par les tarifs de cubage. Il s'agit d'un produit de peu de valeur qui sera le plus souvent laissé sur place à la disposition des usagers.

Les tableaux suivants (n° 20) donnent par classe de diamètre et pour trois groupes de forêts les pourcentages des différentes catégories de produits, l'écorce étant comprise.

Ces résultats pour le groupe le plus important et un tarif parmi les plus fréquents sont ensuite schématisés dans le graphique n° 9.

Etant donné l'importance particulière du bois de mine dont les besoins sont en grande partie satisfaits aujourd'hui par l'importation, il a paru nécessaire de donner pour les différentes forêts la longueur de bois de mine que l'on peut espérer récolter par arbre (tableau 21).

**Tableau n° 20**

*Classement des produits en pourcentage  
Forêts de Aïn Amara, Dernaïa, Chambi (versant sud)*

	Chauf- fage (quartier et rondin) + Tritura- tion	Perches	Bois de mine	Petit sciage
Classe 10	97 %	3 %	0	0
15	74,5 %	15 %	10,5 %	0
20	59 %	2 %	37,5 %	1,5 %
25	55,5 %	0,5 %	24 %	10 %
30	45 %	0	13 %	42 %
35 et plus	42 %	0	6 %	52 %

*Forêts de Sakiet-Sidi-Youssef I et Touiref*

Classe	Chauf- fage + Tritura- tion	Perches	Mine	Sciage
10	90 %	10 %	0	0
15	57 %	27 %	16 %	0
20	49,5 %	3,5 %	44 %	3 %
25	42 %	0,5 %	32,5 %	25 %
30	36 %	0,5 %	18,5 %	45 %
35	26 %	0	6,5 %	67,5 %
40	39,5 %	0	4,5 %	56 %

*Forêts de Sif el Annaba - Bou Rebaïa et Ouergha*

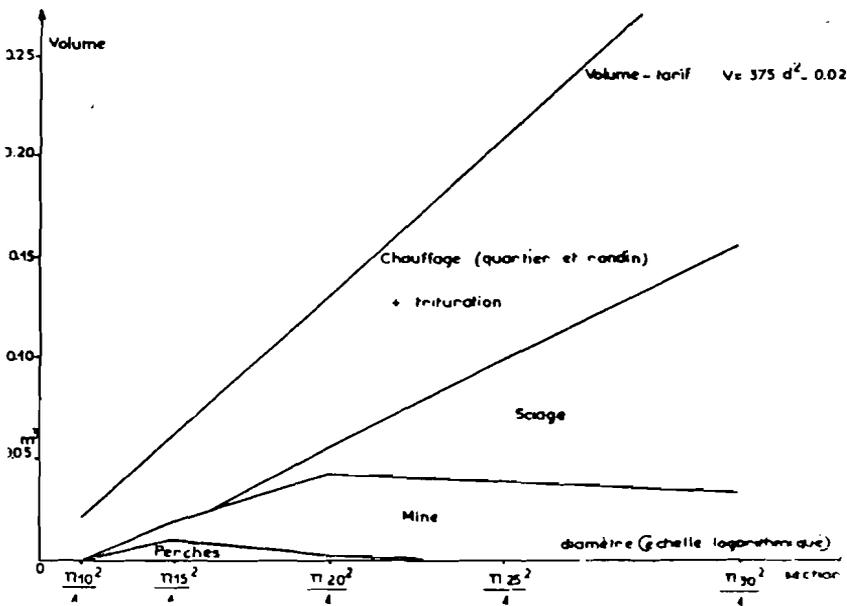
Sif el Annaba — Bou Rebaïa					Ouergha (1)			
Classe	Chauf- fage + Tritura- tion	Perches	Mine	Sciage	Chauf- fage + Tritura- tion	Perches	Mine	Sciage
10	95 %	5 %	0	0	97 %	3 %	0	0
15	66,5 %	19,5 %	14 %	0	83 %	6 %	11 %	0
20	57 %	2 %	37 %	4 %	61 %	1 %	15 %	23 %
25	55 %	0	18 %	27 %	52 %	0	8 %	40 %
30	55,5 %	0	8,5 %	36 %	54,5 %	0	2,5 %	43 %
35	50,5 %	0	5,5 %	44 %	54 %	0	2 %	44 %
40	56 %	0	4 %	40 %	55 %	0	2 %	43 %
45	60,5 %	0	0,5 %	39 %	—	—	—	—

(1) Classement réalisé par M. Petitjean.

**Tableau n° 21**

*Longueur de bois de mine par arbre (mètres linéaires)*

Forêts	Chambi versant sud	Ain Amara-Dernaïa	Bou Rebaïa	Sakiet-Sidi-Youssef I
Coefficient a du tarif de cubage	3,30	3,50	3,75	4,00
Classe 10	0	0	0	0
15	0,2	0,25	0,35	0,4
20	1,4	1,6	1,75	1,85
25	0,9	1,35	1,6	1,95
30	0,5	0,9	1,1	1,25
35	—	0,4	0,6	0,75



Graphique 9 : Volume des différents produits.

## CHAPITRE II. — CROISSANCE DES ARBRES

L'étude de la croissance des arbres dans les forêts étudiées posait dès le départ de nombreux problèmes.

Celui de la *détermination de l'âge* s'est présenté le premier.

Les calculs dont les résultats sont exposés dans ce chapitre, reposent sur l'égalité :

cerne = accroissement annuel.

Cette égalité a d'ailleurs été vérifiée, dans toute l'aire du pin d'Alep, sur des arbres dont l'âge exact était connu : plantations, régénérations après des incendies datés. Ainsi dans le cas des arbres abattus lors de l'ouverture des layons ou pour l'établissement des tarifs de cubage, l'âge est approximativement donné par le comptage des cernes au ras du sol. Pour les arbres sur pied, on a compté les cernes à 1,30 m et on a ajouté aux nombres obtenus l'âge moyen des jeunes pins atteignant 1,30 m de hauteur dans la forêt, déterminé par sondage. Cette manière de procéder, qui aboutit presque toujours à un résultat faux pour un arbre déterminé, est admissible quand il s'agit de moyenne.

Ensuite, s'est posé le problème de la *constitution d'échantillons valables*.

L'inventaire des âges de différents peuplements m'a convaincu de la nécessité d'éliminer, avant tout calcul, les arbres exceptionnels. D'une part, les forêts tunisiennes de pin d'Alep, qui n'ont pour la plupart été l'objet d'aucune intervention culturale, sont encombrées d'arbres des classes 10 ou 15, à croissance ralentie, dominés et subissant la forte concurrence d'arbres plus gros situés à proximité.

Ces arbres, qui souvent ont plus de 100 ans, n'atteindront jamais les diamètres 20 ou 25. Si leurs voisins affectent grandement leurs caractéristiques ils n'ont eux-mêmes qu'une influence très faible sur les autres arbres. Ils ne font pas partie du peuplement utile et auraient été enlevés si les forêts avaient été parcourues par des coupes normales d'amélioration. Ces arbres ne peuvent être pris en compte pour les calculs de croissance. Des comptages ont montré qu'ils représentent environ 25 % des tiges de classe 10 et 10 % de celles de classe 15.

Avant tout calcul, on a ainsi éliminé de l'échantillon 25 % des arbres de classe 10, ceux qui comptaient le plus de cernes à 1,30 m et 10 % des arbres de classe 15.

Il n'a pas été tenu compte également des arbres de classe 35, exceptionnels par leurs caractéristiques et surtout par la fertilité des stations qu'ils occupent, bien supérieure à la moyenne.

Dans plusieurs forêts et pour des échantillons de plusieurs dizaines d'arbres, les comptages ont donné pour les arbres de classe 35, un âge moyen inférieur à celui des arbres de classe 30.

Nous pensons que les résultats ainsi obtenus, après élimination des arbres exceptionnels, dans les deux sens, peuvent donner une idée plus juste de la croissance moyenne du pin d'Alep dans ses différentes stations.

Nous étudierons successivement :

- la croissance en hauteur
- la croissance en diamètre
- la croissance en volume.

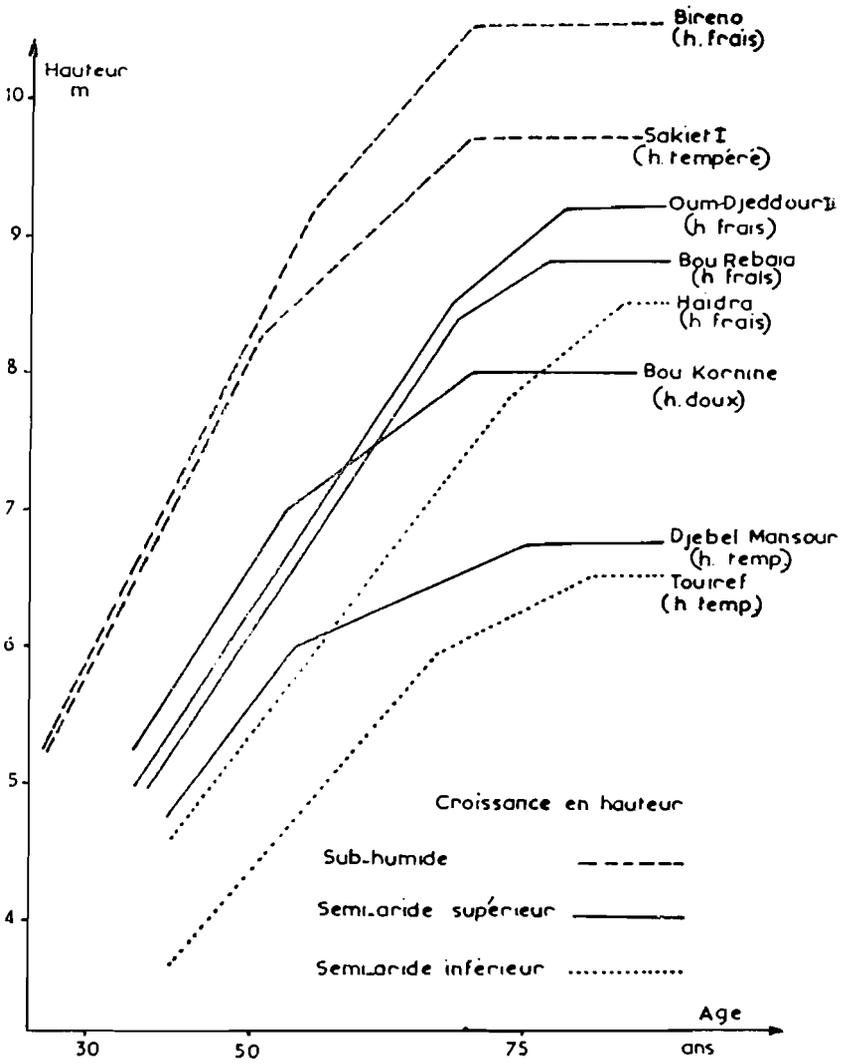
## I. — CROISSANCE EN HAUTEUR

Les résultats obtenus suivant la méthode qui vient d'être exposée (comptage des cernes à 1,30 m avec addition de l'âge moyen des arbres de 1,30 m de hauteur, élimination du 1/4 des arbres de classe 10 et du 1/10ème de ceux de classe 15), sont schématisés dans le graphique n° 10. Plusieurs des tracés représentatifs ont été calculés par tronçons; d'autres ont été établis par points, à partir des valeurs moyennes de  $H = f(\text{Age})$ , et de  $\text{Age} = f(H)$ . Pendant longtemps, la variation est linéaire, puis la croissance se ralentit, et enfin s'arrête.

La détermination du point auquel la hauteur maximum moyenne est atteinte est délicate. On a considéré que la croissance en hauteur est terminée à partir du moment où le tracé  $\text{Age} = f(H)$  devient approximativement parallèle à l'axe des hauteurs. A ce stade, les variations de hauteur entre les arbres ne sont plus dues à des différences d'âge, mais à la variation de la fertilité des stations dans lesquelles ils poussent. Inversement, la hauteur maximum moyenne est celle à partir de laquelle toute variation d'âge n'entraîne pas de variation de hauteur ( $H = f(\text{Age})$  parallèle à l'axe des âges). Les résultats sont du même ordre que ceux fournis par l'étude de la hauteur des arbres (cf. graphique n° 1 ci-dessus).

La croissance en hauteur se ralentit nettement entre 50 et 70 ans, suivant les forêts. Elle se ralentit beaucoup plus vite dans les forêts situées dans les variantes à hiver tempéré ou doux des différents étages : Sakiet-Sidi-Youssef I, Djebel Mansour, Bou Kornine et Touiref.

A 75 ans, la croissance en hauteur est terminée dans toutes les forêts.

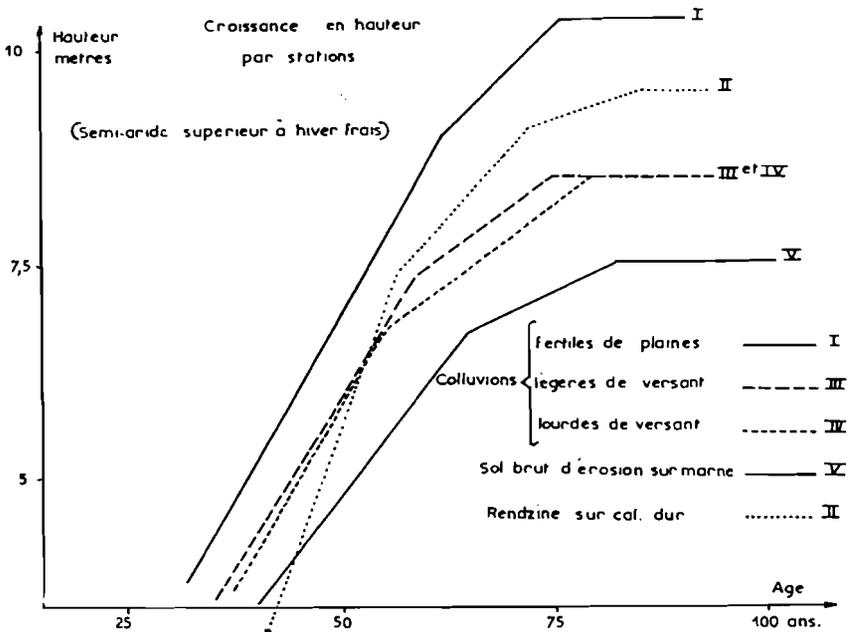


Graphique 10 : Croissance en hauteur

Les échantillons sur lesquels ont été menés les calculs ayant abouti à l'établissement du graphique n° 10 sont très importants.

Bireno .....	329 arbres
Sakiet-Sidi-Youssef I .....	453 »
Oum-Djeddour II .....	810 »
Bou Rebaïa .....	513 »
Djebel Mansour .....	371 »
Bou Kornine .....	180 »
Haïdra .....	432 »
Touiref (semi-aride inférieur h. temp.) .....	288 »

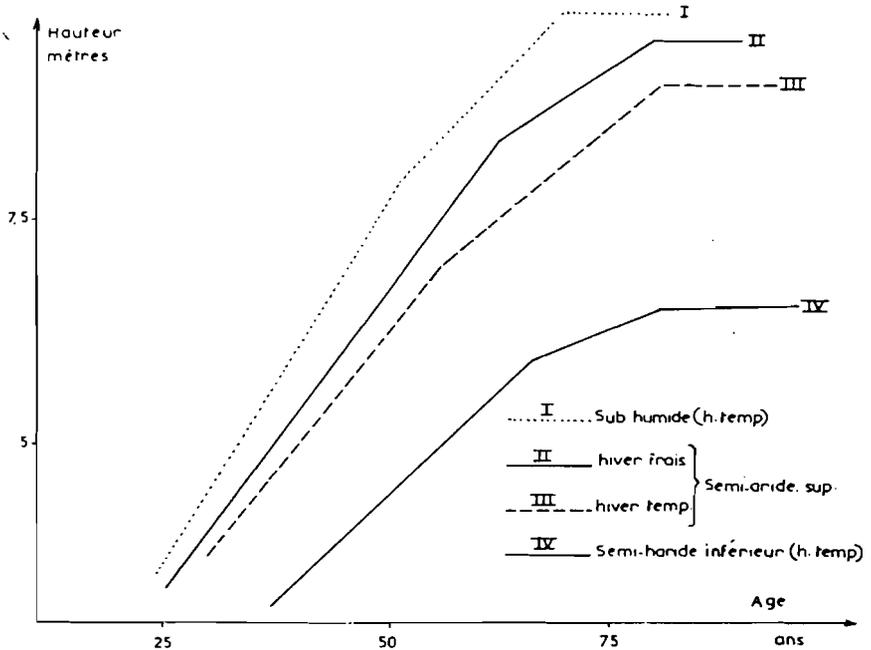
Des études plus précises effectuées dans la forêt d'Oum-Djeddour (IIème série) et dans celle de Touiref permettent de préciser l'influence des sols, des différents étages et de leurs variantes thermiques sur la croissance en hauteur. Dans la IIème série d'Oum-Djeddour (graphique n° 11), les stations sont celles déjà mentionnées dans le chapitre consacré aux caractéristiques des arbres, paragraphe hauteur ( graphique n° 4 ci-dessus). 150 arbres au moins ont été mesurés sur chacun des 5 types de sols retenus. Les résultats sont les mêmes en ce qui concerne le classement des stations relativement aux hauteurs maxima moyennes atteintes.



