

ريكار

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على
الموارد المائية وفائدة آثار الضغوطات الاجتماعية
والاقتصادية في المنطقة العربية



خلاصة عن التوقعات المناخية المستقبلية



يشهد مناخ لبنان اتجاهًا مطّردًا نحو الاحترار، إذ بلغ متوسط درجة الحرارة خلال الفترة 1995-2014 نحو 13.2 درجة مئوية. وفي الأجل القريب (2021-2040)، يُتوقع أن تبلغ الزيادات الوسيطة 0.9 درجة مئوية في إطار كل من سيناريوهي الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) والانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، ترتفع الزيادة المتوقعة إلى 1.5 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) وإلى 2.2 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5).



يشهد لبنان حاليًا في المتوسط 7 أيام حارة في السنة، تتجاوز فيها درجات الحرارة 35 درجة مئوية، بينما تشهد بعض المناطق أكثر من 21 يومًا حارًا في السنة. وتشير التوقعات إلى زيادة حادة في تواتر هذه الأيام؛ ففي الأجل القريب (2021-2040)، يُتوقع أن يزداد عدد الأيام الحارة بمقدار 2.7 يوم في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و2.8 يوم في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، تبلغ الزيادة 6.6 أيام في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و11.5 يومًا في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5).



يتسم هطول الأمطار بطابع موسمي واضح، بمعدل يبلغ نحو 130 ملمتر شهريًا في فصل الشتاء، مقابل 24.5 ملمتر شهريًا في فصل الصيف. وتشير التوقعات إلى انخفاضات واضحة؛ فمن المتوقع أن يتراجع هطول الأمطار شتاءً بمقدار 9.2 ملمتر شهريًا في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و5 ملمتر شهريًا في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) في الأجل القريب، لتبلغ الانخفاضات 13.7 ملمتر شهريًا و10.9 ملمتر شهريًا، على التوالي، بحلول الأجل المتوسط. ومن المتوقع أيضًا أن يتراجع هطول الأمطار صيفًا بمقدار 1.4 ملمتر شهريًا في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و1.2 ملمتر شهريًا في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) في الأجل القريب، وبمقدار 1.8 ملمتر شهريًا و2.5 ملمتر شهريًا، على التوالي، بحلول الأجل المتوسط، ما يشير إلى صيف أطول وأكثر جفافًا وتأخر هطول الأمطار في فصل الخريف.



الغطاء الثلجي في لبنان محدود بالأساس، إذ بلغ متوسط نسبة مساحته خلال الفترة المرجعية 3.4 في المائة. ومن المتوقع أن يتراجع أكثر، ما يقلل من كميات المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج في الربيع، ويعجل بتكون الجريان السطحي، ويحد من توافر المياه في فصل الصيف.



يبلغ متوسط عدد الأيام الجافة المتتالية 90 يومًا في السنة. وتشير التغيرات المتوقعة، التي تتراوح بين زيادة وانخفاض بمقدار 8 أيام، إلى جانب انخفاض هطول الأمطار وارتفاع درجات الحرارة، إلى فترات أطول وأكثر حدة من الجفاف.



بلغ المتوسط السنوي لأكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد (مؤشر Rx1day) تاريخيًا نحو 58 ملمتر، متجاوزًا 85 ملمتر في المناطق الجبلية. ومن المتوقع أن ينخفض هذا المؤشر في الأجل القريب بمقدار يتراوح بين 1.1 و1.5 ملمتر، قبل أن يتباين اتجاهه في الأجل المتوسط، مع انخفاض بمقدار 0.3 ملمتر في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، مقابل زيادة قدرها 1.1 ملمتر في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وبالعكس ذلك تفاعل التغيرات في أنماط الدوران الجوي، وتقلبات هطول الأمطار، وقدرة الغلاف الجوي المتزايدة على الاحتفاظ بالرطوبة بفعل الاحترار.



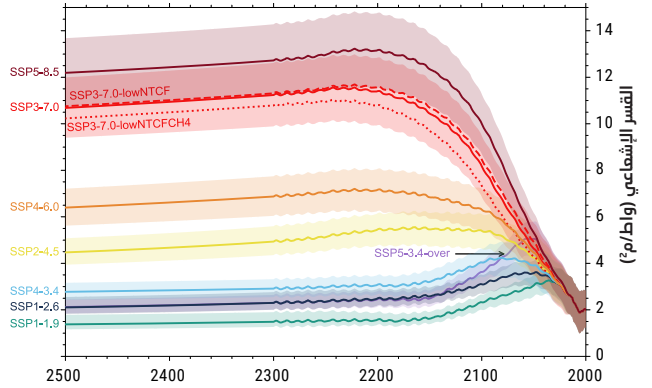
بلغ متوسط التبخر السنوي نحو 40 ملمتر شهريًا خلال الفترة المرجعية، وتشير التوقعات إلى زيادات طفيفة في الأجل القريب وتباين في الاتجاهات بحلول الأجل المتوسط. ومن المتوقع أن يسجل التبخر زيادة طفيفة في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، وانخفاض في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، وزيادات ثابتة بمقدار 3 ملمتر شهريًا في المناطق المرتفعة.



يبلغ الجريان السطحي ذروته خلال الفترة من تشرين الثاني/نوفمبر إلى نيسان/أبريل، بمتوسط مرجعي يبلغ 75 ملمتر شهريًا، يرتفع إلى 156 ملمتر شهريًا في الجبال. وتشير التوقعات إلى انخفاض في الأجل القريب بمقدار 8.1 ملمتر شهريًا في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و7 ملمتر شهريًا في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، وإلى انخفاض في الأجل المتوسط بمقدار 12.5 ملمتر شهريًا و10.7 ملمتر شهريًا، على التوالي، مع تسجيل انخفاضات أشد في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) نتيجة تراجع هطول الأمطار شتاءً. أما الجريان السطحي خلال فصل الصيف، فيظل محدودًا، بمتوسط يبلغ 4.6 ملمتر شهريًا، مع تغيرات طفيفة في الأجل القريب، وانخفاضات في الأجل المتوسط بمقدار 0.5 ملمتر شهريًا في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و1.1 ملمتر شهريًا في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وتمثل المناطق المرتفعة استثناءً، إذ يُتوقع أن تسجل زيادات تتجاوز 3 ملمتر شهريًا في الأجل المتوسط، مدفوعة بارتفاع درجات الحرارة وذوبان الثلوج.

السيناريوهات المناخية

الشكل 3. مجموع القسر الإشعاعي الفعلي في إطار مختلف سيناريوهات مسارات التركيز التمثيلية، 2500-2000



المصدر: مقتبس من IPCC, 2021.

