



# Etude dendroclimatologique de quatre populations de pin pignon en Tunisie

par Ali THABEET, Nicole DENELLE, Ali EL KHORCHANI,  
André THOMAS et Claude GADBIN-HENRY

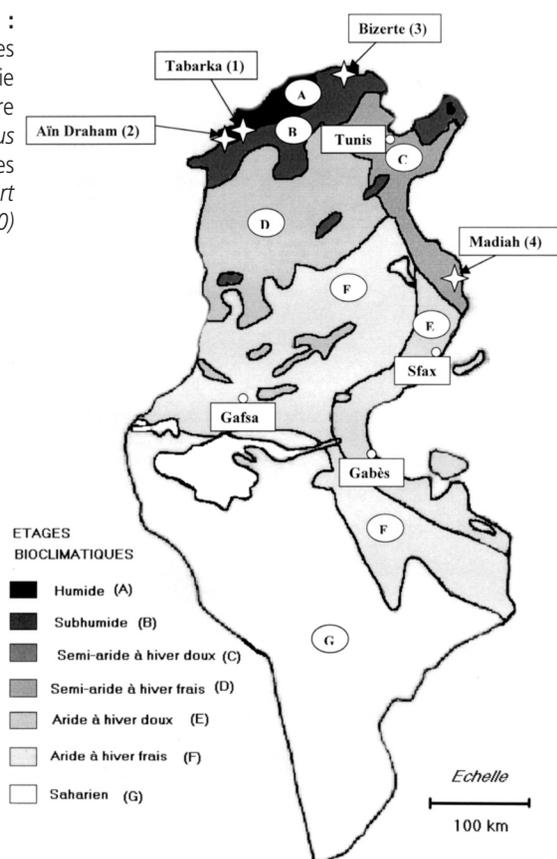
***L'objectif du travail présenté dans cet article est d'essayer de mettre en évidence, à partir de l'étude de quatre populations de pin pignon en Tunisie, la relation entre les variations de croissance radiale du pin pignon et les paramètres climatologiques : précipitations, températures. Les résultats de cette étude ont un intérêt tout particulier dans le contexte de changement climatique actuel, dont les effets seront particulièrement forts en région méditerranéenne.***

## Introduction

La dendroclimatologie est la discipline qui recherche les rapports des caractéristiques des cernes de croissance du tronc de l'arbre avec les facteurs climatiques (FRITTS, 1971, 1976 ; SCHWEINGRUBER 1983, 1988, SERRE-BACHET & BECKER, 1991, KAENNEL & SCHWEINGRUBER, 1995).

En Tunisie, les études dendroclimatologiques sont rares. En 1984, Akrimi, étudiant les relations entre production et sols dans la pineraie de Sakiet Sidi-Youssef (Tunisie septentrionale), a abordé la discipline lors de la détermination de la production de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Par la suite, dans une rétrospective sur la dendroclimatologie dans le bassin méditerranéen, Serre-Bachet (1985) mentionne le travail d'Aloui (1982) sur le chêne zeen (*Quercus canariensis* Willd.) et le pin maritime (*Pinus pinaster* Aiton) en Kroumirie (Nord tunisien). A notre connaissance, depuis les deux dernières décennies, aucune étude dendroclimatologique spécifique n'a été réalisée en Tunisie. Le pin pignon (*Pinus pinea* L.) n'a jamais fait l'objet d'étude de ce type. Il est apparu intéressant d'amorcer une étude dendroclimatologique de ce pin dont l'importance, en Tunisie, se manifeste par la place de choix qui lui a été accordée dans la stratégie nationale en matière de reboisement et de reforestation. Le pin pignon a été planté depuis l'année 1907 sur les dunes littorales au nord de la Tunisie à Bizerte et en 1930 dans les régions du Cap Bon et de Tabarka sur les dunes littorales à Mahdia (POUPON, 1970). De nos jours, il couvre une superficie d'environ 20 000 ha et occupe une bonne place dans les propriétés de la valorisation des productions forestières (DGF, 1995).

**Fig. 1 :**  
Carte des étages bioclimatiques de Tunisie et localisation des quatre populations de *Pinus pinea* L. étudiées (d'après le rapport de synthèse MEAT, 2000)



L'objectif du travail est d'essayer de mettre en évidence, à partir de l'étude de quatre populations réparties dans trois bioclimats (humide, subhumide, semi-aride), la relation entre les variations interannuelles de la croissance radiale du pin pignon et les paramètres climatiques (précipitations, températures) en Tunisie.

