ANNALES
DE L'INSTITUT NATIONAL
DE RECHERCHES FORESTIERES
DE TUNISIE

Ch. Baldy et A. Schoenenberger

SYNTHESE DES RESULTATS OBTENUS A ZERNIZA (MOGODS)

Essai de projection pour les reboisements en Tunisie du Nord

Vol. 4 - Fasc. 6 1970

(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 secteur agricole	M. CHARFI

Directeur du Projet : Jacques MARION

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

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

SYNTHESE DES RESULTATS OBTENUS A ZERNIZA (MOGODS)

Essai de projection pour les reboisements en Tunisie du Nord

par

Ch. Baldy (1) **et A. Schoenenberger** (2)

SOMMAIRE

Pages

I. — INTRODUCTION 3

II. — ESSAI DE SYNTHESE 4

A — *RELATION ENTRE CLIMAT ET CROISSANCE DES ARBRES* 4

1 — Influence du sol

2 — Influences dues au climat

a — Automne et hiver

b — Printemps

c — Eté

3 — Evapotranspirations potentielle et réelle, et croissance des arbres

---

(1) Consultant de la F.A.O., Chargé de recherches en Bioclimatologie à l'INRA (France).

(2) Expert de la F.A.O., Maître de recherches en Ecologie à l'ORSTOM.

Pages

B — *AUTRES ACTIONS DU CLIMAT SUR LES REBOISEMENTS* 8

1 — Mise à nu du sol, action sur l'évolution de celui-ci sous l'influence du climat

2 — Détermination des dates de plantation

3 — Evolution ultérieure des boisements

C. — *REACTIONS PREVISIBLES DANS LES DIFFERENTS MILIEUX DE TUNISIE DU NORD* 13

III. — CONCLUSIONS 15

RESUME 15

BIBLIOGRAPHIE 16

I. — INTRODUCTION

La plupart des résultats scientifiques obtenus à Zerniza ont été présentés dans les pages qui précèdent (1), et nous y renverrons le lecteur au cours de cette analyse. Des documents techniques ont aussi été réalisés; ils couvrent tous les aspects du travail entrepris. Il s'agit maintenant d'élargir le sujet, et de chercher comment ces différents travaux peuvent être utilisés en Tunisie du Nord par le reboiseur.

Le climat, analysé sur deux ans seulement, ne donnerait qu'une idée bien incomplète de la réalité, si des stations en réseau ne fonctionnaient depuis de longues années, et si des travaux d'analyse n'existaient déjà. Le lecteur se reportera avec fruit à l'analyse du climat de la Tunisie du Nord faite par L. Bortoli et al. dans les annales de l'INRA (Tunisie). Grâce à cet ensemble de données comparatives, il a été possible de situer les mesures faites à Zerniza par rapport à des valeurs normales.

Les mesures d'humidité du sol, grâce à la diversité des deux années considérées, représentent bien les fluctuations possibles en hiver et au printemps. Il manque les pluies diluviennes de l'automne 1969, qui auraient apporté un élément de comparaison supplémentaire intéressant.

La situation de vallée en bord de mer de Zerniza a renforcé l'action marine. On a vu dans les pages consacrées à la climatologie, que celle-ci est assez limitée. Il faut donc avoir beaucoup de prudence dans les extrapolations à mesure qu'on avance vers l'intérieur du pays. Cependant, la confrontation (encore à achever) de ces résultats avec ceux de la station de Souiniat et les autres centres d'étude du Projet, permettra d'améliorer la connaissance générale des phénomènes écologiques en Tunisie du Nord. Les pages qui suivent cherchent donc à généraliser ce qui peut l'être, tout en gardant à l'esprit la prudence nécessaire.

---

(1) Publiées dans ce même volume.

II — ESSAI DE SYNTHESE

Evolution écologique d'un reboisement et leçons à en tirer en Tunisie du Nord.

