MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS

2014 Época II N° 25

COMITÉ CIENTÍFICO:

G. U. CARAVELLO

S. G. CONARD

A. FARINA

A. FERCHICHI

A. A. RAMOS

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante
Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias

Revista electrónica anual

COMITÉ CIENTÍFICO:

S. G. CONARD. USDA Forest Service. Riverside. U.S.A.
A. FARINA. Lab. Ecología del Paisaje. Museo Historia Natural. Aulla. Italia.
A. FERCHICHI. I.R.A. Medenine. Túnez.
G. U. CARAVELLO. Istituto di Igiene. Università di Padova. Italia.
A. A. RAMOS. Dep. CC. Del Mar y Biología Aplicada. U.A. España.

COMITÉ EDITORIAL:

V. Peiró, A. Pastor-López, E. Seva. U.A.

DIRECCIÓN:

Eduardo Seva. Instituto Interdisciplinar para el Estudio del Medio «Ramón Margalef»
(IMEM). Universidad de Alicante.

SECRETARÍA:

Victoriano Peiró (V.peiro@ua.es). Gestor Jefe: Gema Iglesias (gema.iglesias@ua.es).
IMEM. Universidad de Alicante.

EDITA:

Servicio de Publicaciones. Universidad de Alicante.
<http://publicaciones.ua.es>

CORRESPONDENCIA:

Instituto Interdisciplinar para el Estudio del Medio «Ramón Margalef» (IMEM)
Ap. 99 - 03080 Alicante. España.
Teléfono de Secretaría: +34965903400, ext. 1184
Fax: Rev. Mediterránea. IMEM. +34965909873

I.S.S.N.: 0210-5004

Depósito Legal: A-1059-1984

Maquetación:

Marten Kwinkelenberg

Notas para los autores

Los trabajos versarán sobre aspectos de ecología, recursos naturales, paisaje, gestión ambiental, en los ecosistemas de la cuenca mediterránea.

Los manuscritos mecanografiados a doble espacio y por una sola cara se enviarán a la dirección del **Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio «Ramón Margalef» de la Universidad de Alicante (IMEM), Ap. 99 (03080 Alicante, España) —RevistaMediterranea—**. Los autores deberán enviar original y dos copias, así como en CD compatible en programas de tratamiento de texto WORD.

LENGUA: Redactados en español, inglés, francés o italiano.

NOMBRE DE AUTORES: Apellidos y nombres sin abreviaciones.

DIRECCIÓN: Dirección profesional (Organización, Centro de Investigación, Universidad,...) teléfono, telefax, dirección electrónica.

TÍTULO: conciso y completo, sin abreviaciones (max. 60 espacios).

RESÚMEN: Después del título, un resumen en inglés y otro en francés, de 1500 espacios como máximo, independientemente de la lengua utilizada en el texto del trabajo

PARÁGRAFOS: El manuscrito debe respetar el siguiente orden: (contenido) introducción sin título, párrafos con títulos cortos (max. 50 espacios), conclusiones, agradecimientos (si procede), referencias bibliográficas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: Obligatorias para las publicaciones citadas en el texto, que irán en mayúscula. Las referencias de información no publicada (informes, comunicación personal...) se incluyen en el texto entre paréntesis. La bibliografía se presentará según los modelos siguientes:

GOSZ, J.R. and SHARPE, J.H. 1989. Broad-scale concepts for interactions of climate, topography, and biota and biome transitions. *Landscape Ecology* 3:229-243.

PIANKA, E. 1986. *Ecology and natural history of desert lizards*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

GOLDSMITH, V. 1979. Coastal dunes. In: R.A. Davis (ed.), *Coastal sedimentary environments*. New York:Springer-Verlag.

CORRECCIÓN DE PRUEBAS: Será realizada por la redacción de la revista, aunque los autores deben enviar un texto muy claro y definitivo. Si se hallan deficiencias notorias en el texto, el trabajo será remitido a los autores de inmediato.

TABLAS: Cada tabla en página por separado, numeradas siguiendo el orden de aparición en el texto y llevarán leyenda. El método de escritura admitido puede ser WORD o EXCEL.

GRÁFICAS y DIBUJOS: Presentados en papel blanco no reciclado, exclusivamente en blanco y negro. Las láminas en color deberán ser costeadas por los autores. Gráficas y dibujos deben ser presentados de forma que, modificando su dimensión, no se vea modificada su comprensión. Deberán acompañar las leyendas al gráfico, suficientemente grandes e incluidas en la caja del mismo. Es obligatorio acompañar archivo en el disco compatible y formato TIF o JPGE.