**Tab. I :**  
Principales caractéristiques des quatre populations de pin pignon étudiées en Tunisie

| Région    | Population | Altitude en m | Type de sol            | Etage bioclimatique | Nombre d'arbres | Nombre de carottes | Longueur de la chronologie maîtresse |
|-----------|------------|---------------|------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------------|
| Kroumirie | Aïn Draham | 800           | Flysch gréseux         | Humide              | 14              | 26                 | 1966-2001                            |
|           | Tabarka    | 10            | Sable dunaire gréseux  | Humide              | 15              | 28                 | 1956-2001                            |
| Mogods    | Bizerte    | 10            | Sable dunaire calcaire | Sub-humide          | 15              | 28                 | 1925-2001                            |
| Sahel     | Mahdia     | 10            | Sable dunaire calcaire | Semi-aride          | 10              | 17                 | 1970-2001                            |

## Matériels et méthodes

### Caractéristiques des populations étudiées

Quatre stations ont été retenues et, dans chacune d'elles, une population de pin pignon a été échantillonnée. Ces quatre stations (Tabarka, Aïn Draham, Bizerte, Mahdia) se répartissent le long de la côte, depuis Tabarka située à la frontière algérienne au nord-ouest jusqu'à la limite du désert à Mahdia sur la côte centre-est. Elles sont situées dans des zones bioclimatiques différentes : étage humide (Aïn Draham, Tabarka), étage sub-humide (Bizerte), étage semi-aride (Mahdia) (Cf. Fig. 1 et Tab. I). Les quatre populations appartiennent à des peuplements plantés depuis au moins 30 ans, la population la plus ancienne étant celle de Bizerte (plus de 75 ans). Parmi les populations situées à basse altitude (10 m), Bizerte (Cf. Photo 1) et Mahdia se développent sur des sables dunaires calcaires, Tabarka (Cf. Photo 2) sur sable dunaire gréseux. Aïn Draham, en altitude (800 m), se situe sur flysch gréseux (Cf. Tab. I).

### Acquisition des données cernes

En 2001, une douzaine d'arbres a été échantillonnée par population (soit en tout cinquante-quatre arbres) (Cf. Tab. I). Pour chaque arbre sélectionné, deux prélèvements à la tarière de Pressler ont été effectués à 1m30 du sol et, dans la mesure du possible, les arbres ont été carottés à cœur.

Plusieurs paramètres ont été mesurés au moyen d'un microdensitomètre optique (Walesh Electronic) :

– l'épaisseur du cerne (au 1/100<sup>e</sup> de millimètre) : épaisseur totale (Wtot), épaisseur du bois initial (Wini), épaisseur du bois final (Wfin),

– la densité du cerne : densité maximale du cerne (Dmax), densité minimale du cerne (Dmin), densité moyenne du bois initial (Dini), densité moyenne du bois final (Dfin).

La chronologie maîtresse d'une population est réalisée à partir de la moyenne de toutes les séries élémentaires d'une population, car elle minimise les variations propres à chaque arbre et dues aux phénomènes microstationnels (FRITTS, 1976, SCHWEINGRUBER, 1988).

Pour supprimer les variations à long terme liées aux facteurs bioécologiques, tel l'âge des individus et l'évolution du biotope et permettre ainsi la comparaison entre les chronologies maîtresses obtenues, une indexation a été faite. Cette indexation permet de réduire les fluctuations de basse et moyenne fréquences (GUIOT, 1981).

## Acquisition des données climatiques

Les données de quatre stations météorologiques, les plus proches géographiquement du lieu de prélèvement et d'altitude similaire à celle des populations échantillonnées, ont été retenues : précipitations mensuelles (P), températures minimales mensuelles (Tmin), températures maximales mensuelles (Tmax)



pour la période 1950-2001 des stations de Tabarka (altitude : 66 m), Aïn Draham (altitude : 739 m), Bizerte (altitude : 5 m) et Sfax (altitude : 21 m).

