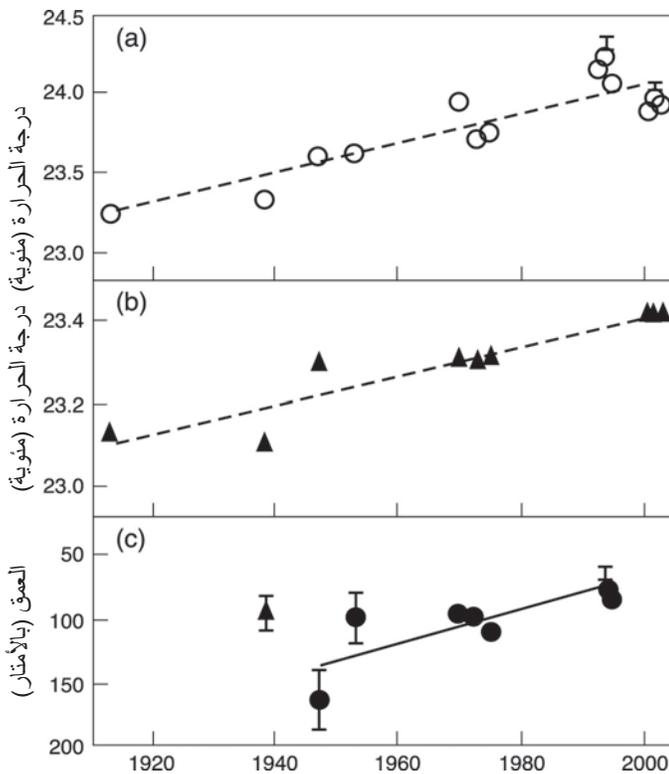

تحليل الجوانب الإقليمية لتغير المناخ وموارد المياه

5.1 أفريقيا

5.1.1 السياق

وفيما يتعلق بحوض نهر النيل، تبين لكونواي Conway (2005) عدم وجود دليل واضح على الكيفية التي سيتأثر بها تدفق نهر النيل بتغير المناخ بسبب عدم اليقين في أنماط المطر المسقط في حوض النهر وتأثير الإدارة المعقدة للمياه والهياكل الخاصة بإدارة المياه. [WGII 9.4.2]

وتلاحظ بالفعل الاستجابات للتنقلات في هطول المطر في كثير من مصادر المياه الأرضية التي يمكن أن تعتبر بمثابة مؤشرات محتملة للإجهاد المائي في المستقبل المرتبط بتقلبية المناخ. وفي الأجزاء الشرقية من القارة، لوحظت تقلبات في مستوى مياه البحيرات فيما بين السنوات أظهرت قيماً منخفضة في الفترة 1993-1997 ومستويات أعلى (على سبيل المثال بحيرات تنجانيقا وفيكتوريا وتوركانا) في الفترة 1997-1998، وارتبط ارتفاع المستويات بهطول مفرط للمطر في أواخر عام 1997 اقترن باضطرابات واسعة النطاق في المحيط الهندي (Mercier وآخرون، 2002). وأشار أيضاً إلى حدوث ارتفاع في درجات حرارة المياه في البحيرات استجابة لظروف مناخية أدفا (انظر الشكل 5.1). [WGII 9.2.1.1, 1.3.2.3]



الشكل 5.1: قياسات تاريخية وحديثة العهد من بحيرة تنجانيقا في شرق أفريقيا: (أ) درجات حرارة طبقة المزج العليا (المياه السطحية)؛ (ب) درجات حرارة المياه العميقة (600 متر)؛ (ج) عمق طبقة المزج العليا. وتمثل المثلثات البيانات المجمعة بأسلوب مختلف. وتمثل قضبان الخطأ، الانحرافات المعيارية. أعيد الطبع بإذن من [Nature] (O>Reilly et al., Macmillan Publishers Ltd. [WGII 9.2, 9.4], copyright 2003). [الشكل 1.2]

تعد المياه إحدى عدة قضايا بالغة الأهمية تواجه أفريقيا حالياً ومستقبلاً. وتتسم إمدادات المياه من الأنهار والبحيرات والأمطار بعدم التساوي في التوزيع الجغرافي الطبيعي وفي إمكانية الوصول إليها وفي عدم استدامة استعمال المياه. ويمكن لتغير المناخ أن يفرض ضغوطاً إضافية على توافر المياه وإمكانية الحصول عليها. وقد وصف (Arnell 2004) الآثار المترتبة على التقرير الخاص بسيناريوهات الانبعاثات SRES للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC فيما يتعلق بالإسقاطات الخاصة بجريان النهر في عام 2050 باستعمال نموذج المناخ الدوران العام الغلاف الجوي المحيط في مركز Hadley وأماكن أخرى HadCM3²⁰. وتشير هذه التجارب إلى حدوث نقصان هام في الجريان في شمال أفريقيا وجنوبها، بينما يتوقع أن يزداد الجريان في شرق أفريقيا وأجزاء من المناطق شبه القاحلة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. إلا أن نتائج النماذج المتعددة (الشكلان 2.8 و 2.9) تظهر اختلافات كبيرة بين النماذج من حيث حدوث نقصان في شمال أفريقيا وزيادة في شرق أفريقيا يظهران باعتبارهما أقوى استجابتين وهناك فروق كبيرة في إسقاطات الهطول في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، فبعض النماذج تسقط زيادات وبعضها الآخر يسقط نقصاناً. وينبغي النظر إلى التأثيرات المسقطة في سياق عدم اليقين الكبير هذا. [WGII 2]، والجدول 1.1؛ [WGII 9.4.1]

وبحلول عام 2025، يتوقع حسب الإسقاطات أن يكون توافر المياه في تسعة بلدان²¹، أساساً في شرق أفريقيا وجنوبها أقل من 1000 متر مكعب للشخص في السنة. وسيقتصر اثنا عشر بلداً²² على إتاحة ما يتراوح بين 1000 و 1700 متر مكعب للشخص في السنة، ويمكن أن يصل عدد السكان المهديين بالإجهاد المائي إلى 460 مليون نسمة، في غرب أفريقيا بصفة رئيسية (UNEP/GRID-Arendal، 2002)²³ وتستند هذه التقديرات إلى معدلات زيادة السكان فقط، ولا تأخذ في الحسبان الاختلاف الذي يمكن أن يحدث في موارد المياه بسبب تغير المناخ. وبالإضافة إلى ذلك، يظهر أحد التقديرات أن نسبة السكان الأفريقيين المهديين بالإجهاد المائي وندرة المياه تزايدت من 47% في عام 2000 إلى 65% في عام 2025 (Ashton، 2002). ويمكن أن يؤدي هذا إلى نشوء منازل عات بشأن المياه، وخصوصاً في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. [WGII 9.2, 9.4]

وثمة مثل محدد هو جنوب غرب الكاب، في جنوب أفريقيا، حيث تظهر إحدى الدراسات تناقص القدرة على توفير إمدادات المياه إما بسبب تناقص الهطول وإما بسبب إمكان حدوث زيادات في التبخر. وتسقط هذه الدراسة حدوث انخفاض في إمدادات المياه بنسبة 0.32% سنوياً بحلول عام 2020 في حين يُتوقع من خلال الإسقاطات أن يؤدي تغير المناخ المرتبط بالاحترار العالمي إلى زيادة الطلب على المياه بنسبة 0.6% سنوياً في منطقة الكاب الكبرى (New، 2002).

²⁰ انظر التنزيل I لوصف النماذج.

²¹ جيبوتي والرأس الأخضر، وكينيا وبوروندي ورواندا وملاوي والصومال ومصر وجنوب أفريقيا.

²² موريشيوس وليسوتو وإثيوبيا وزمبابوي وتنزانيا وبوركينا فاسو وموزمبيق وغانا وتوغو ونيجيريا وأوغندا ومدغشقر.

²³ هناك خمسة بلدان فقط في أفريقيا حالياً (بيانات 1990) تبلغ كمية المياه التي يمكن الوصول إليها 1000 متر مكعب للشخص سنوياً. وهذه البلدان هي رواندا وبوروندي وكينيا والرأس الأخضر وجيبوتي.

وتلاحظ بالفعل الاستجابات للتنقلات في هطول المطر في كثير من مصادر المياه الأرضية التي يمكن أن تعتبر بمثابة مؤشرات محتملة للإجهاد المائي في المستقبل المرتبط بتقلبية المناخ. وفي الأجزاء الشرقية من القارة، لوحظت تقلبات في مستوى مياه البحيرات فيما بين السنوات أظهرت قيماً منخفضة في الفترة 1993-1997 ومستويات أعلى (على سبيل المثال بحيرات تنجانيقا وفيكتوريا وتوركانا) في الفترة 1997-1998، وارتبط ارتفاع المستويات بهطول مفرط للمطر في أواخر عام 1997 اقترن باضطرابات واسعة النطاق في المحيط الهندي (Mercier وآخرون، 2002). وأشار أيضاً إلى حدوث ارتفاع في درجات حرارة المياه في البحيرات استجابة لظروف مناخية أدفا (انظر الشكل 5.1). [WGII 9.2.1.1, 1.3.2.3]

5.1.2 الرصدات الحالية

5.1.2.1 5.1.2.1 تقلبية المناخ

تشهد منطقة الساحل في غرب أفريقيا تقلبية ملحوظة في هطول المطر على مدى عدة عقود (مثلاً Dai وآخرون، 2004a)، مرتبطة بتغيرات في دوران الغلاف الجوي وما يرتبط به من تغيرات في الأنماط المدارية لدرجة حرارة سطح البحر في المحيط الهادئ، وفي أحواض المحيطين الهندي والأطلسي (على سبيل المثال ظاهرة النينو، التذبذب الجنوبي ANSO، وظاهرة التذبذب المتعدد العقود في المحيط الأطلسي AMO)

ونشأت ظروف جافة جداً في الفترة من السبعينات إلى التسعينات بعد فترة رطبة في الخمسينات والستينات. ويتعلق النقص في هطول المطر بصفة رئيسية بالانخفاض في عدد أحداث المطر الهامة التي تقع أثناء ذروة فترة الرياح الموسمية (تموز/يوليو إلى أيلول/سبتمبر) وأثناء الفصل الممطر الأول في المناطق الكائنة في جنوب خط العرض 9 درجات شمالاً تقريباً. ويعد تناقص هطول الأمطار وفترات الجفاف المدمرة في منطقة الساحل أثناء العقود الثلاثة الأخيرة للقرن العشرين (الشكل 5.2) من أكبر تغيرات المناخ في أي مكان. ووصل هطول المطر في منطقة الساحل حداً أدنى بعد حدوث ظاهرة النينو في الفترة 1983-1982. [WGII 3.7.4] وتشير دراسات النمذجة إلى أن هطول المطر في منطقة الساحل تأثر بالتغيرات المناخية الواسعة النطاق (المرتبطة ربما بالتغيرات في الأهباء الجوية البشرية المنشأ) بأكثر مما تأثر بالتغير المحلي في استخدام الأراضي. [WGII 9.5.4]

5.1.2.2 موارد المياه

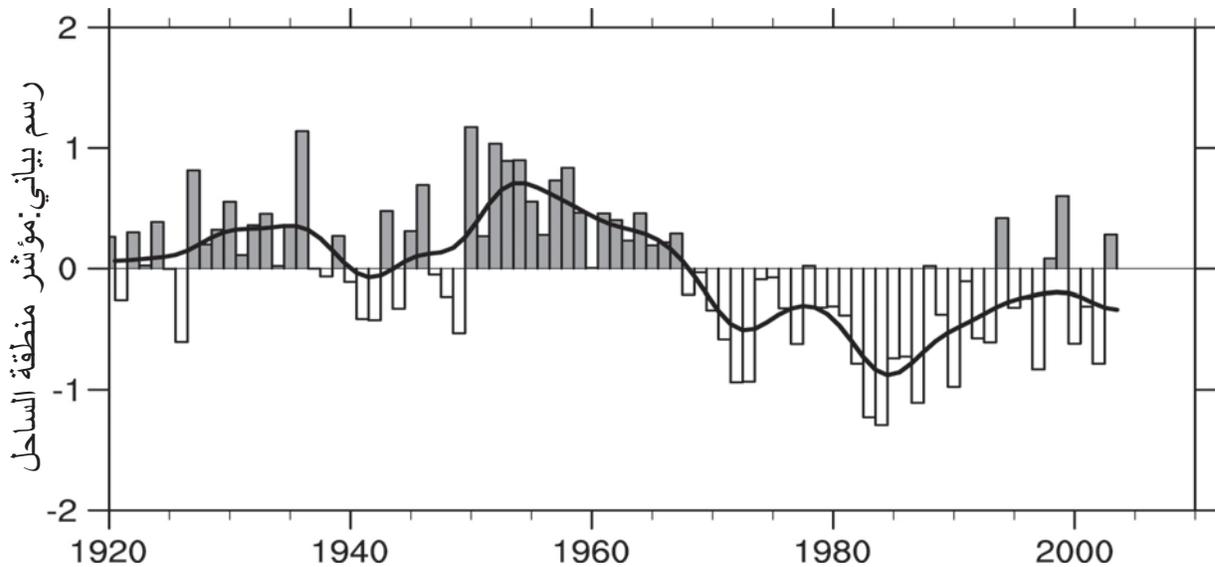
يعاني نحو 25% من سكان أفريقيا المعاصرين من الإجهاد المائي، بينما يعيش 69% منهم في ظروف وفرة مائية نسبية (Vörösmarty وآخرون، 2005). إلا أن هذه الوفرة النسبية لا تأخذ في الاعتبار

عوامل أخرى من مثل المدى الذي يمكن أن يكون فيه ذلك الماء صالحاً للشرب ويمكن الوصول إليه، ومدى تيسر مرافق النظافة الصحية. وعلى الرغم من حدوث تحسينات كبيرة في الوصول إلى المياه في التسعينات، فإن نسبة تبلغ نحو 62% فقط من الأفارقة يمكنها الحصول على إمدادات مياه محسنة في عام 2000 (منظمة الصحة العالمية/اليونيسيف، 2000). [WGII 9.2.1]

ويعيش ثلث السكان في أفريقيا في مناطق معرضة للجفاف وتتسم بسرعة التأثير إزاء تأثيرات الجفاف (منتدى المياه العالمي، 2000)، مما أسهم في الهجرة والنزوح، والانفصال الثقافي، وتشرذم وتشتت السكان وانهيار الثقافات القديمة. وقد أثرت نوبات الجفاف بصفة رئيسية على منطقة الساحل والقرن الأفريقي وأفريقيا الجنوبية، وخصوصاً منذ نهاية الستينات بما صاحب ذلك من تأثيرات قاسية على الأمن الغذائي، أدى في نهاية المطاف إلى حدوث مجاعات. وفي غرب أفريقيا، لوحظ حدوث انخفاض في هطول الأمطار السنوي منذ نهاية الستينات مع تناقص بنسبة تتراوح بين 20% و40% في الفترة 1968-1990 مقارنة بالثلثين عاماً المنصرمة بين عام 1931 و1960 (Nicholson وآخرون، 2000؛ Chappell and Agnew، 2004a). وجرى التسليم أيضاً بتأثير التغيرات خلال عقود على ظاهرة النينو/التذبذب الجنوبي ENSO في جنوب غرب أفريقيا التي تأثرت جزئياً بتذبذب شمال المحيط الأطلسي NAO (Nicholson and Selato، 2000). [WGII 9.2.1]

5.1.2.3 الطاقة

يستمد أغلب الدول الأفريقية تزودهم بالكهرباء من الطاقة الكهرومائية. وهناك عدد قليل من الدراسات المتاحة التي تبحث تأثيرات تغير المناخ على استعمال الطاقة في أفريقيا (Warren وآخرون، 2006). [WGII 9.4.2] ومع ذلك تنسم القارة باعتمادها إلى حد كبير على خشب الوقود كمصدر رئيسي للطاقة في المناطق الريفية – وهو يمثل نحو



الشكل 5.2: استمدت السلاسل الزمنية لهطول الأمطار الإقليمي في منطقة الساحل (10°N-20°N، 18°W-20°E) (نيسان/أبريل – تشرين الأول/أكتوبر) من سنة 1920 إلى سنة 2003 من الاختلافات التي سجلتها محطات شبكية معيارية، وبعدها تؤخذ المتوسطات باستعمال وسط مرجح للمنطقة (مواع من Dai et al., 2004a). وتشير القيم الإيجابية (الأعمدة المظلمة) إلى ظروف أكثر رطوبة من المتوسط في الأجل الطويل، وتشير القيم السلبية (الأعمدة الخاوية) إلى ظروف أكثر جفافاً من المتوسط في الأجل الطويل. ويظهر الخط المنحني الأسود الرقيق الاختلافات فيما بين العقود. [الشكل 3.37 WGII]

وغير المحددة لاتجاهات معينة في مدغشقر أن درجة الحرارة الدنيا في بداية موسم سريان المرض تتزامن مع الشهور التي يكون فيها اتصال البشر بناقل العدوى على أشده، وهي التي تفسر معظم التقليدية فيما بين السنوات (Bouma، 2003). وفي الأراضي المرتفعة في كينيا، ارتبطت الإصابة بالملايا بهطول الأمطار، وبأقصى ارتفاع غير معتاد في درجات الحرارة في الثلاثة إلى الأربعة أشهر السابقة (Githeko and Ndegwa، 2001). وتبين من تحليل للبيانات المتعلقة بالمرضاة الناجمة عن الملايا في الفترة المنقضية من أواخر الثمانينات حتى أوائل التسعينات، والمتأتية من 50 موقعا عبر إثيوبيا أن الوباء كان مصاحبا لدرجات حرارة مرتفعة دنيا في الشهور السابقة (Abeku وآخرون، 2003). وأفاد تحليل للبيانات المتأتية من سبعة مواقع في أراضي مرتفعة في شرق أفريقيا أن تقليبة المناخ قصيرة الأجل أدت دوراً أكثر أهمية من الاتجاهات طويلة الأجل في استهلال انتشار أوبئة الملايا (Zhou وآخرون، 2004، 2005)، وإن كان الأسلوب الذي استخدم في اختبار هذا الافتراض قد تعرض للشك (Hay وآخرون، 2005). [WGII 8.2.8.2]

أمراض أخرى متعلقة بالمياه

لئن كانت أمراض معدية من مثل الكوليرا قد قضى عليها في أنحاء أخرى من العالم فإنها تعود الظهور من جديد في أفريقيا. فمرضاة الأطفال بسبب الإسهال في البلدان المنخفضة الدخل، وخصوصاً في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى لاتزال مرتفعة على الرغم من حدوث تحسينات في الرعاية الصحية وفي استخدام العلاج بأملح الإمهء الفموي (Kosek وآخرون، 2003). ويمكن للأطفال النجاة من الإصابة الحادة بالمرض لكنهم قد يتعرضون للوفاة فيما بعد بسبب استمرار الإسهال أو سوء التغذية. وبينت عدة دراسات أن سريان العوامل المسببة للأمراض المعوية يكون أعلى أثناء الفصل الممطر (Nchito وآخرون، 1998؛ Kang وآخرون، 2001). [WGII 8.2.5, 9.2.2.6]

5.1.2.5 القطاع الزراعي

يشكل القطاع الزراعي دعامة أساسية بالغة الأهمية لسبل المعيشة المحلية والنتاج المحلي الإجمالي الوطني في بعض البلدان في أفريقيا. وتختلف مساهمات الزراعة في الناتج المحلي الإجمالي فيما بين البلدان لكن التقييمات تشير إلى متوسط للمساهمات تبلغ نسبته 21% (بترأوح بين 10% و70%) (Mendelsohn وآخرون، 2000b). وحتى حيثما تكون مساهمة الزراعة في الناتج المحلي الإجمالي ضعيفة، يظل القطاع الزراعي يعزز سبل المعيشة لأقسام كبيرة جدا من السكان بحيث أن أي انخفاض في الناتج سيكون له أثره فيما يتعلق بقضيتي الفقر والأمن الغذائي. وهذا القطاع حساس بوجه خاص للمناخ بما في ذلك لفترات تقليبية المناخ. وفي أنحاء كثيرة من أفريقيا، يتعين على المزارعين والرعاة أن يواجهوا تحديات وضوائق متطرفة أخرى في الموارد الطبيعية من مثل تدني خصوبة التربة، والآفات، والأمراض التي تصيب المحاصيل، وعدم إمكان الوصول إلى المدخلات والبذور المحسنة. وتتفاقم هذه التحديات عادة بفعل نوبات الجفاف المطولة والفيضانات (Mendelsohn وآخرون، 2000a، b؛ Stige وآخرون، 2006). [WGII 9.2.1.3]

5.1.2.6 النظم الإيكولوجية والتنوع الأحيائي

تسهم النظم الإيكولوجية وتنوعها الأحيائي إسهاماً هاماً في الرفاهة البشرية في أفريقيا. [WGII Chapter 9] ويتعرض التنوع الأحيائي الثري في أفريقيا الذي يتحقق بصفة أساسية

70% من إجمالي استهلاك الطاقة في القارة. وأي تأثير لتغير المناخ على إنتاج الكتلة الأحيائية سيؤثر بدوره على الطاقة المستمدة من خشب الوقود. والوصول إلى الطاقة محدود للغاية في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى حيث لا تحصل على الكهرباء سوى نسبة تقدر بـ 51% من سكان الحضر ونسبة تبلغ 8% فقط من سكان الريف. ويمكن مقارنة هذه النسب بنسبة 99% من سكان الحضر و80% من سكان الريف الذين يحصلون على الكهرباء في شمال أفريقيا. ومن شأن تحديات أخرى يسببها التوسع الحضري وتزايد الطلب على الطاقة وتقلب أسعار النفط أن يزيد تفاقم قضايا الطاقة في أفريقيا. [WGII 9.2.2.8]

5.1.2.4 الصحة

الملايا

يتأثر التوزيع المكاني للملايا وشدة سريانها وموسميتها بالمناخ في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى؛ ولم يكن للتنمية الاجتماعية – الاقتصادية سوى تأثير محدود على خفض توزيع أعباء المرض [WGII 8.2.8.2]

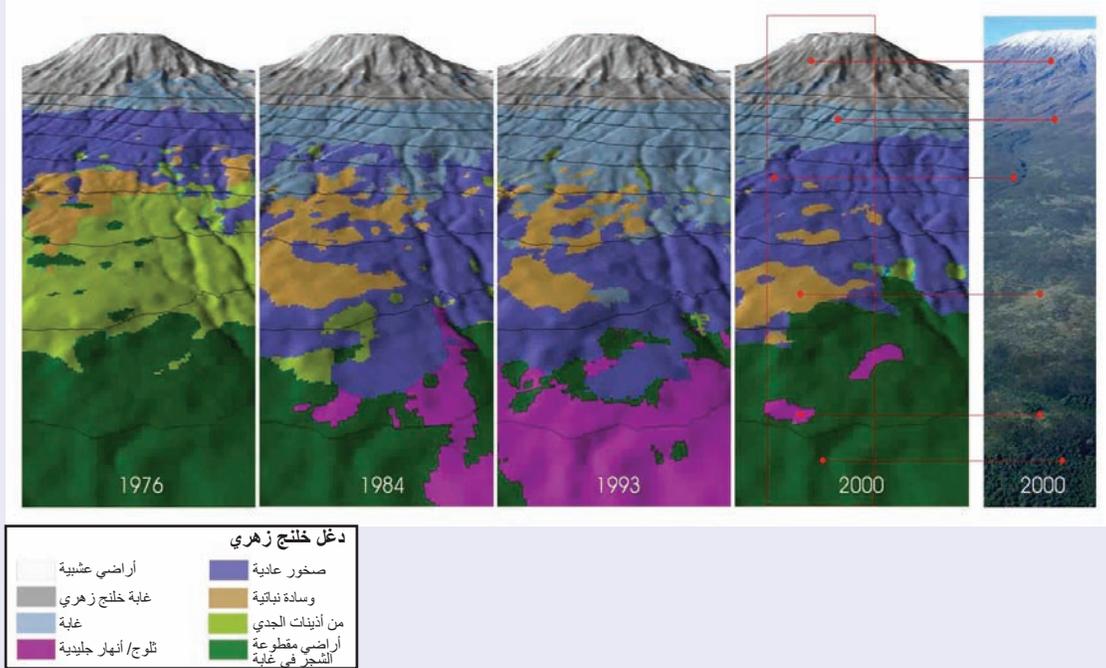
ويمكن أن يكون المطر عاملاً يحد من تجمعات البعوض، وهناك بعض الأدلة على حدوث انخفاض في انتقال البعوض مصاحب للنقص على مدى عدة عقود في هطول الأمطار. ومن شأن الأدلة المستمدة من القابلية للتنبؤ التي يتسم بها الارتفاع أو الانخفاض غير العاديين في انتشار الملايا سواء بسبب درجة حرارة سطح البحر (Thomson وآخرون، 2005b) أو في التنبؤات بالمناخ الفصلي لمجموعة النماذج المتعددة في بوتسوانا (Thomson وآخرون، 2006) أن تعزز الاستخدام العملي والروتيني للتنبؤات الفصلية اللازمة لمكافحة الملايا في الجنوب الأفريقي (DaSilva وآخرون، 2004). [WGII 8.2.8.2]

ولاتزال آثار تغير المناخ المرصود على التوزيع الجغرافي للملايا وشدة سريانها في المناطق المرتفعة الأراضي مثار جدل. وتبين تحليلات بيانات السلاسل الزمنية في بعض المواقع في شرق أفريقيا أن نسبة الإصابة بالملايا زادت في فترة غياب واضح لاتجاهات مناخية ملحوظة (Hay وآخرون، 2002a، b؛ Shanks وآخرون، 2002). وتشمل القوى الدافعة لانبعثات الملايا، مقاومة طفيليات الملايا للأدوية ونقص أنشطة مكافحة ناقل المرض. إلا أن سلامة هذا الاستنتاج موضع تساؤل إذ قد يكون ذلك الوضع ناتجاً عن استخدام غير ملائم للبيانات المناخية (Patz، 2002). وظهر من تحليل البيانات المحدثة لدرجة حرارة هذه المناطق، اتجاه هام للاحترار منذ نهاية السبعينات، وكما أظهر التأثير الذي يحدثه حجم التغير على إمكانية سريان المرض (Pascual وآخرون، 2006). وفي أفريقيا الجنوبية، لم تكن الاتجاهات الطويلة الأجل لانتشار الملايا مصاحبة على نحو هام للمناخ، وإن كانت التغيرات الفصلية في أعداد حالات الانتشار ارتبطت ارتباطاً هاماً بعدد من التغيرات المناخية (Craig وآخرون، 2004). وكانت مقاومة الأدوية والعدوى بفيروس نقص المناعة المكتسب مصاحبين للاتجاهات الطويلة الأجل الخاصة بانتشار الملايا في المنطقة ذاتها (Craig وآخرون، 2004). [WGII 8.2.8.2]

وأشار عدد من الدراسات الأخرى إلى الارتباطات بين التقليدية في درجات الحرارة فيما بين السنوات وسريان الإصابة بالملايا في الأراضي الأفريقية المرتفعة. وبين تحليل بيانات السلاسل الزمنية الخاصة بالملايا

الإطار 5.1: التغيرات البيئية في جبل كليمنجارو. [مواصفة من WGII الإطار 9.1]

ثمة أدلة على أن تغير المناخ يغير النظم الإيكولوجية الجبلية الطبيعية لجبل كليمنجارو. فعلى سبيل المثال، ونتيجة للظروف المناخية الجافة، أدت زيادة تواتر وشدة الحرائق على منحدرات الجبل إلى تحول نزولي في حد نمو الغابة العلوي بمقدار عدة مئات من الأمتار أثناء القرن العشرين (الشكل 5.3، والجدول 5.1). وكان للتناقص الناتج عن ذلك في غطاء السحاب - الغابة بمقدار 150 كيلومتراً مربعاً منذ عام 1976 أثر كبير على احتجاز الضباب وعلى التخزين المؤقت للمطر، ومن ثم على الرصيد المائي للجبل



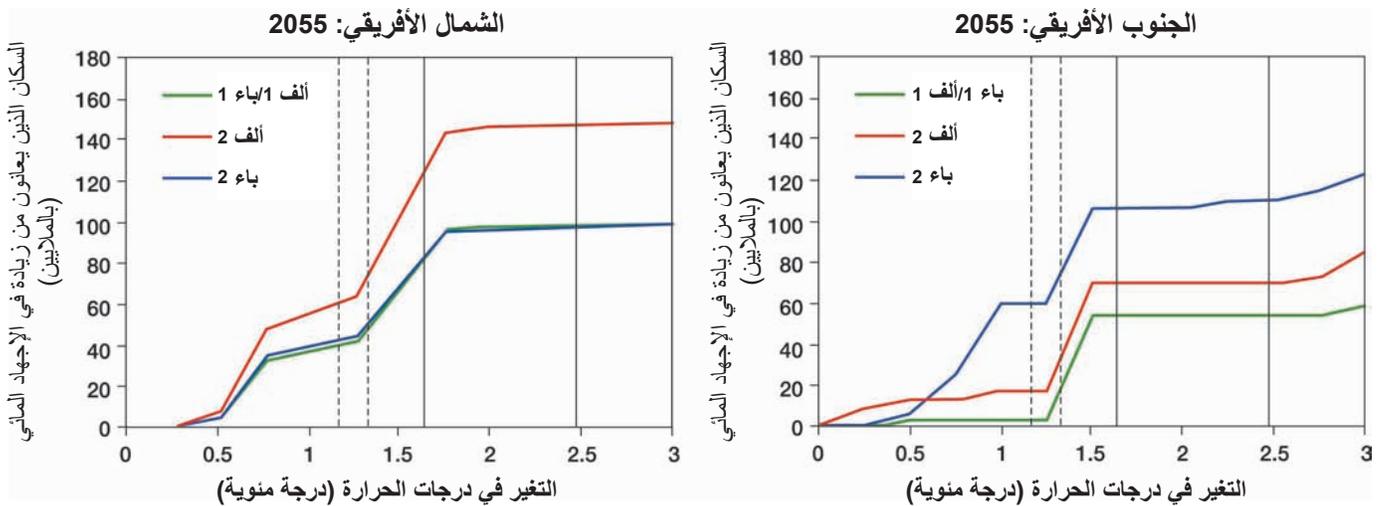
الشكل 5.3: التغيرات في الغطاء الأرضي المستحث بفعل الاستخدام المعقد للأراضي والتفاعلات المناخية على جبل كليمنجارو (Hemp، 2005). أعيد الطبع بإذن من Blackwell Publishing Ltd.

الجدول 5.1: التغيرات في الغطاء الأرضي في المناطق العليا من جبل كليمنجارو (Hemp، 2005).

نمط الغطاء النباتي	المساحة في 1976 (بالكيلومترات المربعة)	المساحة في 2000 (بالكيلومترات المربعة)	النسبة المئوية للتغير
غابة شبه ألبية	1066	974	9-
غابة خلنج عند سفح الجبل	187	32	83-
دغل خلنج	202	257	27+
وسادة نباتية من أذينات الجدي	69	218	216+
أرض عشبية	90	44	51-

المستوى المعتدل إلى المستوى العالي. وفي غرب أفريقيا، تسبب الانخفاض الطويل الأجل في معدل هطول المطر من السبعينات إلى التسعينات في تحول نحو الجنوب تراوحت مسافته بين 25 و35 كيلومتراً جنوباً في منطقة الساحل والسودان والمناطق الإيكولوجية الغينية في النصف الثاني من القرن العشرين (Gonzalez، 2001). ونتج عن ذلك فقدان الأراضي العشبية وأشجار السنط، وفقدان النباتات/الحيوانات البرية وانتقال الكثبان الرملية في منطقة الساحل؛ تلك هي الآثار التي تلاحظ بالفعل [WGII 9.2.1.4]. (ECF and Potsdam Institute، 2004).