ILUSTRACIONES: Las fotografías, separadas del texto, con leyenda y número de orden, posición en el texto, etc.

NOTAS: Excepcionalmente se incluirán notas a pie, pero éstas deben ir en hojas separadas y debidamente numeradas.

EXTENSIÓN: El texto comprenderá una extensión de 5 (min.) a 25 (max.) páginas dactilomecanografiadas. El número de gráficos, dibujos y fotografías debe ser proporcional al tamaño del texto.

La dirección de la revista se reserva el derecho de revisar los trabajos presentados con el fin de adaptarlos a la publicación.

<http://publicaciones.ua.es>

Notes for the authors

SUBJECTS

Ecology

Natural Resources

Landscape

Environmental Management

Manuscripts typed on duplicate on one side of the sheet only, should be sent to the magazine direction: **Mediterranea. Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio «Ramón Margalef» (IMEM). Universidad de Alicante. Ap. 99 (03080 Alicante) Spain.** All authors are kindly requested to send their papers in writing, but namely on compatible CD, using WORD program. Every paper should conform to the following rules:

LANGUAGE: Spanish, English, French or Italian.

NAME OF THE AUTHORS: Preceded by the full first name without abbreviations.

ADDRESS: Institutional address of author(s) (Institutions, Research Centre, University), telephone, fax, electronic adress..

TITLE: Concise but detailed enough, without abbreviations (max. 60 strokes).

ABSTRACTS: In English and French, whatever it might be the language of the paper. The lenght should not exceed 1500 strokes.

PARAGRAPHS: Should be arranged as follows: (contents) introduction without title, paragraphs with short titles (max. 50 strokes), conclusions, acknowledgments (if required), references.

REFERENCES: Should include only publications mentioned in the text. References to unpublished informations (reports, personal communications, etc.) should be included between parentheses in the text. The bibliography should be presented in conformity with the following patterns:

GOSZ, J.R. and SHARPE, J.H. 1989. Broad-scale concepts for interactions of climate, topography, and biota and biome transitions. *Landscape Ecology* 3:229-243.

PIANKA, E. 1986. *Ecology and natural history of desert lizards*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

GOLDSMITH, V. 1979. Coastal dunes. In: R.A. Davis (ed.), *Coastal sedimentary environments*. New York:Springer-Verlag.

CORRECTIONS TO THE PROOF: Will be done by the editorial staff. Authors are kindly requested to submit a clear and final paper.

TABLES: Each table should be on a separate sheet, numbered consecutively, with a legend. The writing method admitted is WORD, EXCEL..

GRAPHICS AND DRAWINGS: Separated from the text, should be lettered on white or glossy paper, in black and white in compatible disks TIF or JPGE format. They should be clearly “constructed”, with sufficiently big letters within the block of the graph.

ILLUSTRATIONS: Photographs should be numbered and lettered.

NOTES: They should be numbered and referred to in the text. They should be compiled on separate sheets.

LENGHT: Preferably between 5 (min.) and 25 (max.) typed pages. The number of illustrations, tables and graphs should be proportional to the lenght of the text.

The articles are reviewed by the editorial staff to be conformed for their publication.

<http://publicaciones.ua.es>

La ecología del paisaje es una rama reciente de la ecología que ofrece teoría y métodos para explicar las dinámicas ecológicas de grandes áreas y abre nuevas perspectivas sobre los problemas relacionados con la gestión de los ecosistemas y la planificación del uso del territorio. La atención de la ecología del paisaje se centra en la identificación de las causas y las consecuencias de la heterogeneidad espacial, que es fruto de complejas interacciones entre la biota y el ambiente, además de en la actividad humana que ha contribuido desde tiempos prehistóricos a los cambios del paisaje y es responsable actualmente de profundas y repentinas alteraciones. El punto de vista de la ecología del paisaje integra el contexto natural con el contexto humano y centra su atención en lo que Almo Farina denomina “el

mundo real”, es decir, en las interacciones entre procesos naturales y procesos antrópicos. Los ambientes influidos por el hombre han sido durante largo tiempo cosecha ignorada por los ecólogos porque resultaban poco atractivos desde el punto de vista naturalista; sin embargo son precisamente los “paisajes culturales” (es decir, áreas moderadamente modificadas por el hombre que comprenden elementos naturales) los que proporcionan la clave para la comprensión de los procesos que llevan a la integración entre las realidades naturales y la realidad humana.