A — *RELATIONS ENTRE CLIMAT ET CROISSANCE DES ARBRES*

1. — **Influence du sol**

L'analyse des types de sols et des différents milieux qu'on rencontre à Zerniza a été faite par P. Dimanche et A. Schoenenberger. Le lecteur s'y reportera avec fruit. On notera l'importance des phénomènes d'hydromorphie, la présence de pseudogley, les engorgements constatés en hiver, quand les pluies sont excessives, et la pauvreté générale des types de sols rencontrés. On trouvera aussi les relations existant entre sol et végétation, relations couramment utilisées par nous dans nos définitions.

2. — **Influences dues au climat**

a) *Automne et hiver*

— Action des premières pluies sur la reprise automnale de la végétation.

On trouve dans les articles de Ch. Baldy, H. Poupon et A. Schoenenberger des renseignements intéressants sur ce phénomène : les premières pluies doivent d'abord humecter une couche suffisante de sol au delà du point de flétrissement permanent (sur 20 cm au moins apparemment), avant que les phénomènes de croissance automnale puissent apparaître. On constate notamment une réhydratation caractéristique des troncs, avant que des phénomènes actifs ne se produisent. Cette réhydratation se retrouve à chaque pluie, si l'effet de la précédente a disparu : c'est ce qui s'est passé en 1968.

— Les fortes pluies de fin d'automne et d'hiver engorgent très rapidement le profil. On en trouvera l'analyse dans l'article ci-dessus concernant les variations de teneur en eau des sols. Cet engorgement peut provoquer des formations de pseudogley, qui constituent un milieu défavorable à la vie active des racines de la plupart des plantes, en raison notamment des phénomènes de réduction qui s'y produisent. Les arbres pourront donc croître, mais leur végétation sera

freinée par la présence d'un horizon saturé; une faible partie du système racinaire demeurera suffisamment active pour être vraiment fonctionnelle. La vitesse d'utilisation de l'eau dans les différents horizons. telle qu'on peut la constater dans l'article sur les teneurs en eau des sols, illustre ce phénomène. On voit dans l'article de H. Poupon (même volume), les différences d'adaptation existant entre les diverses espèces étudiées à Zerniza.

Les divers milieux édaphiques rencontrés à Zerniza se retrouvent pratiquement dans toute la Tunisie du Nord.

— Action sur la végétation des températures du sol et de l'air.

Au début de l'automne, les premières pluies (relativement froides), tombent sur un sol très chaud et sec. Un refroidissement brutal de la couche humectée se produit alors. Rappelons que le sol sec n'a qu'une capacité calorifique du dixième de celle de l'eau). La chute de température dans les vingt premiers centimètres de sol peut atteindre 10°C en 2 ou 3 jours. Parallèlement, la température de l'air présente de grandes variations à cette époque, comme on l'a vu en climatologie. Ces fluctuations brutales s'accompagnent souvent d'un gonflement de l'argile, qui provoque la disparition des fentes de retrait. On rappellera que les sols méditerranéens présentent souvent en fin d'été un phénomène d'hydrophobie de surface, due au déssèchement excessif de l'argile; les premières pluies s'infiltrent dans les fentes de retrait et permettent au profil de reprendre un état normal.

Tous ces phénomènes influent sur l'enracinement, car une fraction au moins des racines est détruite par ces mouvements des agrégats du sol.

Quand le sol est humecté, sa température devient très stable, et la nuit, il devient nettement plus chaud que l'air libre au-dessus des cimes. Aucune gelée blanche importante n'a été relevée à Zerniza sous couvert, alors qu'en clairière le phénomène est relativement fréquent. Plus en altitude, au-dessus de 300 ou 400 m, le risque existe, car les températures minimales en indices actinothermiques sous forêt à Zerniza ont frôlé 0°C plusieurs fois chaque hiver. Les écarts de températures entre le sol et l'air peuvent atteindre ou dépasser 8 ou 9°C au lever du soleil, et ceci provoque un gradient thermique important entre les cimes et le sol. Ces écarts peuvent jouer un rôle dans le comportement des arbres en hiver, probablement favorable : le sol joue le rôle d'un réservoir thermique pour l'arbre, et la conduction thermique du sol humide étant excellente, les échanges peuvent être rapides.

