Assessment of Water Balance Elements as an Indicator of Climate Change in North of Jordan for the Period (1974-2013)

Noah M. Al-Sababhah
Samer A. Al-Nawaiseh
Mohammad A. Zeitoun

Abstract:
Objective: This research investigates the influences of climate change on water balance for the timeframe (1974-2013) in the north region of Jordan based on (TM) model. **Methoods:** In tis regard, (TM) model was implemented for two periods namely (1974-1993) and (1994-2013) in order to find the relationship between the results of (TM) model for the above mentioned preiods and hence estimate the current water situation in noth region. This is due to the fact the (TM) model is considered as a real indicator fo the changing of the values of water balance elements over times. In the study area, water balance has been estimated using (TM) model for every climatic station in the region. This was performed through using the jusitfied Thornthwaite water balance. The dataset was devided into two main periods namely (1974-1993) and (1994-2013) than the chances in water balance elements was determined and correlated with the results evaporation has cheged by around (+4%), the water feficit (+5%), water surplus (-1%) and water run off (-2%) for the period of (1994-2013) comparing with the period of (1974-1993) in RaswMuneef station. Whereas Mafraq station has experienced changes in the potential ecaporation and water deficit by around (+7%) and (+10%) respectively when comparing between the two periods, In Irbed station the percentage of changes between the two periods for water surplus and runoff were around (-15%). **Conclusion:** This has been proved by th precious studies which are related to the climate change.

Keywords: Climate Change, Water Balance, Evaporation,North of Jordan.

تقييم عناصر الموازنة المائية كمؤشر للتغير المناخي في شمال الأردن للفترة من (١٩٧٤-١٩٩٣)

نوح الصبابحة*
سامر النوايسة**
محمد زيتون***

ملخص

هدف الدراسة: يقوم البحث على دراسة تأثير التغير المناخي في الموازنة المائية للفترة من (1974–1993) في إقليم الشمال بالأردن اعتماداً على نموذج ثورنثويت وماذر (TM) (Thornthwaite-Mather) (Model)؛ بغرض إيجاد العلاقة بين نتائج استخدام نموذج (TM) للوقوف على الوضع المائي في إقليم الشمال باعتباره مؤشراً للتغير المناخي من حيث تغير قيم عناصر الموازنة المائية خلال فترتين زمنيتين، الأولى من (1974–1993)، والثانية من (1994–2013)؛ ومن ثم ربط ذلك بنتائج النماذج المناخية المعنية بالتغير المناخي.

المنهجية: اعتمدت طريقة إعداد الموازنة المائية في منطقة الدراسة على استخدام نموذج (TM)، من خلال حساب الموازنة المائية للتربة لكل محطة من المحطات المناخية الممثلة لمنطقة الدراسة، وذلك باستخدام معادلة ثورنثويت المعدلة عام (1955)، وهي تعتمد على استخدام بيانات الحرارة، الأمطار، وخرائط التربة لتقدير الموازنة المائية؛ حيث قسم سجل بيانات الدراسة إلى فترتين زمنيتين من (1974–1993) ومن (1994–2013)؛ ومن ثم حددت التغيرات التي طرأت على عناصر الموازنة المائية لكل فترة زمنية وربطها بنتائج النماذج المناخية المعنية بالتغير المناخي.

النتائج: وجد أن هناك تغيراً بمقدار (+4%) في التبخر الكامن، (+5%) في العجز المائي، و(–1%) في الفائض المائي، و(–2%) في الجريان السطحي للفترة من (1994–2013) مقارنة بالفترة من (1974–1993) في رأس منيف. أما في محطة المفرق فقد كان التغير في التبخر الكامن (+7%)، و(+10%) في العجز المائي للفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى. وفي محطة إربد بلغت نسبة التغير للفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى للفائض المائي والجريان السطحي (–15%) على حد سواء.

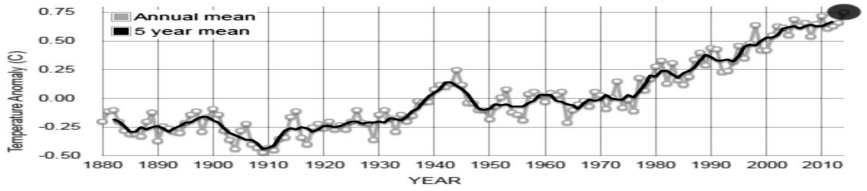
المصطلحات الأساسية: التغير المناخي، الموازنة المائية، التبخر، شمال الأردن.

(*)، (**)، (***) قسم الجغرافيا، جامعة اليرموك، الأردن.
Email: noah.h@yu.edu.jo

1 – مقدمة:

حظيت قضية الاحتباس الحراري (Greenhouse Phenomena) وما أدت إليه من تغير مناخي (Climate Change) باهتمام مختلف الأوساط العالمية السياسية والاقتصادية والبيئية، ولاسيما أن ظاهرة التغير المناخي لها أبعاد عالمية (Global Impact) بغض النظر عن مدى مسؤولية أية دولة من دول العالم عن رفع نسب الغازات الدفيئة (Greenhouse Gases). ولا يقتصر الاهتمام على ما أدت إليه تلك الظاهرة حتى الآن من تغير مناخي فعلي، بل على ما يمكن أن تؤدي إليه في المستقبل أيضاً. وعلى الرغم من كثرة الذين بحثوا في النتائج المتوقعة للتغير المناخي، فإن الغالبية العظمى منهم، قد بحثوا في نتائج التغير المناخي على الموارد المائية، أو الموارد البيئية، أو الزراعة، أو النظم الاقتصادية أو الجريان النهري؛ إذ لا بد من بيان تأثير التغير المناخي المتوقع في أي مكان، على المناخ نفسه من حيث الأحوال السينوبتيكية (Synoptic Situations) المتوقعة، أو الأنماط المطرية (Rainfall Patterns)، أو التبخر أو الهطول الثلجي (شحادة، 2013).

ويعتبر التغير في درجة الحرارة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية خلال الفترة من (1850-2000) دليلاً على حدوث التغير المناخي؛ إذ بدأ التزايد في معدلات الحرارة منذ بداية القرن العشرين واستمر بصورة مطردة حتى الوقت الحاضر، شكل (1).



شكل (1): معدلات التغير السنوية لدرجة الحرارة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية خلال الفترة من 1750–2000

Resource: (NASA/GISS, 2014)

ويبدو واضحاً من شكل (1) أن درجة الحرارة السنوية في النصف الشمالي شهدت خلال تلك الفترة مرحلتين للتزايد، كان الاتجاه العام لدرجة الحرارة خلالهما يمثل تزايداً مطرداً، امتدت الفترة الأولى من (1910-1940)؛ حيث ارتفع المعدل السنوي لدرجة الحرارة (Temperature Anomaly) نحو 0,25°م، بينما كان في حالة

انخفاض قبل عام 1910 عن المعدل العام للفترة الكلية (1860-2010) بنحو 0,5°م، كما حدث تزايد قليل لعام 1940 عن ذلك المعدل. أما الفترة الثانية التي تمتد من (1950-2010) فقد ارتفع معدل درجة الحرارة خلالها نحو 0,75°م.

والصورة الخاصة بالتغير الذي سيطرأ على الأمطار في الأردن ليست بالوضوح نفسه للتغيرات المتوقعة على درجة الحرارة؛ حيث تتوقع معظم نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي أن يطرأ تناقص على أمطار الشتاء في معظم مناطق حوض البحر المتوسط، وبخاصة الواقعة جنوب خط عرض 40° شمالاً. أما المناطق الواقعة إلى الشمال فإنه من المتوقع أن تزداد الأمطار فيها زيادة طفيفة (Karas, 2007). ويتوقع كذلك أن تصبح منطقة حوض البحر المتوسط – إذا استمرت الغازات الدفيئة في الزيادة – أكثر حرارة وأقل أمطاراً؛ حيث تتناقص الأمطار فوق مناطق شاسعة من الحوض بما يراوح بين (10% و 40%) بحلول عام 2100. والنتيجة المتوقعة للتغير المناخي على منطقة الشرق الأوسط هو المزيد من تناقص الأمطار (Issar, 2006). كما يتوقع أن يقل عدد الأيام الماطرة في حوض البحر المتوسط، وأن تقل نسبة الأيام التي تتساقط فيها الثلوج (Hesselbjerg et al., 2007). ومن المتوقع أيضاً أن تزداد حالات التطرف بهطول أمطار غزيرة؛ ومن ثم حدوث الفيضانات، ومعدلات عالية من انجراف التربة وحدوث الجفاف.