Almo Farina está profundamente convencido de que el conocimiento de los procesos que rigen la presencia, la distribución y la abundancia de especies en los ambientes modificados sugerirá al ser humano nuevos caminos que garantizarán un desarrollo de la sociedad humana compatible con las capacidades que emergen de los sistemas naturales.

La convicción de que la ecología del paisaje es un potente instrumento de integración de las teorías ecológicas dentro de la dimensión humana confiere al autor de este texto una carga de entusiasmo que se traduce en una presentación apasionante de la disciplina. Al interés intrínseco de los argumentos cabe añadir: a) la simplicidad del lenguaje específico que facilita la comprensión; b) una serie de ejemplos de muchas de ellas referidas a los ambientes montañosos de los Apeninos donde el autor ha realizado gran parte de sus investigaciones) que esclarecen el corpus doctrinal presentado pero que, en definitiva, son puramente mediterráneos; c) la continua referencia a los argumentos relacionados y a sus aplicaciones.

Una excelente publicación de ecología espacial de la Universidad de Alicante

**BELLIFA, Mohammed; BENCHERIF, Kada;
LATREUCHE, Belarouci Noureddine**

**Impact de l'âge et des variations
pluviométriques sur la croissance du pin
d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) :
Cas du peuplement artificiel de la forêt
domaniale de Tlemcen. (Algeria)**

Portada

Créditos

Résumé	143
Introduction.....	145
Zone d'étude.....	146
Matériel et méthodes.....	148
Résultats et discussions.....	152
Méthodes des écarts relatifs de croissance (ERC)	155
Analyse statistique.....	157
La tendance des précipitations.....	161
Conclusion.....	167
Bibliographie.....	168
Notas	170

Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) : Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de Tlemcen. (Algeria)

BELLIFA, Mohammed (1); BENCHERIF, Kada;
LATREUCHE, Belarouci Nouredine

Résumé

La comparaison des résultats de l'analyse dendrochronologique et dendroclimatologique du Pin d'Alep de la forêt domaniale de Tlemcen a été réalisée en conditions stationnelles particulières. L'analyse de la croissance des cernes annuels et des rapports des écarts relatifs des cernes successifs montrent une nette tendance régressive chez les arbres jeunes. La sensibilité moyenne (SM) et les coefficients d'inter datation (SR) respectifs aux jeunes arbres et aux plus

âgés confirment la dépendance assez forte des premiers aux facteurs climatiques particulièrement à la pluviométrie. Les résultats de ce travail ont permis d'établir une relation pluviométrie / accroissement radial en fonction de l'âge de leur formation. Ainsi, il est établi qu'à partir de ces résultats particulièrement ceux des valeurs des sensibilités moyennes (SM) que les conséquences probables des variations climatiques influentes sensiblement sur les jeunes sujets. Aussi pour éviter les changements d'ordre physio biologiques liés au vieillissement des arbres, il est préférable de comparer les cernes sur une période de 40 à 50 ans comme c'est le cas des six échantillons choisis dans la zone d'étude.

Mots-clés : Pin d'Alep, Cerne annuel, Accroissement radial, Ecart relatif, Sensibilité moyenne, Profil d'inter datation, Synchronisation.

Abstract

The comparison of the results of both dendroclimatic and dendrochronological analysis of the Aleppo pine in the state forest of Tlemcen (north of Algeria) has been achieved in particular site conditions. The analysis of the growth of the annual rings and the reports of the relative gaps of the successive rings shows a clear regressive trend at the young trees. The average sensitivity (AM) and the respective coefficients of the

Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) : Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de Tlemcen. (Algeria)

inter-dating (SR) to the young trees and to the most aged confirm an enough strong dependence of the first especially to the climatic factors, especially the precipitations. The results of this work permitted to establish a relation between radial growth and precipitations according to the age of the rings formation. Thus, it is established that from these results, particularly from the mean sensibilities (SM) values, that the climatic variations influence appreciably on the young trees. So to avoid the biological and physiological changes linked to the ageing of the trees, it is preferable to compare the rings on a 40 to 50 years period as it is the case of the six selected samples in the survey zone.

Key-words: Aleppo pine, annual ring, radial growth, relative deviation, mean sensibility, inter dating profile, synchronization

Introduction

Dans les régions du sud de la méditerrané caractérisées par deux saisons, l'une froide et humide, l'autre chaude et sèche, l'ensemble des végétaux ligneux pérennes particulièrement les arbres développent chaque année un anneau de croissance qui par son caractère annuel indique la date de sa formation. Aussi par la variation de l'épaisseur

d'une année à une autre, le cerne de croissance permet d'évaluer les changements du milieu ayant été les causes de ces variations, parmi lesquelles figurent les facteurs climatiques, particulièrement les précipitations et les températures. Les végétaux évoluant dans ce type de climat sont plus sensibles au bilan hydrique, les températures n'agissent que sur le démarrage de l'activité biologique (CHERUNINI *et al.*, 2003).