تستند السيناريوهات المناخية التي جرت نمذجتها إلى سيناريوهات المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة (SSPs) الواردة في تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. وتمثل هذه المسارات إطاراً يتألف من عدة سيناريوهات اجتماعية اقتصادية عالمية، تُدمج مع مسارات التركيز التمثيلية (RCPs). وقد استُخدم سيناريو هان لغايات هذا التحليل: سيناريو الانبعاثات المعتدلة

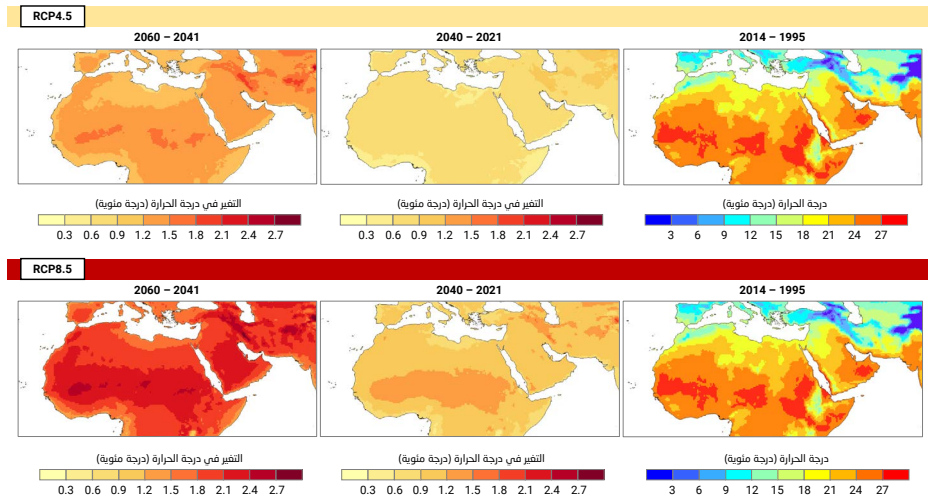
(SSP2-4.5) وسيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) (الشكل 3). ويمثل سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) السيناريو المركزي للتخطيط في معظم استراتيجيات التكيف الوطنية وتقييمات المخاطر المالية، وينطوي على مسار تنموي «متوسط»، يتسم باعتدال انبعاثات غازات الدفيئة، واتباع السياسات العامة لمسارات تتوافق مع الاتجاهات العالمية الحالية. أما سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، فيتسم بكثافة استخدام الوقود الأحفوري، ويشار إليه في الوثائق الرسمية بأنه مسار إنمائي يحركه الوقود الأحفوري للوصول بسرعة إلى الأهداف. ويرتكز هذا السيناريو إلى فرضية حدوث نمو اقتصادي سريع يعتمد اعتماداً شبه دائم على استخدام الوقود الأحفوري. وبلاستناد إلى التطورات السياسية والتكنولوجية الأخيرة، يتبين أنّ فرضيات النمو الهائل الشديد الاعتماد على الوقود الأحفوري ما عادت مدعومة بالمعطيات الواقعية، ولكن لا يخلو استخدام هذا السيناريو من الفائدة لجهة استكشاف الحدود القصوى للمخاطر المناخية واختبار متانة استراتيجيات التكيف. ولهذا السبب، تستخدم عدة دراسات معنية بتداعيات تغير المناخ سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) وسيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) كمرجعين يمثلان مستقبلاً تكتنفه المخاطر، بمستويات قد تكون متوسطة أو شديدة.

لمحة عن المنطقة العربية

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

تشمل الأنشطة الأساسية للمبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار) إعداد توقعات للمناخ المستقبلي مخصصة لنطاق المنطقة العربية. وقد أطلق

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.

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.

دعم التعاون الإقليمي في هذا الصدد. وتشير النتائج إلى أن درجات الحرارة في جميع أنحاء النطاق العربي ترتفع بمعدل 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

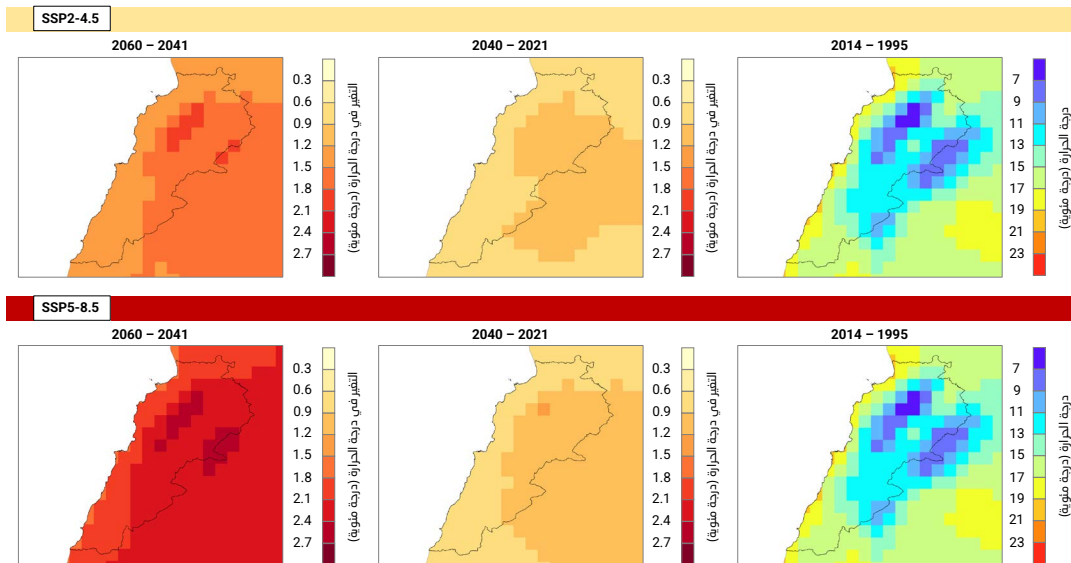


درجات الحرارة

وبالمقارنة مع متوسط درجة الحرارة البالغ 13.2 درجة مئوية خلال الفترة المرجعية 1995-2014، تشير التوقعات إلى زيادة بسيطة في درجة الحرارة بمقدار 0.9 درجة مئوية في الأجل القريب (2021-2040) في إطار كل من سيناريوهي الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) والانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) (الشكل 5). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، ترتفع الزيادة المتوقعة إلى 1.5 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) وإلى 2.2 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5).

تتأثر الخصائص الحرارية في لبنان بتضاريسه المتقاربة جغرافياً وتدرجات الارتفاع الحادة فيه، فضلاً عن تفاعل الكتل الهوائية المتوسطية والقارية، ما يؤدي إلى تباين مكاني وموسمي واضح في درجات الحرارة. وتتسم المناطق الساحلية عموماً بالدفء والرطوبة، في حين تتميز المناطق الجبلية بشتاء بارد ومثلج. أما المناطق الداخلية، مثل سهل البقاع، فتتميز بمناخ قاري إلى حد كبير، في حين تسجل أجزاء من جبل لبنان في كثير من الأحيان درجات حرارة صيفية شديدة الارتفاع، تصل إلى ما بين 42 و43.2 درجة مئوية.

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



المصدر: تجميع المؤلفين.

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

الحرارة. كما تشهد المراكز الحضرية، لا سيما بيروت، تأثيراً ملحوظاً لظاهرة الجزر الحرارية، إذ تتجاوز درجات الحرارة القصوى صيفاً نظيرتها في المناطق الريفية المحيطة بما يصل إلى 6 درجات مئوية. وقد بلغت الشدة القصوى اليومية لتأثير الجزر الحرارية (الفرق الحراري اليومي بين المدينة والمناطق الريفية المحيطة) في مدينة بيروت 4.6 درجات مئوية، فيما بلغ متوسط الفارق الحراري اليومي 1.7 درجة مئوية¹.

