No 12 513

CONTRIBUTION
A LA CONNAISSANCE DE L'ECOLOGIE DE *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* DANS LES SOLS SABLEUX DE LA FORET DE MAMORA

PAR

R. ARTIGUES

Chef de district principal des Eaux et Forêts

ET

B. LEPOUTRE

Docteur-Ingénieur

Directeur de recherches de pédologie O.R.S.T.O.M.

O.R.S.T.O.M.
Fonds
No

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
No : 4831
Cote : B

SOMMAIRE

I. **Généralités** 301

II. **Méthodes de travail** 302

III. **Localisation géographique des recherches** 303

IV. **Hypothèses de travail** 303

V. **Etude des différents milieux écologiques** 304

1. Comportement d'*E. camaldulensis* sur sables rouges 304
2. Etude du comportement d'*E. camaldulensis* sur sols sableux à engorgement temporaire 306
3. Etude du comportement d'*E. camaldulensis* sur sables profonds 310
4. L'*Eucalyptus camaldulensis* dans les autres milieux 311

VI. **Récapitulation générale concernant la futaie** 318

VII. **Quelques observations sur le comportement du taillis** 322

Conclusions 325

Bibliographie 327

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DE L'ECOLOGIE DE *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* DANS LES SOLS SABLEUX DE LA FORET DE MAMORA

par R. ARTIGUES et B. LEPOUTRE

I. GÉNÉRALITÉS

Dans le cadre de la programmation de production de cellulose au Maroc, et en vue d'assurer l'approvisionnement de l'usine de cellulose établie à Sidi Yahia du Rharb, l'administration forestière du Maroc s'est engagée à développer les reboisements d'*E. camaldulensis* de telle sorte que les besoins de l'usine soient satisfaits.

Dans cette optique, il fallait donc tabler pour l'avenir sur des rendements moyens dans les divers milieux, dont la Mamora en particulier ; or, de récents travaux effectués à la S.R.F. de Rabat ont conduit à détecter dans cette forêt une baisse de rendement (DESTREMAU 1968) à la suite des premières exploitations. Cet aspect nouveau devait donc attirer l'attention des reboiseurs et des économistes sur l'inexactitude probable des évaluations de production à longue échéance.

Il convient donc de remédier à cet état de fait en cherchant à compenser ces baisses de rendement éventuelles par des méthodes de reboisement plus efficaces.

Ayant encore peu de matériel d'étude susceptible de nous orienter sur les causes probables de cette diminution de rendement, nous avons pensé qu'il serait possible de trouver la compensation recherchée en définissant les milieux plus adaptés à la meilleure croissance de cette essence.

Les travaux de recherches se sont donc orientés tout naturellement vers la détermination des domaines écologiques pouvant influencer la croissance d'*E. camaldulensis.*

Le choix de ces domaines écologiques n'est pas arbitraire et repose sur la connaissance préalable des milieux édaphiques de la forêt de la Mamora et celle de l'écologie de diverses essences forestières déjà étudiées (cf. Equilibre climacique du chêne-liège en forêt de la Mamora. B. LEPOUTRE 1965, et Recherches sur l'écologie comparée de quelques résineux du genre *Pinus* en forêt de la Mamora. LEPOUTRE-ARTIGUES 1967).

D'après ces études, on a pu en effet relever l'importance prédominante des pentes et des épaisseurs de sable dans le régime d'alimentation en eau du sol. Toutes les essences réagissant nettement à ce régime, il était normal de choisir comme hypothèse de travail une réaction analogue d'*E. camaldulensis.*

II. MÉTHODES DE TRAVAIL

Elle s'inspire de celle déjà élaborée lors de nos précédentes études dans la même forêt. Cette méthode consiste à mesurer les facteurs de drainage du sol, c'est-à-dire la profondeur à laquelle se trouve le plancher imperméable qui peut retenir l'eau, la rétention des sables, et la pente du terrain.

En regard de ces mesures, on fait le choix d'un critère de fertilité ; en l'occurrence nous avons choisi la hauteur totale des arbres, mesurée au dendromètre, ainsi que leur circonférence mesurée à 1,30 m au-dessus du niveau du sol.

Ces mesures sont effectuées sur des placeaux carrés comprenant neuf emplacements de plantation à 3,5m × 3,5 m soit une surface de : 110,25 m². A l'intérieur de chacun de ces placeaux, tous les arbres (9 au maximum) sont mesurés, tandis qu'un sondage effectué à la tarière de pédologue permet de chiffrer l'épaisseur des sables, d'apprécier leur nature et de définir les conditions éventuelles de stagnation de l'eau. Enfin, la pente est déterminée à l'aide du clisimètre, et la position du placeau est définie dans le cadre du relief local, dunes, croupes, bas-fonds, versants etc.

Le choix de l'emplacement des stations d'inventaire est fait sur la couverture photographique aérienne au 1/25 000e ou 1/20 000e approximatifs. L'utilisation de cette couverture photographique permet en effet de

détecter en première approximation les zones de réussites variables des reboisements. Celles-ci apparaissent de façons différentes en grisé continu pour les zones où les plants n'ont rencontré aucune difficulté d'installation, ou de couleur blanchâtre piquetée de gris pour les zones de faible réussite. Les échecs sont nettement délimités par une absence de couvert.

Les documents photographiques étant établis en 1962 d'une part, et le choix de l'âge des arbres mesurés étant de 10 ans (afin de se rapprocher de l'âge d'exploitation), on a pu constater après 10 ans de plantation, que les différences mentionnées ci-dessus sont moins nettes du fait que les regarnis effectués ont légèrement modifié le couvert ; *il est cependant remarquable de retrouver la correspondance exacte des zones de réussite ou d'échecs qui s'étaient donc inscrites sur le terrain dès les deux premières années de plantations.*

Finalement, il faut souligner l'importance du moyen de prospection que procure la photographie aérienne, permettant sans difficulté, non seulement de localiser avec précision les stations d'inventaire, mais aussi de couvrir toute la gamme des différents milieux écologiques.

III. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DES RECHERCHES

Les mesures ont été faites dans tous les cantons de la Mamora, dans les parcelles suivantes, essentiellement sur des peuplements de futaie : A.IV. 1 et 2 d ; B.V. 7 et 8 ; C.III. 3 ; B.IV. 2 et 5 ; B.V. 10 ; D.V. 14 ; D.VII. 14 ; E.V. 3 ; E.V. 8.

Sur le plan pédologique et climatique, on se référera aux travaux antérieurs effectués dans la Mamora (LEPOUTRE 1966, ARTIGUES-LEPOUTRE 1967).

IV. HYPOTHÈSES DE TRAVAIL

Les premières investigations ont permis de déterminer rapidement des zones de peuplements hétérogènes sur :

1° des sables épais ;

2° des zones de stagnation d'une nappe phréatique temporaire hivernale et parfois printanière.

Dans ces conditions, il était une fois de plus logique de fonder les hypothèses de travail sur la recherche des variations des facteurs pouvant influencer le régime hydrique des sols. On pouvait donc, en plus de ces deux milieux, envisager d'étudier, aussi, l'influence des sables rouges dont la rétention par l'eau est meilleure, et qui s'étaient déjà révélés nettement favorables pour d'autres essences telles que le pin maritime et le chêne-liège.

La prospection s'est donc orientée vers l'étude de ces trois milieux, nous réservant la possibilité d'en définir d'autres au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Nous aborderons donc maintenant l'étude successive de ces trois milieux.

V. ÉTUDE DES DIFFÉRENTS MILIEUX ÉCOLOGIQUES

1. Comportement d'*E. camaldulensis* sur sables rouges (31 stations)

a) *Le sol* : L'épaisseur de ces sables est très variable (de 0,40 m et supérieur à 4,20 m. Cet horizon sableux rouge plus ou moins argileux (5 à 10 %) est observé dès la surface du sol, et sur toute la profondeur du profil, ou en intercalation avec des horizons de natures différentes, sables beiges, ocres etc., la plupart du temps dépourvus d'argile. Leur particularité réside dans l'absence d'une nappe phréatique hivernale, ou de tout engorgement.

b) *Le relief* : Il correspond généralement à de longs versants dunaires de pente régulière.

c) *Le peuplement* : Sur de tels sols, il apparaît que le relief, et en particulier la pente, n'influence pas visiblement l'installation et la croissance des arbres comme le montre le graphique n° 1.

