# دراسة تأثير المناخ في النمو الشعاعي للصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. في سورية (منطقة الغاب) باستخدام علم المناخ الشجري

# Study the Impact of Climate on the Radial Growth of Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) in Syria (Al- Ghab) by Dendroclimatology

**د. علي ثابت**

قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة – كلية الزراعة – جامعة حلب – سورية.

## الملخص

تضمن البحث دراسة أثر أهم العناصر المناخية من هطول وحرارة في النمو الخشبي السنوي لأشجار الصنوبر البروتي على السفح الشرقي للجبال الساحلية المطلة على سهل الغاب من سورية (الفريكة) اعتماداً على تقانات علم المناخ الشجري وبهدف فهم وتقدير العناصر المناخية الأكثر أهميةً والمحددة للنمو الخشبي لأشجار الصنوبر البروتي. تم تنفيذ ذلك باختيار ثلاث عينات في موقع الدراسة والتي تتميز أشجارها بالنمو الجيد من حيث القطر والارتفاع والصحة العامة، تم اختيار 15 شجرة من الأشجار السائدة من كل عينة وثلاث سبرات من كل شجرة. عولجت السبرات بالحف والتنعيم لسهولة قراءة حلقات النمو السنوية وتم قياسها باستخدام دندروتاب وتمت معايرة (Standardisation) القيم الأولية لحلقات النمو السنوية للتخلص من تأثير العمر والحصول على مؤشر النمو. درست علاقة الارتباط المتعدد بين مؤشر النمو والعناصر المناخية من حرارة وهطل لمحطة بحوث الغاب للفترة الزمنية (1986 إلى 2008).

أظهر تحليل العلاقة (حلقة نمو– مناخ) الأثر الايجابي للهطل المطري في أشهر نيسان / أبريل، أيار / مايو، حزيران / يونيو، تموز / يوليو وأب / أغسطس بالإضافة لشهر تشرين الأول / أكتوبر والثاني / نوفمبر وذلك بمستويات معنوية بين 90 % إلى 99 %. بالمقابل، أظهرت هذه العلاقة الأثر السلبي لدرجات الحرارة في أشهر حزيران / يونيو، تموز / يوليو وأب / أغسطس بمستوى معنوية بين 90 % و 99 % حسب العينة، مما يوضح أهمية ودور العجز المائي الصيفي بالنسبة للصنوبر البروتي.

**الكلمات المفتاحية:** الصنوبر البروتي، النمو الشعاعي، المناخ، علم المناخ الشجري، الغاب، سورية.

## Abstract

This article aims to study the effects of temperature and precipitation on annual radial growth of Calabrian pine trees on the eastern slope of the coastal Mountains overlooking the Al-Ghab zone in Syria (Alfrekah). using In this research dendroclimatological techniques were utilized to understand and determine the most important climatic elements controlling radial growth of Pinus brutia. Three representative plots were selected in the forest of the study sites using trees with a good growth in diameter, height and health status. Fifteen dominant trees were selected from each plot and three cores per tree were sampled. Cores were polished for easier reading of annual growth rings, and each core was measured using a Dendrotab measuring device and elementary values of annual growth rings were first standardized to remove the age effect and obtain the growth index. Multiple correlational relationship between growth index and temperature, and precipitation of Al Ghab meteorological station from 1986 to 2008 was studied.

©2014 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved. **ISSN:2305 - 5243**

Analysis of relationship between climate and growth ring showed a positive effect of rain falling from April to November (except September) at significance levels 90 - 99%, in contrast, the study showed a negative effect of the high temperature in June, July and August on the growth (at significance levels 90- 99% ), and these results highlighted the importance of the summer-water stress for Calabrian pine trees.

**Keywords:** Calabrian pine (*Pinus brutia*), Radial growth, Climate, Dendroclimatology, Al-Ghab, Syria.

## المقدمة

تُعدّ غابات الصنوبر البروتي من المكونات الأساسية لغابات شرق المتوسط ومن الأنظمة البيئية الأساسية فهي مرتبطة بحياة الإنسان الحاضرة والمستقبلية (Quezel، 1985)، ولهذه الغابات ميزات بيئية واقتصادية واضحة ولعل الميزات البيئية أشدها اتصالاً بحياة الإنسان نظراً إلى اتساع رقعتها مما يجعل تأثيرها في تحسين البيئة والتخفيض من تلوثها فعالاً جداً (نحال، 1982). ولا تقل الأهمية الاقتصادية للصنوبر البروتي عن أهميته البيئية إذ أن غابات هذا النوع تشكل ثروةً خشبيةً كبيرة من الناحيتين الكمية والنوعية ويمكنها أن تلبي حاجات الصناعة الحديثة المتطورة من مادة الخشب في سورية فهي تشغل مساحةً قدرها 50 إلى 55 ألف هكتاراً تقريباً (مسلماني وعلي، 2009; نحال، 2003). هذا بالإضافة إلى أن شجرة صنوبر بروتيا تظهر تكيفاً كبيراً مع شروط بيئية متنوعة من حيث المناخ والتربة مما يشجع الحراجيين على استعمالها في التشجير الحراجي.

يُعدّ الصنوبر البروتي من الناحية الجغرافية نوعاً شرق أوسطي بامتياز إذ يظهر ابتداء من اليونان حتى لبنان مروراً بتركيا وسورية وقبرص والعراق (Finlayson، 1971; Mouterde، 1966). أما في سورية فيصادف الصنوبر البروتي بصورة رئيسة في جبال الباير والبسيط وسلسلة الجبال الساحلية في القسم الشمالي الغربي من البلاد وفي جبال الأكراد شمال حلب (نحال، 2003).

تتميز منطقة التوزع الطبيعي للصنوبر البروتي بتنوع شديد في العناصر المناخية الحيوية ولاسيما الأمطار والرطوبة الجوية والإضاءة ودرجات الحرارة ومن الضروري دراستها للتعرف على المجال المناخي الحيوي (Bioclimatic) الذي يعيش فيه هذا النوع (نحال، 2003)، إذ تؤثر هذه العناصر المناخية، ولاسيما درجات الحرارة والهطول المطري وتبايناتها السنوية والشهرية والفصلية، في نمو المجموعات الحرجية، وتسهم في انتشار الأنواع الحراجية ومدى تكيفها مع هذه التباينات. ينعكس هذا التقلب في العناصر المناخية من عام لأخر بشكل مباشر على النمو الخشبي السنوي للأشجار الحراجية والتي تشكل حلقات نمو سنوية ذات سماكات متباينة حسب الظروف المناخية، لذلك يمكن اعتبار حلقات النمو السنوية عند الأشجار بمثابة وثائق تسجيل زمنية وتاريخية لأنها تقوم بتخزين التغيرات الحاصلة في البيئة التي تعيش فيها هذه الشجرة خلال فترة زمنية طويلة تمثل حياة الشجرة (Cheval و Popa، 2007).

يُسمى العلم الذي يهتم بدراسة تأثير العناصر المناخية الممثلة بدرجات الحرارة والهطول المطري في النمو الشعاعي للأشجار بعلم المناخ الشجري (Dendroclimatology). والذي يهتم أيضا بدراسة إعادة بناء السلاسل الزمنية للعناصر المناخية في الماضي لمنطقة ما اعتماداً على حلقات النمو السنوية للأشجار الموجودة ضمن هذه المنطقة (Fritts، 1976). يُعدّ علم المناخ الشجري جزء من علم التأريخ الشجري (Dendrochronology) الذي يدرس خصائص حلقات النمو السنوية عند الأشجار من خلال قياسها والقيام بعملية تأريخ هذه الحلقات من خلال ربط كل حلقة نمو سنوية مع سنة تشكلها الدقيقة بهدف دراسة الظواهر البيئية والتاريخية ومعرفة سياق تطورها وهو ما يسمى بالتأريخ البيني (cross-dating) (Fritts، 1971، 1976).