### Photo 1 :

A Bizerte, plantation de *Pinus pinea* L. sur dune littorale calcaire

Photo A. El Khorchani / M. Vennetier

## Relations cernes / climat : la fonction de réponse

Le terme « fonction de réponse » recouvre la notion de corrélation existant entre les facteurs climatiques mensuels, principalement pluviosité et température et les variations interannuelles des cernes.

Les études dendrochronologiques conduites au Maghreb ont utilisé pour le calcul de la fonction de réponse, la période annuelle dite « biologique » qui s'étend d'octobre de l'année n-1 à septembre de l'année n (SAFAR, 1994).

## Résultats

### Chronologies maîtresses

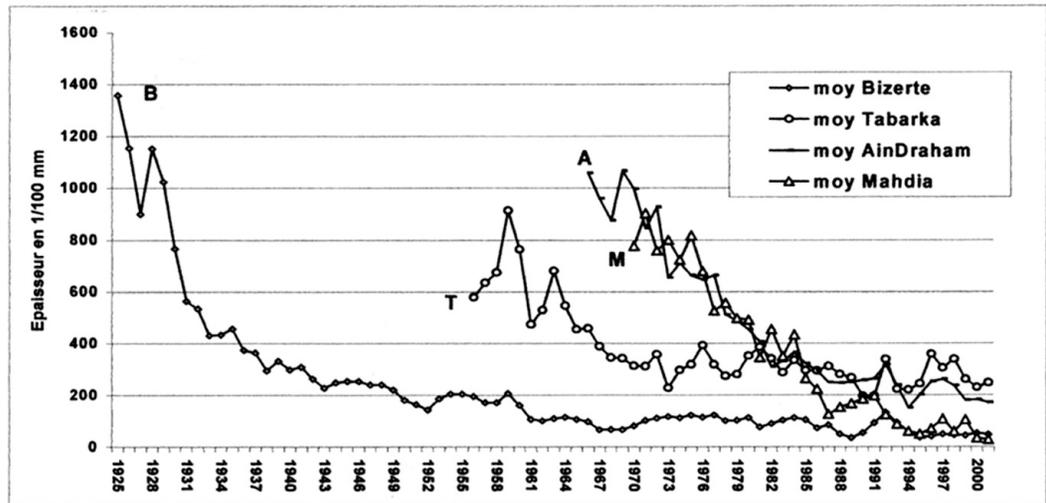
#### Séries d'épaisseurs brutes

Les quatre chronologies maîtresses réalisées à partir des épaisseurs brutes des cernes sont représentées dans la figure 2. La durée des chronologies varie de 32 ans (Mahdia : 1970 - 2001) à 77 ans (Bizerte : 1925 - 2001), elle est de 36 ans à Aïn Draham (1966-2001) et de 46 ans (1956-2001) à Tabarka. Les courbes des quatre populations montrent clairement la tendance âge, c'est-à-dire une décroissance de l'épaisseur des cernes au fur et à mesure que les arbres vieillissent et que la circonférence du tronc augmente (Cf. Fig. 2).

### Photo 2

A Tabarka : plantation de *Pinus pinea* L. sur dune littorale gréseuse

Photo A. El Khorchani / M. Vennetier



**Fig. 2 :**  
Chronologies maîtresses  
(épaisseurs brutes  
des cerne) des quatre  
populations  
de pin pignon.

1 - Densité initiale  
Fobs = 12,77 > F3,  
124 (0,95) = 2,68 ;  
Densité finale  
Fobs = 1,65 < F3,  
124 (0,95) = 2,68).

L'ANOVA (ANalysis Of  
Variance) : analyse de  
variance paramétrique.  
Cette analyse multifacto-  
rielle consiste à tester  
si les différences de  
variation dans chaque  
échantillon (suivant une  
loi normale) s'écartent  
de manière significative  
de la valeur 0.

Fobs : variable observée  
de SNEDECOR, calculée  
par l'analyse de variance  
des échantillons et  
permettant d'établir  
la fiabilité du résultat par  
comparaison avec une  
table de références (Table  
des valeurs théoriques de  
F, dites de SNEDECOR).