خارج المناطق المصانة رسمياً للتهديد من تقلبية المناخ وتغيره وصنوف الإجهاد الأخرى (على سبيل المثال، الإطار 5.1). وتعمق التنمية الاجتماعية والاقتصادية لأفريقيا بفعل تغير المناخ وفقدان الموئل، والحصاد المفرط لأنواع مختارة، وانتشار الأنواع الغريبة والأنشطة من مثل الصيد وإزالة الغابات التي تهدد بتقويض سلامة النظم الإيكولوجية الثرية للقارة لكن الهشة في الوقت ذاته (UNEP/GRID-Arendal، 2002). فقرابة نصف المناطق شبه الرطبة وشبه القاحلة في منطقة الجنوب الأفريقي، على سبيل المثال تتعرض لمخاطر تصحر يتراوح بين



الشكل 5.4: عدد السكان (بالملايين) الذين يعيشون في مستجمعات المياه والمعرضون لحدوث زيادة في الإجهاد المائي، مقارنة بالفترة 1961-1990 (Arnell, 2006b). ولمستجمعات المياه التي تعاني من الإجهاد المائي جريان يقل عن 1000 متر مكعب/للفرد/سنويا، ويتعرض السكان للزيادة في الإجهاد المائي عندما يقل الجريان إلى حد كبير، بسبب تغير المناخ. والسيناريوهات مستمدة من نموذج HadCM3. وتتعلق الخطوط الحمراء والخضراء والزرقاء بالإسقاطات المتعلقة بمختلف السكان؛ لاحظ أن التغيرات الهيدرولوجية المسقطه تختلف اختلافا كبيرا بين مختلف النماذج المناخية في بعض المناطق. وتحديث الخطوات المتعلقة بالإجهاد المائي في هذه العملية مع زيادة تعرض مستجمعات المياه لنقص هام في الجريان. [الشكل 9.3 WGII]

5.1.3 التغيرات المُسقطه

5.1.3.2 الطاقة

على الرغم من عدم إجراء دراسات كثيرة عن الطاقة في أفريقيا، تشير دراسة عن توليد الطاقة الكهرومائية أجريت في حوض نهر زامبيزي، إذا أخذت مقترنة بإسقاطات عن الجريان في المستقبل إلى أن توليد الطاقة الكهرومائية سيتأثر سلبا بتغير المناخ، وخصوصا في أحواض الأنهار الكائنة في المناطق شبه الرطبة (Riebsame وآخرون 1995؛ Salwicz, 1995). [الشكل 10.2.11 WGII TAR، الجدول 10.1]

5.1.3.3 الصحة

تم الربط في عدد كبير من الدراسات بين تغير المناخ وقضايا الصحة في القارة. وعلى سبيل المثال، تبين النتائج المتأتمية من مشروع رسم خرائط مخاطر الملاريا في أفريقيا (MARA/ARMA) حدوث تغيرات في توزيع المناطق المناسبة مناخيا لظهور الملاريا في أعوام 2020، و2050، و2080 (Thomas وآخرون، 2004). ومنذ عام 2050، وعلى نحو مستمر حتى عام 2080، من المرجح أن يصبح جزء كبير من منطقة الساحل الغربية وجزء كبير من الجزء الجنوبي من وسط أفريقيا غير ملائم لسريان الإصابة بالملاريا. وتظهر تقييمات أخرى (على سبيل المثال Hartmann وآخرون، 2002) تستخدم ستة عشر سيناريو لها لتغير المناخ التغيرات في درجات الحرارة وهطول الأمطار التي يمكن بحلول عام 2100 أن تغير التوزيع الجغرافي لانتشار الملاريا في زيمبابوي، وتصبح المناطق كثيفة السكان مناسبة لانتشار العدوى بالملاريا بعد أن كانت من قبل غير مناسبة. [الشكل 9.4.3 WGII]

وقد أجريت تقييمات قليلة نسبياً للتغيرات الممكن حدوثها في المستقبل في صحة الحيوان والناشئة عن تقليبية المناخ وتغيره. ويمكن توقع حدوث تغيرات في توزيع الإصابة بالمرض ومداه وشيوعه ومعدل تواتره وموسميته. إلا أن هناك قدراً قليلاً من اليقين بشأن درجات التغير. ويمكن أن تزيد أوبئة حمى وديان الصدوع العميقة التي كانت واضحة أثناء حدوث ظاهرة النينو في شرق أفريقيا في الفترة 1997-

5.1.3.1 موارد المياه

يتوقع أن تعاني أعداد متزايدة من السكان في أفريقيا من الإجهاد المائي قبل عام 2025، أي خلال أقل من عقدين منذ نشر هذا التقرير، الأمر الذي يعود بصفة رئيسية إلى زيادة الطلب على الماء. [الشكل 9.4.1 WGII] ويتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى تفاقم هذا الوضع. وفي بعض التقييمات، يتوقع أن يتراوح عدد السكان المهديين بمخاطر زيادة الإجهاد المائي في أفريقيا بالنسبة للمجموعة الكاملة من سيناريوهات الانبعاثات SRES بين 75 و250 مليون نسمة وبين 350 و600 مليون نسمة في عشرينات وخمسينات القرن الحادي والعشرين، على التوالي (Amell, 2004). إلا أن تأثير تغير المناخ على موارد المياه عبر القارة تأثير غير متجانس. ويظهر تحليل لستة نماذج للمناخ (Amell, 2004) زيادة مرجحة في عدد الناس الذين يمكن أن يعانون من الإجهاد المائي بحلول عام 2055 في أفريقيا الشمالية والجنوبية (الشكل 5.4). وعلى خلاف ذلك، يرجح أن يشهد مزيد من الناس في شرق أفريقيا وغربها انخفاضاً في الإجهاد المائي وليس ازدياداً فيه (Amell, 2006a). [الشكل 3.2، والشكل 3.4، والشكل 9.4.1، والشكل 9.3]

وتعد المياه الجوفية هي المصدر الأساسي الأكثر شيوعاً لمياه الشرب في أفريقيا، وخصوصاً في المناطق الريفية التي تعتمد على الينابيع والآبار المحفورة المنخفضة التكلفة. ويتوقع أن تنقص تغذيتها بالمياه مع تناقص الهطول والجريان مما ينتج عنه زيادة في الإجهاد المائي في تلك المناطق حيث تكمل المياه الجوفية تلبية الطلب على المياه في فصل الجفاف من أجل الزراعة واستعمال الأسر المعيشية. [الشكل 3.4.2 WGII، الشكل 3.5]

وتتوقع دراسة لتأثيرات الزيادة في درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة في مستجمع مياه في منطقة المغرب حدوث نقص في الجريان تبلغ نسبته 10% (Agoumi, 2003)، بافتراض أن تظل مستويات الهطول ثابتة [الشكل 9.4.1، 3.2، 3.4.2 WGII]

وترد في الإطار 5.2 دراسة حالة عن تغير المناخ وإتاحة المياه والزراعة في مصر.

إلا أنه ليس بالضرورة أن تكون جميع التغيرات في المناخ وتقلبية المناخ سلبية بالنسبة للزراعة. فمواسم النمو في بعض المناطق من مثل المناطق المحيطة بالأراضي الإثيوبية المرتفعة يمكن أن يطول أمدها في إطار تغير المناخ. ويمكن أن يؤدي اقتران زيادة درجات الحرارة وهطول الأمطار إلى تمديد موسم النمو، على سبيل المثال في بعض المناطق المرتفعة الأراضي (Thonton وآخرون، 2006). ونتيجة لحدوث انخفاض في الصقيع في مناطق الأراضي المرتفعة لجبل كينيا وجبل كليمنجارو، على سبيل المثال، قد يكون من الممكن زراعة مزيد من محاصيل المناطق المعتدلة، على سبيل المثال، التفاح والكمثرى والشعير والقمح إلخ. (Parry وآخرون، 2004). [WGII 9.4.4]

وتتمثل مصادد الأسماك مصدراً هاماً آخر للإيرادات والعمالة والبروتين. وفي المناطق الساحلية التي تضم أغواراً أو بحيرات رئيسية، فإن

1998 والتي صاحبت الفيضانات، في المناطق التي تتعرض لزيادة حدوث الفيضانات (القسم 3.2.1.2). ومن المتوقع حسب الإسقاطات أن يزداد عدد المواسم بالغة الرطوبة في شرق أفريقيا. وأخيراً، من المرجح أن يحدث الإجهاد الحراري وإجهاد الجفاف تأثيراً سلبياً إضافياً على صحة الحيوان وعلى إنتاج منتجات الألبان (وقد لوحظ ذلك بالفعل في الولايات المتحدة الأمريكية؛ انظر Warren وآخرون، 2006). [WGII الجدول 5.4.3.1، 9.4.3؛ 11.1، 11.2.3]

5.1.3.4 الزراعة

بُحثت تأثيرات تغير المناخ على فترات النمو وعلى النظم الزراعية وما يمكن أن يكون لها من آثار على سبل المعيشة (مثل Thornton وآخرون، 2006). وتبين دراسة أجريت مؤخراً بالاستناد إلى ثلاثة سيناريوهات أن المرجح هو أن ينخفض صافي إيرادات المحاصيل بنسبة كبيرة تصل إلى 90% بحلول عام 2100، وأن تتأثر المزارع الصغيرة الحجم أكبر تأثر في هذا الصدد. إلا أن هناك إمكانية أن يؤدي التكيف إلى الحد من هذه الآثار السلبية (Benhin، 2006). [WGII 9.4.4]

الإطار 5.2: المناخ، وتوافر المياه، والزراعة في مصر [WGII الإطار 9.2]

مصر هي إحدى البلدان الأفريقية التي يمكن أن تكون سريعة التأثير بالإجهاد المائي في ظل تغير المناخ. وبلغت تقديرات المياه المستعملة في عام 2000 نحو 70 كيلومتراً مكعباً وهو ما يتجاوز إلى حد بعيد الموارد المتوافرة (Gueye وآخرون، 2005). ويتمثل تحد كبير في سد الفجوة الأخذ في التزايد السريع بين المياه المحدودة المتوافرة والطلب المتصاعد على المياه من مختلف القطاعات الاقتصادية. وقد وصل معدل استعمال المياه إلى حده الأقصى في مصر بالفعل، وسيؤدي تغير المناخ إلى تفاقم هذا الضعف.

وتستهلك الزراعة نحو 85% من موارد المياه الإجمالية السنوية، وتؤدي دوراً هاماً في الاقتصاد الوطني المصري وتسهم بنحو 20% من الناتج الداخلي الإجمالي. ويعتمد أكثر من 70% من الأراضي المزروعة على نظم للري السطحي تتسم بضعف كفاءتها مما يسبب فقداناً كبيراً للمياه وانخفاضاً في إنتاجية الأراضي كما بسبب التشبع بالمياه ويثير المشاكل الناجمة عن الملوحة (EL Gindy وآخرون، 2001). وبالإضافة إلى ذلك، تؤثر الممارسات الزراعية غير المستدامة والإدارة غير السليمة للري على نوعية موارد المياه في البلد. وكان لانخفاض جودة مياه الري بدوره آثار ضارة بالتربة والمحاصيل التي تعتمد على الري.

وتعمل الهيئات المؤسسية المعنية بالمياه في مصر من أجل تحقيق الأهداف التالية بحلول عام 2017 من خلال خطة التحسين الوطنية (EPIQ, 2002; ICID, 2005):

- تحسين التغطية بالمياه اللازمة لمرافق النظافة الصحية في المناطق الحضرية والريفية،
- إدارة المياه المستعملة،
- تعزيز فعالية استعمال موارد المياه من خلال تحسين كفاءة الري وإعادة استعمال مياه الصرف في الزراعة.

إلا أنه مع تغير المناخ تظهر مجموعة من المخاطر الشديدة، حيث

- يمكن أن يؤثر ارتفاع مستوى سطح البحر على دلتا النيل وعلى من يعيشون في الدلتا والمناطق الساحلية الأخرى (Wahab, 2005).
- من المرجح أن يؤدي حدوث زيادة في درجات الحرارة إلى خفض إنتاجية المحاصيل الرئيسية وزيادة الاحتياجات إلى المياه، وبالتالي وعلى نحو مباشر تقليل كفاءة استخدام المياه في ري المحاصيل (Abou-Hadid, 2006؛ Eid وآخرون، 2006).
- احتمال أن تحدث زيادة عامة في الطلب على الري (Attaher وآخرون، 2006).
- ستكون هناك أيضاً درجة عالية من عدم اليقين بشأن تدفق النيل.
- من المرجح أن تشهد مصر بالاستناد إلى سيناريوهات الانبعاثات SRES زيادة في الإجهاد المائي مع انخفاض متوقع في هطول الأمطار، وعدد سكان متوقع يتراوح بين 115 و179 مليون نسمة بحلول عام 2050. وسيزيد هذا الإجهاد المائي في جميع القطاعات.
- سيحد التوسع الجاري في المناطق المروية من قدرة مصر على التصدي للتقلبات في التدفقات التي يمكن أن تحدث في المستقبل (Conway, 2005).

5.1.3.5 التنوع الأحيائي

يمكن لانخفاض رطوبة التربة بسبب التغيرات في هطول الأمطار أن يؤثر على النظم الطبيعية بعدة طرق. وهناك إسقاطات بشأن حدوث انقراض هام في أنواع النباتات والحيوانات، على حد سواء. ويمكن أن يتأثر أكثر من 5000 نوع من أنواع النباتات بتغير المناخ، وبصفة رئيسية بسبب فقدان الموائل المناسبة. وبحلول عام 2050، يتوقع أن تفقد المنطقة الأحيائية لشجيرات Gynbos (نظام إيكولوجي في جنوب أفريقيا تسوده شجيرات Ericaceae وموضع اهتمام «الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة والموارد الطبيعية IUCN») ما يتراوح بين 51 و61% من مساحتها بسبب نقص هطول الأمطار في الشتاء. وتضم منطقة Karoo الأحيائية النضرة 2800 نوع من النباتات التي تزداد مخاطر انقراضها، ويتوقع أن تتوسع المنطقة في اتجاه الجنوب والشرق، ويتوقع أن ينقرض نحو 2% من أسرة نباتات Proteaceae الزهرية. وتصبح هذه النباتات بشكل وثيق طيور تعتمد عليها في التغذية بصورة خاصة. وبعض الأنواع الثديية من مثل الحمار الوحشي والنيالا nyala (وهي من طباء جنوب أفريقيا) والتي تبيّن ضعفها إزاء التغيرات في تيسر الغذاء الناجمة عن الجفاف. ويتوقع إلى حد كبير حسب الإسقاطات أن تفقد أعداداً منها. وفي بعض مناطق إدارة الحياة البرية مثل محميتي كروغر وهوانغ الوطنيتين، فإن تجمعات الأحياء البرية تعتمد بالفعل على إمدادات المياه التي تستكمل من مياه الآبار المحفورة (الإطار 5.3). [WGII 4.4, 9.4.5, 9.1]

وتهاجر أنواع كثيرة من الطيور من أوروبا ومنطقة Arctic Palaeo في المنطقة القطبية الشمالية. ويستخدم بعض الأنواع منطقة الساحل الجنوبية كمرحلة توقف قبل أن يعبر الصحراء الكبرى. ومن شأن نقص الغذاء بسبب الجفاف في المنطقة أن يعوق نجاح هجرة هذه الطيور. وكما لوحظ، فإن نماذج هطول المطر في منطقة الساحل هي نماذج ملتبسة. [WGII 9.3.1] وإذا تحققت السيناريوهات الرطبة فلن يكون التنوع الأحيائي للمنطقة الكائنة جنوب الصحراء الكبرى/ منطقة الساحل معرضاً لخطر وشيك من التأثيرات المتعلقة بالإجهاد المائي. ومن ناحية أخرى، سيؤدي السيناريو الأكثر جفافاً مع أخذ كل شيء بالاعتبار إلى عمليات انقراض واسعة، خصوصاً مع زيادة حدة المنافسة بين النظم الطبيعية والاحتياجات البشرية. [WGII 9.4.5]

وتشير نتائج المحاكاة بالنسبة للطيور الجارحة في الجنوب الأفريقي والتي تستخدم هطول الأمطار باعتباره العامل البيئي الرئيسي إلى حدوث تقلص هام في مآلفها بسبب زيادة الجفاف التي تصيب مآلفها الحالية. [WGII 4.4.3] ومن المتوقع على وجه الإجمال أن تكون نسبة تزاوج بين 25 و40% من أنواع الحيوانات الأفريقية الكائنة في المناطق المحمية في جنوب الصحراء الكبرى معرضة للانقراض [WGII 9.4.5]

5.1.4 التكيف وسرعة التأثر

تسلط الدراسات حديثة العهد عن أفريقيا الضوء على سرعة تأثر الجماعات المحلية التي تعتمد في المقام الأول على الموارد الطبيعية في توفير سبل معيشتها. وأوضحت هذه الدراسات أن قاعدة مواردها – المجهدة إجهاداً شديداً بالفعل والمتدهورة من جراء فرط الاستعمال – من المتوقع أن تزداد تأثراً بتغير المناخ (Leary وآخرون، 2006). [WGII 17.1]

التغيرات في تدفقات المياه العذبة وزيادة اقتحام المياه المالحة في الأغوار يؤثر على الأنواع التي تشكل أساس مصائد الأسماك الداخلية أو تربية الأحياء المائية (Cury and Shannon, 2004). [WGII 9.4.4]

وقد بحث تأثير تغير المناخ على تربية المواشي والأنعام في أفريقيا (Seo and Mendelsohn, 2006). ومن المتوقع أن يؤدي نقص هطول الأمطار بنسبة 14% إلى خفض إيرادات مزارع تربية المواشي والأنعام بنسبة 9% (5 بلايين من دولارات الولايات المتحدة) بسبب الانخفاض سواء في عدد المواشي أو في صافي الإيرادات لكل حيوان مملوك. [WGII 9.4.4]

5.1.3.5 التنوع الأحيائي

يمكن لانخفاض رطوبة التربة بسبب التغيرات في هطول الأمطار أن يؤثر على النظم الطبيعية بعدة طرق. وهناك إسقاطات بشأن حدوث انقراض هام في أنواع النباتات والحيوانات، على حد سواء. ويمكن أن يتأثر أكثر من 5000 نوع من أنواع النباتات بتغير المناخ، وبصفة رئيسية بسبب فقدان الموائل المناسبة. وبحلول عام 2050، يتوقع أن تفقد المنطقة الأحيائية لشجيرات Gynbos (نظام إيكولوجي في جنوب أفريقيا تسوده شجيرات Ericaceae وموضع اهتمام «الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة والموارد الطبيعية IUCN») ما يتراوح بين 51 و61% من مساحتها بسبب نقص هطول الأمطار في الشتاء. وتضم منطقة Karoo الأحيائية النضرة 2800 نوع من النباتات التي تزداد مخاطر انقراضها، ويتوقع أن تتوسع المنطقة في اتجاه الجنوب والشرق، ويتوقع أن ينقرض نحو 2% من أسرة نباتات Proteaceae الزهرية. وتصبح هذه النباتات بشكل وثيق طيور تعتمد عليها في التغذية بصورة خاصة. وبعض الأنواع الثديية من مثل الحمار الوحشي والنيالا nyala (وهي من طباء جنوب أفريقيا) والتي تبيّن ضعفها إزاء التغيرات في تيسر الغذاء الناجمة عن الجفاف. ويتوقع إلى حد كبير حسب الإسقاطات أن تفقد أعداداً منها. وفي بعض مناطق إدارة الحياة البرية مثل محميتي كروغر وهوانغ الوطنيتين، فإن تجمعات الأحياء البرية تعتمد بالفعل على إمدادات المياه التي تستكمل من مياه الآبار المحفورة (الإطار 5.3). [WGII 4.4, 9.4.5, 9.1]

الإطار 5.3: عمليات الانقراض المُسقط في محمية كروغر الوطنية، جنوب أفريقيا. [WGII الجدول 4.1]

يتوقع فيما يتعلق بمحمية كروغر الوطنية في جنوب أفريقيا ونتيجة لزيادة متوسط درجات الحرارة عالمياً بما يتراوح بين 2.5-3.0 درجات مئوية فوق مستويات عام 1990، أن تنقرض نسب تتراوح بين:

- 24 و59% من الثدييات،
- 28 و40% من الطيور،
- 13 و70% من الفراشات،
- 18 و80% من الحيوانات اللافقارية الأخرى،
- 21 و45% من الزواحف التي سيكون محكوماً عليها بالانقراض.

وعلى وجه الإجمال، من المحتمل فقدان 66% من أنواع الحيوانات.

ولا توجد سوى معلومات ضئيلة للغاية عن تكلفة تأثيرات تغير المناخ والتكيف معها فيما يتعلق بموارد المياه في أفريقيا. إلا أن تقييماً أولياً أُجري في جنوب أفريقيا لتكاليف التكيف في حوض نهر برغ Berg يبين أن تكاليف عدم التكيف مع تغير المناخ يمكن أن تكون أكبر بكثير من التكاليف التي يمكن أن تنشأ عن التكيف إذا أُدرجت نُهج مرنة وتنسجم بالكفاءة في خيارات إدارة التكيف (انظر Stern، 2007). [WGII 9.5.2]

5.2 آسيا

5.2.1 السياق

تعد آسيا إقليمياً يتسم توزيع المياه فيه بعدم التكافؤ وتعاني مناطق واسعة فيه من الإجهاد المائي. ومن البلدان الآسيوية التي يبلغ عددها ثلاثة وأربعون بلداً، فإن لدى عشرين منها موارد مائية متجددة سنوياً تتجاوز 3000 متر مكعب للفرد، وأحد عشر بلداً لديها ما يتراوح بين 1000 و1300 متر مكعب للفرد، وستة بلدان لديها أقل من 1000 متر مكعب للفرد (ولا توجد بيانات من البلدان الستة المتبقية) (منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة، [WGII 10.1]. [2004a, b, c].) ومن غرب الصين ومنغوليا إلى غرب آسيا هناك مناطق واسعة من الأراضي القاحلة وشبه القاحلة. [WGII 10.2] وحتى في المناطق الرطبة وشبه الرطبة في آسيا يمثل الإجهاد المائي/ندرة المياه أحد العوائق أمام تحقيق التنمية المستدامة. ومن ناحية أخرى، تضم آسيا عدداً كبيراً للغاية من السكان الذين ينمون بمعدل سريع، ومستويات تنمية منخفضة، وضعف في القدرة على التصدي للمشكلات. ويتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى تفاقم وضع ندرة المياه في آسيا بالإضافة إلى صنوف إجهاد اجتماعية – اقتصادية متعددة. [WGII 10.2]

5.2.2 التأثيرات المرصودة لتغير المناخ على المياه

5.2.2.1 موارد المياه العذبة

لوحظت التقلبية في هطول المطر فيما بين الفصول وفيما بين السنوات، والتقلبية المكانية أيضاً أثناء العقود القليلة الماضية في كافة أنحاء آسيا، ولوحظت اتجاهات التناقض في المتوسط السنوي لمعدل المطر في روسيا وشمال شرق الصين وشرقها، وفي الأحزمة الساحلية وسهول باكستان القاحلة وأجزاء من شمال شرق الهند، وإندونيسيا والفلبين وبعض مناطق اليابان. ويظهر المتوسط السنوي لهطول المطر اتجاهات متزايدة في غرب الصين، شانغجيانغ وحوض (نهر يانغتسي) والساحل الصيني الجنوبي الشرقي وشبه الجزيرة العربية، وبنغلاديش وعلى طول السواحل الغربية للفلبين. وفي جنوب شرق آسيا، أُشير إلى أن أحداث الطقس المتطرفة المرتبطة بظاهرة النينيو أصبحت أكثر تواتراً وشدة في العشرين سنة الماضية (Trenberth and Hoar، 1997؛ Aldhous، 2004). ومن المهم الإشارة إلى حدوث تقلبية كبيرة فيما بين العقود في الرياح الموسمية الهندية والشرق آسيوية، على حد سواء [WGII 3.3.2، 3.7.1؛ WGII 10.2.2، 10.2.3]

وبوجه عام، ازداد تواتر حدوث أمطار أكثر شدة في أنحاء كثيرة من آسيا مما تسبب في فيضانات شديدة وانهيارات أرضية وحطام وتدفقات للظمي بينما نقص عدد الأيام الممطرة، ونقصت الكمية السنوية الإجمالية لهطول المطر (Zhai وآخرون، 1999؛ Khan وآخرون، 2000؛

ويمكن لتغير المناخ وتقلبيته أن يفرضا ضغطاً إضافية على توافر المياه والوصول إليها والإمداد بها وطلبها في أفريقيا [WGII 9.4.1] ويقدّر أن حوالي 25% (200 مليون نسمة) من سكان أفريقيا يعانون حالياً من الإجهاد المائي. ويتوقع أن يواجه مزيد من البلدان مخاطر كبيرة في المستقبل (انظر القسم 5.1.3.1). [WGII 9.ES] وبالإضافة إلى ذلك، رئي أنه حتى بدون تغير المناخ، فإن عدة بلدان، وخصوصاً في شمال أفريقيا، ستصل قبل عام 2025 إلى مستوى العتبة بالنسبة لمواردها المائية الأرضية القاعدة التي يمكن استخدامها على نحو اقتصادي [WGII 9.4.1] وقد عرقل تواتر الكوارث الطبيعية من مثل فترات الجفاف والفيضانات إلى حد كبير التنمية الزراعية في أفريقيا التي تعتمد اعتماداً كبيراً على المطر مما أدى إلى عدم الأمن الغذائي بالإضافة إلى طائفة من المشاكل الهيكلية الكلية والجزئية. [WGII 9.5.2]

وتؤثر ظاهرة النينيو/التذبذب الجنوبي ENSO تأثيراً هاماً على هطول المطر على نطاق ما بين السنوات في أفريقيا كما يمكن أن تؤثر على تقلبية المناخ في المستقبل. [WGII 3.7.4، 3.6.4، 11.2] إلا أن هناك عدداً من الحواجز التي تعوق التكيف الفعلي مع التقلبات في ظاهرة النينيو ENSO يشمل: أوجه عدم اليقين المكانية والزمنية المصاحبة للتنبؤات بالمناخ الإقليمي؛ وضعف مستوى الوعي لدى صناعات القرار بالتأثيرات المحلية والإقليمية لظاهرة النينيو؛ ومحدودية القدرات الوطنية على مراقبة المناخ والتنبؤ به؛ والافتقار إلى التنسيق لدى وضع الاستجابات اللازمة (Glantz، 2001). [WGII 17.2.2]

وفيما يتعلق بتأثيرات تقلبية المناخ وتغيره على المياه الجوفية، لا يتاح سوى معلومات ضئيلة على الرغم من أن بلدانا كثيرة (خصوصاً في شمال أفريقيا) تعتمد على مصادر المياه هذه. [WGII 9.2.1]

ولم تغط التقييمات السابقة لتأثيرات المياه على نحو كاف الاستخدامات المتعددة للمياه في المستقبل والإجهاد المائي في المستقبل (مثل Agoumi، 2003؛ Conway، 2005)، ولذلك يلزم إجراء بحوث أكثر تفصيلاً عن الهيدرولوجيا والصرف وتغير المناخ. ويتعين أيضاً على البلدان المشتركة في أحواض نهريّة أن تتناول مسألة الحصول على المياه في المستقبل في المناطق الريفية والمستمدة من مجاري مائية سطحية منخفضة المستوى (مثل de Wit and Stankiewicz، 2006). [WGII 9.4.1]

وتعتبر القدرة على التكيف، وكذلك التكيف المتعلقين بموارد المياه هاما جداً للقارة الأفريقية. ومن الناحية التاريخية، حُددت الهجرة بسبب الجفاف والفيضانات باعتبارها أحد خيارات التكيف. وتبيّن أيضاً أن الهجرة تمثل مصدراً لدخول أولئك المهاجرين الذين يُستخدَمون كعمال موسميّين. وتشمل الممارسات الأخرى التي تسهم في التكيف، التقنيات التقليدية والحديثة لجمع المياه وصونها وتخزينها وزراعة المحاصيل المقاومة للجفاف، والمبكرة النضج. وقد سلط الضوء على أهمية الاستناد إلى المعارف التقليدية المتعلقة بجمع المياه واستخدامها باعتبارها إحدى أهم احتياجات التكيف (Osman-Elasha وآخرون، 2006)، مما يوضح ضرورة إدماجها في السياسات المتعلقة بتغير المناخ من أجل ضمان وضع إستراتيجيات تكيف فعالة تنسجم بالفعالية بالقياس إلى التكلفة وبالتشاركية والاستدامة. [WGII 9.5.1، الجدول 17.1]

وتذوب الأنهار الجليدية الآسيوية في المتوسط بمعدل ظل ثابتاً منذ الستينات على الأقل (الشكل 2.6). [WGI 4.5.2] إلا أن أحاد الأنهار الجليدية قد يختلف عن هذا النمط، كما أن بعضها يتزايد حجماً و/أو يزداد سمكاً فعلياً – على سبيل المثال في كاراكوروم الوسطى – ربما بسبب زيادة هطول المطر (Hewitt, 2005). [WGII 4.5.3] ونتيجة للذوبان الجاري للأنهار الجليدية قد زاد الجريان الجليدي وتواتر الفيضانات المفاجئة للبحيرات الجليدية اللذان يسببان تدفقات الطمي والانهيارات الجليدية (Bhadra, 2002؛ WWF, 2005). [WGII 10.2.4.2]

ويظهر الشكل 5.5 تراجعاً (منذ 1780) لنهر غانغوتري الجليدي، وهو منبع نهر الغانغ الكائن في أوتاراخاند، الهند. ولئن كان تم الربط بين هذا التراجع وتغير المناخ البشري المنشأ فإنه لم تجر أي دراسات تعزو هذا التراجع بصفة رسمية. والجدير بالذكر أن اللسان الأرضي الخاص بهذا النهر الجليدي مسطح إلى حد ما ومغطى بشدة بكتل الحجارة التي يخلفها النهر الجليدي. ويصعب ربط تقلص الألسنة النهرية التي تتسم بهذه السمات بإشارة مناخية معينة لأن غطاء الكتل الصخرية يؤخر أي إشارة. وتتحو الألسنة المسطحة نحو الانهيار فجأة، ويصح ذلك تغير مفاجئ في المنطقة بعد أن يترقق حجم هذه الألسنة خلال عقود مصحوباً بتغير صغير نسبياً في المساحة. [WGII 10.6.2]

وفي أجزاء من الصين، تسبب ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة أثناء الهطول مع تزايد استخدام المياه في نقص للمياه أدى إلى تجفيف بحيرات وأنهار. وفي الهند وباكستان ونيبال وبنغلاديش عُرِي نقص المياه إلى عوامل من مثل التوسع الحضري والتصنيع السريع، وزيادة السكان وعدم كفاءة استخدام المياه التي تفاقمت جميعاً بسبب تغير المناخ وتأثيراته السيئة على طلب المياه وإمداداتها وجودتها. وفي البلدان الكائنة في أحواض أنهار براهماپوترا – الغانغ – والمغنا والإندوس، فإن نقص المياه نتج أيضاً عن أعمال تخزين المياه التي ينفذها القاطنون على جوانب أعالي الأنهار. وفي مناطق آسيا الوسطى وغرب آسيا القاحلة وشبه القاحلة، توصل التغيرات في المناخ وتقلبيته النيل من قدرة هذه البلدان على تلبية الطلب المتزايد على المياه (Ragab and Prudhomme, 2000؛ Abu-Taleb, 2002؛ UNEP/GRID-Arendal, 2002؛ Bou-Zeid and EL-Fadel, 2002). وأشير إلى أن تناقص الهطول وزيادة درجات الحرارة المرتبتين عادة بظاهرة النينو/التذبذب الجنوبي (ENSO) يزيدان نقص المياه، وخصوصاً في الأجزاء من آسيا التي تعاني فيها موارد المياه بالفعل من الإجهاد المائي نتيجة تزايد الطلب على المياه، وعدم كفاءة استخدام المياه (Manton وآخرون). [WGII 10.2.4.2]

5.2.2.2 الزراعة

انخفض إنتاج الأرز والذرة والقمح في العقود القليلة الماضية في أنحاء كثيرة من آسيا بسبب تزايد الإجهاد المائي الناشئ جزئياً عن ارتفاع درجات الحرارة وزيادة تواتر أحداث ظاهرة النينو والتناقص في عدد الأيام الممطرة (Wijeratne, 1996؛ Agarwal وآخرون, 2000؛ Jin وآخرون, 2001؛ Fischer وآخرون, 2002a؛ Tao وآخرون, 2003a, 2004). [WGII 10.2.4.1]

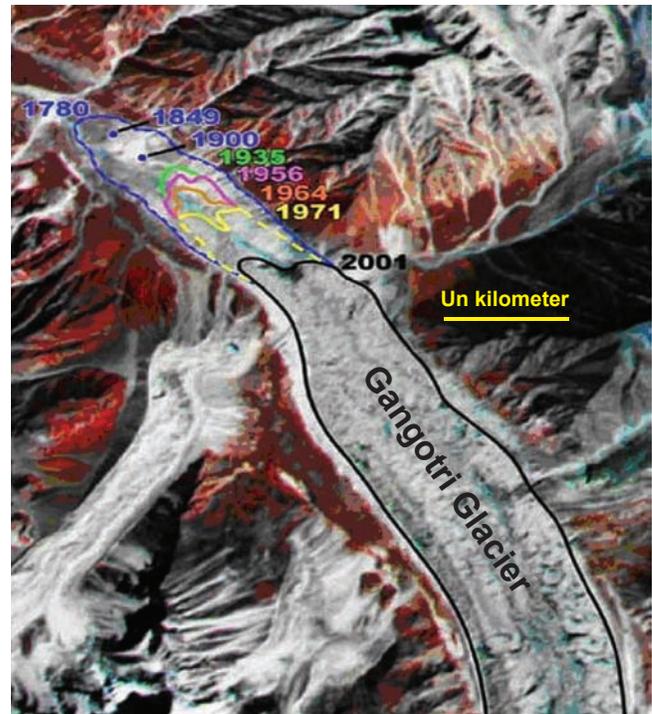
5.2.2.3 التنوع الأحيائي

مع الانخفاض التدريجي في هطول الأمطار أثناء موسم نمو العشب،

Shrestha وآخرون؛ Izrael and Anokhin, 2001؛ Mirza, 2002؛ Kajiwaru وآخرون, 2003؛ Min وآخرون, 2003؛ Gruza and Rankova, 2003؛ Zhai and Pan, 2003؛ Zhai, 2004). [WGII 10.2.3] إلا أن هناك تقارير تفيد أن تواتر هطول الأمطار على نحو متطرف في بعض البلدان قد أظهر اتجاهات تناقصاً (Manton وآخرون, 2001؛ Kanai وآخرون, 2004).