Les peuplements sont aussi bienvenants sur des versants de pente faible (± 1 % à 2 %), que sur des versants à pente forte, ou très forte (7 à 19 %). Toutefois, sur le terrain, on constate généralement un développement un peu meilleur en fin de versant qu'en début ; cette légère différence pouvant être attribuée, sans doute, à une meilleure alimentation en eau.

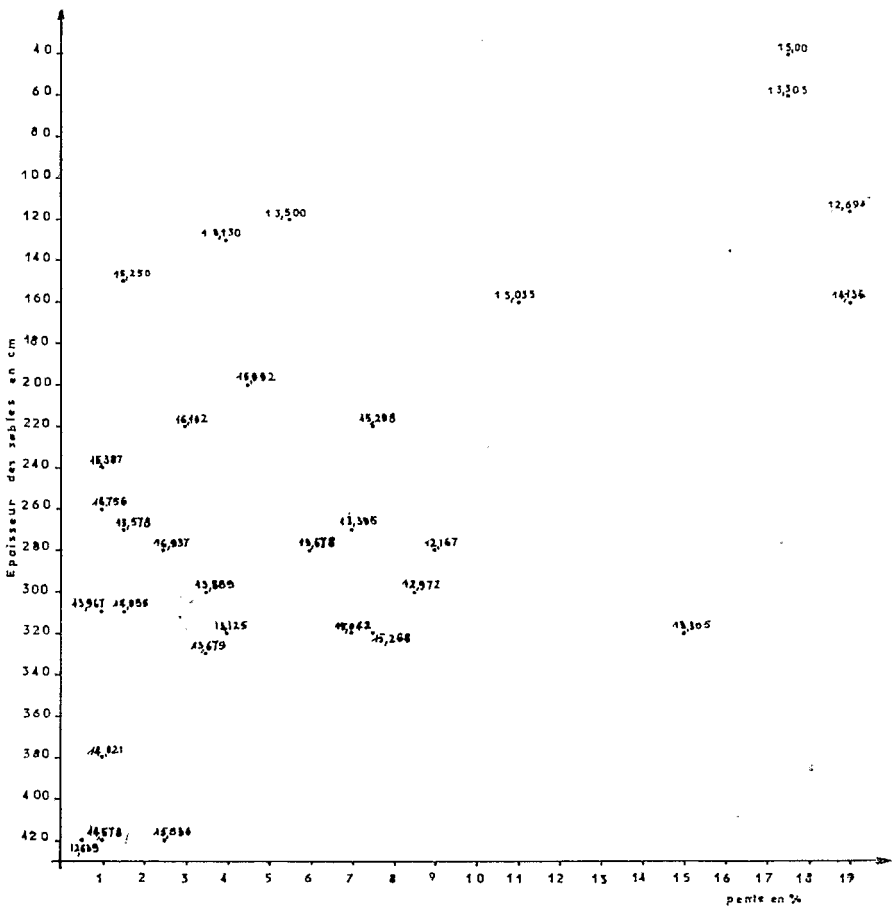
d) *Conclusions* : Aucun problème d'installation ou de croissance ne semble donc intervenir dans ces milieux où les hauteurs d'arbres mesurées paraissent très satisfaisantes. On peut également attirer l'attention sur la réussite apparemment aussi bonne sur les quelques stations de sable très épais (3,80 à 4,80 m).

FORET DE MAMORA
Ecologie des euc. Camaldulensis

Parcelles: *A·IV·2a & 1a; B·IV·2 & 5; D·V·14*
plantation de 1959 · 1960

HAUTEURS MOYENNES D'EUC. CAMALDULENSIS DANS LES SABLES ROUGES EN FONCTION DE L'EPAISSEUR DES SABLES, ET DE LA PENTE

Graphique n° 1



2. Etude du comportement d'*E. camaldulensis* sur sols sableux à engorgement temporaire (72 stations)

a) *Le sol* :

Il s'agit de sols sableux lessivés, de profondeur variable, pouvant atteindre ou dépasser 4,20 m, mais toujours situés sur des versants à pentes très faibles ± 1 % ou dans des zones basses légèrement dépressionnaires. Dans ces sols, on constate en hiver et parfois très tardivement jusqu'au printemps, la présence d'une nappe phréatique perchée sur le plancher argileux imperméable que constituent les argiles rouges de Mamora. L'épaisseur de cette nappe est variable, et n'a pas pu toujours être mesurée. Elle peut laisser des traces d'hydromorphie telles que des concrétionnements ferrugineux disposés horizontalement dans les sables, ou telles que des horizons sableux profonds blanchis à la suite de l'évacuation du fer ferreux. Nous n'avons pas de données précises sur la durée de présence de cette nappe ; mais on notera tout de suite qu'elle peut se situer parfois très profondément dans les sables ou, au contraire, engorger des sols de 0,40 à 0,60 m d'épaisseur (voir graphique n° 2). Sur le même graphique on constatera d'ailleurs que cette nappe est située d'autant plus profondément que le plancher argileux est lui-même loin de la surface du sol.

b) *Le relief* :

Compte tenu des pentes très faibles, ces milieux se répartissent sur des surfaces toujours réduites sans qu'il soit possible de localiser des grandes unités hydromorphes, du moins dans les zones géographiques où nous avons travaillé. Il n'est pas impossible cependant que de telles unités puissent être trouvées dans les vastes zones tabulaires des cantons D. et B. De façon générale, il s'agit le plus souvent de longues coulées qui cheminent dans les zones dépressionnaires inter-rides du système dunaire.

c) *Le peuplement* :

Le graphique n° 3 montre une certaine correspondance entre la croissance des arbres, et l'épaisseur de la nappe phréatique. Bien que la corrélation soit lâche ; on pourra tout de même grossièrement distinguer deux subdivisions écologiques :

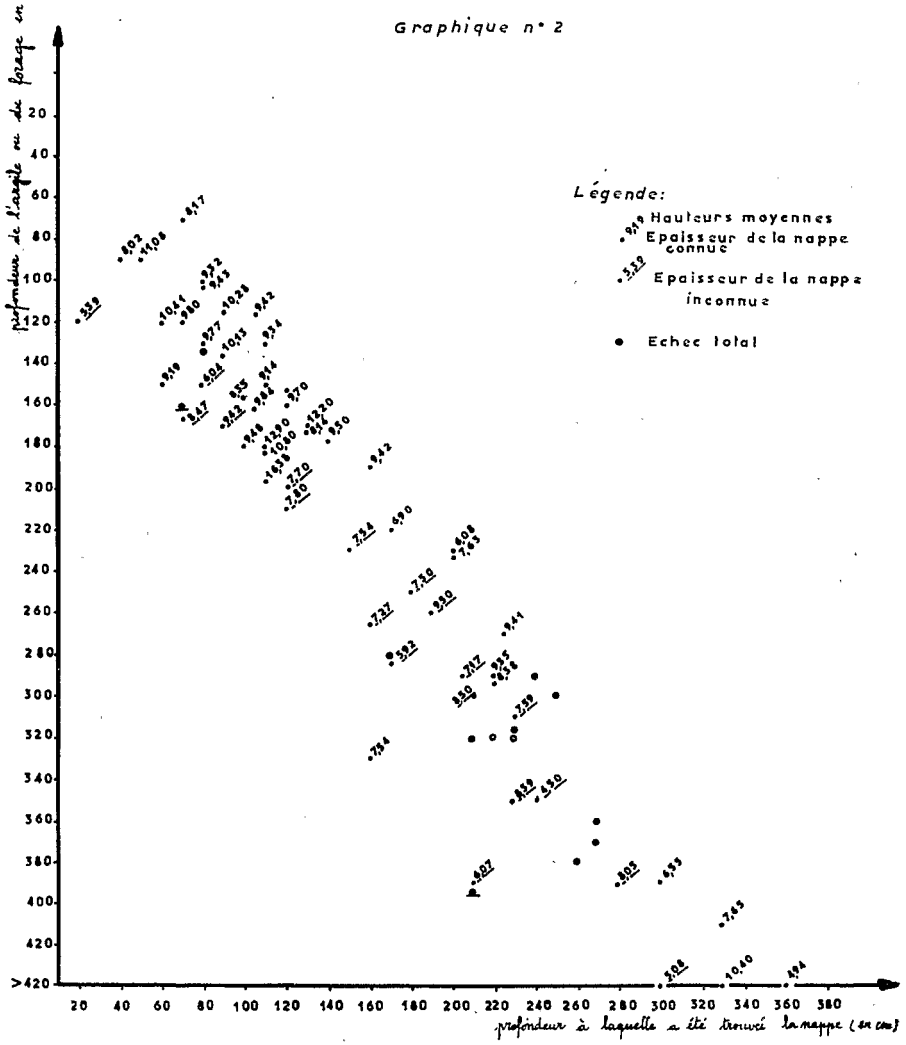
1°) Une zone où l'épaisseur de la nappe est inférieure à 0,10 m, et où le peuplement se présente comme étant hétérogène. Cette hétérogénéité est de toute façon en liaison avec la nappe phréatique temporaire puisqu'elle