— Les vents hivernaux sont violents et fréquents, on l'a vu en climatologie. Or la station de Zerniza se trouve en situation abritée : en zone découverte, les dégâts dûs au vent seront encore plus marqués; on reverra ceci au chapitre II. H. Poupon fait remarquer que les bourgeons des eucalyptus sont détruits en grande partie à mesure de leur apparition au cours de l'hiver, ce qui provoque une diminution certaine de l'élongation.

Ces vents, chargés d'embruns quand ils sont de secteur nord, peuvent provoquer des brûlures par dépôt de sels. Ceux de secteur sud, froids et secs alors, provoquent des dessèchements du feuillage, surtout sur des arbres de bordure. Ce phénomène, peu important à Zerniza, prend de l'ampleur en situation sud, ou très dégagée. Des espèces — abris peuvent devenir nécessaires pour réussir les reboisements, comme on le verra au chapitre II.

— Durant l'automne, on a vu dans l'article de A. Schoenenberger sur les dendrographes enregistreurs que l'arbre se réhydrate avant de reprendre une croissance réelle en circonférence. Cette croissance se poursuit jusqu'en décembre, en se ralentissant progressivement, et en janvier et février, seuls des battements nycthéméraux des troncs sont enregistrés, alors que l'arbre reste bien actif par ailleurs. Ces battements sont liés aux variations de turgescence provoquées par la demande climatique d'évapotranspiration.

b) *Printemps*

— Irrégularité des pluies printanières. Une caractéristique défavorable de la Tunisie du Nord vient de l'irrégularité des pluies de printemps, d'autant plus grande que la pluviosité décroît. Ceci a d'importantes conséquences pour les arbres : leur important système racinaire superficiel est très actif; les dessèchements temporaires des premières couches du sol affectent ces racines, et se traduisent par des chocs hydriques qui se répercutent sur l'ensemble de la plante. Des chutes précoces de feuilles âgées peuvent se produire par temps de sirocco.

On reverra les conséquences de cette irrégularité des pluies à propos des plantations de printemps (chapitre II). Les réserves profondes sont généralement bien utilisées par les arbres développés, quand toutefois un horizon de pseudogley n'empêche pas l'installation d'un enracinement profond et efficace.

— Action de la température. Le printemps tunisien se caractérise par des alternances de temps hivernal avec vents

de nord-ouest, doux et humides, et des remontées de masses d'air sahariennes (sirocco), très sèches, qui peuvent élever la température de 20° C en quelques heures.

Les arbres souffrent de ces alternances, qui provoquent des à-coups brutaux dans l'alimentation en eau. Le phénomène est certainement plus à redouter dans les Mogods intérieurs, où l'influence marine est moins directe, qu'à Zerniza.

c) *Eté*

— La caractéristique de l'été méditerranéen est sa chaleur sèche. Le sol, privé d'alimentation pluviale, cède son eau à la végétation. Dès la fin juin, ses disponibilités sont très réduites. Il est à remarquer cependant qu'elles ne sont pas nulles (en Tunisie du nord au moins) : les données des sondes de Bouyoucos, basées sur l'alimentation en eau de végétaux annuels à point de flétrissement peu élevé, sont insuffisantes pour rendre compte de l'alimentation en eau d'arbres développés et profondément enracinés. Ceux-ci ont des pressions de succion élevées. On peut voir dans les travaux de C. Chararas l'importance de ce facteur pour la vie de l'arbre. H. Poupon a montré l'importance des caractères de résistance xérique des feuilles de différentes espèces d'eucalyptus : les espèces étudiées à Zerniza ralentissent ou même cessent leur croissance progressivement, et on note une rétraction des troncs, due au manque d'eau. Chez certaines espèces, cette rétraction peut même s'accompagner de fentes de retrait qui ne fendent pas l'écorce.