يُعدّ الفيزيائي وعالم الفلك الأمريكي Anderew E.Douglas (1867–1962) أول من اهتم بعلم المناخ الشجري وكان ذلك في بعض المواقع من غابات أريزونا الشمالية عام 1901، عندما بدأ بمراقبة عرض حلقات النمو السنوية ومقارنة التغيرات الحاصلة فيها مع المناخ (Fritts، 1976). كما يُعدّ العالم الألماني Bruno Huber (1899–1969) أول من بدأ دراسات تأريخ حلقات النمو السنوية في أوروبا (Huber و Giertz-Siebenlist، 1969)، أما في النصف الثاني من القرن العشرين فقد استفاد Hal Fritts من بداية عصر الحاسوب وبالتزامن مع التطور الحاصل في مجال العلوم الرياضية، في تعزيز التقدم الحاصل في الأبحاث الخاصة بحلقات النمو السنوية مستخدماً التحاليل الإحصائية المتقدمة للسلاسل الزمنية في عمليات التأريخ الزمني وفي الدراسات الفيزيولوجية البيئية والمناخية (Eckstein و Schweingruber، 2009). أما في المنطقة المتوسطية فقد كانت الدراسات التي قامت بها Serre- Bachet (1973، 1982) من أولى الدراسات في هذا المجال، حيث استخدمت علم المناخ الشجري في تحديد العلاقة بين المناخ وسماكة حلقات النمو السنوية للصنوبر الحلبي *Pinus halepensis* في جنوب فرنسا. أظهرت هذه الابحاث أن عرض حلقات النمو للصنوبر الحلبي يرتبط بشكل معنوي وإيجابي مع الهطل المطري في شهري كانون الأول / ديسمبر وأيار / مايو. بينما كان تأثير الهطل في شهري شباط / فبراير وتموز / يوليو معنوياً ولكن بشكل سلبي، أما بالنسبة لدرجات الحرارة لشهر شباط / فبراير فكان تأثيرها معنوياً وبشكل إيجابي.

كما أظهرت أبحاث Tessier (1982، 1984، 1986) على الصنوبر الحرجي *Pinus silvestris* في جنوب فرنسا الدور الإيجابي للأمطار الربيعية والصيفية، والدور السلبي لدرجات الحرارة العظمى لشهر أبريل في سماكة حلقات النمو السنوية.

كما لاحظ ElKhorchani وزملاؤه (2007)، عند دراسته لثلاثة أنواع من الصنوبر (الحلبي *P.halepensis*، والثمري *P.pinea* والبحري *P.pinaster*) في تونس، ظهور حلقات النمو الضيقة في جميع الطوابق البيومناخية التي توجد بها وذلك من خلال استخدامه أنموذجاً رياضياً يعتمد على العلاقة ما بين عرض حلقات النمو السنوية والميزان المائي، كما استطاع أن يحدد وباستخدام الأنموذج نفسه السنوات الجافة والرطبة في المناطق المدروسة.

وجد Thabeet وزملاؤه (2007)، عند دراستهم العلاقة بين خصائص حلقات النمو للصنوبر الثمري (خشب أولي، خشب ثانوي، الكثافة الصغرى والعظمى والمتوسطة للخشب) وبين المناخ، في تونس، أن الأمطار الربيعية والصيفية ( أبريل، مايو و يونيو) تُعدّ من العوامل التي تحدد تشكل الخشب الأولي وإن سماكة الخشب الثانوي مرتبطة بقوة مع الأمطار في أشهر يونيو، و أغسطس و سبتمبر. كما وجدوا أن درجات الحرارة العظمى في الربيع ( مارس، أبريل و مايو) هي التي تحدد الكثافة الصغرى للخشب عند الصنوبر الثمري.

أما في سورية فقد تمكن Chalabi (1980) من تحديد أنماط تغيرات العوامل المناخية الرئيسة من أمطار وحرارة والتي تتحكم بدقة بالنمو القطري للسنديان شبه العذري (*Quercus cerris L.* subsp *pseudo Cerris*) في منطقتي البابر وصلنفة في سورية. كما أظهر شلبي ومرتيني (1989) العوامل المناخية التي تبدو فاعلةً في تشكيل حلقات النمو السميكة والضيقة لأشجار الشوح (*Abies cilicica*) في جبل الشوح في سورية.

تعددت استخدامات علم المناخ الشجري أكثر فأكثر لدراسة البيئة وكشف تغيراتها، فهو يُعدّ أساسياً في فهم التدهور الحاصل للغابات والملاحظ حالياً سواء كان في أوروبا أو في أمريكا الشمالية، وبشكل خاص تلك المتعلقة بتأثير التغيرات المناخية على نمو الغابات (Lebourgeois و Becker، 1996 و Rathgeber، 2002 و Esper وزملاؤه، 2003 و Thabeet، 2008).

كما استخدم هذا العلم لفهم ودراسة تأثير الحرائق والعوامل البيئية المختلفة في ديناميكية النمو بالاعتماد على ما يسمى بعلم البيئة الشجري (Dendroecology) (Schweingruber، 1986) الذي يُعدّ أحد فروع علم التأريخ الزمني الشجري (Dendrochronology). كما استخدم علم المناخ الشجري في تحديد العناصر المناخية المؤثرة في النمو بغية إعادة استخدامها في بناء النماذج الرياضية التي تهدف إلى دراسة تأثير التغيرات المناخية في نمو الغابات (Cook وزملاؤه، 1990 ; Vila وزملاؤه، 2008) بالإضافة إلى اهتمامه باستخدام السلاسل الزمنية لسماكة حلقات النمو السنوية، المنحدرة من أشجار معمرة، وربطها ببيانات مناخية متوفرة حالياً في إعادة تشكيل المناخ في الماضي لمنطقة ما وتحليل المناخ الحالي (Briffa وزملاؤه، 1998).

لذلك ونظراً للمجالات التطبيقية الواسعة التي يمكن أن يستخدم فيها هذا العلم فمن الأهمية بمكان استخدامه لدراسة الأنواع الحراجية الموجودة في سورية، ولاسيما تلك الأنواع التي تشغل مساحات كبيرة والتي يأتي في مقدمتها الصنوبر البروتي (*Pinus brutia*). وفي ظل ما يحدث من تغيرات مناخية في العالم بصورة عامة وفي المنطقة المتوسطية بصورة خاصة، وما سيكون لها من انعكاسات سلبية على توزع النبت الطبيعي ونموه، تبرز أهمية دراسة تأثير العناصر المناخية، لاسيما الأمطار ودرجات الحرارة في خصائص النمو لهذا النوع، وبالتالي الإسهام في إغناء معرفتنا ببيئته الذاتية وتقدير العناصر المناخية الأكثر أهميةً في النمو السنوي.

تركز الهدف الرئيس من البحث في دراسة العلاقة بين سماكة حلقات النمو السنوية للصنوبر البروتي (النمو الشعاعي) والمناخ (12 شهر هطل، 12 شهر لمتوسط درجة الحرارة العظمى، و 12 شهر لمتوسط درجة الحرارة الصغرى خلال الفترة 1986 - 2008) وذلك من أجل تحديد أثر العناصر المناخية الشهرية في النمو الشعاعي للصنوبر البروتي من خلال دراسة علاقات الارتباط وتقدير معنوياتها.

## مواد البحث وطرائقه

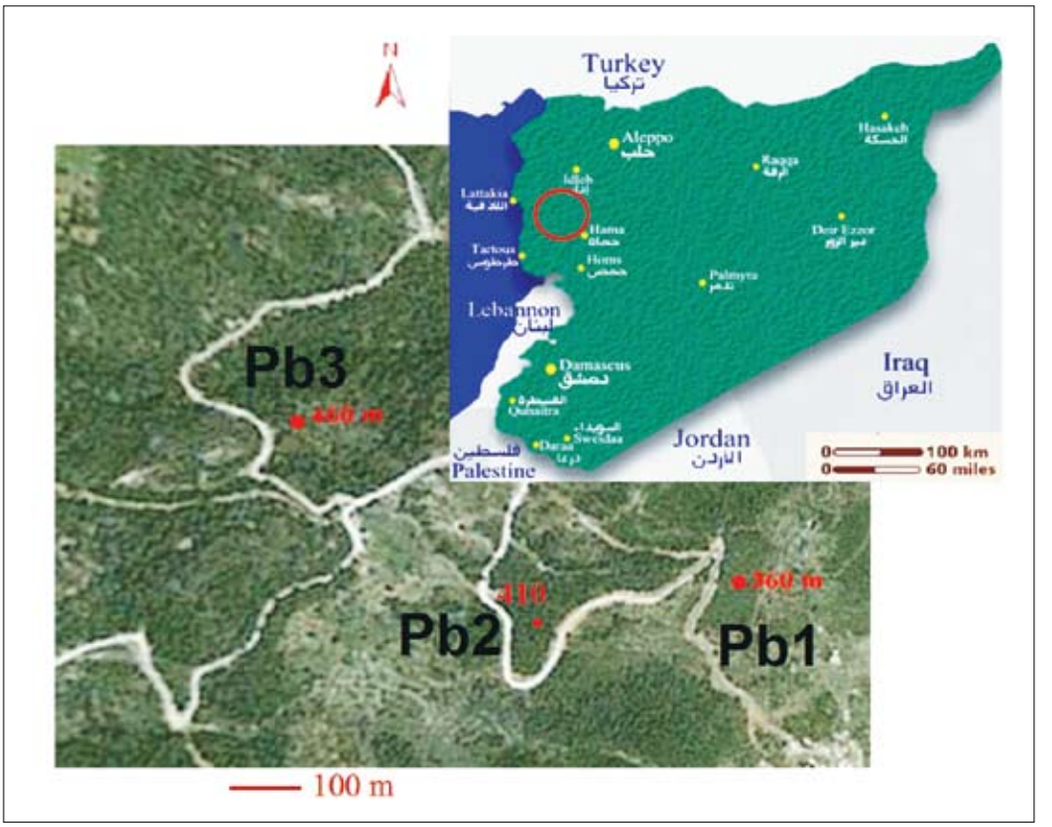
### موقع الدراسة

تمت الدراسة على السفح الشرقي لسلسلة الجبال الساحلية السورية المطلة على سهل الغاب (قرية الفريكة)، والتي تبعد عن محافظة حماه حوالي 100 كم (الشكل 1). تحتل الغابات في محافظة حماه المرتبة الثانية من حيث المساحة والأهمية في سورية بعد غابات محافظة اللاذقية حيث تشغل نحو 43691 هكتاراً وتشكل ما يقارب 18،76 % من الغابات الطبيعية السورية. يقع 28129 هكتار من غابات محافظة حماه قي المناطق الإدارية