ويعزى تزايد تواتر وشدة حالات الجفاف في أنحاء كثيرة من آسيا إلى حد كبير إلى ارتفاع درجات الحرارة، وخصوصاً أثناء الصيف والأشهر التي يسودها عادة طقس أكثر جفافاً، وأثناء أحداث ظاهرة النينو ((ENSO Webster وآخرون, 1998؛ Duong, 2000؛ PAGASA, 2001؛ Batima, 2002؛ Lal, 2003؛ Gruza and Rankova, 2004؛ Natsagdorj وآخرون, 2005). [WGI الإطار 3.6؛ WGII 10.2.3]

وقد هدد السيجان السريع للتربة الصقيعية وتناقص عمق التربة المتجمدة الناجمين إلى حد كبير عن الاحترار مدناً ومستوطنات بشرية كثيرة وتسبباً في انهيارات أرضية أكثر تواتراً وفي تردي بعض النظم الإيكولوجية للغابات نتجت عنهما زيادة في مستويات مياه البحيرات في منطقة التربة الصقيعية في آسيا (Osterkamp وآخرون, 2000؛ Guo وآخرون, 2001؛ Izrael and Anokhin, 2001؛ Fedorov وآخرون, 2002؛ Jorgenson وآخرون, 2001؛ Izrael وآخرون, 2002؛ Gavriliiev and Efremov, 2003؛ and Konstantinov, 2003؛ Melnikov and Revson, 2003؛ Nelson, 2003؛ Tumerbaatar, 2003؛ ACIA, 2005). [WGII 10.2.4.2]



الشكل 5.5: تظهر الصورة الملتقطة من أحد السواتل كيف تراجع طَرَف نهر غانغوتري الجليدي (منبع نهر الغانغ، الكائن في أوتاراخاند، الهند) منذ عام 1780 (الصورة مقدمة كمعاملة من مركز بيانات سواتل رصد موارد الأرض EROS التابع للإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء بالولايات المتحدة الأمريكية 9، NASA، أيلول/سبتمبر 2001) [WGII الشكل 10.6]

ويمكن لاقتحام الماء المالح في مصبات الأنهار بسبب تناقص جريان الأنهار أن يتوغل لمسافة أكبر تتراوح بين 10 و20 كيلومتراً إلى الداخل بسبب ارتفاع مستويات سطح البحر (Shen وآخرون، 2003؛ Yin وآخرون، 2003؛ Thanh وآخرون، 2004). وقد أدت الزيادات التي تحدث في درجات حرارة الماء ووفرة المغذيات في مصبي نهري جوجيانغ وشانغيانغ إلى تكون قاع يتسم مستواه بنقص الأكسجين وزيادة تواتر وشدة «المد الأحمر»، أي انتشار (الطحلب الأحمر) (Hu وآخرون، 2001). ويمكن لارتفاع مستوى سطح البحر بما يتراوح بين 0.4 و1.0 متر أن يستحث اقتحام الماء المالح ويدفعه لمسافة أخرى تتراوح بين كيلومتر وثلاثة كيلومترات داخل أراضي مصب نهر جوجيانغ (Huang and Xie، 2000). ويؤدي تزايد تواتر وشدة حالات الجفاف في مستجمع المياه إلى زيادة شدة وتواتر اقتحام الماء المالح في المصب (Xu، 2003؛ Thanh وآخرون، 2004؛ Huang وآخرون، 2005) مما يؤدي إلى تدهور نوعية المياه السطحية والمياه الجوفية. [WGII 10.4.2.1، 10.4.3.2]

وستكون نتائج زيادة ذوبان الثلج والأنهار الجليدية وارتفاع خط الثلج غير مؤاتية للزراعة في اتجاه مصبات الأنهار في عدة بلدان في جنوب آسيا وآسيا الوسطى. ويتوقع أن يتسارع حجم ومعدل ذوبان الثلج في الربيع في شمال غرب الصين وغرب منغوليا، وقد يتقدم موعد السحان مما يزيد موارد بعض مصادر المياه ويمكن أن يؤدي إلى حدوث فيضانات في الربيع لكن يتوقع حدوث نقص هام في إتاحة المياه اللازمة للمواشي والدواجن بحلول نهاية هذا القرن (Batima وآخرون، 2005، 2004). [WGII 10.4.2، 10.6]

ومن المتوقع، في الأجل المتوسط، أن تؤدي زيادة الثلوج بفعل تغير المناخ أو ذوبان الأنهار الجليدية إلى حدوث فيضانات. ويتسبب في هذه الفيضانات غالباً ارتفاع مستويات مياه الأنهار بسبب انسداد مجاريها بفعل الجليد المنجرف. [WGII 10.4.2، 10.6]

ويتوقع أن ينتج عن الزيادة المتوقعة في درجة حرارة الهواء السطحي في شمال غرب الصين والتي يتوصل إليها من خلال الاستكمال بالقياس الخطي للتغيرات الملحوظة، حدوث ضمور تبلغ نسبته 27% في مساحة الأنهار الجليدية وتتراوح نسبته بين 10 و15% في مساحة التربة المتجمدة، وزيادة في الفيضانات، وتدفق كتل الأحجار أو الصخور التي تخلفها الأنهار الجليدية، ومزيد من النقص الشديد في المياه بحلول عام 2050 مقارنة بالفترة 1961-1990 (Qin، 2002). ويتوقع أن يقصر أمد الغطاء الثلجي الفصلي في المناطق الشاهقة – أي في هضبة التبت، وشينجيانغ ومنغوليا الداخلية – مما يؤدي إلى ضمور في حجم هذا الغطاء كما تنتج عنه حالة جفاف شديدة في الربيع. ومن المرجح حدوث انخفاض في الجريان للفرد تتراوح نسبته بين 20% و40% في مقاطعة نينغشيا، وشينجيانغ، وكينغهاي بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين (Tao وآخرون، 2005). ومع ذلك، من المرجح أن يزداد الضغط على موارد المياه بسبب تزايد السكان والتنمية الاجتماعية – الاقتصادية. ويتوقع مشروع هيغاشي وآخرون (2006) حسب إسقاطاته أنه من المرجح أن تزداد مخاطر الفيضانات في طوكيو (اليابان) في المستقبل بين عام 2050 وعام 2300 في إطار سيناريو الانبعاثات A1B ألف 1 باء SRES بمقدار 1.1 إلى 1.2 مرة عما هي عليه حالياً. [WGII 10.4.2.3]

زادت المناطق القاحلة في آسيا الوسطى وغرب آسيا في السنوات الأخيرة مما حد من نمو الأراضي العشبية، وزاد تحويل سطح الأرض إلى مناطق جرداء (Bou-Yeid and EL-Fadel، 2002). وأدى تزايد عري سطح الأرض إلى زيادة انعكاس الإشعاع الشمسي مما يؤدي إلى تبخر المزيد من رطوبة التربة وتزايد جفاف الأرض في عملية تأثير تفاعلي تؤدي إلى زيادة تسارع تدهور الأراضي العشبية (Zhang وآخرون، 2003). [WGII 10.2.4.4]

ونتيجة عن ضعف هطول الأمطار، وعن الجفاف في معظم مناطق دلتا الأنهار في باكستان وبنغلاديش والهند والصين إلى جفاف الأراضي الرطبة وتدهور بالغ في النظم الإيكولوجية. وأدت نوبات الجفاف المتكررة في الفترة من 1999 إلى 2001 وكذلك بناء خزانات للمياه في أعالي الأنهار، والاستخدام غير السليم للمياه الجوفية إلى تحفيف الأراضي الرطبة في موموج الكائنة في سهل سونغنين في شمال شرق الصين (Pan وآخرون، 2003). [WGII 10.2.4.4]

5.2.3 التأثير المُسَقَط لتغير المناخ على المياه، ومواطن الضعف الرئيسية

5.2.3.1 موارد المياه العذبة

من المتوقع بسبب تغير المناخ حدوث تغيرات في موسمية وكمية تدفق المياه من النظم النهرية. وفي بعض أنحاء روسيا يمكن لتغير المناخ أن يغير بصورة هامة تقليب جريان الأنهار بحيث يمكن أن يحدث جريان بالغ الانخفاض على نحو أكثر تواتراً بكثير في مناطق زراعة المحاصيل في الجنوب – الغرب (Peterson وآخرون، 2002). ويمكن أن يتأثر توافر المياه السطحية من نهريين كبيرين من مثل الفرات ودجلة بفعل تغير تدفقات النهريين. وفي لبنان، سينخفض الصافي السنوي لموارد المياه المستعملة بنسبة 15% استجابة لارتفاع في درجة الحرارة يبلغ تقدير متوسطه وفقاً لنموذج المناخ العالمي GCM، 1.2 درجة مئوية في ظل مناخ ثاني أكسيد كربون مضاعف بينما ستزداد تدفقات الأنهار في الشتاء وتنقص في الربيع (Bou-Zeid and El-Fadel، 2002). ويتوقع أن يزداد الحد الأقصى الشهري لتدفق نهر الميكونغ بنسب تتراوح بين 35 و41% في حوض النهر، وبنسب تتراوح بين 16 و19% في دلتا النهر، وتقديرات القيم المنخفضة تخص الفترة 2010-2038 والقيم المرتفعة تخص الفترة 2070-2099 مقارنة بمستويات الفترة 1961-1990. وعلى خلاف ذلك، يقدر أن تنخفض التدفقات الشهرية الدنيا بنسب تتراوح بين 17 و24% في حوض النهر وبين 16 و29% في دلتا النهر (Hoanh وآخرون، 2004). [WGII الإطار 5.3]، مما يشير إلى احتمال زيادة مخاطر الفيضانات أثناء الفصل الرطب وزيادة احتمال نقصان المياه في الفصل الجاف. [WGII 10.4.2.1]

ويمكن للفيضانات أن تزيد موئل مصائد الأسماك في المياه المولحة (أي المالحة قليلاً) لكنها يمكن أن تؤثر تأثيراً خطيراً أيضاً على صناعة تربية الأحياء المائية وبنيتها الأساسية، وخصوصاً في الدلتا الكبرى المكتظة بالسكان. ويمكن لانخفاض التدفقات في فصل الجفاف أن يحد من صيد بعض الأنواع. وفي أنحاء من آسيا الوسطى، يتوقع أن تؤدي الزيادات الإقليمية في درجات الحرارة إلى زيادة احتمال وقوع أحداث من مثل تدفقات الطمي والانهياريات الثلجية التي يمكن أن تؤثر تأثيراً ضاراً بالمستوطنات البشرية (Iafiazova، 1997). [WGII 10.4.2.1]

5.2.4 التكيف وسرعة التأثر

ثمة مواطن ضعف مختلفة حالياً فيما يتعلق بالمياه في البلدان الآسيوية. فبعض البلدان التي لا تواجه حالياً مخاطر كبيرة يتوقع أن تواجه مخاطر الإجهاد المائي في المستقبل بقدرات مختلفة على التكيف. ويتوقع أن تتعرض المناطق الساحلية، وخصوصاً مناطق الدلتا المكتظة بالسكان في جنوب آسيا وجنوب شرقها لأكبر المخاطر من ازدياد فيضانات الأنهار والفيضانات الساحلية. وفي جنوب آسيا وشرقها، يتوقع أن تتأثر التنمية من تفاعل تأثيرات تغير المناخ مع النمو الاقتصادي والسكاني السريع والهجرة من المناطق الريفية إلى المناطق الحضرية. [WGII 10.2.4, 10.4, 10.6]

وتتأثر سرعة تأثر مجتمع ما بمساره التنموي، وأوجه تعرضه المادية، وتوزيع موارده، وصنوف الإجهاد السابقة التي يعانها، والمؤسسات الاجتماعية والحكومية. ولجميع المجتمعات قدرات ذاتية على مواجهة بعض التغيرات في المناخ، إلا أن القدرات على التكيف غير متساوية التوزيع بعد، سواء عبر البلدان أو داخل المجتمعات. وكان الفقراء والمهمشون تاريخياً أكثر من يتعرضون للمخاطر والأكثر ضعفاً تجاه تأثيرات تغير المناخ. وتظهر تحليلات أجريت مؤخراً في آسيا أن المهمشين، والمجموعات التي تعتمد في سبل معيشتها على الموارد الأولية تتسم بالضعف بصورة خاصة إزاء تأثيرات تغير المناخ إذا أجهدت قاعدة مواردهم الطبيعية إجهاداً شديداً وتدهورت نتيجة لفرط الاستخدام أو إذا لم تكن نظم حكمهم قادرة على الاستجابة للوضع بشكل فعال (Leary وآخرون، 2006). [WGII 17.1] وهناك أدلة متزايدة على أن التكيف يحدث استجابة لتغير ملحوظ ومتوقع للمناخ. وعلى سبيل المثال، يشكل تغير المناخ جزءاً من الاعتبارات المتعلقة بالتصميم في مشاريع البنية الأساسية من مثل سبل الحماية الساحلية في جزر الملديف، والوقاية من الفيضانات المفاجئة للبحيرات الجليدية في نيبال (انظر الإطار 5.4). [WGII 17.2, 17.5, 16.5]

وفي بعض أنحاء آسيا، يمكن أن يكون تحويل أراضي المحاصيل إلى غابات (أراضي عشبية)، واستعادة الغطاء النباتي وإعادة ترسيخه، وتحسين تنويعات الأشجار والأعشاب وانتقاء زراعة أنواع جديدة من المزروعات المقاومة للجفاف تدابير فعالة للوقاية من ندرة المياه بسبب تغير المناخ. ويمكن استخدام مخططات توفير المياه في الري من أجل تجنب ندرة المياه في المناطق التي تعاني بالفعل من الإجهاد المائي (Wang، 2003). وفي شمال آسيا، يحتمل أن تساعد إعادة تدوير المياه المستعملة التي توفرها البلديات وإعادة استعمالها (Frolov وآخرون، 2004) وتزايد كفاءة استخدام المياه للري والأغراض الأخرى (Alcamo وآخرون، 2004) في تفادي ندرة المياه. [WGII 10.5.2]

وهناك الكثير من تدابير التكيف التي يمكن تطبيقها في أنحاء مختلفة من آسيا لتقليل تأثيرات تغير المناخ على موارد المياه إلى أدنى حد، ويعالج عديد منها عدم الكفاءة القائم في استخدام المياه من مثل:

- تحديث نظم الري القائمة وإدارة الطلب الرامي إلى تعزيز الكفاءة المادية والاقتصادية في استخدام موارد المياه والمياه المعاد تدويرها في البلدان التي تعاني من الإجهاد المائي؛
- سياسات الاستثمار العمومية التي تحسن سبل الوصول إلى موارد المياه المتاحة، وتشجع الإدارة المتكاملة للمياه، واحترام البيئة،

ويتوقع حسب الإسقاطات أن تتخفض إتاحة المياه الإجمالية للفردي في الهند من نحو 1,820 متر مكعب/ سنوياً في عام 2001 إلى 1,140 متر مكعب/ سنوياً في عام 2050 نتيجة لزيادة السكان (Gupta and Deshpande، 2004). وتبين دراسة أخرى أن الهند ستصل إلى حالة الإجهاد المائي قبل عام 2025 حينما يتوقع أن تهبط إتاحة المياه إلى أقل من 1000 متر مكعب للفردي (CWC، 2001). وتعزى هذه التغيرات إلى عوامل مناخية وديمغرافية. ولا تعرف المساهمة النسبية لهذه العوامل. وسيقتضي النقص المتوقع في هطول المطر في الشتاء على شبه القارة الهندية تخزين كمية مياه أقل وزيادة الإجهاد المائي أثناء فترة الموسميات العجفاء. ويمكن أن ينتج أيضاً عن المطر الشديد الذي تقل أيام هطوله وينطوي على زيادة تواتر الفيضانات أثناء الموسميات الحد من تغذية المياه الجوفية. وسيكون توسع المناطق التي تعاني من الإجهاد المائي الشديد أحد أكثر المشاكل البيئية إلحاحاً في جنوب آسيا وجنوب شرقها في المستقبل المنظور، إذ يرجح أن يزداد عدد من يعيشون في ظل الإجهاد المائي الشديد زيادة كبيرة من حيث القيم المطلقة. ويقدر في إطار المجموعة الكاملة من سيناريوهات الانبعاثات SRES أن عدداً من الناس يتراوح بين 120 مليون و1.2 بليون نسمة وبين 185 مليون و981 مليون نسمة سيعاني من زيادة الإجهاد المائي بحلول عشرينات القرن الحادي والعشرين وخمسينات القرن الحادي والعشرين على التوالي (Arnell، 2004). ويتوقع حدوث انخفاض في التدفق السنوي للنهر الأحمر بنسب تتراوح بين 13 و19% ولنهر ميكونغ بنسب تتراوح بين 16 و24% بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين، وسيسهم ذلك في تزايد الإجهاد المائي (ADB، 1994). [WGII 10.4.2]

5.2.3.2 الطاقة

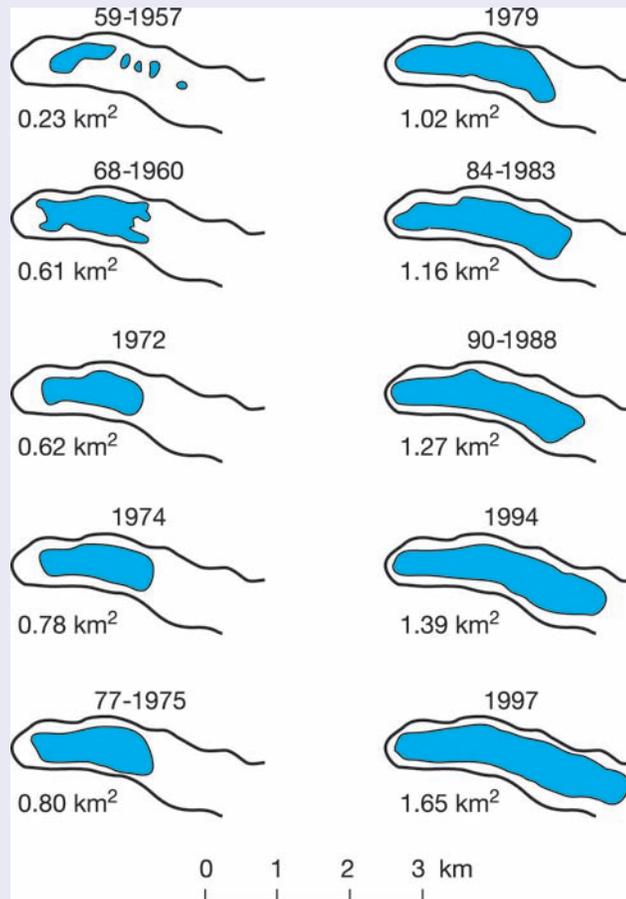
قد يترتب على التغيرات في الجريان أثر هام على إنتاج الطاقة في البلدان المولدة للطاقة الكهربائية المائية من مثل طاجيكستان وهي ثالث أكبر منتج للطاقة الكهربائية في العالم (البنك الدولي، 2002). [WGII 10.4.2]

5.2.3.3 الزراعة

يتوقع أن يزداد الطلب على الري اللازم للزراعة في المناطق الآسيوية القاحلة وشبه القاحلة بنسبة تبلغ على الأقل 10% بسبب ارتفاع في درجة الحرارة يبلغ درجة مئوية واحدة (Fischer وآخرون، 2002a؛ Liu، 2002). واستناداً إلى دراسة أجراها Tao وآخرون (2003b)، قد تواجه المحاصيل التي ترويه مياه الأمطار في سهول شمال الصين وشمال شرقها تحديات تتعلق بالمياه في العقود المقبلة بسبب حدوث زيادة في الطلب على المياه ونقص رطوبة التربة نتيجة للانخفاض المتوقع في هطول المطر. إلا أنه تجدر ملاحظة أن أكثر من ثلثي النماذج المجمع في الشكلين 2.8 و2.10 تظهر زيادة في هطول المطر والجريان في هذه المنطقة. وفي شمال الصين، يتوقع أن يلبي الري من مصادر المياه السطحية والمياه الجوفية نسبة 70% فقط من احتياجات الإنتاج الزراعي من الماء الأمر الذي يعود إلى آثار تغير المناخ وتزايد الطلب (Liu وآخرون، 2001؛ Qin، 2002). [WGII 10.4.1] ومن المحتمل أن تواصل زيادة التقلبية في السمات الهيدرولوجية تأثيرها على إمدادات الحبوب والأمن الغذائي في دول آسيوية كثيرة. [WGII 10.4.1.2]

الإطار 5.4: مشروع الحد من مخاطر بحيرة تشو رولبا الجليدية في نيبال باعتباره تكيفاً استباقياً ملحوظاً [WGII الإطار 17.1]

بحيرة تشو رولبا هي بحيرة جليدية كأننة على ارتفاع يبلغ نحو 4580 متراً في نيبال. وأدى تقلص النهر الجليدي إلى زيادة حجم البحيرة من 0.23 كيلومتر مربع في الفترة 1957-1958 إلى 1.65 كيلومتر مربع في عام 1997 (الشكل 5.6). وكانت كمية المياه التي تحتويها البحيرة آنذاك والتي تتراوح بين 90 و100 مليون متر مكعب من المياه محتجزة بفعل سد من ركام التراب والحجارة التي يجرفها النهر الجليدي، وينطوي ذلك على مخاطرة تتطلب إجراءات عاجلة للحد من مخاطر وقوع كارثة فيضان مفاجئ للبحيرة الجليدية (GLOF).



الشكل 5.6: التغيرات في مساحة بحيرة تشو رولبا بمرور الزمن.

وإذا حدث صدع وخرق للسد، فإن ثلث المياه أو أكثر يمكن أن يفيض في اتجاه مجرى النهر. ومن بين الاعتبارات الأخرى، يشكل ذلك مخاطر كبيرة على محطة الطاقة الكهرومائية في خمتي التي كانت قيد الإنشاء في اتجاه المصب. وقد حفزت هذه الشواغل حكومة نيبال بدعم من جهات مانحة دولية على بدء تنفيذ مشروع في عام 1998 لخفض مستوى مياه البحيرة من خلال الصرف. وأوصى فريق خبراء أنه للحد من مخاطر حدوث فيضان مفاجئ للبحيرة الجليدية GLOF ينبغي خفض مستوى البحيرة بمقدار ثلاثة أمتار من خلال شق قناة في السد الركامي. ومن خلال إنشاء بوابة لإتاحة التحكم في إطلاق المياه. وفي غضون ذلك، أنشئ نظام للإنذار المبكر في تسعة عشر قرية في اتجاه مصب النهر إذا ما حدث فيضان مفاجئ للبحيرة الجليدية تشو رولبا على الرغم من هذه الجهود. وشارك القرويون المحليون بشكل فعال في تصميم النظام. وتنفذ عمليات حفر لتوفير السلامة بصفة دورية. وفي عام 2002 استكمل مشروع البناء الذي استغرق 4 سنوات بتكلفة بلغت 3.2 مليون من دولارات الولايات المتحدة. ومن الواضح، أن الحد من مخاطر الفيضان المفاجئ للبحيرة الجليدية يتطلب تكاليف كبيرة، كما أنه يستغرق وقتاً، إذ إن الوقاية الكاملة من هذا الفيضان المفاجئ يتطلب مزيداً من الصرف لخفض مستوى مياه البحيرة.

ينبغي النظر إلى حالة بحيرة تشو رولبا في سياق عام. وقد زاد تواتر الفيضانات المفاجئة للبحيرات الجليدية (GLOFs) في جبال الهيمالايا في نيبال وبوتان والتبت من 0.38 حدث/سنوياً في خمسينيات القرن العشرين إلى 0.54 حدث/سنوياً في تسعينيات القرن ذاته [WGII 1.3.1.1]

المصادر: Mool وآخرون، (2001)، منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (Shrestha and Shrestha (2004)، (OECD) (2003).

5.3 أستراليا ونيوزيلندا

5.3.1 السياق

على الرغم من الاختلاف الشديد بين أستراليا ونيوزيلندا من الناحية الهيدرولوجية والبيولوجية فإنهما تكادان بالفعل تأثيرات تغير المناخ على إمدادات المياه مؤخرًا بسبب التقلبية الطبيعية والنشاط البشري. وأقوى محرك إقليمي لتقلبية المناخ الطبيعية هو دورة ظاهرة النينو/التذبذب الجنوبي (الفرع 2.1.7). ومنذ عام 2002، فإن جميع ولايات أستراليا الشرقية والمنطقة الجنوبية – الغربية من أستراليا قد أصابها الجفاف. وتُقدّر نوبة الجفاف هذه على الأقل بما يسمى بـ «حالة جفاف الاتحاد» في عامي 1895 و1902، وقد أثارت جدلاً كبيراً بشأن تغير المناخ وتأثيره على موارد المياه والإدارة المستدامة للمياه. [WGII 11.2.1, 11.2.4]

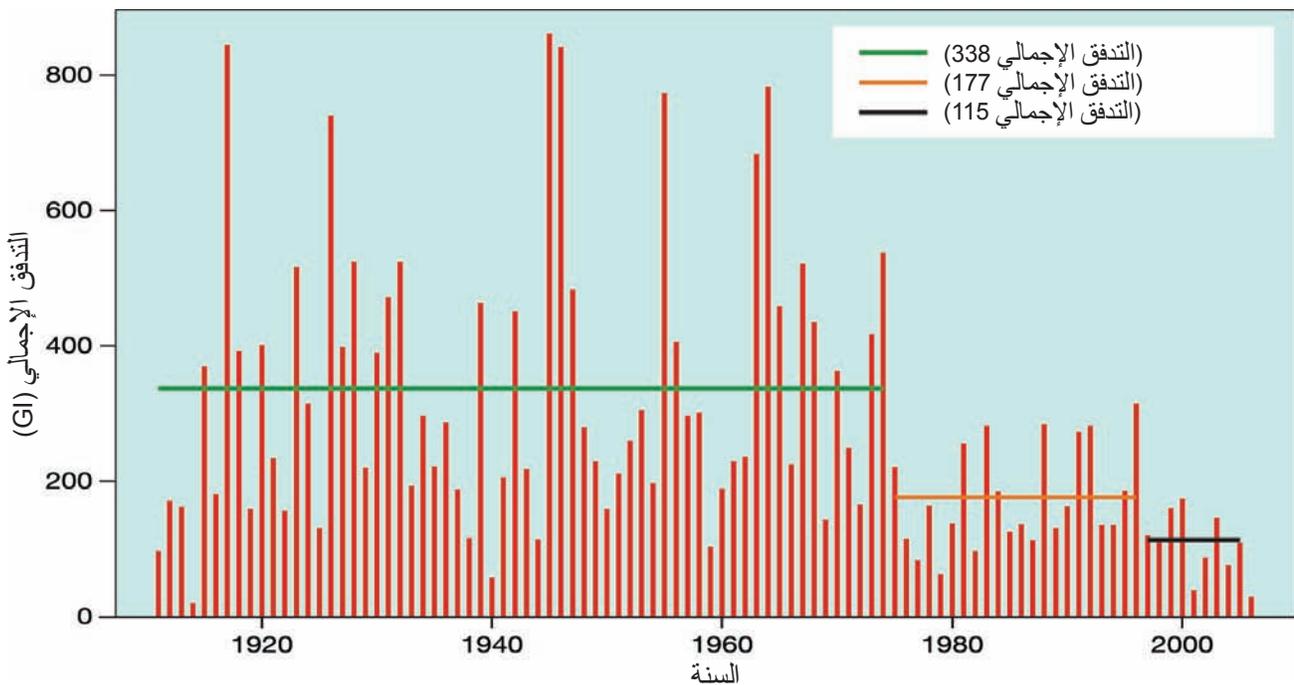
ومارست الزيادة المستمرة في الطلب على الماء إجهاداً للقدرة على إمداد المياه للري والمدن والصناعة والتدفقات البيئية. وكان ازدياد الطلب منذ ثمانينات القرن العشرين في نيوزيلندا راجعاً إلى التكثيف الزراعي. (Woods and Howard-Williams، 2004). وزادت مساحة الأراضي المروية في نيوزيلندا بنسبة بلغت حوالي 55% في كل عقد منذ ستينات القرن العشرين (Lincoln Environmental، 2000). وفي الفترة من عام 1985 إلى عام 1996، زاد الطلب على المياه في أستراليا بنسبة 65% (التقييم الوطني للأراضي وموارد المياه في أستراليا) (NLWRA، 2001). وفي أستراليا، فإن ملوحة الأراضي الجافة، وتغير تدفقات الأنهار، وفرط توزيع موارد المياه وعدم الكفاءة في استخدامها، وتهيئة الأرض للزراعة وتكثيف الزراعة وتشدد النظم الإيكولوجية تشكل جميعاً مصادر رئيسية للإجهاد البيئي (SOE، 2001؛ Cullen، 2002). وفي سياق تغير المناخ المُسقط، تشكل إمدادات المياه

وتشجع اتباع ممارسات أفضل فيما يتعلق بالاستخدام الحساس للمياه في الزراعة؛

- استخدام المياه لتلبية الطلبات على المياه غير الصالحة للشرب وبعد معالجة المياه، يمكن للمياه المعاد تدويرها أن تستخدم أيضاً في إنشاء أو تعزيز الأراضي الرطبة والموائل على ضفاف الأنهار. [WGII 10.5.2]

وستواصل مختلف القيود الإيكولوجية والاجتماعية والاقتصادية والفنية والمؤسسية والسياسية الحد من التكيف الفعال ومن القدرة على التكيف، وخصوصاً في البلدان الآسيوية النامية. وتشكل إعادة تدوير المياه نهجاً مستداماً تجاه التكيف مع تغير المناخ، ويمكن أن تكون فعالة بالقياس إلى التكلفة في الأجل الطويل. إلا أن معالجة المياه المستعملة من أجل إعادة استعمالها الذي يمارس حالياً في سنغافورة، وإقامة نظم للتوزيع، يمكن أن تكون في البداية مكلفة مقارنة بالبدائل الخاصة بالتزود بالمياه من مثل استخدام المياه المستوردة أو المياه الجوفية. ومع ذلك، فإن هذه البدائل يمكن أن تكون خيارات هامة للتكيف في بلدان آسيوية كثيرة.

