

## خصائص الهطل المطري و شدة وتكرار الجفاف في محطتي طرطوس والقدموس خلال الفترة 1983-2013

هبه سلهب \*

(تاريخ الإيداع 13 / 9 / 2020 . قُبل للنشر 3 / 11 / 2020)

□ الملخص □

يعتبر الجفاف من أعقد المخاطر التي تؤثر بشكل مباشر في النشاطات البشرية بالمقارنة مع الأخطار الطبيعية الأخرى، وبما أن الهطل هو العنصر المناخي الأكثر تغيراً بين عام وآخر فهو الأكثر تحديداً لظاهرة الجفاف مقارنة مع باقي العناصر المناخية. تمت دراسة خصائص الهطل والجفاف لمحطتي لرصد في محافظة طرطوس، هما طرطوس (15م) عن سطح البحر، والقدموس (866 م) عن سطح البحر. استخدمت ثلاث مؤشرات للجفاف لدراسة شدة وتكرار الجفاف وهي SPI، RAI، Sn.

بينت النتائج عدم انتظام توزيع كميات الهطل على مستوى الأشهر والفصول والمواسم خلال الفترة 1983-2013، كما أظهرت مؤشرات الجفاف وتعدد الجفاف بشداته المختلفة خلال تلك الفترة، وقد فاق عدد مواسم الجفاف عدد مواسم الرطوبة، وفي كلا المحطتين سُجل جفاف متطرف إلى شديد خلال المواسم (1988-1989، 2000-2001، 2006-2007)، بينما تميزت المواسم (1991-1992، 2002-2003، 2012-2013) برطوبة متطرفة إلى شديدة.

كلمات مفتاحية : هطل- جفاف-مؤشرات جفاف- طرطوس - القدموس

## Characteristics of Precipitation and Droughts Intensity and Frequency in Tartous and Kadmous Stations

Heba Salhab\*

(Received 13 / 9 / 2020 . Accepted 3 / 11 / 2020 )

### □ABSTRACT□

Drought is one of the complex hazards that affect a large number of people compared to other natural hazards .Precipitation is the most changeable climatic element from year to year so it is the most important determinant of drought compared to other climatic elements. Precipitation and droughts were studied using data from two stations in Tartous governorate (the first is Tartous station with altitude of 5 m and the second is kadmous station with altitude of 866 m.

In order to characterize drought, meteorological data of monthly rain were implemented. Using each of : sums of weighted standardized monthly precipitation anomalies index, standard precipitation index, and rainfall anomaly index, intensity and frequency of drought were computed. Results showed that, precipitation contrasted widely between years and seasons during the period 1983-2013. Years of droughts frequented more than wet years. In the both regions extreme drought was found during the years (1988-1989, 2000-2001, 2006-2007), while humid years was found during the years(1991-1992, 2002-2003, 2012-2013).

**Key Words :** Precipitation, Drought, Drought indicators, Tartous, Kadmous.

## 1. مقدمة Introduction :

تؤثر العناصر المناخية في كافة أشكال الحياة على سطح الأرض، حيث ترتبط العمليات البيولوجية والبيئية بقيم هذه العناصر وتذبذباتها من عام لآخر، ويعتبر كل من الهطل ودرجة الحرارة العنصرين الأهم المحددين لنمو النباتات، حيث أن العناصر البيئية الأخرى، يمكن أن تؤثر أيضاً في النمو، لكنها هي ذاتها مرتبطة بتغيرات الهطل والحرارة (Fritts, 1976).

كما وبعد الهطل من أهم المتغيرات البيئية التي تؤثر في تركيب و تكوين و ديناميكية المجتمعات النباتية، ويلعب دور رئيسي في تحديد إنتاجية النباتات و قدرتها على المنافسة، خاصة وأن التغيرات في رطوبة التربة بفعل تغير كميات و توزع الهطل غالباً له دوراً أكثر أهمية من الحرارة (Wetzel, 2003).