وتعكس هذه الاتجاهات تضافر تأثير انخفاض رطوبة التربة، وانحسار الغطاء الثلجي، وتزايد تواتر تدفقات الكتل الهوائية الحارة والجافة القادمة من شبه الجزيرة العربية، إلى جانب ضعف أنظمة العواصف المتوسطية. وتشهد المناطق الجبلية زيادات أكبر في درجات الحرارة بفعل الاحترار المرتبط بالارتفاع، إذ يؤدي انخفاض سماكة الغطاء الثلجي وتراجع معامل القدرة على عكس إشعاع الشمس إلى تسريع امتصاص



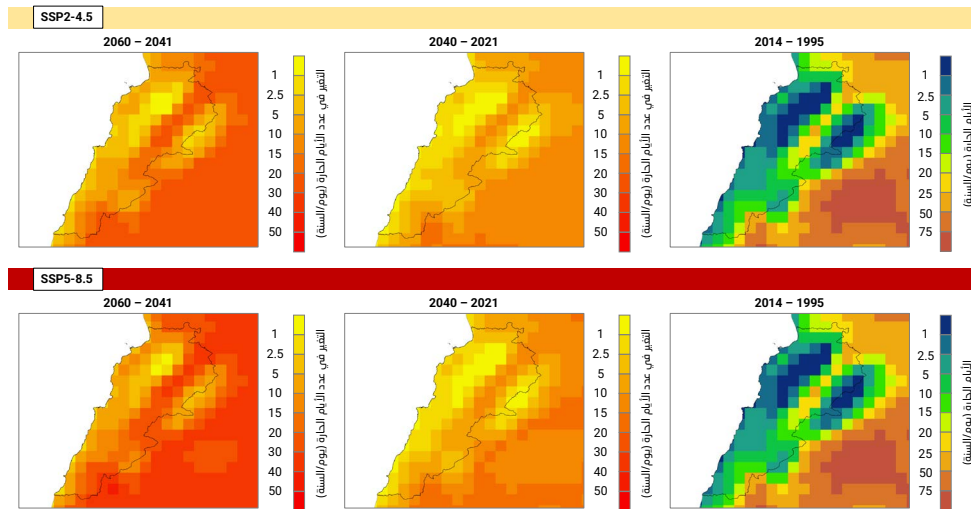
الأيام الحارة

ومن المتوقع أن يزداد عدد الأيام الحارة في لبنان بصورة ملحوظة مقارنة بمتوسط الفترة المرجعية (1995-2014) البالغ 7 أيام في السنة (الشكل 6). ففي الأجل القريب (2021-2040)، يزداد تواترها بمقدار 2.7 يوم في السنة في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، وبمقدار 2.8 يوم في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، تبلغ الزيادة 6.6 أيام في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، و11.5 يوماً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5).

وعلى الصعيد المكاني، تسجل المناطق الداخلية والجبلية أكبر الزيادات، نتيجة الاحترار المرتبط بالارتفاع وانحسار الغطاء

يمكن أن تفرض الأيام الحارة، التي تتجاوز فيها درجات الحرارة 35 درجة مئوية، ضغوطاً كبيرة على الموارد المائية والزراعة وإمدادات الطاقة والصحة العامة في لبنان، لا سيما في المراكز الحضرية المكتظة بالسكان والأنظمة الإيكولوجية الجبلية الهشة. وقد أظهرت موجات الحر على مر التاريخ كيف يمكن للفترات الطويلة من الحرارة الشديدة أن تعطل الحياة اليومية، وتلحق الضرر بالمحاصيل، وتزيد من المخاطر الصحية. فعلى سبيل المثال، شهد سهل البقاع في تموز/يوليو 2006 عدة أيام متتالية تجاوزت فيها درجات الحرارة هذا الحد، إذ بلغت درجات الحرارة 37 درجة مئوية في المناطق الداخلية بفعل كتل هوائية حارة قادمة من شبه الجزيرة العربية، في حين فاقمت الرطوبة الساحلية الإجهاد الحراري².

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 (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في لبنان



المصدر: تجميع المؤلفين.

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

درجات الحرارة 35 درجة مئوية، إلا أنها تكون أكثر تأثراً بارتفاع الرطوبة الذي يسبب الإزعاج، ما يزيد من حدة الإجهاد الحراري حتى عندما تكون درجات الحرارة الفعلية أقل.

الثلجي، ما يعزز امتصاص الحرارة. ويتأثر سهل البقاع وجبل لبنان بصفة خاصة، مع ازدياد تواتر فترات الحر الطويلة. وفي المقابل، تشهد المناطق الساحلية أياماً أقل تتجاوز فيها



هطول الأمطار

وعلى صعيد المواسم، يشهد لبنان عادةً شتاءً مطيراً وصيفاً جافاً، إذ تتركز الأمطار من تشرين الثاني/نوفمبر إلى نيسان/أبريل بفعل الجبهات الهوائية القادمة من البحر الأبيض المتوسط، بينما تكون كميات هطول الأمطار محدودة جداً من أيار/مايو إلى تشرين الأول/أكتوبر نتيجة سيطرة أنظمة الضغط الجوي المرتفع شبه المداري بصورة مستمرة. وتتميل الأمطار الشتوية إلى الهطول على مدى عدد أكبر من الأيام وبغزارة

تشكل أنماط هطول الأمطار في لبنان بفعل تضاريسه الوعرة وموقعه في شرق البحر الأبيض المتوسط، ما يؤدي إلى تباين مكاني وزمني واضح. وتتأثر هذه الأنماط بظواهر مناخية إقليمية ثنائية القطب والتذبذبات الجوية الواسعة النطاق، لا سيما تذبذب شمال الأطلسي. وترتبط المراحل الإيجابية لتذبذب شمال الأطلسي عادةً بشتاء أكثر دفئاً وجفافاً، في حين تهين المراحل السلبية لظروف أكثر مطراً، مع امتداد تأثير أنظمة العواصف شرقاً بدرجة أكبر.

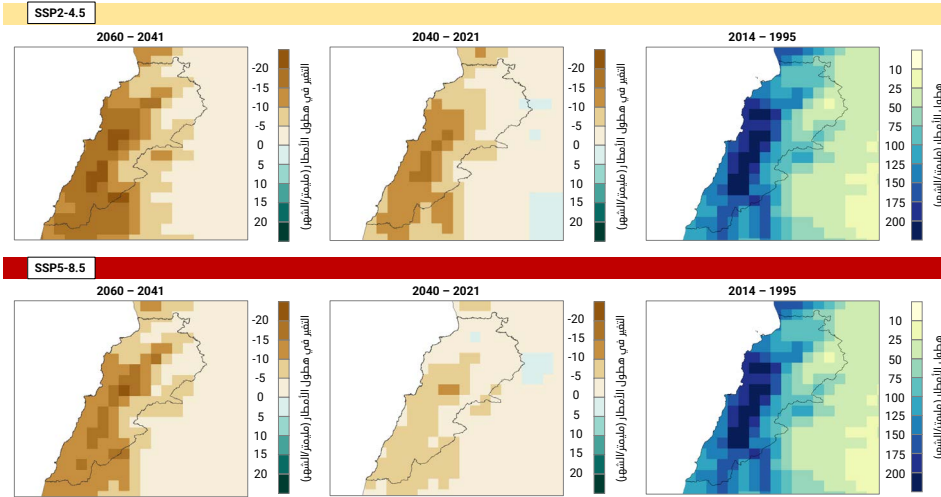
بحلول الأجل المتوسط (2060-2041). وتكون هذه الانخفاضات أكثر وضوحاً في المناطق الجبلية والداخلية، حيث يُتوقع أن يتراجع تساقط الثلوج بصورة حادة، ما يقلل من كميات المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج في الربيع. وتعكس الانخفاضات الأكبر في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) استجابة مناخية إقليمية نحو ظروف أكثر جفافاً، ترتبط باستقرار تركيزات غازات الدفيئة، ما يهيئ لاستمرار أنظمة الضغط الجوي المرتفع التي تثبط هطول الأمطار بدرجة أكبر مقارنة بالاحترار المستمر في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5).