ويمكن ممارسة الحد من هدر المياه وتسربها بغية الحد من تناقص إمدادات المياه بسبب انخفاض مستوى هطول المطر وحدوث ارتفاع في درجات الحرارة. ويمكن أن يكون استخدام النهج الموجهة نحو السوق للحد من التبذير في استخدام المياه فعالاً أيضاً في الحد من التأثيرات السيئة لتغير المناخ على موارد المياه. وفي أنهار من مثل الميكونغ التي يتوقع بالنسبة لها أن يزداد تصريف المياه في الفصل الرطب وأن تنقص التدفقات في الفصل الجاف، فإنه يمكن للتدخلات المخططة لإدارة المياه من مثل السدود والمستودعات أن تنقّص على نحو هامشي تدفقات الفصل الرطب وأن تزيد تدفقات الفصل الجاف زيادة كبيرة. [WGII 10.5.2, 10.5.7]



الشكل 5.7: التدفقات السنوية الداخلة إلى شبكة إمدادات المياه في برت في الفترة من 1911 إلى 2006. وتظهر الخطوط الأفقية المتوسطة المتوسطة المصدر: http://www.watercorporation.com.au/D/dams_streamflow.cfm (مقدم مجاملة من شركة مياه غرب أستراليا). [WGII الشكل 11.3]

يعرف إلا القليل عن التأثيرات التي تحدث بالنسبة للمياه الجوفية في أستراليا في المستقبل. [WGII 11.4.1]

إحدى أضعف القطاعات في أستراليا كما يتوقع أن تكون قضية رئيسية في أجزاء من نيوزيلندا. [WGII 11.ES, 11.2.4, 11.7]

5.3.2 التغيرات المرصودة

وفي نيوزيلندا، من المرجح جداً أن يحدث على نحو تناسبي قدر أكبر من الجريان في أنهار الجزر الجنوبية في الشتاء وقد أقل من الجريان في الصيف (Woods and Howard-Williams، 2004) ومن المرجح جداً أن يؤدي ذلك إلى توفير مزيد من المياه لتوليد الطاقة الكهربائية المائية أثناء فترة ذروة الطلب في الشتاء، وإلى تقليل الاعتماد على بحيرات التخزين المائي من أجل نقل القدرة على التوليد إلى الشتاء التالي. إلا أنه من المحتمل أن تعاني الصناعات التي تعتمد على الري (على سبيل المثال صناعات منتجات الألبان، وإنتاج الحبوب، والبستنة) من آثار سلبية بسبب انخفاض إتاحة المياه في الربيع والصيف، وهما وقت ذروة الطلب. ومن المرجح أن يزداد تواتر الجفاف في المناطق الشرقية مع احتمال وقوع خسائر في الإنتاج الزراعي من الأراضي غير المروية (Mullan وآخرون، 2005). والواقع إن آثار تغير المناخ على تواتر الفيضانات والجفاف مؤكدة افتراضياً، وتتشكل بفعل مراحل ظاهري النينو ENSO وتذبذب المحيط الهادئ فيما بين العقود IPO (McKerchar and Henderson، 2003). وقد ادخر مستجمع المياه الجوفية الخاص بمدينة أوكلاند طاقته لتلائم التغذية في إطار جميع السيناريوهات التي بحثت (Mamjou وآخرون، 2006). ومن غير المرجح إلى حد كبير جداً أن تتعرض للخطر التدفقات الأساسية في المجاري المائية الرئيسية والينابيع إلا إذا حدث الجفاف لسنوات كثيرة متتابعة. [WGII 11.4.1.1]

شهدت المنطقة التي يسودها هطول المطر في الشتاء في جنوب غرب أستراليا وغربها انخفاضاً هاماً في معدل هطول المطر في الفترة من شهر أيار/مايو إلى شهر تموز/يوليو منذ منتصف القرن العشرين. وكانت آثار هذا الانخفاض على الجريان الطبيعي شديدة حسبما دلت على ذلك نسبة هبوط تدفقات مجرى النهر السنوية إلى الخزانات التي تغذي مدينة برت بنسبة 50% (الشكل 5.7). وفرصت ضغوط مماثلة على موارد المياه الجوفية المحلية والأراضي الرطبة. وصحبت ذلك زيادة بنسبة 20% في الاستخدام المنزلي للمياه خلال عشرين عاماً، وزيادة للسكان بلغت 1.7 في المائة سنوياً (المبادرة بشأن مناخ المحيط الهندي IOCI، 2002). ولئن كانت لم تتح دراسات رسمية عن عزو الأسباب المعنية وقت إصدار تقرير التقييم الرابع AR4، فإن محاكاة المناخ بينت على الأقل أن بعض الجفاف المرصود يتعلق بازدياد ظاهرة الدفيئة (IOCE، 2002). وفي السنوات الأخيرة، نشأ جفاف شديد على مدى سنوات متعددة في الأجزاء الشرقية من أستراليا وفي أجزاء أخرى من جنوبها. وعلى سبيل المثال، كان التدفق الإجمالي الداخل لمجرى نهر موراي على مدى السنوات الخمس السابقة لعام 2006 أخفض مستوى خلال خمس سنوات متعاقبة. [WGII 11.6]

5.3.3.2 الطاقة

يمكن لتغير المناخ أن يؤثر في أستراليا ونيوزيلندا على إنتاج الطاقة في المناطق التي يؤدي فيها انخفاض إمدادات المياه بفعل المناخ إلى انخفاض كمية مياه التغذية اللازمة لتوربينات الطاقة المائية، وماء التبريد اللازم لوحدات الطاقة الحرارية. ومن المرجح جداً في نيوزيلندا، أن تؤدي زيادة سرعة الرياح الغربية إلى زيادة توليد الرياح وانسكاب الهطول في المستجمعات المائية الرئيسية في الجزر الجنوبية، وزيادة الأمطار الشتوية في مستجمع ويكاتو Waikato (وزارة البيئة، 2004). ومن المؤكد فعلاً أن يؤدي الاحترار إلى زيادة ذوبان الثلوج، وتؤدي نسبة هطول المطر إلى التساقط الثلجي، والتدفقات النهرية في الشتاء وأوائل الربيع. ومن المرجح أن يساعد هذا في توليد الطاقة الكهربائية المائية في وقت ذروة الطلب على الطاقة من أجل التدفئة. [WGII 11.4.10]

5.3.3.3 الصحة

من المرجح أن تحدث تغيرات في النطاق الجغرافي لبعض الأمراض المعدية التي يحملها البعوض، من مثل مرض روس ريفر وحمى الدنك والملاريا وفي موسمية انتشار هذه الأمراض. ومن المرجح أن تؤدي أحداث هطول المطر الأقل عدداً لكن الأشد غزارة إلى التأثير على تقييس البعوض وزيادة النقلية في المعدلات السنوية للإصابة بمرض روس ريفر، وخصوصاً في المناطق المعتدلة وشبه القاحلة (Woodruff وآخرون، 2002، 2006). وتمثل حمى الدنك خطراً أساسياً في أستراليا؛ فمناخ أقصى الشمال يساعد على زيادة ناقل المرض بالفعل، وهو البعوضة Aedes aegypti (الناقلة الرئيسية لفيروس حمى الدنك)، كما حدثت تفشيات لحمى الدنك مع تزايد تواتر الهطول وكميته في أقصى شمال أستراليا على مدى العقد الماضي. ومن غير المحتمل أن تتوطد

5.3.3 التغيرات المُسقطّة

5.3.3.1 المياه

من المحتمل تماماً أن تزداد مشاكل الأمن المائي الحالية بحلول عام 2030 في جنوب أستراليا وشرقها وفي الأجزاء من شرق نيوزيلندا البعيدة عن الأنهار الرئيسية. [WGII 11.ES] ويعتبر حوض نهر موراي دارلنغ أكبر حوض نهري في أستراليا وهو يغذي نحو 70% من زراعة المحاصيل المروية والمراعي (MDBC، 2006). وبالنسبة لسيناريو هي الانبعاثات B1 و SRES A1 وطائفة واسعة من نماذج الدوران العام (JCMs)، يتوقع وفقاً للإسقاطات أن ينخفض تدفق مجرى النهر في الحوض بنسب تتراوح بين 10% و 25% بحلول عام 2050، وبنسب تتراوح بين 16% و 48% بحلول عام 2100، مع حدوث تغيرات في الملوحة تبلغ 8- إلى 19+ و - 25 إلى + 72% على التوالي (Beare and Heaney، 2002). [الجدول 1.1.0.5] ويتوقع أن ينخفض الجريان في 29 مستجماً فيكتورياً للمياه بنسب تتراوح بين 0 و 45% (Jones and Durack، 2005). وبالنسبة لسيناريو ألف 2، تشير الإسقاطات إلى حدوث انخفاض بنسب تتراوح بين 6 و 8% في الجريان السنوي في معظم شرق أستراليا، وبنسبة تبلغ 14% في جنوب غرب أستراليا في الفترة 2021-2050 القريبة والمتناسبة مع الفترة من 1961 إلى 1990 (Chiew وآخرون، 2003). وأظهر تقييم المخاطر بالنسبة لمدينة ملبورن باستخدام 10 نماذج للمناخ (موجهة من سيناريوهات الانبعاثات باء 1 وألف 1 و SRES B1، و A1F و A1B) متوسط انخفاض في تدفق المياه في مجرى النهر يتراوح بين 3 و 11% بحلول عام 2020، وبين 7 و 35% بحلول عام 2050؛ إلا أن التخطيط بالنسبة لجانب الطلب والإجراءات المتخذة في جانب العرض يمكن أن تخفف من نقص المياه حتى عام 2020 (Howe وآخرون، 2005). ولا

الاجتماعي. [WGII 11.7] ومن المرجح أن تتعرض الصناعات القائمة على المحاصيل والصناعات الزراعية الأخرى التي تعتمد على الري لمخاطر عندما تنخفض إتاحة المياه المخصصة للري. فبالنسبة للذرة في نيوزيلندا، يقلل خفض مدة النمو حاجة المحصول إلى المياه، ويتيح تزامناً أوثق مع تطور الأحوال المناخية الفصلية (Sorensen وآخرون، 2000). ويحتمل أن يتغير توزيع زراعة الكروم في كلا البلدين رهناً بالملاءمة مقارنة بالمراعي ذات المردود العالي والحراجه، ورهناً بإتاحة مياه الري وتكاليفها (Hood وآخرون، 2002؛ Veltman و Miller، 2004؛ Jenkins، 2006). [WGII 11.4.3]

5.3.3.5 التنوع الأحيائي

يحتمل أن تكون تأثيرات تغير المناخ على هيكل كثير من النظم الإيكولوجية الطبيعية وعملها وعلى تكوين الأنواع الكائنة فيها، تأثيرات هامة بحلول عام 2020، ومن المؤكد فعلاً أن تؤدي إلى تفاقم الإجهادات القائمة مثل الأنواع الغازية وفقدان الموئل (على سبيل المثال للتطوير المهاجرة)، وزيادة احتمال انقراض الأنواع، وتدهور كثير من النظم الطبيعية، وأن تسبب نقصاً في خدمات النظم الإيكولوجية فيما يتعلق بإمدادات المياه. وسيتفاعل تأثير تغير المناخ على موارد المياه أيضاً مع عوامل إجهاد أخرى من مثل الأنواع الغازية، وتنشيط الموئل. ومن المرجح جداً أن

الملايا ما لم يحدث تدهور هائل في الاستجابة الصحية العمومية (McMichael وآخرون، 2003). [WGII 11.4.11]

وتشكل وفرة المغذيات مشكلة رئيسية فيما يتعلق بنوعية المياه (Davis، 1997؛ SOE، 2001). ومن المرجح أن يظهر تكاثر الطحالب السمية على نحو أكثر تواتراً ولمدد أطول بسبب تغير المناخ. ويمكن لهذه الطحالب أن تشكل خطراً على صحة البشر سواء فيما يتعلق بالاستجمام أو الاستخدام الاستهلاكي للمياه، ويمكنها أن تقتل الأسماك والمواشي والواجن (Falconer، 1997). ويمكن لإستراتيجيات إدارة التكيف البسيطة المتعادلة من حث الموارد من مثل إستراتيجية التدفقات الفجائية، أن تقلل نسبة ظهور هذه الطحالب السمية ويقائها إلى حد كبير في الكتل المائية (مثل البحيرات والأنهار) الثرية بالغذاء والمتراصة حرارياً (Viney وآخرون، 2003). [WGII 11.4.1]

5.3.3.4 الزراعة

من المرجح جداً حدوث تحولات واسعة في التوزيع الجغرافي للزراعة وخدماتها. ومن المرجح أن تصبح زراعة الأراضي الحدية الهامشية في المناطق الأكثر جفافاً غير مستدامة بسبب نقص المياه والمخاطر الجديدة على الأمن الأحيائي، والتدهور البيئي والاضطراب

الجدول 5.2: أمثلة لإستراتيجيات تكيف حكومية للتصدي لنقص المياه في أستراليا. [WGII الجدول 11.2]، يرجى ملاحظة أن الأرقام الخاصة بالاستثمار كانت دقيقة وقت إرسال تقرير التقييم الرابع للطبع في عام 2007، بيد أنها لا تعكس التطورات اللاحقة.

المصدر	الاستثمار	الإستراتيجية	حكومة
دائرة الزراعة ومصائد الأسماك والحراجه DAFF، 2006b	0.7 بليون دولار أمريكي من 2001 إلى 2006	مدفوعات معونة الجفاف المقدمة إلى المجتمعات الريفية	أستراليا
دائرة الزراعة ومصائد الأسماك والحراجه DAFF، 2006a	1.5 بليون دولار أمريكي من 2004 إلى 2009	المبادرة الوطنية بشأن المياه التي يدعمها صندوق المياه الأسترالي	أستراليا
دائرة شؤون رئيس الوزراء ومكتبه DPMC، 2004	0.4 بليون دولار أمريكي من 2004 إلى 2009	الاتفاق بشأن مياه حوض موراي - دارلنغ	أستراليا
مرفق مياه ملبورن، 2006	22.5 مليون دولار أمريكي بحلول عام 2012	وحدة المعالجة لشرق ملبورن من أجل الإمداد بالمياه المعاد تدويرها	فيكتوريا
مكتب رئيس وزراء فيكتوريا، 2006	153 مليون دولار أمريكي بحلول عام 2015	خط أنابيب جديد من بنديغو إلى بالارات، إعادة تدوير للمياه، إنشاء وصلات بين السدود، خفض النر من القنوات، اتخاذ تدابير لصون المياه	فيكتوريا
دائرة الاستدامة والبيئة Vic DSE، 2006	376 مليون دولار أمريكي بحلول عام 2010	حلول خط أنابيب ويميرا مالي محل قنوات الري المكشوفة	فيكتوريا
دائرة الطاقة والمرافق العامة والاستدامة في نيوزاوث ويلز DEUS، 2006	98 مليون دولار أمريكي للجولة 3، ثم تقديم أكثر من 25 مليون دولار أمريكي إلى مشروع آخر	مساعدة صندوق توفير المياه للمشاريع التي توفر المياه، أو تعيد تدويرها في سيدني	نيوساوث ويلز
حكومة كوينزلاند، 2005	يشمل 182 مليون دولار أمريكي للبنية الأساسية للمياه في جنوب شرق كوينزلاند، و302 مليون دولار أمريكي لبرامج بنية أساسية أخرى	خطة قديمة بشأن المياه من عام 2005 إلى عام 2010 لتحسين كفاءة استخدام المياه ونوعيتها، وإعادة تدوير المياه، والتأهب للجفاف، والتسعير الجديد للماء	كوينزلاند (Qld)
حكومة جنوب أستراليا، 2005	غير متاح	مشروع أدبلايدي للصمود للماء وهو مخطط لإدارة موارد المياه وصونها وتطويرها في أدبلايدي حتى عام 2025	جنوب أستراليا
حكومة غرب أستراليا 2003، شركة المياه، 2006	أنفقت شركة المياه WA 500 مليون دولار أمريكي من عام 1996 إلى عام 2006 ثم 290 مليون دولار أمريكي من أجل وحدة إزالة الملوحة في برت	إستراتيجية المياه في الولاية (2003) وخطة الولاية المقترحة للمياه ضاعفت شركة المياه WA إمدادات المياه من عام 1996 إلى عام 2006	غرب أستراليا

5.4 أوروبا

5.4.1 السياق

أوروبا قارة مزودة جيداً بالمياه فليها أُنهار عديدة دائمة الجريان يتدفق كثير منها من الجزء الأوسط من القارة. ولديها أيضاً مناطق واسعة ذات تضاريس منخفضة. والأنماط الرئيسية للمناخ في أوروبا هي أنماط بحرية وعابرة وقارية وقطبية بالإضافة إلى مناخ البحر الأبيض المتوسط؛ وأنماط الغطاء النباتي الرئيسية هي التندرا والتايجا الصنوبرية (الغابة الشمالية)، والغابة النفضية المختلطة، والسهوب، ونمط البحر الأبيض المتوسط. وجزء كبير نسبياً من أوروبا مزروع، ويصنف نحو ثلث مساحتها بأنه أراضٍ صالحة للزراعة، والحبوب هي المحاصيل الغالبة عليها. [WGII TAR 13.1.2.1]

وتتسم حساسية أوروبا تجاه تغير المناخ بأن لها تدرجاً مميزاً من الشمال إلى الجنوب، وتشير دراسات كثيرة إلى أن جنوب أوروبا سيكون هو الأشد تضرراً بكثير. (EEA، الوكالة الأوروبية للبيئة 2004). ويتوقع أن يصبح مناخ جنوب أوروبا الحار وشبه القاحل بالفعل أكثر حرارة وجفافاً مما يهدد مجاريه المائية، والطاقة الكهربائية المائية، والإنتاج الزراعي، ومحاصيل الأشجار. ويتوقع حسب الإسقاطات أن يتناقص هطول المطر في وسط أوروبا وشرقها مسبباً زيادة في الإجهاد المائي. وتتسم البلدان الشمالية بسرعة تأثرها أيضاً بتغير المناخ، وإن كان يمكن في المراحل الأولى للاحتراز أن تتحقق بعض المنافع من حيث، على سبيل المثال، زيادة غلة المحاصيل ونمو الغابات. [WGII 12.2.3، ملخص لصانعي السياسات]

وتتعلق ضغوط بيئية رئيسية بالتنوع الأحيائي، وشكل صفحة الأرض، وتدهور التربة والأراضي، وتدهور الغابات، ومصادر الخطر الطبيعية، وإدارة المياه، والبيئات الخاصة بالاستجمام. ومعظم النظم الإيكولوجية في أوروبا مُدار أو شبه مُدار؛ وغالباً ما تكون هذه النظم مجزأة أو تعاني من الإجهاد من التلوث وغيره من التأثيرات البشرية المنشأ الأخرى. [WGII TAR 13.1.2.1 تقرير التقييم الثالث]

5.4.2 التغيرات المرصودة

زاد متوسط هطول المطر في الشتاء خلال الفترة 1946-1999 في معظم أوروبا المطلة على المحيط الأطلسي، وشمال أوروبا (Klein Tank وآخرون، 2002)، ويفسر هذا جزئياً في سياق تغيرات شمال المحيط الأطلسي NAW الشتوية (Scaife وآخرون، 2005). وفي منطقة البحر الأبيض المتوسط كانت اتجاهات الهطول السنوية خلال الفترة 1950-2000 سلبية في الجزء الشرقي (Norrant and Douguédroit، 2006). ويلاحظ حدوث زيادة في متوسط الهطول لليوم الممطر في معظم أنحاء القارة، حتى في بعض المناطق التي تزداد جفافاً (Frich وآخرون، 2002؛ Klein Tank وآخرون، 2002؛ Alexander وآخرون، 2006). ونتيجة لهذه التغيرات وغيرها في النظم الهيدرولوجية والحرارية (قارن Auer وآخرون، 2007)، تم توثيق تأثيرات ملحوظة في قطاعات أخرى، يرد بعضها في الجدول 5.3. [WGII 12.2.1 الفصل 3]

يؤدي اقترام الماء المالح نتيجة لارتفاع مستوى سطح البحر إلى تغيير تشكيل الأنواع في موائل المياه العذبة بما يترتب على ذلك من تأثيرات على مصائد الأسماك في مصبات الأنهار والسواحل (Bunn and Arthington، 2002؛ Hall and Burns، 2002؛ Herron وآخرون، 2002؛ Schallenberg وآخرون، 2003). [WGII 11.ES, 11.4.2]

5.3.4 التكيف وسرعة التأثير

يمكن للتكيف المخطط أن يحد من سرعة التأثير بدرجة كبيرة، وتكمن الفرص المتاحة في هذا الصدد في إدراج المخاطر الناجمة عن تغير المناخ في جانب الطلب كما في جانب العرض، على حد سواء (Allen Consulting Group، 2005). وفي مدن كبرى من مثل برت وبريسبين وسيدني وملبورن وأديلايد وكانبيريا وأوكلاند، تدفع الشواغل المتعلقة بالضغوط السكانية والجفاف الجاري في جنوب أستراليا وشرقها، وتأثير تغير المناخ، القائمين بالتخطيط فيما يتعلق بالمياه إلى بحث مجموعة من خيارات التكيف. ولئن كان بعض التكيف حدث بالفعل استجابة للتغير الملحوظ في المناخ (على سبيل المثال: القيود المطردة على المياه، وإعادة تدوير المياه، وإزالة ملوحة ماء البحر) (انظر الجدول 5.2) [WGII الجدول 11.2، 11.6]، فإن كلا البلدين اتخذتا خطوات ملحوظة في بناء القدرة على التكيف من خلال زيادة الدعم لأنشطة البحوث والمعرفة، وتوصيل تقييمات مخاطر تغيير المناخ إلى صناعات القرار، وإدماج قضية تغير المناخ في السياسات والخطط العامة، وإذكاء الوعي بها، ومعالجة قضايا المناخ معالجة أكثر فعالية. إلا أنه تظل هناك عوائق بيئية واقتصادية ومعلوماتية واجتماعية وموافقية وسياسية أمام تنفيذ التكيف. [WGII 11.5]

وفي المجتمعات الكائنة في المناطق الحضرية، يمكن استعمال المياه الناجمة عن العواصف وإعادة التدوير لزيادة عرض المياه وإن كانت الترتيبات المؤسسية القائمة والنظم الفنية لتوزيع المياه تقيد التنفيذ. وبالإضافة إلى ذلك، هناك مقاومة مجتمعية لاستعمال المياه المعاد تدويرها في الاستهلاك البشري (مثلاً في مدن من مثل توومبا في كوينزلاند وغولبورن في نيو ساوث ويلز). ويشكل إنشاء صهاريج لحفظ مياه المطر استجابة أخرى من أجل التكيف، ويتم حالياً متابعته بشكل نشط من خلال سياسات للحوافز وعمليات خصم. وبالنسبة للأنشطة الريفية، تلزم ترتيبات أكثر مرونة للتوزيع عن طريق توسيع أسواق المياه حيث يمكن للاتجار أن يزيد كفاءة استخدام المياه (Beare and Heanez، 2002). ويتحقق تقدم كبير في هذا الصدد. وفي إطار المبادرة الوطنية للمياه، تلتزم الولايات والأقاليم والحكومة الأسترالية حالياً بمتابعة تنفيذ أفضل ممارسات تسعير المياه والترتيبات المؤسسية اللازمة لتحقيق الاتساق في عملية التسعير المتعلقة بالمياه. [WGII 11.5]

وعندما تقترن تأثيرات تغير المناخ باتجاهات أخرى غير مناخية تترتب على ذلك بعض الآثار الخطيرة على الاستدامة في أستراليا ونيوزيلندا، على السواء. وفي بعض مستجمعات الأنهار، حيث تجاوز ازدياد الطلب على الماء في المناطق الحضرية والريفية مستويات العرض المستدامة بالفعل، فإن إستراتيجيات التكيف الجارية والمقترحة [WGII 11.2.5] يرجح أن تحتاج إلى بعض الوقت لتحقيق فعاليتها. ومن المرجح أن يتطلب استمرار معدلات التنمية الساحلية تخطيطاً وتنظيماً أشد إحكاماً إذا أُريد أن تظل استدامة هذه التطورات. [WGII 11.7]

الجدول 5.3: عزو التغيرات التي حدثت مؤخراً في النظم الإيكولوجية الطبيعية والمدارة إلى الاتجاهات التي ظهرت مؤخراً في درجات الحرارة والهطول. [مختارة من الجدول 12.1 WGII]

المنطقة/	التغير المرصود	المرجع
النظم الإيكولوجية		
جبال Fennos الكندية ومنطقة شمال أركتيكا البحرية	اختفاء بعض أنواع الأراضي الرطبة (palsa mires) في لابلاند؛ زيادة ثراء الأنواع وتواتر الهطول عند حد الارتفاع الملائم لحياة النبات	Klanderud and Birks، 2003؛ Luoto وآخرون، 2004
الزراعة		
أجزاء من شمال أوروبا	زيادة إجهاد المحاصيل أثناء فصول الصيف الأشد حرارة وجفافاً؛ زيادة المخاطر على المحاصيل من البرد	Viner وآخرون، 2006
الغلاف الجليدي		
روسيا	تناقص شُمك وامتداد مساحة التربة دائمة التجمد (التربة الصقيعية) وإلحاق أضرار بالبنية الأساسية	Frauenfeld وآخرون، 2004؛ Mazhitova وآخرون، 2004
جبال الألب	تناقص في الغطاء الثلجي الفصلي (في الارتفاعات المنخفضة)	Latemser and Schneebeli، 2003؛ Martin and Etchevers، 2005
أوروبا	تناقص في حجم الأنهار الجليدية ومساحتها (باستثناء بعض الأنهار الجليدية في النرويج)	Hoelzle وآخرون، 2003

وآخرون، 2007). وفي غضون ذلك، يتوقع أن يتناقص الجريان في جنوب أوروبا (جنوب خط العرض 47 درجة شمالاً) بنسب تتراوح بين 5 و23% حتى عشرينات القرن الحادي والعشرين 2020s وبنسب تتراوح بين 6 و36% حتى سبعينات القرن ذاته 2070s (بالنسبة لمجموعة الافتراضات ذاتها). ويحتمل أن تقل تغذية المياه الجوفية في وسط أوروبا وشرقها (Eitzinger وآخرون، 2003)، مع حدوث قدر أكبر من نقصان هذه المياه في الأودية (Krüger وآخرون، 2002). والأراضي المنخفضة، على سبيل المثال في السهوب الهنغارية (Somlyódy، 2002). [الشكل 12.1.1، WGII، الشكل 12.1.1]

وتزداد موسمية التدفقات، بازدياد التدفقات في موسم ذروة التدفقات، ونقصان التدفقات في موسم انخفاض التدفقات أو امتداد نوبات الجفاف (Arnell، 2003، 2004). [WGII 3.4.1] وتظهر الدراسات زيادة في التدفقات الشتوية ونقصاناً في التدفقات الصيفية في نهر الراين (Middekoop and Kwadijk، 2001)، والأنهار السلوفاكية (Szolgyay وآخرون، 2004)، ونهر الفولجا، وأنهار أوروبا الوسطى والشرقية (Oltchev وآخرون، 2002). ويتوقع بدءاً، أن يؤدي تراجع الأنهار الجليدية إلى زيادة التدفقات الصيفية في أنهار مناطق الألب. ومع ذلك، عندما تنقلص الأنهار الجليدية، يتوقع أن تنخفض التدفقات الصيفية (Hock وآخرون، 2005). بنسب تصل إلى 50% (Zierl and Bugmann، 2005). ويتوقع أن ينقص التدفق المنخفض في الصيف بنسب تصل إلى 50% في أوروبا الوسطى (Eckhardt and Ulbrich، 2003) وبنسب تصل إلى 80% في بعض أنهار جنوب أوروبا (Santos وآخرون، 2002). [WGII 12.4.1]

وأكثر المناطق تعرضاً لحدوث زيادة في مخاطر الجفاف هي منطقة البحر الأبيض المتوسط وبعض أجزاء أوروبا الوسطى والشرقية حيث يتوقع أن تحدث أكبر زيادة في الطلب على مياه الري (Doll، 2002؛ Donevska and Dodeva، 2004). ويتطلب ذلك وضع تخطيط لاستخدام الأراضي المستدام. ويتوقع أن تصبح احتياجات الري كبيرة في بلدان (مثل أيرلندا) حيث بالكاد توجد هذه المياه (Holden وآخرون، 2003). ومن المحتمل

5.4.3 التغيرات المُسقطَة

5.4.3.1 المياه

يزداد متوسط الهطول السنوي المُسقط في شمال أوروبا بوجه عام، وبالنسبة لجميع السيناريوهات، ويتناقص كلما اتجهنا جنوباً. إلا أن التغير في الهطول يختلف اختلافاً كبيراً من فصل إلى فصل، وعبر المناطق استجابة للتغيرات في الدوران الواسع النطاق، وحمل بخار الماء. ويُسقط مشروع Räisänen وآخرون (2004) أن الهطول الصيفي سينقص بصورة جوهرية (في بعض المناطق بنسبة 70% في السيناريو ألف 2 A2 من التقرير الخاص بسيناريوهات الانبعاثات للهيئة SRES (IPCC) في جنوب أوروبا ووسطها، وبدرجة أصغر في وسط اسكندنافيا. وحدد غريغوري Grigori وآخرون (2004) تزايد دوران صديد الإعصار في الصيف فوق منطقة شمال شرق الأطلسي الذي يستحث منضغطاً فوق أوروبا الغربية وأخدوداً فوق أوروبا الشرقية. ويحرف هذا الهيكل المانع العواصف نحو الشمال مسبباً تناقصاً كبيراً وواسع الانتشار في الهطول (يصل إلى نسبة تتراوح بين 30 و45%) فوق حوض البحر الأبيض المتوسط وأوروبا الغربية والوسطى. [WGII 12.3.1.1؛ 11.1 الجدول 11.1]

ومن المتوقع حسب الإسقاطات أن يكون لتغير المناخ تأثيرات على موارد المياه (الجدول 5.3). وأن يزداد الجريان السنوي في المحيط الأطلسي وشمال أوروبا (Werritty، 2001؛ Andréasson وآخرون، 2004)، وأن ينقص في أوروبا الوسطى والبحر الأبيض المتوسط وأوروبا الشرقية (Chang وآخرون، 2002؛ Etchevers وآخرون، 2002؛ Menzel and Bürger، 2002؛ Iglesias وآخرون، 2005).

ويتوقع حسب الإسقاطات أن يزداد متوسط الجريان السنوي في أوروبا الشمالية (شمال خط العرض 47 درجة شمالاً) بنسب تتراوح تقريباً بين 5 و15% حتى عشرينات القرن الحادي والعشرين 2020s وبنسب تتراوح تقريباً بين 9 و22% حتى سبعينات القرن الحادي والعشرين 2070s بالنسبة للسيناريوهين ألف 2 (A2) وباء 2 (B2) وسيناريوهات المناخ من نموذجين مختلفين للمناخ (Alcamo)

الجدول 5.4: تأثير تغير المناخ على الجفاف وحدوث الفيضانات في أوروبا في شرائح زمنية مختلفة وفي أطر سيناريوهات مختلفة تستند إلى نموذجي ECHAM4 (نموذج الغلاف الجوي للمركز الأوروبي بهامبورغ) و HadCM3 (نموذج الدوران العام للغلاف الجوي - المحيط في مركز Hadley وأماكن أخرى). [WGII الجدول 12.2]

الفيضانات	إتاحة المياه وحالات الجفاف	الشريحة الزمنية
تزايد مخاطر الفيضانات الشتوية في شمال أوروبا والفيضانات الخاطفة في كل أنحاء أوروبا	زيادة في الجريان السنوي في شمال أوروبا بنسب تصل إلى 15% ونقصان في جنوب أوروبا بنسب تصل إلى 23% أ	2020s
مخاطر حدوث تحولات في الفيضانات الناجمة عن ذوبان الثلوج في الفترة من الربيع إلى الشتاء	حدوث نقصان في التدفق الصيفي	
	حدوث نقصان في الجريان السنوي بنسب تتراوح بين 20 و30% في جنوب شرق أوروبا ب	2050s
	زيادة الجريان السنوي في الشمال بنسب تصل إلى 30% وحدوث نقصان يصل إلى 36% في الجنوب	2070s
ينتوقع أن تحدث الفيضانات التي بلغ عمرها حالياً 100 عام، على نحو أكثر تواتراً في شمال وشرق أوروبا (السويد، وفنلندا، وشمال روسيا)، وأيرلندا وأوروبا الوسطى والشرقية (بولندا، والأنهار الألبية)، وفي الأجزاء الأطلسية من جنوب أوروبا (إسبانيا والبرتغال)، وأن تحدث على نحو أقل تواتراً في أجزاء كبيرة من جنوب أوروبا ج	حدوث نقصان في التدفق الصيفي المنخفض تصل نسبته إلى 80% ب، د تناقص مخاطر الجفاف في شمال أوروبا، وتزايد مخاطر الجفاف في غرب وجنوب أوروبا. ويتوقع بحلول عام 2070، بالنسبة لحالات الجفاف التي بلغ عمرها اليوم 100 عام، أن تعود، في المتوسط، كل 10 أعوام (أو أقل) في أجزاء من إسبانيا والبرتغال وغرب فرنسا وحوض نهر الفستولا في بولندا وفي غرب تركيا ج	

Alcamo وآخرون، 2007؛ Santos وآخرون، 2006؛ Lehner وآخرون، 2004؛ Armell، 2004؛ Santos وآخرون، 2002.