Graphique 11 : Oum-Djeddour II, croissance en hauteur par station.

On peut également remarquer que sur rendzine (sur calcaire dur fissuré), la croissance démarre plus lentement que dans les autres stations, pour se ralentir également plus tard et finalement donner une hauteur totale moyenne supérieure à celle obtenue sur sol brut d'érosion et même sur colluvions de versant. La même observation a été faite dans la 1ère série de la forêt de Sakiet-Sidi-Youssef. Inversement, sur marne, la croissance démarre souvent rapidement, mais s'arrête beaucoup plus tôt.

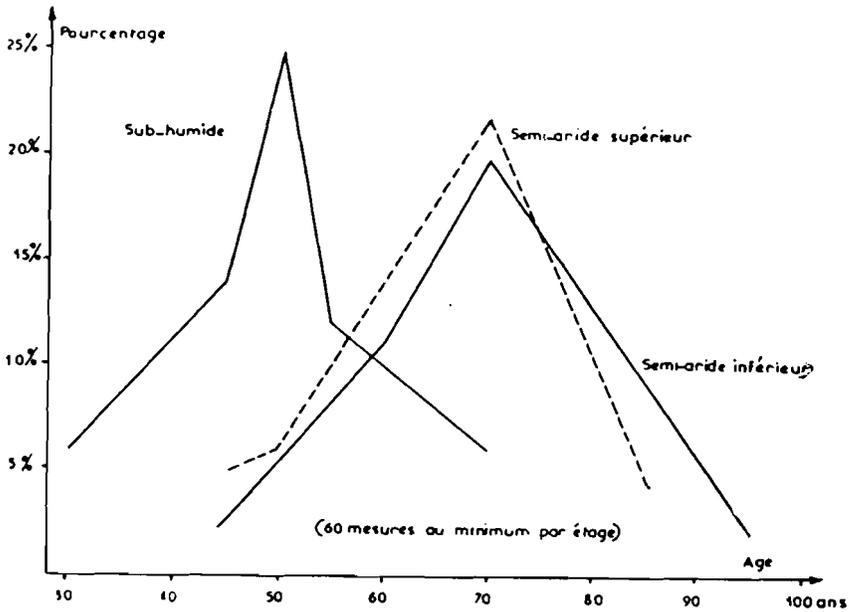
Le graphique n° 12 compare les croissances en hauteur constatées dans plusieurs stations de la forêt de Touiref, se différenciant par l'étage auquel elles appartiennent et aussi par la variante thermique. Le nombre de mesures varie de 204 à 341 pour chaque tracé. Ce graphique confirme les indications déjà fournies par le graphique général n° 2.



Graphique 12 : Touiref, croissance en hauteur par station

L'étude de l'accroissement en hauteur des arbres dans les différentes forêts a aussi montré que les échantillons étaient beaucoup plus homogènes dans les forêts les plus favorisées. Inversement, dans les forêts que l'on peut rattacher à l'étage semi-aride inférieur par exemple, les variations entre arbres quant à la croissance en hauteur

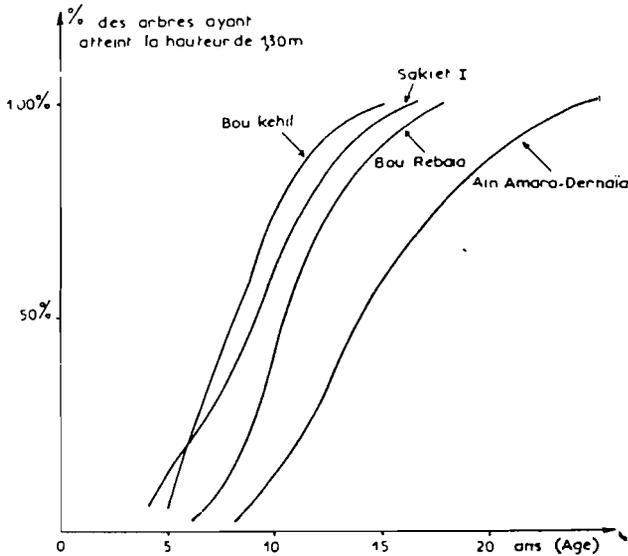
sont considérables et correspondent vraisemblablement à une plus grande variation stationnelle. Le graphique n° 13 montre ainsi comment se répartissent les âges des arbres de 8 m de hauteur dans la forêt de Bireno et ses 3 étages bio-climatiques.



Graphique 13 : Forêt de Bireno, répartition des âges des arbres de 8 mètres de hauteur totale.

On a étudié jusqu'ici l'accroissement en hauteur totale, mais il y a un autre accroissement en hauteur qui peut présenter un grand intérêt : c'est le nombre maximum d'années nécessaires pour que l'arbre puisse être considéré comme défensable. Ce point n'a pas fait l'objet d'études précises, mais des comptages de cernes au sol et à 1,30 m permettent de connaître le nombre d'années nécessaires pour atteindre cette hauteur, à laquelle l'arbre peut effectivement être considéré comme défensable.

Ces résultats sont figurés dans le graphique n° 14 pour quelques unes des forêts étudiées.



Graphique 14 : Croissance des arbres jusqu'au 1,30 m

*Résumé.* — La croissance en hauteur des arbres est plus rapide dans les étages bio-climatiques les plus favorisés. Dans les variantes à hiver tempéré de ces étages, elle se ralentit toutefois plus rapidement (50 ans au lieu de 70) et s'arrête plus tôt, en donnant une hauteur totale plus faible.

La fertilité des sols a aussi une grande influence. C'est sur les sols les plus fertiles, colluvions, que la croissance en hauteur est la plus rapide. Sur rendzine sur calcaire dur fissuré, le démarrage des jeunes pins est lent, mais la croissance est ensuite très rapide pour donner une hauteur totale satisfaisante.

## II. — CROISSANCE EN DIAMETRE

En fait nous étudierons successivement :

*L'accroissement moyen annuel*, sur le diamètre  $\Delta d$  et ses variations en fonction de différents facteurs.

*La croissance en diamètre* proprement dite, au cours de la vie de l'arbre.

La variation de  $\Delta d$  en fonction du diamètre est à la base de tous les calculs de production (Voir IIème partie - Chapitre Production). Son étude a été faite sur des échantillons très importants, plus encore que ceux cités dans le paragraphe Hauteur du Chapitre Caractéristiques des arbres. La grandeur mesurée n'est d'ailleurs pas  $\Delta d$  mais la largeur des 20 derniers accroissements annuels sur le diamètre.

La variation de  $\Delta d$  en fonction de l'âge, la croissance en diamètre proprement dite, ces deux études se recoupant d'ailleurs, jouent un rôle important pour la détermination de l'âge moyen d'exploitabilité. Les échantillons utilisés pour ces calculs sont du même ordre que ceux cités dans la paragraphe précédent : Croissance en Hauteur.

#### A. — ACCROISSEMET MOYEN ANNUEL SUR LE DIAMETRE

##### 1) *Variation en fonction de la densité du peuplement :*

Dans des limites assez vastes, de 3 à 10 m<sup>2</sup> de surface terrière, au delà même pour les bioclimats les plus favorisés, l'accroissement moyen annuel  $\Delta d$  n'est pas lié à la densité moyenne du peuplement. On verra ailleurs (IIème Partie, Chapitre Production) que dans ces limites la production varie linéairement en fonction de la surface terrière.

La grande majorité des arbres sondés sont situés dans des peuplements moyens pour leur bioclimat et compris dans ces limites. Seules quelques stations de densité trop forte ont dû être éliminées pour la suite de cette étude.

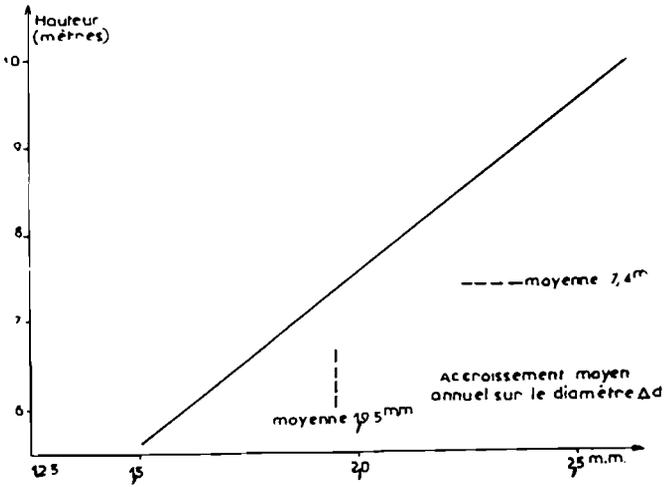
Inversement la « micro densité », la manière dont les arbres sont groupés dans la station, peut avoir une influence sur  $\Delta d$ . Il n'a pas été possible de la mesurer.

##### 2) *Variation en fonction de la hauteur :*

L'accroissement moyen annuel sur le diamètre est directement lié à la fertilité de la station.

Dans une station donnée, il existe une corrélation entre la hauteur totale des arbres et leur accroissement annuel, comme le montre le graphique n° 15 établi pour les arbres de classe 20 du versant sud de la forêt du Djebel Bireno (semi-aride inférieur, à l'exclusion des stations du haut du versant, qui peuvent être rattachées au semi-aride supérieur).

Les stations étudiées sont toutes situées sur des sols comparables.



Graphique 15 : Forêt du Djebel Biréno (Versant sud; arbres de classe 20, relation entre la hauteur totale et  $\Delta d.$ ).

### 3) Variation en fonction du diamètre :

Les résultats des mesures effectuées sont schématisés pour quelques forêts dans le graphique 16.

Pour ces calculs, tous les arbres ont été pris en considération, sans abattement cette fois (— 25 % des arbres de classe 10, — 10 % de ceux de classe 15, élimination des arbres des classes 35 et supérieures).

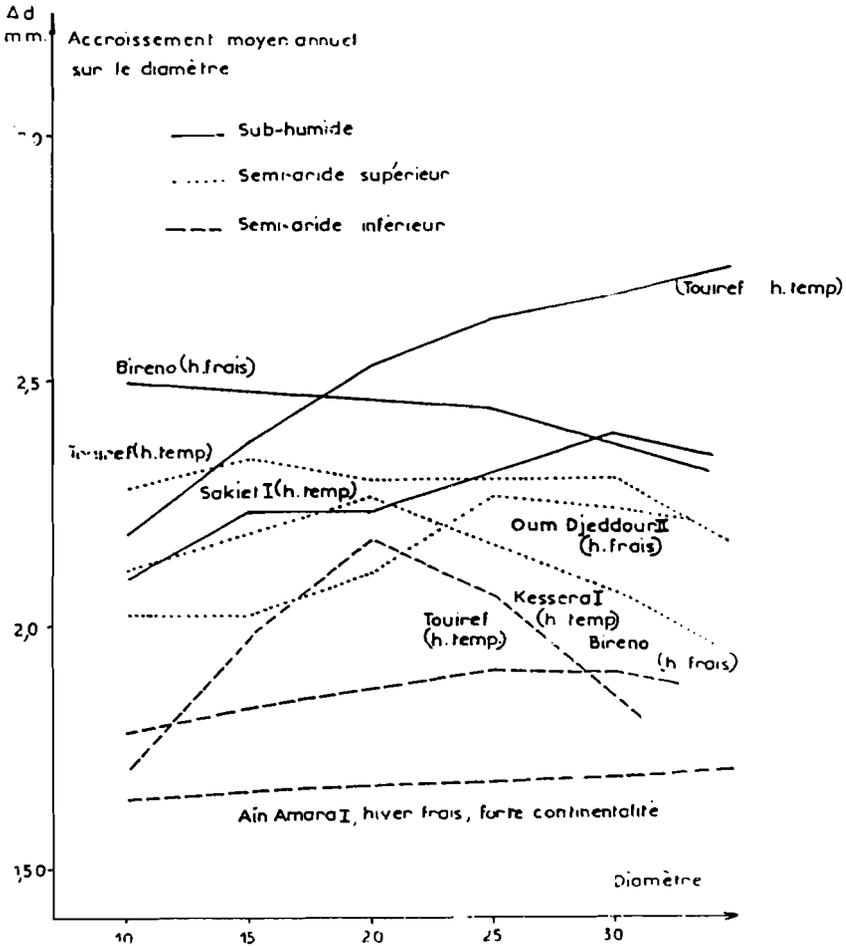
En effet, comme il a été dit, cette variation est à la base des calculs de production des peuplements, faisant intervenir bien sûr toutes les tiges qui les constituent. Ce sera la seule exception à la convention posée plus haut.

### 4) Influence des bioclimats :

La comparaison entre les différentes forêts et stations est difficile.

Les accroissements sont plus importants dans l'étage sub-humide que dans l'étage semi-aride supérieur et dans ce dernier que dans l'étage semi-aride inférieur.

Mais de nombreux autres éléments entrent en ligne de compte et en particulier la structure des peuplements et leur « micro densité ». Leurs variations et celle de la fertilité moyenne suffisent à



Graphique 16 : Variation de  $\Delta d$  avec le diamètre.

expliquer les différences entre Sakiet I et Bireno (sub-humide) comme entre Touiref et Bireno (semi-aride inférieur).

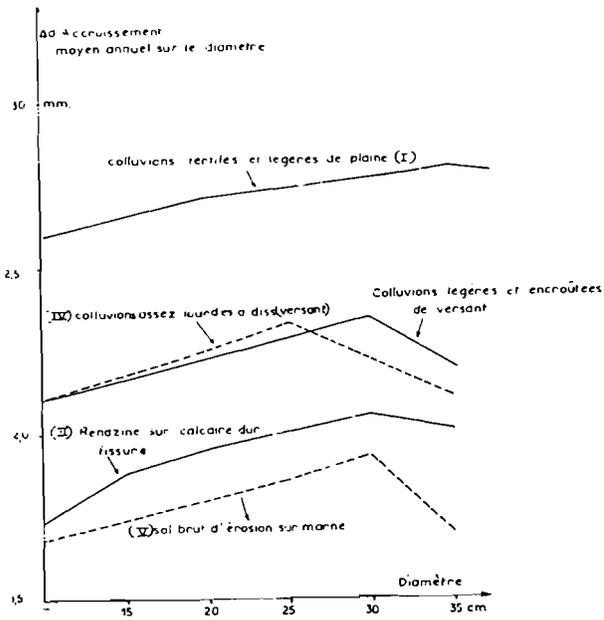
D'une manière générale, la variation avec le diamètre est faible. L'accroissement en diamètre reste souvent à peu près constant jusqu'à des diamètres élevés. Il est plus fort pour les forêts situées dans la variante thermique à hiver tempéré, ce qui correspond vraisemblablement à une plus grande longueur de la saison de végétation.

La diminution de  $\Delta d$  avec le diamètre est beaucoup plus rapide pour les stations de fertilité faible et également, semble-t-il, pour les forêts jouissant d'un hiver tempéré.

### 5) Influence des sols :

Elle joue de la même manière que pour la hauteur.

Cette influence est schématisée dans le graphique n° 17 pour la IIème série de la forêt d'Oum-Djeddour (mêmes stations et mêmes échantillons que dans la 1ère Partie, Chapitre I, Hauteur). Cette forêt est située dans l'étage semi-aride supérieur à hiver frais.



Graphique 17 : Oum-Djeddour II variation de  $\Delta d$  avec le sol.

La forêt de Haidra (semi-aride inférieur à hiver frais) jouit de conditions édaphiques privilégiées : colluvions légères fertiles. La pente générale faible et les sols filtrants sont vraisemblablement à l'origine d'une meilleure utilisation des faibles précipitations (360 mm).

Les accroissements moyens annuels sur le diamètre  $y$  sont beaucoup plus forts que dans la partie de la forêt de Bireno, géo-

graphiquement proche et également située dans l'étage semi-aride inférieur à hiver frais, mais sur colluvions lourdes.

Le tableau n° 22 permet une comparaison.

**Tableau n° 22**

*Comparaison des accroissements moyens annuels sur le diamètre dans les forêts de Bireno et Haïdra (Semi-aride inférieur à hiver frais)*

Classe	10	15	20	25	30	35	40
	millimètres						
Bireno (colluvions lourdes) .....	1,78	1,83	1,87	1,90	1,90	—	—
Haïdra (colluvions légères) .....	2,13	2,28	2,34	2,33	2,44	2,44	2,56

Dans l'étage semi-aride inférieur, il semble que les caractères physiques d'un sol (légèreté, perméabilité) puissent avoir quant, à  $\Delta d$ , une importance égale ou supérieure à sa richesse chimique et à son degré d'évolution.