**Tab. II (ci-dessous) :**  
Densité moyenne du bois  
initial et du bois final  
(en kg/m<sup>3</sup> ± écart type)  
selon les quatre popula-  
tions de pin pignon  
étudiées en Tunisie

|              | Densité moyenne en kg/m <sup>3</sup> |          |            |            | F <sup>1</sup> | P <sup>1</sup> |
|--------------|--------------------------------------|----------|------------|------------|----------------|----------------|
|              | Bizerte                              | Tabarka  | Aïn Draham | Mahdia     |                |                |
| Bois initial | 595 ± 49                             | 553 ± 25 | 531 ± 24   | 568 ± 59   | 12.77          | 0.05           |
| Bois final   | 999 ± 76                             | 979 ± 32 | 975 ± 47   | 1008 ± 101 | 1.65           | 0.05           |

### Séries indicées

La comparaison des variations interannuelles sur les quatre courbes (Cf. Fig. 3) montrent un bon synchronisme des chronologies maîtresses entre Bizerte, Tabarka et Aïn Draham. Ces trois populations sont soumises à un climat humide ou subhumide avec en moyenne trois mois secs en été (Cf. Fig. 1 et Fig. 4). Mahdia, qui est la population la plus jeune et dont le climat (Cf. station de Sfax) est nettement différent de celui des trois autres stations : climat semi-aride avec une longue période de sécheresse pouvant durer jusqu'à huit mois, présente des variations de croissance interannuelles décalées dans le temps.

### Densité des cerne

Les densités moyennes du bois initial et du bois final calculées sur les années 1966-2001, période commune aux quatre populations, varient selon les populations, de 531 à 595 kg/m<sup>3</sup> pour le bois initial et de 975 à 1008 kg/m<sup>3</sup> pour le bois final (Cf. Tab. II). La densité moyenne du bois initial apparaît significativement différente selon les quatre populations, par contre, il n'y a pas de différence significative pour le bois final<sup>1</sup>.

### Relations cerne / climat : fonctions de réponse

Soixante-douze fonctions de réponse ont été calculées pour l'ensemble des quatre populations. Les réponses des différentes populations ne sont pas homogènes.

La population de Mahdia ne présente aucune réponse significative.

Bizerte et Tabarka présentent des réponses globales significatives pour l'épaisseur totale du cerne, l'épaisseur du bois initial, sa densité minimale et sa densité moyenne (Cf. Tab. III, pp. 224-225). Pour Aïn Draham, les réponses globales significatives sont obtenues seulement pour les épaisseurs initiale et finale. Quelle que soit la population, les réponses globales ne sont pas significatives pour les densités maximale, finale et moyenne.

Une analyse plus détaillée des résultats où les réponses globales sont significatives (au moins > 90 %) montre que les paramètres climatiques qui interviennent significativement le plus souvent sont : les paramètres mensuels pluviométriques, toujours plus significatifs que les températures quel que soit le couple examiné (Cf. Tab. III).

Les variables dépendantes les plus significatives sont :

– pour les précipitations : l'épaisseur du bois initial (Wini) et l'épaisseur du bois final (Wfin) ; l'épaisseur totale du cerne (Wtot) n'étant significative, positivement, qu'à Tabarka ;

