

ورقة معلومات قطرية المغرب

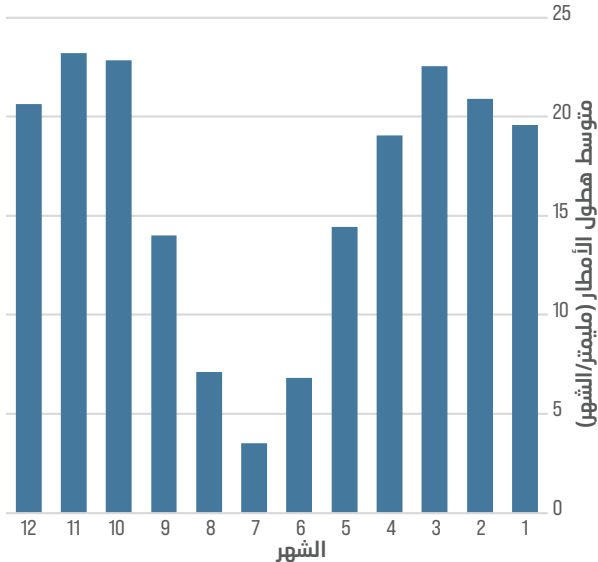


لمحة تاريخية عن اتجاهات درجات الحرارة ومعدلات هطول الأمطار في المغرب

وعادة ما يمتد الموسم المطير من تشرين الأول/أكتوبر إلى نيسان/أبريل، لكن معدل هطول الأمطار يتفاوت إلى حد كبير حسب الموقع الجغرافي. ويتراوح معدل هطول الأمطار السنوي في المدن الشمالية والساحلية، مثل الرباط والدار البيضاء، بين 500 و700 ملم. وتسجل جبال الأطلس المعدلات الأعلى من هطول الأمطار، إذ يتراوح إجمالي الهطول السنوي فيها بين 800 و1,000 ملم. أما المناطق الداخلية، مثل مراكش، فتتلقى عادةً أقل من 250 ملم سنوياً من الأمطار، وغالباً ما تكون على شكل زخات قصيرة وغزيرة. ويعد الجنوب شديد الجفاف، إذ يسجل معدلات تقل عن 100 ملم سنوياً، كما يفتقد إلى موسم مطير محدد (الشكل 2).

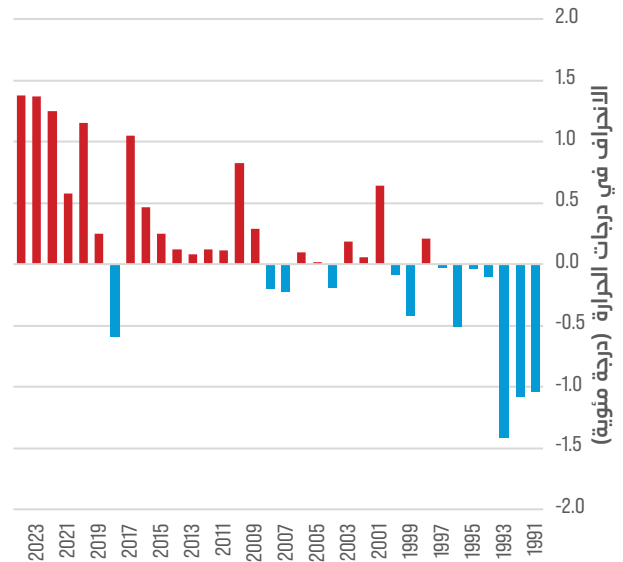
يتسم مناخ المغرب بخصائص متنوعة، إذ يسود مناخ معتدل في الشمال والمناطق الساحلية، حيث يكون الشتاء رطباً والصيف جافاً، بينما تعد المناطق الداخلية والجنوبية جافة وتتلقى كميات محدودة من الأمطار. وفي السنوات الثلاثين الماضية، ارتفع متوسط درجات الحرارة السنوية بمقدار 0.5 درجة مئوية لكل عقد، وسُجل احتراق بوتيرة أسرع في أشهر الخريف. وفي العقد الماضي، تراوحت درجات الحرارة بين درجة دنيا في الشتاء بلغت 1.6 درجة مئوية في المناطق الجبلية، ودرجة قصوى في الصيف بلغت 36.8 درجة مئوية (الشكل 1).

الشكل 2. المتوسط الشهري لهطول الأمطار في المغرب، 2020-1991



المصدر: بالاستناد إلى بيانات من الإصدار الخامس لإعادة التحليل (ERA5) الصادر عن المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF)، 2023.

الشكل 1. الانحراف السنوي في درجات الحرارة في المغرب مقارنة بمتوسط الفترة 2020-1991



المصدر: بالاستناد إلى بيانات من الإصدار الخامس لإعادة التحليل (ERA5) الصادر عن المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF)، 2023.

خلاصة عن التوقعات المناخية المستقبلية



في إطار سيناريو الانبعاثات المنخفضة (RCP2.6)، من المتوقع أن ترتفع درجة الحرارة في المغرب بما يتراوح بين 0.79 و 0.99 درجة مئوية في الأجل القريب (2021-2040)، وبين 1.02 و 1.81 درجة مئوية في الأجل المتوسط (2041-2060). من المتوقع أن تحدث زيادات أكبر بكثير في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5) في الأجلين القريب والمتوسط، وأن تظهر التغيرات الأكثر محدودية على طول الساحل الجنوبي للمحيط الأطلسي، كما أن يسجل الاحترار الأسرع في جبال الأطلس.



من المتوقع أن يزداد عدد الأيام الحارة، التي تتجاوز فيها درجة الحرارة 35 درجة مئوية، بما يتراوح بين 5 أيام و 16 يوماً في السنة في الأجل القريب (2021-2040)، وما يصل إلى 31 يوماً بحلول الأجل المتوسط (2041-2060). وتاريخياً، تراوح عدد الأيام الحارة بين ما يقارب 0 في جبال الأطلس الكبير وما يفوق 158 يوماً في الصحراء. ومن المتوقع أن يتجاوز إجمالي عدد الأيام الحارة في السنة 184 يوماً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5) في المناطق الأكثر حرارة، ما قد يؤثر على الزراعة والموارد المائية ويفاقم الإجهاد الحراري والتصحر.



من المتوقع أن تنخفض معدلات هطول الأمطار في الموسم المطير في شمال جبال الأطلس الصغير. وقد تتجاوز الانخفاضات 15 ملمتر شهرياً في جبال الأطلس في الأجل المتوسط، وتسجل أكبر انخفاضات نسبية (33- في المائة) في سهل سوس. ومن المتوقع أن تتراجع الأمطار في موسم الجفاف بأكثر من 7 ملمتر شهرياً في جبال الأطلس في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5)، في حين تسجل المناطق الصحراوية مؤشرات متباينة، تتراوح بين زيادة طفيفة في معدل الأمطار في إطار سيناريو الانبعاثات المنخفضة (RCP2.6)، وتفاقم الجفاف في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5).



من المتوقع أن يسجل الغطاء الثلجي الشتوي في جبال الأطلس الكبير تراجعاً حاداً في كانون الأول/ديسمبر وكانون الثاني/يناير وشباط/فبراير، يتراوح بين 5 و 26 في المائة في الأجل القريب (2021-2040)، وبين 57 و 60 في المائة في الأجل المتوسط (2041-2060).



تتفاقم ظروف الجفاف في المغرب. وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، تراوح الحد الأقصى لعدد الأيام الجافة المتتالية بين أقل من 48 يوماً في جبال الأطلس، وأكثر من 228 يوماً في الصحراء. ومن المتوقع أن يرتفع عدد الأيام الجافة المتتالية بحوالي 7 أيام في الأجل القريب (2021-2040)، وبما يتراوح بين 9 أيام و 14 يوماً في شمال جبال الأطلس الصغير، وبين 6 أيام و 20 يوماً في الجنوب في الأجل المتوسط (2041-2060). وبالتالي، من المتوقع أن تستمر فترات جفاف حتى ثمانية أشهر في أجزاء من الصحراء الكبرى في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5).



تشير التوقعات إلى تراجع حالات هطول الأمطار الغزيرة خلال يوم واحد في بعض المناطق، مثل جبال الأطلس، وذلك بسبب الحمل الحراري المُثَبِّط. لكن هذه الحالات قد تحدث، وتأثيرات أكبر، في أعقاب فترات جفاف طويلة. وقد تشهد منطقة الصحراء زيادة نسبية في هطول الأمطار الغزيرة، لا سيما في إطار سيناريو الانبعاثات المنخفضة (RCP2.6) في الأجل القريب، مع تحول الرياح الموسمية لغرب أفريقيا نحو الشمال، ما يؤدي إلى تفاقم عواصف نادرة لكن قوية.



من المتوقع أن ينخفض التبخر بما يتراوح بين 1.2 و 1.4 ملمتر شهرياً خلال الموسم المطير في الأجل القريب، وبين 2 و 2.4 ملمتر شهرياً في الأجل المتوسط. مع ذلك، قد يتجاوز التبخر معدل هطول الأمطار بفارق متزايد في المناطق الساحلية الجنوبية، يرتفع من 52 إلى 68 في المائة. أما في موسم الجفاف، فقد ينخفض التبخر بما يصل إلى 10.5 ملمتر شهرياً، ما يقلل من الفارق بين معدل التبخر ومعدل هطول الأمطار مقارنة بالذروة التي سُجلت في الفترة المرجعية، وبلغت 144 في المائة.