— La chute estivale des feuilles âgées des arbres *sempervirents* est bien connue. Elle permet à ceux-ci de lutter efficacement contre la transpiration excessive, les feuilles gardent leurs stomates fermés et ont le plus souvent une cuticule épaisse qui limite l'évaporation. Les dendrographes ont enregistré cet effet de croissance progressive : ils ne laissent plus voir que des battements, sans augmentation de circonférence, ou même avec une légère diminution de celle-ci. Ceci illustre le mode de lutte des eucalyptus contre le manque d'eau estival.

— Les températures maximales peuvent atteindre ou dépasser 40° C. Le rayonnement global dépasse alors 700 cal/cm2/jour, et l'humidité relative chute souvent en dessous de 10 % durant la journée. Les arbres sont placés dans des conditions de survie très difficile, puisque le sol ne peut leur fournir l'eau correspondant à l'évapotranspiration potentielle. On peut parfois constater des phénomènes d'apoplexie (déssèchement brutal) à la fin d'un sirocco : quand les mas-

ses d'air humide arrivent, elles sont souvent accompagnées d'une faible pluie, ou au moins d'une forte rosée, et ces variations rapides peuvent être fatales à l'arbre. Ceci se constate surtout pour des rosacées, mais aussi pour *Cupressus sempervirens.*

3. — Evapotranspirations potentielle (ETP) et réelle (ETR) et croissance des arbres

Le lecteur trouvera par ailleurs un article analysant l'évolution comparée des ETP et ETR sous forêt et en clairière à Zerniza.

L'évolution de celle-ci est intéressante : de 30 à 50 mm par mois au total, en hiver, celle croît à 200 mm par mois en été en clairière (et 160 mm environ en forêt). Par temps de sirocco l'ETP dépasse 10 mm par jour. Comme l'alimentation en eau ne peut suivre, l'ETR ne peut être que de quelques millimètres par jour (cette valeur n'a pu être mesurée à Zerniza, car un matériel extrêmement onéreux aurait été nécessaire, comportant des lysimètres pesables de plusieurs tonnes, pour contenir un arbre!). Toute l'énergie excédentaire se transforme en chaleur, ce qui représente plusieurs centaines de calories par jour et par centimètre carré. Ceci accentue la surchauffe de l'atmosphère.

B. Monteny a bien mis ce phénomène en évidence (Annales de l'INRA-Tunisie, tome 43).

Une autre caractéristique intéressante est le retard marqué par l'évolution de l'ETP au début et à la fin d'un coup de sirocco sous forêt, par rapport à la clairière : ce retard peut être chiffré à 6 heures, ce qui signifie que la forêt bloque l'évolution de la masse d'air dans son sein pendant cette durée. Ceci se traduit par une demande plus faible sous le couvert, au début du sirocco, et plus forte à la fin, par rapport à la clairière. Le phénomène de déséquilibre signalé plus haut est donc accentué par cette action en retard.

B. — *AUTRES ACTIONS DU CLIMAT SUR LES REBOISEMENTS*

On a vu, dans les pages précédentes, les interactions entre le climat et la croissance. Comment ces interactions interviennent-elles sur les choix à faire pour les reboisements futurs ?

On constate que les différentes espèces étudiées présentent de grandes différences dans leurs réponses à un phéno-

mène déterminé. Le type et la profondeur d'enracinement, malheureusement très difficiles à étudier in-situ et n'ayant fait l'objet que de sondages partiels par H. Poupon à Zerniza, le potentiel génétique (qui se traduit par l'apparition de rythmes de croissances différents du rythme climatique notamment), l'action mécanique des phénomènes externes (sirocco, vents marins, action des poussières et des sols sur les jeunes pousses et les feuilles adultes), apparaissent clairement grâce à ces analyses.

L'action du climat sur l'arbre se traduit aussi par l'activité de l'évapotranspiration et par sa photosynthèse nette, qui aboutit à la formation des réserves.