التابعة لمصلحة التحريج والغابات في منطقة الغاب ويقع الباقي (15562 هكتار) في المناطق الإدارية التابعة لمصلحة التحريج والغابات في حماه (مسلماني وعلي، 2009 ومديرية التحريج والغابات، 1993).

تخضع منطقة الدراسة للمناخ المتوسطي الذي يتميز بأمطاره الشتوية حيث يكون الصيف جافاً، يبلغ معدل الهطل السنوي 675 ملم، ومتوسط درجة الحرارة العظمى (M) 34.9م° ومتوسط الحرارة الصغرى (m) 4.5م°. تتميز التربة في منطقة الدراسة بأنها من نوع تيراروسا (تربة حمراء متوسطية) ناتجةً عن صخرة أم كلسية (مرتيني، 1999).

من الأنواع المرافقة للصنوبر البروتي في منطقة الدراسة: البطم الفلسطيني *Pistacia plaestina*، البقص *Rhus cotinus*، السنديان العادي *Quercus calliprinos* و الزرود *Phillyrea latifolia*.




**الشكل 1. العينات الثلاث للصنوبر البروتي على السفح الشرقي لسلسلة الجبال الساحلية المطلة على سهل الغاب.**
**(تشير الدائرة باللون الأحمر على خارطة سورية إلى مكان العينات الثلاث).**

**أختيار العينات و الأشجار ضمن كل عينة:** تم أخذ ثلاث عينات من الصنوبر البروتي، على السفح الشرقي لسلسلة الجبال الساحلية المطلة على سهل الغاب في قرية الفريكة، وذلك على ارتفاع 360 م عن سطح البحر للعينة الأولى و410 م للثانية و 460 م للعينة الثالثة أي بفارق ارتفاع قدره 50 م بين الموقع والأخر، تبلغ مساحة كل عينة 400 م$^2$ مع الأخذ بعين الاعتبار التجانس الموجود (من حيث المعرض، التربة والتضاريس والحجم) ضمن كل عينة ويوضح الجدول 1 خصائص الأشجار التابعة لكل عينة. (تم ترميز العينات كما يلي: Pb1 للعينة الأولى، Pb2 للعينة الثانية و Pb3 للعينة الثالثة).

بُعدّ تحديد العينات الثلاث، تم اختيار 15 شجرة ضمن كل عينة، مع الأخذ بعين الاعتبار أن هذه الأشجار هي من الأشجار السائدة والتي تتميز بوضع صحي سليم وخالية من التشوهات والإصابات الحشرية والفطرية. تم استخلاص ثلاث سبرات من كل شجرة وذلك باستخدام مسبر بريسلر Pressler (قطر 5مم) عند مستوى الصدر (1.30م) وبشكل متعامد مع جذع الشجرة. أخذت السبرات بفارق 120 ْدرجةً عن بعضها البعض، وبالتالي يكون لدينا بالمحصلة 45 شجرةً و 135 سبرةً تم استخراجها من العينات الثلاث.

**الجدول 1. القيم المتوسطة لمؤشرات النمو (القطر والارتفاع) لأشجار الصنوبر البروتي في موقع الدراسة.**

| رقم العينة | المعرض | الميل ° | الارتفاع المتوسط (م) | الانحراف المعياري | القطر المتوسط (سم) | الانحراف المعياري |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pb1 | جنوبي-شرقي | °30 | 10.705 | 2.917 | 35.922 | 8.579 |
| Pb2 | جنوبي-شرقي | °25 | 10.057 | 2.044 | 31.868 | 4.964 |
| Pb3 | جنوبي-شرقي | °30 | 9.550 | 3.120 | 30.820 | 5.197 |

تم تجفيف السبرات ووضعها على ألواح من الورق المقوى والتي تحتوي ميازيب ذات مقطع نصف دائري، توضع فيها السبرة بوساطة لاصق وسجل بجانب كل سبرة (رقم الشجرة، رقم السبرة ورقم العينة). خضعت السبرات إلى عملية صقل وحف باستخدام أوراق خاصة بالصقل، تهدف هذه العملية إلى توضيح حلقات النمو وسهولة قراءتها وقياسها على السبرات.

تمّ أيضاً قياس ارتفاعات الأشجار وأقطارها على ارتفاع الصدر (1.30 م)، بالإضافة لقياس الميل والعرض لكل عينة. كما تم استخدام جهاز Blume-Leiss لقياس الارتفاع والميل، و استخدم الشريط المتري القماشي لقياس القطر. أما بالنسبة لعمر الأشجار فكانت متجانسة وقريبة من بعضها البعض في العينات الثلاث إذ تراوح العمر بين 65 و 70 سنة.

**التأريخ البيني للسبرات:** تُعدّ هذه المرحلة من المراحل الأساسية في دراسات علم المناخ الشجري، (Swetnam وFritts ، 1986) تهدف عملية التأريخ إلى التحديد الدقيق للسنة التي تم فيها تشكل كل حلقة نمو سنوية وذلك من خلال مقارنة السبرات فيما بينها، حيث تمّ في البداية مقارنة السبرات الثلاث المنحدرة من شجرة واحدة مع بعضها البعض ومن ثم مقارنة هذه السبرات مع السبرات الأخرى من العينة نفسها وتعتمد على تحديد حلقات النمو المميزة مثل الحلقات الغائبة أو الحلقات الكاذبة (Schweingruber وزملاؤه، 1990 ; Serre-Bachet، 1982). في نهاية هذه المرحلة، استبّعدت السبرات التي كان حولها شكوك أو كان من الصعب تأريخها.

**قياس سماكة حلقات النمو السنوية:** تم قياس سماكة حلقات النمو السنوية لجميع السبرات التي خضعت لعملية التأريخ خلال الفترة 1942 إلى 2008 باستخدام جهاز دندروتاب 2003 (Walesh Electronic، Dendrotab 2003) وذلك بدقة قياس بلغت 1/1000 من الميليمتر. بعد الانتهاء من قياس سماكة جميع حلقات النمو السنوية لكل سبرة، تم تشكيل السلاسل الزمنية لسماكة حلقات النمو السنوية لكل عينة بشكل مستقل ليصار إلى معايرتها (Standardisation) باستخدام برنامج PPPhalos (Guiot وGoeury، 1996). تهدف هذه المعايرة إلى استبدال كل قيمة خام لسماكة حلقات النمو السنوية بمؤشر نمو. وتم حساب هذا المؤشر من خلال حساب النسبة بين القيم الخام لسماكة كل حلقة والقيمة المقدرة لها باستخدام علاقة رياضية ممثلة للاتجاه العام للمنحني الأصلي لسماكة حلقات النمو (Cook وزملاؤه، 1987). وتتراوح قيم مؤشر النمو بين 0 و 2. كما تهدف هذه المعايرة إلى إلغاء تأثير العمر ضمن السلاسل الزمنية لحلقات النمو. وكذلك حسب متوسط واحد لكل سلسلة زمنية.

**المعطيات المناخية:** تم اختيار المعطيات المناخية الصادرة عن المحطة المناخية لبحوث الغاب والتي تبعد عن موقع الدراسة مسافة 25كم ويبلغ ارتفاعها عن سطح البحر 180م. تُعدّ هذه المحطة الأقرب لموقع الدراسة والوحيدة التي تؤمن لنا السلسلة الأطول من المعطيات المناخية الطويلة نسبياً والممثلة تمثيلاً جيداً للمناخ. تم استخدام المعطيات المناخية التالية: مجموع الهطل الشهري بـ ملم (P)، و متوسط درجات الحرارة العظمى الشهرية ($T_{max}$) ومتوسط درجات الحرارة الصغرى الشهرية ($T_{min}$) وذلك للفترة الزمنية 1986 إلى 2008 وهي أقصى فترة أمكن الحصول عليها. استخدمت في التحاليل المعطيات المناخية لـ 12 شهراً للسنة البيولوجية، تغطي هذه السنة الفترة ما بين شهر أكتوبر للسنة السابقة (n-1) والتي تسبق تشكل حلقة النمو السنوية وشهر سبتمبر من السنة الحالية وهي سنة تشكل حلقة النمو، اعُتمدت هذه السنة البيولوجية في الأبحاث الخاصة بدراسات العلاقة بين المناخ وحلقات النمو الجارية في المنطقة المتوسطية (Serre-Bachet، ; Guiot 1982، 1990).