برز الجفاف خلال العقود الماضية كظاهرة بالغة الخطورة، تؤثر بشكل كبير في الحياة على سطح الأرض، وهو ظاهرة واسعة الانتشار تسبب الخسائر البيئية والاقتصادية حول العالم (Bryant, 2005)، وعلى الرغم من أن الجفاف قد يستمر لمواسم عديدة، إلا أن فترة قصيرة من الجفاف الشديد كفيلاً بإلحاق أضرار هائلة، وغالباً يصعب فهم وتقدير حدوثه، حيث يؤثر بشكل كبير وغير ملائم في النشاطات البشرية بالمقارنة مع الأخطار الطبيعية الأخرى (Hagman, 1984).

تتأثر إنتاجية النظم البيئية الأرضية وموارد المياه بمستويات الهطل وتوزعه خلال موسم النمو، لذلك يؤدي الجفاف إلى تراجع النمو بشكل حاد (Hlavinka, 2009).

يوجد عدة تعريف للجفاف، تختلف وفق المجالات المتأثرة به، وتبعاً للاحتياجات المكانية والزمانية للماء اللازم للنشاطات البشرية المختلفة (Passioura, 2007، Glantz & Wilhite 1985).

بشكل عام يعرف الجفاف أنه "نقص الهطل عما هو متوقع (أي عن مستواه الطبيعي للفترة والمنطقة)، والذي يؤدي إذا استمر لفترة زمنية تطول لفصل أو أكثر، إلى عدم إمكانية توفر احتياجات الوسط البيئي والنشاطات البشرية (Hayes, 2011)، وتختلف حوادث الجفاف عن بعضها من حيث الشدة، والاستمرارية، والامتداد المكاني (Tsakiris, 2007). يحدث الجفاف في جميع النطاقات المناخية، وفي المناطق ذات كميات الهطل المرتفعة أو المتدنية (Vanyarkho and Wilhite, 2000)، ويعود الهطل العنصر الأكثر تغيراً بين عام وآخر بالمقارنة مع العناصر المناخية الأخرى، لذلك فهو الأكثر تحديداً لظاهرة الجفاف من باقي العناصر. ويعتبر الجفاف أحد أهم التحديات التي تواجه التنمية المستدامة في المناطق الواقعة شرق المتوسط، وتزداد حساسية هذه المناطق لتذبذب المناخ عاماً بعد آخر، بسبب تزايد أعداد السكان وتنامي النشاطات البشرية، وزيادة الطلب على الموارد المائية المحدودة أصلاً (Bates, 2008، Le Houerou, 1996).

شهدت المنطقة المتوسطية العديد من الفترات الجافة، وتجري الدراسات لتحديد طبيعة هذا الجفاف ومدى انتشاره وشموليته في هذه المنطقة (Cook, 2016). وقد أظهرت دراسة (Mathbout, 2018) أن المنطقة الساحلية من سورية عانت من جفاف شديد في التسعينات من القرن الماضي، وبينت أن الفترة 2007-2010 كانت الأكثر جفافاً وفق البيانات المسجلة.



$S_n$ : محصلة الانحرافات القياسية المثقلة للأمطار لكل موسم هطل بدءاً من الشهر الأول  $i=1$  و حتى الشهر  $n=i$  الأخير

حيث  $n$  عدد الأشهر المطيرة، و قد تم تحديد الفترة من تشرين الأول و حتى أيار من كل عام للحساب.

: اللوغاريتم العشري لأمطار الشهر المدروس  $i$ .

:معدل قيم للشهر  $i$  خلال فترة الدراسة .

$\sigma_i$  : الانحراف المعياري لقيم للشهر  $i$  خلال فترة الدراسة.

: عامل التثقيل weighting factor الذي يعبر عن حصة الشهر المدروس من أمطار الموسم.

حيث المعدل العام للشهر المدروس و المعدل العام للموسم الماطر.