6) *Dispersion des valeurs de  $\Delta d$  :*

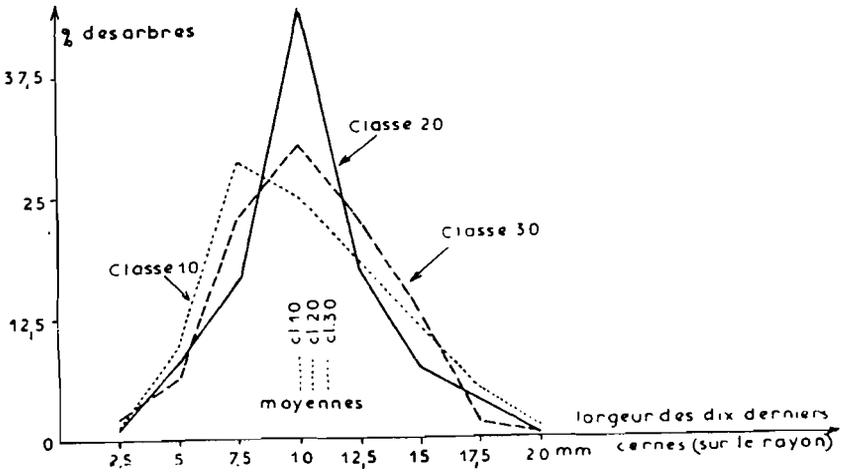
La dispersion des valeurs de  $\Delta d$  est plus grande pour les faibles classes de diamètre, où l'on trouve tout à la fois les arbres croissant le plus vite en diamètre et ceux croissant le plus lentement. Les forêts de pin d'Alep sont encombrées d'arbres des classes 5 et 10, dominés et à croissance très ralentie.

La dispersion est moindre pour les diamètres moyens, (classe 15 à 25) qui peuvent être caractérisés par des courbes de fréquence plus tendues, puis augmente de nouveau.

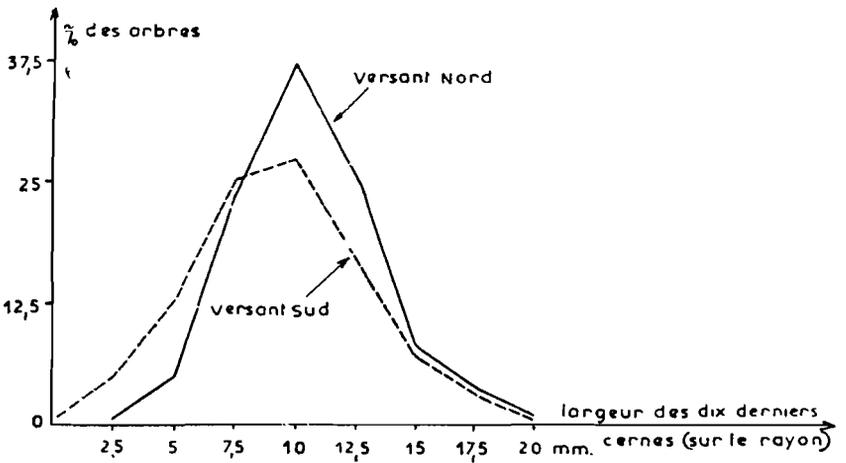
Le graphique n° 18 compare ainsi la répartition des accroissements des arbres des classes 10, 20 et 30 pour la IIème série de la forêt d'Oum-Djeddour.

Pour une classe donnée, la dispersion des valeurs de  $\Delta d$  est plus forte pour les stations de fertilité moyenne faible. Ce fait est vraisemblablement à rattacher à une variation microstationnelle plus forte.

Le graphique n° 19 compare les accroissements des arbres de classe 15 sur les versants nord (semi-aride supérieur) et sud (semi-aride inférieur) de la forêt du Djebel Bireno.



Graphique 18 : Bireno, classe 15, hétérogénéité des accroissements annuels.



Graphique 19 : Oum-Djeddour II, répartition des accroissements annuels.

7) *Cas des régénérations après incendie :*

Les accroissements moyens sur le diamètre sont plus forts dans les plantations et aussi dans les jeunes peuplements réguliers issus des incendies, comme le montre le tableau n° 23.

Les accroissements pour les jeunes arbres des classes 10 et 15, dans les régénérations equiennes à la suite d'incendies (20 à 35 ans d'âge), y sont comparés aux accroissements moyens des arbres de même diamètre hors incendie, dans les mêmes forêts.

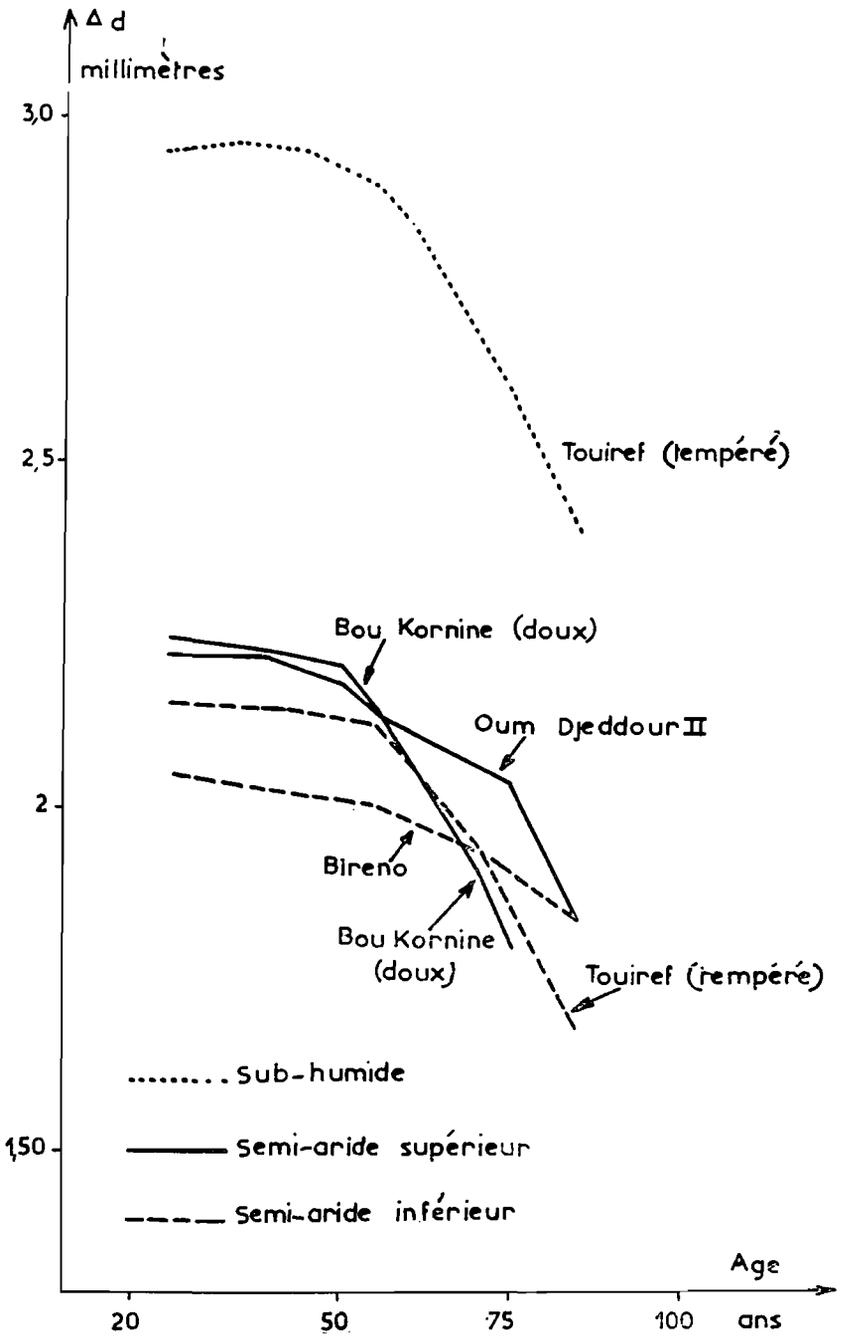
**Tableau n° 23**

*Comparaison des accroissements annuels sur le diamètre  $\Delta d$  dans les régénérations après incendie et les vieux peuplements irréguliers*

	Accroissements annuels sur le diamètre $\Delta d$ (millimètres)			
	Classe 10		Classe 15	
	Régéné- ration après incendie	vieux peuple- ments	Régéné- ration après incendie	vieux peuple- ments
<i>Sub-humide</i>				
Bireno .....	2,51	2,50	3,29	2,48
Touiref .....	3,00	2,18	—	—
<i>Semi-aride supérieur</i>				
Djebel Mansour ..	2,38	1,99	2,60	2,05
Bou Kehil .....	2,85	—	2,80	—
Semmama II .....	2,71	2,03	2,88	2,00
Sif el Annaba .....	2,40	1,97	2,10	2,00
Touiref .....	2,41	2,00	2,14	2,05

8) *Variation en fonction de l'âge :*

Les résultats des mensurations effectuées sont résumés dans le graphique n° 20, dont les tracés ont été obtenus à partir des points moyens correspondant aux différents âges, groupés par classes de 5 ans.



Graphique 20 : Variation de  $\Delta d$  avec l'âge.

Ces tracés se situent les uns par rapport aux autres dans le même ordre que lors des études précédentes.

Ils mettent en évidence, pour toutes les forêts étudiées, une diminution rapide de l'accroissement moyen annuel en fonction de l'âge, dès 50 ans.

Entre 50 et 75 ans la valeur moyenne de  $\Delta d$  passe ainsi de 3 à 2,5 mm à Touiref (sub-humide), de 2,05 à 1,90 mm dans la partie de la forêt du Djebel Bireno rattachée à l'étage semi-aride inférieur.

La diminution est beaucoup plus rapide et importante pour les forêts situées dans les variantes à hiver doux (Bou Kornine) ou tempéré (Touiref, sub-humide et semi-aride inférieur) que dans celles situées dans la variante à hiver frais (Oum-Djeddour II, Bireno).

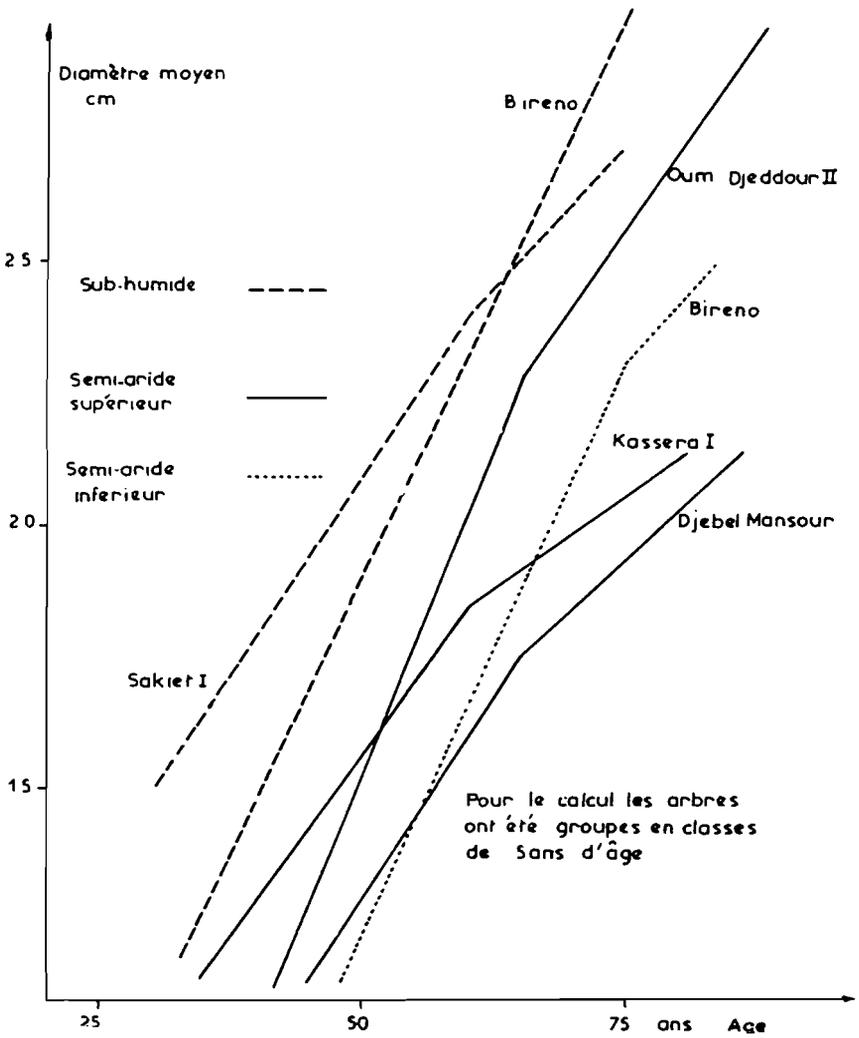
#### B. — CROISSANCE EN DIAMETRE, AU COURS DE LA VIE DE L'ARBRE

Les résultats obtenus, dans les mêmes conditions que pour la croissance en hauteur, sont condensés dans le graphique n° 21, dont les droites représentent pour plusieurs forêts, la corrélation entre les diamètres moyens et les âges des arbres.

Comme on l'avait déjà constaté lors de l'étude de la variation de l'accroissement moyen annuel  $\Delta d$  en fonction du diamètre, la croissance en diamètre est au départ plus rapide dans les forêts jouissant d'un hiver tempéré (Sakiet-Sidi-Youssef I, Kessera I, Djebel Mansour). Dans les forêts à hiver frais (Bireno, Oum-Djeddour II), elle démarre plus lentement mais se maintient ensuite satisfaisante pendant plus longtemps. A âge égal, les diamètres  $y$  deviennent vite plus forts. A partir de 65 ans le diamètre moyen correspondant à un certain âge est même plus gros dans le semi-aride inférieur du Djebel Bireno que dans le semi-aride supérieur (hiver tempéré) de la Kessera ou du Djebel Mansour.

Si l'on compare les résultats de ce graphique à ceux donnés au paragraphe : « Variation de  $\Delta d$  avec l'âge », on se rend compte qu'un arbre ayant eu en permanence un accroissement annuel moyen aurait en fin de sa vie un diamètre nettement inférieur à celui indiqué par le graphique. Ce résultat, analogue à celui obtenu par exemple dans les forêts européennes, ne peut surprendre. Les arbres des classes 30 et 35 ont eu dans leur jeune âge des  $\Delta d$  bien supérieurs aux  $\Delta d$  moyens.

Le graphique 21 ne met par contre pas en évidence un autre fait constaté au cours des calculs préliminaires. Dans une forêt les courbes de croissance en diamètre correspondant à 2 groupes de stations situées dans des étages bioclimatiques différents (sub-humide et semi-aride supérieur par exemple pour Bireno, semi-aride supérieur

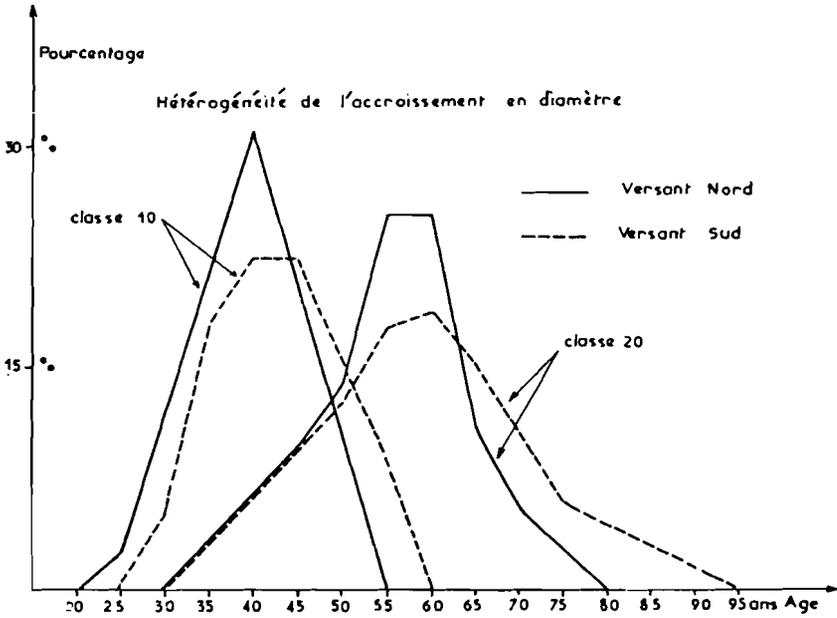


Graphique 21 : Croissance en diamètre en fonction de l'âge.

et semi-aride inférieur pour Touiref) tendent à se rapprocher et même à se rejoindre, vers 30 ou 35 cm de diamètre et 80 ans par exemple.

Ce fait confirme un point déjà signalé. Les arbres de gros diamètre, et ce d'autant plus que le canton est moins fertile, poussent souvent dans des stations de fertilité supérieure à la moyenne et sont ainsi moins représentatifs qu'un échantillon d'arbres des petites classes.

Le graphique n° 22 a été établi pour la forêt domaniale de Biréno et pour 2 groupes de stations situées sur les versants nord et sud à une altitude comparable, mais dans des étages différents (semi-aride supérieur pour le versant nord, semi-aride supérieur et semi-aride inférieur pour le versant sud). Il permet de comparer l'hétérogénéité de l'âge des arbres de classes 10 et 20 pour ces deux versants.