L'indépendance relative des phénomènes de croissance en longueur et en diamètre est également frappante. On cherchera, dans les pages qui suivent, à tirer les enseignements de ces diverses constatations.

1. — Mise à nu du sol; Son action sur l'évolution de celui-ci sous l'influence du climat

Le maquis, ou la forêt dégradée de chênes, arbousiers, calycotomes, etc... constituent, malgré leur faible valeur financière, une bonne couverture du sol. Quand on décide d'implanter des essences de valeur, il est nécessaire de détruire cette végétation qui imposerait une concurrence insoutenable aux jeunes plantes.

Le sol, une fois mis à nu, a des réactions très importantes : sa couverture d'humus est directement exposée au soleil, qui la détruit rapidement. Comme elle est mal stabilisée, la moindre pluie un peu violente, ou même un coup de vent, entraîne une érosion aux conséquences imprévisibles. On a vu qu'en été la température du sol augmente considérablement lorsqu'il est directement exposé au soleil (article de climatologie). Enfin, la pratique fréquente du brûlis provoque une véritable cuisson de l'horizon de surface si une masse d'eau suffisante dans le sol n'amortit pas les chocs thermiques.

Il n'entre pas dans les buts de cette étude d'analyser les techniques de reboisement; quelques considérations d'ordre écologique peuvent cependant faciliter le travail du reboiseur et guider la recherche de techniques adaptées.

Les constatations exposées ci-dessous ont été faites par nous, à Zerniza surtout, mais aussi dans les autres arboretums mis en place par A. Schoenenberger. Les interactions avec les

facteurs climatiques n'ont pu toujours être mesurées, mais les corrélations sont assez évidentes.

On a pu constater ainsi, que le maintien sur le sol, ou en mélange dans les premiers horizons, de débris végétaux permet de protéger efficacement sa structure et sa cohésion. On renvoie aux recherches effectuées en ce domaine par J. Poupon, concernant diverses façons culturales et leur influence sur le reboisement ultérieur.

L'observation de lits d'oued dans les zones où des brûlis ont été effectués montre bien l'importance de l'érosion à la suite de traitements mal conduits. Des couches de 10 cm de cendres densifiées ont ainsi pu être observées par A. Schoenenberger, et ceci doit inciter à la prudence.

L'analyse des conditions climatiques d'ensemble permet de penser que les conditions les plus propices sont réunies à l'automne, après que la chute des premières pluies ait humecté le sol. Ces pluies tombent le plus souvent en septembre, mais ce point sera étudié dans un proche avenir par une analyse systématique des dates d'espérance des pluies, qui a précisément pour but d'estimer les chances de réussite des plantations. Le sol ainsi humecté peut supporter sans grand dommage une incinération rapide des résidus de maquis. On a intérêt à supprimer les troncs et souches importants, si l'opération est financièrement possible, car leur calcination prolongée peut provoquer une cuisson irréversible du sol sur plusieurs dizaines de centimètres. L'incinération doit ménager assez de débris grossiers pour éviter que les pluies n'entraînent les cendres.

La plantation pourra ainsi être faite sur un sol humide, bien pourvu en fertilisants par les cendres, et dont les microflore et micro-faune seront le moins perturbées possible.

2. — **Détermination des dates de plantation**

La plantation ou le semis direct sont à réaliser, bien évidemment, durant la période pluvieuse. L'analyse climatique des dates de plantation s'efforce de proposer des critères objectifs de choix en ce domaine. Selon les espèces, les sols et l'altitude, on pourra commencer et terminer cette opération fondamentale plus ou moins tard. On peut penser que les semis directs pourront débuter avec profit à l'automne, car des regarnis seront aisés au printemps.