**التحليل الإحصائي:** استخدم أنموذج إحصائي يسمى تابع الاستجابة (Response function)، وهو خاص بأبحاث علم المناخ الشجري، لدراسة العلاقة بين المناخ وسماكة حلقات النمو السنوية للصنوبر البروتي. استخدم هذا النموذج بشكل كبير في المنطقة المتوسطية بشكل عام وفي جنوب فرنسا بشكل خاص، لدراسة استجابة الكثير من الأنواع الغابوية تجاه المناخ حيث أثبت كفاءته في ذلك، وكان لـ Guiot (1990، 1987) الإسهام الأكبر في تطوير وتحديث هذا الأنموذج. الذي يعتمد على علاقات الانحدار المتعدد من أجل معرفة

الأشهر (من أمطار وحرارة) الأكثر تحديداً لنمو هذا النوع من الصنوبر. حيث تم في كل مرة استخدام 12 عاملاً مناخياً (إما أمطار أو درجات حرارة)، وهي عبارة عن العوامل المستقلة (المفسرة لتغيرات حلقات النمو) بمواجهة عامل واحد غير مستقل وهو مؤشر النمو الذي تم حسابه من سماكة حلقات النمو (وهو المطلوب تفسير تغيراته) وذلك بهدف إيجاد العلاقة بين هذه العوامل (Guiot، 1990). من خلال استخدام هذا الأنموذج تم حساب معامل الانحدار الجزئي (r) والانحراف المعياري الموافق (s) لكل علاقة موجودة ما بين العوامل المناخية (12 شهر أمطار أو 12 شهر حرارة) وسماكة حلقات النمو. تعطي إشارة معامل الانحدار الجزئي اتجاه هذه العلاقة (إما سالبةً أو موجبةً). فمثلا إذا كانت الإشارة موجبةً فهذا يعني أن العلاقة مباشرة، أي أنه كلما كانت قيمة العامل المناخي كبيرةً كلما كانت سماكة حلقة النمو كبيرةً والعكس صحيح، و إذا كانت الإشارة سالبة فهذا يدل على أن العلاقة عكسية، أي أنه كلما كانت قيمة العامل المناخي كبيرةً كانت سماكة حلقة النمو صغيرةً والعكس صحيح. تحدد قيمة $r^2$ قوة العلاقة بين المناخ وسماكة حلقة النمو.

تُعطى درجة المعنوية الإحصائية لهذا الأنموذج الإحصائي، من خلال النسبة بين معامل الانحدار الجزئي والانحراف المعياري r/s. حيث يتم الحصول على قيمة واحدة لهذه النسبة لكل عامل مناخي، أي أنه سيكون لدينا قيمة بعدد الأشهر وهي 12 شهراً المستخدمة داخل الأنموذج في كل مرة. وعلى فرض أن هذه القيم تتبع قانون التوزيع الطبيعي فإن درجات المعنوية يمكن أن تحدد من خلال العتبات التالية (Cartier وزملاؤه، 1979):

- $1.65 < r/s < 1.96$ معنوية حتى 90% يرمز لهذا المستوى من المعنوية بـ *
- $1.96 < r/s < 2.58$ معنوية حتى 95 % يرمز لهذا المستوى من المعنوية بـ **
- $2.58 < r/s < 3.29$ معنوية حتى 99 % يرمز لهذا المستوى من المعنوية بـ ***
- $3.29 <$ معنوية حتى 99.9 % يرمز لهذا المستوى من المعنوية بـ ****

## النتائج والمناقشة

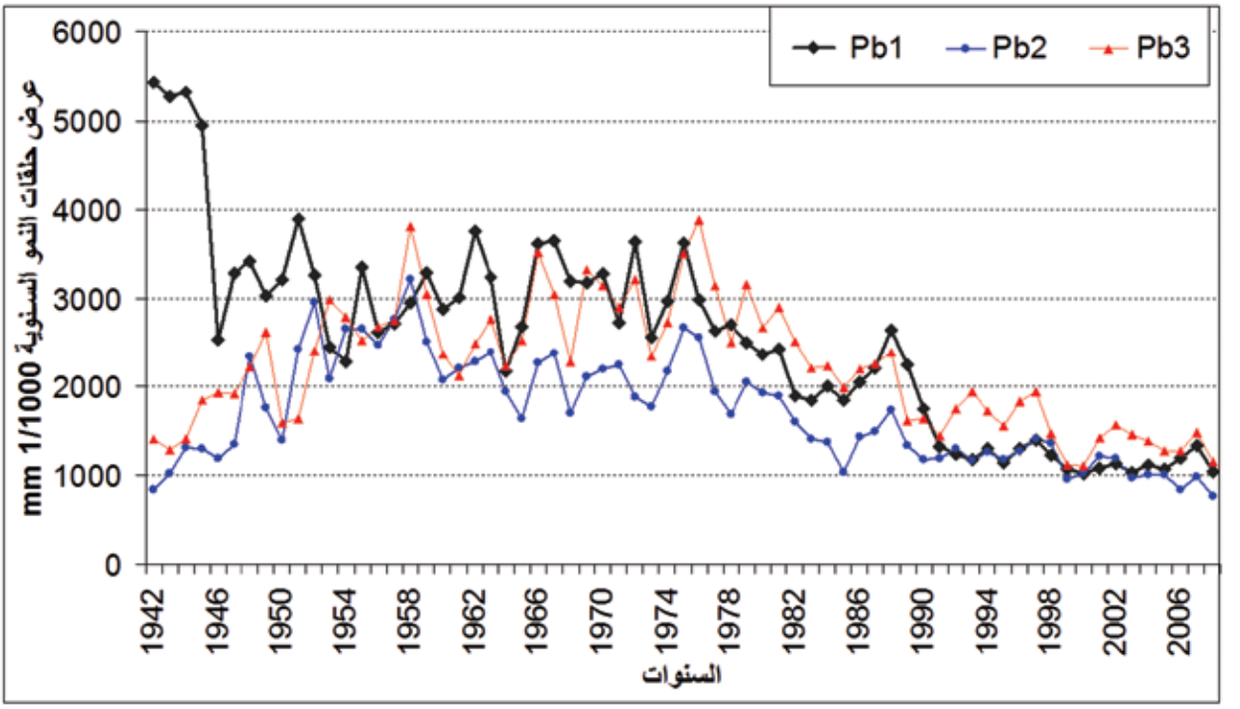
### تغيرات سماكة حلقات النمو السنوية

يوضح الشكل 2 التغيرات السنوية لمتوسط سماكات حلقات النمو لكل عينة قبل المعايرة، كما يوضح الشكل 3 هذه التغيرات ولكن بعد المعايرة والذي يمثل مؤشر النمو. يوجد في السلسلة الزمنية لحلقات النمو مصدران للتغيرات، المصدر الأول غير عشوائي دائم والذي يمكن أن يشاهد كتغيرات على المدى الطويل، وهذه تكون مرتبطةً بالعمر وبالشكل الهندسي لحلقة النمو السنوية، حيث تظهر هذه التغيرات على منحني سماكة حلقات النمو السنوية كتناقص متزايد مع الزمن (الشكل2)، ومن هنا تأتي أهمية المعايرة لسلاسل حلقات النمو والتي كما ذكرنا سابقا تهدف إلى إزالة هذه التغيرات الناتجة عن التقدم بالعمر (Fritts، 1976 ; Tessier، 1986). كما هو ملاحظ على السلاسل الزمنية المتوسطة لمؤشر النمو (الشكل 3)، أصبحت التغيرات متجانسةً على طول السلسلة الزمنية. كما يمكن أن يكون مصدر هذه التغيرات بعض الإصابات المرضية (Tessier، 1984) أو ناتج عن عمليات التدخل في الغابة من أعمال تربية أو استثمار (Messaoudène، 1989). أما المصدر الثاني فهو عشوائي وناتج عن عوامل غير مرئية، يمكن أن تظهر هذه التغيرات من خلال التباينات بين السنوات والتي تعكس التغيرات البينية للمناخ، لذلك فإنه يجب الحفاظ على هذه التغيرات ضمن السلاسل الزمنية لحلقات النمو، حيث ستستخدم جنباً إلى جنب مع التغيرات في العوامل المناخية لتحديد أياً من هذه العوامل المناخية هو الأكثر تأثيراً في النمو.