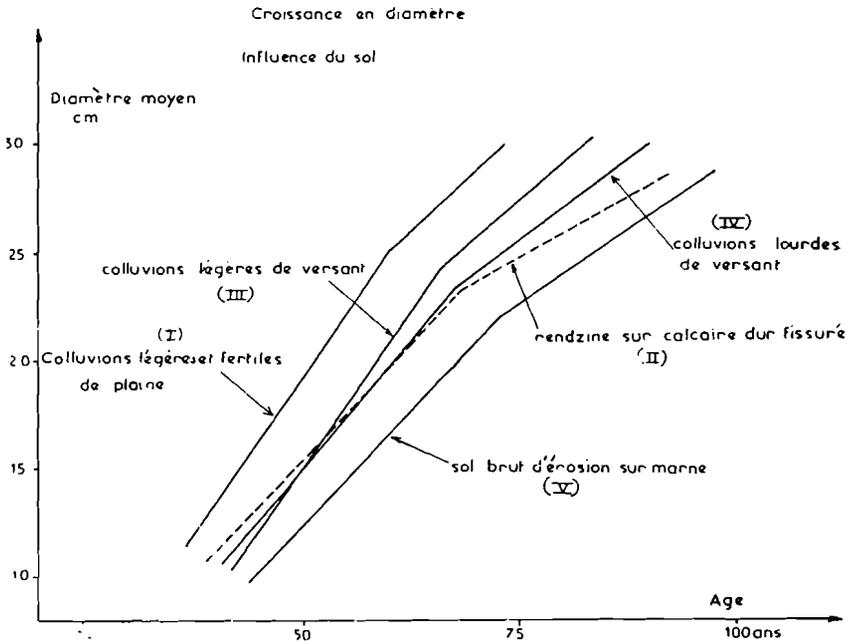
Graphique 22 : Forêt de Biréno, hétérogénéité de l'accroissement en diamètre.

La croissance est, bien sûr, plus rapide sur le versant nord que sur le versant sud, mais on constate aussi que :

— les courbes sont plus tendues sur le versant nord que sur le versant sud. Les conditions de croissance y varient beaucoup moins.

— la différence entre les 2 versants est peu marquée en ce qui concerne les arbres qui ont crû le plus vite, surtout pour la classe 20. Elle est beaucoup plus importante par contre pour les arbres à croissance ralentie, beaucoup plus nombreux sur le versant sud, ce qui donne au total une croissance moyenne plus faible pour ce versant.

Le graphique n° 23 enfin, permet de comparer la croissance en diamètre dans les différents groupes de stations de la IIème série de la forêt d'Oum-Djeddour, caractérisés par leur sol. Ce graphique est à rapprocher des graphiques n° 11 et 17.



Graphique 23 : Oum-Djeddour IIème Série, croissance en diamètre influence du sol.

*Résumé.* — La croissance en diamètre des pins d'Alep est étroitement liée au bioclimat et au sol.

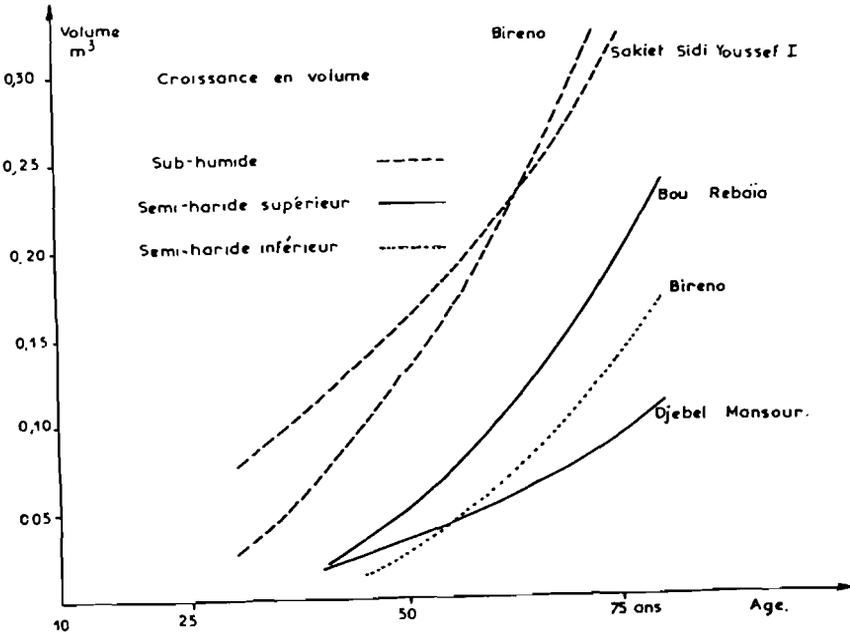
C'est sur colluvions et dans les étages les plus favorisés qu'elle est la plus rapide. Le diamètre 25 est ainsi atteint en moyenne à 80 ans dans l'étage semi-aride inférieur (Djebel Bireno), 70 ans dans l'étage semi-aride supérieur (Oum-Djeddour II), et 60 ans dans l'étage sub-humide (Djebel Bireno), toutes ces forêts étant situées dans la variante thermique à hiver frais.

Dans les forêts à hiver tempéré, l'accroissement est d'abord plus rapide, mais se ralentit plus tôt, pour donner finalement, à âge égal, des diamètres nettement plus faibles.

### III. — CROISSANCE EN VOLUME

C'est la résultante des accroissements en hauteur et en diamètre étudiés aux paragraphes I et II précédents. A partir des résultats exposés ci-dessus, on peut, par calcul, obtenir la croissance en volume des arbres dans les différentes forêts ou stations étudiées. A l'occa-

sion d'exploitations et d'établissement du tarif de cubage, on a pu aussi étudier directement la croissance en volume des arbres abattus et cubés (Bou Rebaïa). Les résultats de toutes ces études sont résumés dans le graphique n° 24.



Graphique 24 : Croissance en volume.

*Les conclusions* tirées de l'étude de la croissance en diamètre sont confirmées : Dans les forêts à hiver tempéré, la croissance en volume démarre plus vite que dans les forêts à hiver frais. Dans ces dernières, elle se poursuit plus longtemps à un rythme satisfaisant.

## IIème PARTIE : LES PEUPELEMENTS

### CHAPITRE I. — DENSITE ET STRUCTURE

Un des premiers soucis de l'aménagiste est la connaissance des volumes sur pied existant dans les forêts à aménager.

Il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'avoir une connaissance exacte du matériel. Dans toutes les forêts aménagées jusqu'ici, la possibilité a été assise par contenance, les volumes, sur pied ou présumés réalisables, n'étant donnés qu'à titre indicatif.

Au début, cette connaissance approchée a été acquise pour chaque forêt grâce à l'inventaire systématique, à partir de la classe 10, de plusieurs parcelles choisies parmi les plus denses et les plus claires et aussi parmi celles de densité moyenne.

Toute l'amplitude des variations de volume à l'intérieur de cette forêt était ainsi couverte et l'aménagiste disposait de repères suffisants pour estimer, à l'aide de photos aériennes et du parcours des parcelles, le volume moyen sur pied à l'hectare pour chaque parcelle.

Le but de ce chapitre est de donner et d'analyser sommairement les résultats de ces inventaires

Mais on ne s'intéressera ici qu'aux peuplements forestiers en bon état, à l'exclusion des parties dégradées par les délits ou le surpâturage (périphérie des massifs) et trop claires, comme des parties incendiées.

Nous donnerons d'abord dans le chapitre *Densité* les résultats bruts de ces inventaires (densité, nombre de tiges, arbre moyen) avant de nous intéresser dans un deuxième chapitre à la *Structure* même de ces peuplements et dans un troisième aux *Facteurs* conditionnant ces structures et leur évolution.



Forêt du Djebel Chambi Ière Série. Haut du versant nord,  
semi-aride supérieur. Chêne vert, *Erinacea anthyllis*, *diss*, *Medicago tunetana*  
Vieux peuplement : aspect jardiné, de nombreux jeunes bois

I. — DENSITE DES PEUPELEMENTS

Les résultats des différents inventaires effectués dans les forêts déjà aménagées ont été groupés en trois tableaux 24, 25 et 26 correspondant respectivement à l'étage semi-aride inférieur, à l'étage semi-aride supérieur et à l'étage sub-humide.

Comme il a déjà été dit, il s'agit, ramenés à l'hectare, des inventaire de parcelles entières, d'une cinquantaine d'hectares, couvertes sur la totalité de leur surface par des peuplements forestiers valables.

La densité du peuplement varie bien sûr à l'intérieur de ces parcelles, mais nulle part le peuplement ne peut être qualifié de dégradé ou d'anormalement clair.

**Tableau 24**

*Sub-humide — Inventaires à l'hectare*

	Sakiet-Sidi-Youssef 1ère série				
	Parcelle 8	Parcelle 11	Parcelle 28	Parcelle 33	Parcelle 36
<i>Nombre de tiges</i>					
Classe 5 .....	—	—	—	—	—
Classes 10 et 15 .....	136	150	178	74	98
Classes 20 et plus .....	98	152	190	140	89
Total .....	234	302	368	214	187
Volume tarif (1) .....	40,4 m <sup>3</sup>	60,2 m <sup>3</sup>	63,6 m <sup>3</sup>	60,1 m <sup>3</sup>	33,4 m <sup>3</sup>
Arbre moyen (volume) .	0,17 m <sup>3</sup>	0,20 m <sup>3</sup>	0,17 m <sup>3</sup>	0,28 m <sup>3</sup>	0,18 m <sup>3</sup>
Surface terrière .....	8,3 m <sup>2</sup>	12,25 m <sup>2</sup>	13,0 m <sup>2</sup>	12,4 m <sup>2</sup>	6,85 m <sup>2</sup>

(1) classe 10 incluse

**Tableau**

*Semi-aride supérieur*

FORET	BOU REBAIA (1)					DJEBEL BIRENO (1)		DJEBEL SEM		
	Parcelle	4	17	27	31	43	33	51	4	9
Nombre de tiges										
classe 5 .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
classes 10 et 15 .....	79	79	129	95	93	57	90	61	54	
classes 20 et plus .....	97	103	74	89	77	138	159	108	76	
Total .....	176	182	203	174	170	195	249	169	130	
VOLUME tarif .....	26,7m <sup>3</sup>	26,8m <sup>3</sup>	21,3m <sup>3</sup>	25,4m <sup>3</sup>	20,2m <sup>3</sup>	43,0m <sup>3</sup>	40,7m <sup>3</sup>	29,3m <sup>3</sup>	23,8m <sup>3</sup>	
Arbre moyen (volume) .....	0,15m <sup>3</sup>	0,15m <sup>3</sup>	0,10m <sup>3</sup>	0,14m <sup>3</sup>	0,12m <sup>3</sup>	0,22m <sup>3</sup>	0,16m <sup>3</sup>	0,17m <sup>3</sup>	0,18m <sup>3</sup>	
Surface térière .....	6,0 m <sup>2</sup>	6,1 m <sup>2</sup>	4,8 m <sup>2</sup>	5,7 m <sup>2</sup>	4,6 m <sup>2</sup>	8,3m <sup>2</sup>	8,0 m <sup>2</sup>	6,7 m <sup>2</sup>	5,4 m <sup>2</sup>	

(1) à hiver frais

(2) à hiver tempéré

**Nota :** Les totaux donnés pour les différentes parcelles de la 1ère série de la forêt de la Kessera pour la dernière ligne. De même, pour la détermination de l'arbre moyen on n'a pris en

n° 25

— Inventaires à l'hectare

MAMA II (1)	DEJBEL SEMMAMA III (1)					LA KESSERA I (2)					
38	32	55	59	63	85	33	34	50	66	79	84
—	—	—	—	—	—	235	109	266	381	221	192
162	46	160	113	73	333	152	104	162	315	221	154
91	87	73	108	96	245	30	30	55	81	24	29
253	133	233	221	169	578	182	134	217	396	245	183
26,8m <sup>3</sup>	28,9m <sup>3</sup>	23,3m <sup>3</sup>	34,8m <sup>3</sup>	26,6m <sup>3</sup>	62,7m <sup>3</sup>	9,2 m <sup>3</sup>	7,9 m <sup>3</sup>	15,5m <sup>3</sup>	22,0m <sup>3</sup>	9,0 m <sup>3</sup>	8,6 m <sup>3</sup>
0,11m <sup>3</sup>	0,22m <sup>3</sup>	0,10m <sup>3</sup>	0,16m <sup>3</sup>	0,16m <sup>3</sup>	0,11m <sup>3</sup>	0,05m <sup>3</sup>	0,06m <sup>3</sup>	0,07m <sup>3</sup>	0,06m <sup>3</sup>	0,04m <sup>3</sup>	0,05m <sup>3</sup>
6,5 m <sup>2</sup>	6,4 m <sup>2</sup>	5,7 m <sup>2</sup>	8,0 m <sup>2</sup>	6,1 m <sup>2</sup>	15,1m <sup>2</sup>	2,22m <sup>2</sup>	1,91m <sup>2</sup>	3,74m <sup>2</sup>	5,31m <sup>2</sup>	2,17m <sup>2</sup>	2,05m <sup>2</sup>
Surface terrière, classe 5 incluse .....						2,7 m <sup>2</sup>	2,2 m <sup>2</sup>	4,3 m <sup>2</sup>	6,1 m <sup>2</sup>	2,6 m <sup>2</sup>	2,4 m <sup>2</sup>

(Nombre de tiges, volume, surface terrière) ne tiennent pas compte des tiges de la classe 5, sauf compte que les arbres des classes 10 et supérieures.

**Tableau**

*Semi-aride supérieur*

Forêt	OUM DJEDDOUR II (1)				OUM-				
	Parcelle	33	53	54	68 (3)	5 (3)	12	21	22
Nombre tiges									
classe 5 .....	—	—	—	—	—	—	123	—	—
Classes 10 et 15 ...	56	105	185	8	7	85	100	89	
Classes 20 et plus	99	105	107	142	105	149	136	162	
<b>Total .....</b>	<b>155</b>	<b>210</b>	<b>292</b>	<b>150</b>	<b>112</b>	<b>234</b>	<b>359 (4)</b>	<b>251</b>	
Volume tarif .....	39,0 m3	39,2 m3	39,1 m3	68 m3	49,6 m3	51,2 m3	39,9 m3	50,5 m3	
Arbre moyen (vol)	0,25 m3	0,16 m3	0,13 m3	0,45 m3	0,44 m3	0,22 m3	0,17 m3 (4)	0,17 m3	
Surface terrière ...	7,6 m2	7,7 m2	7,7 m2	13,3 m2	10,2 m2	10,6 m2	8,2 m2 (4)	10,2 m2	

(1) à hiver frais

(2) à hiver tempéré

(3) Peuplements de plaine (station de grande fertilité)

(4) Sans classe 5

° 25 (suite)

— Inventaires à l'hectare

DJEDDOUR III (1)						SIF EL ANNABA (1)			Touiret (2)
31	32	34	44	46	54	3	9	52	51
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
157	60	19	102	28	51	28	56	141	156
151	110	85	62	71	63	81	70	127	65
308	170	104	164	99	114	109	126	268	221
49.0 m3	36.5 m3	34 m3	31.3 m3	27,1 m3	20.6 m3	30.8 m3	21 m3	38.4 m3	13,3 m3
0.16 m3	0,16 m3	0.33 m3	0.19 m3	0,27 m3	0.18 m3	0.29 m3	0,16 m3	0,14 m3	0.07 m3
9.1 m2	7,6 m2	7.0 m2	6.5 m2	5,4 m2	4.3 m2	6,3 m2	4,3 m2	17,8 m2	3.5 m2

**Tableau n° 26**

*Semi-aride inférieur — Inventaires à l'hectare*

FORET	AIN AMARA I					DJEBEL BIRENO	HAIDRA		
Parcelle	25	29	31	32	53	62	14	21	27
Nombre de tiges									
Classe 5 .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
classes 10 et 15 .....	72	160	147	216	147	137	45	45	88
classes 20 et plus .....	112	160	154	115	139	131	72	63	69
Total .....	184	320	301	331	286	268	117	108	157
Volume-tarif .....	26,5 m3	34,5 m3	34,3 m3	25,6 m3	31,1 m3	31,1 m3	16,9 m3	16,1 m3	18,2 m3
Arbre moyen (volume) .....	0,14 m3	0,11 m3	0,11 m3	0,08 m3	0,11 m3	0,12 m3	0,15 m3	0,15 m3	0,12 m3
Surface terrière (à partir de la classe 10)	6,3 m2	8,2 m2	8,2 m2	6,1 m2	7,4 m2	7,0 m2	3,8 m2	3,7 m2	4,1 m2
<p><b>Nota :</b> Toutes les forêts sont situées dans la variante climatique à hiver frais.</p>									

La densité des peuplements et le volume sur pied augmentent en général quand on passe de l'étage semi-aride inférieur à l'étage semi-aride supérieur et à l'étage sub-humide. Cette augmentation n'est toutefois pas systématique, et dans l'étage semi-aride inférieur, plusieurs des parcelles inventoriées ont un matériel à l'ha plus important que des parcelles de l'étage semi-aride supérieur.