• مؤشر الأمطار القياسي **SPI** "et al/McKee" (1993 ، Standardized Precipitation Index):

تم حساب قيم هذا المؤشر بالاعتماد على البرنامج DrinC الإصدار 1.5، ويعتمد حساب هذا المؤشر

على تابع الكثافة الاحتمالي لتوزع غاما الذي يأخذ الشكل التالي :

حيث:

: دالة غاما

$P$  : قيمة الهطل التي يراد تقييم التوزيع عندها.

$A$  : المتغير الشكلي للتوزيع وله قيمة أكبر من 0

$\beta$  : المتغير القياسي للتوزيع وله قيمة أكبر من 0

$n$  : عدد قيم الهطل

بما أن توزع غاما غير معرف عند قيمة الصفر ومن المحتمل أن تكون كميات الهطل مساوية للصفر، لذلك فإن

التوزيع الاحتمالي يأخذ الصيغة التالية:

$$G(p) = q + (1-q) G(p)$$

• مؤشر انحراف الهطل **RAI** (Rooy-Van) (1965 ، "Rainfall Anomaly Index):

يعد هذا المؤشر من أفضل المؤشرات لتقدير شدة الجفاف خلال مختلف الفترات الزمنية (شهر - فصل - موسم

ماطر...) ويعتمد في حسابه على العلاقة التالية :

حيث :

$P$  : كمية الهطل (مم) خلال الفترة المدروسة (شهر - فصل - موسم ماطر...).

: المعدل العام للهطل لنفس الفترة.

: متوسط القيم العشر المتطرفة في السلسلة (يؤخذ متوسط أعلى عشر قيم من أجل الانحرافات الايجابية مع

الإشارة الموجبة، و متوسط أقل عشر قيم من أجل الانحرافات السلبية مع الإشارة السالبة).

#### 4. النتائج والمناقشة :

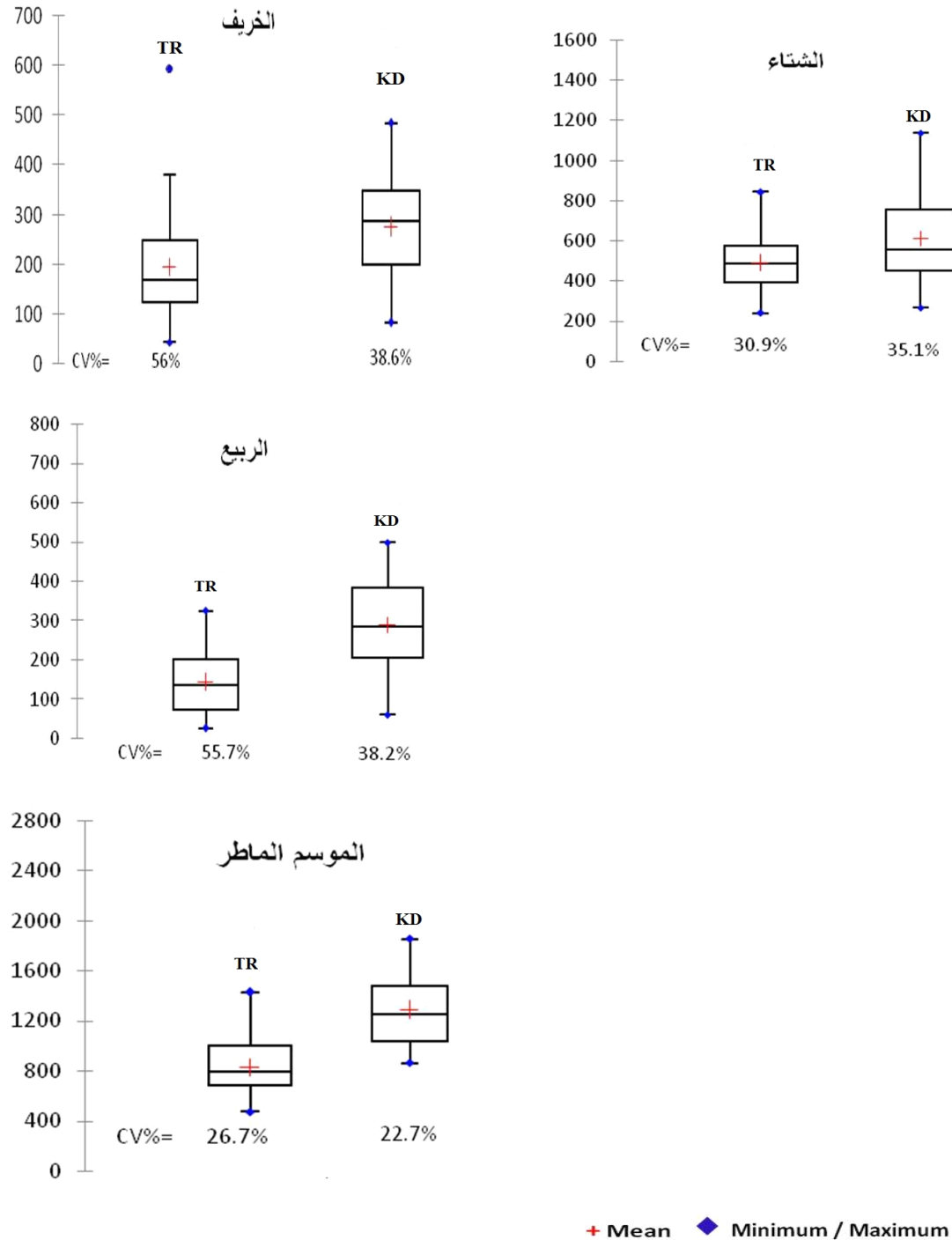
##### 1.4. خصائص الهطل :