FORET DE MAMORA
Ecologie des euc. Camaldulensis

Parcelles: *A.IV.1a&2a; B.V. 6&7; B.IV. 2&5; B.IV.10; D.V.14; D.VII.14*
plantation de 1959 - 1969

INFLUENCE A LA NAPPE PHREATIQUE TEMPORAIRE AU 31.3.1969 SUR LA HAUTEUR MOYENNE D'EUC. CAMALDULENSIS A L'AGE DE 10 ANS

Graphique n° 2



n'existe pas au-delà, lorsque cette dernière disparaît. Vient s'ajouter un deuxième facteur d'hétérogénéité constitué par la présence de regarnis présumés qui n'ont pu se développer soit en raison d'hydromorphie, soit en raison de la concurrence exercée par les arbres voisins en été. Cette concurrence pouvant d'ailleurs s'accentuer vraisemblablement à l'égard d'arbres mal enracinés. On constatera sur le graphique n° 3 des hauteurs d'arbres comprises entre 7,00 m et 12,00 m ce qui constitue déjà une diminution considérable des croissances si on les compare à celles déjà citées sur sable rouge où les arbres, rappelons-le, faisaient 14,56 m de hauteur moyenne.

2° *Une zone où l'épaisseur de la nappe est supérieure à* 0,70 *m.* Dans ce cas, on constate sur le même graphique que les hauteurs des arbres chutent encore, tandis qu'apparaissent la majorité des stations où l'échec de la plantation a été total ; il est d'ailleurs curieux de remarquer sur le graphique n° 2 la localisation presque exclusive de ces stations là où la nappe apparaît profondément. Ceci peut faire penser à une action plus nocive de la nappe lorsque celle-ci se situe en profondeur et cette constatation peut encore s'étendre à l'ensemble de nos mesures puisque les arbres ont des hauteurs moyennes de 7,50 m lorsque la nappe apparaît à plus de 1,50 m de la surface du sol, tandis qu'ils ont une hauteur moyenne de 9,15 m, là où la nappe est à moins de 1,40 m de profondeur.

On peut remarquer, en passant, qu'en conséquence de l'influence de la position de la nappe phréatique à plus ou moins grande profondeur, la tranche de sol drainée au-dessus de la frange capillaire n'a pas d'influence visible sur l'installation ou la croissance de l'arbre.

L'interprétation des faits que nous proposons invoque la persistance de la nappe phréatique temporaire pendant une durée plus longue ; soit que l'épaisseur de la nappe plus importante traduise cette durée soit que la grande épaisseur de sable réduise l'évaporation et provoque ainsi indirectement une permanence plus longue de la stagnation.

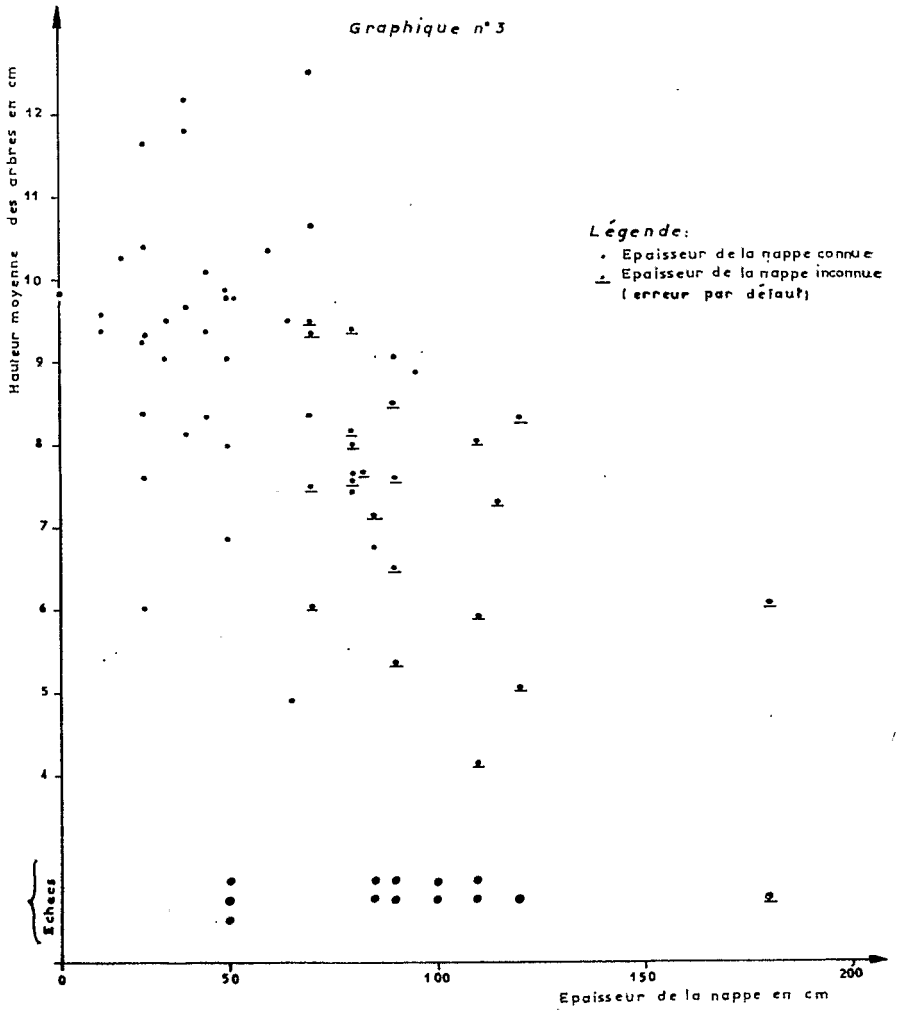
Sur le plan plus particulier de l'influence de l'excès d'eau sur le comportement de l'arbre, on est en droit de supposer que l'enracinement de l'eucalyptus peut devenir exclusivement superficiel au vu de quelques arbres déracinés naturellement sous l'action du vent. Néanmoins, on doit attirer l'attention sur le fait que cette influence peut être sans doute variable en intensité puisqu'il existe des eucalyptus sur sols hydromorphes. Cette variation n'est malheureusement pas accessible dans l'état actuel de nos recherches.

FORET DE LA MAMORA
Ecologie des euc. Camaldulensis

Parcelles: A·IV·1a & 2a ; B·V 8 & 7 ; B·IV·2,5 & 10 ; D·V· 14 ; D·VII 14.

INFLUENCE DE L'EPAISSEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE TEMPORAIRE AU 31.3.1969 SUR LA HAUTEUR MOYENNE D'EUC. CAMALDULENSIS A L'AGE DE 10 ANS

Graphique n° 3



En tous cas, on peut noter que l'*E. camaldulensis,* à l'inverse du chêne-liège ou du pin maritime, ne forme pas de vides importants, mais de petites « trouées » allant de quelques mètres carrés à une dizaine d'ares dans les cas les plus défavorables. D'ailleurs, les boisements étudiés ont été mis en place sur des sols, où, initialement, et précisément, le peuplement naturel de chêne-liège était très clair ou dépérissant. L'*E. camaldulensis* peut être considéré dans ce cas comme une essence complémentaire, bien qu'il faille alors accepter une réussite médiocre et des rendements plus faibles. Il permettra d'obtenir sur des surfaces plus larges à tendance hydromorphe des résultats en moyenne satisfaisants du fait de sa plus grande plasticité à l'égard des sols mouilleux.