Les plantations d'automne seront à exécuter en fonction du niveau d'hydromorphie (défavorable à la reprise) et de la

température hivernale du sol. Celle-ci aura un rôle différent en fonction du zéro de végétation de l'espèce considérée; les espèces autochtones, ou provenant de climats à hiver marqué, supportent mieux cette opération que celles génétiquement adaptées à un sol chaud toute l'année. Des exemples peuvent se trouver dans l'article de H. Poupon dans ce même volume.

Les phénomènes de dormance pourront aussi agir : un plant en état de repos ne pourra pas s'implanter durant l'hiver. Ceci est grave s'il s'agit d'un arbre sempervirent, car il risque fort de périr. On renvoie donc à ce sujet aux études faites par les autres spécialistes du projet dans ce domaine.

Les plantations durant le gros de l'hiver sont peu recommandables en Tunisie du Nord. Certains sols sains permettront cependant de poursuivre cette opération à petite échelle (sables littoraux par exemple). Il faut bien se rappeler cependant que toutes les observations faites par ailleurs, concernant le danger causé par les vents forts de nord-ouest, les siroccos de printemps, la grêle, et la faible capacité de rétention de ces sols sableux restent valables. Il s'agit de zones où planter est *climatiquement* possible, mais où les risques *ultérieurs* sont importants.

Dès le début de février, les facteurs du climat rendent à nouveau l'opération souhaitable. Elle pourra se poursuivre plus ou moins tard, en fonction de la fréquence des pluies, et certainement jusqu'au 15 avril, les réserves en eau du sol et les pluies éparses permettant l'installation des plantes avant la sécheresse estivale. Il est en tous cas déconseillé de planter après le premier mai; les pluies sont trop aléatoires, et les coups de sirocco deviennent fréquents et dangereux.

Pour beaucoup d'espèces, le *vent* constituera le facteur de dommage le plus considérable. On ne saurait trop recommander l'implantation préalable de bandes boisées réalisées à l'aide d'arbres très résistants aux vents. On citera simplement *Eucalyptus lehmanni, E. Sargenti, Acacia cyclops* (au bord de la mer), *Acacia cyanophylla;* éventuellement aussi *Tamarix aphylla, Cupressus arizonica, Cupressus macrocarpa.*

Cette protection, pour être efficace, devrait être implantée 5 ans environ avant la date prévue de l'aménagement. Des layons ouverts dans le maquis seraient à planter avec des espèces du genre de celles ci-dessus citées, résistantes et à croissance rapide. Elles pourraient être supprimées ensuite, pour être remplacées par des espèces plus prisées quand l'ensemble forestier sera bien implanté. Des écartements de 200 m devraient suffire, avec 3 ou 4 rangs d'arbres, car les vents

dont on souhaite se protéger sont surtout marins, et présentent une faible instabilité verticale.

3. — Evolution ultérieure des boisements

Le boisement une fois constitué crée un micro-climat qui transforme considérablement le biotope comme le montre l'étude climatique de Zerniza.

La compétition pour l'eau entre les arbres apparaît très vite, et on peut voir dans l'article de H. Poupon que dès la huitième année les eucalyptus, plantés à 2 × 2 m marquent fortement les effets de concurrence.

En ce qui concerne les pins, leur enracinement est très important dès les premières années de leur croissance. A. Schoenenberger et J. Van Assche ont pu montrer, à Medjez-El-Bab (en climat semi-aride) que des pins de 6 ans, hauts de 2 à 3 m, ont un enracinement qui s'étend sur 7 m de rayon. La compétition pour l'eau est donc très importante pendant la saison sèche : les arbres doivent vivre plus de 100 jours sur un sol apparemment sec. Cet argument vaut pour autant que les mesures faites avec des sondes de Bouyoucos ou à la tarière correspondent bien à la réalité pour la plante, comme on l'a vu plus haut.

On a pu mettre en évidence des diminutions du croît moyen des circonférences individuelles (33 %) plus importantes que les différences de densités (25 %) à 8 ans. Mais nous ne pouvons tirer des conclusions de mesures faites sur une durée aussi brève. Une étude spéciale, faite par des spécialistes, peut seule résoudre le problème.