يوضح الشكل (1) معدلات الهطل الشهرية المحسوبة للفترة 1983-2013 في محطتي الدراسة مع أهم الخصائص الإحصائية، حيث يظهر أن كميات الهطل تتركز من نهاية الخريف حتى بداية الربيع، مع إمكانية لسقوط كميات كبيرة من الأمطار خلال أشهر الخريف والربيع في بعض المواسم، كما أن احتمال انعدام الأمطار أو تناقصها إلى مستويات قليلة في مواسم أخرى أمر وارد، وهذا ما يظهر واضحاً من خلال التفاوت بين أعلى وأدنى قيمة، مما يعكس على قيم معامل التباين المرتفعة على أطراف الموسم الماطر (السنة البيولوجية)، والتي تجاوزت مستوى 100% من أيار حتى أيلول. كما نلاحظ أن معامل التباين يكون خلال أشهر الشتاء أقل مما هو عليه خلال أشهر الربيع والخريف، كون الشتاء فصل الأمطار وغالباً ما يكون الهطل فيه منتظماً نسبياً من سنة لأخرى، في حين يميل الهطل في بقية الفصول إلى العشوائية.

الشكل (1) المعدلات الشهرية للهطل (مم) مع أهم الخصائص الإحصائية في المحطات المدروسة خلال الفترة 1983-2013 تبيّن الخصائص الإحصائية لهطولات الفصول والموسم الماطر في محطتي الدراسة والموضحة في الشكل (2)، أن معدلات الهطل مرتفعة نسبياً حيث تتراوح بين 831.3 ملم في طرطوس، بينما بلغت 1270.3 ملم في القدموس، يتركز الجزء الأكبر منها خلال فصل الشتاء الذي يزيد معدل الهطل فيه عن مجموع معدلي الربيع والخريف. تبيّن أن نظام الهطل في محطة طرطوس متوسطي نموذجي يأخذ الشكل (شتاء - خريف - ربيع)، حيث تتركز معظم كميات الهطل في الشتاء، يليه الخريف ثم الربيع، في حين تغير هذا مع الارتفاع عن سطح البحر فكان نظام الهطل متوسطي نموذجي من الشكل (شتاء - ربيع - خريف) في القدموس، حيث تقدمت هطولات الربيع على هطولات الخريف.