الطول الزمني لأطول نوبة جفاف سنوية بنسبة كبيرة تصل إلى 50% خصوصاً في فرنسا وأوروبا الوسطى. إلا أن هناك بعض الأدلة الحديثة العهد (Lenderink وآخرون، 2007) على أنه قد تكون هناك مغالاة طفيفة في تقدير هذه الإسقاطات لنوبات الجفاف والموجات الحرارية، بسبب تحديد بارامترات (معلمات) رطوبة التربة في نماذج المناخ الإقليمي. ولابد أن يؤدي نقصان الهطول الصيفي في جنوب أوروبا المصحوب بتزايد ارتفاع درجات الحرارة الذي يزيد التبخر إلى خفض رطوبة التربة في الصيف (cf. Douville وآخرون، 2002) وإلى نوبات جفاف أكثر تواتراً وشدة. [WGII 3.4.3, 12.3.1]

وتشير الدراسات إلى حدوث نقصان في الفيضانات التي تحدث أثناء فترة ذروة ذوبان الثلوج في ثمانينات القرن الحادي والعشرين 2080s في أجزاء من المملكة المتحدة (Kay وآخرون، 2006b)، بيد أن تأثير تغير المناخ على نظام الفيضانات يمكن أن يكون إيجابياً أو سلبياً على السواء، مما يسلط الأضواء على عدم اليقين الذي لا يزال قائماً فيما يتعلق بتأثيرات تغير المناخ (Renard وآخرون، 2004). وقد حل Palmer و Räsänen (2002) الاختلافات المنمذجة في الهطول الشتوي بين التشغيل الاختباري، ونموذج مجموعة ذات زيادة عابرة في ثاني أكسيد الكربون، ومحسوبة حول وقت مضاعفة ثاني أكسيد الكربون. وتبين أيضاً حدوث زيادة كبيرة في أوروبا في مخاطر حلول شتاء ممطر جداً. وتبين أن احتمال تجاوز إجمالي الهطول الشتوي في الشمال لانحرافين معياريين فوق المعتاد، يزداد زيادة كبيرة (حتى من خمس إلى سبع مرات) على مناطق واسعة في أوروبا، بما ينجم عن ذلك من نتائج مرجحة بالنسبة لمخاطر حدوث فيضان شتوي. [WGII 3.4.3]

5.4.3.2 الطاقة

تعد الطاقة الكهربائية المائية مصدراً رئيسياً للطاقة المتجددة في أوروبا (19.8% من الكهرباء المتولدة). وبحلول 2070s، يتوقع أن ينخفض جهد الطاقة الكهربائية المائية لعموم أوروبا بنسبة 6%، يتمثل في نسبة نقصان تتراوح بين 20 و50% حول البحر الأبيض المتوسط ونسبة زيادة تتراوح

أنه، بسبب تغير المناخ وتزايد سحب المياه، ستزداد المساحة المتأثرة بالإجهاد المائي الشديد (نسبة السحب/الإتاحة أعلى من 40%)، وتؤدي إلى تزايد المنافسة على موارد المياه المتاحة (Alcamo وآخرون، 2003b؛ Schröter وآخرون، 2005). [WGII 12.4.1]

مخاطر الفيضانات والجفاف في المستقبل (انظر الجدول 5.4). يتوقع أن تزداد مخاطر الفيضانات في كافة أنحاء القارة. والمناطق الأكثر تعرضاً لحدوث زيادة في تواتر الفيضانات هي أوروبا الشرقية ثم شمال أوروبا وساحل المحيط الأطلسي وأوروبا الوسطى في حين تظهر الإسقاطات بالنسبة لجنوب أوروبا وجنوب شرقها زيادات هامة في تواتر نوبات الجفاف. وفي بعض المناطق، يتوقع أن تزداد مخاطر الفيضانات ونوبات الجفاف على نحو متزامن. [WGII الجدول 12.4]

وتبين لكريستنسن وكريستنسن (2003 Christensen) وجيورجي Giorgi وآخرون (2004)، وكيلستروم (2004 Kjellström) وكوندزفيس Kundzewicz وآخرون (2006) حدوث زيادة في شدة أحداث الهطول اليومية. وينطبق ذلك حتى بالنسبة للمناطق التي ينخفض فيها متوسط الهطول مثل أوروبا الوسطى ومنطقة البحر الأبيض المتوسط. وتأثير هذا التغير على منطقة البحر الأبيض المتوسط أثناء الصيف تأثير غير واضح بسبب المكون الحتمي للمطر وتقليبه المكانية الكبيرة (Llasat، 2001). [WGII 12.3.1.2]

ومن شأن الآثار المشتركة لارتفاع درجات الحرارة وانخفاض متوسط الهطول في الصيف أن يعزز حدوث موجات الحر ونوبات الجفاف. ويخلص Schär وآخرون (2004) إلى أن المناخ الصيفي الأوروبي سيشهد في المستقبل زيادة واضحة في التقلبية فيما بين السنوات، وبالتالي ارتفاعات في معدل الموجات الحرارية ونوبات الجفاف. وقد تشهد منطقة البحر الأبيض المتوسط وحتى جزء كبير من أوروبا الشرقية زيادة في فترات الجفاف في أواخر القرن الحادي والعشرين (Polemio and Casarano، 2004). ووفقاً لما أشار إليه Good وآخرون، سيزداد

الأنواع في النظم الإيكولوجية للمياه العذبة في شمال أوروبا ونقصانها في أجزاء من جنوب غرب أوروبا (Guitérrez Teira وآخرون، 2003). [WGII 12.4.6]

5.4.4 التكيف وسرعة التأثير

سيثير تغير المناخ تحديين رئيسيين فيما يتعلق بإدارة المياه في أوروبا هما: تزايد الإجهاد المائي في جنوب شرق أوروبا أساساً، وتزايد مخاطر الفيضانات في معظم أنحاء القارة. وخيارات التكيف الملائمة للاستجابة لهذين التحديين موثقة جيداً (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، 2001B). ويحتمل أن تظل الخزانات والسدود هي التدابير الهيكلية الرئيسية للحماية من الفيضانات في مناطق الأراضي المرتفعة والأراضي المنخفضة، على التوالي (Hooijer وآخرون، 2004). إلا أن هناك خيارات تكيف مخططة أخرى تتزايد شعبيتها مثل توسيع مساحات السهول الفيضية أو الغمرية (Helms وآخرون، 2002) والمستودعات الخاصة بالفيضانات الطارئة (Somlyódy، 2002)، والمناطق المخصصة لمياه الفيضانات (Silander وآخرون، 2006)، والتنبؤ بالفيضانات ونظم الإنذار بها، وخصوصاً الفيضانات الخاطفة. وتعمل المستودعات متعددة الأغراض باعتبارها تدابير للتكيف في مواجهة الفيضانات ونوبات الجفاف، على السواء. [WGII 12.5.1]

ولتحقيق التكيف مع تزايد الإجهاد المائي، فإن أكثر الاستراتيجيات شيوعاً وتخطيطاً تظل تدابير على جانب العرض، من مثل تجميع مياه الأنهار لتشكل مستودعات داخل مجاريها (Santos وآخرون، 2002؛ Iglesias وآخرون، 2005). إلا أنه يتزايد تقبيل بناء خزانات جديدة في أوروبا بفعل الأنظمة البيئية (Barreira، 2004) وارتفاع تكاليف الاستثمار (Schröter وآخرون، 2005). وتُبْحَثُ على نطاق واسع نهج أخرى على جانب العرض مثل إعادة استعمال المياه المستعملة وإزالة الملوحة لكن شعبيتها أخذت في الضعف، على التوالي، بفعل الشواغل الصحية المرتبطة باستخدام المياه المستعملة (Geres، 2004) وارتفاع تكاليف الطاقة المستخدمة في إزالة الملوحة (Iglesias وآخرون، 2005). وبعض الاستراتيجيات المخططة على جانب الطلب ممكنة التحقيق عملياً أيضاً (AEMA، 2002) من مثل صون الماء للأسر المعيشية والأنشطة الصناعية الزراعية، والحد من تسرب المياه من النظم المخصصة للري والبلديات (Donevska and Dodeva، 2004؛ Geres، 2004) وتسعير المياه (Iglesias وآخرون، 2005). وقد ينخفض الطلب على مياه الري عن طريق إدخال محاصيل أنسب للمناخ المتغير. وأحد الأمثلة على نهج أوروبي فريد للتكيف مع الإجهاد المائي هو أن الاستراتيجيات الإقليمية وعلى مستوى مستجمعات المياه الموضوعية للتكيف مع تغير المناخ يجري إدماجها في الخطط الخاصة بالإدارة المتكاملة للمياه (Kabat وآخرون، 2002؛ Cosgrove وآخرون، 2004؛ Kashyap، 2004)، في حين تصمم إستراتيجيات وطنية لتتناسب هيكل الحكم القائمة (Donevska and Dodeva، 2004). [WGII 12.5.1]

وبجري وضع إجراءات التكيف وتنفيذ ممارسات لإدارة المخاطر الخاصة بالقطاع المائي في بعض البلدان والمناطق (على سبيل المثال هولندا والمملكة المتحدة وألمانيا) التي تدرك عدم اليقين من التغيرات الهيدرولوجية المسقط. [WGII 3.ES، 3.2، 3.6]

بين 15 و30% في شمال أوروبا وشرقها، ونمط مستقر للطاقة الكهربائية المائية في غرب أوروبا ووسطها (Lehner وآخرون، 2005). ويتحدد إنتاج الوقود الأحثائي إلى حد كبير بفعل توافر الرطوبة وطول أمد موسم النمو. (Olsen and Bindi، 2002). [WGII 12.4.8.1]

5.4.3.3 الصحة

ويحتمل أيضاً أن يؤثر تغير المناخ على نوعية وكمية المياه في أوروبا، ومن ثم على مخاطر تلوث إمدادات المياه العمومية والخاصة (Miettinen وآخرون، 2001؛ Hunter، 2003؛ Elpiner، 2004؛ Kovats and Tirado، 2006). ويمكن لكلا هطول الأمطار والجفاف المتطرفين أن يزيدا الحمل الميكروبي الإجمالي في المياه العذبة وأن تكون لهما آثارهما على تفشي الأمراض، ومراقبة نوعية المياه (Howe وآخرون، 2002؛ Kistemann وآخرون، 2002؛ Opopol وآخرون، 2003؛ Knight وآخرون، 2004؛ Schijven and de Roda Husman، 2005). [WGII 12.4.11]

5.4.3.4 الزراعة

يتوقع أن تؤدي الزيادة المتنبأ بها في أحداث الطقس المتطرفة (مثل نوبات الحرارة المرتفعة والجفاف) (Schär، 2004؛ Meehl and Tebaldi، 2004؛ Beniston وآخرون، 2007) إلى زيادة تقليدية غلات المحاصيل (Jones وآخرون، 2003b) وانخفاض متوسطاتها (Trnka وآخرون، 2004). ومن المرجح بوجه خاص، في الجزء الأوروبي من منطقة البحر الأبيض المتوسط، أن تؤدي الزيادة في تواتر أحداث المناخ المتطرفة أثناء مراحل نمو محددة للمحاصيل (مثل الإجهاد الحراري أثناء فترة الإزهار، والأيام الممطرة أثناء مواعيد البذار)، بالإضافة إلى زيادة شدة الأمطار وتطول أمد نوبات الجفاف إلى خفض غلات المحاصيل الصيفية (مثل عباد الشمس). [WGII 12.4.7.1]

5.4.3.5 التنوع الأحيائي

يتوقع أن تختفي نظم كثيرة مثل مناطق التربة الصقيعية في المنطقة القطبية الشمالية (أركتيكا) والنظم الإيكولوجية المائية سريعة الزوال (قصيرة العمر) في منطقة البحر الأبيض المتوسط [WGII 12.4.3]

ومن المرجح أن يسبب فقدان التربة الصقيعية في أركتيكا (ACIA، 2004) نقصاناً في بعض أنواع الأراضي الرطبة في منطقة التربة الصقيعية الحالية (Ivanov and Maximov، 2003). ويمكن أن يكون من نتيجة الاحترار زيادة مخاطر تكاثر الطحالب وزيادة نمو البكتريا الزرقاء السامة في البحيرات (Moss وآخرون، 2003؛ Straile وآخرون، 2003؛ Briers وآخرون، 2004؛ Eisenreich، 2005). ويمكن لزيادة الهطول ونقصان الصقيع أن يزيدا فقدان المواد المغذية من الحقول المزروعة مما ينتج عنه زيادة في حمل المواد المغذية (Bouraoui وآخرون، 2004؛ Kaste وآخرون، 2004؛ Eisenreich، 2005) التي تؤدي إلى وفرة مكثفة للمغذيات في البحيرات والأراضي الرطبة (Jeppesen وآخرون، 2003). كما سيؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى خفض مستويات التشبع بالأوكسجين المذاب، وزيادة مخاطر استنفاد الأوكسجين (Sand-Jensen and Pedersen، 2005). [WGII 12.4.5]

ومن المرجح أن يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى ازدياد ثراء

5.5 أمريكا اللاتينية

5.5.1 السياق

تزايد السكان مستمر في أمريكا اللاتينية بما ينتج عن ذلك من زيادة الطلب على الغذاء. ونظراً لأن اقتصادات معظم بلدان أمريكا اللاتينية تعتمد على الإنتاجية الزراعية، فإن الاختلافات الإقليمية في غلات المحاصيل مسألة هامة جداً. وتتسم أمريكا اللاتينية بالتنوع الكبير في مناخها نتيجة لتشكيلها الجغرافي. كما تضم المنطقة مساحات واسعة قاحلة وشبه قاحلة. ويتراوح طيف التغيرات المناخية من المناخ البارد والارتفاعات العالية الجليدية إلى المناخ المعتدل والمناخ المداري. وقد تراجعت الأنهار الجليدية بوجه عام في العقود الأخيرة، واختفى بالفعل بعض الأنهار الجليدية الصغيرة جداً.

وتصب أنهار الأمازون وبارانا - بلاتا وأورينوكو معاً في المحيط الأطلسي أكثر من 30% من المياه العذبة المتجددة في العالم. إلا أن موارد المياه هذه موزعة توزيعاً سيئاً، ولا تتاح لمناطق واسعة سوى كميات مياه محدودة جداً (Mata وآخرون، 2001). وتحدث حالات إجهاد فيما يتعلق باتاحة المياه ونوعيتها عندما يحدث انخفاض في الهطول أو ارتفاع في درجات الحرارة. وتؤدي حالات الجفاف التي ترتبط إحصائياً بأحداث ظاهرة النينو في أمريكا اللاتينية إلى فرض قيود صارمة على موارد المياه في مناطق كثيرة من أمريكا اللاتينية.

5.5.2 التغيرات الملحوظة

5.5.2.1 المياه

خضعت أمريكا اللاتينية على مدى العقود الثلاثة الماضية لتأثيرات تتعلق بالمناخ، يرتبط بعضها بأحداث ظاهرة النينو، وتتمثل فيما يلي:

- حدوث زيادات في الظواهر المناخية المتطرفة من مثل الفيضانات ونوبات الجفاف والانهيارات الأرضية (مثلاً هطول غزير في فنزويلا (1999 و2005)؛ الفيضان في بامباس الأرجنتينية (2000 و2002)، والجفاف في منطقة الأمازون (2005)، وعواصف البَرَد المدمرة في بوليفيا (2002) وفي بوينس آيرس (2006)، وإعصار كتارينا في المحيط الأطلسي الجنوبي (2004)، والموسم القياسي لأعاصير الهاريكين في منطقة البحر الكاريبي في عام 2005). وازداد معدل حدوث الكوارث المتعلقة بالمناخ بمقدار 2.4 مرة بين فترتي 1970-1999 و2000-2005، مواصلاً الاتجاه الملحوظ أثناء التسعينات. ولم يقيّم اقتصادياً سوى 19% من الأحداث التي وقعت بين عام 2000 وعام 2005 وتسببت في خسائر بلغت قيمتها زهاء 20 بليون من دولارات الولايات المتحدة (Nagy وآخرون، 2006). [WGII 13.2.2]
- حدوث إجهاد بالنسبة لتوافر المياه: فرضت حالات الجفاف التي ارتبطت بظاهرة النينيا Niña قيوداً صارمة على إمدادات المياه وطلبات الري في الغرب الأوسط للأرجنتين ووسط شيلي. وأدت حالة الجفاف المرتبطة بظاهرة النينو EL Niño إلى خفض تدفق نهر كوكا في كولومبيا. [WGII 13.2.2]
- لوحظت زيادات في الهطول في جنوب البرازيل، وباراغواي وأوروغواي، وشمال شرق الأرجنتين (بامباس)، وأجزاء من بوليفيا، وشمال غرب بيرو، وإكوادور، وشمال غرب المكسيك، وتسبب ارتفاع معدل الهطول في زيادة بلغت نسبتها 10% في

تواتر الفيضانات من نهر الأمازون عند أوبيدوس؛ وزيادة بلغت نسبتها 50% في تدفق مجاري الأنهار الكائنة في أوروغواي وبارانا وباراغواي؛ ومزيد من الفيضانات في حوض مامور في منطقة الأمازون البوليفية. ولوحظت أيضاً زيادة في أحداث المطر وأيام الجفاف المتعاقبة في المنطقة. وعلى خلاف ذلك، لوحظ اتجاه نحو الانخفاض في الهطول في شيلي، وجنوب غرب الأرجنتين، وشمال شرق البرازيل، وجنوب بيرو وغرب أمريكا الوسطى (مثل نيكاراغوا). [WGII 13.2.4.1]

بلغ معدل ارتفاع مستوى سطح البحر ما يتراوح بين 2 و3 ملليمتر سنوياً أثناء العشرة إلى العشرين عاماً الأخيرة في الجنوب الشرقي لأمريكا الجنوبية. [WGII 13.2.4.1]

ونقصت مساحة الأنهار الجليدية في مناطق الأنديز المدارية في بوليفيا وبيرو وإكوادور وكولومبيا بقدر مماثل للتغيرات العالمية منذ نهاية العصر الجليدي القصير (انظر الشكل 5.9). وكانت أصغر الأنهار الجليدية هي أشدها تأثراً (انظر الإطار 5.5). وأسباب هذه التغيرات ليست هي نفس أسباب التغيرات التي تحدث في الارتفاعات المتوسطة والعالية إذ إنها تتعلق باتحاد عوامل معقدة ومتباينة مكانياً تشمل ارتفاع درجات الحرارة والتغيرات في محتوى الغلاف الجوي من الرطوبة. [WGII 4.5.3]

وترد في الجدول 5.5 وفي الشكل 5.8 إشارات أخرى إلى الاتجاهات الملحوظة فيما يتعلق بالمتغيرات الهيدرولوجية.

5.5.2.2 الطاقة

الطاقة الكهربائية هي المصدر الرئيسي للطاقة الكهربائية في معظم بلدان أمريكا اللاتينية، وهي سريعة التأثير بالاختلافات الواسعة النطاق والمستمرة في هطول المطر بسبب ظاهرتي النينو والنينيا، حسبما لوحظ في الأرجنتين وكولومبيا والبرازيل وشيلي وبيرو وأوروغواي وفنزويلا. وتسبب اتحاد عاملتي زيادة الطلب على الطاقة ونوبات الجفاف في تعطل فعلي للطاقة الكهربائية المائية في معظم أنحاء البرازيل في عام 2001، وأسهم في خفض الناتج الداخلي الإجمالي (Kane, 2002). كما يؤثر تراجع الأنهار الجليدية على توليد الطاقة الكهربائية، حسبما لوحظ في مدينتي لاباز وليما. [WGII 13.2.2, 13.2.4]

5.5.2.3 الصحة

ثمة أوجه ارتباط بين الظواهر المتطرفة المتعلقة بالمناخ، والصحة في أمريكا اللاتينية. فنوبات الجفاف تشجع تفشي الأوبئة في كولومبيا وغيانا، بينما تولد الفيضانات الأوبئة في المنطقة الساحلية الشمالية الجافة في بيرو (Gagnon وآخرون، 2002). ويبدو أن الاختلافات السنوية في حمى الدنك/حمى الدنك النزفية في هندوراس ونيكاراغوا تتعلق بتقلبات راجعة إلى تأثير المناخ فيما يتعلق بكثافة عوامل نقل المرض (درجة الحرارة، والرطوبة، والإشعاع الشمسي، والمطر) (Patz وآخرون، 2005). وتؤدي الفيضانات إلى تفشي مرض داء البريميات leptospirosis في البرازيل، وخصوصاً في المناطق كثيفة السكان التي تقتقر إلى نظم الصرف الكافية (Ko وآخرون، 1999؛ Kupek وآخرون، 2000). وربما يرتبط توزيع انتشار البلهارسيا بعوامل مناخية. وفيما يتعلق بالأمراض التي تنقلها القوارض، ثمة أدلة جيدة على أن بعض الزيادات في الإصابة بها تلاحظ أثناء وبعد المطر الغزير والفيضانات بسبب تغير أنماط الاتصال بين البشر - والعامل المسبب للمرض - والقوارض.

الجدول 5.5: بعض الاتجاهات التي ظهرت مؤخراً في المتغيرات الهيدرولوجية [WGII الجدول 13.1، الجدول 13.2، الجدول 13.3]

الاتجاهات الحالية في الهطول (WGII الجدول 13.2)		
التغير	الفترة	الهطول (التغير مبين بالنسبة المنوية ما لم ينص على خلاف ذلك)
18+ إلى 23-17- إلى 11-	1999-1949	منطقة الأمازون - الشمالية/الجنوبية (Marengo، 2004)
15+	منذ عام 1970	منطقة الأمازون البوليفية (Ronchail وآخرون، 2005)
SD 2+ إلى SD 1+	2000-1900	الأرجنتين - الوسط والشمال الشرقي (Penalba and Vargas، 2004)
20+	2002-1961	أوروغواي (Bidegain وآخرون، 2005)
50-	الـ 50 عاماً الأخيرة	شيلي (الوسط) (Camilloni، 2005)
6+ إلى 4-	1990-1961	كولومبيا (Pabón، 2003)
أحداث هيدرولوجية متطرفة مختارة وتأثيراتها، 2006-2004 (WGII الجدول 13.1)		
		أمطار غزيرة أيلول/سبتمبر 2005
		كولومبيا: وفاة 70 شخصاً، ووقوع 86 مصاباً، و6 حالات اختفاء و140000 شخص ضحايا الفيضان (الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي NOAA، 2005).
		أمطار غزيرة شباط/فبراير 2005
		فنزويلا: هطول غزير للمطر (أساساً على الساحل الأوسط وفي جبال الأنديز)، فيضانات شديدة وانهيارات أرضية كبيرة، وخسائر بلغت قيمتها 52 مليوناً من دولارات الولايات المتحدة؛ ووفاة 63 شخصاً، وإصابة 175000 شخص (جامعة فنزويلا المركزية UCV، 2005؛ DNPC، 2006/2005).
		نوبات جفاف 2006-2004
		الأرجنتين - شاكو: خسائر تقدر بـ 360 مليوناً من دولارات الولايات المتحدة؛ فقدان 120000 من رؤوس الماشية، وإجلاء 10000 شخص في 2004 (SRA، 2005). وكذلك في بوليفيا وباراغواي: 2005/2004 البرازيل - منطقة الأمازون: صرَب جفاف شديد وسط وجنوب غرب المنطقة ربما اقترن بارتفاع درجات حرارة سطح البحر في منطقة المحيط الأطلسي الشمالي المدارية (http://www.cptec.inpe.br). البرازيل - ريو جراندي دو سول: انخفاض بنسبة 65% و55% في إنتاج فول الصويا والذرة (http://www.ibge.gov.br/home/ InEnglish: http://www.ibge.gov.br/english)
اتجاهات تراجع الأنهار الجليدية (WGII الجدول 13.3)		
التغيرات/التأثيرات	الأنهار الجليدية/الفترة	
نقصان المساحة الإجمالية للأنهار الجليدية بنسبة 22% (قارن الشكل 5)؛ انخفاض كمية المياه العذبة في المنطقة الساحلية (حيث يعيش 60% من سكان البلد) بنسبة 12%. وتقدر الخسارة في كمية المياه بـ 7 000 000 م ³ تقريباً	بيرو أ ب الـ 35 عاماً الأخيرة	
نقصان تصل نسبته إلى 80% في المساحة السطحية للأنهار الجليدية الصغيرة جداً؛ وخسارة تبلغ 188 000 000 م ³ في احتياطي المياه أثناء الخمسين عاماً الأخيرة.	بيرو ج الـ 30 عاماً الأخيرة	
تقلص في مساحة الأنهار الجليدية بنسبة 82%، ويتوقع في إطار الاتجاه المناخي الحالي أن تختفي الأنهار الجليدية في كولومبيا تماماً في غضون المائة سنة المقبلة.	كولومبيا د 2000-1999	
حدث تقلص تدريجي في طول النهر الجليدي؛ وانخفاض في إمدادات المياه اللازمة للري؛ وإمدادات المياه النظيفة لمدينة كيتو.	إكوادور ه 1998-1956	
التقلص المُسقط للنهر الجليدي في بوليفيا يبنى بنتائج معاكسة بالنسبة لإمدادات المياه وتوليد الطاقة الكهربائية لمدينة لاباز. انظر أيضاً الإطار 5.5.	بوليفيا و منذ منتصف التسعينات	

1 Vásquez، 2004؛ Mark and Seltzer، 2003؛ NC-Penú، 2001؛ NC-Colombia، 2001؛ NC-Ecuador، 2000؛ Francou وآخرون، 2003.

5.5.2.5 التنوع الأحيائي

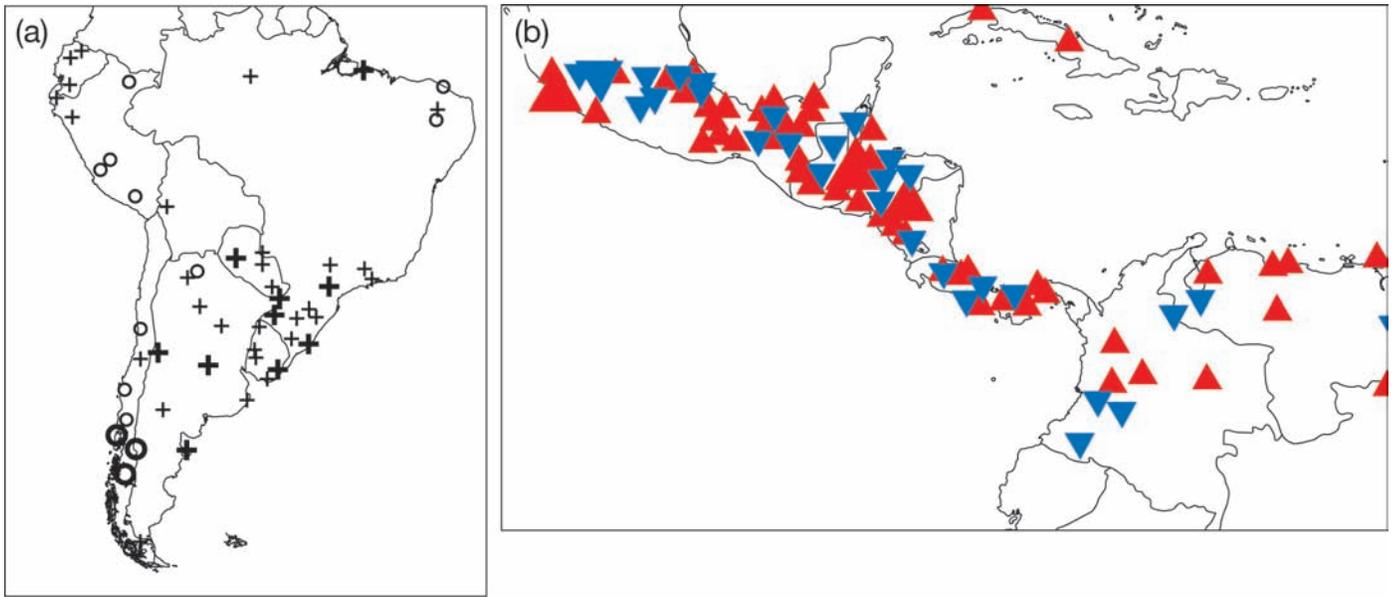
هناك دراسات قليلة تعالج آثار تغير المناخ على التنوع الأحيائي، ومن الصعب فيها جميعاً التمييز بين الآثار التي سببها تغير المناخ والآثار الناجمة عن عوامل أخرى. ويزداد تعرض الغابات المدارية في أمريكا اللاتينية، وخصوصاً غابات منطقة الأمازون لاشتعال الحرائق بسبب ازدياد نوبات الجفاف المرتبطة بظاهرة النينيو، وتغير استخدام الأراضي (إزالة الأحراج، التشعب الانتقائي بالمياه، وتشذر الغابات). [WGII 13.2.2]

وفيما يتعلق بالتنوع الأحيائي، تبين أن تجمعات العلجوم (ضفدع الطين) والضفادع في غابات السحب تتأثر بعد سنوات من انخفاض هطول المطر. وتبين في أمريكا الوسطى والجنوبية، وجود صلات بين ارتفاع درجات الحرارة وانقراض الضفادع الذي يسببه مرض

وفي بعض المناطق الساحلية لخليج المكسيك، اقترن الارتفاع في درجة حرارة سطح البحر وزيادة الهطول بالزيادة في دورات سريان حمى الدنك (Hurtado-Diaz وآخرون، 2006). [WGII 13.2.2, 8.2.8.3]

5.5.2.4 الزراعة

نتيجة لشدة هطول المطر وارتفاع نسبة الرطوبة التي سببها ظاهرة النينيو EL Niño، لوحظت عدة أمراض تسببها الفطريات في الذرة والبطاطس والقمح والفاصوليا في بيرو. وأشير إلى حدوث بعض التأثيرات الإيجابية في منطقة بامباس الأرجنتينية حيث أدت الزيادة في الهطول إلى زيادة في غلات المحاصيل اقتربت من نسبة 38% في فول الصويا، و18% في الذرة، و13% في القمح و12% في عباد الشمس. وعلى نفس النحو، ازدادت إنتاجية المراعي بنسبة 7% في الأرجنتين وأوروغواي. [WGII 13.2.2, 13.2.4]



الشكل 5.8: الاتجاهات الملحوظة في هطول المطر السنوي في (أ) أمريكا الجنوبية (1960-2000). الزيادة مبيّنة بعلامة زائد، والنقصان بدائرة؛ والقيم المعبر عنها بلون أسود تدل على الأهمية عند $P \leq 0.05$ (معاد نشرها من Haylock وآخرين (2006) بإذن من الجمعية الأمريكية للأرصاد الجوية). (ب) أمريكا الوسطى وشمال أمريكا الجنوبية (1961-2003). تدل المثلثات الحمراء الكبيرة على اتجاهات إيجابية هامة، والمثلثات الزرقاء الصغيرة على اتجاهات إيجابية غير هامة، والمثلثات الزرقاء الكبيرة على اتجاهات سلبية هامة، والمثلثات الزرقاء الصغيرة على اتجاهات سلبية غير هامة (معاد نشرها من Aguilar وآخرين (2005) بإذن من الاتحاد الجيوفيزيائي الأمريكي. [الشكل 13.1 WGII]

ويقدر عدد من يعيشون في مناطق مستجمعات المياه التي تعاني من الإجهاد المائي بالفعل (أي الذين لديهم إمدادات تقل عن 1000 متر مكعب للفرد في السنة) وبدون حدوث تغير في المناخ، بـ 22.2 مليون نسمة (في 1995). ويقدر في إطار التقرير الخاص بسيناريوهات الانبعاثات SRES للهيئة IPCC) أن يزيد هذا العدد بما يتراوح بين 12 مليون و81 مليون نسمة في عشرينات القرن الحادي والعشرين (2020s)، وبما يتراوح بين 79 مليون و178 مليون نسمة في خمسينات القرن ذاته (2050s) (Arnell، 2004). ولا تأخذ هذه التقديرات في الحسبان عدد السكان الذين يغادرون المناطق التي تعاني من الإجهاد المائي، والمبين في الجدول 5.6. وستزداد مواطن الضعف الحالية الملاحظة في مناطق كثيرة من أمريكا اللاتينية بفعل الأثر السلبي المشترك لتزايد الطلب على إمدادات المياه والري بسبب تزايد معدل نمو السكان، وزيادة الجفاف المتوقعة في أحواض كثيرة. ولذلك ومع أخذ عدد من يعيشون في ظل تناقص الإجهاد المائي في الاعتبار، تظل هناك زيادة صافية في عدد من تزايد معاناتهم من الإجهاد المائي. [WGII 13.4.3]

5.5.3.2 الطاقة

يتوقع أن يؤثر المزيد من تراجع الأنهار الجليدية على توليد الطاقة الكهرومائية المائية في بلدان من مثل كولومبيا وبيرو (جامعة سان ماركو الوطنية الكبرى، ليما، بيرو UNMSM، 2004). وقد اختفت بعض الأنهار الجليدية المدارية الصغيرة بالفعل، ويرجح أن تختفي أنهار جليدية أخرى في غضون العقود القليلة المقبلة، مع ما يصحب ذلك من آثار محتملة على توليد الطاقة الكهرومائية (Ramirez، وآخرون، 2001). [WGI 4.5.3; WGII 13.2.4]

5.5.3.3 الصحة

يعيش نحو 262 مليون نسمة، يمثلون 31% من سكان أمريكا اللاتينية في

ليبانات شملت الفترة من 1977 إلى 2001 أن غطاء الشعاب المرجانية في الحيد البحري للبحر الكاريبي نقص بمتوسط بلغت نسبته 17% في السنة التي أعقبت هبوب إعصار الهاريكين دون أن يظهر دليل على استعادة هذا الغطاء بعد ما لا يقل عن ثماني سنوات من حدوث التأثير. [WGII 13.2.2]

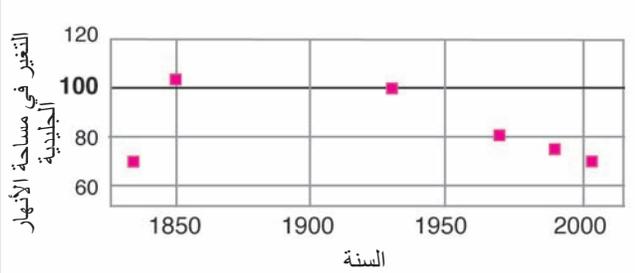
5.5.3 التغييرات المُسقطَة

5.5.3.1 المياه والمناخ

يتراوح متوسط الاحترار المُسقط لأمريكا اللاتينية في عام 2100، وذلك بثقة متوسطة، ووفقاً لنماذج مناخ مختلفة بين درجة واحدة مئوية و4 درجات مئوية بالنسبة لسيناريو الانبعاثات باء 2 (B2)، وبين درجتين مؤبنتين و6 درجات مئوية بالنسبة لسيناريو ألف 2 (A2). وتشير معظم إسقاطات نموذج الدوران العام (GCM) إلى اختلافات أكبر (إيجابية أو سلبية) في هطول المطر في المنطقة المدارية، واختلافات أصغر في الجزء من أمريكا الجنوبية الكائن خارج المنطقة المدارية. وبالإضافة إلى ذلك، يتوقع في الإسقاطات أن تصبح الفصول الجافة المتطرفة أكثر تواتراً في أمريكا الوسطى، في جميع الفصول. وبخلاف هذه النتائج، هناك اتفاق ضئيل نسبياً بين النماذج على التغييرات في تواتر المواسم المتطرفة للهطول. وبالنسبة للهطول اليومي المتطرف، تشير دراسة استندت إلى نموذجين من النماذج المتقارنة للدوران العام بين الغلاف الجوي والمحيطات والجليد البحري AOGCMs إلى زيادة في عدد الأيام الممطرة في أجزاء من جنوب شرق أمريكا الجنوبية ومنطقة الأمازون الوسطى، وإلى هطول يومي متطرف أضعف على سواحل شمال شرق البرازيل. [WGII 13ES, 13.3.1؛ 11.6, 11.1، الجدول 13.1 WGII]

الإطار 5.5: التغيرات في الأنهار الجليدية في أمريكا الجنوبية. [WGII الإطار 1,1]

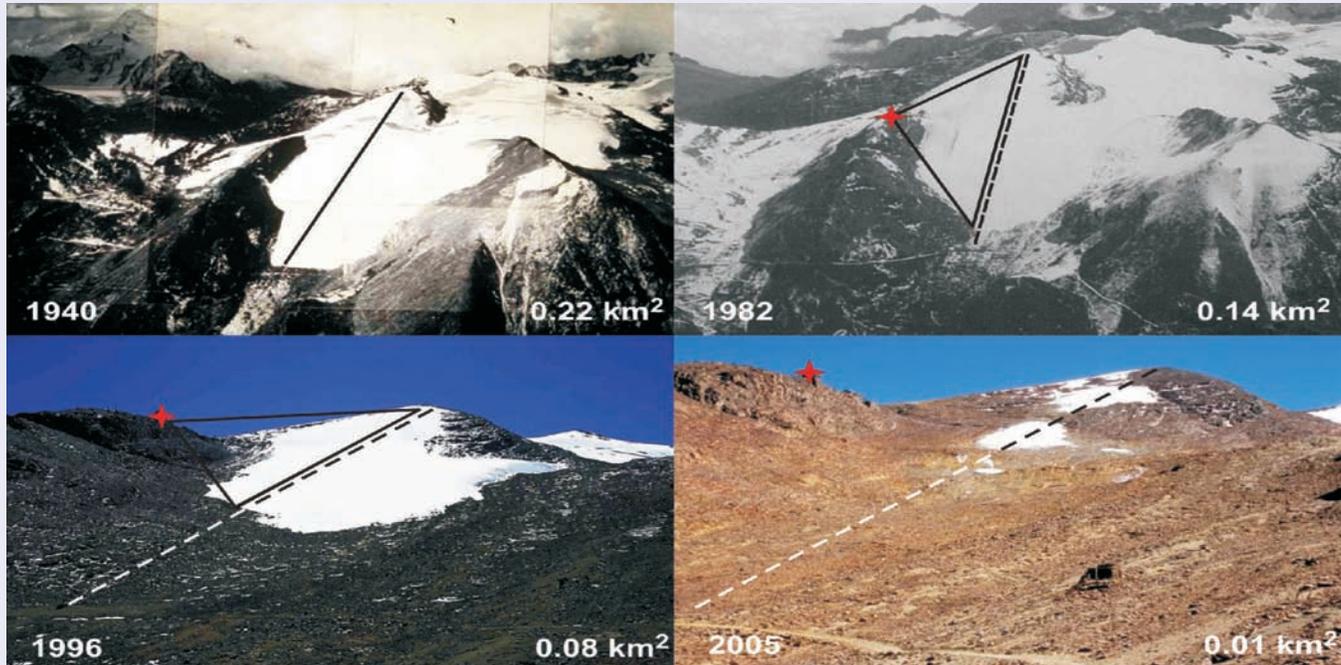
لوحظ حدوث تقلص عام في الأنهار الجليدية في منطقة الأنديز المدارية، وكما هو الحال في سلاسل جبلية أخرى، فإن أصغر الأنهار الجليدية هو أشدها تآثراً [WGI 4.5.3] وكثير من هذه الأنهار اختفى بالفعل أثناء القرن الأخير. وبالنسبة لسلاسل الجبال المغطاة بصورة واسعة بالأنهار الجليدية من مثل كوردبييرا بلانكا في بيرو وكوردبييرا ربال في بوليفيا، تقلصت المساحة الكلية للأنهار الجليدية بنحو ثلث مساحتها في العصر الجليدي القصير (الشكل 5.9).