وتعاني المناطق الجافة وشبه الجافة في العالم نقصاً متزايداً في مصادر المياه المتاحة في الوقت الحاضر؛ حيث تؤثر قلة الأمطار في إنتاجية التربة وفي التنمية بمختلف أشكالها، وبخاصة في الأقاليم التي تسود فيها ظروف الجفاف الحاد والمستمر. ويعد الأردن واحدة من بين أربع دول تعاني من الفقر المائي في العالم؛ إذ وصل الطلب على المياه في الأردن عام 2011 إلى نحو 1100 مليون متر مكعب، في حين أن المصادر المائية الآمنة المتوافرة حالياً تقدر بنحو 800 مليون متر مكعب. ومن المتوقع تزايد الطلب على المياه ليصل إلى نحو 1400 مليون متر مكعب بحلول عام 2020 (وزارة المياه والري الأردنية، 2013)، وكان نصيب الفرد السنوي من الماء عام 1946 نحو 3600 متر مكعب، انخفض إلى مستوى أقل من 145 متراً مكعباً في السنة (USAID, 2010). ويرجع ذلك إلى الزيادة السكانية المستمرة منذ منتصف القرن العشرين حتى يومنا هذا؛ حيث بلغ عدد سكان الأردن نحو 9,5 ملايين نسمة، (دائرة الإحصاءات العامة، 2016)، إضافة إلى ارتفاع وتيرة التنمية الاقتصادية والاجتماعية، كما أن مشكلة قلة الموارد المائية تتفاقم كنتيجة منطقية

لتزايد الطلب على المياه لتلبية الاحتياجات للقطاعات المختلفة. بالإضافة إلى وقوع الأردن ضمن الإقليم المناخي الجاف وشبة الجاف؛ ومن ثم محدودية الموارد المائية وانخفاض معدلات الأمطار وتذبذبها من عام إلى آخر. لذا جاءت الدراسة من أجل تقييم عناصر الموازنة المائية في أكثر أقاليم الأردن تلقياً لكميات الأمطار السنوية خلال الفترة (1974–2013)، ومعرفة مؤشرات تأثرها بالتغير المناخي، ومقارنتها بالنماذج المناخية المعنية بالتغير المناخي.

2 – مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في دراسة تأثير التغير المناخي على الموازنة المائية للفترة من (1974–2013) في شمال الأردن بالاعتماد على نموذج ثورنثويت وماذر (TM) للوقوف على الوضع المائي العام في هذا الإقليم. كما ستحاول إيجاد العلاقة بين نتائج استخدام نموذج ثورنثويت وماذر (TM)، باعتباره مؤشراً للتغير المناخي؛ من حيث تغير قيم عناصر الموازنة المائية خلال فترتين زمنيتين: الأولى (1974–1993)، والثانية (1994-2013)؛ ومن ثم ربط ذلك بنتائج النماذج المناخية المعنية بالتغير المناخي العالمي.

وستحاول الدراسة الإجابة عن التساؤلات الآتية:

1 – ما الوضع المائي في إقليم الشمال في الأردن بالاستناد إلى نتائج الموازنة المائية المبنية على نموذج ثورنثويت وماذر (TM) خلال الفترة من (1974–2013)؟

2 – ما مدى التأثير الفعلي للتغير المناخي في إقليم الشمال في الأردن بناء على نتائج الموازنة المائية خلال الفترة (1974–2013)؟

3 – أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

– تحليل التغير في درجة الحرارة والأمطار خلال الفترة من (1974–2013) في شمال الأردن.

– تقييم عناصر الموازنة المائية لشمال الأردن خلال فترة الدراسة.

– تحليل نتائج الموازنة المائية كمؤشر للتغير المناخي للفترة من (1974–2013).

4 – أهمية الدراسة:

تبرز أهمية هذا النوع من الدراسات في رفع فاعلية التعامل مع نتائج

التغيرات المناخية في استغلال الموارد الطبيعية، خصوصاً قلة الموارد المائية بما يزيد من القدرة على توفير الوقت والكلفة والجهد للوصول إلى التنمية المستدامة، وينطبق ذلك على ما يواجهه الأردن من قلة الموارد المائية خصوصاً في المناطق الشمالية منه؛ حيث ستحاول هذه الدراسة الوصول إلى نتائج تمثل إضافة علمية لمدى تأثر الأردن بشكل عام وإقليم الشمال بشكل خاص، بنتائج التغير المناخي.

5 – الدراسات السابقة:

تعددت الدراسات والأدبيات التي تناولت موضوع الموازنة المائية وسيناريوهات التغير المناخي؛ حيث قام (Kwasma, 1983)، بحساب التبخر والنتح الكامن في الأردن باستخدام معادلة ثورنثويت (Thornthwaite)، وتوصل لعدة مؤشرات ترتبط بعناصر المناخ كالأمطار والحرارة والتبخر والنتح الكامن، وبعضها الآخر يرتبط بالعلاقة القائمة بين المناخ والتربة، مثل: مؤشر الإجهاد (Stress Index)، ومؤشر رطوبة التربة (Soil Moisture Index)، ومؤشر الكفاءة المائية، وقد استخدمت تلك المؤشرات لتصنيف الأردن ضمن مناطق العجز والفائض المائي.

كما قام (Jasrotia et al., 2009) بتوظيف نتائج الموازنة المائية من أجل تحديد مواقع أنظمة الحصاد المائي في منطقة (Jammu-Himalaya) في الهند باستخدام (R.S & GIS)، لإنتاج خرائط موضوعية للخصائص ذات العلاقة المباشرة وغير المباشرة بمواقع حصاد مياه الأمطار، كخرائط استخدام الأرض، والتربة، والتصريف، والانحدار.

وتناول (Oroud, 2015)، أثر التغير المناخي المحتمل على الموارد المائية في الأردن، اعتماداً على بيانات الأمطار اليومية لستّ سنوات، والبيانات المناخية السنوية لسبع محطات مناخية تقع في مناطق هطول عالية، وتوصلت الدراسة إلى أن الناتج المائي في المناطق الجبلية الوسطى والشمالية تقدر بنحو 200-250 مم^3. كما توصلت إلى أن سيناريوهات التغير المناخي أكدت أنه بارتفاع درجة الحرارة درجة مئوية واحدة ينخفض الناتج المائي السنوي بنسبة 10% و17% في المناطق الرطبة والجافة.

وتناول (زيتون وشحادة، 2015)، مؤشرات التغير المناخي في شمال الأردن وذلك بتحليل اتجاه التغير في كل من المعدل السنوي لدرجة الحرارة وكميات

الأمطار، باستخدام عدد من الأساليب الإحصائية كالانحدار الخطي البسيط واختبار t والمتوسطات المتحركة. توصلت الدراسة إلى وجود تزايد ملحوظ في درجة الحرارة ولا سيما للفترة من 1989–2009، كما كشفت عن وجود تناقص في الأمطار في محطتي إربد والمفرق، غير أن تلك الزيادة لم يكن لها أي دلالة إحصائية.

وحول تقييم أثر التغير المناخي على الموارد المائية قام (Lotta, 2010) بدراسة لحوض نهر بنغوي (Pungwe) باستخدام نماذج The Rossby Center Regional Climate Model (RCA3) and the hydrological model HBV لتقييم آثار التغير المناخي في الحوض والتنبؤ بها حتى عام 2050. وتوصل بناء على نماذج المحاكاة المناخية إلى وجود انخفاض في معدلات هطول الأمطار السنوي بحلول عام 2050 بنحو 10% مع زيادة تذبذب الأمطار والجفاف وتأخر بدء موسمها.

وأظهرت نتائج دراسة (Combalicer et al., 2010) استخدام نموذج بروك (BROOK90) لتقييم آثار التغير المناخي على الموازنة المائية في الفلبين بالاعتماد على تطبيق سيناريوهين مناخيين (A1B and A2 from CGCM3)، وقد أشارت النتائج إلى أن التغير في الأمطار السنوية زاد بمعدل (0,1% – 9,3%) بحسب السيناريو (A1B)، وراوح ما بين (–3,3% و 3,3%) بحسب السيناريو (A2)، كما أن الاختلاف بين النتائج الحالية وعام 2080 في معدل درجة الحرارة يتوقع أن يكون (0,6 – 2,2°م) و(0,6 – 3°م) بحسب السيناريوهين على التوالي. كما وجد أن نتائج الموازنة المائية تشير إلى أن 42% من مياه الأمطار تفقد بالتبخر، و 48% بالجريان السطحي، و 10% بالتسرب.

6 – منهجية الدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة وتقييم نتائج الموازنة المائية كمؤشر للتغير المناخي في شمال الأردن، كما اعتمدت هذه الدراسة على المنهج التاريخي لتتبع التغيرات في معدلات الحرارة وكميات الأمطار، وتحليل نتائج الموازنة المائية لفترتين زمنيتين من (1974–1993) ومن (1994–2013) وربط ذلك بنتائج الموازنة المائية، ضمن الإجراءات الآتية:

– المتوسطات المتحركة الخماسية:

استخدمت طريقة المتوسطات المتحركة الخماسية لدراسة الاتجاه العام لدرجات الحرارة وكميات الأمطار للمحطات المناخية في منطقة الدراسة.