D'autres différences peuvent être notées si l'on s'intéresse par exemple à la composition des peuplements des forêts de Bou Rebaïa (semi-aride supérieur) et de Haïdra (semi-aride inférieur), situées dans la même variante thermique. Ces 2 forêts présentent toutes deux des peuplements clairs. Elles sont situées sur des sols comparables (colluvions calcaires légères surtout, et d'accès facile, subissent des pressions humaines à peu près égales. Le nombre de tiges des classes 10 et 15 est double en moyenne à Bou Rebaïa de ce qu'il est à Haïdra. La parcelle la plus favorisée de cette dernière forêt (parcelle 27) plus haute d'environ 150 m constitue en fait une transition entre les 2 forêts. A Bou Rebaïa on trouve des semis, alors qu'à Haïdra il n'y en a pas.

L'étude des tableaux permet aussi de noter la faiblesse des volumes sur pied dans les forêts de la Kessera I et de Touiref.

Dans les forêts à hiver tempéré, le matériel à l'ha est plus faible que dans celles à hiver frais. Cette observation est confirmée par une visite des vieux peuplements des forêts du Djebel Mansour, du Djebel Fkirine et de Bou Kehil. Les arbres moyens sont toujours plus petits. (Comparer dans le tableau n° 25 les arbres moyens des forêts de la Kessera et de Touiref à ceux des autres forêts, à hiver frais, elles).

Les inventaires dont les résultats viennent d'être exposés donnent des valeurs bien supérieures aux valeurs moyennes pour les forêts aménagées qui comportent d'importantes surfaces de peuplements dégradés ou récemment incendiés. Le tableau n° 27 suivant donne les volumes à l'ha et les nombres de tiges moyens pour les différentes forêts aménagées et permet ainsi de mesurer ces différences (voir aussi le tableau n° 31).

**Tableau n° 27**

*Volumes moyens et nombres de tiges à l'ha  
pour les forêts aménagées (estimation)*

Forêt	Volume moyen (m <sup>3</sup> /ha)	Nombre de tiges/ha (1)
Ain Amara I .....	19,6	186
Bou Rebaïa .....	16,5	121
Djebel Bireno .....	19,9	123
Djebel Semmama II .....	13,2	111
Djebel Semmama III .....	19,9	148
Haïdra .....	15,3	115
Kessera I .....	7,5	144
Oum-Djeddour II .....	19,8	160
Sakiet Sidi Youssef .....	35,0	206
Sif El Annaba .....	20,9	215
Touiref .....	15,4	162

(1) classe 10 incluse.

Nota :

(pour la surface forestière totale à l'intérieur des limites retenues par l'aménagiste pour chaque forêt, en incluant en particulier les incendies, les zones dégradées, etc.....).

Un cas particulier important est celui des régénérations à la suite d'incendie. Nous ne nous sommes pas intéressés aux jeunes peuplements qui possèdent souvent sur d'importantes surfaces un nombre de tiges à l'ha énorme : plusieurs dizaines de milliers. Le tableau n° 28 donne par contre les résultats d'inventaires pratiqués dans des régénérations plus anciennes où la concurrence a déjà grandement diminué le nombre de tiges.

**Tableau n° 28**

*Parcelles incendiées — Inventaires à l'ha*

Forêt	Semi-aride supérieur			Sub-humide
	Djebel Semmama II	Kessera I	Sif El Annaba	Touiref
Parcelle .....	27	2	44	18
Date de l'incendie ..	1924	1927	1925	1932
classe 5 .....	815	679	564	1200
10 .....	54	82	188	311
15 .....	4,5	7,7	30	93
20 .....	1	1,3	6	21
25 .....	0,5	1	1	10
Total .....	875	771	789	1635
Volume (classe 5 non comprise) .....	2,0 m3	1,8 m3	6,7 m3	18,9 m3
Surface terrière (y compris classe 5)	2,2 m2	2,2 m2	3,15 m2	5,9 m2

*Résumé.* — Les peuplements tunisiens de pin d'Alep peuvent être caractérisés par leur faible densité. Le volume sur pied de parcelles considérées comme complètes ne dépasse qu'exceptionnellement 50 m<sup>3</sup> à l'ha. Les peuplements sont en général plus denses dans les étages les plus favorisés. Dans la variante à hiver tempéré, ils sont plus clairs, avec des arbres moyens plus petits.

## II. — STRUCTURE DES PEUPEMENTS

C'est la régénération qui conditionne en fait les problèmes de structure. Mais, au stade des peuplements naturels étudiés ici, la présence et l'absence de jeunes bois doit être étudiée en dehors de l'influence de l'homme, aussi bien de celle du délinquant que de celle du forestier.

L'intervention du forestier a d'ailleurs été faible dans la plus grande partie des forêts tunisiennes de pin d'Alep. En l'absence d'un réseau routier suffisamment développé, les exploitations sont restées limitées aux parcelles les plus accessibles.

L'influence de l'usager est par contre forte, par ses délits et ses troupeaux. Elle est plus faible dans de nombreuses parcelles éloignées des habitations ou d'accès difficile. Il est ainsi possible d'opposer des parcelles subissant des pressions comparables.

L'importance des semis et des jeunes bois permet de classer les différentes forêts en 2 grands groupes :

Dans les plus favorisées par les conditions climatiques et de sol, correspondant en gros à l'étage sub-humide et à une importante partie de l'étage semi-aride supérieur, la régénération est un phénomène continu qui se produit même lorsque le volume sur pied est important.

C'est le cas dans la 1ère série de Sakiet-Sidi-Youssef où l'on trouve des semis et des jeunes bois dans des parcelles dont le volume dépasse 60 m<sup>3</sup>/ha.

C'est aussi le cas dans les forêts d'Oum-Djeddour II, Sif el Annaba, Djebel Bireno, Djebel Semmama II et III, même avec 40m<sup>3</sup>/ha et parfois plus.

Par contre, dans le 2ème groupe de forêts, la régénération cesse ou devient très réduite à partir d'un volume relativement faible :

- 30 à 35 m<sup>3</sup>/ha pour les stations de l'étage semi-aride supérieur à placer aussi dans ce groupe.
- 25 m<sup>3</sup>/ha ou même parfois moins pour celles peu fertiles de l'étage semi-aride inférieur.

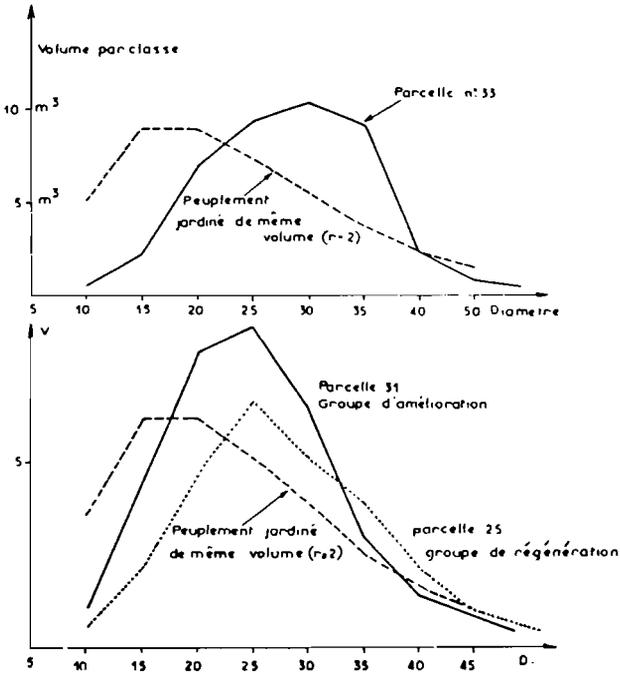
Les peuplements peuvent ainsi être classés en 2 groupes :

- les peuplements à structure jardinée.
- les peuplements n'ayant pas une structure jardinée mais présentant une tendance à la régularisation.

Dans les graphiques n<sup>os</sup> 25, 26 et 27, des peuplements caractéristiques de ces 2 groupes ont été schématisés en employant soit le nombre de tiges à l'ha, soit le volume, pour rendre plus apparente encore la tendance à la régularisation.

Comme il a déjà été dit, c'est dans la 1ère série de la forêt de Sakiet-Sidi-Youssef, la seule d'ailleurs pour laquelle un aménagement en futaie jardinée a pu être proposé, que les peuplements présentent le plus souvent un aspect jardiné, pied à pied ou par petits bouquets. Les raisons moyennes des progressions ont pu être calculées pour un certain nombre de parcelles. Elles sont de :

Graphique 25 : Peuplement en cours de régularisation.



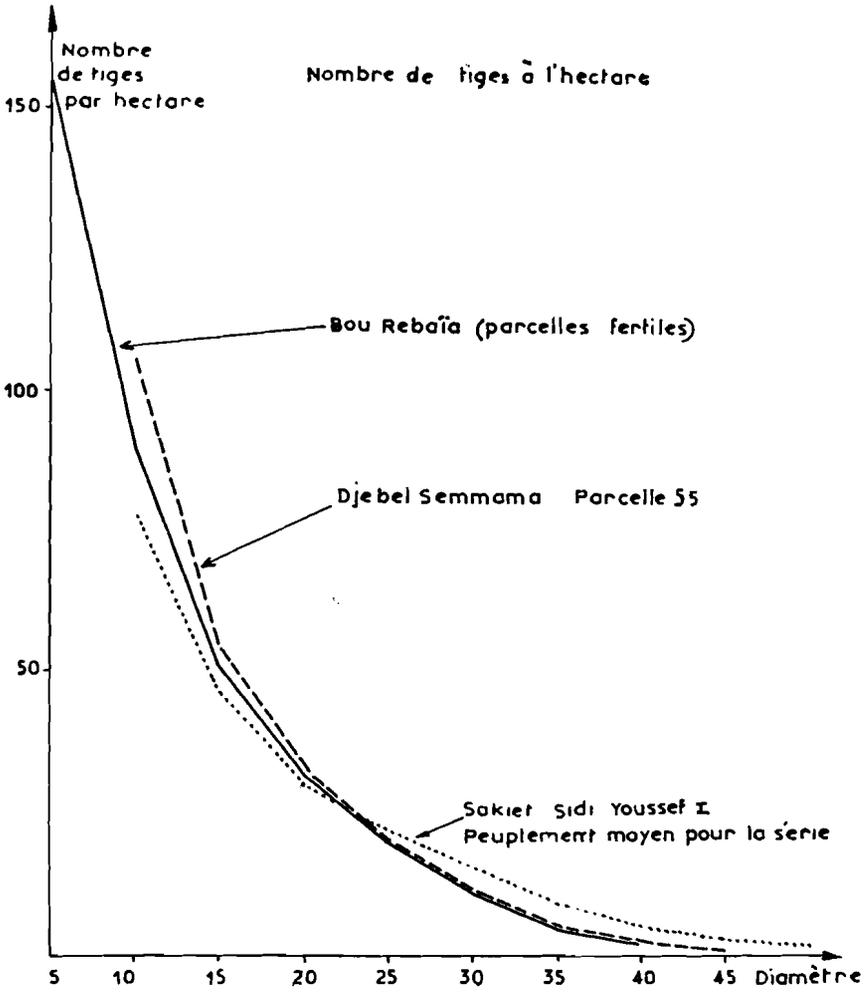
Graphique 26 : Aïn Amara I peuplement en cours de régularisation.

- 1,44, 1,59 pour les parcelles fertiles (parcelles 38 et 8).
- 1,61, 1,66 pour les parcelles de fertilité moyenne (parcelles 11 et 16)
- 1,74, 1,83, 1,83 encore, 1,95 pour des parcelles de fertilité faible, souvent situées sur des versants sud (parcelles 31, 2, 36, 20)

La valeur moyenne pour toute la forêt est de 1,70 (voir graphique n° 27).

Pour les peuplements des forêts de Bou Rebaïa et du Djebel Semmama III également représentés sur ce graphique, les raisons seraient comprises entre 2 et 2,10.

Les courbes des peuplements jardinés des forêts d'Oum-Djed-dour II, Djebel Bireno et Sif el Annaba; non figurées, occuperaient une position intermédiaire, de même que les raisons.



Graphique 27 : Peuplements jardinés, nombre de tiges à l'hectare.

Disons enfin qu'il n'existe que très peu de peuplements vraiment réguliers : *régénération après incendie* et elles s'irrégularisent très rapidement en bouquets d'aspect différent suivant l'hétérogénéité du milieu, et *très vieux peuplements* arrivés au bout du processus de régularisation.

### III. — *FACTURES DE L'EVOLUTION DES PEUPEMENTS*

#### a) **Vieillesse**

C'est le processus défini dans le chapitre II. Pour la majeure partie des forêts tunisiennes, il conduit à la régularisation, la densité devenant telle qu'elle arrête la régénération.

Pour les forêts de l'étage semi-aride inférieur, la régénération est ainsi arrêtée ou considérablement réduite à partir de 25 ou 30 m<sup>3</sup>/ha.

#### b) **Les parasites**

Les 2 principaux d'entre eux : *le Trametes pini* et la processionnaire du pin se rencontrent dans toutes les forêts.

##### *Trametes pini* :

Des inventaires effectués dans plusieurs forêts aménagées permettent de mesurer son importance dans des parcelles qui sont parmi les plus atteintes (tableau n° 29). Après un inventaire général de la parcelle, les arbres portant une ou plusieurs « consoles » de *Trametes pini* ont été seuls comptés. Le pourcentage d'arbres effectivement atteints serait bien supérieur, car de nombreux arbres atteints ne portent pas encore de fructification, comme les exploitations et les sondages à la tarière ont permis de le constater.

2 remarques peuvent être faites à propos de ces inventaires :

— les arbres atteints des classes 10 et 15 sont des arbres âgés, beaucoup plus que les arbres moyens de ces classes, mais ayant eu une croissance ralentie.

— le pourcentage d'arbres atteints paraît décroître pour plusieurs parcelles avec les gros diamètres. Ceci paraît pouvoir s'expliquer par le fait qu'un gros pourcentage des arbres des classes supérieures croît dans des stations de fertilité supérieure à la moyenne. Ces arbres, bien que plus gros, sont souvent moins âgés que ceux des classes inférieures. Ils sont plus vigoureux et seraient moins sensibles aux attaques du champignon.

Tableau n° 29

Pourcentage d'arbres portant des fructifications de *Trametes pini*

Forêt	Aïn Amara I	Djebel Semmama III	Sif el Annaba	Sif el Annaba	Sakiet-Sid' Youssef I	Sakiet-Sid' Youssef I
Parcelle	31	85	52	58	28	36
Classe 10	2,5 %	1 %	0	0	2 %	1 %
15	10,8 %	1 "	0	1 %	3 %	9 %
20	16,2 %	9,5 %	1 %	3 %	6 %	25 %
25	32,7 %	15,4 %	2 %	8 %	10 %	33 %
30	36,9 %	21 %	4 %	13 %	23 %	43 %
35	19,0 %	18,7 % (2)	5 %	10 %	20 %	45 %
40	12,9 %	—	14 %	2 %	21 %	10 %
45	—	—	—	19 %	21 %	36 % (3)
Caractéristiques du peuplement						
— Nombre d'arbres/ha (1) ..	201	578	268	203	368	187
— Volume/ha ..	15,1 m <sup>3</sup>	62,7 m <sup>3</sup>	18,4 m <sup>3</sup>	37,85 m <sup>3</sup>	63,6 m <sup>3</sup>	33,4 m <sup>3</sup>
(1) classe 10 incluse (2) pour la classe 35 et les classes supérieures (3) pour la classe 45 et les classes supérieures						

Si le *Trametes pini* est présent dans toutes les forêts naturelles de pin d'Alep, ce n'est que dans certaines conditions que ce parasite cause des dégâts considérables et pose un grave problème au forestier. Il est beaucoup plus fréquent dans les peuplements denses que dans les peuplements clairs. Dans une station peu fertile, située sur versant sud, mais dont le peuplement est clair, le pourcentage d'arbres attaqués est plus faible que dans une station beaucoup plus fertile, mais à peuplement vieux et dense du versant nord.

Le *Trametes pini* apparaît ainsi comme l'obstacle qui, dans les forêts naturelles, empêche le processus de régularisation par vieillissement d'arriver à son terme. Il provoque dans le peuplement l'apparition de trouées qui sont ensuite reconquises, plus ou moins rapidement, par la régénération.

Le *Trametes pini* est aussi plus fréquent sur sol lourd (marnes, colluvions lourdes) que sur sol léger.

La présence et l'importance du *Trametes pini* influenceront beaucoup la sylviculture qui sera appliquée aux peuplements tunisiens de pin d'Alep : âge moyen d'exploitabilité, densité, rotation des coupes. Elles auront aussi une grande importance dans le classement des parcelles, celles gravement atteintes devant être rapidement régénérées.

#### Processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) :

On la rencontre aussi dans toutes les forêts tunisiennes, mais ses dégâts sont surtout à craindre pour les jeunes peuplements réguliers : plantations, régénérations après incendie. La processionnaire ravage périodiquement ces jeunes peuplements et les empêche de démarrer. Ses dégâts sont plus importants à basse qu'à haute altitude, sur versant sud que sur versant nord, dans les forêts à hiver tempéré que dans celles à hiver frais.

#### c) L'action humaine

Elle pèse intensément sur la forêt d'autant plus qu'elle est complexe et s'exerce de nombreuses manières différentes que nous passerons successivement en revue. Il est toutefois important dès le début de ce paragraphe de se bien persuader que la pression humaine intense que l'on constate actuellement, et le surpâturage, sont des phénomènes relativement récents liés à un essor démographique particulièrement rapide. Ce n'est que depuis 2 ou 3 dizaines d'années en moyenne que l'action de l'homme est si gravement ressentie par la forêt.