الشكل 5.9: امتداد (بالنسبة المئوية) إجمالي المساحة السطحية للأنهار الجليدية في كوردبييرا بلانكا المدارية، بيرو بالنسبة لمساحتها في حوالي عام 1925 (= 100) (Georges, 2004). كانت مساحة الأنهار الجليدية في كوردبييرا بلانكا في عام 1990 تبلغ 620 كيلومترا مربعا. [مقتبسة من الشكل 4.16]

ويعد نهر شاكالتايا الجليدي في بوليفيا (خط العرض 16 درجة جنوباً) مثال نموذجي على تفكك، والأرجح تماماً، اختفاء الأنهار الجليدية الصغيرة. فقد كانت مساحة النهر الجليدي تبلغ في عام 1940، 0.22 كيلومتر مربع، وتقلصت هذه المساحة حالياً (في عام 2005) إلى أقل من 0.01 كيلومتر مربع (الشكل 5.10) (Ramirez وآخرون، 2001؛ Francou وآخرون، 2003؛ Berger وآخرون، 2005). وخلال الفترة من 1992 إلى 2005 فقد النهر 90% من مساحته السطحية، و97% من حجم جليده (Berger وآخرون، 2005). ويدل الاستكمال الخطي (بالاستقراء) من هذه الأرقام الملحوظة على أنه قد يختفي كلية قبل عام 2010 (Coudrain وآخرون، 2005). ومع أن توازن كتل الأنهار الجليدية في المناطق المدارية يستجيب بصورة حساسة للتغيرات في الهطول والرطوبة [WGI 4.5.3]، فإن تقلص نهر شاكالتايا يتسق مع صعود خط تساوي درجة الحرارة 0°C بنحو 50m في العقد في مناطق الأنديز المدارية منذ الثمانينات (Vuille وآخرون، 2003).

وبمتوسط ارتفاع يبلغ 5260 متر فوق مستوى سطح البحر، كان النهر الجليدي يمثل أعلى موقع للانزلاق على الجليد في العالم حتى سنوات قليلة. ويشير استمرار تقلص النهر الجليدي أثناء التسعينات إلى اختفائه القريب الحدوث، ونتيجة لذلك، تكون بوليفيا فقدت منتجها الوحيد للانزلاق على الثلج (الشكل 5.10).



الشكل 5.10: امتداد مساحة نهر شاكالتايا الجليدي، بوليفيا في الفترة من عام 1940 إلى عام 2005. كان النهر بحلول عام 2005 قد انقسم إلى ثلاثة أجزاء صغيرة متميزة. وموقع الكشك الخاص بالانزلاق الذي لم يكن قائماً في عام 1940 مابين بصليب أحمر. وكان طول مسار مصعد الانزلاق يبلغ نحو 800 متر في عام 1940 ونحو 600 متر في عام 1996 (مبين بخط متصل في عام 1940، وبخط متقطع في جميع الصور الفوتوغرافية الأخرى)، وكان يُركب عادة أثناء فصل الهطول. وبعد عام 2004، لم يعد الانزلاق على الثلج ممكناً.

الصور لـ: (Francou and Vincent (2006) و Jordan (1991). [WGII الشكل 1.1]

الشكل 5.6: الزيادة في أعداد من يعيشون في مناطق مستجمعات للمياه تعاني من الإجهاد المائي في أمريكا اللاتينية (بالمليون نسمة) بالاستناد إلى نماذج HadCM3 (Arnell، 2004). [WGII الجدول 13.6]

السيناريو ونموذج الدوران العام GCM	2025		2055		1995
	بدون حدوث تغير في المناخ	مع حدوث تغير في المناخ	بدون حدوث تغير في المناخ	مع حدوث تغير في المناخ	
ألف 1 (A1)	35.7	21.0	54.0	60.0	22.2
ألف 2 (A2)	55.9	66.0-37.0	149.3	150.0-60.0	22.2
باء 1 (B1)	35.7	22.0	54.0	74.0	22.2
باء 2 (B2)	47.3	77.0-7.0	59.4	62.0	22.2

(Jouravlev، 2006). ومع ذلك، فإن بعض المجتمعات المحلية والمدن التي نظمت نفسها أصبحت فعالة في الوقاية من آثار الكوارث (Fay وآخرون، 2003b). وتم تشجيع كثير من السكان الفقراء على مغادرة المناطق المعرضة لخطر الفيضان إلى أماكن أكثر أمناً وبمساعدة من القروض المقدمة من البنك الدولي للإنشاء والتعمير IRDB والمصرف الدولي لتمويل التنمية IDFB شيّدوا مساكن جديدة؛ من مثل ما حدث في عمليات إعادة التوطين في حوض نهر بارانا في الأرجنتين بعد فيضان عام 1992 (IRDB، 2000). وفي بعض الحالات، أدى حدوث تغير في الظروف البيئية أثر على الاقتصاد النمطي المعتاد الكائن في بامباس إلى إدخال أنشطة إنتاجية جديدة من خلال تربية الأحياء المائية باستخدام أنواع الأسماك الطبيعية الكائنة في الإقليم من مثل نوع (La Nación) pejerrey (Odontesthes bonariensis)، وثمة مثل آخر، يتعلق في هذه الحالة بقدرة السكان على التكيف مع الإجهاد المائي، وتقدم هذا المثل برامج «التنظيم الذاتي» الرامية إلى تحسين نظم إمدادات المياه في المجتمعات المحلية الشديدة الفقر. وقد عملت مجموعة المياه ومرافق النظافة الصحية التابعان لمنظمة شركاء الأعمال التجارية من أجل التنمية Business Partners for Development على تنفيذ أربع خطط ذات «محاور تركيز» في أمريكا اللاتينية: في كارتاخينا (كولومبيا)، ولاياز، والألتو (بوليفيا)، وبعض المناطق الفقيرة المعتمدة في بوينس آيرس الكبرى (الأرجنتين) (The Water Page، 2001؛ Water 21، 2002). وتعد نظم جمع مياه الأمطار وتخزينها سمات هامة للتنمية المستدامة في المناطق المدارية شبه القاحلة، وهناك بوجه خاص مشروع مشترك أعده في البرازيل مشروع Articulação no Semi-Árido (ASA) التابع لشبكة منظمة غير حكومية NGO، ويسمى مشروع المليون صهريج ريفي PIMC من أجل اضطلاع المجتمع المدني بتركيب مليون صهريج بطريقة لامركزية. وترمي الخطة إلى توفير مياه الشرب لمليون أسرة معيشية في المناطق المعرضة على نحو متواتر للجفاف والكائنة في المناطق البرازيلية المدارية شبه القاحلة (BSATs). وخلال المرحلة الأولى، قام مشروع (ASA) ووزارة البيئة البرازيلية ببناء 12000 صهريج، ومن المزمع بناء 21400 صهريج آخر بحلول نهاية عام 2004 (Gnadlinger، 2003). وفي الأرجنتين، أنشأت البرامج الوطنية لتوفير المياه المأمونة للمجتمعات المحلية في المناطق القاحلة في مقاطعة سانتياجو دل إستيرو مستجمعات لمياه الأمطار ونظماً للتخزين في الفترة بين 2000 و2002 [WGII 13.2.5]. (Basán Nickisch، 2002).

مناطق معرضة لمخاطر الإصابة بالمalaria (أي المناطق المدارية وشبه المدارية) (منظمة الصحة للبلدان الأمريكية PAHO، 2003). وبلاستناد إلى سيناريوهات التقرير الخاص SRES، والسيناريوهات الاجتماعية الاقتصادية، تشير بعض الإسقاطات إلى حدوث قِصر في طول موسم سريان نواقل الإصابة بالمalaria أو سريان المرض في مناطق كثيرة يتوقع فيها حسب الإسقاطات نقصان الهطول مثل مناطق الأمازون وأمريكا الوسطى. وتشير النتائج المتحققة إلى أعداد إضافية من السكان المهديين بالمرض في المناطق الكائنة حول الحد الجنوبي لتوزيع المرض في أمريكا الجنوبية (van Lieshout وآخرون، 2004). وتنبأت نيكاراغوا وبوليفيا بزيادة ممكنة في نسبة الإصابة بالمalaria في 2010، وأشارت إلى حدوث اختلافات بين الفصول في هذا الصدد (Aparicio، 2000؛ NC-Nicaragua، 2001). ويمكن أن تؤثر الزيادة في الإصابة بالمalaria وفي السكان المهديين بالإصابة بها على تكاليف الخدمات الصحية، بما في ذلك العلاج ومدفوعات الضمان الاجتماعي. [WGII 13.4.5]

وتُسقط نماذج أخرى زيادة كبيرة في عدد السكان المهديين بحمي الدنك بسبب التغيرات في الحدود الجغرافية لسريان المرض في المكسيك والبرازيل وبيرو وإكوادور (Hales وآخرون، 2002). وتسقط بعض النماذج تغيرات في التوزيع المكاني (الانتشار) لناقل داء الليشمانيات الجلدي في بيرو والبرازيل وباراغواي وأوروغواي والأرجنتين وبوليفيا (Aparicio، 2000؛ Peterson and Shaw، 2003)، وكذلك في التوزيع الشهري لناقل حمى الدنك (Peterson وآخرون، 2005). [WGII 13.4.5]

5.5.3.4 الزراعة

أجريت عدة دراسات بشأن أمريكا اللاتينية استخدمت فيها نماذج محاكاة المحاصيل في ظل تغير المناخ، وتتعلق بالمحاصيل التجارية. ويتوقع أن يزداد عدد من يتعرضون لمخاطر الجوع في إطار سيناريو الانبعاثات SRES ألف 2 بمقدار مليون نسمة في 2020، بينما يتوقع عدم حدوث تغيير في عام 2050، كما أن الرقم سينقص بمقدار 4 ملايين نسمة في عام 2080. [WGII الجدول 13.4.2، 13.5].

5.5.3.5 التنوع الأحيائي

من خلال مجموعة معقدة من التبدلات تشمل تغيراً في هطول المطر والجريان، يتوقع أن تحل السافانا محل الغابة المدارية في شرق منطقة الأمازون، والغابات المدارية في وسط وجنوب المكسيك، وأن يحل غطاء نباتي قاحل محل الغطاء النباتي شبه القاحل في أجزاء من شمال شرق البرازيل، ومعظم وسط وشمال المكسيك بسبب تناوب آثار استخدام الأراضي، والتغيرات المناخية، على السواء. وبحلول خمسينات القرن الحادي والعشرين 2050s، من المرجح جداً أن تتعرض نسبة 50% من الأراضي الزراعية للتصحّر والملح في بعض المناطق. [WGII 13ES، 13.4.1، 13.4.2]

5.5.4 التكيف وسرعة التأثر

5.5.4.1 التكيف في الماضي وفي الفترة الحالية

يعود عدم توافر إستراتيجيات تكيف ملائمة للتصدي لأخطار ومخاطر الفيضانات والجفاف في بلدان أمريكا اللاتينية إلى انخفاض الناتج الوطني الإجمالي (GNP)، وتزايد استقرار السكان في مناطق سريعة التأثر (معرضة للفيضانات، أو الانهيارات الأرضية أو الجفاف)، وعدم وجود أطر سياسية ومؤسسية وتكنولوجية ملائمة (Solanés and

الإطار 5.6: القدرة على التكيف في المجتمعات المحلية الأصلية في الأراضي المرتفعة في أمريكا الجنوبية والسابقة على مجئ كولومبوس إلى العالم الجديد [WGII 13.4.5]

اعتمد بقاء حضارات أصلية في الأمريكتين على الموارد التي يتم الحصول عليها في ظل الظروف المناخية السائدة حول مستوطناتها. وفي الأراضي المرتفعة لأمريكا اللاتينية اليوم، كان أحد القيود البالغة الأهمية التي تؤثر على التطور، ولا يزال حالياً هو التوزيع غير المنتظم للمياه. وهذا الوضع هو نتيجة لخواص عمليات الغلاف الجوي والأحوال المتطرفة، والجريان السريع في الوديان العميقة، وظروف التربة الأخذة في التغيير. وكان ذوبان الأنهار الجليدية ولا يزال مصدراً موثوقاً للمياه أثناء فصول الجفاف. إلا أن مجاري المياه التي تجري في الوديان ضمن مجاري مائية مقيّدة، لا تحمل المياه إلا لمناطق معينة. ونظراً لقوة الطابع الموسمي لهطول الأمطار، فإن الجريان من الأنهار الجليدية هو المصدر الرئيسي الذي يعتمد عليه في التزود بالمياه أثناء الفصل الجاف، ومن ثم اتخذت المجتمعات المحلية السابقة على مجئ كريستوف كولومبوس إلى العالم الجديد إجراءات تكيف مختلفة لتلبية احتياجاتها. واليوم، فإن مشكلة تحقيق التوازن اللازم بين توافر المياه والطلب عليها هي عملياً نفس المشكلة التي واجهتها تلك المجتمعات وإن كان النطاق قد يكون مختلفاً. وفي ظل هذه القيود، من المكسب المعاصرة إلى شمال شيلي والأرجنتين، وفرت الحضارات السابقة على مجئ كريستوف كولومبوس إلى العالم الجديد القدرة اللازمة للتكيف مع الظروف البيئية المحلية. وشملت هذه القدرة، ومقدرة هذه الحضارات على حل بعض المشاكل الهيدروليكية، وإدراكها المسبق للتغيرات المناخية وفترات الأمطار الفصلية. ومن الناحية الهندسية، شملت التطورات التي أحدثتها استخدام مياه الأمطار المحتجزة للزراعة والترشيح والتخزين؛ وإنشاء قنوات ري سطحية وتحت سطح الأرض، بما في ذلك أدوات لقياس كمية المياه المخزونة (الشكل 5.11) (Treacy، 1994؛ Wright and Valencia Zegarra، 2000؛ Caran and Nelly، 2006). واستطاعوا أيضاً توصيل أحواض الأنهار من مستجمعات المياه على ساحل المحيط الهادئ إلى نظيرتها على ساحل المحيط الأطلسي، في وادي كومبي Cumbe وفي كاخاماركا (Burger، 1992).



الشكل 5.11: نظام Nasca (الساحل الجنوبي لبيرو) لجمع المياه من أجل القنوات الجوفية لنقل المياه وتغذية طبقات المياه الجوفية الكائنة تحت النطاق المائي الساكن.

واستحدثت هذه الحضارات قدرات أخرى لاستشفاف الاختلافات المناخية وفترات المطر الفصلية لتنظيم مواعيد بذر الحبوب، وبرمجة غلاتها (Orlove وآخرون، 2000). ومكنت هذه الجهود من بقاء المجتمعات المحلية التي كانت تضم في ذروة حضارة الأنكا نحو 10 ملايين نسمة فيما يعتبر اليوم بيرو وإكوادور. ومكنتهم قدراتهم الهندسية أيضاً من تقويم مجاري الأنهار، مثلما في حالة نهر أوروبامبا، وبناء الجسور سواء المعلقة منها أو ذات الدعامات المثبتة في قيعان الأنهار. كما استخدموا المياه الجارية للاستحمام ولأغراض التعبد، حسبما يشاهد اليوم في الـ «Bano del Inca» «منتجع الأنكا المعدني» الذي يغذى من ينابيع حرارية أرضية، وفي أطلال حديقة لسماع الموسيقى في تامبوماكاي بالقرب من كوسكو (Cortazar، 1968). وقد استخدم كهنة حضارة Chavin التي نشأت في بيرو تدفق المياه الجارية داخل أنابيب محفورة في هياكل المعابد من أجل إصدار أصوات مثل زئير الجاوار (النمر الأمريكي الاستوائي المرقط) الذي يعتبر أحد معبوداتهم (Burger، 1992). واستخدمت المياه أيضاً لقطع الكتل الحجرية من أجل البناء. وكما يشاهد في أولنتيامبو، على الطريق المؤدي إلى Machu Picchu قطعت هذه الأحجار بأشكال هندسية منتظمة عن طريق تسريب الماء في فراغات بينية أعدت بمهارة وتجميد الماء خلال ليل هضاب الأنديز المرتفعة Altiplano في درجات حرارة تحت الصفر. كما اكتسبوا القدرة على التنبؤ بتغيرات المناخ مثل تلك الناجمة عن ظاهرة النينو EL Niño (Canziani and Mata، 2004)، مما مكن من تحقيق أفضل تنظيم ملائم ومناسب لإنتاج موادهم الغذائية. وباختصار، فإنهم بذلوا جهوداً رائدة للتكيف مع الظروف المحلية المعاكسة وتحديد مسارات تنمية مستدامة. واليوم، في إطار تقلبات الطقس والمناخ التي يؤدي تزايد ظاهرة الدفينة وتقلص الأنهار الجليدية إلى تفاقمها (Carey، 2005؛ Bradley وآخرون، 2006)، سيكون من المفيد للغاية الإطلاع من جديد على تدابير التكيف هذه وتحديثها. ويعد تثقيف وتدريب أفراد المجتمع الراهن على المعارف والقدرات الفنية لأسلافهم طريقة للسير قدماً نحو المستقبل. إجراءات اللجنة الاقتصادية لأمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي (ECLAC) من أجل إدارة التنمية المستدامة (Dourojeanni، 2000)، ولدى بحث الحاجة إلى إدارة ظواهر المناخ المتطرفة في الأراضي المرتفعة، يرجى الرجوع من جديد إلى الإستراتيجيات التي استخدمها السكان الأصليون في الري قبل مجئ كريستوف كولومبوس إلى العالم الجديد.

من أمريكا الشمالية حتى عام 2100. [WGI 11.5.3.2; WGII 14.3.1] ويتوقع حسب الإسقاطات أن تكون الزيادات في الهطول في كندا في نطاق +20% بالنسبة للمتوسط السنوي و +30% في الشتاء، في إطار السيناريو ألف 1 باء (A1B). وتتوقع بعض الدراسات حدوث زيادات واسعة الانتشار في الهطول المتطرف [WGI 11.5.3.3; WGII 14.3.1]، بل والجفاف أيضاً المرتبط بزيادة التقلبية الزمنية في الهطول. وبوجه عام، فإن التغيرات المسقطة بالنسبة للهطول المتطرف أكبر من التغيرات في متوسط الهطول. [WGI 10.3.6.1; WGII 14.3.1]

ومن المرجح جداً أن يؤدي الاحترار والتغيرات في شكل الهطول وتوقيته وكميته إلى ذوبان مبكر لكمية الثلج السنوية وانخفاض ذي شأن في تلك الكمية في الجبال الغربية بحلول منتصف القرن الحادي والعشرين. وفي الإسقاطات الخاصة بمستجمعات المياه

الجدول 5.7: التغيرات الملحوظة في موارد مياه أمريكا الشمالية خلال القرن الماضي (↑ = زيادة، ↓ = نقصان).

التغير في موارد المياه	أمثلة من تقرير التقييم الرابع
التبكير بذروة تدفق المجاري المائية بما يتراوح بين أسبوع و4 أسابيع بسبب ذوبان الثلوج المبكر الناجم عن الاحترار	مناطق غرب الولايات المتحدة ونيو إنجلاند في الولايات المتحدة، وكندا [WGII 1.3, 14.2]
↓ هبوط نسبة الهطول على هيئة ثلج	مناطق غرب كندا ومراعيها، وغرب الولايات المتحدة [WGII 14.2, WGI 4.2]
↓ مدة ومدى الغطاء الثلجي	معظم أمريكا الشمالية [WGII 4.2]
↑ الهطول السنوي	معظم أمريكا الشمالية [WGII 3.3]
↓ مكافئ مياه ثلوج الجبال	غرب أمريكا الشمالية [WGII 4.2]
↓ الهطول السنوي	جبال روكي الوسطى، جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية، المراعي الكندية، وشرق المنطقة القطبية الشمالية (اركتيكا) [WGII 14.2]
↑ تواتر أحداث الهطول الغزير	معظم الولايات المتحدة الأمريكية [WGII 14.2]
↓ الجريان وتدفق المجاري المائية	أحواض نهري كولورادو وكولومبيا [WGII 14.2]
سيحان واسع الانتشار للتربة الصقيعية	معظم شمال كندا، وألاسكا [WGII 14.4, 15.7]
↑ درجة حرارة مياه البحيرات (1.5 - 1.0 درجة مئوية)	معظم أمريكا الشمالية [WGII 1.3]
↑ تدفق المجاري المائية	معظم شرق الولايات المتحدة الأمريكية [WGII 14.2]
تقلص الأنهار الجليدية	جبال غرب الولايات المتحدة، وألاسكا، وكندا [WGI 4.ES, 4.5]
↓ الغطاء الجليدي	البحيرات العظمى، خليج سانت لورانس [WGII 4.4, 14.2]
تملح المياه السطحية الساحلية	فلوريدا، لويزيانا [WGII 6.4]
↑ فترات الجفاف	غرب الولايات المتحدة الأمريكية، وجنوب كندا [WGII 14.2]

5.5.4.2 التكيف: الممارسات والخيارات والقيود

يتعين أن تكون سياسات إدارة المياه في أمريكا اللاتينية سياسات ملائمة، وينبغي إدراج هذه السياسات باعتبارها بنداً رئيسياً فيما يتعلق بمعايير التكيف، ومن شأن ذلك أن يعزز قدرة المنطقة على تحسين إدارتها لتوفير المياه. وستلزم استثمارات كبيرة في نظم إمدادات المياه للتكيف مع الظروف الأكثر جفافاً في قرابة 60% من مناطق أمريكا اللاتينية. وكانت إدارة عمليات تحويل مجاري الأنهار عبر الأحواض تمثل حلاً في مناطق كثيرة (مثل حوض ياكامبو في فنزويلا، وألتو بيورا وحوض مانتارو في بيرو). وأوصي باتباع ممارسات لصون المياه، وإعادة تدويرها وتعزيز فعالية استهلاكها أثناء فترات الإجهاد المائي (COHIFE، 2003)، (انظر الإطار 5.6). [WGII 13.5]

وتمثل المشاكل الناشئة في التعليم وخدمات الصحة العمومية عوائق أساسية أمام التكيف؛ مثلاً في حالة الظواهر المتطرفة (مثل الفيضانات أو الجفاف) في المناطق الريفية الفقيرة أساساً (Villagrán de León وآخرون، 2003). [WGII 13.5]

5.6 أمريكا الشمالية

5.6.1 السياق والتغيرات الملحوظة

سيؤدي تغير المناخ إلى تقييد استخدام موارد المياه الموزعة توزيعاً مفرطاً بالفعل في أمريكا الشمالية، ويزيد بالتالي المنافسة بين الاستخدامات الزراعية البلدية والصناعية، والإيكولوجية للمياه (ثقة عالية جداً). ويصدر بعض أهم التأثيرات المجتمعية والإيكولوجية لتغير المناخ المتوقعة في هذه المنطقة عن التغيرات في هيدرولوجيا المياه السطحية والمياه الجوفية. ويظهر الجدول 5.7 التغيرات الملحوظة في أمريكا الشمالية خلال القرن الماضي التي توضح الطائفة الواسعة من الآثار المترتبة على موارد المياه من جراء مناخ يتسم بالاحترار. [ES ملخص تنفيذي WGII 14]

ونظراً لتسارع معدل الاحترار أثناء العقود المقبلة، يمكن توقع حدوث تغيرات في التوقيت والكمية والنوعية والتوزيع المكاني للمياه العذبة المتاحة للمستوطنات البشرية والزراعة ومستخدمي المياه الصناعيين في معظم مناطق أمريكا الشمالية. ولئن كان بعض التغيرات في موارد المياه التي ذكرت آنفاً ينطبق حقاً بالنسبة لمعظم أمريكا الشمالية، فإن اتجاهات القرن العشرين توحى بدرجة عالية من التقلبية الإقليمية فيما يتعلق بتأثيرات تغير المناخ على الجريان، وتدفق المجاري المائية وتغذية المياه الجوفية. وتسهم التغيرات في الثروة والجغرافيا أيضاً في توزيع غير متكافئ للتأثيرات المرجحة، ومواطن الضعف، والقدرة على التكيف في كندا والولايات المتحدة الأمريكية، على حد سواء. [ES. ملخص تنفيذي WGII 14]

5.6.2 التغيرات المسقطة ونتائجها

5.6.2.1 موارد المياه العذبة

تختلف محاكاة الجريان السنوي في مستجمعات أمريكا الشمالية في المستقبل حسب المنطقة ونموذج الدوران العام (GCM) وسيناريو الانبعاثات. ويتوقع أن ينقص متوسط الهطول السنوي في الجنوب الغربي من الولايات المتحدة الأمريكية، وأن يزداد في الجزء المتبقي

المرجح أن تزداد (ثقة عالية) إمدادات الطاقة الكهربائية المائية في ظل ظروف مائية تمثل أسوأ حالة بالنسبة لذروة الطلب في الشتاء. وبالمثل، من المرجح أن تنقص إنتاجية الطاقة الكهربائية في نهر كولورادو نقصاناً هاماً (Christensen وآخرون، 2004) وكذلك الطاقة الكهربائية في منطقة البحيرات العظمى (Moulton and Cuthbert، 2000؛ Lofgren وآخرون، 2002؛ Mirza، 2004). ويمكن أن يؤدي انخفاض مستويات مياه البحيرات العظمى إلى خسائر اقتصادية كبيرة (خسائر كندية تتراوح قيمتها بين 437 و660 مليون دولار كندي سنوياً) بينما يؤدي ازدياد مستويات الماء إلى تحقيق مكاسب صغيرة (مكاسب كندية تتراوح بين 28 مليوناً و42 مليون دولار كندي سنوياً) (Buttle وآخرون، 2004؛ Ouranos، 2004). ومن المرجح أن يستفيد إنتاج الطاقة الكهربائية في شمال كيبيك من ازدياد الهطول، وتوافر ظروف مائية أكثر انفتاحاً، لكن يرجح أن تتأثر الوحدات المائية في جنوب كيبيك بانخفاض مستويات المياه. أما النتائج المترتبة على التغيرات في توزيع التدفقات عبر الفصول وفي توقيت تكوّن الجليد، فإنها غير يقينية (Ouranos، 2004). [WGII 3.5, 14.4.8]

ويمكن أن تتأثر الموارد الشمسية بالتغيرات التي تحدث في درجة التسخين والتي يمكن أن تؤدي إلى زيادة طفيفة في إمكانيات الطاقة الشمسية في أمريكا الشمالية جنوب خط العرض 60 درجة شمالاً (بالاستناد إلى نماذج كثيرة لسيناريو الانبعاثات ألف 1 باء (AIB) للفترة 2080-2099 مقابل الفترة 1980-1999). [WGII الشكل 10.10] إلا أن بان Pan وآخرون (2004) أسقط العكس؛ وهو أن ازدياد درجة التسخين ستخفض الإنتاج المحتمل للتأثيرات الفلثاني الضوئي بنسبة تتراوح بين 0 و20% (بالاستناد إلى النموذجين HadCM2 وRegCM2²⁴ مع سيناريو مثالي المعالجة يتضمن زيادة في ثاني أكسيد الكربون). [WGII 14.4.8] وتتسم إمكانيات الطاقة الأحيائية بحساسيتها إزاء المناخ من خلال التأثيرات المباشرة للمناخ على نمو المحاصيل وإتاحة مياه الري. ويُتوقع أن تنافس محاصيل الطاقة الأحيائية بنجاح على المساحة الزراعية بسعر يبلغ 33 دولاراً أمريكياً/10⁶g أو نحو 1.83 دولار أمريكي/10⁹ joules (Walsh وآخرون، 2003). ويُتوقع أن تتيح الزيادة في الاحترار والهطول لمحاصيل الطاقة الأحيائية والمراعي العشبية في الفصل الدافئ أن تنافس بشكل فعال المحاصيل التقليدية في وسط الولايات المتحدة الأمريكية (بالاستناد إلى نموذج RegCM2 والتركز المضاعف لثاني أكسيد الكربون) (Brown وآخرون، 2000). [WGII 14.4.8]

5.6.2.3 الصحة

إن نقشي الأمراض المنقولة بالمياه هو على نحو واضح ولجميع الأسباب تقش موسمي في أمريكا الشمالية يتركز في مستجمعات المياه الرئيسية ويرتبط بالهطول الغزير للمطر (الولايات المتحدة الأمريكية: Curriero وآخرون، 2001) أو بالهطول المتطرف ودرجات الحرارة الأدفأ (في كندا: Thomas وآخرون، 2006). كما يمكن للجريان الشديد بعد هطول غزير للمطر أن يبلو أيضاً المياه في مناطق الاستجمام وأن يزيد مخاطر إصابة البشر بالأمراض (Schuster وآخرون، 2005) من خلال ازدياد أعداد البكتيريا. ويكون هذا الارتباط أقوى ما يكون غالباً في الشواطئ القريبة من الأنهار (Dwight وآخرون، 2002). ومن المرجح

الجبليّة التي يغلب عليها ذوبان الثلوج، فإن جريان الثلوج المذابة يزداد، كما تزداد تدفقات الشتاء وأوائل الربيع (مما يزيد من احتمال حدوث فيضانات)، وتنقص تدفقات الصيف نقصاناً كبيراً. [WGII 14.4] وبالتالي قد تصبح النظم المفرطة في توزيع المياه في غرب الولايات المتحدة الأمريكية وكندا التي تعتمد على احتجاز جريان الثلج المذاب ضعيفة وقابلة للتأثر بصورة خاصة شأنها في ذلك شأن النظم التي تعتمد على الجريان من الأنهار الجليدية. [WGII 14.2, 15.2]

وفي كولومبيا البريطانية، تشمل التأثيرات المسبقة زيادة الهطول في الشتاء وزيادة شدة الفيضانات في الربيع على الساحل وفي الداخل، ومزيد من الجفاف في الصيف على طول الساحل الجنوبي، والجنوب، داخل البلد الأمر الذي ينقص تدفق المجاري المائية في هذه المناطق ويؤثر على بقاء الأسماك وإمدادات المياه في الصيف عندما يكون الطلب على المياه في ذروته. وفي منطقة البحيرات الكبرى، من المرجح أن تؤدي التأثيرات المسبقة المرتبطة بانخفاض مستويات المياه إلى تفاقم التحديات المتعلقة بنوعية المياه والملاحة، والاستجمام، وتوليد الطاقة الكهربائية، وعمليات تحويل المياه والعلاقات الوطنية الثنائية. [WGII 14.2, 14.4] وتتوقع تقييمات كثيرة، لكن ليست جميعاً، انخفاض صافي إمدادات حوض البحيرات العظمى - حوض سانت لورانس ومستويات المياه فيه. [WGII 14.ES, 14.2] ومع تغير المناخ من المرجح أن يتأثر توافر المياه الجوفية بثلاثة عوامل رئيسية هي: المياه المسحوبة (التي تعكس مدى التطور، والطلب، وإتاحة مصادر أخرى)، والتبخّر/النتح (الذي يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة) والتغذية (التي تحددها درجة الحرارة، وتوقيت الهطول وكميته، وتفاعلات المياه السطحية). وتبين المحاكاة أن التدفقات السنوية الأساسية للمياه الجوفية، ومستويات مستودعات المياه الجوفية تستجيب لدرجات الحرارة والهطول والضخ - وهي تتناقص في السيناريوهات الأكثر جفافاً أو ذات معدل الضخ الأعلى، وتتزايد في السيناريوهات الأكثر مطراً. وفي بعض الحالات، هناك تحولات في التدفقات الأساسية؛ حيث تتزايد في الشتاء وتتناقص في الربيع وأوائل الصيف. [WGII 14.4.1] ويمكن أن يؤدي ازدياد التبخّر/النتح أو ضخ المياه الجوفية في المناطق شبه القاحلة والقاحلة في أمريكا الشمالية إلى تملح مستودعات المياه الجوفية الضحلة. [WGII 3.4] وبالإضافة إلى ذلك، من المرجح أن يزيد تغير المناخ حدوث / طغيان المياه المالحة في مستودعات المياه الجوفية الساحلية مع ارتفاع مستوى سطح البحر. [WGII 3.4.2]

5.6.2.2 الطاقة

من المعروف أن إنتاج الطاقة الكهربائية المائية يتسم بحساسيته إزاء الجريان الكلي وتوقيته وإزاء مستويات المياه في المستودعات. وأثناء التسعينات، على سبيل المثال، هبطت مستويات البحيرات العظمى نتيجة لجفاف متطاوّل الأمد، وفي عام 1999 انخفض إنتاج الطاقة الكهربائية انخفاضاً كبيراً سواء في نياجرا أو سولت سانت ماري Sault St. Marie (المجلس الكندي لوزراء البيئة CCME، 2003). [WGII 4.2] وبدرجة احترار تتراوح بين درجتين مئويتين وثلاث درجات مئوية في حوض نهر كولومبيا وفي مناطق الخدمات الهيدروليكية لكولومبيا البريطانية من

²⁴ انظر التذييل الأول للاطلاع على وصف للنموذج.