Le but de ce travail est de déterminer l'impact des facteurs climatiques sur la croissance radiale d'un peuplement issu d'un reboisement I de pin d'Alep. L'objectif attendu est la détermination du degré d'influence de la pluviométrie par périodes fixes sur l'accroissement radial périodique et de définir la tranche d'âge la plus exposée aux variations des précipitations.

Zone d'étude

La forêt domaniale de Tlemcen située au nord ouest de l'Algérie est le résultat d'une substitution d'un matorral de *Quercus rotundifolia* et de *Juniperus Oxycedrus* par une plantation de *Pinus halepensis* dont les premiers travaux ont été entrepris à partir de 1890. L'objectif de ce reboisement était en premier lieu de créer un espace à des fins de loisirs et dans un deuxième temps de protéger la ville située en aval contre

Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) : Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de Tlemcen. (Algeria)

les effets de l'érosion hydrique en cas de fortes intensités pluviométriques.

La configuration générale du terrain constitué par de nombreux affleurements rocheux a poussé les initiateurs de ce

Photo 1 : Vue de la ville de Tlemcen à partir de la forêt de Tlemcen.
L'arbre de gauche représente l'échantillon 4.

projet à préconiser la confection de pôtets assez grands avec un apport systématique de terre végétale. La forêt est orientée au nord (nord-nord ouest et nord-nord est). Pour toutes ces raisons d'uniformité des facteurs écologiques et de la disponibilité des données météorologiques, cette forêt a été choisie comme zone d'étude.

L'objectif attendu est la détermination du degré d'influence de la pluviométrie par périodes fixes sur l'accroissement radial périodique et de définir la tranche d'âge la plus exposée aux variations des précipitations.

Matériel et méthodes

Le choix des arbres échantillons est fait d'une manière aléatoire sur les trois niveaux de la forêt sur un même axe nord-sud, le premier est situé en amont, le second au centre et le troisième à l'aval. Les arbres près des sources ou présentant un aspect particulier (fourchus ou penchés) ont été évités.

Tableau I

Préparation des échantillons

Trois prélèvements de carottes de bois à l'aide de la tarière de Pressler sur les six échantillons à 120°C l'un de l'autre ont été effectuées. L'opération d'extraction de ces sondages a

**Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la
croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) :
Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de
Tlemcen. (Algeria)**

N° Arbre Age	Hauteur	Diamètre 1,30m	Surface houppier	Exposition	Densité
1 33	17	64	30m ²	Nord-est	130
2 39	16	63	41m ²	Nord-est	253
3 45	18	73	35m ²	Nord-Nord- est	212
4 37	17	70	72m ²	Nord	254
5 45	14	49	26m ²	Nord-ouest	413
6 45	15	42	25m ²	Nord-ouest	420
7 37	13	30	29m ²	Nord	430
8 131	21	78	75m ²	Nord-ouest	Particulier

Tableau I : Caractéristiques des arbres échantillons

été faite en Janvier 2007, donc le cerne de l'année 2006 est pris comme point de départ pour les mesures de la largeur des cernes effectuées de l'écorce vers le centre. Le même procédé est appliqué sur les deux sections (photo 3), au total 8 arbres ont fait l'objet de mesure et d'analyse.

Photo 2 : Carottes de bois après polissage.

Photo 3 : Présentation des deux sections.

Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) : Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de Tlemcen. (Algeria)

Après l'extraction, les échantillons sont placés dans des baguettes en bois où des fissures au milieu et de même diamètre ont été pratiquées (photo 2). Ce mode d'emploi est conçu pour éviter que les échantillons ne se tordent. Ceux qui présentaient des anomalies liées à l'orientation de l'axe vers le cœur n'ont pas été pris en compte. La limite du rayon est définie par le changement de l'orientation des arcs de croissance.