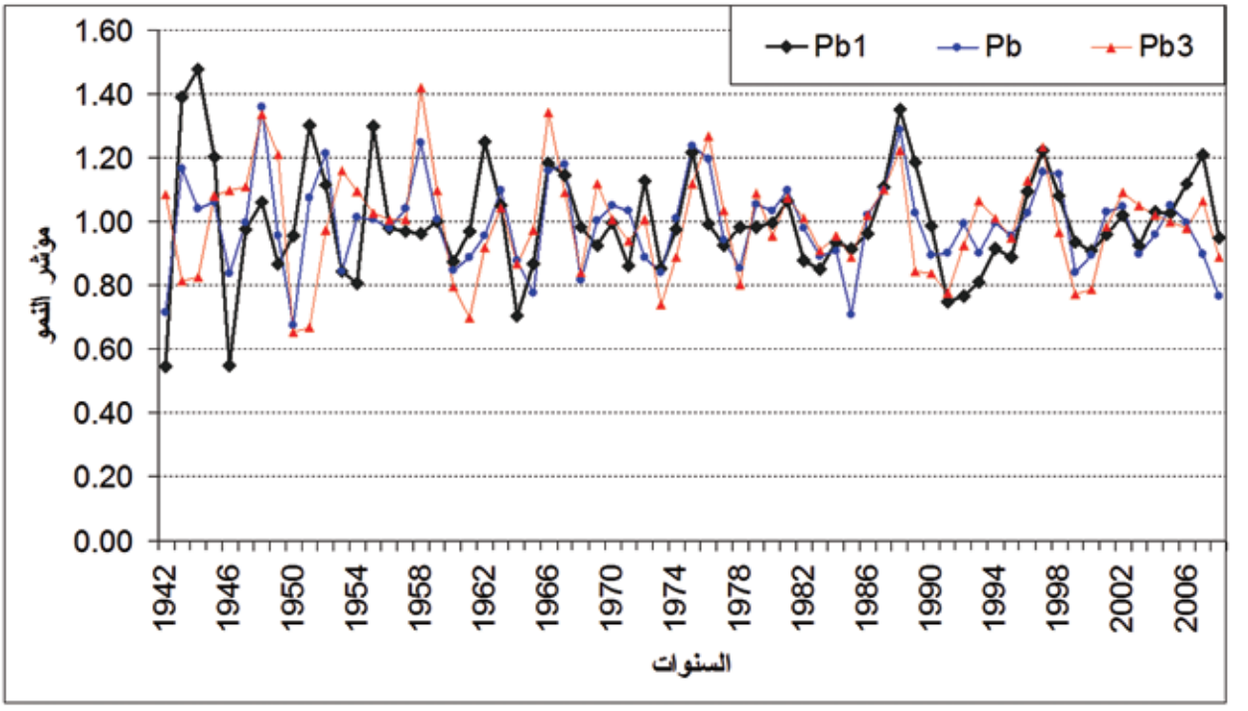
يمكن تحديد فترتين من التغيرات على منحنيات سماكة حلقات النمو السنوية للعينات الثلاث من الصنوبر البروتي (الشكل 2)، والتي يمكن أن تعزى إلى العمر:

– الفترة الأولى بين عام 1942 وعام 1975 بالنسبة لـ Pb2 و Pb3: تميزت هذه الفترة بنمو كبير (سماكات كبيرة لحلقات النمو)، يُعزى هذا النمو الجيد لكون هذه الفترة تمثل المرحلة الأولى من عمر الأشجار (5+33=38 سنةً). بالمقابل تميزت سماكات الحلقات في Pb1 بنوع من الاستقرار خلال الفترة 1946 – 1975.

– الفترة الثانية بين 1976 وعام 2008: وهي الفترة التي يبدأ فيها النمو بالانخفاض (سماكات صغيرة لحلقات النمو) مع التقدم بالعمر (حتى 70 سنة).




**الشكل 2. التغيرات السنوية لمتوسط سماكة حلقات النمو للصنوبر البروتي للفترة (1942 إلى 2008) قبل المعايرة.**

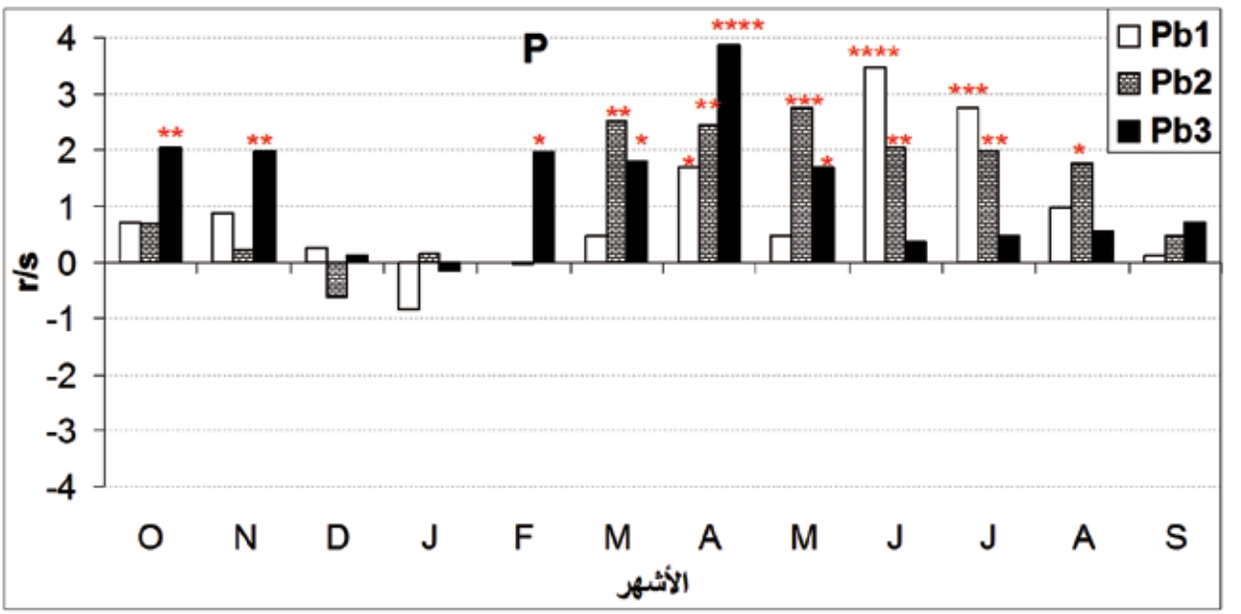



**الشكل 3. التغيرات السنوية لمتوسط سماكة حلقات النمو للصنوبر البروتي للفترة (1942 إلى2008) بعد المعايرة مبينا تغيرات مؤشر النمو للفترة المذكورة**

## العلاقة بين مجموع الهطل الشهري والنمو الشعاعي:

يبين الشكل 4 أن تأثير مجموع الهطل المطري (P) لمعظم الأشهر في النمو الشعاعي للصنوبر البروتي، كان مباشراً وموجبا، ولاسيماً خلال فصل النمو الذي يمتد من بداية الربيع وحتى نهاية الصيف. حيث لوحظ بالنسبة للعينة الأولى Pb1 أن التأثير كان معنوياً موجباً وبدرجة تتفاوت من 90 % لشهر أبريل وحتى 99 % لشهر يونيو و يوليو. بينما لوحظ أن هذا التأثير المعنوي الموجب يمتد خلال الفترة من شهر مارس وحتى شهر أغسطس

وعند مستوى معنوية بين 90 % و 99 % بالنسبة للعينة الثانية Pb2. كما لوحظ أن هذا التأثير امتد من شهر فبراير وحتى شهر مايو بالنسبة للعينة الثالثة Pb3 عند مستوى معنوية بين 90 % و 99.9 %. ولوحظ أيضاً أنه كان لشهري أكتوبر و نوفمبر من السنة السابقة n–1 تأثير معنوي ايجابي (95 %) فقط في العينة الثالثة.