#### Délits

Ils portent surtout sur des bois de petit et moyen diamètre, jusqu'à la classe 20. Ce sont ceux qui sont les plus utiles aux délinquants pour leurs constructions. Au-delà, les délits sont rares. Il s'agit alors surtout d'annélations circulaires destinées à provoquer ultérieurement la mort des arbres. Les délits ne portent pas que sur le pin d'Alep. Le recépage, et souvent même le dessouchage des espèces du sous-bois (romarin, ciste, chêne-vert, lentisque, etc...) causent aussi de graves dégâts. Le recépage peut être autorisé après délivrance d'un permis. Pratiqué sans autorisation et sans mesure dans les parcelles proches des habitations, il peut faire entièrement disparaître le sous-étage, privant le sol de sa couverture protectrice contre l'érosion et



Forêt d'Aïn Amara 1ère Série. Peuplement en cours de régularisation  
par vieillissement où le *Trametes pini* cause d'importants dégâts  
Semi-aride inférieur sur colluvions encroûtées, romarin  
alfa ciste à feuille de romarin, genévrier rouge.

faisant disparaître de nombreuses microstations, favorables à la régénération. Les touffes de romarin retiennent en effet la terre et l'humus, et, sur versants dégradés, constituent souvent les seuls emplacements où une graine peut germer et un jeune semis se développer.

A côté des délits de coupe, les délits de mutilation sont nombreux : écimage de l'arbre ou coupe de branches maîtresses pour la récolte des graines (« Zgougous »), très utilisées dans l'alimentation traditionnelle, écorçage pour obtenir un produit tannant, de la résine ou un « chewing-gum » rustique.

### *Parcours*

Le surpâturage agit autant par le piétinement de certaines parcelles que par la disparition du couvert végétal, si important pour protéger de l'érosion ou favoriser la régénération. Dans les parcelles surpâturées, on ne trouve pas de semis. Le peuplement vieillit sans se régénérer.

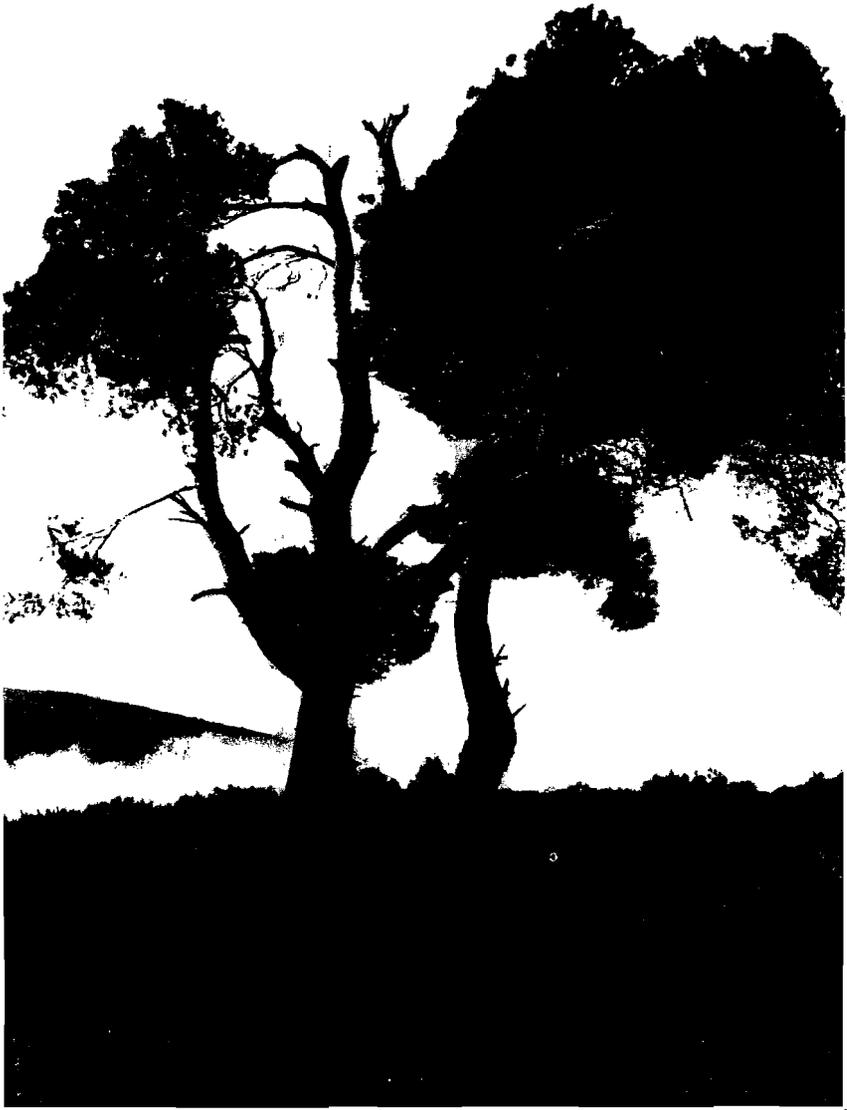
Les délits et le surpâturage marquent très vite un peuplement. Dans les parcelles les plus affectées par la pression de l'homme et des troupeaux, il n'y a pas de semis ou de jeunes pins, et les arbres des classes 5, 10 et 15, et même 20 sont beaucoup moins nombreux que dans les peuplements voisins.

L'action humaine, dans un premier stade, peut ainsi contribuer à régulariser un peuplement comme le montre le graphique n° 28 qui oppose des parcelles situées en des stations comparables. Ultérieurement, la dégradation s'aggrave et, passé un certain stade, la parcelle ne peut plus être régénérée naturellement.

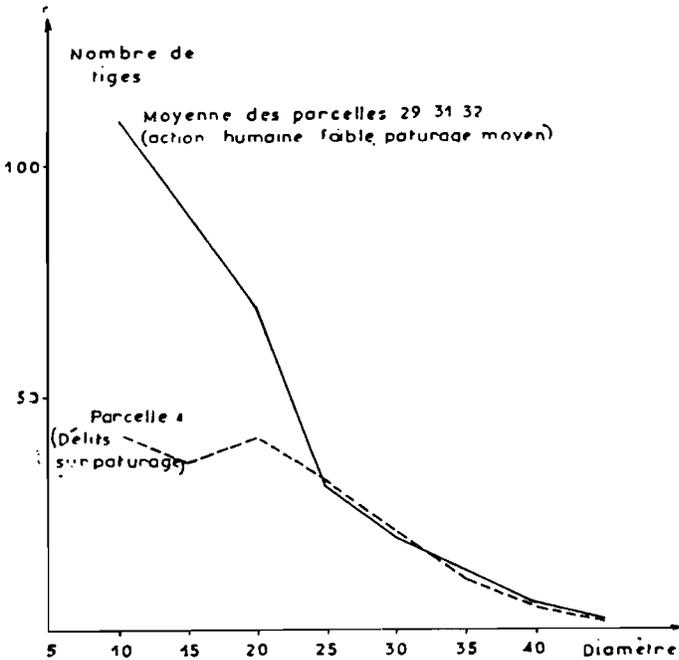
L'aménagiste sera ainsi conduit à classer dans le groupe de régénération beaucoup de parcelles dégradées, encore susceptibles de se régénérer naturellement grâce à la protection du forestier. Quelques années plus tard, il serait souvent trop tard et la régénération devrait être artificielle.

### *Défrichements*

Ce sont les parcelles les plus fertiles et les plus faciles à cultiver qui sont défrichées. Les arbres sont annelés ou exploités en délit, le sous-étage est dessouché et incinéré, puis la parcelle est mise en culture souvent pour quelques années seulement, tant que l'humus et la terre arable n'ont pas disparu. Les colluvions, surtout les colluvions lourdes et les marnes, sont défrichées de préférence aux sols sur calcaire dur. Les zones ainsi mises en culture sont la proie d'une érosion intense d'autant plus qu'avec le temps, le fellah défriche des parcelles à pente de plus en plus forte.



Forêt du Djebel Ladjered, la forêt disparaît. Ecimage pour la récolte des cônes  
« Zgougous », écorçage, ramassage de toute la végétation combustible,  
et surpâturage



Graphique 28 : Aïn Amara I  
nombre de tiges en fonction du diamètre.

Dans certaines forêts, Oum-Djeddour II, Kessera I, Bou Rebaïa, subissant une pression particulièrement intense, on a pu calculer par comparaison entre des plans de délimitation anciens et des photos aériennes de la dernière couverture, un taux de disparition par défrichement compris entre 0,5 et 1 % l'an.

Inversement, la forêt ne regagne que lentement le terrain perdu. Plusieurs dizaines d'années sont nécessaires pour revenir du terrain de culture à la forêt en passant par l'armoise, blanche ou champêtre, et le romarin.

### *Incendies*

Dans presque toutes les forêts aménagées, de grandes surfaces avaient été incendiées. Si la plus grande part est régénérée, d'importantes surfaces ne portent plus que des peuplements trop clairs de jeunes pins ou même aucune végétation forestière valable.

Le tableau suivant donne pour les forêts déjà aménagées le pourcentage de la surface parcourue par les plus grands incendies.

**Tableau n° 30**

*Forêts aménagées*

*Pourcentages de la surface parcourue par les grands incendies*

Forêts	Date de l'incendie	Pourcentage de la surface
Aïn Amara I		Pas d'incendie important
Bou Rebaïa .....	1960	25 %
Djebel Bireno .....	1924	11,5 %
	1937	15 %
	1956	23 %
Djebel Semmama II .....	(?) 1924	38 %
	1961	9,5 %
	1966	24 %
Djebel Semmama III .....	1956	10 %
Kessera I .....	(?) 1927	18 %
	(?) 1946	6 %
	1955	7 %
	1955	14,5 %
Oum-Djeddour II .....	1945	13 %
Sakiet Sidi Youssef I .....		Pas d'incendie important
Sif El Annaba .....	1924	45 %
Touiref .....	(?) 1927	11 %
	(?) 1932	9,5 %
	1944	22 %

Ces incendies expliquent la faiblesse des volumes sur pied comme des volumes présumés réalisables dans la plupart des forêts aménagées. Ils constituent un important facteur de régularisation des peuplements. Les jeunes régénérations ne tardent pas toutefois à s'irrégulariser à la faveur de la grande hétérogénéité du milieu.

### *Exploitations*

Concentrées dans les zones d'accès facile, elles ont affecté très différemment les forêts tunisiennes de pin d'Alep. En provoquant la libération du stock de graines des arbres abattus, les exploitations ont souvent provoqué l'apparition d'une régénération, notamment dans les stations les plus fertiles, sur colluvions calcaires légères et filtrantes. Elles constituent ainsi un facteur non négligeable de l'irrégularisation des peuplements. C'est vraisemblablement le cas pour la forêt de Bou Rebaïa, d'accès facile et qui a été de tout temps le siège d'exploitations.

Il n'en a pas été de même dans les stations moins fertiles et en particulier dans la forêt voisine de Haïdra. Cette forêt est d'accès aussi facile et les exploitations y ont été aussi fréquentes, mais elle est située dans l'étage semi-aride inférieur (cf. inventaires tableaux n° 25 et 26, graphique n° 25).

*Résumé.* — Pour les paragraphes II (structure) et III (facteurs de l'évolution).

Les peuplements tunisiens de pin d'Alep peuvent être classés en 2 grands groupes :

— ceux de l'étage sub-humide et une partie de ceux de l'étage semi-aride supérieur, où la régénération est un phénomène continu, malgré de forts volumes sur pied, et qui présentent un aspect jardiné.

— les autres, qui se régularisent par vieillissement, le seul obstacle au processus de régularisation paraissant être le *Trametes pini* qui fait apparaître des trouées.

L'homme, en provoquant le surpâturage qui prohibe la régénération, et en s'attaquant surtout aux arbres des jeunes classes, contribue dans un premier stade à la régularisation des peuplements.

Les exploitations, par la régénération qu'elles provoquent, favorisent au contraire l'irrégularisation.

## CHAPITRE II. — PRODUCTION

Il est très difficile de passer de l'accroissement des arbres à la production des peuplements. En effet cette production ne varie pas seulement en fonction de l'étage de végétation par exemple et des potentialités de la station, comme on peut s'y attendre, mais encore comme on le verra par la suite en fonction de la composition du peuplement, de l'âge moyen des arbres (la présence d'arbres trop âgés diminuant nettement la production) et surtout de la surface terrière. Une forêt donnée pourrait ainsi être caractérisée pour sa production par une courbe « production = f (surface terrière) », les points représentatifs des différentes stations s'en écartant plus ou moins en fonction de la fertilité et aussi de l'arbre moyen.

### I. — CALCULS DE PRODUCTION

Les productions des différentes stations ont été calculées de la manière suivante :

— Assiette d'une station de forme circulaire, de surface connue (rayon de 20 ou 30 mètres), le peuplement, la végétation et le sol étant homogènes à l'intérieur de la station choisie comme moyenne et représentative de la parcelle dans laquelle elle est située.

— Inventaire des arbres, mesure des hauteurs et de l'accroissement annuel moyen sur le diamètre  $\Delta d$  pour tous les arbres de la station. En fait la grandeur mesurée et la largeur des 20 derniers cerne.

— Calcul de l'accroissement moyen annuel en volume  $\Delta v$  pour chaque classe de diamètre par application de la formule

$$\Delta v = \Delta d \times \frac{V_{D+5} - V_{D-5}}{100}$$

Pour un arbre de classe D,  $V_{D+5}$  et  $V_{D-5}$  sont les volumes tarif des arbres des classes D + 5 et D - 5.

— Calcul de l'accroissement de la station, en multipliant ces accroissements annuels en volume par le nombre de tiges de chaque diamètre.

— Calcul de la production de la station, en ajoutant le passage à la classe 10, P.10, calculé par la formule :

$$P.10 = \frac{V_{10} \times n \times \Delta d}{50}$$

$n$  étant le nombre de tiges de classe 10

$V_{10}$  le volume tarif d'un arbre de classe 10

$\Delta$  d étant ici l'accroissement moyen sur le diamètre des arbres de classe 10.

Le passage est très faible, de l'ordre de 0,05 m<sup>3</sup>/ha/an en moyenne.

— Prise en compte de l'accroissement de l'écorce en multipliant le résultat obtenu par 1,15 dans tous les cas.

— Intervention d'un coefficient de forme  $c$ , calculé à partir de la hauteur moyenne des arbres de différentes classes  $h_{10}$ ,  $h_{15}$ ,  $h_{20}$ , etc...,  $n_{10}$ ,  $n_{15}$ ,  $n_{20}$  étant les nombres de tiges correspondant et  $H_{10}$ ,  $H_{15}$ ,  $H_{20}$  les hauteurs moyennes correspondant au tarif de cubage.

$$c = \frac{n_{10} h_{10} + n_{15} h_{15} + n_{20} h_{20} \dots}{n_{10} H_{10} + n_{15} H_{15} + n_{20} H_{20} \dots}$$

Les stations pour lesquelles on obtient un coefficient  $c$  trop éloigné de 1, en fait inférieur à 0,85 ou supérieur à 1,15, ne sont pas prises en compte.

— Passage à l'hectare, compte tenu de la surface de la station.

## II. — VARIATION DE LA PRODUCTION EN FONCTION DE LA SURFACE TERRIERE

Pour des surfaces terrières comprises entre 3 et 10 m<sup>2</sup>, intervalle couvrant la variation de densité des peuplements valables des forêts aménagées, pour des stations à arbres moyens voisins de la classe 20, en fait compris entre les classes 15 et 25, les courbes « Production =  $f$  (surface terrière) » sont des droites.

Les résultats des calculs tels qu'exposés plus haut et dans les conditions définies par le paragraphe précédent, sont schématisés dans le graphique n° 29. Toutes les droites figurées ont été tracées à partir d'une vingtaine de stations.

Pour une surface terrière de 7 m<sup>2</sup>, la production est voisine de 0,67 m<sup>3</sup>/ha/an pour les forêts de l'étage semi-aride inférieur. Elle s'élève à 0,78 ou 0,85 m<sup>3</sup> pour celles de l'étage semi-aride supérieur et à 0,93 m<sup>3</sup> pour l'étage sub-humide.

Le graphique 29 permet aussi d'apprécier la faiblesse de la production dans les forêts tunisiennes de pin d'Alep. Les productions effectives des forêts aménagées, pour la totalité de la surface comprise à l'intérieur des limites retenues sont données par le tableau suivant n° 31.