من إمكانية إحداث تأثيرات على نوعية المياه في المناطق الزراعية. وقد لا توفر ممارسات إدارة التربة (مثل بقايا المحاصيل، والزراعة بدون حراثة) في حزام الحبوب في أمريكا الشمالية حماية كافية من التحات في مواجهة شدة الهطول في المستقبل وما يرتبط به من جريان (Hatfield and Pruger، 2004؛ Nearing وآخرون، 2004). [WGII 14.4.1]

5.6.2.5 التنوع الأحيائي

يمكن أن تتأثر طائفة واسعة من الأنواع والمناطق الأحيائية بالتغيرات المتوقعة في هطول الأمطار ورطوبة التربة ومستويات المياه السطحية، وتدفق المجاري المائية في أمريكا الشمالية خلال العقود المقبلة.

ويمكن أن يؤدي انخفاض مستويات مياه البحيرات والبرك، على سبيل المثال، إلى ضعف إنسال البرمائيات وتفقيس الأسماك، كما يمكن للاستجابات المتباينة بين الأنواع أن تغير تكوين المجتمع الأحيائي المائي وتدفقات المغذيات. ويمكن للتغيرات في أنماط هطول المطر ونظم الجفاف أن تسهل أنماط أخرى من اضطرابات النظم الإيكولوجية تشمل الحرائق (Smith وآخرون، 2000) والاجتياح البيولوجي (Zavaleta and Hulvey، 2004). [WGII 14.4.2] وإن الحلول المتجه نحو اليابسة لأشجار المنغروف الاستوائية الأكثر قدرة على احتمال التملح، مثلاً في أراضي Everglades الرطبة شبه المدارية وذات المستنقعات القصبية في جنوب شرق فلوريدا منذ الأربعينات محل المستنقعات العشبية ذات المياه العذبة قد عُزي إلى الآثار المشتركة لارتفاع مستوى سطح البحر، وإدارة المياه التي نتج عنها انخفاض في المنسوب المائي السفلي (Ross وآخرون، 2000). [WGII 13.3.2] ويمكن للتغيرات في جريان المياه العذبة نحو الساحل أن يغير ملوحة المياه وتعكرها وغيرهما من الجوانب المتعلقة بنوعية المياه التي تحدد إنتاجية وتوزيع المجتمعات الأحيائية النباتية والحيوانية. [WGII 6.4]

وفي خطوط العرض العالية، تحاكي عدة نماذج الزيادة الصافية للإنتاجية الأساسية للنظم الإيكولوجية لأمريكا الشمالية نتيجة لتوسع الغابات في التندرا، بالإضافة إلى ازدياد طول مواسم النمو (Berthelot وآخرون، 2002)، وذلك بالاستناد إلى حد كبير إلى ما إذا كانت هناك زيادة كافية في الهطول تعوّض عن زيادة التبخر/النتح في مناخ أدفأ. ويبدو أن نمو الغابات يتسارع ببطء في المناطق التي كان نمو الأشجار فيها محدوداً تاريخياً بفعل انخفاض درجات الحرارة وقصر أمد مواسم النمو. ومع ذلك، فإن النمو يتباطأ في المناطق التي تتعرض للجفاف. وقد نقص النمو الإشعاعي للأشجار الراتينجية البيضاء من الفصيلة الصنوبرية على المنحدرات الجافة المواجهة للجنوب في ألاسكا على مدى التسعين عاماً الأخيرة بسبب زيادة الإجهاد من الجفاف (Barber وآخرون، 2000). وتتوقع برامج النمذجة التي قام بها Bachelet وآخرون (2001) أن يزداد امتداد مساحة النظم الإيكولوجية المحدودة الجفاف بنسبة 11% لكل ارتفاع في درجة الحرارة يبلغ درجة مئوية واحدة في الولايات المتحدة الأمريكية القارية. [WGII 14.4] وفي منطقة Pothole في مراعي أمريكا الشمالية، توقعت النماذج زيادة في الجفاف مع زيادة درجة الحرارة الإقليمية بمقدار 3 درجات مئوية وتغيرات متباينة في الهطول تؤدي إلى خسائر كبيرة في الأراضي الرطبة وإلى انخفاض في تجمعات طيور الماء التي تحقق إنسالها هناك (Johnson وآخرون، 2005). [WGII 4.4.10]

وترتبط الاستدامة الإيكولوجية لإنتاجية الأسماك ومصائد الأسماك ارتباطاً وثيقاً بإمدادات المياه ودرجة حرارة المياه. ومن المرجح أن تتأثر مصائد

أن تزداد الأمراض المنقولة بالمياه وأن تتدهور نوعية المياه مع مزيد من الهطول الغزير. وتظهر الأمراض المنقولة بالأغذية أيضاً علاقة ما مع اتجاهات درجات الحرارة. ففي ألبرتا، ترتبط درجة حرارة الهواء المحيط بقوة، لكن على نحو لاخطي، بظهور العوامل المسببة للأمراض المعوية (Fleury وآخرون، 2006). [WGII 14.ES, 14.2.5] ومن المرجح أن تحدث زيادة في شدة أنشطة الأعاصير المدارية. [WGI SPM] ويشكل الفيضان الناجم عن عرام العواصف مشكلة بالفعل على طول خليج المكسيك وسواحل أمريكا الشمالية الكائنة بحذاء جنوب المحيط الأطلسي. ويقدر عدد الوفيات الناجمة عن إعصار الهاريكين كاترينا في عام 2005 بـ 1800 شخص [WGII 6.4.2] وارتبطت بعض الوفيات وحالات كثيرة لأمراض الإسهال بتلوث إمدادات المياه (مركز مراقبة الأمراض بالولايات المتحدة CDC، 2005؛ Manuel، 2006). [WGII 8.2.2]؛ انظر أيضاً الفرع 4.5 المتعلق بالفيضانات النهرية]

5.6.2.4 الزراعة

تؤيد البحوث التي أجريت منذ تقرير التقييم الثالث TAR الاستنتاج الذي مؤداه أن المرجح هو أن يؤدي التغير المعتدل في المناخ إلى زيادة غلات المحاصيل الزراعية التي تعتمد على المطر في أمريكا الشمالية لكن مع حدوث زيادات أصغر ومزيد من التقلبية المكانية مما ورد في تقديرات سابقة (ثقة عالية) (Reilly، 2002). إلا أنه يُتوقع في الإسقاطات أن تعاني محاصيل كثيرة تعد حالياً قرب العتبات المناخية من نقصان في الغلات والنوعية أو في كليهما حتى مع حدوث احترار متواضع (ثقة متوسطة) (Hayhoe وآخرون، 2004؛ White وآخرون، 2006). [WGII 14.4.4]

إن سرعة تأثر زراعة أمريكا الشمالية بالتغير المناخي متعددة الأبعاد وتحددها التفاعلات بين الظروف القائمة من قبل، والإجهادات غير المباشرة الناجمة عن تغير المناخ (مثل التغيرات في مزاحمة الآفات، وتوافر المياه)، وقدرة القطاع على التصدي لعوامل متعددة متفاعلة، بما في ذلك المنافسة الاقتصادية من مناطق أخرى والتحسينات المدخلة على أنواع المحاصيل المستنبته وإدارة المزارع (Parson وآخرون، 2003). ويعد توافر المياه هو العامل الرئيسي الذي يحد من الزراعة في جنوب شرق أريزونا لكن المزارعين في المنطقة يلاحظون أن التكنولوجيات وعمليات التكيف من مثل التأمين على المحاصيل قد قللت مؤخراً سرعة التأثير (Vasquez-Leon وآخرون، 2003). وتعد المناطق ذات القدرات المالية الهامشية والموارد الطبيعية الهامشية (مثل السهول الشمالية في الولايات المتحدة الأمريكية) سريعة التأثير بوجه خاص لتغير المناخ (Antle وآخرون، 2004). وستتحو ممارسات استخدام الأراضي غير المستدامة نحو زيادة سرعة تأثير الزراعة في السهول الكبرى للولايات المتحدة بتغير المناخ (Polsky and Easterling، 2001). [WGII 14.4.4]؛ انظر أيضاً الفقرة 4.2.2] والمرجح أن تعاني النظم القائمة على المياه الجوفية التي تُستخدم استخداماً بالغا في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية من إجهاد إضافي بسبب تغير المناخ يؤدي إلى نقصان التغذية (ثقة عالية) مما يؤثر بالتالي على الإنتاجية الزراعية. [WGII 14.4.1]

والمرجح هو أن يؤدي التناقص في الغطاء الثلجي وزيادة الأمطار في الشتاء على الأرض العارية إلى إطالة أمد موسم التحات وزيادته مما يزيد

5.6.3 التكيف

لئن كانت أمريكا الشمالية تمتلك قدرات كبيرة على التكيف مع الجوانب من تغير المناخ المتصلة بالمياه، فإن الممارسات الفعلية لم تستطع دائماً حماية الناس والممتلكات من الآثار المعاكسة للفيضانات والجفاف والعواصف وأحداث الطقس المتطرفة الأخرى. وتشمل المجموعات سريعة التأثير بوجه خاص السكان الأصليين والسكان المحرومين اجتماعياً أو اقتصادياً. وشجعت التقاليد والمؤسسات في أمريكا الشمالية وضع إطار لامركزي للاستجابة حيث ينحو التكيف نحو أن يكون تفاعلياً وغير متكافئ التوزيع، ومركزا على التصدي للمشاكل بدلاً من منعها. والأمثلة على السلوك التكيفي الذي يتأثر على وجه الحصر وبصورة غالبية بالإسقاطات المتعلقة بتغير المناخ وآثاره على موارد المياه، غائبة إلى حد كبير من المؤلفات المتعلقة بهذا المجال. [WGII 14.5.2] ويتمثل شرط أساسي لتحقيق الاستدامة في أمريكا الشمالية في «إدماج» قضايا المناخ في صلب عملية صنع القرار. [WGII 14.7]

وتتوقف سرعة تأثر أمريكا الشمالية على فعالية التكيف وعلى توزيع القدرات على التصدي؛ وكلاهما غير متكافئ حالياً ولم يتمكن دائماً من حماية المجموعات الضعيفة من التأثيرات المعاكسة للتقلبية المناخية وأحداث الطقس المتطرفة. [WGII 14.7] وإن الولايات المتحدة الأمريكية وكندا بلدان متقدمان اقتصادياً ذوا أبنية أساسية كبيرة ومؤسسات ناضجة وذات أوجه تباين إقليمية واجتماعية – اقتصادية هامة (منشورات NAST، 2000؛ Lemmen and Warren، 2004).

الأسماك الكائنة في المياه الباردة تأثراً سلبياً بتغير المناخ؛ أما مصائد الأسماك في المياه الدافئة فستتحسن إنتاجيتها بوجه عام؛ كما ستكون النتائج بالنسبة لمصائد الأسماك في المياه الباردة مختلطة بحدوث مكاسب في الأجزاء الشمالية وخسائر في الأجزاء الجنوبية لنطاقاتها. والمرجح أن تعاني الأسماك السلمونية التي تفضل المياه الباردة الصافية من أكثر الآثار سلبية (Gallagher and Wood، 2003). ويحتمل أن تكون مصائد الأسماك في المياه العذبة في المنطقة القطبية الشمالية Arctic هي الأشد تأثراً لأنها ستعاني من أكبر قدر من الاحترار (Wrona وآخرون، 2005). وفي بحيرة Erie سيتوقف ورود يرقات الأسماك الجاحظة للتفريخ النهري على التغيرات في درجة الحرارة والتدفقات، لكن يرجح أن ينخفض التفريخ في البحيرات بسبب آثار الاحترار وانخفاض مستويات مياه البحيرات (Jones وآخرون، 2006). وستنحو نطاقات الأنواع التي تعيش في المياه الدافئة نحو الاتجاه شمالاً ونحو ارتفاعات أعلى (Clark وآخرون، 2001؛ Mohseni وآخرون، 2003) استجابة للتغيرات في درجة حرارة المياه. [WGII 14.4]

5.6.2.6 دراسات حالة عن تأثيرات تغير المناخ على مستجمعات المياه الواسعة في أمريكا الشمالية

يصف الإطاران 5.7 و 5.8 حالتين توضحان التأثيرات المحتملة، والتحديات التي يطرحها تغير المناخ على الإدارة في البيئات التي تتسم «بندرة المياه» و«بوفرة المياه» في غرب أمريكا الشمالية: حوضا نهري كولورادو وكولومبيا، على التوالي.

الإطار 5.7: الجفاف والتغيرات المناخية في حوض نهر كولورادو.

يوفر نهر كولورادو قدراً كبيراً من احتياجات المياه اللازمة لسبع ولايات في الولايات المتحدة الأمريكية، ولايتين مكسيكيتين، وأربع وثلاثين قبيلة أمريكية من السكان الأصليين (Pulwarty وآخرون، 2005). وتضم هذه المناطق عدد سكان يبلغ 25 مليون نسمة يتوقع أن يصبحوا 38 مليون نسمة في عام 2020. وعلى مدى المائة عام الماضية، بلغ متوسط نسبة المساحة الكلية التي تأثرت بالجفاف الشديد أو الأحداث المناخية المتطرفة في الولايات المتحدة الأمريكية نحو 14% كل عام وزادت هذه النسبة المثوية لتصل إلى 65% في عام 1934.

وإن توسع السكان والأنشطة الاقتصادية نحو الغرب، والاستجابات المتسقة لأحداث الجفاف نتجت عن عملية تكيف هيكلية هامة بما في ذلك إنشاء مئات من المستودعات ومشاريع الري وسحب المياه الجوفية في البيئات شبه القاحلة. وحسبما تم توثيق ذلك على نطاق واسع، فإن توزيع مياه نهر كولورادو على الولايات الكائنة في حوضه قد حدث خلال أكثر الفترات رطوبة على مدى 400 عام (أي من 1505 إلى 1925). وقد عانت المناطق الغربية من الولايات المتحدة الأمريكية مؤخراً من جفاف مستدام، وخضعت نسبة تتراوح بين 30% و 40% من هذه المناطق لجفاف شديد منذ عام 1999، كما شهدت المنطقة أخفض فترة تدفق في نهر كولورادو استمرت خمس سنوات من عام 2000 إلى عام 2004. وفي الوقت ذاته تشهد ولايات جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية بعض أسرع معدلات النمو في البلد بما يصحب ذلك من طلبات اجتماعية واقتصادية وبيئية على موارد المياه وما يرتبط بها من منازعات قانونية (Puwarty وآخرون، 2005).

وإن جزءاً صغيراً فقط من مساحة حوض نهر كولورادو الكلية (يبلغ نحو 15%) يزود معظم (85%) تدفقات النهر. وتبين التقديرات أنه مع ازدياد الاحترار المناخي والتبخّر سيصل نقصان الجريان المصاحب لذلك إلى نسبة تبلغ 30% خلال القرن الحادي والعشرين (Milly وآخرون، 2005). وفي ظل هذه الظروف، ومع عمليات سحب المياه المتوقعة، قد لا يتم تلبية احتياجات نهر كولورادو إلا بنسبة تتراوح بين 60% و 75% بحلول عام 2025 (Christensen وآخرون، 2004). وتشير بعض التقديرات إلى أنه بحلول عام 2050 يمكن أن يكون متوسط أحوال الرطوبة في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية مساوياً للأحوال الملاحظة في خمسينيات القرن العشرين. ويمكن أن تحدث هذه التغيرات نتيجة لارتفاع درجات الحرارة (وذلك من خلال زيادة التسامي والتبخّر وانخفاض رطوبة التربة)، حتى لو ظلت مستويات الهطول ثابتة نسبياً. ويبرهن بعض الباحثين على أن هذه التقييمات، وبسبب اختيار النموذج، ربما تهوّن فعلياً من تقدير مدى الانخفاض الذي يحدث في المستقبل في هذا الصدد.

وتبين معظم السيناريوهات الخاصة بتدفق نهر كولورادو في Lees Ferry (التي تفصل الحوض الأعلى عن الحوض الأدنى) أنه في غضون عشرين عاماً قد لا يكون صبيب النهر كافياً لتلبية الطلبات الاستهلاكية الجارية على موارد المياه. وتوضح الخبرات حديثة العهد أن الظروف «الحرجة» قائمة بالفعل في الحوض (Pulwarty وآخرون، 2005). وسينتج عن تقلبية المناخ وتغيره مع تزايد الضغوط الإنمائية تأثيرات تتعلق بالجفاف تتجاوز الخبرات المؤسسية في المنطقة وستؤدي إلى تفاقم المنازعات بين مستخدمي المياه.

الإطار 5.8: تغير المناخ يضيف تحديات لإدارة حوض نهر كولومبيا. [WGII الإطار 14.2]

تشمل الإدارة الجارية للمياه في حوض نهر كولومبيا ضرورة تحقيق التوازن بين طلبات معقدة وغالباً متنافسة على الطاقة الكهربائية، والملاحة، ومكافحة الفيضانات، والري، والاستخدامات البلدية، والمحافظة على تجمعات عديدة لأنواع المهددة والمعرضة للانقراض (مثل سمك السلمون). والاحتياجات الحالية والمتوقعة لهذه الاستخدامات تتجاوز الالتزامات القائمة فيما يتعلق بالإمدادات. وتعمل إدارة المياه في الحوض من خلال وضع مؤسسي معقد يشمل دولتين ذاتي سيادة (معاهدة نهر كولومبيا المصدق عليها في عام 1964)، وسكان أصليين ذوي حقوق تعاهدية محددة («Boldt decision» في الولايات المتحدة ضد واشنطن في عام 1974)، وعديد من الوكالات الاتحادية، ووكالات الولايات، والوكالات الإقليمية ووكالات الحكم المحلي (Miles وآخرون، 2003). ويشكل التلوث (بصفة رئيسية من مصادر تلوث تنشأ في منطقة واسعة نسبياً وليس من نقطة واحدة) قضية هامة في روافد كثيرة. وإن الأحكام التي تنص على أن الأول زمنياً هو الأول في الحصول على الحقوق الواردة في قانون المياه الغربي، للجزء من الحوض الكائن في الولايات المتحدة يعقد إدارة الحوض ويحد من إتاحة المياه لصغار مستخدمي المياه (Gray، 1999؛ Scott وآخرون، 2004). وتمتد التعقيدات إلى مختلف مسؤوليات الولايات القضائية عندما تكون التدفقات مرتفعة وعندما تكون منخفضة أو عندما يكون وجود الأنواع المحمية في الروافد أو في السد الرئيسي أو في المحيط (Miles وآخرون، 2000؛ Mote وآخرون، 2003).

ومع تغير المناخ، تتغير التدفقات السنوية المسقطة لنهر كولومبيا تغيراً محدوداً نسبياً لكن التدفقات الفصلية تتحول بشكل ملحوظ نحو تدفقات شتوية وربيعية أكبر وتدفقات صيفية وخريفية أصغر (Hamlet and Lettenmaier، 1999؛ Mote وآخرون، 1999). ويُحتمل أن تتزامن هذه التغيرات في التدفقات مع زيادة الطلب على المياه، بصفة أساسية بسبب النمو الإقليمي لكن يمكن أيضاً أن يستحثها تغير المناخ. ومن شأن نقصان إتاحة الماء في الصيف أن يؤدي إلى تفاقم نشوء المنازعات على المياه التي ظهرت بالفعل في سنوات انخفاض التدفقات (Miles وآخرون، 2000). ويُتوقع أن يؤثر تغير المناخ أيضاً على إمدادات المياه في المناطق الحضرية ضمن الحوض. فمثلاً ارتفاع درجة الحرارة المتوقع بمقدار درجتين في أربعينات القرن الحادي والعشرين 2040s من شأنه زيادة الطلب على المياه في بورتلاند وأوريغون بمقدار 5.7 مليون متر مكعب سنوياً بالإضافة إلى زيادة الطلب بمقدار 20.8 مليون متر مكعب سنوياً بسبب زيادة السكان مع تناقص إمدادات المياه بمقدار 4.9 مليون متر مكعب سنوياً (Mote وآخرون، 2003). وتتم على نحو متزايد دراسة التنبؤات المناخية الإرشادية طويلة الأجل فيما يتعلق بإدارة النهر لكن بطريقة محدودة (Hamlet وآخرون، 2002؛ Lettenmaier and Hamlet، 2003؛ Gamble وآخرون، 2004؛ Payne وآخرون، 2004). ولكل من الأحواض الفرعية البالغ عددها 43 حوضاً فرعياً للنظام خطته الخاصة لإدارة الحوض الفرعي بالنسبة للأسماك والأحياء البرية، ولا يعالج أي منها بشكل شامل انخفاض التدفقات الصيفية في ظل تغير المناخ (ISRP/ISAB، 2004).

ويحتمل أن تزداد التحديات التي تواجه إدارة المياه في حوض نهر كولومبيا مع تغير المناخ بسبب التغيرات في كمية الثلج السنوية والتدفقات الفصلية (Miles وآخرون، 2000؛ Parson وآخرون، 2001؛ Cohen وآخرون، 2003). والمرجح أن تتخفف قدرات المديرين على الوفاء بهدف التشغيل (الموثوقية) انخفاضاً كبيراً في ظل تغير المناخ حسبما أسقطت بواسطة (نماذج الدوران العام الغلاف الجوي – المحيط في مركز هادلي وأماكن أخرى) (HadCM2) والنماذج المتقارنة للدوران العام بين الغلاف الجوي والمحيطات والجليد البحري (AOGCMs) ونموذج الغلاف الجوي للمركز الأوروبي بهامبورج (ECHAM4/OPYC3) في إطار السيناريو IS92aa للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC بالنسبة لعشرينات وتسعينات القرن الحادي والعشرين (Hamlet and Lettenmaier، 1999). ويتوقع أن يصل النقص في الموثوقية إلى نسبة 25% في نهاية القرن الحادي والعشرين (Mote وآخرون، 1999) وأن يتفاعل مع متطلبات القواعد التشغيلية. وعلى سبيل المثال، ستخفف قواعد «fish first» الموثوقية القوية للطاقة بنسبة 10% في إطار المناخ الحالي وبنسبة 17% في سنوات المرحلة الدافئة من تذبذب المحيط الهادئ العكدي (PDO). وتتطوي تدابير التكيف على إمكانية تخفيف تأثير نقصان التراكم الثلجي السنوي في شهر نيسان/أبريل لكنها يمكن أن تؤدي إلى خسائر تتراوح نسبتها بين 10 و20% في الطاقة الكهربائية وإلى خفض التدفقات عن مستوى التدفقات الصيفية الجارية بالنسبة للأسماك (Payne وآخرون، 2004). ولا يزال إدماج التكيف مع تغير المناخ في عمليات التخطيط الإقليمية في المراحل المبكرة من تطوره (Cohen وآخرون، 2006).

والمؤسسات وصون التربة والمياه للحد من المخاطر المتعلقة بالطقس (Wall and Smit، 2005). [WGII 14.2.4]

وبدأت مدن كثيرة في أمريكا الشمالية اتخاذ إجراءات «لا يُندم عليها» تستند إلى الخبرة التاريخية (منطقة مياه المتروبوليتان التي توفر مياه الشرب لأجزاء من لوس أنجلوس وأورانج وسان دييجو (MWD، 2005). [WGII الإطار 14.3] كما تستثمر دوائر الأعمال التجارية في كندا والولايات المتحدة الأمريكية في عمليات التكيف المتعلقة بالتغيرات في موارد المياه وإن كان قليل من هذه الاستثمارات يستند فيما يبدو إلى الإسقاطات المتعلقة بتغير المناخ في المستقبل. [WGII 14.5.1] وتشمل الأمثلة على هذه الأنواع من التكيف ما يلي.

- استثمار شركات التأمين في البحوث الرامية إلى منع وقوع أضرار من المخاطر في المستقبل على الممتلكات المؤمن

وأدت هذه القدرات إلى التكيف وإستراتيجيات للتصدي من خلال طائفة واسعة من الظروف التاريخية حققت نجاحات وإخفاقات على السواء. وتبحث معظم الدراسات المتعلقة بإستراتيجيات التكيف، التنفيذ القائم على الخبرات الماضية (Paavola and Adger، 2002). [WGII 14.5]

تعرضت الزراعة في أمريكا الشمالية لكثير من أحداث الطقس القاسية خلال العقد الماضي. وكان من شأن زيادة قلب الطقس المقترنة بالهجرة من المناطق الريفية وصنوف الإجهاد الاقتصادي أن زاد ضعف القطاع الزراعي إجمالاً كما أثار القلق بشأن قدرته على التصدي في المستقبل لمناخ أكثر تقلباً (مجلس كندا، 2003؛ Wheaton وآخرون، 2005). ومع ذلك، فإن الزراعة في أمريكا الشمالية ديناميكية. والتكيف مع صنوف الإجهاد وتوافر فرص متعددة، بما في ذلك التغيرات في الأسواق والطقس، هي عملية عادية بالنسبة لهذا القطاع. وغالباً ما يستخدم تنوع المحاصيل

للمنطقة القطبية الشمالية Arctic عن أكبر قدر من القلق بشأن آثار المناخ المتغير على موارد المياه في المنطقتين القطبيتين. وبالنسبة للمنطقة القطبية الجنوبية Antarctic، جرى التركيز على توازن كتلة صفائح الجليد الرئيسية وتأثيرها على مستوى سطح البحر، وبدرجة أقل، على التغيرات المستحقة في بعض النظم المائية. وتحتوي المنطقة القطبية الشمالية Arctic على تنوع ضخم في موارد المياه، بما في ذلك كثير من أكبر أنهار العالم (Lena, Ob, Mackenzie and Yenisey)، والدلتات الكبرى (Lena and Mackenzie)، والبحيرات الكبرى (مثل بحيرة Great Bear)، وأنهار جليدية، وقلنسوات جليدية ممتدة، ومناطق واسعة من الأراضي الرطبة. وبسبب صغر عدد السكان نسبياً (4 ملايين نسمة: Bogovavlenskiy and Siggner، 2004) وقسوة المناخ، فإن الصناعات المعتمدة على موارد المياه مثل الزراعة والحراثة هي صغيرة الحجم تماماً، في حين يوجد عديد من مصائد الأسماك التجارية والمعيشية. ولئن كان بعض الشعوب الرحل لا يزال ذا شأن في بعض بلدان القارة القطبية الشمالية Arctic، فإن السكان يتزايد تركيزهم في مجتمعات أكبر (يعيش ثلثا السكان حالياً في مستوطنات تضم أكثر من 5000 من السكان) وإن كان معظم هذه المستوطنات كائن بالقرب من الطرق المائية الرئيسية كما يعتمد على الانتقال في هذه الطرق وأدى الانتقال إلى المجتمعات المحلية الأكبر إلى زيادة الوصول، على سبيل المثال، إلى إمدادات المياه المعالجة وتصريف المجاري الحديثة (Hild and Stordhal، 2004). [WGI 10.6.4; WGII 15.2.1]

وترد نسبة هامة من موارد مياه المنطقة القطبية الشمالية Arctic من أحواض منابع الأنهار الكبرى التي تحمل التدفقات عبر المناطق الشمالية إلى المحيط المتجمد الشمالي. وكانت تدفقات هذه الأنهار محور تركيز عملية تطور كهربائي هام وتظل تمثل بعض أكبر إمكانات الطاقة الكهربائية المائية التي لم يُستفد منها بعد (Shiklomanov وآخرون، 2000؛ Prowse وآخرون، 2004). ونظراً لدور هذه الأنهار في نقل الحرارة والرطوبة، والمغذيات، والملوثات، والكائنات الحية في الشمال فإن التغيرات المستحقة بفعل المناخ عند خطوط العرض المنخفضة تمارس أثراً قوياً على المنطقة القطبية الشمالية Arctic. وبالإضافة إلى ذلك، فإن التغيرات في التدفق المشترك لجميع مستجمعات المياه في المنطقة القطبية الشمالية Arctic هي التي حُددت على أنها هامة جداً لميزانية المياه العذبة في المحيط المتجمد الشمالي، وإنتاج جليد البحر، ولها في نهاية المطاف، آثار محتملة على الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي، والمناخ العالمي. [WGI 10.3.4, WGII 15.4.1]

5.7.2 التغيرات المرصودة

تمثل أهم تغير ملحوظ في موارد مياه القارة القطبية الشمالية Arctic في الزيادة التي حدثت منذ ثلاثينيات القرن العشرين في التدفق المشترك من أكبر ستة أنهار أوراسية (بنسبة بلغت 7%: Peterson وآخرون، 2002). ولوحظت أيضاً زيادة الجريان إلى المحيط المتجمد الشمالي من الأنهار الجليدية الكائنة حول القطب ومن القلنسوات الجليدية وصفائح جليد غرينلاند التي حدثت في أواخر القرن العشرين والتي يمكن مقارنتها بالزيادة في الانصباب والدفق الداخلي النهري المشترك لأكبر أنهار عموم القارة القطبية الشمالية Arctic (Dyurgerov and Carter، 2004). وتتعلق التغيرات في توازن الكتل الجليدية باستجابة معقدة للتغيرات في الهطول ودرجات الحرارة تنتج عنها

- عليها، وضبط نماذج التسعير (Munich Re، 2004؛ Mills and Lecompte، 2006). [WGII 14.2.4]
- استثمار مشغلي منتجعات التزلج في المصاعد التي تصل إلى الارتفاعات العالية، وفي التجهيزات الرامية إلى التعويض عن تناقص الغطاء الثلجي (Elsasser وآخرون، 2003؛ Cenus Bureau، 2004؛ Scott، 2005؛ Jones and Scott، 2006؛ Scott and Jones، 2006). [WGII 14.2.4]
- خفضت نيويورك مجمل استهلاك المياه بنسبة 27% واستهلاك الفرد بنسبة 34% منذ أوائل الثمانينات (مدينة نيويورك، 2005). [WGII 14.2.4]
- في منطقة لوس أنجلوس، شجعت البرامج الخاصة بالحواجز والبرامج الإعلامية لمرافق مناطق المياه المحلية صون المياه (MWD، 2005). [WGII الإطار 14.3]
- قيام المزارعين الذين تتوافر لهم معلومات تفصيلية إلى حد كبير عن الأحوال الجوية بضبط انتقاء المحاصيل والأنواع، وإستراتيجية الري واستخدامات مبيدات الآفات (Smii and Wall، 2003). [WGII 14.2.4]
- عانت مدينة بيتربورو، كندا، من حدثين للفيضانات التي تحدث كل مائة سنة في غضون 3 سنوات. واستجابات بإجراء تدفق مفاجئ لنظم الصرف، وإحلال نظم قنوات المجاري للوفاء بالمعايير الخاصة بمواجهة فيضانات أكثر تطرفاً لمدة 5 سنوات (Hunt، 2005). [WGII 14.5.1]
- أدت نوبات الجفاف التي حدثت مؤخراً في ست مدن رئيسية في الولايات المتحدة الأمريكية بما في ذلك نيويورك ولوس أنجلوس إلى تدابير للتكيف تشمل استثمارات في نظم صون المياه والمرافق الجديدة لإمدادات/توزيع المياه (Changnon and Changnon، 2000). [WGII 14.5.1]
- وللتصدي لزيادة في هطول المطر الغزير بلغت نسبتها 15% استخدمت برنغتون وأوتاوا، أونتاريو تدابير هيكلية ولا هيكلية على السواء، بما في ذلك توجيه مزاريب سفلية إلى المروج بغية تشجيع التسرب وزيادة خفض المستوى وتخزين المحتجز من المياه في الشوارع (Waters وآخرون، 2003). [WGII 14.5.1]
- أدت زيادة في السكان بلغت نسبتها 35% (مليون شخص تقريباً) منذ عام 1970 إلى زيادة استخدام المياه في لوس أنجلوس بنسبة 7% فقط (مجموعة كاليفورنيا للتقييم الإقليمي، 2002). ويعود هذا بدرجة كبيرة إلى ممارسات عمليات صون المياه. [WGII الإطار 14.3]
- أعدت المنطقة الإقليمية لوكاناغان الوسطى في كولومبيا البريطانية خطة لإدارة المياه في عام 2004 لمنطقة تخطيط تعرف باسم Trepanier Landscape Unit، تتناول بوضوح سيناريوهات المناخ، والتغيرات المسقط فيها يتعلق بإمدادات المياه والطلب على المياه، وخيارات التكيف (Cohen وآخرون، 2004؛ Summit Environmental Consultants، 2004). [WGII الإطار 3.1، 20.8.2]