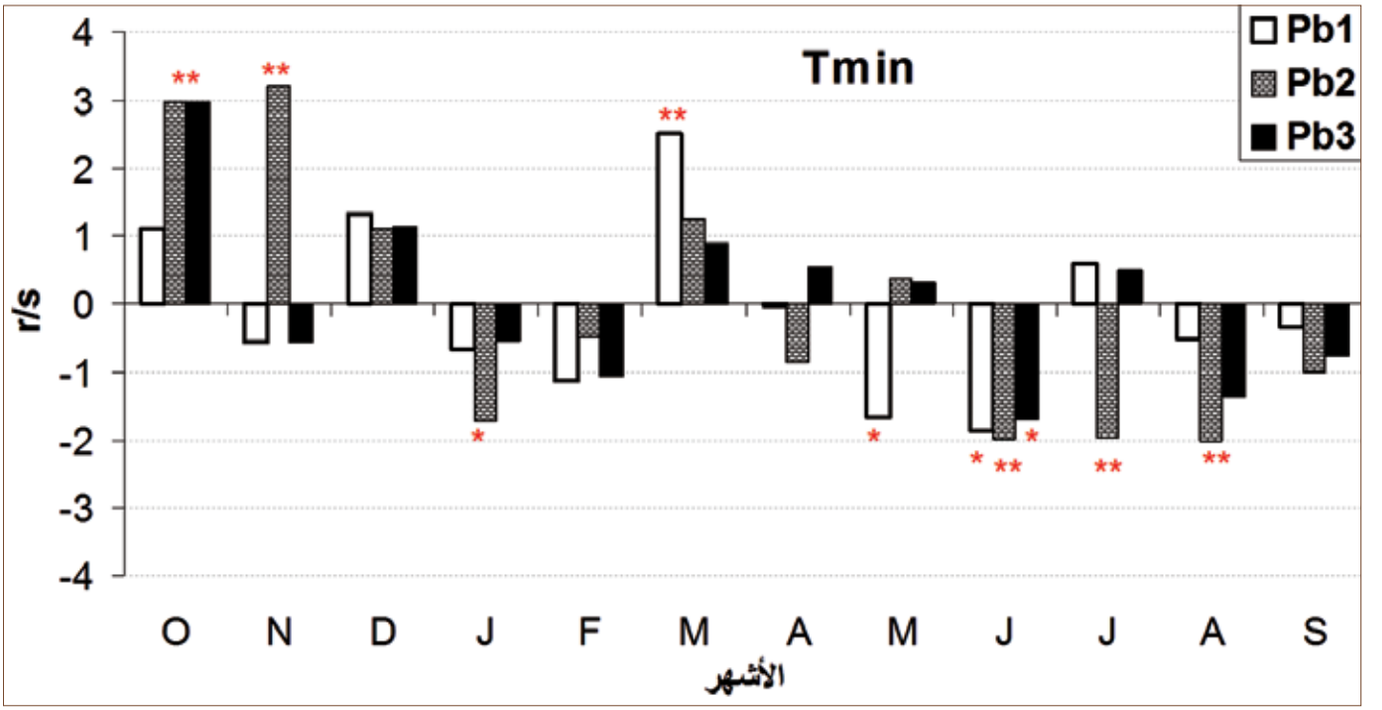



**الشكل 4. نتائج أنموذج استجابة النمو** (Response function) **والذي يبين النسبة بين معامل الانحدار الجزئي والانحراف المعياري للعلاقة ما بين مجموع الهطل الشهري والنمو الشعاعي للعينات الثلاث للصنوبر البروتي** (Pb1, Pb2, Pb3 **: أرقام العينات الثلاث)**
**تشير الرموز** *، **، ***، **** **إلى معنوية العلاقة عند مستويات** 90 %، 95 %، 99 %، 99.9 %) **على التوالي.**

يشير هذا التأثير الايجابي للأمطار الربيعية والصيفية في سماكة حلقات النمو السنوية إلى الطلب الدائم للماء من قبل الأشجار من أجل تنشيط الأنسجة والخلايا الخاصة بعمليات التبخر– نتح وتنشيط الخلايا الميرستيمية (Tessier، 1984). تتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه سلهب (2011) على الصنوبر البروتي والحلبي في محافظة طرطوس، إذ كانت العلاقة ايجابية ولكنها ضعيفة، ولاسيما مع الهطولات الربيعية. كما تتطابق هذه النتائج مع ما توصل إليه Touchan وزملاؤه (2003) عند محاولته إعادة تشكيل المناخ في جنوب تركيا باستخدام سماكة حلقات النمو السنوية لعدة أنواع حراجية منها الصنوبر البروتي. حيث بين الباحث أن مجموع الهطل الشهري في شهري مايو و يونيو هو الأكثر تأثيراً في النمو الشعاعي عند الصنوبر البروتي. كما تتطابق هذه النتائج مع أغلب دراسات المناخ الشجري في المنطقة المتوسطية (Camarero وزملاؤه، 1998و Serre-Bachet، 1982وTessier، 1986). قد يُعزى التأثير الايجابي لمجموع الهطل المطري في شهري أكتوبر و نوفمبر في العينة الثالثة إلى دورهما الفعال في إعادة إحياء المخزون المائي للتربة وإعادة استخدامه من قبل الأشجار خلال فصل النمو كما ذكر Becker (1989).

## العلاقة بين متوسط درجات الحرارة الصغرى والعظمى الشهرية والنمو الشعاعي

يبين الشكل 5 أن تأثير متوسط درجات الحرارة الصغرى ($T_{min}$) لمعظم الأشهر في النمو الشعاعي (المتمثل هنا بمؤشر النمو للصنوبر البروتي)، كان سالباً ولاسيماً خلال فصل النمو الذي يمتد من بداية الربيع وحتى نهاية الصيف. حيث لوحظ بالنسبة للعينة الأولى Pb1 أن التأثير كان معنوياً سالباً وبدرجة 90 % لشهري مايو ويونيو وايجابياً 95 % لشهر مارس. بينما لوحظ أن هذا التأثير المعنوي السالب امتد من شهر يونيو وحتى شهر أغسطس وعند مستوى معنوية بلغ 95 % بالنسبة للعينة الثانية Pb2، بالمقابل فان تأثير متوسط درجات الحرارة الصغرى لشهري أكتوبر و نوفمبر كان معنوياً موجباً وذلك بالنسبة للعينة نفسها. بينما اقتصر التأثير الموجب على شهر أكتوبر للعينة الثالثة عند مستوى معنوية بلغ 95 % ولوحظ التأثير السلبي لشهر يونيو عند مستوى معنوية 90 %.

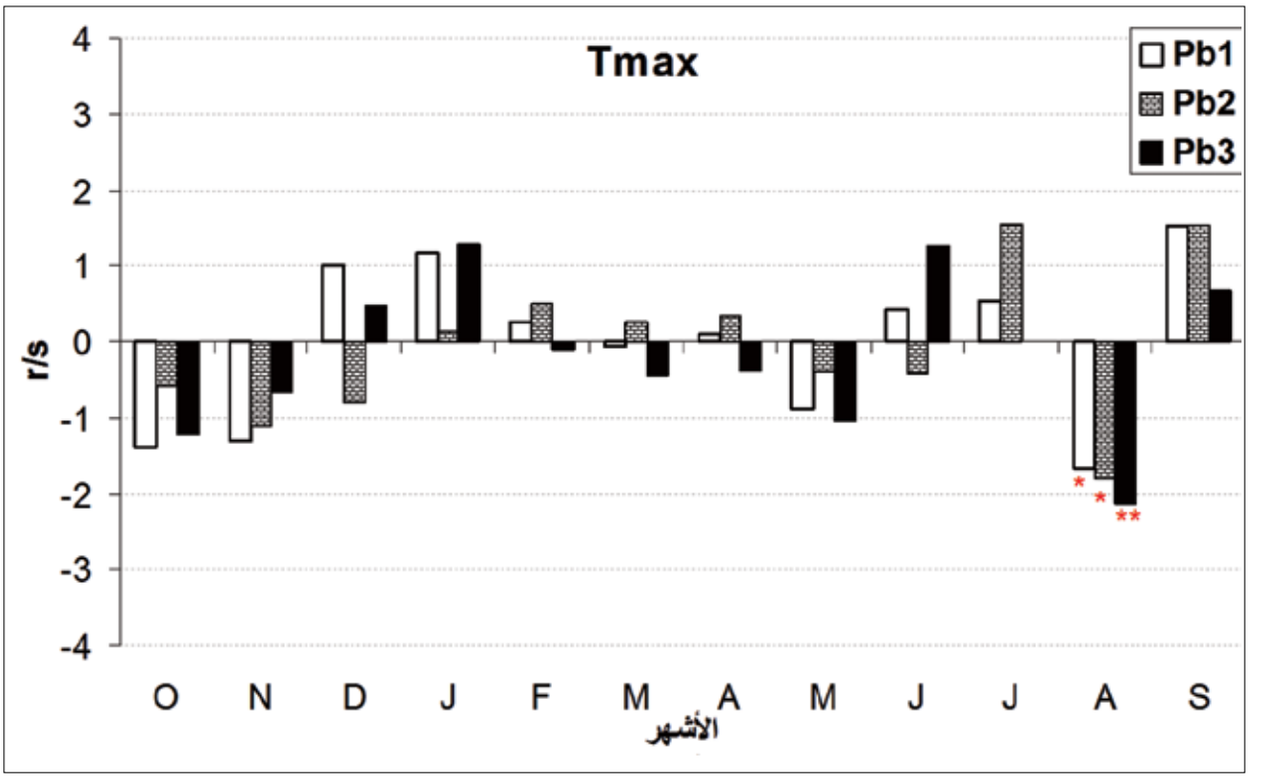



**الشكل 5. نتائج أنموذج استجابة النمو** (Response f unction) **والذي يبين النسبة بين معامل الانحدار الجزئي والانحراف المعياري للعلاقة بين متوسط درجات الحرارة الصغرى الشهرية والنمو الشعاعي للعينات الثلاث للصنوبر البروتي** (Pb1, Pb2, Pb3) **؛ أرقام العينات الثلاث).**
**تشير الرموز** *، **، ***، **** **الى معنوية العلاقة عند مستويات** 90 %، 95 %، 99 %، 99.9 %) **على التوالي.**