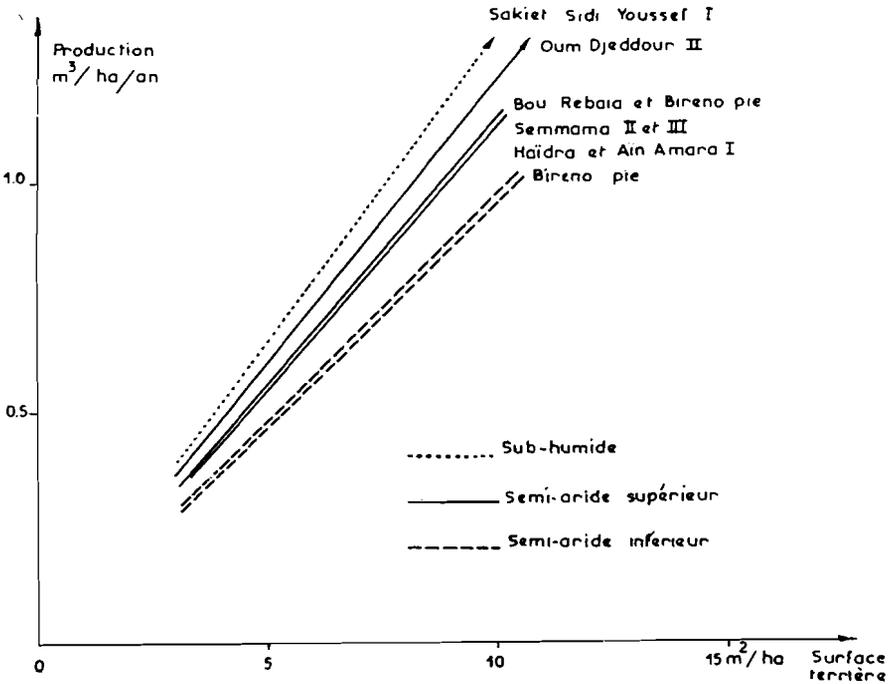
**Tableau n° 31**  
*Production des forêts aménagées*

FORET	CARACTERISTIQUES du boisement			Production moyenne m3/ha/an
	Nombre de tiges/ha (1)	Volume moyen (1) m3/ha	Surface terrière moyenne (1) m2/ha	
<i>Semi-aride inférieur</i>				
Aïn Amara I . . . . .	186	19,6	4,5	0,43
Haïdra . . . . .	115	15,3	3,4	0,32
<i>Semi-aride supérieur</i>				
Bou Rebaïa . . . . .	121	16,5	3,45	0,38
Djebel Bireno . . . . .	123	19,9	4,0	0,46
Djebel Semmama II	111	13,2	2,65	0,28
Djebel Semmama III	148	19,9	4,0	0,44
Oum-Djeddour II . .	160	19,8	4,0	0,58
Sif el Annaba . . . . .	215	20,9	4,2	0,46
<i>Sub-humide</i>				
Sakiet Sidi Youssef	206	35,0	6,65	0,86

(1) classe 10 incluse  
La forêt de Sakiet-Sidi-Youssef est seule située dans la variante thermique à hiver tempéré.

Que se passe-t-il au delà des tronçons de droite tracés sur le graphique 29 ?

Plusieurs des droites continuent à être valables au delà de 10 m2 : celles correspondant aux forêts de Sakiet-Sidi-Youssef I et Oum-Djeddour II.



Graphique 29 : Variation de la production en fonction de la surface terrière.

Cette étude est d'ailleurs difficile car les stations de forte densité sont rares dans les peuplements naturels et d'autre part sont souvent d'une fertilité supérieure à la moyenne.

Le graphique n° 30 a été établi à partir de stations de l'étage semi-aride inférieur à hiver frais situées dans les forêts de Aïn Amara I, Djebel Bireno et Haïdra.

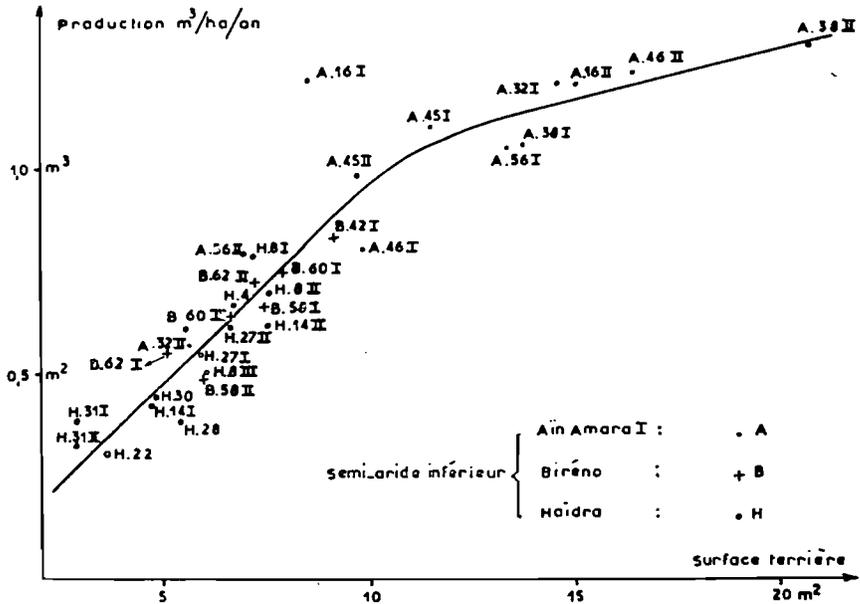
Au delà de 10  $m^2$  la production continue à croître mais beaucoup plus lentement, suivant une deuxième droite à pente plus faible.

Le même phénomène peut aussi s'observer dans les autres étages bioclimatiques, mais à partir de surfaces terrières plus fortes :

- 12 à 15  $m^2$  pour l'étage semi-aride supérieur,
- 15 à 20  $m^2$  pour l'étage sub-humide.

Cette constatation conduit à la notion de surface terrière limite, variable d'ailleurs en fonction de l'étage bioclimatique. Au delà,

les arbres se gênent et, bien que la production totale continue à croître, plus lentement, l'accroissement annuel et la vigueur de chaque arbre sont en nette régression.



Graphique 30 : Variation de la production avec la surface terrière.

### III. — INFLUENCE DU SOL

Nous ne disposons pas de suffisamment de stations dans la IIème série de la forêt d'Oum-Djeddour pour pouvoir exposer ici des résultats comparables à ceux déjà fournis pour la hauteur, la croissance en hauteur et en diamètre, dans cette forêt, en fonction du type de sol.

Tous les calculs précédents ont classé les stations dans le même ordre. C'est cet ordre que nous aurions retrouvé pour la production, avec les résultats les plus forts pour les colluvions légères. Pour les colluvions fertiles de plaine, l'augmentation de production atteint même 40 % par rapport à la moyenne.

Le tableau suivant n° 32, permet par contre de constater une baisse de production sensible pour les sols brut d'érosion sur marne.

**Tableau n° 32**

*Influence du sol sur la production. Sol brut d'érosion sur marne*

Forêt	Parcelle et station	Surface terrière m <sup>2</sup>	Production m <sup>3</sup> /ha/an	Production moyenne correspondant à la surface terrière de la station pour la forêt du groupe Oum-Djeddour II, Bireno, Bou Rebaïa
Sif el Annaba ..	37 I	6,8	0,71	0,79
Sif el Annaba ..	37 II	8,1	0,90	0,95
Oum-Djeddour II	32	8,2	0,63	0,96
Oum-Djeddour III	28	8,75	0,80	1,02

La baisse moyenne de production est de l'ordre de 20 %. Elle est bien sûr d'autant plus forte que le sol est peu évolué.

Dans la forêt du Djebel Mansour, la production d'une station peu favorisée ne représente que 25 % de la production donnée, pour la même surface terrière, par la droite caractéristique des stations de fertilité moyenne et forte.

Pour les sols superficiels sur dalle de calcaire dur (Semmama II et III, Sakiet I) la baisse de production est aussi très forte : 40 ou même 50 %.

#### IV. — INFLUENCE DE L'ARBRE MOYEN

Le tableau n° 33 et le graphique n° 31 qui en schématise les données ont été établis pour des stations des forêts d'Aïn Amara Ière série, Djebel Bireno et Haïdra, toutes situées dans l'étage semi-aride inférieur à hiver frais, de fertilité moyenne à bonne. Quelques stations, les moins fertiles, ont été éliminées afin que l'échantillon soit beaucoup plus homogène. Les 3 forêts ont ainsi la même droite « P = f (St) » (Pm3 = 0,097St).

Il est donc possible de calculer la production P5 correspondant pour chacune des stations à une surface terrière de 5 m<sup>2</sup> (St5).

$$\frac{P5}{Pm} = \frac{St5}{Stm} \text{ ou } P5 = \frac{5m2 Pm}{St}$$

Pm et Stm étant les productions et surfaces terrières de la station.

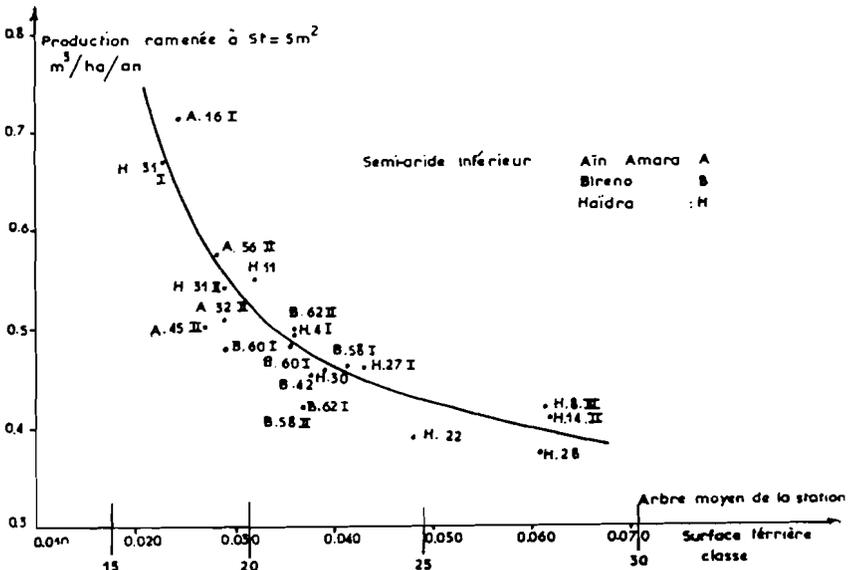
Ayant donc ramené les productions à la même surface terrière, ayant aussi éliminé les stations de fertilité faible, on peut étudier la variation de la production en fonction de l'arbre moyen.

La diminution de la production est très rapide. Elle passe de 0,8 à 0,4 m<sup>3</sup>/ha/an quand l'arbre moyen passe de la classe 15 à la classe 30, pour une surface terrière de 5 m<sup>2</sup>.

**Tableau n° 33**

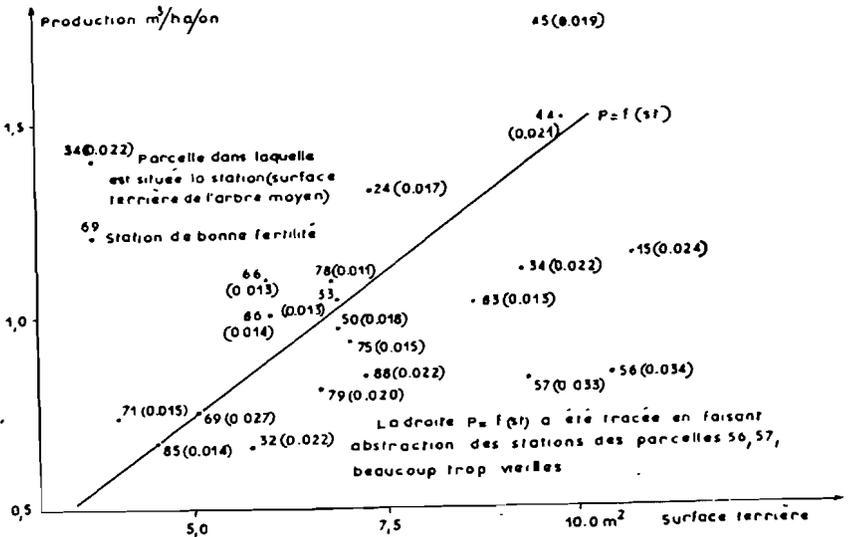
*Variation de la production en fonction de la surface terrière de l'arbre moyen*

Forêt	Parcelle et station	Surface terrière de l'arbre moyen m <sup>2</sup>	Production ramenée à une surface terrière de 5,0 m <sup>2</sup> m <sup>3</sup> /ha/an
Haïdra . . . . .	31 I	0,023	0,67
Aïn Amara I . . .	16 I	0,024	0,715
Aïn Amara I . . .	45 II	0,027	0,50
Aïn Amara I . . .	56 II	0,028	0,57
Aïn Amara I . . .	32 II	0,029	0,51
Bireno . . . . .	60 I	0,029	0,48
Haïdra . . . . .	31 II	0,029	0,54
Haïdra . . . . .	11	0,032	0,55
Bireno . . . . .	58 II	0,033	0,41
Bireno . . . . .	60 II	0,036	0,485
Bireno . . . . .	62 II	0,036	0,50
Haïdra . . . . .	4	0,036	0,495
Bireno . . . . .	62 I	0,037	0,42
Bireno . . . . .	42	0,038	0,45
Haïdra . . . . .	30	0,039	0,46
Bireno . . . . .	58 I	0,041	0,46
Haïdra . . . . .	27	0,043	0,46
Haïdra . . . . .	22	0,048	0,39
Haïdra . . . . .	8 III	0,061	0,42
Haïdra . . . . .	28	0,061	0,37
Haïdra . . . . .	14	0,062	0,41



Graphique 31 : Variation de la production en fonction de l'arbre moyen des stations.

A l'intérieur d'une forêt donnée, située toute entière dans un seul étage bioclimatique, l'hétérogénéité est due d'une part aux différences de potentialité entre les stations, d'autre part aux variations de l'arbre moyen. Le graphique n° 32 permet de se rendre compte



Graphique 32 : Forêt de la Kessera, 1ère Série, variation de la production en fonction de la surface terrière.

de l'importance de cette hétérogénéité pour la 1ère série de la forêt de la Kessera.

## V. — INFLUENCE DE LA VARIANTE THERMIQUE

Le graphique 29 ne comporte pas de forêt située dans la variante à hiver tempéré des étages semi-aride supérieur et semi-aride inférieur.

Des calculs de production ont aussi été faits pour de telles forêts, mais les résultats ne sont pas comparables car l'arbre moyen des stations étudiées est beaucoup plus petit. Il s'agit d'ailleurs là d'une caractéristique de ces peuplements, comme on l'a vu au chapitre I de la Deuxième Partie, Densité des peuplements. Quelques chiffres présentés ci-dessous et extraits du tableau 25 le confirment :

### *Semi-aride supérieur*

#### *Forêts à hiver tempéré :*

Kessera I, arbre moyen variant de 0,04 à 0,07 m<sup>3</sup>.

Touiref, parcelle 51, arbre moyen de 0,07 m<sup>3</sup>.

#### *Forêts à hiver frais :*

Bou Rebaïa, arbre moyen variant de 0,10 à 0,15 m<sup>3</sup>

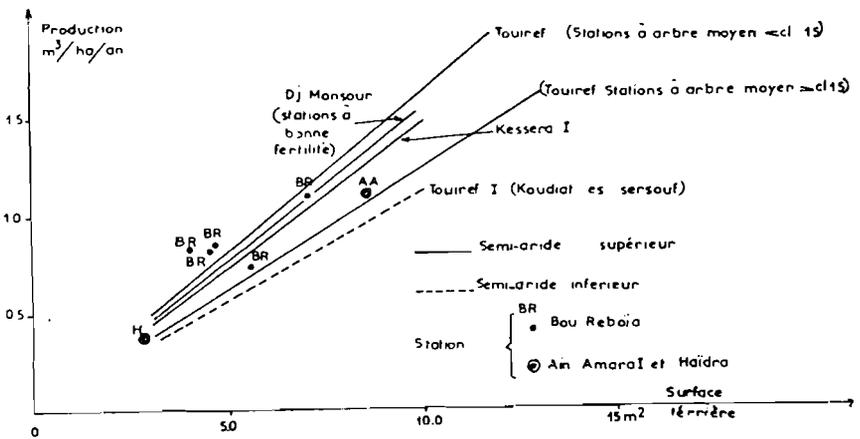
Dj. Bireno, arbre moyen variant de 0,16 à 0,22 m<sup>3</sup>

Dj. Semmama II et III, arbre moyen variant de 0,10 à 0,18 m<sup>3</sup>

Oum-Djeddour II et III, arbre moyen variant de 0,13 à 0,45 m<sup>3</sup>

Sif el Annaba, arbre moyen variant de 0,14 à 0,29 m<sup>3</sup>

Il a été ainsi jugé nécessaire de réunir dans un nouveau graphique, n° 33, les résultats des forêts à hiver tempéré : forêts de la Kessera I, du Djebel Mansour (Stations de fertilité bonne ou moyenne uniquement), et de Touiref, pour les 2 étages semi-aride inférieur et supérieur, en ce qui concerne cette dernière forêt.



Graphique 33 : Forêt de la Kessera I, Djebel Mansour, Touiref, variation de la production avec la surface terrière.

Pour faciliter les comparaisons, on a aussi fait figurer sur ce graphique :

— une droite correspondant aux stations de l'étage semi-aride supérieur de la forêt de Touiref dont l'arbre moyen est supérieur à la classe 15.