يتضح أيضاً من الشكل (2) وجود تباين في كميات الهطل بين المواسم خلال الفترة 1983-2013، وهذا يظهر من خلال أعلى وأدنى قيمة، ومن خلال القيم المرتفعة لمعامل التباين (CV%) ولا سيما في فصلي الربيع والخريف، حيث سجلت أعلى قيم في فصل الخريف يليه الربيع ثم الشتاء الذي كانت هطولاته أقل تبايناً، ومع ذلك فإن قيمة معامل التباين لم تقل عن 30%. أما بالنسبة لهطولات الموسم الماطر فقد كانت أقل تبايناً من هطولات الفصول.

تجاوزت كمية الهطل خلال فصل الشتاء في بعض المواسم المعدل العام للموسم الماطر، كذلك فإن هطولات الخريف أو الربيع قد تزيد عن هطولات الشتاء في مواسم معينة، ومن جهة أخرى يتضح عدم انتظام توزيع الهطل خلال الفصول و خلال الموسم الماطر، ويظهر هذا من خلال عدم تطابق قيمة المتوسط مع الوسيط، كما تبتعد قيمة كل منهما عن أعلى وأدنى قيمة بشكل غير منتظم.



الشكل(2) الخصائص الإحصائية لهطولات الفصول والموسم الماطر في كل من طرطوس والقدموس خلال الفترة 1983-2013 حيث:

رمز لطرطوس: TR وللقدموس: KD

## 2.4. خصائص الجفاف:

لدى حساب قيم مؤشرات الجفاف Sn، SPI، RAI خلال الفترة 1983-2013 في محطتي طرطوس والقدموس والمبينة في الشكل (3) تبين أن الجفاف يتكرر بشكل واضح في محطتي الدراسة ولكن بشدات مختلفة، حيث أظهرت بعض المواسم وجود جفاف متطرف الشدة، في حين أظهر بعضها الآخر وجود جفاف شديد إلى متوسط. يتضح من قيم المؤشر Sn أن المواسم التي شهدت جفافاً متطرفاً كانت: 1988-1989 بقيمة مؤشر وصلت حتى -2.27، و1996-1997 و2006-2007 في القدموس، والموسمين 1998-1999 و2000-2001 في طرطوس.

في حين كان الموسم 2000-2001 في القدموس، والموسمين 2006-2007 و1988-1989 في طرطوس شديدة الجفاف.

دلت قيم مؤشر SPI على عدم وجود جفاف متطرف خلال كامل فترة الدراسة في كل من طرطوس والقدموس، حيث أن قيم المؤشر لم تنخفض عن القيمة -2، ولكن لوحظ قيم حدية للجفاف الشديد وصلت حتى -1.98 في طرطوس للموسم 2000-2001، وللموسم 1996-1997 في القدموس، وتميزت الفترة من 1988-1991 بجفاف متوسط في كلا المحطتين. تجدر الإشارة إلى أن منظمة (WMO) أوصت باستخدام المؤشر القياسي المعياري للهطول (SPI) بوصفه المؤشر الرئيسي للجفاف الميئيورولوجي الذي ينبغي أن تستخدمه البلدان لمراقبة وتتبع أحوال الجفاف (Hayes et al. 2011).

أما وفق مؤشر انحراف الهطل RAI فقد لوحظ تكرار الجفاف بشداته المختلفة بشكل أكبر من المؤشرين السابقين، حيث نلاحظ تكرار الجفاف المتطرف والشديد خلال المواسم 1988-1989 و1989-1990 و1990-1991 في كل من طرطوس والقدموس.

كما لوحظ الجفاف المتطرف خلال الموسمين 2000-2001 و2006-2007، في حين كان الجفاف متوسط الشدة خلال الموسم 2007-2008 في طرطوس وشديد الجفاف في القدموس، وكذلك الحال بالنسبة للموسم 2009-2010.