ومن أيار/مايو إلى تشرين الأول/أكتوبر، تظل كميات هطول الأمطار محدودة، إذ بلغ متوسط الهطول 24.5 ملم شريعاً خلال الفترة المرجعية. ومن المتوقع أن تنخفض كمية هطول

متوسطة، بينما يشهد فصلا الخريف والربيع زخات مطرية أقل تواتراً لكنها أشد غزارة.

وأتسمت العقود الأخيرة بموسم مطير أقصر وأكثر تقلباً، وموسم جفاف أطول، ما أسهم في تراجع تغذية المياه الجوفية وارتفاع مخاطر الجفاف، لا سيما في الأودية الداخلية والمناطق الجنوبية. من تشرين الثاني/نوفمبر إلى نيسان/أبريل، بلغ متوسط هطول الأمطار نحو 130 ملم شريعاً خلال الفترة المرجعية (الشكل 7). ومن المتوقع أن تبلغ الانخفاضات 9.2 ملم شريعاً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و5 ملم شريعاً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) في الأجل القريب (2040-2021)، وأن تصل إلى 13.7 ملم شريعاً و10.9 ملم شريعاً، على التوالي،

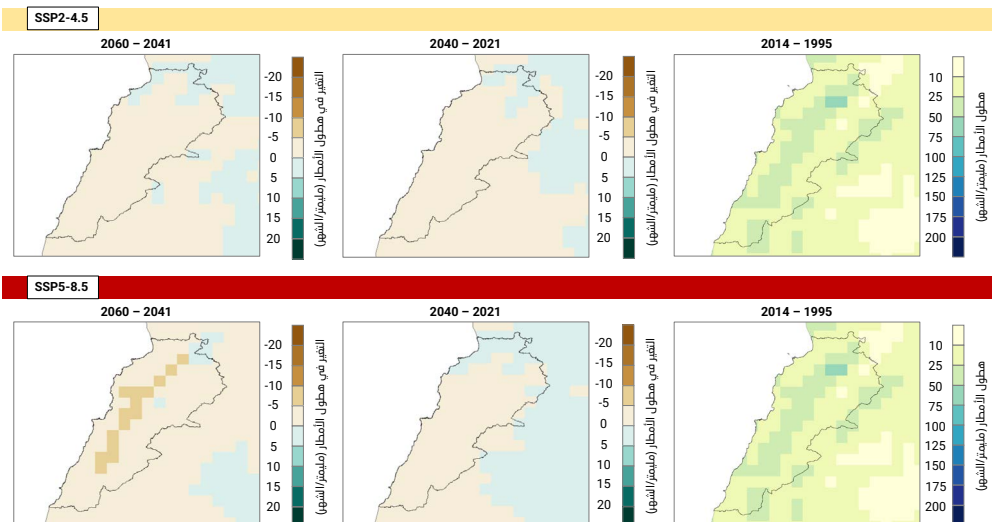
الشكل 7. متوسط التغير في هطول الأمطار الموسمي (من تشرين الثاني/نوفمبر إلى نيسان/أبريل) في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في لبنان



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 تشرين الأول/أكتوبر) في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في لبنان



المصدر: تجميع المؤلفين.

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

إلى ازدياد النشاط الحولي وحمل الرطوبة من البحر الأبيض المتوسط، ما قد يؤدي في بعض الأحيان إلى حدوث عواصف قصيرة وشديدة.

ومن المتوقع عموماً أن يؤدي تغير المناخ إلى تفاقم تقلبات هطول الأمطار في لبنان، ما يزيد من مخاطر الفيضانات والجفاف على حد سواء. ويبقى سهل البقاع معرضاً بصفة خاصة لهذه المخاطر، إذ تفرض ندرة المياه وتدهور الأراضي فيه تحديات كبيرة بالأساس. ومع تزايد حدة هذه الاتجاهات، تكون استراتيجيات إدارة المياه واستخدام الأراضي التكميلية ضرورية لحماية الزراعة والأنظمة الإيكولوجية والمجتمعات المحلية في البلد.

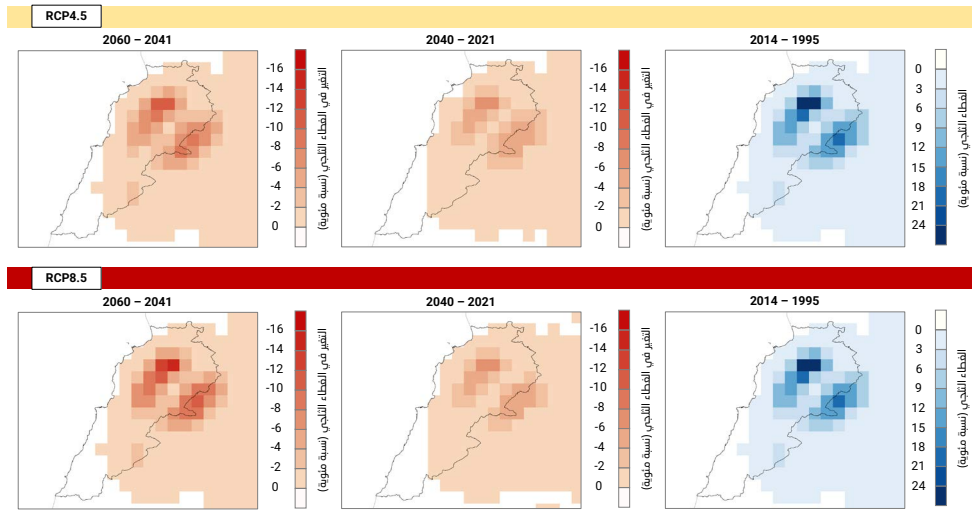
الأمطار بمقدار 1.4 مليمتراً شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و1.2 مليمتراً شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) في الأجل القريب، لتصل هذه الانخفاضات بحلول الأجل المتوسط إلى 1.8 مليمتراً شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و2.5 مليمتراً شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) (الشكل 8). وتشير هذه الاتجاهات إلى صيف أطول وأكثر جفافاً وتأخر هطول الأمطار في فصل الخريف، ما يزيد الضغط الناجم عن الجفاف على الزراعة وشبكات المياه. وقد تشهد بعض المناطق الشمالية والساحلية زيادات طفيفة تتجاوز 0.5 مليمتراً شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، ويرجع ذلك على الأرجح

الغطاء الثلجي

4.3 في المائة، وتراوح القيم بين 0 و29.4 في المائة، ما يعكس محدودية الغطاء الثلجي في لبنان، على الرغم من أهميته البالغة (الشكل 9). ويتركز هذا الغطاء في المناطق المرتفعة من جبل لبنان وسلسلة جبال لبنان الشرقية.