أما بالنسبة إلى تأثير متوسط درجات الحرارة العظمى على النمو ($T_{max}$)، فقد اقتصر هذا التأثير على شهر أغسطس للعينات الثلاث. حيث كان سالباً عند مستوى معنوية بلغ 90 % بالنسبة للعينة الأولى والثانية وحتى 95 % بالنسبة للعينة الثالثة (الشكل 6). وتتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه سلهب (2011) حيث كانت قيم معاملات الارتباط جيدةً وسالبةً بين عرض حلقات النمو للصنوبر البروتي والحلبي في محافظة طرطوس والمتوسطات السنوية لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسطة. بالمقابل فقد جاءت نتائج هذه الدراسة معاكسةً لما توصلت إليه سلهب (2011) من حيث أن التأثير الأكبر كان لدرجات الحرارة العظمى مقارنةً مع تأثير درجات الحرارة الصغرى في النمو الشعاعي للصنوبر البروتي، وقد يُعزى هذا إلى الاختلاف في خصائص المواقع في كلتا الدراستين.

يمكن شرح التأثير الايجابي لدرجات الحرارة الصغرى في شهر مارس في سماكة حلقات النمو السنوية بإمكانية بدء النمو الشعاعي للصنوبر البروتي مع أول ارتفاع لدرجة الحرارة خلال أشهر الربيع. كما يبدو أن لارتفاع درجات الحرارة الصغرى والعظمى خلال الفترة من مايو وحتى أغسطس تأثيرات سلبية في نمو الصنوبر البروتي، وذلك لأنه ينجم عن هذا الارتفاع في درجات الحرارة عجزٌ مائي وجفافٌ صيفي يتسببان في عدم توازن في ميزان العمليات الفيزولوجية عند الصنوبر البروتي (Tessier، 1982). كما أن هذا الارتفاع في درجات الحرارة، ولاسيما العظمى منها، يتسبب بزيادة عملية التبخر- نتح عند النبات والذي ينجم عنه انخفاضٌ في النشاط الميريستيمي وبالتالي نمو ضعيف (Nicault، 1999) وهذا يتفق أيضاً مع ما ذكره نحال وزملاؤه (1988) من أن ارتفاع درجة الحرارة إلى حد أعلى من الاحتياجات الطبيعية للنبات يؤدي إلى تسريع النمو لكن يكون الخشب أقل جودة ثم يتباطئ النمو بشكل مبكر.

تتطابق هذه النتائج مع دراسات أجريت في المنطقة المتوسطية على أنواع حراجية مختلفة، كالدراسات التي قام بها Papadopoulos وزملاؤه(2001) على الصنوبر الحلبي في اليونان، والدراسة التي قام بها الباحث Rathgeber (2002) على الصنوبر الحلبي في جنوب فرنسا، كما نذكر الدراسة التي قام بها El Khorchani (2006) على الصنوبر الحلبي في تونس، وتلك التي قام بها Thabeet (2008) على الصنوبر الحرجي في جنوب فرنسا، ويمكن أن نذكر أيضا دراسة Girard وزملاؤه (2012) التي تضمنت دراسة تأثير تكرار الجفاف في نمو الصنوبر الحلبي في المنطقة الفرنسية من حوض المتوسط. وجميع هذه الدراسات أوضحت الدور الأكبر والأهم للهطل المطري كعامل محدد للنمو بالنسبة للأنواع المدروسة خاصةً الصنوبرية منها.




**الشكل 6. نتائج أنموذج استجابة النمو** (Response function) **والذي يبين النسبة بين معامل الانحدار الجزئي والانحراف المعياري للعلاقة بين متوسط درجات الحرارة العظمى الشهرية والنمو الشعاعي للعينات الثلاث للصنوبر البروتي** (Pb1, Pb2, Pb3 : **أرقام العينات الثلاث**).
**تشير الرموز** *، **، ***، **** **الى معنوية العلاقة عند مستويات** 90 %، 95 %، 99 %، 99.9 %) **على التوالي.**

## الاستنتاجات والمقترحات

تبرز أهمية معايرة السلاسل الزمنية الخام لسماكات حلقات النمو السنوية في مثل هذا النوع من الأبحاث في التخلص من أثر العمر وحصر التغيرات السنوية الموجودة في سماكات حلقات النمو كنتيجة للتغيرات في العناصر المناخية. كما سمحت النتائج باستنتاج العوامل المحددة للنمو الشعاعي للصنوبر البروتي *P. brutia* على السفح الشرقي لسلسلة الجبال الساحلية السورية المطلة على سهل الغاب. واستنادا إلى نتائج الأنموذج الإحصائي Response Function كان للهطل المطري، ولاسيما في أشهر الربيع والصيف، التأثير الأساس في التغيرات البينية لسماكات حلقات النمو السنوية للصنوبر البروتي مقارنةً بتأثير درجات الحرارة العظمى والصغرى الذي اقتصر على أشهر الصيف ( يونيو، يوليو و أغسطس) بالنسبة لمتوسط درجات الحرارة الصغرى و شهر أغسطس فقط بالنسبة لمتوسط درجات الحرارة العظمى.

كما يُوصى بإعادة استخدام الأنموذج الإحصائي Response Function عند توفر المعطيات المناخية لفترات أطول وذلك بهدف التأكد من مصداقية النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة. ويوصى بتوسيع نطاق الدراسة لتشمل عدداً أكبر من القطاعات ومناطق توزع جغرافية أوسع للصنوبر البروتي.

وعليه يقترح تعميم هذا النوع من الدراسات لتشمل أنواعاً حراجيةً أخرى، وذلك بهدف تحديد أثر العناصر المناخية في نموها الشعاعي. كما أن علاقات الارتباط المعنوية تسمح باستنتاج المناخ الماضي للمنطقة التي لا تتوفر فيها معطيات مناخية استناداً إلى سماكة حلقات النمو.

# المراجع


- سلهب، هبة .2011. دراسة التأريخ الشجري وعلاقته بالتغيرات المناخية عند الصنوبر البروتي والحلبي في محافظة طرطوس. كلية الزراعة، جامعة دمشق، رسالة ماجستير، 92 ص.

- شلبي، محمد نبيل، و غالية مرتيني.1989. دراسة العلاقة بين النمو الخشبي الثانوي لأشجار الشوح والمتغيرات المناخية في سورية. مجلة بحوث جامعة حلب، (2):57-88.

- مديرية التحريج والغابات.1993. الحراج السورية في عامها الخمسين. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي ومنظمة الأغذية الدولية، 7.

- مسلماني، يوسف، و محمود علي. 2009. مشروع إعداد البلاغ الوطني للتغيرات المناخية.. تقييم حساسية القطاع الحراجي في سورية للتغيرات المناخية، 47 ص.

- مرتيني، غالية.1999. تحاليل بيئية واجتماعية نباتية لغابات السفح الشرقي في سلسلة الجبال الساحلية. رسالة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة حلب، سوريا، 192 ص.

- نحال، إبراهيم .1982. الصنوبر البروتي وغاباته في سورية وبلاد شرقي المتوسط ،منشورات جامعة حلب، 228 ص.

- نحال، إبراهيم، أديب، رحمة، و محمد نبيل شلبي 1988.. الحراج والمشاتل الحراجية، كلية الزراعة، منشورات جامعة حلب.

- نحال، إبراهيم .2003. علم الشجر (الدندرولوجيا). منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة، 630 ص.

- Becker, M.1989. The role of climate on present and past vitality of silver fir in the Vosges mountains of northern France. Canadian journal of forest research, 19:1110-1117.

- .Briffa, K.R.; F.H. Schweingruber, P.D. Jones, T.J. Osborn, I.C. Harris, S.G. Shiyatov, E.A. Vaganov, H. Grudd and J. Cowie.1998. Trees tell of past climates: But are they speaking less clearly today. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B. Biology Sciences, 353:65–73.