من المتوقع أن يسجل الجريان السطحي في الموسم المطير انخفاضاً حاداً، ليرتفع من حوالي 3 في المائة في الفترة المرجعية (1995-2014) إلى حوالي 2 في المائة. ومن المتوقع أن ينخفض بما يتراوح بين 21 و 26 في المائة في الأجل القريب، وبين 21 و 39 في المائة في الأجل المتوسط. في المقابل، يبقى الجريان السطحي ضئيلاً في موسم الجفاف، ومن المتوقع ألا يشهد أي تغييرات تذكر.



قد يكون للتغيرات المتوقعة في عدد أيام الرياح القوية في جميع أنحاء المغرب آثار متباينة: فقد يؤدي تراجع قوة الرياح في جبال الأطلس إلى تقليل تآكل التربة، لكنه قد يحد أيضاً من التبريد الطبيعي والتلقيح، في وقت قد تفاقم زيادة قوة الرياح في الصحراء والغابات الرئيسية خطر العواصف الرملية وحرائق الغابات.

السيناريوهات المناخية

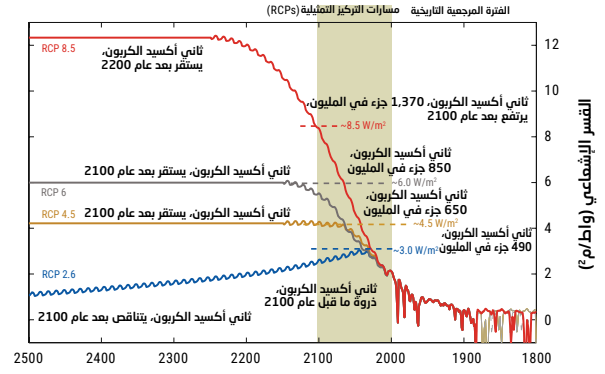
كل سيناريو بمستوى محدد من القسر الإشعاعي بحلول عام 2100. وقد استُخدم في هذا التحليل سيناريوهان من مختلف سيناريوهات مسارات التركيز التمثيلية، وذلك لوضع نطاق معقول للظروف المناخية المستقبلية:

● سيناريو مسار التركيز التمثيلي 2.6 أو سيناريو الانبعاثات المنخفضة (RCP2.6): يتسم بانخفاض الانبعاثات واتخاذ تدابير قوية للتخفيف مع الإسراع بالحد من انبعاثات الكربون بسرعة وتراجع القسر الإشعاعي على مدار القرن.

● سيناريو مسار التركيز التمثيلي 8.5 أو سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5): يتسم بارتفاع حجم الانبعاثات وقوة القسر الإشعاعي، ويستشرف مستقبلاً يستمر فيه تنامي الانبعاثات وتبقى تدخلات السياسات العامة في القضايا المناخية محدودة.

يوفر السيناريوهان إطاراً بنوياً واضحاً لتقييم الآثار المناخية في ظل جهود صارمة للتخفيف من جهة، ومستويات مرتفعة من الاحترار من جهة أخرى.

الشكل 3. مسارات التركيز التمثيلية



المصدر: مقتبس من Meinshausen M. and others, 2011.

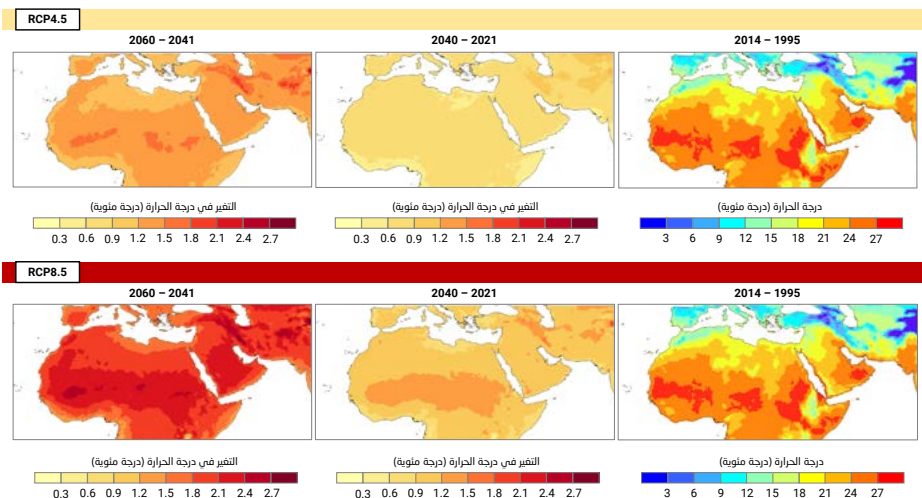
تستند السيناريوهات المناخية المستخدمة في هذا التقييم إلى مسارات التركيز التمثيلية (RCPs) التي أُعدت من أجل تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (الشكل 3). ويصف كل سيناريو المسارات السائغة علمياً التي قد تتخذها تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، ويرتبط

لمحة عن المنطقة العربية

أسرع من المتوسط العالمي. ومن المتوقع أن ترتفع متوسطات درجات الحرارة في الأجل القريب (2021-2040) بمقدار 0.7 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (RCP4.5) و1.1 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5)، وذلك مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) (الشكل 4). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن تصل الزيادة إلى 1.3 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (RCP4.5)، و2 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5)، وذلك مقارنة بالفترة المرجعية.

تشمل الأنشطة الأساسية للمبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار) إعداد إسقاطات للمناخ المستقبلي مخصصة لنطاق المنطقة العربية. وقد أُطلق مشروع التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (CORDEX-MENA) كجزء من مبادرة ريكار بهدف توفير نتائج موحدة للنموذج المناخية الإقليمية بدقة مكانية تبلغ 50 كيلومتر، وذلك بهدف دعم التعاون الإقليمي في هذا الصدد. وتشير النتائج إلى أن درجات الحرارة في جميع أنحاء النطاق العربي ترتفع بمعدل

الشكل 4. متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في النطاق العربي



المصدر: مشروع التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (CORDEX-MENA). إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.



درجات الحرارة

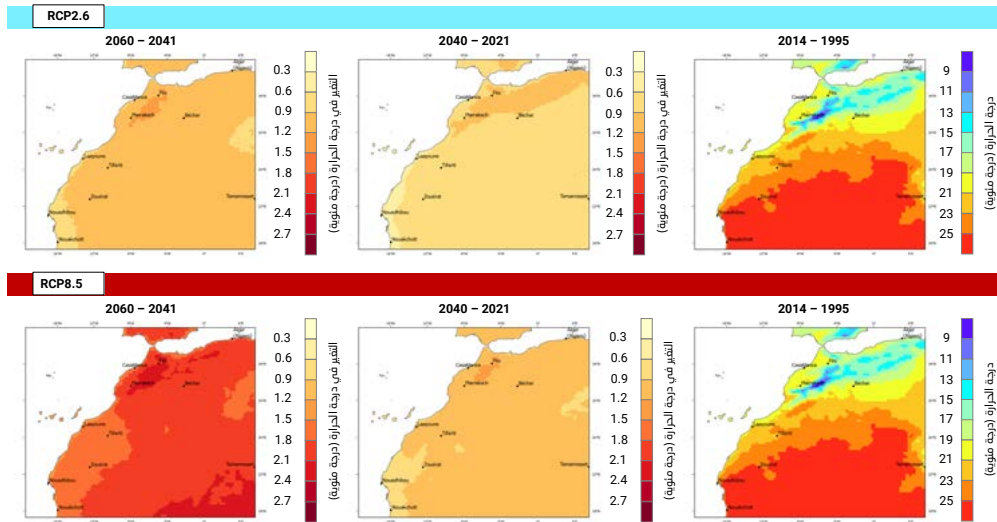
ارتفاع الحرارة. وتشير توقعات النماذج إلى زيادة تتراوح بين 0.79 و 0.99 درجة مئوية في الأجل القريب (2040-2021)، وبين 1.02 و 1.81 درجة مئوية بحلول الأجل المتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (2014-1995).

في المقابل، من المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة في جبال الأطلس بوتيرة أسرع مقارنة بالسهول المحيطة بها. وتعزى قابلية التأثير المتزايدة هذه إلى العمليات المرتبطة بالارتفاع، بما في ذلك انخفاض الرطوبة الجوية، ومحدودية التبريد بالتبخّر، والتفاعلات المرتبطة بمعامل قدرة الثلوج والجليد على عكس إشعاع الشمس. ومع تراجع الغطاء الثلجي الموسمي، تمتص الأسطح المكشوفة ذات الألوان الداكنة مزيداً من الإشعاع الشمسي، فتتفاقم ظاهرة الاحترار. ويزيد موقع الجبال في المناطق الداخلية ومحدودية الاعتدال الذي يمنحه البحر من تعرضها لارتفاع درجات الحرارة.