يؤدي الغطاء الثلجي في لبنان دوراً حيوياً في تعزيز الأمن المائي الوطني، إذ يعمل كخزان طبيعي لمياه الأمطار الشتوية ويطلقها تدريجياً من خلال ذوبان الثلوج في الربيع. وخلال الفترة المرجعية، بلغ متوسط نسبة مساحة الغطاء الثلجي

الشكل 9. متوسط التغير في نسبة الغطاء الثلجي السنوية في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في لبنان



المصدر: تجميع المؤلفين.

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

سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5). ورغم أن هذه التغيرات قد تبدو محدودة من حيث النسبة المئوية، فهي تترجم إلى انخفاضات كبيرة في المساحة المغطاة بالثلوج، ما يعني تراجع كميات المياه الناتجة عن الذوبان الموسمي التي تغذي الأنهار والخزانات وطبقات المياه الجوفية.

ويشير هذا الاتجاه إلى تحول في التوازن الهيدرولوجي للبلد. فذوبان الثلوج يسهم حالياً في تغذية نهر الليطاني وبحيرة القرعون والعديد من الينابيع الجبلية التي تدعم الزراعة وإمدادات

وتشير التوقعات المناخية إلى تراجع الغطاء الثلجي في كلا السيناريوهين. ففي الأجل القريب، يُتوقع أن تنخفض نسبة الغطاء الثلجي بمقدار 0.6 في المائة (يصل إلى 6.8 في المائة) في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (RCP4.5)، وبمقدار 0.4 في المائة (يصل إلى 6.6 في المائة) في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5). وبحلول الأجل المتوسط، يزداد فقدان الغطاء الثلجي، إذ ينخفض بمقدار 1 في المائة (يصل إلى 11.4 في المائة) في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (RCP4.5)، و1.1 في المائة (يصل إلى 14.1 في المائة) في إطار

تراجع هطول الأمطار وارتفاع درجات الحرارة، قد يؤدي هذا التحول إلى زيادة تواتر حالات الجفاف وحدتها، واشتداد المنافسة على المياه، وزيادة الاعتماد على استخراج المياه الجوفية.

المياه المنزلية. ومع تراجع الغطاء الثلجي، يُتوقع أن يتكوّن الجريان السطحي الربيعي في وقت أبكر وبصورة أكثر حدة، ما يقلل من توافر المياه خلال أشهر الصيف الجافة. وإلى جانب



الجفاف (عدد الأيام الجافة المتتالية)

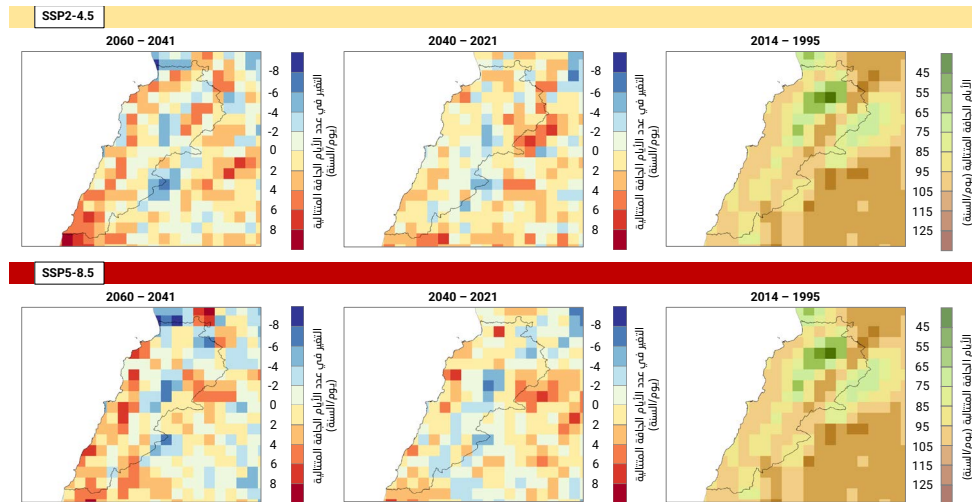
وتشير التوقعات المستقبلية إلى تغيرات متفاوتة مكانياً، تتراوح بين زيادة وانخفاض بمقدار 8 أيام في السنة في إطار كل من سيناريوهي الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) والانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، بحيث تشهد بعض المناطق فترات أطول من الأيام الجافة المتتالية من دون انقطاع، بينما تسجل مناطق أخرى انخفاضات طفيفة ترتبط بالنشاط المحلي.

وتعكس هذه التباينات المكانية تضاريس لبنان المعقدة والتفاعل بين الرطوبة الساحلية والطابع القاري للمناطق الداخلية. وعند النظر إليها بالاقتران مع الانخفاض العام في هطول الأمطار، يشير الاتجاه العام إلى تفاقم ظروف الجفاف. وتزداد مواسم الجفاف الطويلة شيوعاً في مختلف أنحاء المنطقة، ويُعدّ لبنان من أكثر البلدان تأثراً بها⁵. ومن المتوقع أن يؤدي تزامن طول فترات الأيام الجافة المتتالية مع انخفاض هطول الأمطار إلى تفاقم شح المياه والإجهاد الذي تتعرض له الزراعة ومخاطر حرائق الغابات، لا سيما في سهل البقاع وجبل لبنان، ما يبرز الحاجة الملحة إلى اعتماد استراتيجيات تكيفية لإدارة الموارد المائية وتعزيز القدرة على الصمود.

تُبرز الأيام الجافة المتتالية في لبنان مدى تعرّضه لفترات الجفاف الطويلة، إذ تُظهر السجلات التاريخية فترات جفاف استمرت أشهراً عديدة وأصبحت أكثر حدة في العقود الأخيرة. وكانت موجة الجفاف التي امتدت من عام 1998 إلى عام 2000 من أشد حالات الجفاف في التاريخ الحديث للبلد، واتسمت بفترات طويلة من الأيام الجافة المتتالية خلال فصلي الشتاء والربيع. وتسبب هذا الحدث بخسائر في المحاصيل على نطاق واسع في سهل البقاع، كما أدى إلى تفاقم شح المياه³. وبالمثل، اتسمت موجة الجفاف التي شهدتها لبنان بين عامي 2013 و2014 بفترات طويلة من الأيام الجافة المتتالية بصورة غير اعتيادية، وعجز مطري حاد، ونقص في المياه على مستوى البلد بأكمله. واستنزفت الخزانات وموارد المياه الجوفية إلى مستويات حرجية، وارتفعت مخاطر اندلاع حرائق الغابات⁴.

ويعكس مؤشر الأيام الجافة المتتالية تزايد تعرض البلد للجفاف في ظل مناخ متوسطي آخذ في الاحترار. وتُظهر الفترة المرجعية متوسطاً يبلغ نحو 90 يوماً جافاً في السنة، وهو ما يشير إلى جفاف موسمي واضح (الشكل 10).