— les stations à petit arbre moyen des forêts de Bou Rebaïa, Aïn Amara et Haïdra, situées dans la variante thermique à hiver frais, rappelées ci-dessous :

		Surface terrière	Production
<i>Semi-aride inférieur</i>			
Aïn Amara I	Parcelle 16	2,91 m <sup>2</sup>	0,39 m <sup>3</sup> /ha/an
Haïdra	» 31 Station I	8,49 m <sup>2</sup>	1,215 »
<i>Semi-aride supérieur</i>			
Bou Rebaïa	Parcelle 4	Station 12 5,64 m <sup>2</sup>	0,73 m <sup>3</sup> /ha/an
»	13	» 7 4,48 »	0,81 »
»	25	» 1 6,98 »	1,10 »
»	51	» 3 4,03 »	0,83 »
»	54	» 6 4,61 »	0,83 »

NOTA. — Ces stations correspondent à des peuplements irréguliers et non à des régénérations après incendie.

Les différences constatées quant à la production entre les forêts du même étage bioclimatique situées dans des variantes thermiques



Forêt d'Oum-Djeddour IIème Série. Semi-aride supérieur, peuplement à faible productivité sur marne; arbres courts et de mauvaise forme :  
Romarin, diss, *Erinacea anthyllis*.

différentes, hiver frais ou hiver tempéré, sont bien imputables à l'existence d'arbres moyens très différents.

Si dans les forêts tempérés les accroissements moyens annuels sur le diamètre sont souvent plus importants, surtout pour les jeunes et moyens bois, les tarifs de cubage sont nettement plus faibles.

C'est d'ailleurs ce deuxième facteur qui paraît l'emporter et il semble qu'à surface terrière et arbre moyen égaux, la production soit plus forte dans les forêts à hiver frais : Bou Rebaïa par rapport à la Kessera et au Djebel Mansour pour le semi-aride supérieur, Aïn Amara par rapport à Touiref pour le semi-aride inférieur.

Dans la 1ère série de la forêt de Sakiet-Sidi-Youssef (étage sub-humide à hiver tempéré, voir graphique 29) la production est en moyenne plus faible que dans le sub-humide à hiver frais du Djebel Bireno (trop peu de stations pour qu'une droite ait pu être tracée).

## VI. — *PEUPELEMENTS ARTIFICIELS ET REGENERATIONS APRES INCENDIE*

### a) **Peuplements artificiels**

Bien que cette étude soit consacrée aux peuplements naturels, il semble nécessaire, à la suite en particulier de la médiocrité des productions obtenues, de signaler que les plantations sont caractérisées, dans chaque étage par des productions nettement supérieures.

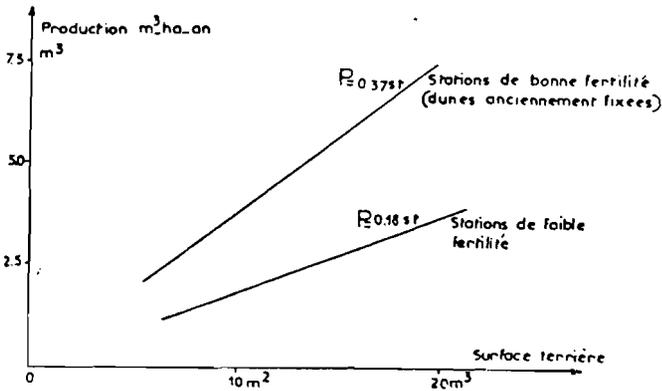
Le graphique n° 34 donne, par exemple, les productions constatées dans les plantations artificielles de la forêt du Rmel, certaines âgées de 60 ans. Cette forêt est située dans le sub-humide côtier (hiver doux) mais les stations de bonne fertilité (dunes anciennement fixées, à sol enrichi en humus et caractérisées par une végétation humicole : lentisque, filaria, oléastre...) s'opposent à des stations de faible fertilité : dunes récemment fixées à sol peu évolué, affleurements marneux, affleurements d'encroûtement calcaire, dépressions humides etc....

### b) **Régénérations après incendie**

La production peut y être très forte.

Les résultats des mesures et calculs effectués sont condensés dans le tableau n° 34.

Ils ne tiennent pas compte de la classe 5.



Graphique 34 : Forêt du Rmel, variation de la production avec la surface terrière.

**Tableau n° 34**

*Production des jeunes régénérations à la suite d'incendie*

Forêt	Parcelle	Date de l'incendie	Surface terrière m <sup>2</sup>	Production m <sup>3</sup> /ha/an
<i>Etage bioclimatique sub-humide</i>				
<u>Bireno</u> .....	21	1927	4,70	1,05
Touiref .....	13	1932	1,35	2,87
<i>Etage bioclimatique semi-aride supérieur</i>				
Bou Kehil .....	sans	?	6,07	1,20
	sans	?	6,85	1,39
<u>Sif el Annaba</u> .....	44	1924	2,05	0,42
Touiref .....	2	1935	1,75	2,47

Les stations soulignées sont dans la variante à hiver frais.

## CONCLUSION

La production croît avec la potentialité de la station fonction elle-même de l'étage bioclimatique et de la fertilité du sol.

Dans les forêts étudiées, pour une surface terrière moyenne de 7 m<sup>2</sup>, elle passe ainsi de 0,67 m<sup>3</sup>/ha/an dans l'étage semi-aride inférieur à 0,78 ou 0,85 m<sup>3</sup> dans l'étage semi-aride supérieur et 0,93 m<sup>3</sup> dans l'étage sub-humide.

La production varie linéairement en fonction de la surface terrière. A partir d'une certaine densité toutefois (10 m<sup>2</sup> pour l'étage semi-aride inférieur, 12 à 15 m<sup>2</sup> l'étage semi-aride supérieur, 15 à 20 m<sup>2</sup> pour l'étage sub-humide), les arbres se gênent, leur accroissement moyen annuel et leur vigueur régressent et la variation de la production peut être schématisée par un deuxième tronçon de droite à pente plus faible.

Dans les stations caractérisées par un gros arbre moyen, la production est plus faible. Pour une surface terrière de 5m<sup>2</sup>, dans l'étage semi-aride inférieur, la production passe ainsi de 0,73 m<sup>3</sup>/ha/an à moins de 0,40 m<sup>3</sup>, quand la surface terrière de l'arbre moyen passe de 0,02 à 0,06 m<sup>2</sup>.

La variante thermique a peu d'importance. Les différences constatées entre forêts à hiver tempéré et forêts à hiver doux s'expliquent surtout par le fait que les arbres moyens sont nettement différents.

La production des peuplements artificiels et des régénérations après incendie est beaucoup plus forte que dans les forêts naturelles.

## RESUME

En Tunisie, les caractéristiques du pin d'Alep et de ses peuplements sont en étroite corrélation, non seulement avec les bioclimats, mais aussi avec leurs variantes thermiques et avec les sols.

Bioclimats : D'une manière générale, la hauteur des arbres, leur croissance en hauteur comme en diamètre, la production des peuplements, sont plus fortes dans l'étage sub-humide que dans l'étage semi-aride supérieur et dans ce dernier que dans l'étage semi-aride inférieur.

*L'amplitude de variation est importante :*

— de 5,3 à 7,5 m de hauteur totale, par exemple, pour les arbres de classe 15.

— le diamètre (25 cm à 1,30 m) est atteint à 80, 70 ou 60 ans, selon que l'on est dans l'étage semi-aride inférieur, semi-aride supérieur ou sub-humide.

Variante thermique : L'existence d'un hiver frais ou d'un hiver doux a aussi une grande influence.

*Dans les forêts à hiver tempéré :*

— l'augmentation de la hauteur en fonction du diamètre est plus lente. Alors que les jeunes arbres ont une hauteur comparable, quelle que soit la variante, on observe une différence sensible à partir de la classe 20 ou 25. Cette différence est à rattacher à la croissance en hauteur. Elle se ralentit beaucoup plus tôt dans les forêts à hiver tempéré (50 ans au lieu de 70).

— la variation de l'empattement (diamètre au sol-diamètre à 1,30 m) en fonction du diamètre, est aussi plus lente. Les droites caractéristiques des forêts à hiver tempéré d'une part, des forêts à hiver frais d'autre part, se groupent en 2 familles bien distinctes.

— l'écorce est moins épaisse.

— la croissance en diamètre est plus rapide chez les jeunes arbres, mais se ralentit plus tôt, comme la croissance en hauteur, pour donner finalement à âge égal, un diamètre nettement plus faible. L'accroissement annuel moyen sur le diamètre dans les forêts d'Oum-Djeddour, IIème série (hiver frais), et du Bou Kornine (hiver doux) est le même pour les arbres de 30 ans : 2,25 mm. A 75 ans, la largeur du cerne est de 2,05 mm à Oum-Djeddour, de 1,75 mm seulement au Bou Kornine.

Sols : Les colluvions ont donné les sols présentant la potentialité la plus forte, surtout quand elles sont légères. C'est sur elles que les arbres sont les plus hauts et croissent le plus vite, en hauteur et en diamètre

Sur sol brut d'érosion sur marne, la perte de hauteur peut atteindre 20 %, la largeur des cernes annuels est bien réduite : 1,85 mm au lieu de 2,27 mm en moyenne pour un arbre de 25 cm de diamètre à Oum-Djeddour II. Il en est de même pour les sols superficiels sur dalle de calcaire dur.

Sur rendzine sur calcaire dur fissuré, les arbres démarrent plus lentement, mais leur croissance en hauteur est ensuite plus rapide et les pins rattrapent et même dépassent ceux croissant sur marne ou même sur colluvions lourdes.

L'étude des peuplements, IIème partie, met aussi en évidence des différences importantes en fonction de l'étage bioclimatique et de la variante :

— les peuplements sont en général plus denses dans les étages les plus favorisés.

— dans les variantes à hiver tempéré, ils sont plus clairs et surtout caractérisés par un arbre moyen plus petit.

— dans l'étage sub-humide et une partie de l'étage semi-aride supérieur, les peuplements ont fréquemment une structure jardinée. La régénération est un phénomène continu.

— dans l'étage semi-aride inférieur et une partie de l'étage semi-aride supérieur, les peuplements tendent à se régulariser par vieillissement, le principal obstacle à cette régularisation étant le *Trametes pini* qui provoque des trouées.

Dans un premier stade, l'homme favorise la régularisation par le surpâturage et les délits. Les exploitations au contraire contribuent à l'irrégularisation des peuplements.

En lère partie, l'auteur a donné une famille de tarifs pour le cubage des peuplements tunisiens de pin d'Alep. Le choix du tarif pour une forêt peut être fait à partir des hauteurs totales moyennes des arbres des différentes classes de la forêt.

La 2ème partie se termine par le chapitre consacré à la production. La production croît avec la potentialité de la station, fonction elle-même de l'étage bioclimatique et de la fertilité du sol. Pour les forêts étudiées et une surface terrière de 7 m<sup>2</sup>, moyenne pour les forêts aménagées, on passe ainsi de 0,67 m<sup>3</sup>/ha/an dans l'étage semi-aride inférieur à 0,78 ou 0,85 m<sup>3</sup> dans l'étage semi-aride supérieur et 0,93 m<sup>3</sup> dans l'étage sub-humide.

La variation de la production en fonction de la surface terrière peut être schématisée par plusieurs tronçons de droite. En effet, à partir d'une certaine densité (10 m<sup>2</sup> de surface terrière pour l'étage semi-aride inférieur, 12 à 15 pour l'étage semi-aride supérieur, 15 à 20 pour l'étage sub-humide) les arbres se gênent, leur accroissement

annuel et leur vigueur regressent et l'augmentation de la production devient plus lente.

La production est plus faible dans les vieux peuplements.

La variante thermique a peu d'importance. Les différences constatées entre les forêts à hiver tempéré et celles à hiver frais proviennent surtout du fait qu'elles sont caractérisées par des arbres moyens très différents.

Dans les peuplements artificiels et les régénérations après incendies, la production est beaucoup plus forte que dans les forêts naturelles.

## SUMMARY

In Tunisia, the characteristics of *Pinus halepensis* and its stands are closely connected, not only with the bioclimates, but also with their thermic variations and with soils.

**Bioclimates :** On a whole, the height of trees, their growth in height as in diameter, the production of stands, are higher in sub-humid area than in semi-arid area, and higher in the one than in semi-arid inferior area.

*The variation amplitude is important :*

— from 5,3 to 7,5 meters total height, for instance for trees of class 15.

— Diameter of 25 cm (at a height of 1,30 m) is reached when the tree is 80, 70 or 60 years old, according they are in semi-arid inferior area, semi-arid superior or sub-humid.

Diameter of 25 cm (at a height of 1,30 m) is reached when 80 years old in semi-arid inferior, when 70 years in semi-arid superior, and when 60 years in sub-humid area.

**Thermic variations :** Growth is also influenced by the variations of température (cool or mild) in winter time.

In forests of temperate winter (in comparison with cool winter) :

— Increase of height, in relation to the diameter, is slower. While young trees have a comparable height, whatever the thermic variation is, an evident difference is to be noticed on trees of class 20 or 25 and more. This difference is to be seen in connection with the growth in height. It decreases much earlier in forests of temperate winter (at 50 years instead of 70).

— The buttressed root variation (diameter on soil - diameter at 1,30 m) in relation with the diameter, is also slower. The characteristic straight lines of forests of temperate winter on the hand, and of cool winter on the other hand, divide forests in 2 well distinct families.

— The bark is thinner

— The diameter growth fo young trees is faster, but decreases sooner, just as the height growth, and finally gives at equal age, a much lower diameter. The mean annual increment of the diameter in the forests of Oum Djeddour (IIè série) (cool winter) and of Bou Kornine (mild winter) is the same for trees of 30 years old : 2,25 mm. When 75 years old, the annual ring is 2,05 mm wide at Oum Djeddour, and 1,75 mm only at Bou Kornine.

Soils : The « colluvions » have given soils with the best growth conditions, specially if they are light. Trees growing there are the highest and growth the most quickly in height and diameter.

On rough soils of erosion on marl, height may be lower up to 20 %, and the wide of annual ring is quite reduced : 1,85 mm instead of 2,27 mm on average for a tree of 25 cm of diameter at Oum Djeddour (IIè série). The same thing is to be noticed for superficial soils on hard calcareous rocks.

On rendzina on hard split calcareous rocks, trees start slower, but their growth in height is then quicker and pines reach or even exceed those which grow on marl or heavy colluvions soils.

The study of stands in the second part shows the big differences depending on the climatic variant :

— stands are generally thicker in the most favoured areas.

— In variants of temperate winter, stands are sparser and above all characterized by an average tree which is smaller.

— In the sub-humid area and a part of the area semi-arid superior, stands have frequently a planterwood structure. The regeneration takes place continuously.

— In the area semi-arid inferior and a part of the semi-arid superior, stands tend to an even aged forest when growing old, the main obstacle to this regularisation being *trametes pini* which causes clearances.

During a first period, man promotes regularisation by an over grazing and forest offences. On the contrary, exploitations conduce to an irregular stand.

In the first part, the author presents a scale of yield table of Tunisian *Pinus halepensis* stands. The choice of the table for a forest can be made by the total height average of trees of various classes in this forest.

The second part is ended by the chapter on production. Production increases with the productiveness of the station, depending itself on the bioclimatic area and the fertility of soil. For studied forests and basal area of 7 m<sup>2</sup> (average for studied forests) production varies between 0,67 m<sup>3</sup>/ha p.a. in the area semi-arid inferior, and 0,78 or 0,85 m<sup>3</sup> in the semi-arid superior, and 0,93 m<sup>3</sup> in the sub-humid area.

Variation of production depending on the basal area can be represented by several sections of straight lines. As a matter of fact, trees are hindering each other when reaching a certain density (10 m<sup>2</sup> of basal area for the semi-arid inferior area, 12 to 15 for the semi-arid superior, 15 for the sub-humid), their annual growth and robustness decrease whereas the increase of production slows down.

Production is slower in old stands.

The thermic variation is not very important. Differences seen between forests with temperate winter and thoses with cool winter almost come from the fact that they are characterized by average trees quite differents.

In artificial stands and regenerations after forest-fire, production is much higher than in natural forests.

## B I B L I O G R A P H I E

- ALBERT E. (1964). — Tarif de cubage bois fort au diamètre valable pour la forêt de pin d'Alep d'Oum-Djeddour — Tunis, I.R.F. n° 32.
- BALDY Ch. (1965). — Rapport de climatologie et bio-climatologie du projet de planification intégrée de la Tunisie Centrale. F.A.O.
- BOUDY P. (1950). — Economie forestière Nord-Africaine — Paris, Larose.
- GAUSSEN H. and VERNET A. — Carte des précipitations en Tunisie 1/500.000e.
- NAHAL I (1962). — Le pin d'Alep, étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole — Annales de l'École Nationale des Eaux et Forêts, Nancy, 1962, t. 19 n° 4.
- SCHOENENBERGER A. (1961). — Cours de phytosociologie. Tunis, S.R.F. n° 13.
- SCHOENENBERGER A. (1961). — Principales plantes caractéristiques des forêts de chêne zeen, chêne liège et pin d'Alep. Tunis, S.R.F. n° 5.

NOTE : La bibliographie, fort complète, figurant à la fin de l'étude de Monsieur Ibrahim NAHAL, donne la quasi-totalité des études publiées sur le pin d'Alep.