La plus forte densité raccourcit *significativement* la durée de la période de croissance dans un milieu donné, mais augmente la *vitesse de mobilisation* de l'eau dans le sol au printemps, ce qui peut être favorable.

Dans les zones très ventées et à pluviosité plus faible (est des Mogods) on est donc pris entre deux nécessités : fermer le couvert le plus rapidement possible et éviter une compétition exagérée. Des brise-vent peuvent pallier la première difficulté,et un dépressage précoce, quand les bois sont utilisables, semble souhaitable pour éviter la seconde difficulté. L'irrégularité des pluies de printemps croît plus que proportionnellement avec la diminution, de la pluviosité globale d'ouest en est. La période de croissance subira la même diminution, car on a vu l'importance primordiale des pluies de printemps et fin de printemps dans l'allongement de la période de croissance des espèces les mieux adaptées à ces mi-

lieux. L'action du type de sol, plus ou moins hydromorphe, est fondamentale, et les travaux effectués en ce domaine à Zerniza l'ont mis en évidence. Il faut se reporter aux études de E. Albert et P. Dimanche pour bien saisir dans leur ensemble les interactions entre sols et espèces.

On constate de façon générale qu'il n'y a que peu de liaisons entre les croissances en hauteur et en diamètre. Les phénomènes physiologiques impliqués sont distincts, et les corrélations apparentes sont plus dues à des facteurs externes (périodes thermiquement favorables, survenant en même temps qu'une période où le sol est bien alimenté en eau, sans que l'hydromorphie ait une action défavorable). C'est ainsi que les élongations peuvent parfois se poursuivre pendant des périodes climatiquement défavorables (en été par exemple); une quantité d'eau limitée suffit, alors que la croissance en diamètre exige de grandes quantités de matière photosynthétisée, et donc beaucoup d'eau disponible.

C. — *REACTIONS PREVISIBLES DANS LES DIFFERENTS MILIEUX DE TUNISIE DU NORD*

En ce qui concerne la Kroumirie, la station de Souiniat est beaucoup plus représentative, et il est préférable de se référer aux résultats obtenus sur celle-ci, qui seront publiés séparément par P. Dimanche.

Les dunes côtières et l'ensemble des Mogods sont intéressés par les résultats de Zerniza. En situations sableuses, la percolation de l'eau se fait rapidement, et, sauf si la nappe phréatique est très proche, on a peu d'humidité disponible en été. Les plantations seront généralement favorisées par une exécution précoce, et le climat maritime permet une croissance hivernale importante.

En zones gréseuses, des engorgements temporaires peuvent se produire. Selon l'altitude, les températures hivernales seront plus ou moins basses; le risque de gelée devient certain dès 300 m d'altitude, sauf en situation de coteaux tournés au sud. On aura intérêt à éviter les plantations en janvier, car elles risquent de souffrir d'engorgements hydriques et de froid.

Ceci est plus vrai encore en terrain marneux, où l'engorgement se traduit souvent par des formations de pseudogleys. L'hiver est *édaphiquement* marqué, le climat thermique n'ayant qu'un rôle secondaire alors.

Les terrasses d'oueds constituent des zones privilégiées, mais peu fréquentes. Elles se caractérisent souvent par une nappe phréatique plus ou moins profonde et battante. Les résultats de Zerniza montrent qu'*Eucalyptus saligna,* par exemple, a un bon développement dans ces conditions. Plus en altitude, des essences plus résistantes seront probablement à préférer.

Les *Pinus brutia* se comportent bien à Zerniza. On sait par ailleurs qu'ils ont une bonne résistance au froid et à une très longue période estivale totalement sèche. On peut donc envisager un certain développement de cette essence, parallèlement à *Pinus pinea.* Les pins maritimes sont à éviter en sols à pseudogley, et leurs réactions à Zerniza ne les rendent que peu conseillables, sauf en zones bien drainées et abritées, où ils peuvent rendre de grands services.