3. **Etude du comportement d'*E. camaldulensis* sur sables profonds** (29 forages)

a) *Le sol* :

Précisons bien au départ qu'il s'agit de sables siliceux dépourvus d'argile, de couleur beige et d'épaisseurs supérieures à 3,00 m, qui reposent en profondeur sur la formation argileuse rouge villafranchienne de Mamora. La rétention de ces sables est extrêmement faible (quelques %), et bien entendu ils sont chimiquement très pauvres (LEPOUTRE 1965).

b) *Le relief* :

Ces masses de sable correspondent à deux positions géomorphologiques : soit des croupes dunaires, soit des zones de comblement. Dans les deux cas, il s'agit sans doute de sables transportés localement, soit très anciennement par le vent, soit par ruissellement et épandage en bas des versants. Précisons tout de même que ces versants ne sont jamais très accentués mais correspondent aux flancs allongés du substratum dunaire qui constitue les massifs forestiers de la Mamora.

c) *Le peuplement* :

Aux abords de ces masses sableuses, les boisements d'*E. camaldulensis* manifestent assez brutalement un échec total. La limite de réussite suit des contours très capricieux suivant la position topographique, mais il est remarquable de constater, le plus souvent, que l'échec correspond à la non installation des arbres à la plantation. Néanmoins, on pourra trouver des îlots de trois à quatre arbres isolés au milieu des larges clairières et, en

bordure de certains peuplements bienvenants, des lisières réduites d'arbres à croissance très faible qui accusent alors un gradiant de fertilité. Cet aspect général échappe le plus souvent à nos moyens d'investigations édaphiques car, il n'est plus possible dans tous les cas de se faire une idée précise de la topographie souterraine de la surface du plancher argileux profond. Nous ignorons en conséquence les variations faibles du régime hydrique à ce niveau.

Il ressort, en tous cas, de nos inventaires que pour les épaisseurs de sable considérées les hauteurs des eucalyptus dépassent rarement 9,00 m, la moyenne s'établissant à 7,46 m.

A la limite des peuplements bienvenants, on retrouve donc des croissances très faibles qui s'apparentent à celles observées sur sol hydromorphe et qui sont sensiblement la moitié de celles obtenues sur sables rouges. On peut donc dire que l'*E. camaldulensis* trouve sans doute son optimum de croissance dans les conditions de milieu qui se situent entre des excès d'alimentation en eau et à l'opposé des conditions de drainage excessif.

Enfin, il faut attirer l'attention sur la possibilité de trouver sur le terrain les deux facteurs cités, c'est-à-dire l'existence d'une nappe, d'une part, et celle de sables très épais, d'autre part. Les deux facteurs jouent alors ensemble pour provoquer l'échec, ou isolément, la nappe faisant disparaître les eucalyptus à la limite d'épaisseur des sables encore compatible avec la venue normale des arbres.

4. L'*Eucalptus camaldulensis* dans les autres milieux

Connaissant maintenant l'influence néfaste de l'excès d'eau ou, au contraire, du drainage excessif, il devient normal d'essayer de détecter ailleurs le comportement de l'*E. camaldulensis* en fonction de ces deux facteurs.

Nous avons donc regroupé cette fois-ci tous les inventaires en fonction de l'épaisseur des sables et de la présence de la nappe phréatique.

L'abaque n° 4 figure les hauteurs des arbres en fonction de ces facteurs, on peut y distinguer un certain nombre de comportements types.

1. Les sables rouges, que nous avons étudiés, sur lesquels les hauteurs d'arbres apparaissent assez souvent les meilleures, en particulier lorsque les sables ont plus de 2,00 m d'épaisseur.

2. Les sables beiges très profonds (épaisseur supérieure 3,80 m) sans nappe, sur lesquels on relève beaucoup d'échecs, et des hauteurs d'arbres toujours faibles en tous cas:

3. Les sables engorgés par une nappe phréatique sur lesquels l'*E. camaldulensis* accuse une baisse de croissance très nette (hauteurs inférieures à 10,00 m).

4. Les autres milieux :

Dans les autres milieux, on peut visiblement distinguer deux groupements de points figuratifs. Il est apparu à l'étude de ces stations qu'ils correspondaient à deux milieux distincts :

a) Sols peu épais en position fortement drainé. Il s'agit de sols généralement peu épais (épaisseurs des sables inférieures à 1,00 m) sur une argile de Mamora nettement rouge ; cette couleur traduisant des conditions de drainage ou d'oxydation correspondante du fer. Ces sols sont situés en effet sur des croupes, des sommets de versants à pente forte, ou des ruptures de pente accusées.

On peut constater sur l'abaque n° 4 que la hauteur des arbres situés sur ces stations est nettement faible, comprise le plus souvent entre 7,00 et 10,00 m avec une valeur moyenne de 9,26 m pour 26 stations.

Le peuplement se présente toujours comme faible et hétérogène, mais bienvenant malgré tout dans sa médiocrité en ce sens qu'on ne rencontre pas d'arbres dépérissants.

L'accroissement est lent en raison à la fois de la faible épaisseur des sables qui favorise une évaporation intense, mais aussi en raison de la position topographique qui ne permet pas une alimentation en eau suplémentaire par apport latéral, la pente ne faisant qu'accroître le déficit hydrique.

Sur le terrain, il faut également ajouter la présence de touffes de doum plus ou moins nombreuses qui traduisent la faible épaisseur du sol et qui contribuent certainement à concurrencer les arbres.

Parfois, on remarque la présence de quelques chênes-lièges rabougris, persistant encore malgré le couvert des eucalyptus.

b) Les sols sur sable beige, ou ocre sans nappe, ou avec présence d'une frange capillaire insignifiante (118 stations).

ECOLOGIE D'EUC. CAMALDULENSIS DE LA MAMORA

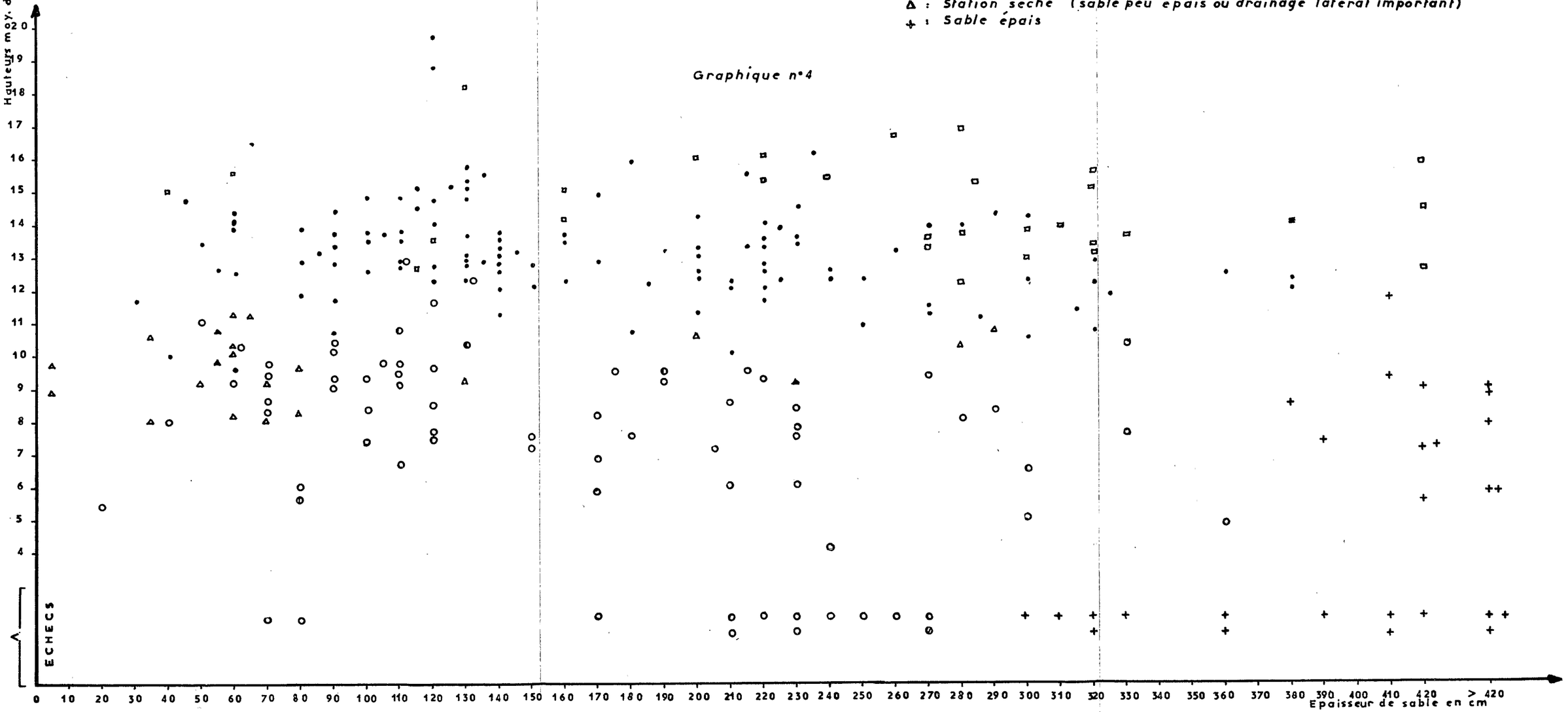
PARCELLES; A·IV·1a &2a; B·V·8&7; C·III·3; B·IV·2·5 & 10; D·V·14; D·VII·14; E·V·8