الشكل 10. متوسط التغير في أقصى عدد سنوي للأيام الجافة المتتالية في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2014-2095) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في لبنان



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)

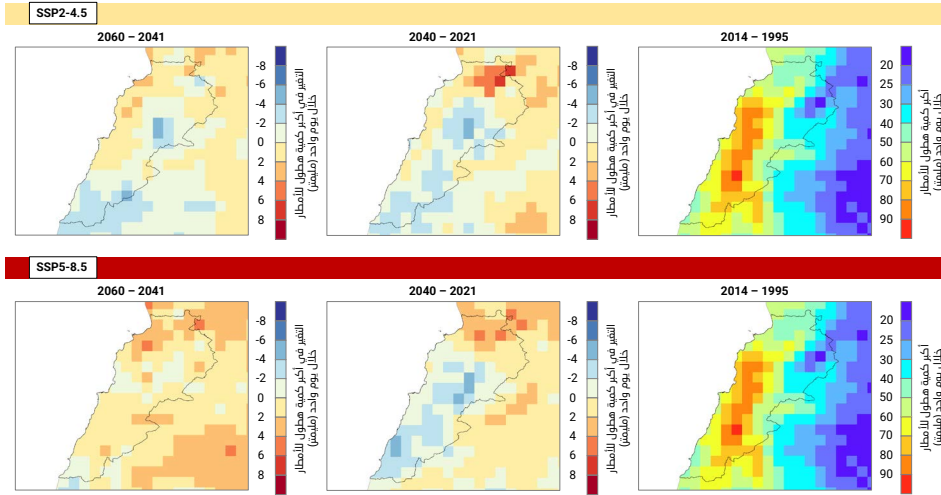
أمطار غزيرة جداً في فترات قصيرة، يمكن أن تفوق قدرة الأنهار والبنية التحتية على الاستيعاب. ففي عام 2003،

يتأثر هطول الأمطار الغزيرة في لبنان بشدة بتضاريسه الوعرة ومناخه المتوسطي، وهي عوامل تسهم، مجتمعةً، في هطول

وخلال الفترة المرجعية، بلغ المتوسط السنوي لأكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد (مؤشر Rx1day) نحو 58 ملم، وتجاوز 85 ملم على المنحدرات الغربية لجبل لبنان، حيث يرتفع الهواء الرطب القادم من البحر فوق التضاريس الشديدة الانحدار، ما يؤدي إلى هطول الأمطار الناتجة عن التضاريس بغزارة (الشكل 11).

تسببت أمطار غزيرة جداً في حدوث فيضانات جارفة في عكار وسهل البقاع، ما أدى إلى فيضان الأنهار وتكبد خسائر زراعية جسيمة. وبالمثل، أظهرت الفيضانات التي اجتاحت لبنان في كانون الثاني/يناير 2013 كيف يمكن للأمطار الغزيرة على مدار 24 ساعة أن تعطل حركة النقل، وتلحق أضراراً بالمنازل، وتعزل المجتمعات المحلية⁶.

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 لبنان



المصدر: تجميع المؤلفين.

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

باستمرار سيطرة المرتفعات الجوية وتراجع الجبهات الهوائية. وبحلول الأجل المتوسط، يستمر سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) في إظهار انخفاض طفيف بمقدار 0.3 ملم، في حين يؤدي الاحترار الأكثر شدة في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) إلى زيادة قدرة الغلاف الجوي على الاحتفاظ بالرطوبة، ما ينتج عنه ارتفاع عام بمقدار 1.1 ملم في معظم المناطق.

وتشير التوقعات إلى انخفاض في مؤشر Rx1day في الأجل القريب بنحو 1.1 ملم في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، و1.5 ملم في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، مع تسجيل زيادة محلية تصل إلى 6 ملم في شمال لبنان، نتيجة تحولات في أنماط الدوران الجوي تهيب لهطول وابل من الأمطار الحملية خلال فترات قصيرة. ويشهد الامتداد الجبلي لجبل لبنان انخفاضاً في الأجل القريب يرتبط



التبخّر

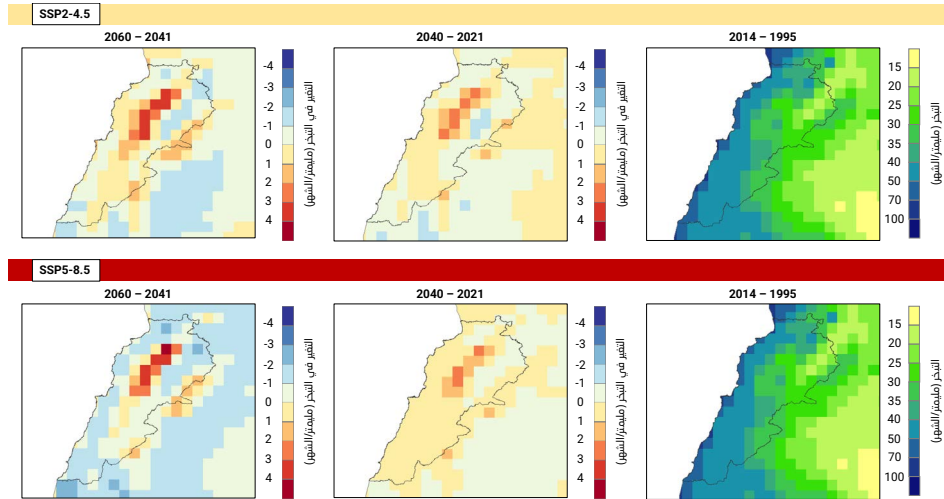
المرتفعة (SSP5-8.5) (الشكل 12). وتتجلى هذه الزيادات بصورة أكثر وضوحاً في منطقة جبل لبنان، بفعل ارتفاع درجات الحرارة بدرجة أكبر والتغيرات في تراكم الثلوج وذوبانها. إلا أن التغيرات في الأجل القريب في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) تظل متفاوتة مكانياً، إذ يؤدي انخفاض هطول الأمطار في بعض الأحواض إلى تراجع الرطوبة السطحية، وبالتالي الحد من التبخر.

وبحلول الأجل المتوسط، تُظهر التوقعات أنماطاً متباينة. ففي إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، من المتوقع أن يزداد التبخر زيادة طفيفة بمقدار 0.1 ملم شهرياً، في ظل الرطوبة المنخفضة والاحترار الأقل شدة. وفي المقابل، يُتوقع أن ينخفض التبخر بمقدار 0.7 ملم شهرياً في إطار سيناريو

يُعدّ التبخر السنوي مكوناً رئيسياً من مكونات التوازن المائي في لبنان، وأبرز مسار لفقدان المياه من سطح الأرض إلى الغلاف الجوي. وتسجل المناطق الساحلية ومناطق الارتفاعات المتوسطة أعلى القيم لمتوسط التبخر السنوي، إذ تتصافر الرطوبة والإشعاع الشمسي للحفاظ على معدلات مرتفعة. وخلال الفترة 1995-2014، بلغ متوسط التبخر الشهري في لبنان نحو 40 ملم، مع تسجيل أعلى القيم في المناطق الساحلية، نظراً لارتفاع مستويات الرطوبة وكميات هطول الأمطار.

ويزداد التبخر عموماً مع ارتفاع درجات الحرارة. وفي الأجل القريب، تشير التوقعات إلى زيادات طفيفة إجمالاً، بنحو 0.1 ملم شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، و0.4 ملم شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات

الشكل 12. متوسط التغير في التبخر السنوي في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في لبنان



المصدر: جميع المؤلفين.

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

الأكثر ارتفاعاً في كلا السيناريوهين، لتتجاوز 3 ملمتر شهرياً، وهو ما يعكس التأثير المشترك لارتفاع درجات الحرارة بدرجة أكبر والتغيرات في ديناميات ذوبان الثلوج.

الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) في العديد من المناطق، إذ يؤدي انخفاض هطول الأمطار إلى تقييد توافر المياه بدرجة تفوق تأثير ارتفاع درجات الحرارة على سحب الرطوبة بالتبخر. ومع ذلك، تستمر الزيادات في التبخر في المناطق

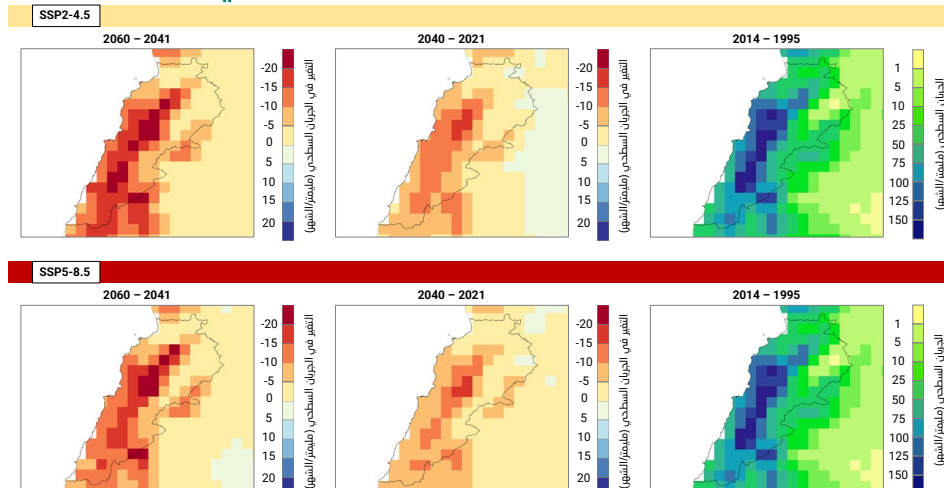


الجريان السطحي

بينما يساهم تراكم الثلوج في المناطق المرتفعة في استدامة الجريان الأساسي حتى فصل الربيع. في المقابل، تؤدي قلة هطول الأمطار وارتفاع معدلات التبخر من أيار/مايو إلى تشرين الأول/أكتوبر إلى انخفاض الجريان السطحي إلى مستويات متدنية جداً، وهيمنة ظروف موسم الجفاف على نطاق واسع.

يعكس الجريان السطحي الموسمي في لبنان دورة هطول الأمطار وديناميات الثلوج في البلد. ومن تشرين الثاني/نوفمبر إلى نيسان/أبريل، يتشكل الجريان السطحي أساساً من الأمطار الشتوية وذوبان الثلوج في سلسلة جبال لبنان، ما يسهم في الجزء الأكبر من التدفق السنوي. ويرتفع منسوب الأنهار بسرعة عقب العواصف،

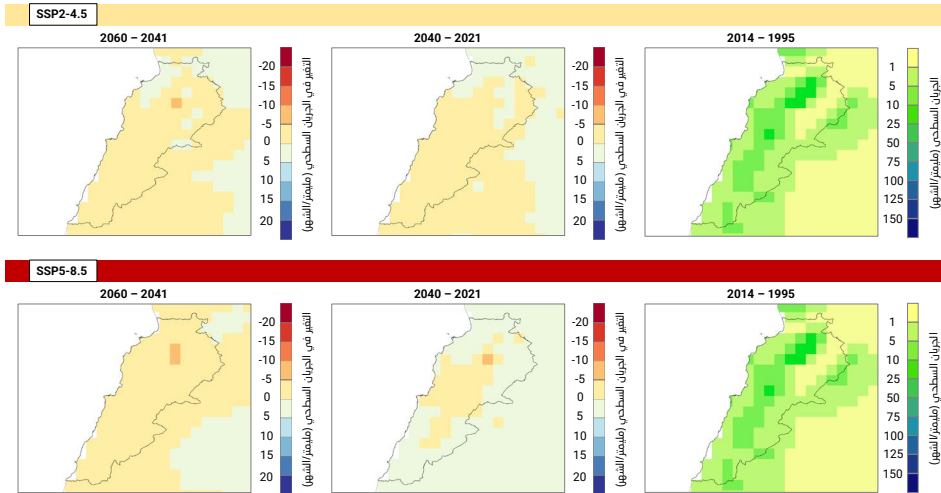
الشكل 13. متوسط التغير في الجريان السطحي الموسمي (من تشرين الثاني/نوفمبر إلى نيسان/أبريل) في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في لبنان



المصدر: جميع المؤلفين.

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

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



المصدر: تجميع المؤلفين.

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

ومن أيار/مايو إلى تشرين الأول/أكتوبر، يبقى الجريان السطحي محدوداً، إذ بلغ متوسطه 4.6 ملم شهرياً خلال الفترة المرجعية (الشكل 14). والتغيرات المتوقعة في الأجل القريب محدودة (0.3 ملم شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و0.1 ملم شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5))، إذ يؤدي الارتفاع الطفيف في درجات الحرارة إلى زيادة المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج، في حين يعوّض انخفاض هطول الأمطار جزئياً هذه الزيادة. وبحلول الأجل المتوسط، تزداد الانخفاضات لتبلغ 0.5 ملم شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و1.1 ملم شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، مدفوعةً بطول مواسم الجفاف وانخفاض رطوبة التربة.

وتبرز هذه الاتجاهات مجتمعةً مدى حساسية البلد للتحويلات الموسمية في هطول الأمطار وتراجع الغطاء الثلجي، وتؤكد الحاجة إلى إدارة تكيفية للموارد المائية تراعي تراجع الجريان السطحي شتاءً وطول فترات الجفاف صيفاً.

وخلال الفترة المرجعية، بلغ متوسط الجريان السطحي شتاءً 75 ملم شهرياً، متجاوزاً 156 ملم شهرياً في المناطق الجبلية، حيث تكون معدلات ذوبان الثلوج وهطول الأمطار الناتجة عن التضاريس في أعلى مستوياتها (الشكل 13). وتشير التوقعات إلى انخفاض في الأجل القريب بمقدار 8.1 ملم شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و7 ملم شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، وإلى انخفاض في الأجل المتوسط بمقدار 12.5 ملم شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و10.7 ملم شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). ويعكس الانخفاض الأكبر في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) كمية هطول الأمطار الشتوية المنخفضة والاحترار الأقل شدة، ما يحد من ذوبان الثلوج ويؤخر بلوغ الجريان السطحي ذروته. وفي إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، يؤدي الاحترار الأكثر شدة إلى زيادة ذوبان الثلوج، ويسهم في حدوث هطولات مطرية غزيرة من حين لآخر، ما يعوّض جزئياً عن الانخفاض في الجريان السطحي ويخفف من حدته.

نبذة عن التوقعات المناخية

في إطار مبادرة ريكار⁷ (الشكل 15). وقد قُلِّصَت دقة النماذج إلى شبكة بدقة 10 كيلومتر، وتستخدم مجموعة مكونة من ستة نماذج مناخية عالمية (GCMs). ويشمل النطاق بلدان المشرق في المنطقة العربية، وشبه الجزيرة العربية، وشمال شرق أفريقيا، ما يتيح إجراء تقييم متسق لأنماط الدوران على نطاق واسع، وللتدرجات الإقليمية، وللعمليات المناخية الدقيقة المتصلة بتحليل الآثار والتكيف. عند تفسير الخرائط، تجدر الإشارة إلى أنَّ الفترة المرجعية التاريخية المستخدمة في محاكاة نطاق المشرق قد تختلف عن منتجات إعادة التحليل ومجموعات البيانات الرصدية، حيث إنَّ خطوط الأساس

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.