Méthodes de détermination de la largeur des cernes

Après les opérations de préparation des échantillons, les distances séparant le centre du premier cerne près du cœur à la limite extérieure du dernier cerne situé près de l'écorce de chaque échantillon ont fait l'objet de mesures systématiques. Ensuite la détermination des largeurs de l'ensemble des cernes est faite à partir de l'analyse des mesures manuellement sur le banc de l'appareil LINTAB associé à un enregistreur automatique. La somme des mesures des cernes a donné une valeur très proche de la mesure du segment séparant le centre et la limite extérieure

La méthode des écarts relatifs des cernes (ERC) (LEBOURGEOIS ,1997) a été choisie dans le but de représenter les écarts entre les cernes successifs pour ensuite les comparer

avec ceux des précipitations correspondantes aux mêmes années. La première étape est de déterminer les années caractéristiques pour aboutir à l'élaboration de la synchronisation finale ; la deuxième étape consiste au calcul des sensibilités moyennes (SM) et des profils d'inter datation (SR). (RICHTER et ECKSTEIN, 1990).

Résultats et discussions

Méthode des écarts de croissance

Les séries individuelles des cernes sont inter datées par confrontation visuelles des courbes des largeurs. Cette phase qui consiste à établir un graphe avec l'âge en abscisse et la largeur moyenne du cerne en ordonnée a permis l'élaboration du profil d'inter dation provisoire (Figure n°1).

La représentation graphique montre l'effet de l'âge sur la variation de la croissance radiale (A.R). En effet, cette variation est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs liés à la compétition interspécifique. Les années caractéristiques négatives sont représentées par les creux des courbes et les années positives par les sommets. La figure n°1 montre que l'échantillon 6 présente 10 années caractéristiques négatives sur un total de 45 ans soit 22% qui sont les années : 1964 1968 1974 1982 1984 1992 1994 1997 1999 et 2002.

Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) : Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de Tlemcen. (Algeria)

Figure 1: inter datation provisoire

Les mêmes observations ont été faites sur l'ensemble des échantillons où les années caractéristiques négatives représentent 80% et les années positives 87% en moyenne par rapport à la courbe de référence. Ce résultat nous amène à déduire que sous l'influence de l'âge et dans les mêmes conditions de milieu les arbres réagissent de la même manière en générale. La différence réside dans le potentiel génétique propre à chaque sujet et dans les conditions de compétition dans lesquelles il s'est développé (GADBIN-HENRY, 1994).

La relation de l'accroissement radial annuel et l'âge correspondant est défini par la tendance négative de la droite de régression $y = 349 - 4,98x$ (figure 2) et un coefficient de corrélation égal à $-0,889$. Par contre l'accroissement de la surface terrière (S.T) augmente avec l'âge. Avec un rayon de même valeur, on a une surface terrière plus grande si on s'éloigne du centre (figure 2). Cette évolution de la croissance de la surface terrière régresse à partir de 70 ans (figure n°3).

Figure 2 : Evolution de l'accroissement radia moyen annuel.

Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) : Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de Tlemcen. (Algeria)

Figure 3 : Evolution de la surface terrière moyenne annuelle

Méthodes des écarts relatifs de croissance (ERC)

Cette méthode permet d'évaluer le rapport de la croissance des cernes successifs soit de l'année n et celle de l'année $n-1$. (BECKER, 1989)

$$ERC = 100 \times [ln - (ln-1)]/ln-1$$

Une moyenne des ERC est ensuite calculée pour chaque date disponible, on obtient alors une valeur moyenne de l'évolution de la croissance radiale entre deux cernes consé-

cutifs pour l'ensemble des échantillons. Une année est considérée comme caractéristique quand l'écart relatif moyen est au moins égal à 10%. Cette différence est positive dans le cas d'une forte croissance et négative dans le cas contraire ; avec au moins 70% des arbres échantillons présentant le même comportement pour le cerne correspondant. (Schulman, 1966)

La représentation des histogrammes des différents échantillons montre la répartition des différents rapports des écarts relatifs correspondants (figure 4).

Figure 4 : Répartition des écarts relatifs de la croissance radiale

Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) : Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de Tlemcen. (Algeria)

Figure 5 : Relation entre les écarts relatifs de l' accroissement radial moyen annuel

Analyse statistique

Largeur moyenne, écart type et coefficient de variation

L'accroissement moyen annuel (mm/an) et l'écart type des largeurs des cernes sont calculés pour chaque arbre sur la base des chronologies individuelles ainsi que sur la chronologie de référence ou chronologie maitresse.

Ces deux valeurs nous permettent de déterminer le coefficient de variation qui traduit l'écart relatif des valeurs par rapport à la moyenne.