HAUTEURS MOYENNES DES ARBRES DANS LES DIFFERENTS MILIEUX EDAPHIQUES

LEGENDE

- □ : Sable rouge
- ● : Sable biege ou ocre sans nappe
- ○ : Nappe phréatique temporaire
- △ : Station sèche (sable peu épais ou drainage latéral important)
- \+ : Sable épais

Graphique n°4



On notera sur l'abaque n° 4 que ce type de milieu est représenté par le plus grand nombre de stations. Bien que l'échantillonnage n'ait pas été fait au hasard, on peut avancer que ce milieu est effectivement le plus courant en Mamora, dans les cantons A. et surtout B. (92 stations).

Par ailleurs, il est remarquable de constater, pour ces milieux, une répartition des hauteurs moyennes des arbres très régulière, distincte de celle de tous les autres milieux, et pratiquement indépendante de l'épaisseur des sables. Malgré cette première homogénéité, nous avons cru bon de vérifier qu'il n'existe pas d'autres influences qui permettraient de distinguer les stations les moins bonnes.

Les sols

L'épaisseur de ces sols est très variable (de 0,40 à 3,40 m de profondeur) pour atteindre très rarement 3,80 m (2 stations).

On peut les classer en deux groupes :

a) Les sols à formations sableuses ocres dont le plancher argileux est composé d'argile ocre à rouge peu humide, et parfois même très sèche.

b) Les sols formés sur les mêmes sables mais avec, en profondeur, un horizon argileux de couleur rouille où mastic reposant sur une formation gleyeuse bleuâtre ou blanchâtre nettement plus humide, et qui peut laisser supposer la présence d'une nappe aujourd'hui disparue.

Les premiers sont en général mieux drainés, tandis que les seconds présentent parfois une frange capillaire au niveau du sable argileux.

En raison de la localisation de la deuxième catégorie de sols sur des pentes très faibles, nous avons tenté de distinguer des types de milieux définis par les pentes et les épaisseurs de sable.

Nous avons d'abord considéré trois catégories de pente à l'intérieur desquelles on a classé des épaisseurs de sols en ordre croissant.

Le tableau suivant résume les résultats de ce classement.

Hauteurs moyennes en mètres des E. Camaldulensis sur sol moyennement épais sans nappe phréatique hivernale

Epaisseur des sables (cm)	Pente de 0 à 4,5 %	Pente de 4,5 à 10,5 %	Pente de 10,5 à 20 %
20 - 150	13,40 (N*=34)	13,80 (N=18)	13,23 (N=14)
150 - 250	12,86 (N=30)	14,00 (N=4) rares stations	non représenté en forêt
250 - 380	12,30 (N=16)	13,04 (N=2) très rares stations	non représenté en forêt

* N = nombre de stations pour chaque classe.

L'étude de ces moyennes montre qu'il n'existe pas de différence significative entre elles.

On peut donc dire que les facteurs pentes et épaisseurs des sables conjugués ne suffisent pas pour expliquer les différences de hauteur constatées ; ceci ne signifie pas que le régime hydrique ne soit plus en cause, ce qui serait en contradiction avec tout ce que nous venons de voir précédemment, mais nous pensons que les différences de hauteurs constatées peuvent être en liaison avec la longueur du bassin versant par exemple, celui-ci influençant vraisemblablement la durée de l'alimentation en eau, sans que nous puissions l'apprécier par une mesure exacte.

Enfin, on constatera sur le tableau précédent que certains milieux écologiques ne sont pas, ou très peu, représentés en forêt, ceci correspond à un équilibre mécanique des sables en fonction de la pente, et au mouvement lent des sables dans le courant des périodes quaternaires : les fortes épaisseurs de sables ne peuvent subsister sur des pentes fortes, moyennant quoi, les épaisseurs de sable diminuent au fur et à mesure que les pentes augmentent.

La figure n° 5 illustre dans le détail la répartition des hauteurs des arbres en fonction des divers milieux considérés.

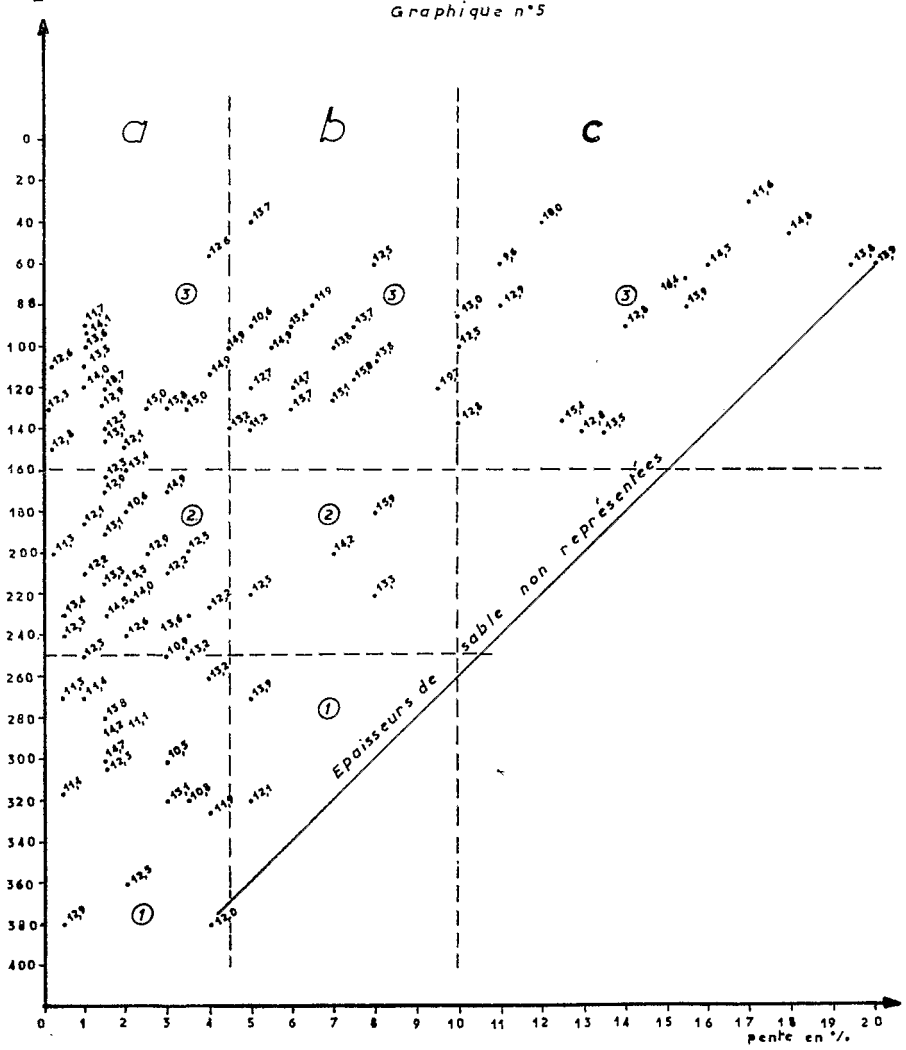
Dans ces milieux, le peuplement peut manifester une certaine hétérogénéité très locale comme les chiffres de la figure n° 5 le montrent, il peut même exister quelques petits vides mais il n'est plus possible, sans faire intervenir d'autres analyses ou même sans invoquer des accidents de