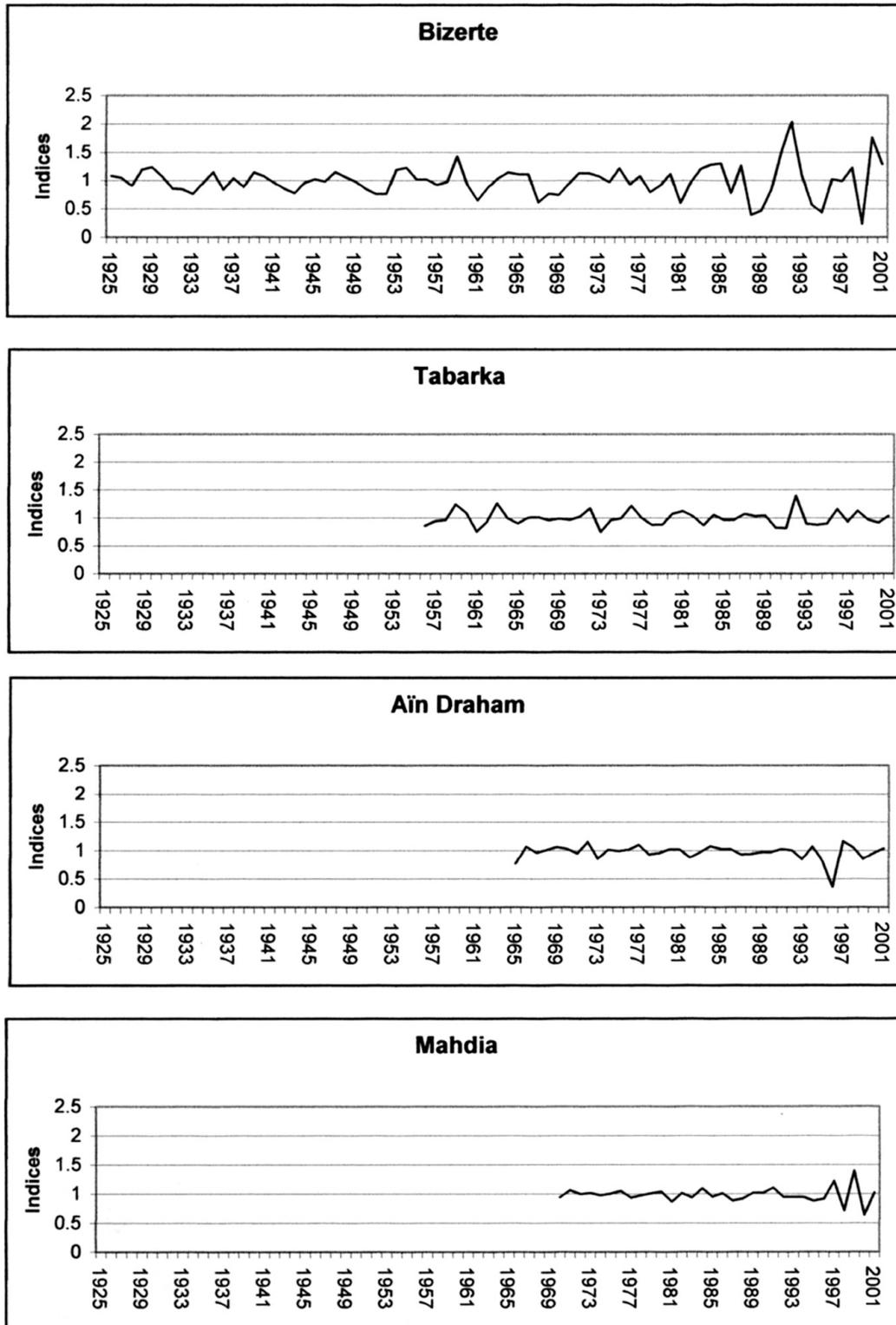
– pour les températures : l'épaisseur du bois initial (Wini) et la densité de celui-ci (Dini, Dmin).

## Discussion

La comparaison des réactions aux facteurs climatiques retenus met en évidence une absence de réponse fiable pour la population de Mahdia installée en zone semi-aride sur dune, les arbres sont probablement trop jeunes (30 ans) pour que l'approche dendrochronologique soit satisfaisante.

Les trois autres populations situées en climat humide et semi humide, âgées de plus de 50 ans ont donné des résultats statistiquement fiables.

Les deux populations installées en climat humide (Bizerte et Aïn Draham) diffèrent par le substrat sur lequel elles sont installées. Aïn Draham sur flysch gréseux semble



**Fig. 3 :**  
Chronologies maîtresses  
indiciées des quatre  
populations de pin  
pignon.

**Tab. III :**  
Fonctions de réponse  
significatives (avec  
valeurs codées)

Code /  
niveau de confiance :  
1 = 90 à 95 % = \*  
2 = 95 à 99 % = \*\*  
3 = > 99% = \*\*\*

SG = signification globale  
NS = non significatif

Wtot = épaisseur  
totale du cerne  
Wini = épaisseur  
du bois initial  
Wfin = épaisseur  
du bois final  
Dmin = densité  
minimale du cerne  
Dmax = densité  
maximale du cerne  
Dini = densité  
moyenne du bois initial  
Dfin = densité  
moyenne du bois final  
Dmoy = densité  
moyenne  
Fpart = proportion  
du bois final