تباينت نتائج مؤشرات الجفاف إلى حد ما من محطة لآخري، فمثلاً نلاحظ أن بعض المواسم مثل 1998-1999 تميزت بجفاف متطرف في طرطوس وفق المؤشر Sn، بينما كانت قريبة من المعدل في القدموس، ووفق المؤشر RAI كانت متطرفة الجفاف في طرطوس وشديدة الجفاف في القدموس، والموسم 2009-2010 كانت قريبة من المعدل في طرطوس وفق المؤشر RAI وشديدة الجفاف في القدموس، بينما سجلت جفاف معتدل وقريب من المعدل وفق المؤشرين الآخرين. أما الموسم 1996-1997 فقد سجل جفاف معتدل وطبيعي في طرطوس وجفاف متطرف وشديد في القدموس وفق المؤشرين Sn، SPI على التوالي، في حين تميز بجفاف شديد ومتطرف في طرطوس والقدموس وفق المؤشر RAI.

تشابهت مؤشرات الجفاف من حيث تأكيدها على المواسم الجافة ذاتها (1988-1989، 2000-2001، 2006-2007)، ووجود فترة من الجفاف امتدت من 1988-1991، كما أكدت على وجود رطوبة متطرفة خلال



المواسم (1991-1992، 2002-2003، 2012-2013) والتي تميزت بكمية هطول أعلى من المعدل بشكل واضح.

### الشكل (3) تغير قيم مؤشرات الجفاف SPI، RAI، Sn في مواقع الدراسة خلال الفترة 1983-2013

#### 3.4. تكرار الجفاف في المحطتين المدروستين:

يظهر الشكل (4) أن نسبة تكرار الجفاف الكلي ضمن المجالات المختلفة الشدة تتفاوت بشكل واضح بين محطتي الدراسة وتبعاً لقيم مؤشرات الجفاف المستخدمة.

كانت أعلى نسبة تكرار للجفاف الكلي تلك المحسوبة وفق مؤشر RAI حيث وصلت حتى 50%، يليه المؤشر Sn بقيم تتراوح بين 30-33.4%.

بالنسبة للمؤشر SPI يتضح من الشكل (4) غياب التكرار في مجال الجفاف المتطرف الشدة وتدني نسبة التكرار في مجال الجفاف الشديد، مقارنةً مع الجفاف المتوسط الشدة في كلا المحطتين.

من جهة أخرى كانت نسبة تكرار القيم القريبة من المعدل مرتفعة نسبياً وفق المؤشرين SPI و Sn في كل من طرطوس والقدموس، ووصلت حتى القيمة 63.6% في طرطوس بالنسبة للمؤشر SPI، في حين وفق المؤشر RAI كانت أقل من نسبة الجفاف المتطرف بالنسبة لطرطوس ومساوية له في القدموس.

تبين أن نسبة تكرار الجفاف متساوية تقريباً بين محطتي طرطوس والقدموس بالنسبة لمؤشر RAI، بينما كانت أعلى بقليل في محطة طرطوس بالنسبة للمؤشر Sn، وبالعكس بالنسبة للمؤشر SPI حيث كانت أعلى في محطة القدموس.

أن نسبة تكرار الجفاف الكلي تفوق نسبة تكرار الرطوبة الكلية، وهذا يؤكد عدم انتظام توزيع الهطل في المحطتين المدروستين، حيث أن المعدل يأتي من تكرار أكبر لمواسم قليلة الهطل، وتكرار أقل لمواسم مرتفعة الهطل، حيث نلاحظ من الشكل (3) أن المستويات التي بلغت القيم السلبية تفوق ما وصلت إليه القيم الإيجابية بالنسبة للمؤشرين RAI و SPI، وتساوت معها تقريباً بالنسبة لمؤشر Sn، ويعد هذا مؤشر غير جيد لوجود فرص تقاوم الجفاف في المستقبل خاصة في ظل توقعات زيادة تناقص الهطل وزيادة فرص حدوث الجفاف وتكراره. (Ozturk *et al.*, 2018، IPCC, 2014)