في الفترة المرجعية (1995-2014)، تراوح متوسط درجات الحرارة السنوية القريبة من سطح الأرض بين أقل من 13.3 درجة مئوية في جبال الأطلس الكبير وأكثر من 25 درجة مئوية في منطقة الداخلة-وادي الذهب (الشكل 5). ويعكس هذا التدرج المناطق المناخية المتنوعة في المغرب: جبال الأطلس تنسم بمناخ قاري بارد في الشتاء ومعتدل في الصيف؛ والصحراء بشتاء معتدل وصيف شديد الحرارة؛ والساحل الأطلسي بظروف مناخية معتدلة بفضل تأثيرات المحيط القوية، ما يسفر عن شتاء معتدل وصيف دافئ إلى حار؛ والسهول الداخلية، بما في ذلك مراكش وفاس، بمناخ شبه جاف، بارد في الشتاء وشديد الحرارة في الصيف.

والاحترار في المغرب غير متجانس من الناحية المكانية، بل تظهر اختلافات بين المناطق بفعل التضاريس، والدوران الجوي، وديناميات المناخ المحلية. ومن المتوقع أن يشهد الساحل الأطلسي الجنوبي الارتفاعات الأقل في درجات الحرارة، في وقت يحد المحيط الأطلسي وتيار الكناري من

الشكل 5. متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (2014-1995) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.



الأيام الحارة

من المتوقع أن يزداد عدد الأيام الحارة بما يتراوح بين أقل من 5 أيام وأكثر من 16 يوماً سنوياً، ليتجاوز 166 يوماً في السنة في المناطق الجنوبية. وبحلول الأجل المتوسط (2060-2041)، من المتوقع أن تصل الزيادة إلى 31 يوماً في السنة، ليرتفع المجموع السنوي إلى ما يتراوح بين 95 يوماً و 106 أيام في المتوسط، وإلى أكثر من 184 يوماً في إطار سيناريو الانبعاثات

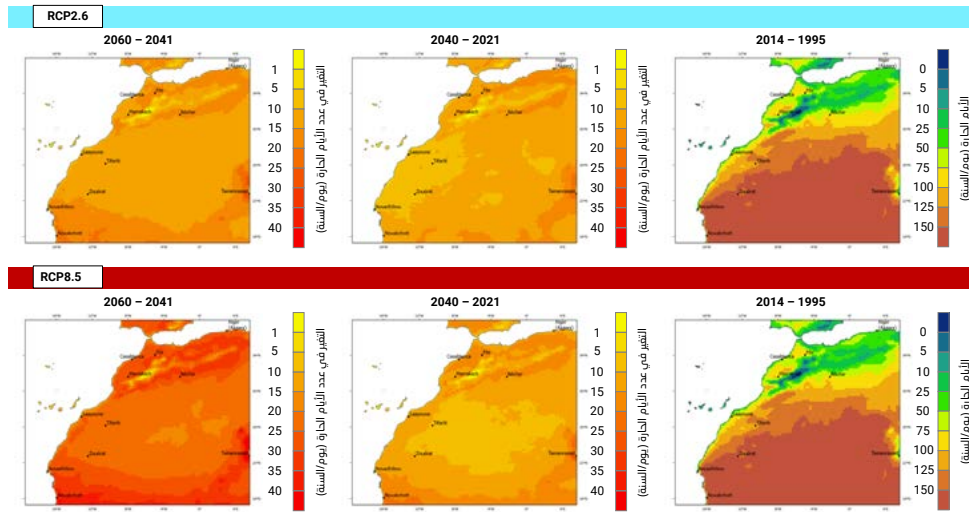
في الفترة المرجعية (1995-2014)، تراوح عدد الأيام الحارة، التي تفوق فيها درجات الحرارة القصوى 35 درجة مئوية (مؤشر SU35)، بين ما يقارب 0 في جبال الأطلس الكبير وأكثر من 158 يوماً سنوياً في الصحراء (الشكل 6). ومع ارتفاع درجات الحرارة، من المتوقع أن يزداد تواتر هذه الظاهرة على نحو ملحوظ. وفي الأجل القريب (2040-2021)،

الحارة من معدل التبخر من التربة والخزانات، فتتفاقم الضغوط المتعلقة بالجفاف. ولا تأخذ هذه التوقعات الرطوبة النسبية ولا تأثيرات الجزر الحرارية الحضرية في الاعتبار، ما يشير إلى أن المدن الساحلية قد تواجه مخاطر تفوق الآثار الصحية المرتبطة بارتفاع درجات الحرارة وزيادة الطلب على التبريد. وفي الصحراء، يفاقم الارتفاع الحاد في عدد الأيام الحارة ظاهرة التصحر، ومن المرجح أن يؤدي إلى اشتداد العواصف الرملية والترابية.

المرتفعة (RCP8.5). ويعني ذلك أن درجات الحرارة قد تتجاوز عتبة 35 درجة مئوية خلال حوالي نصف أيام السنة.

ولزيادة عدد الأيام الشديدة الحرارة آثار واسعة. على سبيل المثال، تواجه الزراعة، ولا سيما القمح والزيتون والحمضيات والخضروات، خسائر متزايدة في المحاصيل، عندما تتزامن موجات الحر الشديد مع مراحل النمو القابلة للتأثر، مثل مرحلتَي الإزهار وامتلاء الحبوب. وتسرع زيادة عدد الأيام

الشكل 6. متوسط التغير في العدد السنوي للأيام الحارة (مؤشر عدد الأيام الحارة؛ الأيام التي تتجاوز فيها درجة الحرارة القصوى 35 درجة مئوية) في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.



هطول الأمطار

(2060)، قد يتجاوز الانخفاض في مستوى سطح البحر 15 ملم شهيئاً في جبال الأطلس في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5)، مع تسجيل أكبر انخفاض نسبي بنسبة 33 في المائة في سهل سوس، وهو حوض زراعي رئيسي. وفي جنوب جبال الأطلس الصغير، تبدو التغيرات المتوقعة غير مؤكدة، إذ تبقى معدلات هطول الأمطار منخفضة بصورة عامة، لكن في إطار سيناريو الانبعاثات المنخفضة (RCP2.6)، قد يتسبب الدوران الجوي المستقر نسبياً بحدوث موجات متفرقة من الأمطار، ما يؤدي إلى زيادة طفيفة في تواتر هطول الأمطار وغزارتها. وفي إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5)، قد يغير الاحترار المتزايد أنماط هطول الأمطار ويفاقم الجفاف، ما يؤدي إلى انخفاضات طفيفة في هطول الأمطار في المناطق الصحراوية.

يمتد الموسم المطير في المغرب من تشرين الأول/أكتوبر إلى نيسان/أبريل، ويتأثر أساساً بأنماط الدوران الجوي المتوسطي والأطلسي. وتسجل معدلات هطول الأمطار تبايناً كبيراً، إذ تشهد المناطق الساحلية شتاءً معتدلاً ورطباً نسبياً، في حين تتلقى جبال الأطلس كميات كبيرة من الأمطار والثلوج، لتشكل احتياطات موسمية أساسية من المياه. في المقابل، تبقى المناطق الداخلية والسهول الجنوبية جافة نسبياً، على الرغم من أن هطول الأمطار الغزيرة المتقطعة فيها قد يحدث فيضانات وميضية. وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، تراوحت معدلات هطول الأمطار في الموسم المطير بين أقل من 2.2 ملم شهيئاً في الصحراء، وأكثر من 59 ملم شهيئاً على طول الساحل الشمالي وفي جبال الأطلس (الشكل 7).

وتشير التوقعات المناخية إلى انخفاض عام في هطول الأمطار من تشرين الأول/أكتوبر إلى نيسان/أبريل في شمال جبال الأطلس الصغير. وبحلول الأجل المتوسط (2041-

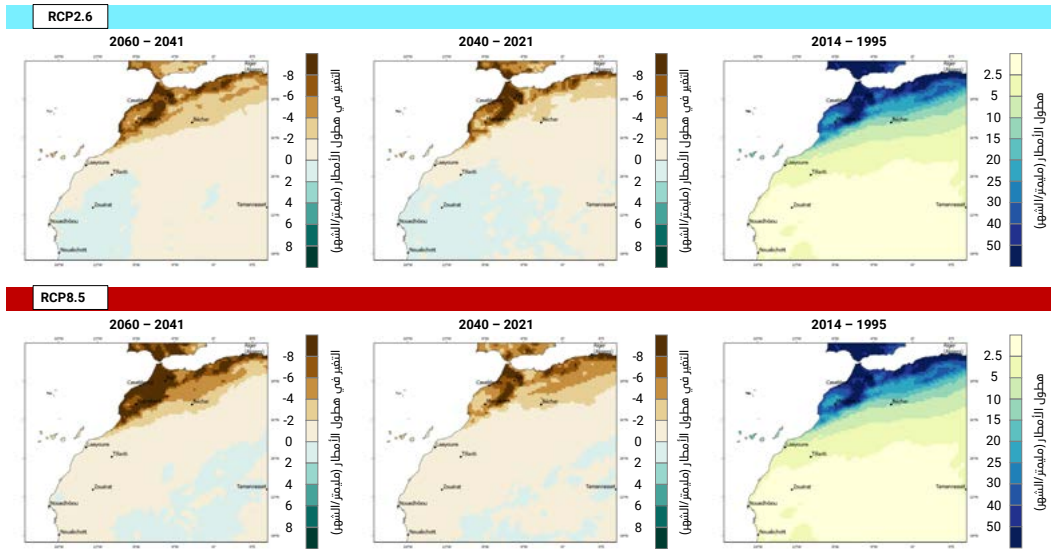
ويجلب موسم الجفاف (من أيار/مايو إلى أيلول/سبتمبر) هطولاً ضئيلاً للأمطار إلى المناطق الساحلية الشمالية، حيث لا تهطل

معدل الانخفاض 7 مليمتراً شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5) في الأجل المتوسط. ويرتبط هذا الجفاف بتعزز حزام الضغط المرتفع شبه المداري، ما يحد من الحمل الحراري. وفي الصحراء، تتباين التغيرات المتوقعة في هطول الأمطار بين السيناريوهين، إذ يشير سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5) إلى مزيد من الجفاف، بينما يظهر سيناريو الانبعاثات المنخفضة (RCP2.6) زيادةً قليلة في هطول الأمطار، ويرتبط ذلك بتحول طفيف للرياح الموسمية لغرب أفريقيا نحو الشمال في ظل ارتفاع مستقر في درجات الحرارة.