– حساب الموازنة المائية للتربة (Water Balance):

اعتمدت طريقة إعداد الموازنة المائية في منطقة الدراسة على استخدام نموذج (TM) لإعداد الموازنة المائية للتربة لكل محطة من المحطات المناخية الممثلة لمنطقة الدراسة، وذلك باستخدام معادلة ثورنثويت المعدلة عام (1955)، وهي تعتمد على استخدام المعدلات الشهرية للحرارة والأمطار لتقدير الموازنة والمائية وحساب الجريان السطحي في شمال الأردن، وقسمت فترة الدراسة إلى فترتين زمنيتين الأولى من (1974–1993) والثانية من (1994–2013)، وحسبت الموازنة المائية لكل فترة زمنية لتحديد التغيرات التي طرأت على عناصر الموازنة المائية ليتم بعد ذلك ربطها بنتائج التغيرات المناخية، ويمكن توضيح آلية حساب الموازنة المائية على النحو الآتي (Mather, 1961; & Thornthwaite Mather, 1957):

– المعدل الشهري لدرجة الحرارة م$^{\circ}$(T)، الذي حسب لأربعين سنة للفترة من (1974–2013).

– المعدل الشهري للأمطار ملم (P)، الذي حسب لأربعين سنة للفترة من (1970–2009).

– التبخر والنتح الكامن (PET)، وقد تم الحصول على التبخر والنتح الكامن غير المعدل باستخدام القرينة الحرارية، ودالة القرينة الحرارية السنوية، والمعدل الشهري لدرجة الحرارة، ومعاملات تعديل المعدلات الشهرية للتبخر الكامن، بما يتناسب مع عدد أيام الشهر وعدد ساعات السطوع الشمسي، بناء على درجة عرض المكان. وتكون قيمة التبخر الكامن صفراً إذا كانت درجة الحرارة صفراً أو أقل. ويتم الحصول على التبخر الكامن غير المعدل باستخدام المعادلة الآتية (WMO, 1966):

$$PET = 1.6 \times La\ (10 \times \frac{T}{I})^{\alpha} \quad \text{.....(1)}$$

حيث:

PET: المعدل الشهري للتبخر و النتح الكامن (ملم).

La: معاملات تعديل المعدلات الشهرية للتبخر الكامن، بما يتناسب مع عدد أيام الشهر وعدد ساعات السطوع الشمسي، بناء على درجة العرض للمحطة المناخية.

T: المعدل الشهري لدرجة حرارة الهواء (م$^{\circ}$).

– القرينة الحرارية السنوية (I)، ويتم الحصول عليها من خلال مجموع قرائن الحرارة الشهرية وفق معادلة خاصة بها؛ حيث تحسب لكل شهر من أشهر السنة، ثم تجمع للحصول على القرينة السنوية. وتصبح هذه القرينة صفراً إذا كان المعدل

الشهري لدرجة الحرارة صفراً أو أقل. ويتم الحصول عليها من خلال المعادلة الآتية (WMO, 1966):

$$I = (\frac{T}{5})^{1}.514 \quad \text{.....(2)}$$

I: القرينة الحرارية الشهرية.

T: المعدل الشهري لدرجة حرارة الهواء (م°).

– دالة القرينة الحرارية السنوية (a): يتم حسابها بناء على القرينة الحرارية الشهرية، وفق المعادلة الآتية:

$$a = 6.75 \times 10^{-7}I^{3} - 7.71 \times 10^{-5}I^{2} + 1.79 \times 10^{-2}I + 0.49 \quad \text{.....(3)}$$

– معامل التصحيح (CF): يتم تصحيح التبخر الكامن بضرب قيمة التبخر بمعامل التصحيح لكل شهر من أشهر السنة؛ بحيث يؤخذ طول الشهر وطول النهار بعين الاعتبار، باستخدام جداول خاصة بناء على درجة العرض للمحطة المناخية، ثم يضرب في (10) لتحويله إلى وحدة (ملم).

– التساقط – التبخر الكامن (P-PE): طرح قيم التبخر الكامن من كميات التساقط لكل شهر من أشهر السنة.

– تراكم عجز الرطوبة (Acc Pot WL): الجمع التراكمي للفروق السالبة بين التساقط والتبخر الكامن للأشهر التي تعاني من عجز في الرطوبة؛ حيث إن القيم السالبة للفرق بين التساقط والتبخر الكامن تدل على العجز المائي الكامن، الذي يجمع تراكمياً للأشهر ذات القيم السالبة. ويبدأ العجز المائي مع أول شهر تكون فيه قيمة الفرق سالبة.

– مخزون التربة من الرطوبة (ST): وتساوي (200) ملم عندما لا يكون هناك عجز في الرطوبة، وهي في أعلى قيمها 200 (ملم) في محطات الدراسة، ويتم الحصول عليها من جداول خاصة بناء على تراكم عجز الرطوبة في المحطة المناخية.

– التغير في رطوبة التربة (ΔST): حسب التغير في الفروق لمخزون التربة من الرطوبة بين شهر والذي يليه؛ فإذا كان المخزون من الرطوبة أكبر من السعة الحقلية للتربة، فإن ذلك يعني أنه لا يوجد تغير في مخزون الرطوبة، على الرغم من وجود تغير في المخزون السطحي.

– التبخر الحقيقي (AE): يبقى التبخر الحقيقي مساوياً للتبخر الكامن ما دام التساقط أعلى من التبخر الكامن، وعندما تقل كمية التساقط عن التبخر الكامن فإن

التبخر الحقيقي يساوي التساقط مضافاً إليه التغير في رطوبة التربة حتى لو كان سالباً. وإذا كان التساقط يساوي صفراً فإن التبخر الحقيقي يساوي التغير في رطوبة التربة. أما إذا كان التغير في رطوبة التربة يساوي صفراً فإن التبخر الحقيقي يبقى مساوياً للتساقط.

– العجز المائي (MD): ويساوي الفرق بين التبخر الكامن والتبخر الحقيقي.

– الفائض المائي (MS): ويساوي الفرق بين التساقط والتبخر الكامن في الأشهر التي يزيد فيها التساقط عن التبخر الكامن، فعندما يبلغ مخزون التربة من الرطوبة مستوى السعة الحقلية للتربة، فإن أي زيادة في كمية التساقط بعد ذلك تعتبر فائضاً في الرطوبة والجريان السطحي مادامت درجة الحرارة أكبر من (-1)م°.

– الجريان المائي (RO): ويساوي نصف الفائض المائي للشهر مضافاً إليه نصف الفائض المائي من الشهر الذي قبله؛ إذ إن (50%) فقط من الفائض المائي يكون متاحاً للجريان خلال الشهر، وباقي الفائض المائي يكون متاحاً للجريان خلال الشهر اللاحق لذلك الشهر.

7 – منطقة الدراسة (الموقع والمناخ):

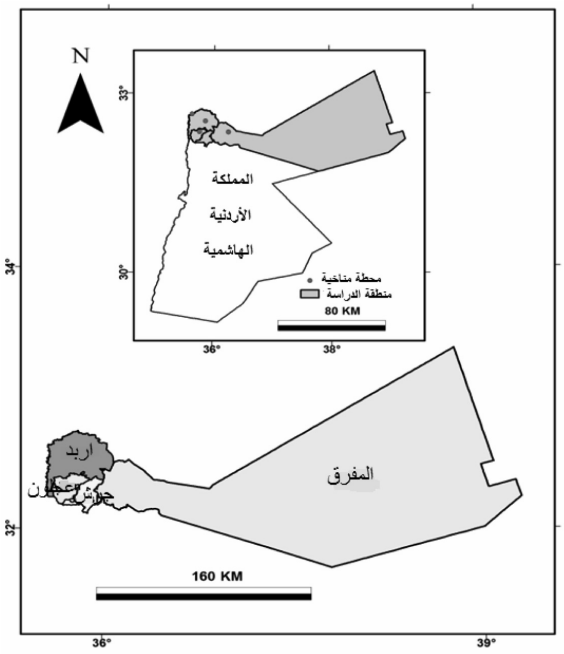
7–1– الموقع:

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من الأردن بين دائرتي عرض (70َ 31°) و (40َ 33°) شمالاً، وخطي طول (55َ 35°) و (30َ 39°) شرقاً، وتمتد على مساحة تبلغ نحو (29067 كم^2)، وتشكل ما نسبته (32,7%) من مساحة الأردن، وتشمل مناطق: إربد، وجرش، وعجلون، والمفرق، جدول (1).

جدول (1)
بيانات المحطات المناخية في منطقة الدراسة

المحطة	دائرة العرض (شمالاً)	خط الطول (شرقاً)	الارتفاع (متر)	الفترة	عدد السنوات
رأس منيف	32 22	35 45	1150	2013-1974	40
الباقورة	32 40	35 37	170-	2013-1974	40
إربد	32 33	35 51	616	2013-1974	40
المفرق	30 17	36 09	865	2013-1974	40

وتتباين المناسيب في منطقة الدراسة؛ حيث تراوح ما بين (-343م) دون مستوى سطح البحر في إربد (الأغوار الشمالية)، و 1229م فوق مستوى سطح البحر في مرتفعات عجلون، شكل (2).



شكل (2): موقع منطقة الدراسة

7-2- مناخ منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن مناخ حوض البحر المتوسط الحار الجاف صيفاً والبارد الماطر شتاء، إلى الجنوب من المسارات الرئيسية للمنخفضات الجوية القادمة من أوروبا، التي تتجه نحو الشمال أو الشمال الشرقي، وتعتبر المسؤولة عن نحو (85%) من الأمطار السنوية (شحادة، 1990) وتوجد في منطقة الدراسة أربع محطات مناخية (رأس منيف، والباقورة، وإربد، والمفرق).