### الشكل (4) النسب المئوية للتوزيع التكراري للجفاف والرطوبة والمحسوبة تبعاً للمؤشرات SPI، RAI، Sn

خلال الفترة 1983-2013

## 5\_ الاستنتاجات والمقترحات Conclusions and Recommendations :

- بينت دراسة خصائص الهطل خلال الفترة 1983-2013 وجود تباين كبير في كميات وتوزع الهطل خلال الفصول والموسم الماطر .
- أظهرت الدراسة أن نسبة تكرار الجفاف متساوية تقريباً بين محطتي طرطوس والقدموس بالنسبة لمؤشر RAI، بينما كانت أعلى بقليل في محطة طرطوس بالنسبة للمؤشر Sn، وأعلى في محطة القدموس بالنسبة للمؤشر SPI.
- بينت الدراسة وجود تباينات واضحة في كميات الهطل خلال الفترة 1983-2013، وتختلف قيم هذه التباينات من موسم لآخر على مستوى الشهور والفصول، ما يسبب عدم انتظام توزع الهطل خلال الفصول وخلال الموسم الماطر .
- بينت الدراسة تشابه مؤشرات الجفاف المدروسة من حيث تأكيدها على المواسم الجافة ذاتها خلال فترة الدراسة، مع وجود اختلاف نسبي في قيم الجفاف، وسجل المؤشر RAI عدد أكبر من مواسم الجفاف مقارنة مع المؤشرين SPI و Sn.
- أظهرت مؤشرات الجفاف المدروسة وجود جفاف متطرف إلى شديد خلال المواسم (1988-1989، 2000-2001، 2006-2007)، بالإضافة إلى وجود فترة جفاف امتدت من 1988-1991، كما أكدت على رطوبة المواسم (1991-1992، 2002-2003، 2012-2013)،
- بينت الدراسة أن نسبة تكرار الجفاف الكلي فاقت نسبة تكرار الرطوبة الكلية، وهذا ينذر بتفاقم خطر تكرار الجفاف خاصة في ظل التنبؤات الخاصة بتغيرات المناخ.

### المقترحات :

- إجراء دراسات مماثلة خلال فترات مختلفة للوقوف على خصائص المناخ في المحافظة في ظل التذبذبات الحاصلة من سنة لأخرى، وبيان مدى احتمالية الاتجاه نحو الجفاف.
- اختبار مؤشرات أخرى للجفاف ومقارنة النتائج مع نتائج هذه الدراسة.
- ضرورة التعمق في دراسة خصائص الهطل باستخدام معطيات يومية لعدد أكبر من المحطات.

الجدول (2) الحدود المعتمدة لمؤشرات الجفاف المستخدمة في البحث

RAI		SPI		Sn	
جفاف متطرف	$3 \geq$	جفاف متطرف	$2 >$	جفاف متطرف	$1.65 <$
جفاف شديد	$2 - 2.99$	جفاف شديد	$1.5 - 1.99$	جفاف شديد	$1.28 - 1.65$
جفاف متوسط	$1 - 1.99$	جفاف متوسط	$1 - 1.49$	جفاف معتدل	$0.84 - 1.28$
جفاف خفيف	$0.50 - 0.9$	طبيعي	$0.99 - 0.99$	جفاف خفيف	$0.5 - 0.84$
قريب من المعدل	$0.49 - 0.49$	رطوبة معتدلة	$1.49 - 1$	قريب من المعدل	$0.5 - 0.5$
رطوبة خفيفة	$0.50 - 0.99$	رطوبة شديدة	$1.99 - 1.50$	رطوبة خفيفة	$0.84 - 0.5$
رطوبة معتدلة	$1 - 1.99$	رطوبة متطرفة	$2 <$	رطوبة معتدلة	$1.28 - 0.84$
رطوبة شديدة	$2 - 2.99$			رطوبة شديدة	$1.65 - 1.28$
رطوبة متطرفة	$3 \leq$			رطوبة متطرفة	$1.65 <$