سوى زخات خفيفة ونادرة. وفي جبال الأطلس، لا يزال حدوث عواصف محلية متفرقة محتملاً، إذ تجاوز متوسط هطول الأمطار في موسم الجفاف 34 مليمتراً شهرياً في الفترة المرجعية (1995-2014) (الشكل 8). وتبقى الصحراء جافة إلى حد كبير، على الرغم من العواصف المتفرقة التي يحتمل حدوثها في أواخر الصيف في المناطق الجنوبية، لا سيما في شهري آب/أغسطس وأيلول/سبتمبر.

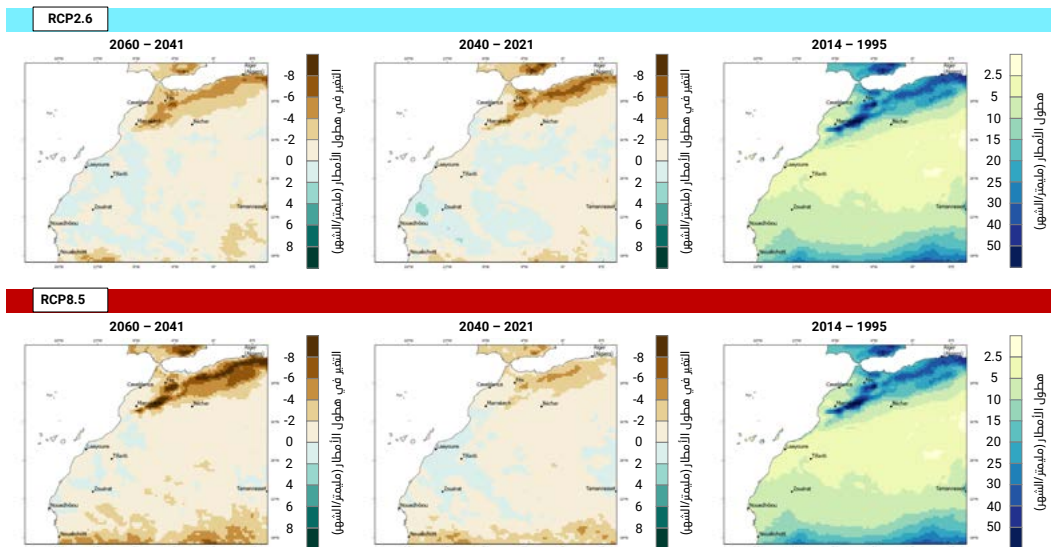
وتشير التوقعات المستقبلية إلى انخفاض في هطول الأمطار في فصل الصيف، لا سيما في جبال الأطلس، حيث يتجاوز

الشكل 7. متوسط التغير في هطول الأمطار الموسمي (من تشرين الأول/أكتوبر إلى نيسان/أبريل) في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.
إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

الشكل 8. متوسط التغير في هطول الأمطار الموسمي (من أيار/مايو إلى أيلول/سبتمبر) في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.
إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.



سماكة الثلوج

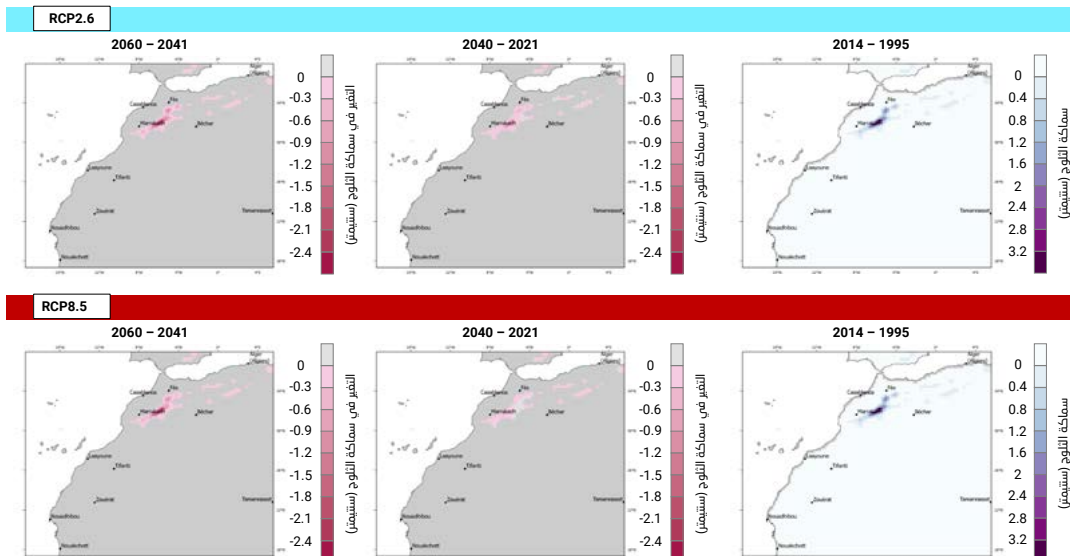
وفي الأجل القريب (2041-2040)، من المتوقع أن ينخفض متوسط سماكة الثلوج في فصل الشتاء (كانون الأول/ديسمبر وكانون الثاني/يناير وشباط/فبراير) في جبال الأطلس الكبير بما يتراوح بين 5 و26 في المائة (الشكل 9). وتزداد الانخفاضات في إطار سيناريو الانبعاثات المنخفضة (RCP2.6) في الفترة نفسها بسبب اختلاف استجابات الدوران الجوي في منطقة البحر الأبيض المتوسط وشمال أفريقيا. وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن تسجل سماكة الثلوج في الشتاء في جبال الأطلس الكبير تراجعاً أكثر حدة، بمتوسط يتراوح بين 57 و60 في المائة أقل من الفترة المرجعية التاريخية.

وينطوي هذا التراجع في سماكة الثلوج في جبال الأطلس، ولا سيما في الأطلس الكبير، على عواقب هيدرولوجية وبيئية وزراعية ومجتمعية واقتصادية خطيرة. ويؤدي الغطاء الثلجي في جبال الأطلس الكبير، باعتباره «خزان المياه الطبيعي» الرئيسي في المغرب، دوراً حاسماً في الحفاظ على توفر المياه في مناطق المصب. ومن المتوقع أن تؤدي الاتجاهات نحو اشتداد الاحترار والجفاف إلى انخفاض المحتوى المائي في الغطاء الثلجي، ما يؤدي بدوره إلى تراجع كبير في الجريان السطحي وتدفق الأنهار. وتشير التقديرات في إطار الدراسات إلى أن نسب الجريان السطحي قد تنخفض بما تتراوح بين 5 و30 في المائة، وأن تدفق الأنهار قد يتراجع بما تتراوح بين 20 و70 في المائة بحلول نهاية القرن، ما يؤثر بشدة على أحواض مثل حوض أم الربيع وحوض تانسيفت، اللذين يعتمدان اعتماداً كبيراً على ذوبان الثلوج في فصل الربيع⁴.

غالباً ما تهطل الأمطار الشتوية في جبال الأطلس على شكل ثلوج، لا سيما في من تشرين الثاني/نوفمبر إلى آذار/مارس. ويبلغ تساقط الثلوج ذروته في شهري كانون الثاني/يناير وشباط/فبراير. ويتركز تساقط الثلوج على ارتفاعات تفوق حوالي 1,400 متر، حيث يسهم الانخفاض في درجات الحرارة الارتفاع الجوي الناتج عن التضاريس في تراكمها. وتسجل المعدلات الإجماليات السنوية تبايناً، إلا أن التوزيع المكاني لتساقط الثلوج يبقى مستقراً نسبياً. وفي جبال الأطلس الكبير (3,000-4,000 متر)، يقتصر تشكل الغطاء الثلجي الموسمي إلى حد كبير على الارتفاعات التي تفوق 2,500-3,000 متر. وعادةً ما يدوم حتى فصل الربيع، لكن يبلغ تراكم الثلوج ذروته في منتصف الشتاء¹. وبشهد الأطلس المتوسط، ولا سيما هضبة إفران، تساقطاً منتظماً للثلوج في فصل الشتاء وتشكلاً متكرراً للغطاء الثلجي الموسمي، ما يضعه بين أكثر مناطق شمال أفريقيا برودة². في المقابل، تتلقى جبال الأطلس الصغير تساقطاً متفرقاً للثلوج، ويقتصر ذلك على قممها الأعلى³.