- Camarero, J.J., J. Guerrero-Campo and E. Gutiérrez.1998. Tree-ring growth and structure of *Pinus uncinata* and P*inus sylvestris* in the central Spanish Pyrenees. Arctic and Alpine Research, 30:1-10.

- Cartier, J., R. Parent and J.M. Picard.1979. Inférence statistique. In: Méthodes quantitatives, Montreal, 183.

- Chalabi, M. N.1980. Analyse phytosociologique, phytoecologique, dendrométrique et déndroclimatique des forêts de *Quercus cerris subsp. pseudocerris*, et contribution à l'étude taxinomique du genre *Quercus* L. en Syrie. Thèse de Doctorat és-sciences, Faculté des sciences et techniques St. Jérôme, 342.

- Cook, E.R., Briffa., S. Shiyatov and V. Mazepa.1990. Tree-Ring Standardization and Growth-Trend Estimation. In: Methods of Environmental Sciences, Kluwer Academic publisher, Dordrecht: 104-122.

- Cook, E.R., A.H. Johnson and T.J. Blasing.1987. Forest decline: modeling the effect of climate in tree rings. Tree physiology, 3:27-40.

- Eckstein, D., and F. Schweingruber .2009.Dendrochronologia– A mirror for 25 years of tree-ring research and a sensor for promising topics. Dendrochronologia, 27(1):7-13.

- El Khorchani, A .2006. Approche dendrochronologique de l'influence des changements climatiques sur la productivité des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Tunisie. Thèse de Doctorat, Université d 'Aix-Marseille III, Discipline Science de l'Environnement, Marseille, 211.

- El Khorchani, A., C. Gadbin-Henry., S. Bouzid and A. Khaldi .2007. L'impact de la sécheresse sur la croissance de trois espèces forestières en Tunisie (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L. et *Pinus pinaster* Sol.). Sécheresse, 18 (2):1-9.

- Esper, J., E.R. Cook., P.J Krusic., K. Peters and F.H. Schweingruber.2003. Tests of the RCS method for preserving low frequency variability in long tree-ring chronologies. Treering Research, 59:81-98.

- Finlayson, W.1971. Les Foret de Chypre et al Sylviculture Chypriote, R.F.F,XXIII:3-1971.

- Fritts, H.C. and T.W. Swetnam.1986. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. Utility Air Regulatory Group, Acid Deposition Committe, Washington, 61.

- Fritts H.C .1971. Dendroclimatology and dendroecology. Quaternary Research 1(4):419-49.

- Fritts, H.C.1976. Tree Ring and Climate. Academic Press,New Yourk, 567.

- Girard F., M. Vennetier, F. Guibal, C. Corona, S. Ouarmim and Asier H.2012. *Pinus halepensis* Mill. crown development and fruiting declined with repeated drought in Mediterranean France. European Journal of Forest Research (in press).

- Guiot, J.1990. Methods of verification, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. In: Methods of Denrochronology. Application in the Environmental Sciences: 163-217.

- Guiot, J.1987. Standardization and selection of the chronologies by the ARMA analysis. In: Methods of Dendrochronology,

International Institute for Applied Systems Analysis, Luxenburg, Austria and Polish Academy of Sciences Systems Research Institute, Warsaw Poland: 97-105.
- Guiot, J. and C. Goeury.1996. PPPBase, a software for statistical analysis of paleoecological and paleoclimatological data. Dendrochronologia, 14:295-300.
- Huber, B. and V. Giertz-Siebenlist.1969. Unsere tausendjährige Eichenchronologie durchschnittlich 57 (10-159) fach belegt. Sitzungsberichte Österr. Akad. Wiss., Mathem. Naturwiss. Klasse, Abteilg, 1(178):37-42.
- Lebourgeois F. and M. Becker.1996. Dendroécologie du pin laricio de Corse dans l'Ouest de la France. Evolution du potentiel de croissance au cours des dernières décennies, Ann. For. Sci. , 53:931-946.
- Messaoudene, M.1989. Approche dendroclimatologique et productivité de *Quercus afares* (Pomel) et *Quercus canariensis* (Willd) dans les massifs forestiers de l' Akfadou et de beni-Ghobri en Algérie. Thèse de Doctorat en Sciences spécialité: Phytoécologie, Université d' Aix-Marseille III, 123.
- Mouterde, P .1966. Nouvelle Flore de Liban et de la Syria. 3 T et Atlas, Dar Al Mashreq, Beyrouth, Liban, 1955.
- Nicault, A.1999. Analyse de l'influence du climat sur les variations inter et intraannuelles de la croissance radiale du pin d' Alep (*Pinus halepensis* Miller) en Provence calcaire. Thèse de Doctorat, Université d 'Aix-Marseille III, Discipline Ecologie, Marseille, 256.
- Papadopoulos, A., F. Serre-Bachet and L. Tessier.2001. Tree ring to climate relationships of Aleppo pins (*Pinus halepensis* Mill.) in Greece. Ecologia mediterranea, 27 (1):89-98.
- Popa, I and S. Cheval.2007. Early winter temperature reconstruction of Sinaia area (Romania) derived from tree-rings of silver fir (*abies alba* mill.).Romanian Journal of Meterology, 9 (1-2):47-54.
- Quezel, P.1985. Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora .In:Gomez-campo,(ed), plant conservation in the Mediterranean area. Junk, dordrecht, 9-24.
- Rathgeber, C.2002. Impact des changements climatiques et de l' augmentation du taux de CO2 atmosphérique sur la productivité des écosytèmes forestiers: exemple du pin d' Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Provence calcaire. Thèse de Doctorat, Discipline «Biologie des populations et Ecologie, Université de droit, d'Economie et des Sciences d' Aix-Marseille (Aix-Marseille III), 276.
- Schweingruber, F.H.1986. Beziehungen zwischen wachstumsphasenin Jahrringabfolgn und umweltbedingungen in der Schweiz. In: Procceedings Symposium "Klima und Witterung in Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden" 13-14 Oct. 1986, Projektgruppe Bayern zur Erforschung der Wirkung von Umweltschadstoffen (PBWU) (Herausgeber), GSF-Bericht 10(87):165-174.
- Schweingrüber, F.H., D. Eckstein, F. Serre-Bachet and O.U. Bräker.1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in Dendrochronology. Dendrochronologia, 8:9-38.
- Serre, F.1964. Une méthode nouvelle d'interdatation des anneaux ligneux. C. R.Acad. Sc. Paris, 259:3603-3606.
- Serre, F.1973. Contribution à l'étude dendroclimatologique du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Ph.D thèse, l'université D'Aix-Marseille III, 244
- 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 (Var, France). Ecologia Mediterranea, VIII:167-183.
- Tessier, L.1986. Approche dendroclimatologique de l'écologie de *Pinus sylvestris* L. et *Quercus pubescens* Willd. dans le Sud-Est de la France. Acta oecologica. Oecologia plantarum, 7(21):339-355.
- Tessier, L. 1984. Dendroclimatologie et Ecologie de *Pinus sylvestris* L. et *Quercus pubescens* Willd. dans le sud-est de la France Thèse de Doctorat d' Etat mention Sciences, Univ. de Droit, d' Economie et des Sciences d' Aix-Marseille, Marseille, 231.
- Tessier, L.1982. Analyse dendroclimatologique comparée de six populations de *Pinus sylvestris* L. dans la Drôme. Ecologia mediterranea, VIII (3):185-202.
- Thabeet, A., N. Denelle, A. El Khorchani., A. Thomas, C. Gadbin-Henry.2007. Etude dendroclimatologique de quatre populations de pin pignon (*Pinus pinea* L.) en Tunisie (Kroumirie, Mogods, Sahel), Forêt Méditerranéenne. XXVIII(3):219-227.
- Thabeet, A.2008. Réponse du pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) aux changements climatiques récents en région Méditerranéenne française: spatialisation et quantification par la télédétection et la dendrochronologie th se de Doctorat, Discipline «Biologie des populations et Ecologie, Universit de droit, d´ Economie et des Sciences d'Aix-Marseille (Aix-Marseille III), 276.
- Touchan, R., G. Garfing, M. D. Meko, G. Funkhouser, N.K. Erkan, M. Hughes and. S. Wallin.2003. Preliminary reconstruction of spring precipitation in southwestern Turkey from tree-ring width. Int. J. Climatol, 23:157–171.
- Vila, B., M. Vennetier, C. Ripert, O. Chandioux, E. Liang, F. Guibal and F. Toor.2008. Has global change induced opposite trends in radial growth of *Pinus sylvestris* and *Pinus halepensis* at their bioclimatic limit? The example of the Sainte-Baume forest (southeast France). Ann. For. Sci, 65:709.

**Ref : 256 / Accepted 4 - 2013**