FORET DE MAMORA
Ecologie des euc. Camaldulensis

Parcelles: *A·IV·1 a & 2a ; B·IV·2,5 & 10 ; B·V·8 & 7 ; C·III·5 ; D·V·14*

HAUTEURS MOYENNES DES ARBRES DANS LES SABLES BIEGES OCRES, SANS NAPPE, OU AVEC FRANGE CAPILLAIRE INSIGNIFIANTE (sable de 0,30 à 3,80 d'épaisseur) EN FONCTION DE L'EPAISSEUR DES SABLES ET DE LA PENTE

Graphique n°5



plantations, de préciser les causes de cette hétérogénéité. De toutes façons on notera qu'une investigation plus poussée ne présenterait aucun intérêt sur le plan pratique puisqu'on peut toujours tabler sur une bonne réussite d'ensemble.

Par contre, il est vraisemblable que des échecs plus généralisés dans ce milieu puissent trouver leur origine dans une mauvaise technique des plantations, que celle-ci concerne le mode de plantation ou la date de mise en place des plants.

VI. RÉCAPITULATION GÉNÉRALE CONCERNANT LA FUTAIE D'*E. CAMALDULENSIS*

Les milieux étudiés paraissant bien définis et le comportement des eucalyptus se différenciant de façon assez nette, il nous paraît intéressant maintenant, aussi bien sur le plan écologique que sur le plan pratique, de donner des normes moyennes de circonférences, de hauteurs, et de volumes moyens pour chacun des milieux considérés. L'étude de ces moyennes, de leurs écarts-types et des intervalles de confiances correspondants, peuvent en effet préciser à présent les différences significatives qui existent dans le comportement des arbres sur chacun des milieux, et fournir des renseignements précieux utilisables dans l'évaluation des rendements.

On trouvera sur le graphique n° 6 les valeurs moyennes des hauteurs en mètres et des circonférences en centimètres, pour les cinq milieux écologiques considérés.

On constate immédiatement des variations faibles entre le comportement des eucalyptus sur sable rouge et sur sable beige sans nappe, d'une part, et le comportement des mêmes eucalyptus sur sols peu épais, en position fortement drainée, sur sol avec nappe phréatique hivernale, et sur sols à sables profonds, d'autre part.

L'étude statistique fournit les éléments de discussion réunis dans la figure n° 7.

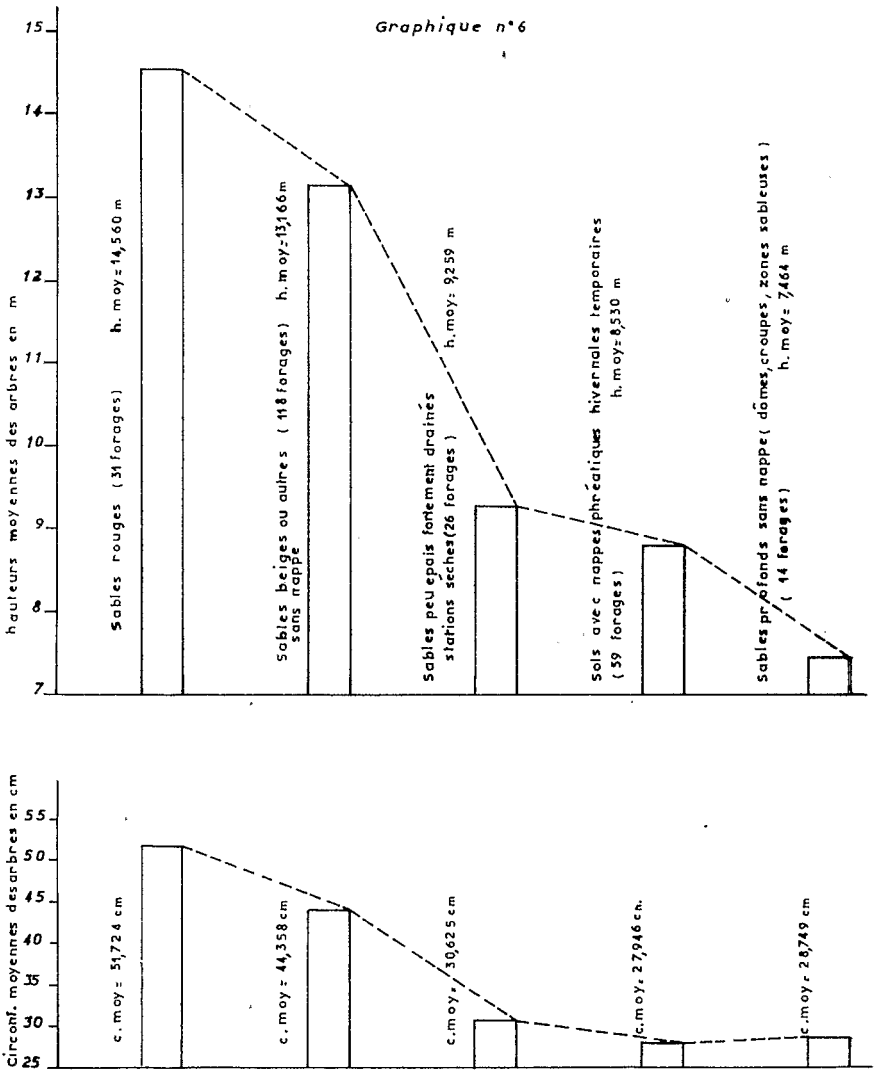
On peut constater que les sables rouges, et les sables beiges de profondeur moyenne sans nappe se différencient nettement des trois autres milieux aussi bien en ce qui concerne les hauteurs que les circonférences. Nous avons défini les probabilités pour lesquelles les deux premiers milieux se différencient significativement des trois seconds. Les résultats de cette étude sont donnés dans les deux tableaux suivants :

FORET DE LA MAMORA
Ecologie des euc. Camaldulensis

Parcelles: A·IV 1a &2a ; B V·7 & 8 ; C·III·3 ; B IV 2&5 ; B·IV·10 ; D·V 14 ; D·VII·4
plantations de 1959·1960