ويصعب تمثيل ديناميات الثلوج هذه في نماذج المناخ الإقليمية. وعند استخدام شبكة مكانية بدقة 25 كيلومتر، لا تتمكن النماذج من تمثيل الوديان الضيقة، والتدرجات الحادة في الارتفاع، والاختلاف في اتجاهات المنحدرات، ومناطق تراكم الثلوج المحلية بدقة. وتحسب كل خلية من خلايا الشبكة متوسط الظروف على مساحة واسعة، ما يؤدي إلى تقليل التباين المكاني الحقيقي. لذا، يجب تفسير النتائج النموذجية المعروضة على أنها مؤشرات عامة للتغيرات في تساقط الثلوج، بدلاً من تقديرات محلية دقيقة.

الشكل 9. متوسط التغير في سماكة الثلوج الموسمية في الأجلين القريب (2041-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

في المجتمعات الريفية. ومن الناحية البيئية، يؤدي تقلص الغطاء الثلجي إلى تغيير الموائل الجبلية وشبه الجبلية، ما يهدد الأنواع التي تكيفت مع البيئات الباردة والرطبة.

وانخفاض كمية المياه الناتجة من ذوبان الثلوج يحد من إمكانية الري خلال فترات النمو الرئيسية، ما يزيد من التعرض لخطر الجفاف والخسائر في المحاصيل والضغوط الاقتصادية

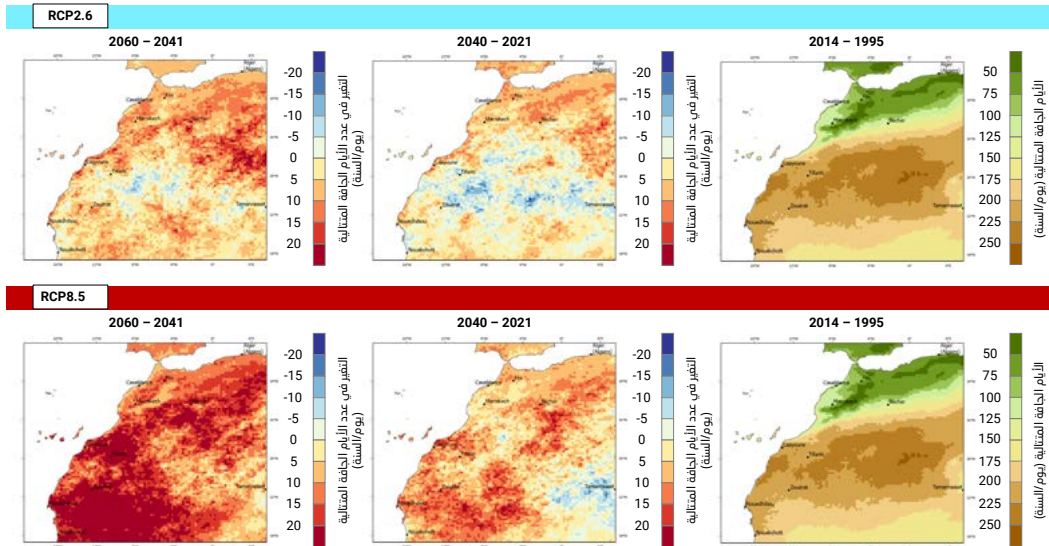


الجفاف (عدد الأيام الجافة المتتالية)

مقابل زيادات محدودة في الصحراء. وفي الأجل المتوسط (2060-2041)، من المتوقع أن تطول فترات الجفاف أكثر بعد، بما يتراوح بين 9 أيام و14 يوماً إضافياً في شمال جبال الأطلس الصغير، وبين 6 أيام و20 يوماً إضافياً في الجنوب. وقد يؤدي ذلك إلى فترات جفاف تمتد إلى 8 أشهر في السنة في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5)، مع غياب هطول الأمطار في بعض أجزاء الصحراء بحلول الأجل المتوسط.

واجه المغرب تاريخياً دورات جفاف متكررة كل 5-6 سنوات، وأطالت هذه الحالات فترات الجفاف إلى ما يتجاوز الظروف المناخية العادية⁵. وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، تراوح عدد الأيام الجافة المتتالية بين أقل من 48 يوماً سنوياً في جبال الأطلس وأكثر من 228 يوماً سنوياً في الصحراء (الشكل 10). وفي الأجل القريب (2040-2021)، من المتوقع أن تزيد هذه الفترة بحوالي أسبوع واحد في شمال جبال الأطلس الصغير،

الشكل 10. متوسط التغير في أقصى عدد سنوي للأيام الجافة المتتالية في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.



هطول الأمطار الغزيرة (أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد)

استثنائي في فترة قصيرة، ما أدى إلى فيضان الوديان وتسبب في أضرار واسعة⁷. وتبرز هذه الدراسات مجتمعة مخاطر الفيضانات الكبيرة التي تواجهها المناطق الجبلية والحضرية الأخذة في التوسع خلال هطول الأمطار الغزيرة، ولا سيما في المناطق التي تكون فيها قدرة تصريف المياه محدودة.

وتشير التوقعات المستقبلية إلى تباين مكاني في اتجاهات هطول الأمطار الغزيرة. ففي جبال الأطلس، من المتوقع أن يؤدي اشتداد نطاق الضغط المرتفع شبه المداري إلى الحد من نشاط الحمل الحراري، ما يقلل من احتمالية هطول الأمطار

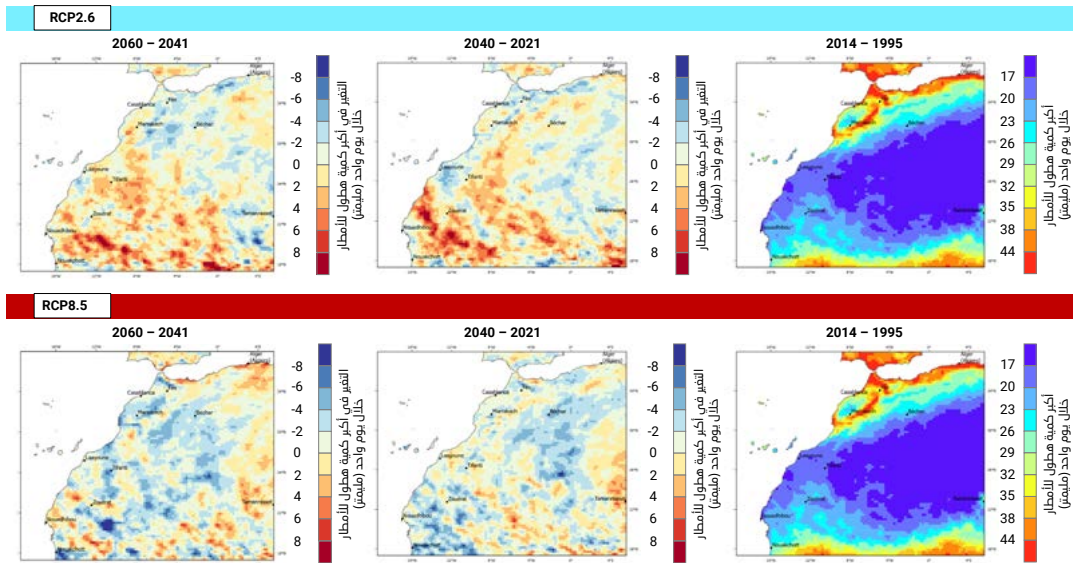
تؤدي التضاريس المعقدة في المغرب، لا سيما المنحدرات الشديدة والوديان الضيقة والأحواض السريعة الاستجابة في جبال الأطلس، إلى زيادة كبيرة في قابلية حدوث فيضانات وميضية خلال فترات هطول الأمطار الغزيرة. وتشير التحليلات التي خضعت لمراجعة الأقران إلى أن العواصف القصيرة والشديدة قد تولد جرياناً سطحياً شديداً السرعة، إذ تثبت الحالات الموثقة في جبال الأطلس الكبير أن هطول الأمطار الغزيرة قد يسفر عن فيضانات مدمرة⁸. وفي جنوب المغرب، كانت الفيضانات التي وقعت في عام 2014 في منطقتي سوس ماسا وكلميم ناجمة عن أمطار غزيرة على نحو

الغزيرة. وقد يؤدي انخفاض معدل تساقط الثلوج إلى إحداث مزيد من التغييرات في ديناميات العواصف وتوقيت الجريان السطحي، ما يحد من شدة الظواهر المتطرفة التي تحدث في يوم واحد. ومع ذلك، تستمر الأحداث المتطرفة في الحدوث، وقد تتفاقم آثارها بسبب فترات الجفاف التي تزداد طولاً.