تتصف منطقة الدراسة بوجود تباين في الظروف المناخية؛ حيث تمثل رأس منيف المناطق المرتفعة، والباقورة المناطق الغورية، وتمثل إربد مناطق السهوب، أما المفرق فتمثل المنطقة الانتقالية بين مناطق البادية الشرقية والمرتفعات الغربية.

وتمتاز الخصائص البيئية لمنطقة الدراسة بتباينها المكاني والزماني على الرغم من صغر مساحتها؛ إذ يتباين فيها المناخ والتربة والنبات الطبيعي. كما تمتاز العناصر الرئيسة للمناخ فيها ممثلة بدرجات الحرارة وكميات الأمطار السنوية بتباينها المكاني والزماني، وهو ما يفسر بتباين المنسوب والموقع الفلكي. إضافة إلى تباين العوامل السينوبتيكية المرتبطة بالدورة العامة للغلاف الجوي فوق الحوض الشرقي للبحر المتوسط التي تؤثر في مناخ الأردن، (البحيري، 1991).

- المعدل السنوي لدرجة الحرارة:

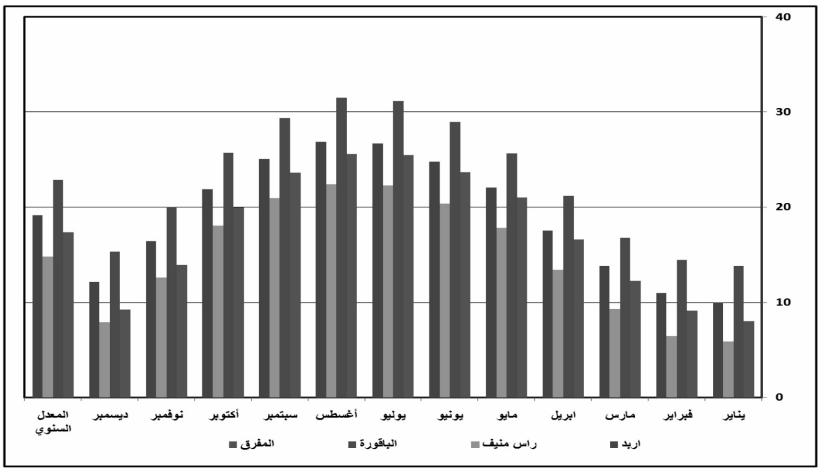
يراوح المعدل السنوي لدرجة الحرارة بين (14,8م°) في رأس منيف، و(22,9م°) في الباقورة، وقد سجلت أعلى المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة في الباقورة لجميع الشهور، التي تفوق المعدلات الشهرية في المحطات الأخرى، في الجزء الشمالي لوادي الأردن. أما أدنى المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة فقد سجلت في رأس منيف التي تشكل الأجزاء الجنوبية الغربية لمنطقة الدراسة، ويبلغ منسوبها نحو (1150م) فوق مستوى سطح البحر، جدول (2). وتفسر الفروق الحرارية بين محطات الدراسة بالتباين التضاريسي والموقع الفلكي والجغرافي لتلك المحطات.

جدول (2)
معدل درجات الحرارة الشهرية (م°) في شمال الأردن للفترة من (1974-2013)

المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل
المفرق	8,0	9,1	12,2	16,6	21,0	23,7	25,5	25,6	23,6	20,0	14,0	9,3	17,4
الباقورة	13,8	14,5	16,8	21,2	25,6	28,9	31,1	31,5	29,4	25,7	20,0	15,3	22,9
رأس منيف	5,8	6,4	9,3	13,4	17,8	20,4	22,3	22,4	20,9	18,0	12,6	7,9	14,8
إربد	10,0	11,0	13,8	17,5	22,0	24,8	26,7	26,9	25,1	21,9	16,4	12,1	19,2

كما يؤثر عامل المنسوب في توزيع عنصر الحرارة في منطقة الدراسة؛ فخطوط الحرارة المتساوية تتوافق إلى حد كبير مع خطوط الكنتور التي تتجه بصفة عامة من الشمال إلى الجنوب (البحيري، 1991)، فمحطة إربد التي تقع على منسوب (616) متراً فوق مستوى سطح البحر بلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة فيها نحو (19,2م°)، أما الباقورة الواقعة على درجات العرض نفسها لمدينة إربد،

ولكن على منسوب (170) متراً تحت مستوى سطح البحر فسجلت قيماً متباينة لدرجة الحرارة؛ إذ بلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة فيها (22,9م°)، شكل (3).



شكل (3): معدلات الحرارة الشهرية/م° في منطقة الدراسة خلال الفترة من (1974-2013)

- المتوسط السنوي للأمطار:

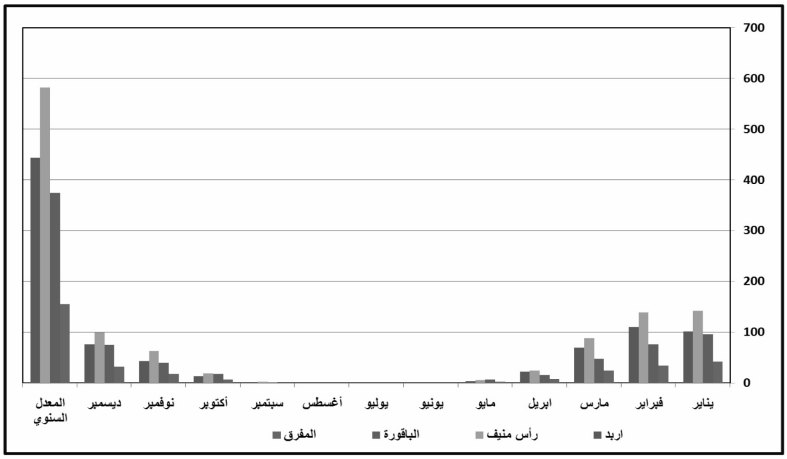
تتباين كميات الأمطار في منطقة الدراسة في معدلاتها السنوية والشهرية؛ إذ تراوح معدلاتها بين (155) ملم في المفرق و(582,2) ملم في رأس منيف، ويمتد الفصل المطير من أكتوبر إلى مايو، إلا أن نحو (65%) من كمية الأمطار الهاطلة على منطقة الدراسة تتركز في أشهر الشتاء، وأن نحو 21% من كمية الأمطار تهطل في فصل الربيع، وأن 14% تهطل في فصل الخريف، ونادراً ما يحدث الهطول المطري في فصل الصيف، جدول (3). ويبدأ موعد موسم الأمطار مع بداية تكون المنخفضات الجوية في البحر المتوسط وانحسار المرتفع الأوروبي نحو الجنوب وتطور الجبهة المتوسطية (شحادة، 1990). كما تقل معدلات الأمطار في المفرق شرقاً؛ لبعدها عن مسار المنخفضات الجوية، وتزداد في كل من رأس منيف وإربد والباقورة غرباً.

كما تتباين كميات الأمطار في إربد والباقورة ورأس منيف مع أنها تقع على خطوط العرض نفسها؛ وذلك بسبب عامل المنسوب؛ إذ يزيد المعدل السنوي للأمطار في رأس منيف الواقعة على منسوب (1150) متراً فوق مستوى سطح

البحر بنحو (138,1) ملم عن المعدل السنوي للأمطار في إربد الواقعة على منسوب (616) متراً فوق مستوى سطح البحر، ونحو (207,5) ملم عن المعدل السنوي للأمطار في الباقورة الواقعة على منسوب (170) متراً تحت مستوى سطح البحر، شكل (4).

جدول (3)
معدلات الأمطار الشهرية/ مم في شمال الأردن للفترة من (1974-2013)

المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل
المفرق	41,7	33,8	24,1	8,2	1,8	0,1	0,0	0,0	0,4	6,4	17,7	32,4	155,0
الباقورة	96,1	76,2	46,9	15,6	6,6	0,0	0,0	0,0	1,1	17,1	40,0	75,2	374,7
رأس منيف	141,7	138,3	87,6	24,6	6,0	0,0	0,0	0,0	1,9	19,2	63,3	99,6	582,2
إربد	101,6	110,1	70,1	22,7	4,2	0,5	0,0	0,0	1,0	14,2	43,4	76,4	444,1



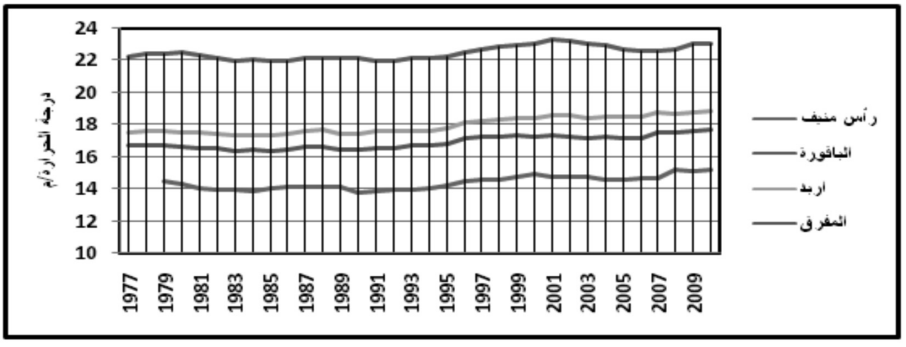
شكل (4): معدلات الأمطار الشهرية/ملم في منطقة الدراسة خلال الفترة من (1974–2013)