B = Bizerte  
T = Tabarka  
A = Aïn Draham  
M = Mahdia

|                     |  | PRECIPITATIONS |   |   |   |   |   |   |    |    |   | TEMPERATURES |   |   |   |   |   |   |   |   |   | S.G. |   |   |   |     |
|---------------------|--|----------------|---|---|---|---|---|---|----|----|---|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|---|---|---|-----|
|                     |  | O              | N | D | J | F | M | A | M  | J  | J | A            | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J    | J | A | S |     |
| <b>Wtot + Ptmax</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                | 1 |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | **  |
| T                   |  |                |   |   |   |   |   |   | 3  | 3  | 2 | 1            | 1 | 1 |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *** |
| A                   |  | 3              | 1 |   |   |   |   |   | -1 | 1  | 3 |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Wtot + Ptmin</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| T                   |  | 1              |   |   |   |   |   |   |    | 3  | 3 | 2            | 1 | 1 | 1 |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *** |
| A                   |  | 3              |   |   |   |   |   |   |    | -1 | 3 |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Wini + Ptmax</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  | 2              |   | 2 |   |   |   |   | 2  | 2  |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *** |
| T                   |  | 2              |   |   |   |   |   |   |    | 3  | 3 |              |   | 1 |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *** |
| A                   |  | 2              |   |   |   |   |   |   |    | -1 | 2 |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    | 1  |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Wini + Ptmin</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  | 2              |   | 2 |   |   |   |   | 2  | 2  | 2 |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *** |
| T                   |  | 3              |   |   |   |   |   |   |    | 3  | 3 |              |   | 1 |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | **  |
| A                   |  | 2              |   |   |   |   |   |   |    | -1 | 2 |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *   |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    | 2  |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Wfin + Ptmax</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| T                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | **  |
| A                   |  | 2              | 2 |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *   |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    | 1  |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Wfin + Ptmin</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| T                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *   |
| A                   |  | 2              | 2 |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | **  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Dmin + Ptmax</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | **  |
| T                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *   |
| A                   |  | 3              |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Dmin + Ptmin</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | **  |
| T                   |  | -2             |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *   |
| A                   |  | 3              |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Dmax + Ptmax</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| T                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| A                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Dmax + Ptmin</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| T                   |  | 1              |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| A                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Dini + Ptmax</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | **  |
| T                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| A                   |  | 2              |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Dini + Ptmin</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | **  |
| T                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | *   |
| A                   |  | 2              |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| <b>Dfin + Ptmax</b> |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |     |
| B                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| T                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| A                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |
| M                   |  |                |   |   |   |   |   |   |    |    |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   | NS  |





Plus ces pluies sont abondantes plus l'accroissement radial de l'arbre est important. L'épaisseur du bois final est fortement corrélée aux précipitations des mois de juin, d'août et de septembre, quelles que soient les populations étudiées.

La densité minimale est limitée essentiellement par les températures maximales et minimales du printemps (mars, avril et mai). Elle est aussi très sensible aux températures minimales d'hiver (janvier, février).

La densité moyenne du bois dépend des conditions édaphiques de la population considérée. En effet, de faibles précipitations associées à des températures élevées accélèrent le phénomène d'évapotranspiration et entraînent une sécheresse édaphique. Le bilan hydrique de l'arbre devient négatif, l'élongation cellulaire est fortement réduite et simultanément, les parois s'épaississent et la densité augmente.

Le climat a donc un effet direct sur les processus de mise en place du cerne que sont la division et l'élongation cellulaires. Les précipitations jouent un rôle majeur sur les rythmes de la croissance radiale du pin pignon tout au long de la construction du cerne. Elles interviennent au niveau de la disponibilité en eau, principalement au printemps et au début de l'été, ce qui conditionne l'initiation ou non d'une phase de repos plus ou mois précoce.