في المقابل، من المتوقع أن ترتفع أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد (مؤشر Rx1day) في أجزاء من الصحراء. وفي الأجل القريب (2040-2021)، قد ترتفع المعدلات الإجمالية لهطول

الأمطار في يوم واحد بأكثر من 40 في المائة (8-10 مليمتر) في إطار سيناريو الانبعاثات المنخفضة (RCP2.6) (الشكل 11). ويؤدي استقرار الاحترار في إطار سيناريو الانبعاثات المنخفضة (RCP2.6) إلى تحول الرياح الموسمية لغرب أفريقيا قليلاً نحو الشمال، ما يزيد من احتمال وصول عواصف حملية متفرقة إلى جنوب الصحراء، وهطول أمطار غزيرة في يوم واحد. بحلول الأجل المتوسط (2040-2021)، وعلى الرغم من انخفاض إجمالي هطول الأمطار، من المتوقع أن يزداد معدل هطول الأمطار الغزيرة في بعض المناطق بأكثر من 2 مليمتر في اليوم.

الشكل 11. متوسط التغير في أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد (مؤشر Rx1day) سنوياً في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

التبخر

ينخفض التبخر بما يتراوح بين 1.2 و1.4 مليمتر شهرياً، وبين 2 و2.4 مليمتر شهرياً بحلول الأجل المتوسط (2060-2041). وعلى الرغم من هذا الانخفاض، تزداد نسبة التبخر إلى هطول الأمطار لأن هطول الأمطار ينخفض بمعدل أسرع بكثير. ونتيجة لذلك، يرتفع معدل تجاوز التبخر الموسمي لهطول الأمطار في المناطق الساحلية الجنوبية من 52 في المائة في الفترة المرجعية إلى 68 في المائة بحلول الأجل المتوسط. ويحدث ذلك لأن التبخر يصبح محدوداً على نحو متزايد بسبب توفر المياه: عندما تجف التربة والغطاء النباتي والمياه السطحية، يتراجع معدل رطوبة المتاحة للتبخر على الرغم من ارتفاع درجات الحرارة.

أما موسم الجفاف (من أيار/مايو إلى أيلول/سبتمبر)، فيظهر نمطاً مختلفاً. وفي الفترة المرجعية، بلغ تجاوز التبخر لهطول الأمطار 144 في المائة في المناطق الساحلية، ما يعكس ارتفاع قدرة

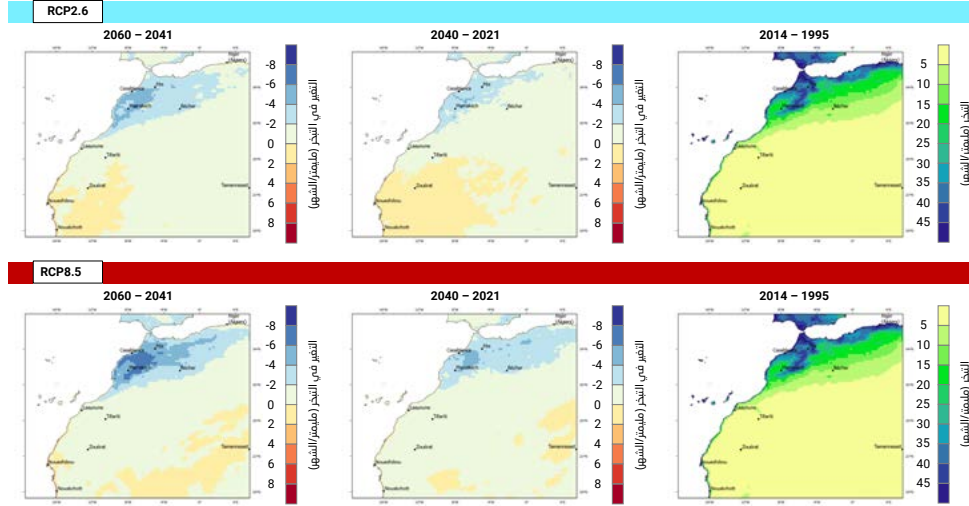
يتسم التبخر في المغرب بدورة موسمية واضحة، إذ يكون منخفضاً جداً في الشتاء، بينما يصل إلى مستويات قصوى في الصيف، لا سيما في الجنوب. ويعكس هذا النمط التأثير المشترك لدرجة الحرارة والرطوبة والإشعاع الشمسي، بالإضافة إلى التدرج المناخي الحاد من ساحل البحر الأبيض المتوسط إلى الصحراء.

وفي الموسم المطير (من تشرين الأول/أكتوبر إلى نيسان/أبريل) تراوح معدل التبخر بين أقل من 3 مليمتر شهرياً في الصحراء، وأكثر من 42 مليمتر شهرياً في جبال الأطلس في الفترة المرجعية (2014-1995)، ما يعكس بصورة عامة النمط المكاني لهطول الأمطار (الشكل 12). وفي مناطق عدة، تجاوز التبخر أصلاً معدل هطول الأمطار، ما يشير إلى أن فقدان المياه في الغلاف الجوي فاق كمية الأمطار. ومن المتوقع أن يزداد هذا التجاوز النسبي حدة حتى مع انخفاض معدل التبخر الإجمالي. وفي الأجل القريب (2040-2021)، من المتوقع أن

للتبخر. وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، قد ينخفض التبخر الموسمي بما يصل إلى 10.5 مليمتراً شهرياً، ما يؤدي إلى انخفاض نسبة التجاوز (الشكل 13). وتقلل النباتات المتأثرة بالجفاف النتح من خلال إغلاق الثغور، ما يؤدي بدوره إلى انخفاض التبخر الفعلي مقارنة بكميات هطول الأمطار.

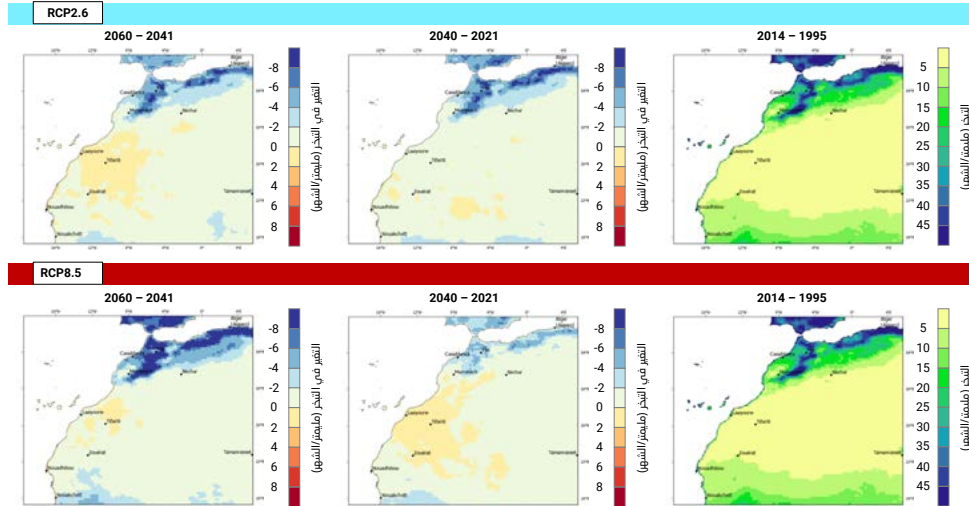
الغلاف الجوي على سحب الرطوبة بالتبخر. مع ذلك، من المتوقع أن تنقل هذه الفجوة في الأجلين القريب والمتوسط على حد سواء. وتؤدي الكميات المحدودة جداً من هطول الأمطار في موسم الجفاف إلى انخفاض رطوبة التربة وتراجع احتياطيات المياه الجوفية، ما يحد من كمية المياه المتاحة

الشكل 12. متوسط التغير في التبخر الموسمي (من تشرين الأول/أكتوبر إلى نيسان/أبريل) في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.
إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

الشكل 13. متوسط التغير في التبخر الموسمي (من أيار/مايو إلى أيلول/سبتمبر) في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.
إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.



الجريان السطحي

المتوسط، وتحوّل إلى أنهار دائمة الجريان رئيسية في البلد، كما تتدفّق إلى الخزانات. في المقابل، تتلقى الصحراء كمية

يُولد الجريان السطحي في المغرب أساساً من جبال الأطلس، إذ تُحتجز الرطوبة الآتية من المحيط الأطلسي والبحر الأبيض

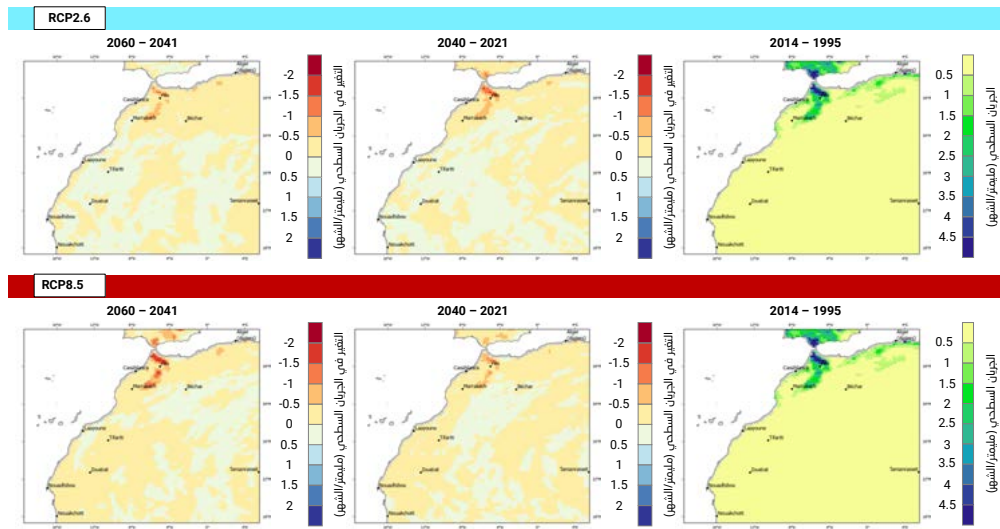
المياه السطحية في المغرب محدودة وشديدة التأثر بالتغيرات في هطول الأمطار ودرجات الحرارة. وتشير التوقعات المناخية إلى أن الجريان السطحي الموسمي قد يستمر في الانخفاض.