Sur l'ensemble des 485 cernes mesurés, des rapports entre les cernes de l'année $[I_n - I_{(n-1)}] / I_{(n-1)}$ ont été calculés pour chaque échantillon. Ils sont ensuite comparés les uns aux autres en fonction de l'âge de formation de chaque cerne pris individuellement. Ces rapports sont soit négatifs pour les années de sécheresse soit positifs pour les années pluvieuses.

On remarque à partir du tableau II que l'écart type est inversement proportionnel à l'âge des échantillons.

Ecart types et coefficients de variation			
Echantillon	Ecart type	moyenne	Coefficient de variation %
1 (33ans)	117,81	288	40,90%
2 (39 ans)	86,57	287	29,96
3 (45 ans)	58,46	261	22,39%
4 (37 ans)	85,88	158	54,35%
5 (45 ans)	20,32	226	8,99%
6 (45 ans)	48,49	137	35,39%
8 (131 ans)	2,59	291	0,89%

Tableau II : Représentation des paramètres statistiques

Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) : Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de Tlemcen. (Algeria)

La sensibilité moyenne

La moyenne sensibilité définit la variation moyenne entre deux épaisseurs annuelles successives (DOUGLASS, 1937). Elle exprime l'ampleur des changements affectant à court termes l'épaisseur des cernes et varie de 0 pour deux cernes successifs égaux à 2 lorsque l'épaisseur de l'un d'entre eux est nulle. La sensibilité moyenne caractérise la dépendance des arbres des facteurs climatiques et s'exprime par le rapport (FRITTS, 1976) :

$$SJ = (1/N-1) \times \sum 2(x_{t+1} - x_t) / (x_{t+1} + x_t) \quad X_t = \text{cerne de l'année } t$$

$$X_{t+1} = \text{cerne de l'année } x_t + 1 \quad N = \text{nombre d'années.}$$

Les facteurs climatiques saisonniers par leur variation influent sur la réaction des arbres qui agissent en fonction d'un certain degré de sensibilité (SM) (RICHTER et ECKSTEIN, 1990). Cette influence se répercute sur la largeur du cerne annuel de croissance. Cette dépendance se caractérise par le calcul de la sensibilité moyenne (SM) représentée par le rapport des écarts relatifs pour deux cernes successifs. Ce rapport reflète l'influence des variations climatiques interannuelles sur la croissance radiale (DOUGLASS, 1937)

Le coefficient d'inter datation

Le coefficient d'inter datation SR est le rapport de la sensibilité de la chronologie maitresse (SMcm) à la moyenne des sensibilités calculées sur les séries élémentaires (SMse) correspondantes.

Les valeurs les plus proches de 1 expriment un parfait synchronisme ; elles dépendent aussi de la taille des échantillons. Pour un groupe de N séries, une valeur de SR égale à $1 / \sqrt{N}$ correspondrait à des séries dont les épaisseurs des cernes varieraient de façon aléatoire (Vissier, 1995).

La confrontation de ces deux paramètres (SM et SR), permet d'apprécier l'intensité du mode de réponse des arbres au facteur climatique (Munaut, 1966). La combinaison « faible sensibilité moyenne et fort coefficient d'inter datation » exprime une homogénéie des arbres aux facteurs climatiques (NE-FAOUI, 1996). Par contre, une forte sensibilité moyenne couplée à un faible coefficient d'inter datation signifie une faible influence du climat sur la croissance radiale; DESPLANQUE et al., 1998).

Les arbres les plus jeunes : échantillons 1,2 et 4 semblent les plus sensibles aux influences du climat local avec une sensibilité moyenne assez grande comprise entre 0,90 et 0,60 et

**Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la
croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) :
Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de
Tlemcen. (Algeria)**

SM1	0,90	SR1	0,15
SM2	0,90	SR2	0,15
SM3	0,40	SR3	0,33
SM4	0,60	SR4	0,22
SM5	0,40	SR5	0,33
SM6	0,40	SR6	0,33
SMmoy	0,13	SRmoy	0,25

Tableau III : Valeurs respectives des S.M et S.R

un coefficient d'inter datation moyen faible d'une valeur de 0,15 à 0,22.

Les échantillons 3, 5 et 6 soit les plus âgés expriment leur dépendance relative faible du climat local par l'expression de leurs valeurs respectives des SM égales à 0,40 et 0,15 et des SR à 0,33 et 0,80. Par ces valeurs des trois échantillons de même âge, il est possible de déduire que jusqu'à 40 ans l'arbre est plus sensible aux variations du climat, mais cette sensibilité diminue considérablement avec l'âge où on enregistre une très faible sensibilité égale à 0,15 chez l'arbre 8 âgé de 121 ans (tableau III).