## المراجع : References

- المنظمة العالمية للأرصاد الجوية ( WMO ) والشراكة العالمية للمياه ( GWP, 2016 ): دليل المؤشرات والأرقام القياسية للجفاف ( M. Svoboda و B.A. Fuchs ) برنامج الإدارة المتكاملة للجفاف ( IDMP )، السلسلة 2 من الأدوات والمبادئ التوجيهية لبرنامج الإدارة المتكاملة للجفاف ( IDMP ) جنيف.
- Bates, B ، Kundzewicz ، Z. W.، WU، SH ، Palutikof ، J. (2008). (Climate Change and Water، *Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
  - Bryant, E. A. (2005). *Natural Hazards, book. Cambridge* : Cambridge University Press. P.294.
  - Cook, B.I., K.J. Anchukaitis, R. Touchan, D.M. Meko, and E.R. Cook. (2016). Spatiotemporal drought variability in the Mediterranean over the last 900 years. *J. Geophys. Res. Atmos.*,121(5):2060-2074.
  - Fritts, H.C, (1976). *Tree Rings and Climate*. Academic Press, New York, p567.
  - Hagman, G. (1984). *Prevention Better than Cure: Report on Human and Natural Disasters in the Third World*, Book. Papers on Internet. p 187.
  - Hayes, M., M. Svoboda, N. Wall and M. Widhalm, )2011(: The Lincoln Declaration on Drought Indices: *universal meteorological drought index recommended. Bulletin of the American Meteorological Society*,92(4):485–488.
  - Hlavinka P., Trnka M., Semerádova D., Dubrovsky M., Možny M. (2009). *Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic*, Elsevier, *agricultural and forest meteorology*, 49: 431– 44 2.
  - IPCC, 2014: Climate Change )2014(: *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151pp.
  - Le Houerou H.N. (1996). Climate change, *drought and desertification*, *Journal of Arid Environments*, 34:133–185.
  - Lyon B. (2004). The strength of El Niño And The Spatial Extent of Tropical Drought, *Geophysical Research Letters*, 31( 21), L21204,P1-4.
  - Mathbout, S., Lopez-Bustins, J. A., Martin-Vide, J., Bech, J., & Rodrigo, F. S. (2018). Spatial and temporal analysis of drought variability at several time scales in Syria during 1961–2012. *Atmospheric Research*, 200, 153–168.
  - Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency an duration to time scales, Eighth Conference on Applied Climatology, California, USA, P. 179-184.
  - Ozturk, T., Turp, M.T., Türkeş, M., Kurnaz, M.L. (2018,). Future projections of temperature and precipitation climatology for CORDEX-MENA domain using RegCM4.4 *Atmospheric Research*, 206: 87-107.
  - Passioura, J. (2007). The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives, *Journal of Experimental Botany*,58(2):113-117.
  - Tsakiris G, Pangalou D, Vangelis H (2007) Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI). *Water Resour Manag* 21:821–833.
  - Van-Rooy M. P. (1965). A rainfall anomaly index(RAI) independent of time and space, *Notos* 14: 43-48. Seen in Shen S., Howard A., Yin H., Khurshed F.,Akbar M.

(2003). Statistical Analysis of Drought Indices And Alberta Drought Monitoring , Alberta Agriculture, Food and Rural Development, p10-12.

- Weltzin F., Loik E., Schwinning S., Williams G., Fay A., Haddad M., Harte J., Huxman E., Knapp k., Lin G., Pockman T., Shaw m. R., Small E., Smith d., Smith D., Tissue T., Zak C. )2003(-Assessing the Response of Terrestrial Ecosystems to Potential Changes in Precipitation, **BioScience**, Vol. 53, P 941-952.

- Wilhite, D. A., and M. H. Glantz. (1985). "Understanding the drought phenomenon: The role of definitions," *Water International*. 10(3):111–20

- Wilhite, D. A. and O. V. Vanyarkho. (2000). Drought: Pervasive impacts of a creeping phenomenon. pp. 245-255. In D.A. Wilhite (ed.) *Drought: A Global Assessment*. Vol.1. *Hazards and Disasters: A Series of Definitive Major Works*. Routledge Publishers, London, UK.