8 – التحليل والمناقشة:

هناك فترتان رئيستان ظهرت فيهما تقلبات رئيسة في درجة الحرارة في شمال الأردن مشابهة تماماً للتقلبات التي كان يشهدها النصف الشمالي في ذلك الوقت. وهاتان الفترتان هما:

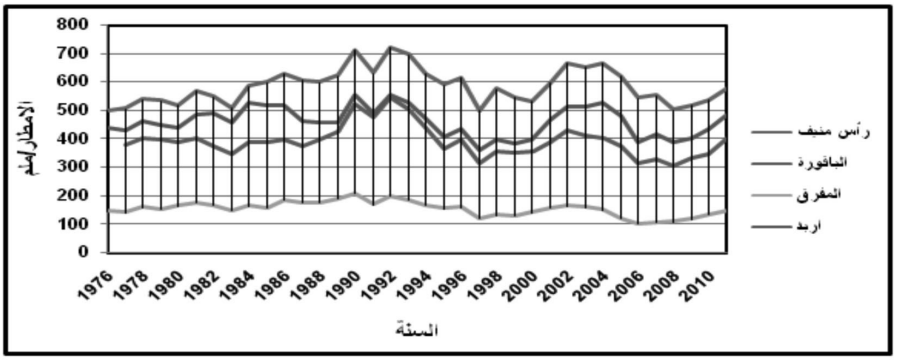
- الفترة من (1974-1993):

يمكن الاستدلال من خلال شكل (5) الذي يشير إلى الاتجاه العام لدرجات الحرارة في شمال الأردن للفترة من (1974–2013) ولأربع محطات مناخية – على أن معدل درجة الحرارة كان ثابتاً مع الميل نحو الانخفاض الطفيف؛ فقد بلغ معدل درجة الحرارة خلال الفترة من (1974–1983) 14,1°م، 16,5°م، 17,4°م، 22,2°م في محطات رأس منيف، والمفرق، وإربد والباقورة على التوالي. أما خلال الفترة من (1984–1993) فقد انخفض معدل درجة الحرارة بشكل طفيف أو حافظ على الاتجاه السابق؛ إذ بلغ معدل درجة الحرارة لهذه الفترة في محطة رأس منيف 14°م بانخفاض 0,1°م، كما انخفض معدل درجة الحرارة بمعدل 0,1°م في محطة الباقورة مقارنة بالفترة السابقة. أما في محطة إربد فقد زاد فيها معدل الحرارة مقارنة بالفترة السابقة بمعدل 0,1°م، وحافظت محطة المفرق على المعدل المسجل في الفترة السابقة دون تغير، وهذا يعطي مؤشراً على أن التغير في معدل الحرارة خلال هذه الفترة كان طفيفاً.



شكل (5): الاتجاه العام لدرجات الحرارة (م°) في شمال الأردن للفترة من (1974–2013م)

أما الاتجاه العام لمعدلات الأمطار خلال الفترة الأولى من (1974–1993)، فقد شهد معدل الأمطار خلال النصف الثاني من الفترة الأولى من (1984–1993) تزايداً ملحوظاً مقارنة بالنصف الأول من (1974–1983)، وقد بلغت نسبة الزيادة نحو17% في محطتي رأس منيف والباقورة، وراوحت ما بين 9% و 8% في محطتي إربد والمفرق على التوالي، شكل (6).



شكل (6): الاتجاه العام لمعدلات الأمطار (ملم) في شمال الأردن للفترة من (1974–2013)

– الفترة من (1994–2013):

يشير الاتجاه العام لدرجات الحرارة في شمال الأردن للفترة من (1994–2013) إلى أن معدل درجة الحرارة في تزايد مستمر؛ فقد بلغ معدل درجة الحرارة خلال الفترة من (1994–2013) 14,6°م بزيادة (0,5°م) مقارنة بالفترة من (1974–1983)، وبزيادة مقدارها (0,6°م) مقارنة بالفترة من (1984–1993م)، كما ازداد معدل درجة الحرارة بمقدار (0,8°م) في محطة الباقورة، وبمعدل (0,9°م)، و (0,8°م) في محطتي إربد والمفرق على التوالي، مقارنة بالفترة من (1974–1983). أما خلال الفترة من (1994–2013) فاستمر معدل درجة الحرارة بالازدياد، وقد بلغت الزيادة في المعدل لهذه الفترة في محطة رأس منيف، وإربد والمفرق (0,3°م) مقارنة بالفترة من (1994–2003)، دون أن يطرأ أي تغيير على معدل درجة الحرارة لمحطة الباقورة للفترة نفسها.

أما الاتجاه العام لمعدلات الأمطار خلال الفترة الأولى من (1994–2013)، فنجد أن معدل الأمطار شهد خلال النصف الأول من الفترة الأولى من (1994–2003) تناقصاً ملحوظاً مقارنة بالفترة من (1984–1993)، وقد بلغت نسبة التناقص نحو 4%، 11%، 12% و 12% في رأس منيف والباقورة وإربد والمفرق على التوالي، كما استمر التناقص في معدلات الأمطار خلال الفترة من (2004–2013) مقارنة بالفترة من (1994–2003)، وبلغت نسبة التناقص 8% و 10% و 3% و 27% لمحطات رأس منيف

والباقورة وإربد والمفرق على التوالي. ويبدو أن الاتجاه العام لدرجات الحرارة خلال فترة الدراسة يشير إلى التزايد مع انخفاض في معدلات الأمطار.

وقد شهدت الفترة بين عامي (1975 و 2005) ارتفاعاً ملموساً في درجة الحرارة في الحوض الشرقي للبحر المتوسط؛ حيث سجلت درجة حرارة مياه الحوض الشرقي للبحر للمتوسط انخفاضاً مطرداً في أوائل السبعينيات وزيادة ملحوظة في أواخرها. أما بالنسبة إلى الحوض الغربي، فإن معظم الدراسات الخاصة بتقلبات درجة الحرارة تجمع على أنه كان يشهد ارتفاعاً في درجة الحرارة يصل في المعدل إلى 0,8°م كل 100 سنة، بينما شهد الحوض الشرقي تناقصاً مطرداً خلال الفترات من (1950-1990 و 1975-1990) (شحادة، 2013).

أما ما يخص الأمطار، فيمكن إجمال أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسات المناخية في أن الغالبية العظمى من المناطق الواقعة في حوض البحر المتوسط قد شهدت منذ عام 1900 تناقصاً ملحوظاً يصل إلى 5% من المعدل السنوي للأمطار. ويستثنى من ذلك الفترة الواقعة بين عامي 1965 و 2000؛ حيث شهدت اتجاهاً عاماً نحو التزايد الطفيف. وتتفق النتائج التي تم التوصل إليها بشأن تقلبات الأمطار في الأردن مع النتائج التي توصل إليها عدد من الباحثين في مناطق أخرى من الشرق الأوسط، مثل دراسة روزينان عن تناقص الأمطار في فلسطين (Rosenan, 1955).

- التغير في نتائج الموازنة المائية:

بينت نتائج الدراسة المتعلقة بشمال الأردن أن هناك تغيراً بمقدار (+4%) في التبخر الكامن، (+5%) في العجز المائي، و(-1%) في الفائض المائي، و (-2%) في الجريان السطحي للفترة من (1994–2013) مقارنة بالفترة من (1974–1983) في رأس منيف. أما في محطة المفرق فقد كان التغير في التبخر الكامن (+7%)، و (+10%) في العجز المائي للفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى. وفي محطة إربد بلغ التغير للفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى للفائض المائي والجريان السطحي (–15%) على حد سواء، جدول (4). ومن ثم يجب اتخاذ الحلول الفعالة؛ لأجل التوسع في إقامة مشاريع الحصاد المائي كمحاولة لجمع ما يمكن من مياه الجريان السطحي تجنباً لما قد تحمله العقود المقبلة من نتائج مناخية وهيدرولوجية سلبية على الأردن.