## Bibliographie

- AKRIMI N. 1984 – Relations entre production et sols dans la pineraie de Sakiet Sidi-Youssef (Tunisie septentrionale). Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, Thèse de Doctorat es Sciences. 2 vol. 1 : 179 p.(texte), 2 : 115 p. (annexes).
- ALLOUI A. 1982 - Recherches dendroclimatologiques en Kroumirie (Tunisie). Université d'Aix-Marseille III, Thèse de Docteur Ingénieur. 2 vol. 1 : 109 p. (texte), 2 : 48 p. (cartes, figures et tableaux).
- CREBER G.T., CHALONER W.G. 1990 - Environmental influences on cambial activity. *In: The vascular cambium*, edited by M. Iqbal, Research Studies Press, Taunton, England, pp. 159-189.
- DIRECTION GENERALE DES FORETS (DGF) 1995 – Résultats du premier inventaire forestier national en Tunisie, Ministère de l'Agriculture : 88 p.
- EL KHORCHANI A., GADBIN-HENRY C., BOUZID S., KHALDI A. 2006 a – Impact de la sécheresse sur la croissance de trois espèces fores-

tières en Tunisie (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L., *Pinus pinaster* Sol.). *Sécheresse* (accepté 2006).

- EL KHORCHANI A. 2006 b – Approche dendrochronologique de l'influence des changements climatiques sur la productivité des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller) en Tunisie. Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, Thèse de Doctorat, 211 p.
- FRITTS H.C. 1971 - Dendroclimatology and Dendroecology. *Quaternary Research*, 1 (4) : 419-449.
- FRITTS H.C. 1976 - Tree rings and climate. London, New-York, San Francisco, Eds Academic Press, 567 p.
- GADBIN-HENRY C. 1994 - Etude dendroécologique de *Pinus pinea* L. - Aspects méthodologiques.-Marseille : Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, 80 p. (Thèse de Doctorat ès Sciences, spécialité Ecologie).
- GUIOT J. 1981 - Analyse mathématiques de données géophysiques, application à la Dendroclimatologie.-Louvain-la-Neuve : Inst. Astr. Geoph., UCL, Ph.D. thesis, 170 p. + 58 fig.
- KAENNEL M., SCHWEINGRUBER F.H. 1995 – Multilingual glossary of Dendrochronology. Terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNF, Birmensdorf – Paul Haupt Publishers, Berne-Stuttgart-Vienna, 467 p.
- NICAULT A., RATHGEBER C., TESSIER L., THOMAS A. 2001 – Observations sur la mise en place du cerne chez le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) : confrontation entre les mesures de croissance radiale, de densité et les facteurs climatiques. *Ann. For. Sci.*, 58 : 769-784.
- OBERHUBER W., STUMBOCK M., KOFLER W. 1998 - Climate tree-growth relationships of scots pine stands (*Pinus sylvestris* L.) exposed to soil dryness. - *Trees-Structure and Function*, 13 , n° 1, pp.19-27.
- POUPON H. 1970 - Sur la croissance de quelques espèces de pin dans ses rapports avec le climat du nord de la Tunisie. Paris, Faculté des Sciences d'Orsay, Thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, spécialité : Ecologie végétale , 129 p.
- SAFAR W. 1994 - Contribution à l'étude dendroécologique du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans une région semi-aride d'Algérie : l'Atlas saharien (Oued Nail – Aurès – Hodna). Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, Thèse de Doctorat en Sciences spécialité Ecologie, 215 p, annexes.
- SCHWEINGRUBER F.H. 1983 – Der Jahrring. Paul Haupt, Berne, Switzerland.
- SCHWEINGRUBER F.H. 1988 - Tree Rings. Basics and applications of Dendrochronology. - Dordrecht, Boston, Lancaster, Tokyo: D.Reidel publishing company (English edition), 276 p.
- SERRE-BACHET F. 1982 - Analyse dendroclimatologique comparée de quatre espèces de pins et du chêne pubescent dans la région de la Gardiole près de Rians. - *Ecologia Mediterranea*, VIII (3), pp. 167-183.

Ali THABEET\*  
Nicole DENELLE  
Ali EL KHORCHANI  
Claude GADBIN-HENRY  
IMEP - Institut méditerranéen d'écologie et de paléocécologie - UMR 6116 CNRS  
Case 451- Faculté des Sciences de Saint Jérôme- Université Paul Cézanne Aix-Marseille III  
52, Avenue Escadrille Normandie Niemen  
13397 Marseille  
cedex 20  
Mél : ali.thabeet@univ-cezanne.fr  
\* et Université Alep, Département d'Ecologie Forestière, Syrie

André THOMAS  
IMEP  
UMR 6116 CNRS  
Bâtiment Villemin  
Europole de l'Arbois  
BP 80 13545 Aix-en-Provence cedex 04

## Remerciements

Les auteurs sont reconnaissants à F. Guibal, M. Vennetier et à B. Vila pour leur aide et leurs conseils.