La tendance des précipitations

L'analyse de la répartition des précipitations sur les 23 dernières années (de 1981 à 2003) montre que seulement 6 an-

Figure 6 : Répartition de la pluviométrie moyenne annuelle de 1961 à 2003

nées ont des valeurs égales ou supérieures à la moyenne qui est de 628,86mm/an (6/23) soit 26%. Par contre ce rapport est beaucoup plus important durant la première période de 1961 à 1980 soit 65%. (Figure 6)

Cette tendance générale à la baisse des précipitations influe négativement sur les jeunes arbres à partir de 33 ans comme cela a pu être observé sur les échantillons 1,2 et 4 (Figure7). Alors chez les sujets âgés l'impact de ces variations de l'un des facteurs climatique en l'occurrence les précipitations est moins ressenti du fait de la tendance régressive de la croissance à partir de 70 ans.

Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) : Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de Tlemcen. (Algeria)

Figure 7 : Répartition de l'accroissement radial moyen annuel de 1961 à 2003

Les années de sécheresse ayant marqué la zone d'étude plus particulièrement les plus récentes, ont eu un effet plus négatif sur les tranches d'âge 30 à 70 ans. Par contre, jusqu'à 30 ans les arbres bénéficient d'un accroissement juvéniles assez conséquent.

Le coefficient du sens de variation entre les écarts relatifs des accroissements radiaux moyens et de la pluviométrie est de 52,5.

Pour plus de précision, le calcul du coefficient de corrélation semble important car il tient compte de la valeur effective des variations.

On remarque que seuls les échantillons 2, 3 et 4 présentent entre eux des coefficients de corrélation significatifs ; par contre, l'ensemble à l'exception des plus âgés (8 et 6) et du plus jeune (1) ont des coefficients significatifs avec la pluviométrie moyenne annuelle.

La relation entre les accroissements annuels et la pluviométrie correspondante ne semble pas établie à titre individuel. Ceci nous amène à déduire que la croissance est dépendante de plusieurs facteurs interspécifiques dus à l'environnement immédiat tels que la densité, les traitements sylvicoles, les attaques parasitaires, la station ainsi qu'aux facteurs intra spécifiques liés principalement au potentiel génétique individuel (MESSAOUDÈNE et TESSIER, 1997).

Les valeurs de la sensibilité moyenne (SM) variant de 0,90 à 0,60 chez les jeunes sujets et de 0,40 à 0,80 chez les plus âgés confirment bien une plus grande dépendance des premiers face aux éléments du climat local.

Ces divers observations nous ont amené à nous poser un certains nombres de questions relatives à l'interprétation des valeurs des sensibilités moyennes et des coefficients d'inter datation (Figure 8).

**Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la
croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) :
Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de
Tlemcen. (Algeria)**

Figure 8: Courbe des écarts entre les SM et les SR respectifs

En effet si d'une part l'ensemble des échantillons de même âge (1,2 et 3) présentent des sensibilités moyennes équivalentes ; il reste néanmoins de savoir s'il existe une relation certaine entre la pluviométrie annuelle moyenne et l'accroissement radial annuel. Par contre la relation entre la pluviométrie périodique sur 5 ans avec celle de l'accroissement radial courant des mêmes périodes demeure établie. Sur ces bases, il semble qu'il est possible qu'à partir de ces résul-

	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Ech5	Ech6
Ech2	0,387					
	*0,617					
Ech3	0,424	0,702				
	*0,689	*0,815				
Ech4	0,385	0,55	0,629			
	*0,588	*0,723	*0,911			
Ech5	0,047	0,202	0,154	0,216		
	*0,105	*0,771	*0,600	*0,394		
Ech6	0,319	0,152	0,047	0,151	0,196	
	*0,600	*0,318	*0,432	*0,432	*0,247	*0,093
Pluvio	0,235	0,236	0,264	0,399	0,066	0,133
	*0,092	*0,630	*0,763	*0,777	*0,725	*0,107

Tableau IV : Corrélation entre l'accroissement radial et la pluviométrie (* périodique)

tats confirmés par les valeurs des coefficients de corrélation (tableau IV) de penser à placer la dendroclimatologie du pin d'Alep de cette région du Maghreb dans une approche valable dans la connaissance et la détermination du climat méditerranéen local particulièrement la pluviométrie périodique quinquennale.

Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) : Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de Tlemcen. (Algeria)

Conclusion

La connaissance et l'analyse des tendances à moyen et long terme des accroissements radiaux en région méditerranéenne demeure intéressantes dans la recherche des causes responsables de la fluctuation de ces valeurs.