جدول (4)
التغير في قيم عناصر الموازنة المائية للفترتين (1974–1993) و (1994–2013)

محطة رأس منيف			
الفترة الزمنية	**(1974–1993)**	**(1994–2013)**	**المعدل العام (ملم)**
معدل درجة الحرارة (م°)	14,1	14,8	14,5
معدل الأمطار (ملم)	582	582,2	582,1
التبخر الكامن (مم)	812,5	844	829,2
التبخر الحقيقي (ملم)	337,2	344,2	340,7
العجز المائي (ملم)	475,2	499,8	488,5
الفائض المائي (ملم)	438,3	432,2	435,3
الجريان المائي(ملم)	668,5	652,7	660,6
محطة إربد			
الفترة الزمنية	**(1974–1993)**	**(1994–2013)**	**المعدل العام (ملم)**
معدل درجة الحرارة (م°)	17,5	19	18,2
معدل الأمطار (ملم)	482,2	444,1	463,14
التبخر الكامن (مم)	995,1	1108,6	1046,1
التبخر الحقيقي (ملم)	355,6	367,4	361,3
العجز المائي (ملم)	639,5	741,2	684,7
الفائض المائي (ملم)	323,8	275,0	299,4
الجريان المائي (ملم)	498,5	426,1	462,3
محطة المفرق			
الفترة الزمنية	**(1974–1993)**	**(1994–2013)**	**المعدل العام (ملم)**
معدل درجة الحرارة (م°)	16,5	17,4	16,9
معدل الأمطار (ملم)	169	141,1	155,1
التبخر الكامن (مم)	940,5	1004,2	972,4

تابع/ جدول (4)
التغير في قيم عناصر الموازنة المائية للفترتين (1974–1993) و (1994–2013)

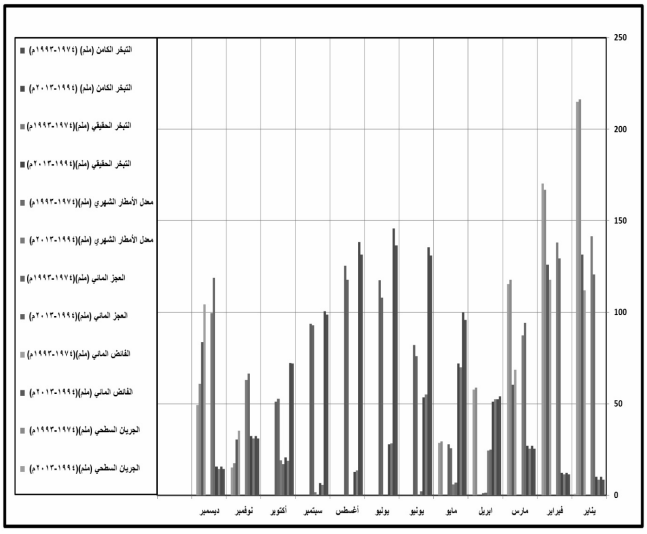
التبخر الحقيقي (ملم)	302,5	306,7	304,9
العجز المائي (ملم)	624,6	688,7	655,6
الفائض المائي (ملم)	63,7	70,8	67,3
الجريان المائي (ملم)	109,0	118,2	113,6
محطة الباقورة			
الفترة الزمنية	**(1974–1993)**	**(1994–2013)**	**المعدل العام (ملم)**
معدل درجة الحرارة (م°)	22,1	22,8	22,1
معدل الأمطار (ملم)	410,9	374,7	394
التبخر الكامن (مم)	1487,3	1638,7	1626,3
التبخر الحقيقي (ملم)	389,8	379,0	603,7
العجز المائي (ملم)	1101,2	1251,6	981,4
الفائض المائي (ملم)	220,9	195,6	277,6
الجريان المائي (ملم)	382,5	340,7	361,6

وبمقارنة الفترتين الزمنيتين: الأولى من (1974–1993) والثانية من (1994–2013)، ولكافة أشهر السنة، الأشكال (7–10)، يتبين وجود ارتفاع في معدلات التبخر الكامن وانخفاض في الفائض المائي خلال أشهر الشتاء للفترة من (1994–2013) بالمقارنة مع الفترة من (1974–1993)؛ ففي محطة رأس منيف ازداد التبخر الكامن من 8,7 ملم إلى 10,2 ملم في يناير، وازداد من 11,7 ملم إلى 12,3 ملم في شهر فبراير، كما ارتفع التبخر الكامن في محطة إربد من 12,8 ملم إلى 13,9 ملم في يناير.

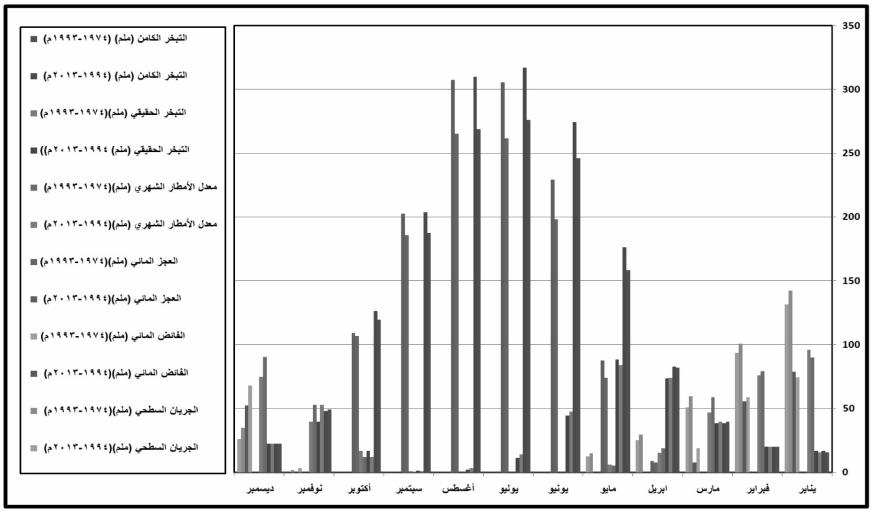
ويلاحظ انخفاض الفائض المائي خلال الفترة من (1994–2013) مقارنة بالفترة من (1974–1993م) في رأس منيف من 104,3 ملم إلى 83,7 ملم خلال شهر ديسمبر، كما انخفض الفائض المائي في إربد من 96,2 ملم إلى 87,7 ملم في يناير، ومن 14,3 ملم إلى 4,8 ملم. ويلاحظ وجود زيادة في معدل الفائض المائي لمحطة المفرق في يناير من 25,2 ملم إلى 36,5 ملم، وهذا يفسر بزيادة أمطار حالات عدم

الاستقرار الجوي مقارنة بأمطار المنخفضات الجوية وارتفاع معدلات الأمطار في المناطق الجافة، كما تفسر ذلك النماذج المناخية.

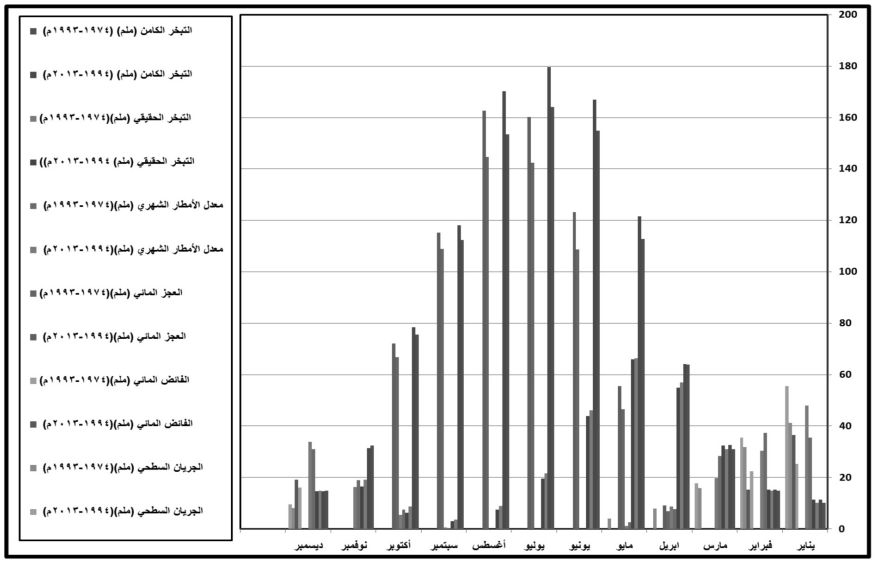
وانخفض الجريان السطحي خلال الفترة من (1994–2013) مقارنة بالفترة من (1974–1993)، وكان هذا الانخفاض من 216,4 ملم إلى 215,5 ملم، وفي ديسمبر انخفض من 61 ملم إلى 49,4 ملم في محطة رأس منيف. وفي إربد انخفض الجريان السطحي من 166 ملم إلى 143,4 ملم في يناير، ومن 128,3 ملم إلى 117,9 ملم في فبراير، ومن 38,5 ملم إلى 29,1 ملم في ديسمبر. كما انخفض الجريان السطحي في الباقورة من 142,6 ملم إلى 131,5 ملم في يناير، وانخفض من 100,9 ملم إلى93,7 ملم في فبراير، ومن 35 ملم إلى 26,3 ملم، وهذا يفسره تناقص معدلات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة بالفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى. ويبين شكل (11) معدلات التغير في نتائج الموازنة المائية لمنطقة الدراسة بين الفترتين: (1974–1993) و (1994–2013) لمحطات رأس منيف، والمفرق، وإربد، والباقورة؛ المتمثلة في معدلات الأمطار، التبخر الحقيقي والكامن، والفائض المائي، والجريان السطحي، والعجز المائي لإعطاء صورة أكثر وضوحاً لاعتبار نتائج الموازنة المائية من المؤشرات المهمة للتغير المناخي.