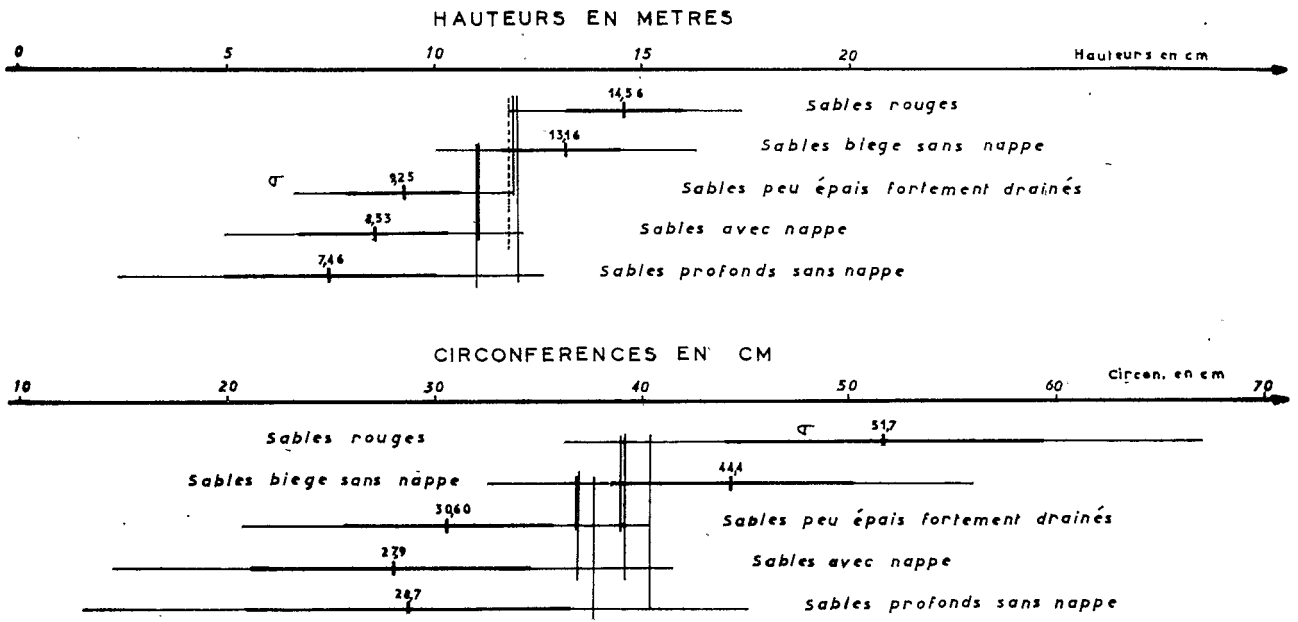
COMPARAISON ENTRE LES HAUTEURS ET LES CIRCONFERENCES MOYENNES D'EUC. CAMAL. DANS LES DIFFERENTS MILIEUX EDAPHIQUES

Graphique n°6



REPARTITION DES HAUTEURS ET DES CIRCONFERENCES MOYENNES DES EUC. CAMALDULENSIS DANS LES DIFFERENTS MILIEUX EDAPHIQUES CONSIDERES

Graphique n°7



Probabilité de différenciation P des milieux écologiques et hauteurs correspondantes des arbres séparant les valeurs significativement distinctes à cette probabilité (1)

	Sables rouges		Sables beiges	
	P (%)	H (m)	P (%)	H (m)
Sol drainé	0,05	11,85	0,09	11,03
Sol à nappe ...	0,03	11,90	0,09	11,01
Sables profonds	0,04	12,00	0,09	10,98

Probabilité de différenciation P des milieux écologiques et circonférences correspondantes des arbres séparant les valeurs significativement distinctes à cette probabilité (1)

	Sables rouges		Sables beiges	
	P (%)	C (cm)	P (%)	C (cm)
Sol drainé	0,05	38,9	0,10	36,8
Sol à nappe ...	0,05	39,1	0,10	36,8
Sables profonds	0,07	40,3	0,13	37,6

(1) Chaque valeur de hauteur ou de circonférence sépare les sables rouges ou les sables beiges des trois autres milieux, ces derniers ayant des arbres moins hauts ou des calibres inférieurs aux chiffres limites donnés dans ces tableaux.

On constate qu'on peut définir pour les arbres à l'âge de 10 ans une hauteur et une circonférence limites qui séparent les sables rouges et les sables beiges pour une probabilité toujours voisine de $P = 0{,}05$ ce qui confirme statistiquement les distinctions de milieux que nous avons faites : les hauteurs limites sont respectivement 12 et 11 m et les circonférences 37 et 39 cm, ce qui correspond à des croissances moyennes annuelles de

1,2 m et 1,1 m à l'âge de 10 ans. Cette croissance pourrait éventuellement servir à caractériser les milieux ou, tout au moins, à isoler les zones de croissance faible. Enfin, pour se faire une idée des rendements correspondants en volume de bois, nous avons dressé la figure n° 8 en associant les hauteurs égales à la hauteur moyenne sur chaque milieu ou celles correspondantes à plus ou moins un écart-type, aux mêmes valeurs de la circonférence et nous avons appliqué le tarif de cubage défini par la Station de Recherches (DESTREMAU 1969). Il s'agit donc d'un calcul théorique pour une probabilité de $P = 0{,}33$ qui serait donc valable dans 66 % des cas, mais on notera que les volumes extrêmes peuvent être entachés d'erreurs, la plus grande hauteur ne correspondant pas nécessairement à la plus grande circonférence.

De même, ces calculs sont faits en supposant qu'il n'y a aucun manquant ce qui est peu probable, en particulier dans les trois milieux à croissance faible.

Les différences de volumes entre les différents milieux restent cependant très démonstratives.

VII. QUELQUES OBSERVATIONS SUR LE COMPORTEMENT DU TAILLIS

Au cours des recherches précédentes on a eu l'occasion d'effectuer quelques mesures dans un taillis de 9 ans et un autre de 7 ans.

Trois milieux seulement ont été prospectés :

a) Les sables beiges profonds dans la parcelle D.VIII.4.

b) Les sables ocres moyennement profonds sans nappe dans la parcelle A.IV.2 (sp. 8.a).

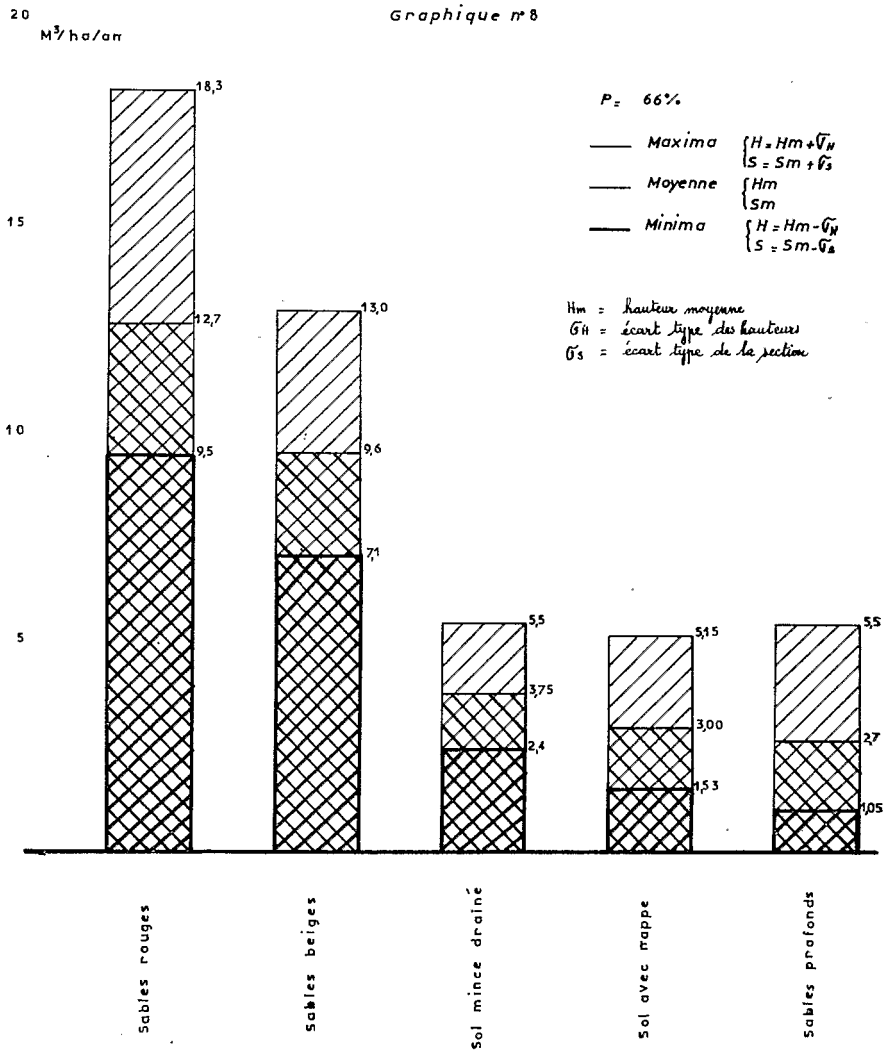
c) Les sables rouges dans la même parcelle.