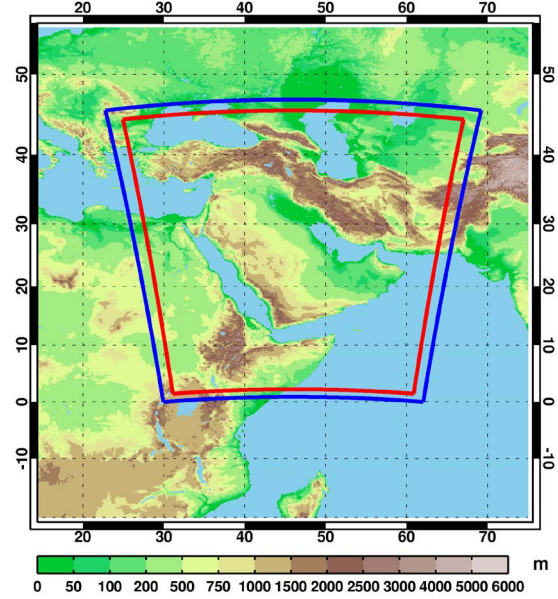
واستُمدَّت التوقعات المناخية الواردة في هذا التحليل من نتائج النمذجة المناخية الإقليمية التي طُوِّرت لنطاق المشرق

مستمدة مباشرة من النماذج المناخية. وهذه الاختلافات متوقعة وتعكس الفرق المنهجي بين الدراسات المناخية القائمة على النماذج والسجلات المقيدة بالبيانات الرصدية. ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات على موقع ريكار.

وقد جرى تقييم مساحة الغطاء الثلجي باستخدام التوقعات المناخية الإقليمية لمبادرة التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية لمنطقة أوروبا (EURO-CORDEX)، التي توفر محاكاة عالية الدقة مخصصة لنطاق أوروبا وحوض البحر الأبيض المتوسط⁸. وطُبقت مجموعة بيانات EURO-CORDEX، بدقة مكانية تبلغ 0.11 درجة مئوية (حوالي 10 كيلومتر)، على المناطق الجبلية في لبنان لرصد التباين الدقيق في امتداد الغطاء الثلجي. ويضمن ذلك اتساق النتائج مع مجموعة المحاكاة لنطاق المشرق العربي في إطار مبادرة ريكار.

الشكل 15. نطاق المشرق

ريكار - نطاق المشرق باستبانة مكانية قدرها 10 كم (MSH-10)، باستخدام نموذج HCLIM-ALADIN (SMHI)
النطاق المفصل — — النطاق الكامل



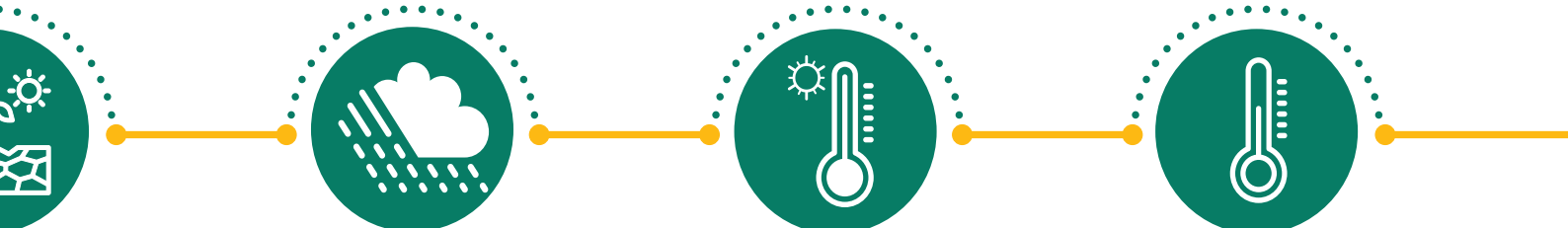
المصدر: SMHI and ESCWA, forthcoming.

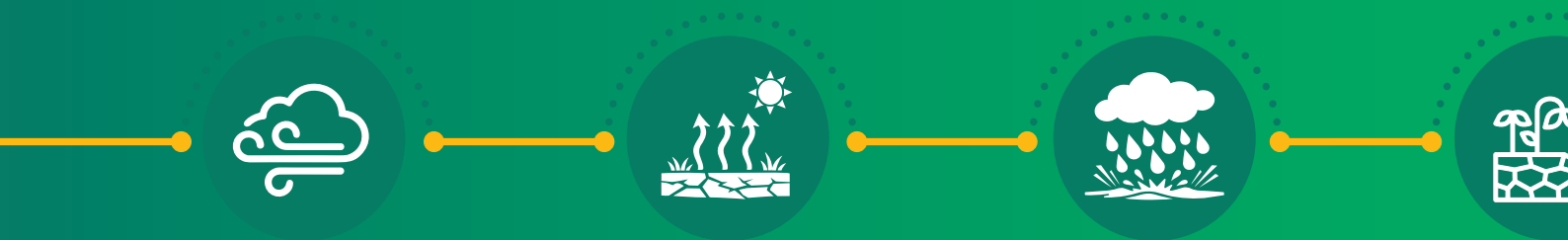
إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

- Abdallah, C. (2013). Risks (II): Floods and Human Activities. *Atlas of Lebanon*.
- 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.
- International Water Management Institute (2022). MENAdrought synthesis of drought vulnerability in Lebanon.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021). Sixth Assessment Report Working Group I – The Physical Science Basis – Regional fact sheet: Asia.
- Jacob, D., and others (2014). EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*.
- Kaloustian, N., and others (2018). Leftover spaces for the mitigation of urban overheating in Municipal Beirut. *Climate*.
- Karam, G. (2024). L'évolution de la sécheresse météorologique dans la partie centrale de la plaine de la Beqaa (Liban) : enseignements de l'indice standardisé de précipitations sur la période 1933–2020 dans le secteur Rayak-Tal Amara. *Physio-Géo*.
- Meteo Liban (2026). Hot weather in Lebanon – temperatures exceeding 35°C in Zahle and inland regions. *Lebanese Civil Aviation Authority, Directorate of Environment and Meteorology*. Accessed on 13 August 2026.
- Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI) and United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) (forthcoming). Future climate projections for the Mashreq region under the intermediate and high emissions scenarios. E/ESCWA/CL1. CCS/2026/RICCAR/Technical report.19.
- United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) (2024). Dry season 2024-2025: Foreshadowing a new normal in the Mashreq.
- 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. Kaloustian and others, 2018.
2. Meteo Liban, 2026.
3. International Water Management Institute, 2022.
4. Karam, 2024.
5. ESCWA, 2024.
6. Abdallah, 2013.
7. SMHI and ESCWA, forthcoming.
8. Jacob and others, 2013.







رؤيتنا: طاقات وابتكار، ومنطقتنا استقرار وعدل وازدهار

رسالتنا: بشفء وعزم وعمل: نبني، 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/Lebanon - 2600342A

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