III. — CONCLUSIONS

Les études résumées ci-dessus constituent le fruit de cinq années de travail en équipe étroitement unie, et particulièrement entre MM. A. Schoenenberger, H. Poupon, P. Dimanche E. Albert et Ch. Baldy. Elles ont été rendues possibles par l'implantation dès 1959 de l'arboretum par A. Schoenenberger, et grâce à l'important soutien que le Projet a apporté à leur avancement.

Il est hors de doute qu'elles constituent une contribution importante à la connaissance des mécanismes physiologiques et aux interactions entre ceux-ci et les éléments du climat.

Il est vraiment à souhaiter que ces travaux, ou d'autres analogues, puissent être poursuivis, car ils permettront enfin d'asseoir sur des bases scientifiques les futurs reboisements, souhaitables dans les zones humide et sub-humide de Tunisie.

RESUME

Cet article cherche à présenter une synthèse, utilisable dans l'ensemble de la Tunisie du Nord, des résultats écologiques obtenus à Zerniza de 1965 à 1969.

Après avoir étudié les relations existant entre climat et croissance du boisement, des considérations relatives à l'action du climat sur les reboisements sont faites. Les principaux résultats acquis sont ainsi présentés.

SUMMARY

These pages present a synthesis, valuable for the whole Northern Tunisia, from the most important ecological results obtained at Zerniza from 1965 to 1969.

After a study of the relationship between climate and growth of trees, the action of climate on reforestation is analyzed. Several results valuable for the Tunisian workers are presented here.

BIBLIOGRAPHIE

BALDY, Ch., (1970). — Le climat à Zerniza. Annales I.N.R.F., Tunisie vol. 4, fasc. 1.

BALDY, Ch., DURAND, R. (1970). — Evapotranspirations potentielles calculées et humidités relatives sous forêt et en clairière à Zerniza (Tunisie) — Annales I.N.R.F., Tunisie vol. 4, fasc. 2.

BALDY, Ch., POUPON, H.; SCHOENENBERGER, A. (1970). — Etude des variations de la teneur en eau du sol en fonction du couvert en Tunisie du Nord. — Annales I.N.R.F., Tunisie vol. 4, fasc. 3.

BORTOLI, L. — Analyse du climot de la Tunisie du Nord — Annales I.N.R.A., (Tunisie), vol. 42 (1), 235 p.

CHARARAS, C. (1969). — Biologie et écologie de *Phocarantha semi punctata F.* (Coleoptère cerambicidae xylophage), ravageur des eucalyptus en Tunisie, et Méthode de protection des peuplements. — Annales I.N.R.F. Tunisie vol. 2, fasc. 3, 37 p.

DIMANCHE, P.; SCHOENENBERGER, A. (1970). — Description des milieux des Mogods et de Kroumirie. Ins itut de Reboisement de Tunis. Variété scientifique n° 4, 24 p.

DIMANCHE, P. (1970). — Etude de la productivité du pin maritime. — Annoles I.N.R.F. Tunisie, vol. 5, sous presse.

DIMANCHE, P. (1970). — Résultats climatologiques obtenus à Souiniat. Institut de Reboisement de Tunis. — Variété scientifique à paraître.

POUPON, H. (1968). — Premières études des caractèristiques hydriques des feuilles d'*E. camaldulensis en Tunisie.* — Annales I.N.R.F. Tunisie vol. 1, fasc. 3, 22 p.

POUPON, J. — Premiers résultats sur les essais de technique de préparation du sol et de mesures de l'érosion à Djebel Sema. (non publié)

SCHOENENBERGER, A.; ALBERT, E.; DIMANCHE, P.; FRANCLET, A.; MARION, J. (1970). — Premiers enseignements des arboretums forestiers en Tunisie, (sous presse.)

SCHONENBERGER, A. (1970). — Données dendrographiques de la station expérimentale de Zerniza. — Annales I.N.R.F. Tunisie vol. 4, fasc. 4.

Imp. Officielle - Tunis