On constatera sur la figure n° 9 des hauteurs nettement plus basses dans les sables profonds avec une légère amélioration si les sables sont rouges d'une part, et des hauteurs sensiblement voisines dans les sables rouges ou ocres sans nappe quelle que soit l'épaisseur des sables, d'autre part.

En ce qui concerne ces trois milieux on retrouve donc un certain parallélisme avec les résultats obtenus pour la futaie.

PRODUCTION THEORIQUE EN M³ PAR HECTARE ET PAR AN POUR EUCALYPTUS CAMALDULENSIS DANS LES DIFFÉRENTS MILIEUX ECOLOGIQUES DE LA FORÊT DE MAMORA

Graphique n° 8

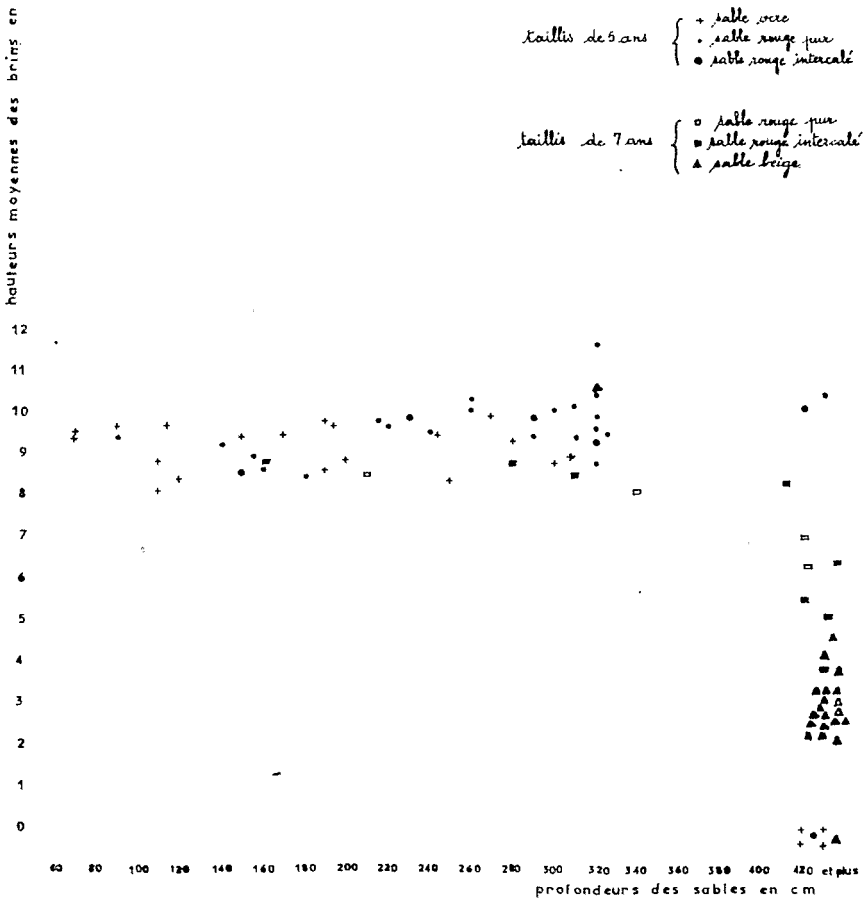


FORET DE LA MAMORA
Ecologie des euc. Camaldulensis

Parcelle : A IV 8 (plantation de Janvier 1954 ; 1° exploitation en 1964)
Parcelle : D VIII 4 (plantation de 1951 - 1952 ; 1° exploitation en 1962)

VARIATION DES HAUTEURS MOYENNES DES BRINS DU TAILLIS (5 ANS & 7 ANS) EN FONCTION DES EPAISSEURS DE SABLE

Graphique n° 9



En toute vraisemblance, il est donc peu probable que les taillis sur sols à nappes phréatiques ou ceux fortement drainés se comportent différemment de la futaie d'autant plus que ces deux milieux sont, par surcroît, aux deux extrémités de l'échelle de drainage.

Il n'a pas paru utile de poursuivre les recherches dans cette voie compte tenu qu'à ce stade le taillis subira les mêmes contraintes édaphiques que la futaie.

Ceci n'implique pas cependant que les rendements du taillis de première génération puissent être supérieurs à ceux de la futaie, en particulier lorsqu'on se trouve dans de bonnes conditions moyennes de sol. C'est là un problème que nous laisserons à la compétence du forestier, en ce qui nous concerne nous prévoyons que les décalages de croissance du taillis dans les différents milieux subsisteront ou s'accuseront.

CONCLUSIONS

1. *Sur le plan de la localisation géographique* on peut supposer à présent que les faibles rendements d'*E. camaldulensis* en Mamora orientale ne sont pas seulement dus à une aridification du climat mais sans doute aussi à des influences édaphiques, les sols peu épais sur pente forte et avec puissant drainage y sont en effet fréquents.

A l'inverse, on peut attribuer en partie les meilleurs rendements de Mamora occidentale, et peut-être aussi du sud du Rharb, à des influences édaphiques favorables.

2. Sur le plan de l'écologie d'*E. camaldulensis* il faut attirer l'attention sur la sensibilité de l'essence à certains caractères de drainage du sol. Cette sensibilité est considérablement moindre que celle d'autres essences, mais, elle peut entraîner des baisses de rendement non négligeables.

3. Sur le plan pratique, en ce qui concerne les conditions édaphiques bonnes ou moyennes que représentent les sables rouges ou les sables beiges sans nappe on ne peut plus attribuer les échecs à des causes édaphiques. Il faut alors rechercher ces causes ailleurs, soit dans le mode de plantation, soit dans la date de plantation, soit enfin dans l'élevage des plants.

4. En ce qui concerne les sols profonds il faut attirer l'attention sur le fait que les résultats peuvent être très hétérogènes et qu'en particulier l'échec total peut apparaître à partir d'épaisseurs de sables de 3 m et se généraliser à partir de 3,80 m (voir abaque n° 4). Ces conditions de milieu sont cependant rares.

Station de Recherches Forestières

Rabat, juillet 1969

BIBLIOGRAPHIE

ARTIGUES (R.) et LEPOUTRE (B.) (1969). — Influences du sol et de la densité du peuplement sur la faculté de rejeter du chêne-liège en forêt de la Mamora. *Ann. Rech. for. Maroc,* t. 10, pp. 3-22. Rabat.

ARTIGUES (R.) et LEPOUTRE (B.) (1969). — Recherches sur l'écologie comparée de quelques résineux du genre *Pinus* en forêt de la Mamora. *Ann. Rech. for. Maroc,* t. 10, pp. 23-114. Rabat.

CLAUDOT (J.) (1969). — Recherches sur la productivité des plantations de *Pinus pinaster* var. *atlantica* en Mamora occidentale. *Ann. Rech. for. Maroc,* t. 10, pp. 115-157. Rabat.

DEBEAUCORPS (G.) (1957). — Rapports entre les peuplements d'eucalyptus et les sols sableux de la Mamora et du Rharb. *Ann. Rech. for. Maroc,* t. 5, pp. 27-216. Rabat.

DESTREMAU (D.X.). — Tarifs de cubage de *Euc. camaldulensis* en Mamora. Doc. dact., Archives S.R.F. Rabat.

LEPOUTRE (B.) (1965). — Régénération artificielle du chêne-liège et équilibre climacique de la subéraie en forêt de la Mamora. *Ann. Rech. for. Maroc,* t. 9, pp. 1-188. Rabat.

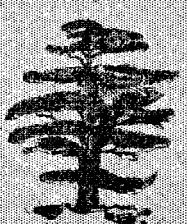
ROYAUME DU MAROC
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
ADMINISTRATION DES EAUX ET FORETS
ET DE LA CONSERVATION DES SOLS

المملكة المغربية
وزارة الفلاحة
ادارة المياه والغابات
والمحافظة على الارض

ANNALES DE LA RECHERCHE FORESTIERE AU MAROC

TOME 11

RAPPORT 1968-69



STATION
DE RECHERCHES FORESTIERES
DE RABAT

مركز الابحاث المتعلقة
بالغابات بالرباط

Editions Techniques Nord-Africaines
RABAT - NOVEMBRE 1970

المطبوعات المغربية الفنية
الرباط – رمضان 1390