En région méditerranéenne, les arbres sont généralement plus sensibles à l'effet du bilan hydrique qu'à celui du bilan thermique.

Dans ce travail, les données dendrochronologiques utilisées proviennent d'un peuplement artificiel de Pin d'Alep. La méthode choisie est basée sur l'étude des variations de la croissance radiale sur sept échantillons issus d'un même milieu écologique homogène.

Pour chaque arbre échantillon trois prélèvements ont été effectués dans des directions de même angle (120°) à l'aide de la tarière de Pressler. Pour les calculs et les analyses, la moyenne arithmétique des trois prélèvements a été utilisée afin d'éviter les erreurs dues à l'excentricité.

Au niveau des cernes, la méthode des écarts relatifs a été choisie afin de représenter les écarts entre les cernes successifs pour ensuite les comparer avec les écarts relatifs de la pluviométrie correspondante aux mêmes années.

La première phase a permis la détermination des années caractéristiques négatives et les années caractéristiques positives ayant abouti à l'élaboration du profil d'inter datation.

La deuxième étape a consisté au calcul des sensibilités moyennes (SM) et des coefficients d'inter datation (SR)

.Ces deux paramètres, par leurs valeurs respectives définissent la réaction des différents échantillons face aux facteurs climatiques particulièrement la pluviométrie en fonction de l'âge.

L'analyse établie par la méthode de la régression linéaire montre une tendance régressive de la croissance radiale moins importante chez les sujets âgés (échantillons 3,5 et 6) que celle chez les jeunes arbres (échantillons 1,2 et 4).

Bibliographie

- BECKER M, 1989. The role of climate on present and post vitality of silver fir forest in the Vosges Mountains of northeastern France. *Canadian Journal of forest Research* 19: 1110-1117.
- CHERUBINI P, GARTNER B, R.TOGNETTI R, W. SCHOCH W, BRÄKER O U and INNES J L.. 2003. Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species from Mediterranean climates. *Biological Reviews* 78 : 119-148.

**Impact de l'âge et des variations pluviométriques sur la
croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*. MILL) :
Cas du peuplement artificiel de la forêt domaniale de
Tlemcen. (Algeria)**

- DESPLANQUE, C., ROLLAND, C., MICHALET, R., 1998. « Dendroécologie compare du sapin blanc (*Abies alba*) et de l'Epicéa commun (*Picea abies*) dans une vallée Alpine de France ». *Canadian Journal of forest Research* 28. 737-748.
- DOUGLASS E, 1937. Tree Rings and Chronology. *University of Arizona, Physical Science Bulletin* 8: 1-36
- FRITTS H C, 1976. Tree-ring and climate. *New York Academic Press*. 576 p.
- GADBIN-HENRY C, 1994. *Etude dendroécologique de Pinus pinea L. Aspects méthodologiques*. Thèse de l'Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III Faculté des Sciences et Techniques Saint Jérôme. 79 pages.
- LEBOURGEOIS F, 1997. Etude dendrochronologique des 102 peuplements du réseau France . ONF : 397 pages
- MESSAOUDÈNE M, TESSIER L. 1997. Relation cerne – climat dans les peuplements de *Quercus afares* Willd et *Quercus canariensis* Pomel en Algérie. *Annals of Forest Science* 54, Number 4 :347-358.
- MUNAUT A V, 1966. Recherches dendrochronologiques sur *Pinus sylvestris*. Etude de 45 pins sylvestres récents originaires de Belgique. *Agricultura* 14, 2 : 193-232.
- NEFAOUI M, 1996. Dendroécologie, productivité et dynamique de la croissance radiale du pin maritime naturel au Maroc. – *Thèse de*

doctorat, Université d'Aix-Marseille III, vol. 2 tome : 142 pages et 157 pages.

RICHTER K et ECKSTEINE D, 1990. A proxy summer rainfall record for Southeast Spain derived from living and historic Pine trees. *Dendrochronologia* 8, 67-82.

SCHULMAN E, 1956. *Dendroclimatic Changes in Semiarid America*. University of Arizona Press, Tucson, Arizona : 142 pages.

VISSIER H, 1995. Note on the relation between ring and basal area increments. *Forest Science*:41, 297-304

Notas

1. Département des Sciences Agronomiques et Forestières

Faculté S.N.V. –S.T.U. Université de Tlemcen.

mbellifa@yahoo.fr

Titulaire d'un D.S.R université J.F. Grenoble et d'un Magister Université Tlemcen Algérie