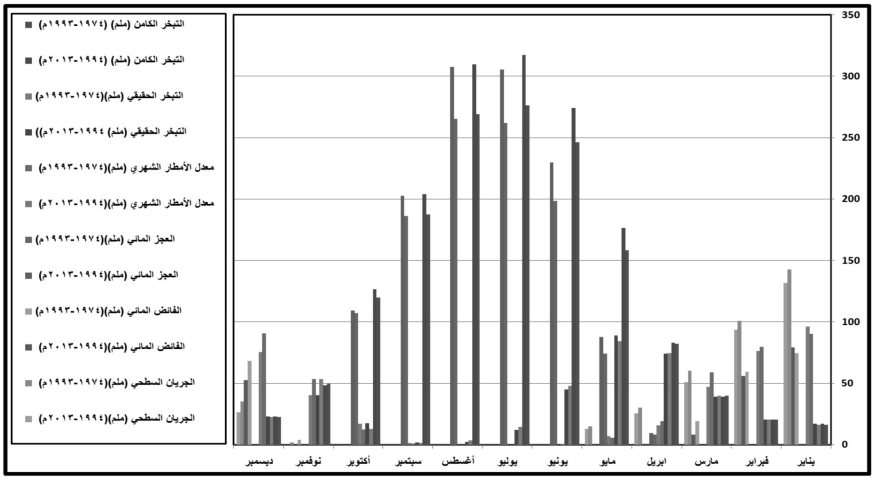
شكل (7): التغير في نتائج الموازنة المائية لمحطة رأس منيف ما بين الفترتين من (1974–1993) ومن (1994–2013)



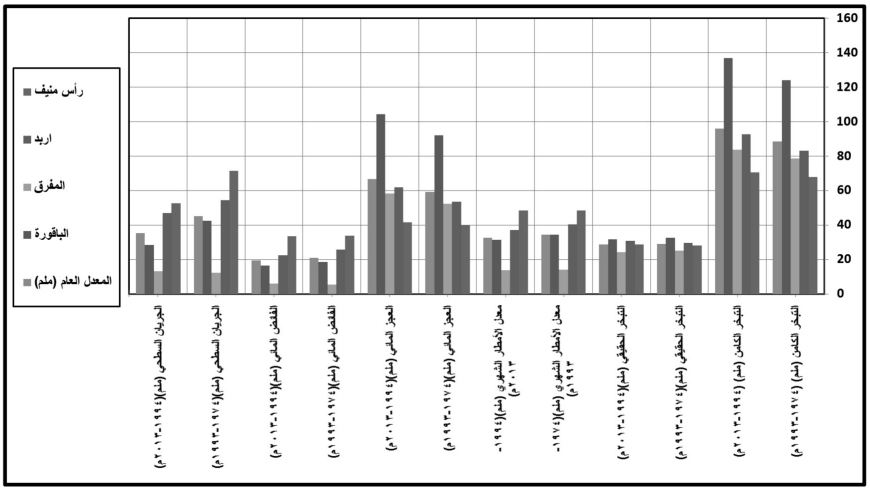
شكل (8): التغير في نتائج الموازنة المائية لمحطة إربد ما بين الفترتين من (1974–1993) ومن (1994–2013)



شكل (9): التغير في نتائج الموازنة المائية لمحطة المفرق ما بين الفترتين من (1974–1993) ومن (1994–2013)



شكل (10): التغير في نتائج الموازنة المائية لمحطة الباقورة ما بين الفترتين من (1974–1993) ومن (1994–2013)



شكل (11): معدلات التغير في نتائج الموازنة المائية لمنطقة الدراسة ما بين الفترتين من (1974–1993) ومن (1994–2013)

وتتفق نتائج الدراسة الحالية مع ما تنبأت به معظم النماذج المناخية العالمية (Global Climate Models (GCMs)، التي طبقت في منطقة الشرق الأوسط من حيث تزايد درجات الحرارة وانخفاض معدلات الأمطار السنوية، (IPCC, 2007). كما

تربط العديد من نماذج التنبؤات المناخية بين انخفاض معدلات الأمطار وانخفاض عدد الأعاصير (Cyclones) التي يتعرض لها الأردن، (Black et al., 2011)؛ ومن ثم فإن نتائج التغيرات التي تطرأ على نتائج الموازنة المائية تعكس نتائج أنظمة الهطول المطري؛ حيث تشير معظم نماذج المحاكاة المناخية إلى وجود زيادة في معامل التباين أو الاختلاف (Coefficient of Variation) للأمطار السنوية، الذي يمكن التنبؤ به من خلال انخفاض عدد الأيام الماطرة (Smiatek et al., 2011, Lelieveld et al, 2012)، كما تشير نتائج المحاكاة باستخدام نموذج (High Resolution Regional Climate Model) – بمقارنة الأمطار للفترات (2040–2069) و(2070–2099) مع الفترة (1961–1991) – إلى وجود انخفاض بمقدار 10% في الأجزاء الشرقية للبحر المتوسط ومنطقة الشرق الأوسط؛ الأمر الذي سيترتب عليه ارتفاع في معدلات التبخر الكامن والحقيقي وانخفاض معدلات الفائض المائي والجريان السطحي والارتفاع المستمر في العجز المائي بالتزامن مع الارتفاع المطرد في درجات الحرارة، ويشير جدول (5) إلى التغير في الجريان السطحي السنوي في الأردن مع التغير في معدلات الأمطار ودرجات الحرارة؛ ومن ثم سيترتب على ذلك آثار بيئية، اقتصادية واجتماعية مختلفة تفضي إلى انخفاض نصيب الفرد من المياه وخاصة إذا ما اقترن ذلك مع الزيادة السكانية المطردة في الأردن، (Chenoweth et al., 2011).

جدول (5)
التغير في الجريان السطحي السنوي في الأردن

التغير في الأمطار (%)	التغير في الجريان السطحي السنوي في الأردن (%)	
	+ 1° م	+3,5° م
20–	21,6– – 32,5–	24– – 60–
10–	13,2– – 40–	15,5– – 50–
صفر	1,2– – 10–	4,2– – 35–
10+	15+ – 33+	11,1+ – 30–

كما تشير نتائج تطبيق نموذج (The Hadley Model and The MPI Model) إلى وجود زيادة في درجات الحرارة وانخفاض في الجريان السطحي الشهري في حوض نهر الزرقاء باستثناء شهر ابريل الذي لم يطرأ عليه أي تغيير، وشهر مايو

الذي زاد فيه الجريان السطحي، وتدل معظم المؤشرات لهذين النموذجين على أن معدل الجريان السطحي سينخفض بمقدار 12% تقريباً حسب نموذج (The Hadley Model)، و 40% بحسب نموذج (The MPI Model)، وأن أعلى تغير في الجريان السطحي يظهر عند ارتفاع درجات الحرارة بمقدار (+4°م)، إذ سيرافق ذلك تغير بمقدار (−20%) في كميات الأمطار، وتتوافق هذه النتائج مع نتائج أخرى توصل إليها باحثون آخرون عن الشرق الأوسط، ترتبط بسيناريوهات الزيادة في درجات الحرارة (+2°م − +4°م) وانخفاض معدل الأمطار بمقدار (10%)، وما يرافق ذلك من انخفاض في معدل الجريان السطحي بمقدار (40%−60%). أما في حالة الزيادة في درجات الحرارة (+2°م − +4°م)، وزيادة معدل الأمطار بمقدار (10%) فإن معدل الجريان السطحي سينخفض بمقدار (10%−30%)، كما أن معدل الجريان السطحي سيزداد بمقدار (20%) تقريباً في حالة ازدادت درجة الحرارة بمقدار (+2°م) وازدادت الأمطار بمقدار (20%)، .(Abdulla&d Al-Omari,2008)

− ملخص النتائج:

يمكن تحديد المؤشرات على تأثر عناصر الموازنة المائية بالتغير المناخي في شمال الأردن، للفترة من 1974−2013 من خلال ما توصلت إليه الدراسة من نتائج، وهي:

− يبدأ الفائض المائي في إربد ورأس منيف في شهر نوفمبر ويمتد حتى شهر مارس؛ حيث تفوق كمية الهطول طاقة التبخر والنتح المحتمل على مدى خمسة أشهر، لكل من الفترتين الزمنيتين مع التغير في كمية الفائض المائي تبعاً لتغير لدرجة الحرارة وكميات التساقط المطري.

− يبدأ الفائض المائي في الباقورة في شهر نوفمبر ويمتد حتى شهر مارس للفترة الزمنية الأولى من (1974−2013)؛ ليصل طول فترة الفائض المائي إلى خمسة أشهر، أما في الفترة الزمنية الثانية من (1994−2013) فيبدأ الفائض المائي من شهر ديسمبر ويستمر حتى شهر مارس. وفي محطة المفرق لا يستمر الفائض المائي لأكثر من ثلاثة أشهر: من ديسمبر حتى فبراير، ولكلتا الفترتين.