وفي الأجل القريب (2021-2040)، من المتوقع أن ينخفض الجريان السطحي في الموسم المطير في المناطق الأطلسية والساحلية بنسبة تتراوح بين 21 و26 في المائة. وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن يصل الانخفاض إلى 21-39 في المائة مقارنة بالفترة المرجعية. وفي ظل هذه الظروف، قد ينخفض معدل الجريان السطحي إلى ما يقارب 2 في المائة من هطول الأمطار في الموسم المطير.

محدودة للغاية من الأمطار، ولا تنتج أي جريان سطحي طبيعي تقريباً، إلا خلال الفيضانات الومضية النادرة والشديدة. والتباينات الموسمية حادة، إذ ينحصر الجريان السطحي الكثيف تقريباً في الموسم المطير الممتد من تشرين الأول/أكتوبر إلى نيسان/أبريل.

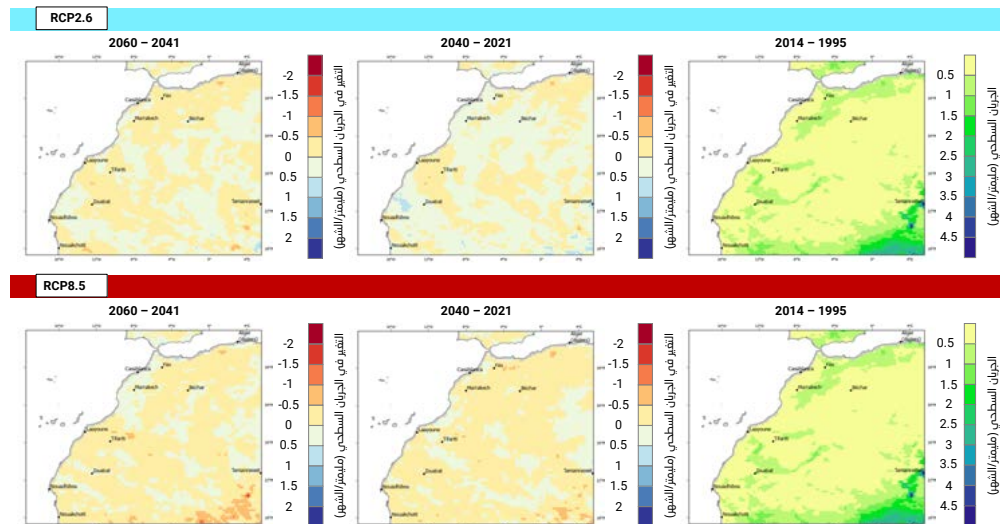
وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، تتحول نسبة حوالي 3 في المائة فقط من هطول الأمطار في الموسم المطير في مناطق الأطلس والساحل إلى جريان سطحي. وقد ساهم هذا الجزء الضئيل في استمرار تدفق المياه، بينما فقد الجزء المتبقي بفعل التبخر والتنج، أو تسرب إلى التربة وطبقات المياه الجوفية، أو احتجز في مخازن مائية مؤقتة. وبالتالي، لطالما كانت موارد

الشكل 14. متوسط التغير في الجريان السطحي الموسمي (من تشرين الأول/أكتوبر إلى نيسان/أبريل) في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.
إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

الشكل 15. متوسط التغير في الجريان السطحي الموسمي (من أيار/مايو إلى أيلول/سبتمبر) في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.
إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

وفي موسم الجفاف (من أيار/مايو إلى أيلول/سبتمبر)، يكون الجريان السطحي منخفضاً للغاية نظراً إلى توقف هطول الأمطار، وزيادة جفاف التربة، وارتفاع قدرة الغلاف الجوي على سحب الرطوبة بالتبخّر، ما يلغي الرطوبة اللازمة لتوليد التدفق السطحي. وتشير التوقعات إلى تغييرات طفيفة في نظام الجريان السطحي الصيفي، الذي يعد ضئيلاً أصلاً (الشكل 15).

وبالاقتران مع انخفاض هطول الأمطار، يؤدي ذلك إلى انخفاض غير متناسب في تدفق المياه في المجاري المائية، إذ يتراجع توفر المياه السطحية بوتيرة أسرع من تراجع هطول الأمطار نفسه. وفي البلدان شبه الجافة مثل المغرب، يشكل ذلك أحد أكثر الآثار الهيدرولوجية تدميراً الناجمة عن تغيّر المناخ، إذ يستجيب الجريان السطحي على نحو غير خطي للاحتراق والجفاف (الشكل 14).



أيام الرياح القوية

(2040-2021)، قد يرتفع عدد أيام الرياح القوية بما يتراوح بين 5 و7 أيام في السنة، مع وصول الزيادات في الأجل المتوسط إلى 11 يوماً في السنة. ويعكس هذا التزايد طبيعة المنطقة الصحراوية المفتوحة، واشتداد الرياح التجارية، وازدياد تدرجات الضغط الجوي المرتبطة بزيادة الاحتراق في الصحراء، ما يسهم في زيادة تواتر وشدة ظواهر رياح، بما في ذلك العواصف الرملية والترابية.

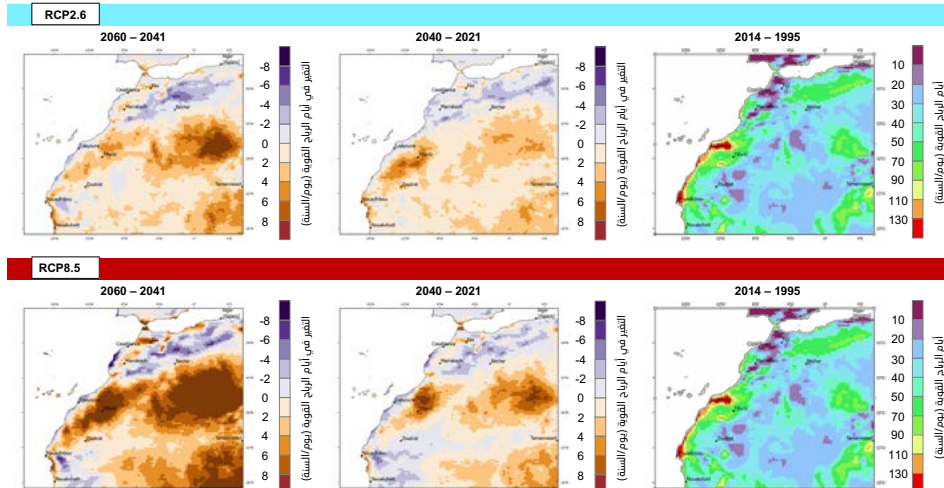
ومن المتوقع أيضاً أن يرتفع عدد أيام الرياح القوية في المناطق الحرجية مثل منتزه الرهراء، وغابة المعمورة، وغابة كوروكو. وإلى جانب انخفاض معدلات هطول الأمطار، تزيد هذه الظروف من مخاطر اندلاع حرائق الغابات. وتشير الأبحاث إلى أن الحرائق في منطقة الريف، بما في ذلك منتزه الرهراء، تشكل تهديداً دائماً للأنظمة البيئية⁸. وتواجه غابة معمورة الواقعة بالقرب من الرباط، وهي أكبر غابة من أشجار بلوط الفلين في شمال أفريقيا، مخاطر متزايدة تهدد التنوع البيولوجي وإنتاج الفلين. وشهدت غابة كوروكو الواقعة بالقرب من الناظور حرائق صغيرة متكررة، تفاقمت بسبب موجات الحر وقربها من المناطق الحضرية.

تؤدي أيام الرياح القوية، التي تتجاوز فيها السرعة القصوى للرياح 10.5 متر في الثانية، دوراً حاسماً في تشكيل تآكل السواحل وانتشار حرائق الغابات والعواصف الرملية والترابية. ويسجل تواتر حدوثها تبايناً كبيراً في مختلف أنحاء المغرب والصحراء الغربية، بسبب التضاريس المعقدة، وديناميات السواحل، وتنوع طبيعة الأراضي. وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، تراوحت المعدلات الإجمالية السنوية بين 8 أيام فقط في المناطق الجبلية و138 يوماً في العيون-ساقية الحمراء وعلى طول الساحل الجنوبي (الشكل 16).