SERRE-BACHET F. 1985 - La dendrochronologie dans le Bassin méditerranéen. *Dendrocronologia*, 3 : 77-92.

SERRE-BACHET F. 1992 - Les enseignements écologiques de la variation de l'épaisseur du cerne chez le pin d'Alep. - *Forêt Méditerranéenne*, 13 (3), pp.171-176 .

SERRE-BACHET F., BECKER M. 1991 - Dendroécologie (dendrochronologie, dendroclimatologie, dendrochimie). In : « Les recherches en France sur les écosystèmes forestiers – Actualités et perspectives », Programme DEFORPA, Landmann G. (coordinateur).

## Résumé

---

La relation entre la croissance radiale annuelle du pin pignon (*Pinus pinea* L.) et le climat en Tunisie est étudiée sur quatre populations plantées réparties dans trois bioclimats : humide, sub-humide et semi-aride. Plusieurs paramètres « cerne » sont mesurés : d'une part, les épaisseurs du bois initial, du bois final et du cerne annuel, d'autre part, les densités moyenne, initiale, finale, minimale et maximale du bois. Les mesures sont réalisées avec un microdensitomètre Welsh Electronic 2003. Les paramètres climatiques pris en compte associent les valeurs mensuelles des précipitations et des températures minimales et/ou maximales. La relation cerne-climat est établie par le calcul de soixante douze fonctions de réponse (régressions multiples orthogonalisées).

Les fonctions de réponse obtenues sur les chronologies les plus longues, situées en bioclimat subhumide (Bizerte, 77 ans) et humide (Tabarka, 46 ans et Aïn Draham, 36 ans), sont seules globalement significatives. Les régresseurs pluviométriques mensuels sont les plus déterminants.

Mots-clés : dendroclimatologie - *Pinus pinea* L. - Tunisie - croissance radiale – densitométrie – fonction de réponse - bois initial - bois final.

## Summary

---

Relationship between annual radial growth of the umbrella pine (*Pinus pinea* L.) and the climate in Tunisia is studied on four planted populations distributed in three bioclimats: wet, sub-wet and semi-arid. Several parameters "tree-ring" are measured: on the one hand, widths of early wood, late wood and the annual ring, on the other hand, the densities of wood : average, initial, final, minimal and maximal. Measurements are carried out with a Welsh Electronic 2003 microdensitometer. The climatic parameters taken into account associate the monthly values of precipitations and the minimal and/or maximal temperatures. The relationship tree-ring/climate is established by the calculation of sixty two response functions (orthogonalized multiple regressions).

The response functions obtained on the longest chronologies located in bioclimat subhumide (Bizerte, 77 years) and wet (Tabarka, 46 years and Aïn Draham, 36 years) are significant. The monthly pluviometric predictors are the most determining.

Keywords : dendroclimatology - *Pinus pinea* L. - Tunisia – radial growth – densitometry – response function – early wood – late wood

## Riassunto

---

La relazione tra l'accrescimento radiale annuale del pino da pinoli (*Pinus pinea* L.) ed il clima in Tunisia è stato studiato su quattro popolazioni piantate che crescono in tre « bioclimi » : umido, subumido e semiarido. Sono stati misurati molti parametri del cerchio : da un lato, gli spessori del legno iniziale, del legno finale e del cerchio annuale, dall'altro, le densità medie, iniziali, finali, minime e massime del legno. Le misure sono state realizzate con un microdensitometro Welsh Electronic 2003. I parametri climatici esaminati associano i valori mensili delle precipitazioni e delle temperature minime e/o massime. La relazione cerchio-clima è stata stabilita sulla base del calcolo di settantadue funzioni di risposta (regressioni multiple ortogonali).

Le funzioni di risposta ottenute sulle cronologie più lunghe, situate in « bioclima » subumido (Biserta, 77 anni) ed umido (Tabarka, 46 anni ed Aïn Draham, 36 anni), sono le uniche globalmente significative. I regressori pluviometrici mensili sono i più caratterizzanti.

Parole chiavi : dendroclimatologia - *Pinus pinea* L. - Tunisia - accrescimento radiale – densitometria – funzione di risposta - legno iniziale - legno finale