− يبدأ العجز المائي في منطقة الدراسة من شهر أبريل، ويستمر حتى نهاية شهر نوفمبر لكلتا الفترتين الزمنيتين في كل من رأس منيف وإربد لفترة سبعة

أشهر، بينما يمتد إلى نهاية أكتوبر في الباقورة لفترة ثمانية أشهر، أما المفرق فإن العجز المائي فيها يمتد لتسعة أشهر، من شهر مارس حتى شهر نوفمبر.

– راوح معدل العجز المائي بين أدنى قيمه 488,5 ملم في رأس منيف وأعلى قيمه البالغة 981,4 ملم في الباقورة، وهذا ما يؤكده تراكم عجز الرطوبة في جميع المحطات، وهي غير كافية لتلبية احتياجات التربة والنبات من المياه.

– راوح الفرق بين التبخر الحقيقي والتبخر والنتح الكامن بين (1) و (9) ملم التي تأخذ بالتزايد خلال الأشهر اللاحقة، كما فاقت قيم التبخر الكامن كميات الهطول والتبخر الحقيقي.

– يمكن الاستدلال من خلال الاتجاه العام لدرجات الحرارة في شمال الأردن للفترة من (1974–2013) لأربع محطات مناخية على أن معدل درجة الحرارة كان ثابتاً مع انخفاض طفيف؛ فقد بلغ معدل درجة الحرارة خلال الفترة من (1974–1983م) 14,1°م، 16,5°م، 4,17°م، 22,2°م في محطات رأس منيف، والمفرق، وإربد والباقورة على التوالي.

– انخفض معدل درجة الحرارة خلال الفترة من (1984–1993) بشكل طفيف أو حافظ على الاتجاه السابق؛ فقد بلغ معدل درجة الحرارة لهذه الفترة في محطة رأس منيف 14°م بانخفاض 0,1°م، كما انخفض معدل درجة الحرارة بمعدل 0,1°م في محطة الباقورة مقارنة بالفترة السابقة، أما محطة إربد فقد زاد معدل الحرارة فيها مقارنة بالفترة السابقة بمعدل 0,1°م، وحافظت محطة المفرق على المعدل المسجل في الفترة السابقة دون تغير. من هنا نجد أن التغيرات في معدل درجة الحرارة كان طفيفاً سواء بالزيادة أو بالنقصان في شمال الأردن.

– أما الاتجاه العام لمعدلات الأمطار خلال الفترة الأولى من (1974–1993)، فنجد أن معدل الأمطار شهد خلال النصف الثاني من الفترة الأولى من (1984–1993م) تزايداً ملحوظاً مقارنة بالنصف الأول من (1974–1983)؛ حيث بلغت نسبة الزيادة نحو 17% في محطتي رأس منيف والباقورة، وراوحت ما بين 9% و 8% في محطتي إربد والمفرق على التوالي.

– يشير الاتجاه العام لدرجات الحرارة في شمال الأردن للفترة من (1994–2013) إلى أن معدل درجة الحرارة قد تزايد؛ فبلغ معدلها خلال الفترة من (1994–2003) نحو 14,6°م بزيادة (0,5°م) مقارنة بالفترة من (1974–1983).

– تؤكد الدراسة ما جاءت به الدراسات السابقة من نتائج متعلقة بالتغير المناخي في حوض البحر المتوسط؛ حيث وجد أن هناك تغيراً بمقدار (+4%) في التبخر الكامن، (+5%) في العجز المائي، و (–1%) في الفائض المائي، و (–2%) في الجريان السطحي للفترة (1994–2013) مقارنة بالفترة (1974-1983) في رأس منيف.

– أما في محطة المفرق فقد كان التغير في التبخر الكامن (+7%)، و (+10%) في العجز المائي للفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى، وفي محطة إربد بلغ التغير للفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى للفائض المائي والجريان السطحي (–15%) على حد سواء.

– يلاحظ ارتفاع معدلات التبخر الكامن وانخفاض الفائض المائي خلال أشهر الشتاء للفترة من (1994–2013) بالمقارنة مع الفترة من (1974–1993)؛ ففي محطة رأس منيف ازداد التبخر الكامن من 8,7 ملم إلى 10,2 ملم في يناير، وازداد من 11,7 ملم إلى 12,3 ملم في شهر فبراير، كما ارتفع التبخر الكامن في محطة إربد من 12,8 ملم إلى 13,9 ملم في يناير.

– انخفض الفائض المائي خلال الفترة من (1994–2013) مقارنة بالفترة من (1974–1993) في رأس منيف من 104,3 ملم إلى 83,7 ملم خلال شهر ديسمبر، كما انخفض في إربد من 96,2 ملم إلى 87,7 ملم في يناير، ومن 14,3 ملم إلى 4,8 ملم.

– وانخفض الجريان السطحي خلال الفترة من (1994–2013) مقارنة بالفترة من (1974–1993) من 216,4 ملم إلى 215,5 ملم، ومن 35 ملم إلى 26,3 ملم، وهذا يفسر بتناقص معدلات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة بالفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى.

التوصيات:

فيما يتعلق بالتغير في عناصر الموازنة المائية من خلال تأثرها بالتغير في عناصر المناخ يمكن للدراسة أن تقدم التوصيات الآتية:

– الاستناد إلى دراسات الموازنة المائية للتربة والتغير في عناصرها لتحديد أوقات الري التكميلي للتربة بما يقلل من كميات التبخر ويزيد من استفادة التربة.

– استثمار مياه الأمطار في شمال الأردن من خلال تطوير تقنيات الحصاد المائي بالتعاون مع المؤسسات المعنية، كوزارة المياه ووزارة الزراعة.

المراجع:

البحيري، صلاح الدين. (1991). *جغرافية الأردن*. عمان، الأردن: مكتبة الجامع الحسيني.

دائرة الإحصاءات العامة. (2016). *بيانات سكانية*. عمان، الأردن.

زيتون، محمد؛ وشحادة، نعمان. (2015). مؤشرات التغير المناخي في شمال الأردن، *دراسات العلوم الإنسانية والاجتماعية*، المجلد 42، ملحق 2.

شحادة، نعمان. (1990). *مناخ الأردن*. عمان، الأردن: دار البشير.

شحادة، نعمان. (2013). *علم المناخ*. عمان، الأردن: دار صفاء للنشر والتوزيع.

وزارة المياه والري. (2013). الأجندة الوطنية/ قطاع المياه 2013–2020م، عمان، الأردن.

Abdulla, F. A., & Al-Omari, A.S. (2008). Impact of climate change on the monthly runoff of Asemi-arid catchment case study Zarqa river basin (Jordan), *Journal of Applied Biological science, 2Thornthwaite(1), 43-50*.

Al-Kawasma, Y. (1983). Climatic water balance in Jordan. Ph.D. Thesis State University of Ghent. U.K.

Black, R., Stephen, R., Bennett, G., Thomas, S. & John, R. (2011). Climate change: Migration as adaptation, *Nature, 478*, 447-449.

Chenoweth, J., Hadjinicolaou, P., Lelieveld, J., Levin, Z., Manfred, A. & Hadjikakou, M. (2011). Impact of climate change on the water resources of the eastern Mediterranean and Middle East region: Modeled 21st century changes and implications, *Journal of Water Resources Research, 47*(6) June, 2011.

Combalicer. E.A. (2010). Assessing climate change impacts on water balance in the Mount Makiling forest, Philippines.

Hesselbjerg, J. et.al. (2007). Climate Change, IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Chenoweth et al, 2011, Impact of climate change on the water resources of the eastern Mediterranean and Middle East region: *Modeled 21st century changes and implications, 47*(6) June, 2011.

IPCC (2007). Summary for policymakers; In: Climate Change 2007. The physical science basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds) Solomon S,Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt K B,Tignor M and Miller H L, Cambridge University Press,Cambridge, United Kingdom and New York, USA.

Issar, A., & Zohar, M. (2006). Climate Change - Environment and History of the Near East, 2nd Edition, Library of Congress. Jammu Himalaya, India, *Internationa Journal Ofgeomatics and Geosciences, 1*(2), 252-263.

Jasrotia, A.S., & Majhi, A. (2009). Water balance approach for rainwater harvesting Using Remate sensing and GIS Techniques, *Journal of Jammu Himalaya, India, water Resources Manage, 23*: 3035-3055.

Lotta. A. (2010). Assessment of climate change impact on water resources in the Pungwe river basin, Meteorological and hydrological Institute, S-601 76 Norrkoping, Sweden.

NASA/GISS (2014). NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS), Climatic Research Unit.

Oroud. I. (2015). The impact of climate change on water resources in Jordan: in: Zerieni, F. and Hotzl, H. (Eds.), Climatic Changes and Water Resources in the Middle East and North Africa, pp 109-124, Springer.

Rosenan, N. (1955). One hudred years of rainfall in Jerusalem, ahomotopic series of annual amounts, *Is. Explor, J., (5)*, 137-153.

Thornthwaite, C. W., & Mather, J. R. (1957). Instruction and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance, Drexel Institute of Technology- Laboratory of Climatology, New Jersey, USA.

USAID, Institute WDM in Jordan (2010). Development: Role of remote sensing and geography information system.

http://www.elearning.jo/datapool/html/Npg-S6-17-1.htm.

قدم في: إبريل 2018

أجيز في: إبريل 2019