وتشير التوقعات المستقبلية إلى اتجاهات متباينة بين المناطق. ففي جبال الأطلس، من المتوقع أن ينخفض عدد أيام الرياح القوية بما يصل إلى أربعة أيام في السنة بحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، وذلك نتيجة لضعف تدرج الضغط الجوي، وتغير مسارات العواصف، وتراجع ديناميات الرياح المرتبطة بالغطاء الثلجي. ويقلل هذا الانخفاض من تآكل التربة، إلا أنه قد يحد من التبريد الطبيعي ويؤثر على التلقيح بمساعدة الرياح.

في المقابل، من المتوقع أن تشهد الصحراء، ولا سيما بالقرب من تيفاريتي، زيادات ملحوظة. وفي الأجل القريب

الشكل 16. متوسط التغير في العدد السنوي لأيام الرياح القوية (بسرعة تزيد على 10.5 متر في الثانية) في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في المغرب



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

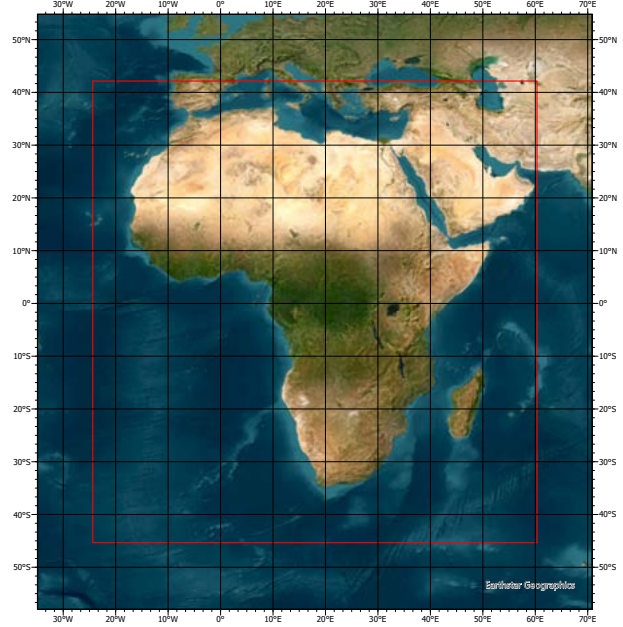
نبذة عن التوقعات المناخية

لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية (CORDEX-CORE)، الذي تم تطويره في إطار التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية التابعة للبرنامج العالمي للبحوث المناخية. وبالنسبة إلى نطاق أفريقيا (الشكل 17)، تُجرى عمليات المحاكاة بدقة أفقية تبلغ حوالي 25 كيلومتر، باستخدام مصفوفة مكونة من ثلاثة نماذج مناخ عالمية وثلاثة نماذج مناخ إقليمية، ما يسفر عن مجموعة تتألف من تسعة أعضاء. ويوفر هذا الترتيب عينة وافية من أوجه عدم اليقين الهيكلي في أنظمة النمذجة العالمية والإقليمية.

ويمتد نطاق أفريقيا في المجموعة الأساسية الخاصة بالتجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية (CORDEX-MENA) ليشمل القارة بأكملها، ما يتيح إجراء تقييم متسق لأنماط الدوران الجوي على نطاق واسع، وللتدرجات الإقليمية، وللعمليات المناخية الدقيقة المتصلة بتحليل الآثار والتكيف. وعند تفسير الخرائط، تجدر الإشارة إلى أن الفترة المرجعية التاريخية المستخدمة في محاكاة Africa-CORDEX قد تختلف عن منتجات إعادة التحليل ومجموعات البيانات الرصدية، حيث إنّ خطوط الأساس مستمدة مباشرة من النماذج المناخية. وهذه الاختلافات متوقعة وتعكس الفرق المنهجي بين الدراسات المناخية القائمة على النماذج والسجلات المقيدة بالبيانات الرصدية.

ومن المتوقع أيضاً ظهور اختلافات بين توقعات CORDEX-CORE ومجموعات البيانات المستمدة من نماذج المناخ العالمية التابعة للمرحلة السادسة من مشروع مقارنة النماذج المتقارنة (CMIP6). وتعمل نماذج المناخ العالمية المطورة في إطار مشروع مقارنة النماذج المتقارنة بدرجات استبانة أصلية أقل دقة، وحتى بعد تقليص النطاق الإحصائي أو تصحيح الانحراف، فقد لا تتمكن من إعادة إنتاج السمات المتوسطة النطاق، أو هطول الأمطار الناجم عن التضاريس، أو الظواهر الشديدة المحلية بشكل كامل، وهي سمات تُمثل بشكل أفضل من خلال خفض النطاق الدينامي إلى دقة مكانية قدرها 25 كيلومتر.

الشكل 17. التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية - نطاق أفريقيا



المصدر: CORDEX, Region 5: Africa

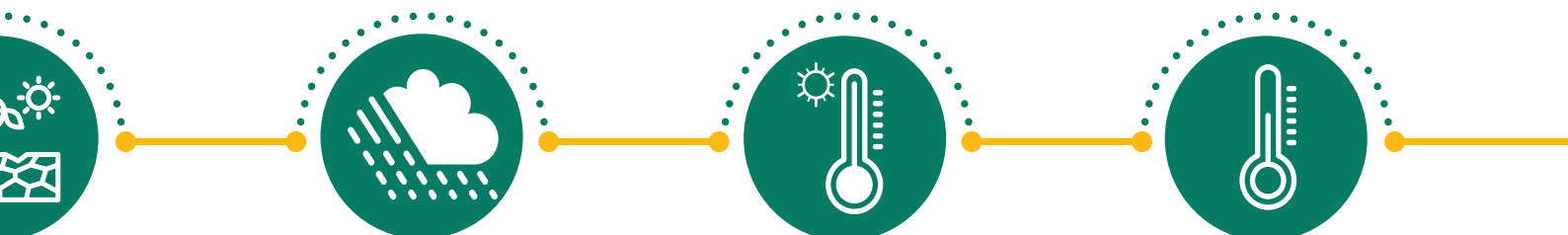
إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

اقتُبست البيانات التاريخية المتعلقة بالظروف المناخية لدرجات الحرارة وهطول الأمطار (الشكلان 1 و2) من الإصدار الخامس لإعادة التحليل (ERA5) الصادر عن المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF). والغرض من الإصدار الخامس من إعادة التحليل هو إجراء عملية إعادة بناء متسقة من الناحية الفيزيائية للظروف الجوية السابقة، ويُستخدَم على نطاق واسع كخط أساس مرجعي لتقييمات المناخ الإقليمية.

واستُمدّت التوقعات المناخية المستقبلية من نموذج المناخ الإقليمي للمجموعة الأساسية الخاصة بالتجربة المنسقة

المراجع

- Baba, M. W., and others (2019). "Effect of digital elevation model resolution on the simulation of the snow cover evolution in the High Atlas". *Water Resources Research*.
- Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store (2019). [CORDEX regional climate model data on single levels](#). Accessed on 12 May 2025.
- Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store (2023). [Complete ERA5 global atmospheric reanalysis](#).
- Hanich, L., and others (2022). "Snow hydrology in the Moroccan Atlas Mountains". *Journal of Hydrology: Regional Studies*.
- Loudyi, D., and Bouhioui, Z. (2024). "Droughts in Morocco: A history of adaptation and resilience". Hydrolink.
- Marchane, A., and others (2015). "Assessment of daily MODIS snow cover products to monitor snow cover dynamics over the Moroccan Atlas mountain range". *Remote Sensing of Environment*.
- El Mazi, M., and others (2024). "Forest fire risk modeling in Mediterranean forests using GIS and AHP method: case of the high Rif forest massif (Morocco)". *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*.
- Meinshausen, M., and others (2011). "The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300". *Climatic Change*, vol. 109, pp. 213–241.
- Theilen-Willige, B., and others (2015). "Flash floods in the Guelmim area/Southwest Morocco–Use of remote sensing and GIS-tools for the detection of flooding-prone areas". *Geosciences 1*.
- Tramblay, Y., and others (2010). "Assessment of initial soil moisture conditions for event-based rainfall–runoff modelling". *Journal of Hydrology*.
- Tuel, A., and others (2022). "Future projections of High Atlas snowpack and runoff under climate change". *Hydrology and Earth System Sciences*.
- United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA), and others (2017). Arab Climate Change Assessment Report – Main Report. Beirut. [E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Report](#).



الحواشي

1. Hanich and others, 2022.
2. Baba and others, 2019.
3. Marchane and others, 2015.
4. Tuel and others, 2022.
5. Loudyi and Bouhioui, 2024.
6. Trambly and others, 2010.
7. TheilenWillige and others, 2015.
8. El Mazi and others, 2024.





رؤيتنا: طاقات وابتكار، ومنطقتنا استقرار وعدل وازدهار
رسالتنا: بشعف وعزم وعقل: نبتكر، نتج المعرفة، نقدّم المشورة، نبني التوافق، نواكب المنطقة العربية على مسار خطة عام 2030.

يداً بيد، نبني غداً مشرقاً لكلّ إنسان.

www.unescwa.org

E/ESCWA/CL1.CCS/2026/RICCAR/Factsheet/Morocco - 2600342A

إخلاء مسؤولية: الآراء الواردة في هذه الوثيقة لا تعبر بالضرورة عن آراء الصندوق العربي أو حكومة السويد.