5.7 المنطقتان القطبيتان

5.7.1 السياق

المنطقتان القطبيتان هما المنطقتان من الأرض اللتان يتوقع أن تشهدا بعض أبكر التغيرات المتسحقة بفعل المناخ وأشدّها عمقا الأمر الذي يعود بدرجة كبيرة إلى مكونات غلافها الجليدي الواسع الذي يهيمن أيضاً على العمليات الهيدرولوجية وموارد المياه. وتم الإعراب بالنسبة

الواسعة، تبين أن التكوين الأحيائي للمجتمعات الأحيائية المائية للبحيرات والبرك يستجيب للتغيرات في تزايد المتوسط السنوي والصيفي في درجات حرارة الهواء وما يتعلق به من تغيرات في الترافف/الاستقرار الحراري ومدة الغطاء الجليدي (Korhola وآخرون، 2002؛ Ruhland وآخرون، 2003؛ Pienitz وآخرون، 2004؛ Smol وآخرون، 2005؛ Prowse وآخرون، 2006). [WGI الفصل 4؛ 15.4.1.1 WGII]

وتبين أيضاً أن النظم الإيكولوجية المائية للمياه العذبة في المنطقة القطبية الجنوبية Antarctic تستجيب بدرجة عالية للتغيرات في المناخ، وخصوصاً لدرجة حرارة الهواء، وإن كانت الاتجاهات في هذا الصد قد تباينت عبر القارة. ولوحظ أن إنتاجية البحيرات في الوديان الجافة، على سبيل المثال، تنخفض مع تناقص درجة حرارة الهواء (Doran وآخرون، 2002). وعلى خلاف ذلك، فإن ارتفاع درجات حرارة الهواء في جزيرة Signy الكائنة في منطقة شمال Antarctic البحرية قد أنتج بعض أسرع وأضخم الاستجابات في درجات حرارة مياه البحيرات التي وثقت حتى الآن في نصف الكرة الأرضية الجنوبي (Quayle وآخرون، 2002). وبالإضافة إلى ذلك، أنتجت تأثيرات الاحترار على الثلج والغطاء الجليدي مجموعة مختلفة من اضطرابات النظام الإيكولوجي (Quayle وآخرون، 2003). [WGII 15.2.2.2]

5.7.3 التغيرات المسقطية

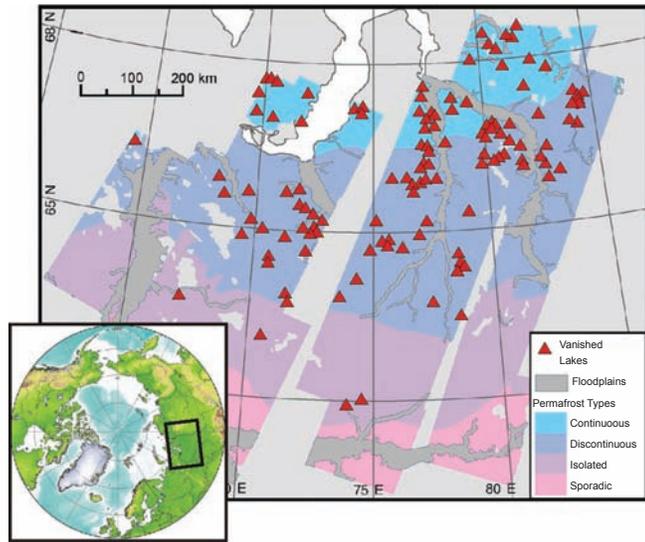
تثير التغيرات المسقطية فيما يتعلق بالهيدرولوجيا ومن ثم بموارد المياه في Arctic إشكالية بسبب التقلبية الشديدة في الموسمية والأنماط المكانية للهطول فيما بين نماذج الدوران العام GCMs. ولئن كان معظم النماذج يتنبأ بحدوث زيادة في الهطول فإن التنبؤ بالجريان من مُدخلات الهطول تفننه المشاكل الناشئة في توزيع الأمطار والثلوج مع ارتفاع درجة حرارة المنطقة أو عندما تصبح مصادر إضافية للرطوبة متاحة مع تراجع الجليد البحري. إلا أن آخر الإسقاطات المتعلقة بالجريان من مستجمعات المياه الرئيسية في Arctic تشير بوجه عام إلى زيادة إجمالية تتراوح نسبتها بين 10 و30%. إلا أن عاملاً واحداً غير مدرج في هذه الإسقاطات هو الزيادة في التبخر – النتج التي ستحدث مع تغير الغطاء النباتي الأرضي السائد من نباتات بهق الحجر الطفيلية الشبيهة بالطحالب والتي لا تنتج في التندرا إلى مختلف الأنواع الشجرية (Callaghan وآخرون، 2005)، وإن كان ذلك يمكن تعويضه بالانخفاض في النتج المستحث بفعل ثاني أكسيد الكربون (Gedney وآخرون، 2006). وبالمثل لم تدرج في إسقاطات الجريان الحالية آثار سيحان التربة الصقيعية في المستقبل وتعمق الطبقات النشطة (Anisimov and Belolutskaia، 2004؛ Instanes وآخرون، 2005)، الذي سيربط بشكل متزايد بين نظم التدفقات السطحية وتدفقات المياه الجوفية مما تنتج عنه تغيرات كبيرة في الخرائط البحرية الفصلية. وإن اتحاد ترطب التندرا أو جفافها المقترن بالاحترار وزيادة عمق الطبقة النشطة سيحدد حالة مصادر/بالوعات سريان الكربون وغاز الميثان. ويُتوقع أن يسبب سيحان التربة الصقيعية وازدياد الصقيع زيادة في حمولات المواد المترسبة النهرية (Syvitski، 2002) واحتمال حدوث تحولات كبيرة في شبكات القنوات (Bogaart and van Balen، 2000؛ Vandenberghe، 2002). [WGI الفصل 10؛ 15.4.1.2، 15.4.2.3 WGII]

وسيزداد الجريان في كلتا المنطقتين القطبيتين بفعل فقدان الأنهار الجليدية والقلنسوات الجليدية والصفائح الجليدية في غرينلاند وAntarctic، وإن

اتجاهات إقليمية متعارضة من مثل تلك التي توجد بين الأجزاء الحدية وبعض الأجزاء الداخلية من الغطاء الجليدي لغرينلاند (Abdalati and Steffen، 2001؛ Johannessen وآخرون، 2005؛ Walsh وآخرون، 2005). وفي حالة زيادة التدفقات في الأنهار الأوراسية، فإن عوامل تحكم ممكنة من مثل ذوبان الثلوج من التربة الصقيعية، وأثر حرائق الغابات، والاختلافات في تخزين المياه في السدود، قد استُبعدت مسؤوليتها عن تلك الحالة (McClelland وآخرون، 2004)، وتشير دراسة نموذجية واحدة إلى أن عوامل التأثير البشري المنشأ في المناخ قد لعبت دوراً في هذا الصد. وثبتت بوجه خاص صعوبة تقييم آثار المناخ والعوامل الأخرى على نهر ماكينزي وهو أكبر نهر متدفق من المنطقة القطبية الشمالية Arctic في أمريكا الشمالية بسبب الآثار الموهنة الكبيرة على التدفق الناجمة عن تأثير التخزين - الإطلاق الطبيعي للبحيرات والخزانات الكبرى (Gibson وآخرون، 2006؛ Peters وآخرون، 2006). [WGI 9.5.4؛ 15.4.1.1 WGII]

ومن الصعب التحقق من آثار هطول الأمطار على الجريان الأمر الذي يعود بدرجة كبيرة إلى أوجه ضعف شبكة الهطول في Arctic وتفريقها، لكن يُعتقد أن الهطول زاد ببطء بلغت نسبته قرابة 1% في العقد (McBean وآخرون، 2005؛ Walsh وآخرون، 2005). ولوحظت أيضاً تغيرات في حجم الصقيع الشتوي في أنهار القارة القطبية الشمالية Arctic الرئيسية ورُبطت بزيادة الاحترار والهطول الشتوي في حالة نهر Lena (Yang وآخرون، 2002)؛ Berezovskaya وآخرون، 2005) مع أنه اعتُقد من قبل أيضاً أن هذه التغيرات مستحثة بفعل المناخ، وذلك ببساطة من أجل تنظيم الطاقة الكهربائية المائية المتولدة من نهري Ob وYenisei (Yang وآخرون، 2004a,b). وحدثت تغيرات أيضاً في توقيت سيول الربيع وهو حدث التدفق المهيمن على أنهار Arctic لكن هذه التغيرات لم تكن ثابتة مكانياً على مدى السنين عاماً الأخيرة، بينما أظهرت أنهار سيبيريا المجاورة اتجاهات نحو التزايد (Yang: Lena وآخرون، 2002) والتناقص على السواء (Yang: Yenisei وآخرون، 2004b) ويتحكم جليد المياه العذبة الطافي أيضاً في الديناميات الموسمية لأنهار وبحيرات Arctic، وخصوصاً نظم الفيضانات، ومع أنه لم يبلغ عن أي تغير في تواتر أو حجم الفيضانات المستحثة بفعل الجليد، فإن مدة الغطاء الجليدي قد نقصت في معظم منطقة شمال Arctic الساحلية. (Walsh وآخرون، 2005). [WGII 15.2.1، 15.4.1.1]

وحدثت تغيرات هامة في التربة الصقيعية في Arctic في نصف القرن الأخير (Walsh وآخرون، 2005) ونظراً لدور الأرض المتجمدة في التحكم في طرق مرور التدفقات، فإن سيحان التربة الصقيعية يمكن أن يؤثر على الاستجابات الموسمية للهطول – للجريان (Serreze وآخرون، 2003؛ Berezovskaya وآخرون، 2005؛ Zhang وآخرون، 2005). واشتبه أيضاً في أن سيحان التربة الصقيعية وما ارتبط به من زيادة في إنفاذية الطبقة السفلية قد أحدثا تغيرات في غزارة مياه البحيرات في بعض مناطق سيبيريا خلال فترة ثلاثة عقود في نهاية القرن العشرين (Smith وآخرون، 2005؛ انظر الشكل 5.12). وفي خطوط العرض الأعلى، يُعتقد أن السيحان الأولي قد زاد المياه السطحية للبرك وغزارة مياه البحيرات في حين في خطوط العرض الأدنى نقصت غزارة مياه البحيرات لأن السيحان الأوسع نطاقاً والأعمق غوراً أتاح لمياه البرك أن تصرف مياهها إلى نظم التدفق تحت السطح. وفي مناطق Arctic



الشكل 5.12: مواقع البحيرات السيبيرية التي اختفت بعد فترة ارتفاع في درجات حرارة التربة والهواء على مدى ثلاثة عقود (سُجلت التغيرات في صور التقطت من السواتل منذ أوائل السبعينات إلى الفترة 1997-2004)، والتقطت الصور فوق أنواع شتى من التربة الصقيعية. ويوحى النمط المكاني لاختفاء البحيرات بأن سيحان التربة الصقيعية هو الذي تسبب في فقدان الملحوظ للبحيرات. من Smith وآخرين (2005). أُعيد نشرها بإذن من الرابطة الأمريكية لتقدم العلوم [WGII الشكل 15.4.AAAS].

بها من أمراض نحو الشمال، وتلويث مياه البحار لاحتياطيات المياه الجوفية بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر في المجتمعات المحلية الساحلية (Warren وآخرون، 2005). [WGII 15.4.1].

وسيتأثر القدر الكبير من التطور والبنى الأساسية التي تنحى نحو التركيز بالقرب من نظم المياه العذبة في Arctic تأثراً شديداً بالتغيرات في النظم الهيدرولوجية الشمالية. وتشمل الأمثلة الهامة على ذلك ضعف وانخفاض قدرة تجهيزات النقل والمجتمعات المحلية الشمالية على الوصول إلى الطرق الجليدية؛ والتغيرات في إتاحة المياه السطحية والمياه الجوفية للمجتمعات المحلية والصناعة؛ وفقدان الأمن فيما يتعلق باحتواء مخلفات المناجم في البحيرات الشمالية الكائنة تحت تربة صقيعية؛ وزيادة تدفق الجليد ومخاطره على منصات الحفر الكائنة في المجاري المائية والمستودعات الخاصة بتوليد الطاقة الكهربائية المائية (للجنة العالمية المعنية بالسود، 2000؛ Prowse وآخرون، 2004؛ Instanes وآخرون، 2005). ولئن كان لم يتم تقييم إنتاج الكهرباء في Arctic بأكملها في المستقبل، فإن التقدير الوارد في سيناريو الانبعاثات IS92a يشير إلى أن إمكانات الطاقة الكهرومائية للوحدات القائمة في نهاية القرن العشرين ستزيد بنسب تتراوح بين 15 و30% في اسكندنافيا وشمال روسيا. [WGI 3.5.1; WGII 15.4.1.4].

5.7.4 التكيف وسرعة التأثر

يتعلق قدر كبير من سرعة التأثر الإجمالية لموارد المياه العذبة في Arctic بتغير المناخ، بالتغيرات المفاجئة المرتبطة بالتحويلات في المراحل المائية من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة التي ستحدث في كثير من النظم الهيدرولوجية للغلاف الجليدي. وقد استطاعت النظم الإيكولوجية للمياه العذبة في Arctic تاريخياً التكيف مع التغيرات الكبيرة في المناخ لكن

كانت بعض القلنسوات الجليدية والصفائح الجليدية تسهم أكبر إسهام في توجيه المياه الناتجة عن ذوبان الجليد مباشرة إلى المحيطات المحيطة بهما. والأهم بالنسبة لموارد المياه الأرضية هي مختلف الأنهار الجليدية المنتشرة في كافة أنحاء Arctic والتي يُتوقع أن تنقل إلى حد كبير بمضي الوقت. ولئن كان الاختفاء التدريجي لنهر جليدي أو نشوء موازنة جديدة أصغر لموارد النهر الجليدي تؤدي في البداية إلى تزايد تدفق المجرى المائي فإنها تؤدي في نهاية المطاف إلى خفض التدفقات، وخصوصاً أثناء فترات أواخر الصيف الأكثر جفافاً، والفترات الحرجة بالنسبة للمجموعات الأحيائية المائية في Arctic. [WGII الفصل 10؛ WGII 15.4.1.3]

وينطوي الاحترار المُسقط بداهه أيضاً على استمرار الاتجاهات التي ظهرت مؤخراً نحو تأخر تجمد جليد الأنهار والبحيرات، والتكسر المبكر لهذا الجليد (Walsh وآخرون، 2005) ونقصان سُمك الجليد الذي سيؤدي إلى تغيرات في الهياكل الحرارية للبحيرات وفي نوعية/ كمية الموائل الكائنة تحت الجليد، وإلى آثار على انسداد الأنهار بالجليد وما ينجم عن ذلك من فيضانات (Beltaos وآخرون، 2006؛ Prowse وآخرون، 2006). والآثار الأخيرة هامة باعتبارها تشكل مخاطر على كثير من المستوطنات الشمالية المستندة إلى الأنهار لكنها خطيرة أيضاً على استدامة الصحة الإيكولوجية للنظم الإيكولوجية المشاطنة التي تعتمد على الغمر بالمياه، والمواد الرسوبية والمواد المغذية (Prowse وآخرون، 2006). [WGII 15.4.1.2, 15.6.2].

وستؤدي التحولات الكبرى المذكورة آنفاً في هيدرولوجيا Arctic الباردة إلى تغير التنوع الأحيائي المائي، وخصوصية الموئل، وإتاحته الفصليّة، والتوزيع الجغرافي للأنواع بما في ذلك التجمعات الرئيسية لمصائد الأسماك (Prowse وآخرون، 2006؛ Reist وآخرون، 2006a, 2006b, c؛ Wrona وآخرون، 2006). وتحصل الشعوب القاطنة Arctic التي تعمل في اقتصادات قائمة على الكفاف واقتصادات تجارية على خدمات كثيرة من النظم الإيكولوجية للمياه العذبة (مثلاً الكائنات الحية التي يمكن صيدها) كذلك من شأن التغيرات في وفرة هذه الموارد وملئها من جديد وإتاحتها وقابلية الوصول إليها أن يغير الاستخدام المحلي للموارد وأساليب المعيشة التقليدية (Nuttall وآخرون، 2005؛ Reist وآخرون، 2006a). [WGII 15.4.1.3].

ونظراً لأن المتوقع هو أن تغدو Arctic «أكثر رطوبة ومطراً» بوجه عام، فإن عدداً من العمليات الهيدرولوجية سيؤثر على المسالك المائية ويزيد حمل المواد الملوثة (مثل الملوثات العضوية دائمة المفعول، والزئبق) إلى النظم المائية لـ Arctic (MacDonald وآخرون، 2003). وتنطوي التغيرات في هيكل السلسلة الغذائية المائية والوترات الغذائية المائية (Wrona وآخرون، 2006) على إمكانية إضافية لتغيير تراكم المواد الكيميائية المكثرة أحياناً. وقد شكل ذلك شواغل صحية خاصة للمقيمين الشماليين الذين يعتمدون على المصادر التقليدية للأغذية المحلية. كما ستؤدي التغيرات في التوقيت الفصلي للتدفقات والمياه السطحية المتاحة وكميتها أيضاً إلى إثارة شواغل لكثير من المجتمعات المحلية الشمالية التي تعتمد على المياه السطحية/أو المياه الجوفية غير المعالجة غالباً في الحصول على مياه الشرب (وكالة الحماية البيئية في الولايات المتحدة الأمريكية، 1997؛ Martin وآخرون، 2005). ويمكن أن تزداد مخاطر التلوث أيضاً مع انتقال الأنواع وما يرتبط

والماء مورد متعدد القطاعات يرتبط بجميع أوجه الحياة وسبل المعيشة، بما في ذلك الأمن. ويُنظر إلى موثوقية توفير إمدادات المياه باعتبارها مشكلة بالغة الأهمية في جزر كثيرة في الوقت الحالي، وهي مشكلة ستزداد إلحاحاً في المستقبل. وثمة أدلة قوية على أنه في إطار معظم سيناريوهات تغير المناخ يُحتمل أن تتعرض موارد المياه في الجزر الصغيرة تعرضاً بالغاً للخطر (ثقة عالية جداً). ولمعظم الجزر الصغيرة إمدادات مياه محدودة، وتتسم موارد المياه في هذه الجزر بأنها سريعة التأثير بصفة خاصة بالتغيرات وبتوزيع الأمطار اللذين سيحدثان في المستقبل. ويرتبط مدى تدابير التكيف التي بُحنت، والأولويات التي حُددت ارتباطاً وثيقاً بالقطاعات الاجتماعية – الاقتصادية الرئيسية لكل بلد، وبشواغله البيئية الرئيسية، وبمناطق المعرضة أشد تعرض لمخاطر تأثيرات تغير المناخ من مثل ارتفاع مستوى سطح البحر. [WGII 16.ES, 16.5.2]

5.8.2 الاتجاهات المناخية الملحوظة والإسقاطات في المناطق الجزرية

تثير الظروف الهيدرولوجية وإمدادات المياه واستخدامها في الجزر الصغيرة مشاكل تكيف ومشاكل بحثية مختلفة تماماً مقارنةً بالمشاكل التي تنشأ في الحالات القارية. ويتعين بحث هذه المشاكل ونمذجتها عبر مجموعة من الأنماط الجزرية التي تغطي جيولوجيا وطوبوغرافيا وغطاء للأراضي مختلفين، وعلى ضوء أحدث السيناريوهات والإسقاطات المتعلقة بتغير المناخ. [WGII 16.7.1]

وتظهر عمليات الرصد الجديدة وإعادة تحليل متوسطات درجات الحرارة على سطحي الأرض والمحيطات منذ تقرير التقييم الثالث اتجاهات احترار ثابتة في جميع المناطق الجزرية الصغيرة على مدى الفترة من عام 1901 إلى عام 2004. إلا أن الاتجاهات ليست خطية، كما أن عدم الاحتفاظ بسجلات تاريخية يعوق بشدة تحليل الاتجاهات. [WGII 16.2.2.2]

وتظهر الدراسات التي أجريت مؤخراً أن درجات الحرارة السنوية والفصلية لسطح المحيطات ودرجات حرارة هواء الجزر قد ارتفعا بنسب تتراوح بين 0.6 و1.0 درجة مئوية منذ عام 1910 في جزء كبير من المحيط الهادئ الجنوبي وجنوب غرب نطاق التقارب لجنوب المحيط الهادئ (SPCZ) ²⁶ حيث لم تُشهد الزيادات العقدية في درجات الحرارة السنوية بما يتراوح بين 0.3 و0.5 درجة مئوية إلا منذ السبعينات، وسبقتها بعض البرودة بعد أربعينات القرن العشرين التي تمثل بداية السجل في شمال شرق نطاق التقارب (SPCZ) (Salinger, 2001؛ Folland وآخرون، 2003). وتظهر التحليلات بالنسبة لمناطق البحر الكاريبي والمحيط الهندي والبحر الأبيض المتوسط، أن الاحترار تراوح بين 0.24 درجة مئوية و0.5 درجة مئوية للعقد في العقود المنصرمة بين عام 1971 و عام 2004. وشهدت بعض المناطق في خطوط العرض العالية، بما في ذلك أرشبيلاغو الأركتيكية في غرب كندا احتزاراً بوتيرة أسرع من المتوسط العالمي (McBean وآخرون، 2005). [WGII 16.2.2.2]

على فترات مفرطة التطول (مثلاً Ruhland وآخرون، 2003). إلا أنه من المتوقع أن تتجاوز المعدلات السريعة للتغير على مدى القرن المقبل قدرة بعض الكائنات الحية على التكيف (Wrona وآخرون، 2006)، وأن تنتج عنها تأثيرات سلبية أكثر منها إيجابية بالنسبة للنظم الإيكولوجية للمياه العذبة (Wrona وآخرون، 2005). [WGII 15.2.2.2]

ومن منظور الاستخدام البشري، فإن تدابير التكيف الممكنة هي غاية في الاختلاف، وتتراوح بين التدابير الرامية إلى تسهيل استخدام موارد المياه (مثل إجراء تغييرات في ممارسات إنشاء طرق الجليد، وزيادة النقل في المياه المفتوحة، وتنظيم التدفقات من أجل إنتاج الطاقة الكهربائية المائية، وإستراتيجيات جمع المياه، وأساليب الوصول إلى مياه الشرب). وإستراتيجيات التكيف التي تعالج مخاطر ازدياد/نقصان المياه العذبة (مثل الهياكل الحامية من أجل الحد من مخاطر الفيضانات أو زيادة التدفقات في النظم المائية؛ Prowse and Beltaos، 2002). إلا أن الارتباطات الثقافية و/أو الاجتماعية القوية بالاستخدامات التقليدية لموارد المياه من قبل بعض الشعوب الشمالية يمكن أن يعقد اعتماد بعض إستراتيجيات التكيف (McBean وآخرون، 2005؛ Nuttall وآخرون، 2005). [WGII 15.2.2.2]

5.8 الجزر الصغيرة

5.8.1 السياق

أشار تقرير التقييم الثالث (الفصل 17؛ الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، 2001b) إلى أن الدول الجزرية الصغيرة تشترك في أوجه تماثل كثيرة (مثلاً الحجم المادي الطبيعي، والتعرض للكوارث الطبيعية ولظواهر المناخ المتطرفة، والانفتاح المتطرف للاقتصادات وضعف القدرة على التكيف، وانتشار المخاطر) الذي يزيد من سرعة تأثيرها ويضعف مرونتها إزاء تقليبة المناخ وتغيره. وعلى الرغم من الاختلافات في مجالات التركيز وفي الأولويات القطاعية بين مختلف الجزر فإنه تنشأ مع ذلك ثلاثة مواضيع مشتركة.

- 1- جميع الرسائل الوطنية ²⁵ المبلغة من الدول الجزرية الصغيرة تشدد على مدى إلحاح اتخاذ إجراءات تكيف وعلى الموارد المالية اللازمة لدعم هذه الإجراءات.
- 2- يُنظر إلى المياه العذبة باعتبارها مسألة بالغة الأهمية في جميع الدول الجزرية الصغيرة سواء من حيث نوعية المياه أو من حيث كميتها.
- 3- أن دولاً جزرية صغيرة كثيرة، بما في ذلك جميع الدول الجزرية الصغيرة النامية (SIDS) تدرك الحاجة إلى زيادة التخطيط والإدارة المتكاملين لمستجمعات المياه. [WGII تقرير التقييم الثالث، الفصل 17]

²⁵ يطلب من البلدان بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC)، تقديم إمدادات وطنية دورية على مدى تقدمها في الحد من صافي إنبعاثات غازات التدفئة، و السياسات و التدابير المقررة، و تقييم الاحتياجات.

²⁶ يشكل نطاق التقارب لجنوب المحيط الهادي (SPCZ) جزءاً من نطاق التقارب بين المدارين (ITCZ) وهو قطاع من التقارب المنخفض المستوى، و يمتد التعميم و الهطول من حوض غرب المحيط الهادئ الدافئ نحو الجنوب الشرقي إلى بولينيزيا الفرنسية.

حوض المحيط الهادئ، معدل متوسط إجمالي فيما يتعلق بارتفاع مستوى سطح البحر يبلغ 0.7 ملليمتر/سنوياً (Mitchell وآخرون، 2001). ومع التركيز فقط على المحطات الكائنة في الجزر ذات البيانات التي غطت أكثر من 50 عاماً (أربعة أماكن فقط)، فإن المعدل المتوسط لارتفاع مستوى سطح البحر (بالنسبة إلى القشرة الأرضية) يبلغ 1.6 ملليمتر/ سنوياً. [WGI 5.5.2]

5.8.2.1 المياه

يستند الجدول 5.8 إلى سبعة نماذج للدوران العام GCMs، وبالنسبة لمجموعة من سيناريوهات الانبعاثات، سيناريوهات التقرير الخاص SRES، يقارن بين إسقاطات التغيرات في الهطول على الجزر الصغيرة حسب المناطق. ففي منطقة البحر الكاريبي، يتوقع أن تشهد جزر كثيرة زيادة في الإجهاد المائي نتيجة لتغير المناخ بينما تسقط جميع سيناريوهات الانبعاثات SRES انخفاضاً في هطول الأمطار في الصيف عبر المنطقة. ومن غير المرجح أن يتسنى تلبية الطلب أثناء فترات انخفاض هطول الأمطار. ومن غير المحتمل أن تؤدي زيادة الأمطار في نصف الكرة الأرضية الشمالي في الشتاء إلى التعويض عن ذلك بسبب اتحاد عاملتي عدم التخزين، والجريان العالي أثناء العواصف. [WGII 16.3.1]

وفي المحيط الهادئ، سيؤدي انخفاض بنسبة 10% في متوسط هطول الأمطار (بحلول عام 2050) إلى انخفاض تبلغ نسبته 20% في حجم الطبقات الرسوبية الحاوية للمياه العذبة في جزيرة تاراوا المرجانية، كيريباتي. ومن شأن انخفاض هطول الأمطار المقترن بارتفاع مستوى سطح البحر أن يؤدي إلى تفاقم المخاطر بشأن مدى موثوقية الاعتماد على إمدادات المياه. [WGII 16.4.1]

وبدأت جزر صغيرة كثيرة، الاستثمار في تنفيذ إستراتيجيات التكيف، بما في ذلك إزالة ملوحة مياه البحر للتعويض عن النقص الجاري والمُسقط في المياه. إلا أن تأثيرات محطات إزالة الملوحة ذاتها على المرافق البيئية، والحاجة إلى معالجة الاحتياجات البيئية من المياه معالجة كاملة، لم تبحث بحثاً كاملاً بعد. [WGII 16.4.1]

ونظراً لأن أعاصير الهاريكين هي أحداث بارزة الوضوح إلي حد كبير وذات تأثيرات كبيرة، فإن نوبات الجفاف تُلقت اهتماماً أقل من قبل الباحثين والمخططين، مع أن هذه الحالات يمكن أن تؤدي إلى زيادة المسحوبات من المياه وإمكانات اقتحام المياه المالحة في مستودعات المياه الجوفية القريبة من الشواطئ. وفي جزر البهاما، مثلاً، فإن الطبقات الرسوبية الحاوية للمياه العذبة هي التي تشكل موارد المياه الجوفية الوحيدة التي يمكن استغلالها. وتتأثر هذه المناطق بصفة دورية بعمليات اقتحام المياه المالحة التي يسببها إفراط الضخ وفرط التبخر – الناتج. وتنتقل المياه الجوفية في معظم الحالات ببطء، ونتيجة لذلك يتباطأ تعويض الانخفاض الشديد في احتياطيات المياه الجوفية. وقد لا يتسنى عكس هذا الوضع؛ وتتسم التقلبية في الكميات السنوية للمياه المتاحة بأنها ليست بوجه عام متطرفة كما هو الحال بالنسبة لموارد المياه السطحية؛ كما أن لتدهور نوعية المياه والتلوث آثاراً طويلة المدى، لا يمكن معالجتها بسرعة. [WGII 16.4.1]

وتُظهر اتجاهات هطول المطر اليومي ودرجات الحرارة المتطرفين عبر جنوب المحيط الهادئ في الفترة 1961-2003 زيادة في العدد السنوي للأيام الحارة والليالي الدافئة مع نقصان في العدد السنوي للأيام معتدلة البرودة والليالي الباردة، وخصوصاً في السنوات التي تعقب هبوب النينيو وتكون فيها اتجاهات هطول الأمطار المتطرفة، بوجه عام، أقل ترابطاً مكانياً من اتجاهات درجات الحرارة المتطرفة (Manton وآخرون، 2001؛ Griffiths وآخرون، 2003). وفي منطقة البحر الكاريبي، زادت النسبة المئوية للأيام ذات درجات الحرارة الدافئة جداً الدنيا أو القصوى، زيادة شديدة منذ الخمسينات بينما نقصت النسبة المئوية للأيام ذات درجات الحرارة الباردة (Petersen وآخرون، 2002). [WGII 16.2.2.2]

وبالنسبة لمنطقة البحر الكاريبي، يُتوقع حسب الإسقاطات أن يؤثر ارتفاع يتراوح بين 1.5 درجة مئوية ودرجتين مؤبقتين في درجة حرارة الهواء العالمي على المنطقة من خلال WGII تقرير التقييم الثالث الذي أعده الفريق العامل الثاني الفصل 17]:

- حدوث زيادات في الفاقد بسبب التبخر،
- حدوث نقصان في الهطول (استمرار اتجاه انخفاض هطول الأمطار الملاحظ في بعض أنحاء المنطقة)،
- قصر طول الفصل الممطر – بنسب تتراوح بين 7 و8% بحلول عام 2050،
- زيادة طول الفصل الجاف بنسب تصل إلى ما يتراوح بين 6 و8% بحلول عام 2050،
- زيادة تواتر الأمطار الغزيرة – بنسبة تصل إلى 20% بحلول عام 2050،
- زيادة التحات وتلوث المناطق الساحلية.

وتهيمن ظاهرة النينيو/التذبذب الجنوبي ENSO والتقلبية العقدية على التقلبات في هبوب الأعاصير المدارية وفي خارج المنطقة المدارية، وأعاصير الهاريكين، وأعاصير التيفون الاستوائية في كثير من مناطق الجزر الصغيرة. وتنتج عن هذا إعادة توزيع للعواصف المدارية ومساراتها بحيث أن حدوث زيادة في هذه العواصف في حوض يقابله غالباً حدوث نقصان لها في أحواض أخرى. وعلى سبيل المثال، أثناء حدث لظاهرة النينيو، فإن نسبة حدوث أعاصير الهاريكين تنقص عادة في المحيط الأطلسي، وفي أقصى غرب المحيط الهادئ، وفي مناطق أستراليا، بينما تزداد في وسط وشمال وجنوب المحيط الهادئ، وخصوصاً في منطقة الأعاصير الاستوائية (التيفون) في شمال غرب المحيط الهادئ. وهناك أدلة مستمدة من عمليات الرصد على شدة نشاط الأعاصير المدارية في شمال المحيط الأطلسي منذ عام 1970 تقريباً ارتبطت بارتفاع في درجات حرارة سطح البحر SSTs في المناطق المدارية. وهناك دلائل أيضاً على حدوث زيادات في شدة نشاط الأعاصير المدارية في مناطق أخرى تزداد فيما يتعلق بها الشواغل بشأن مدى جودة البيانات. وتعد التقلبية متعددة العقود ونوعية السجلات السابقة على حوالي عام 1970 كشف الاتجاهات الطويلة الأمد. وتشير تقديرات القدرة التدميرية المحتملة للأعاصير المدارية إلى اتجاه صعودي أساسي منذ منتصف السبعينات. [الفريق العامل الأول، الملخص الفني، WGII 16.2.2.2; WGI TS, 3.8.3]

ويركز بعض الدول الجزرية مثل مالطة (وزارة الشؤون الريفية والبيئة (MRAE، 2004) على القطاعات الاقتصادية التي يُحتمل

وتظهر تحليلات سجلات مستوى سطح البحر التي تحتوي على بيانات مسجلة كل ساعة لمدة 25 عاماً على الأقل من المحطات المنشأة حول

الفصول السنوية الممطرة، فإن برامج مكافحة ناقل المرض ينبغي أن تستهدف تلك الفترات بغية الحد من أعباء المرض. وترتبط نسبة حدوث أمراض الإسهال بالمتوسط السنوي لدرجات الحرارة (Singh وآخرون، 2001) [WGII 8.2, 8.4] وترتبط سلبياً بإتاحة المياه في المحيط الهادئ (Singh وآخرون، 2001). ولذلك، يمكن لتزايد ارتفاع درجات الحرارة وتناقص إتاحة المياه بسبب تغير المناخ أن يزيدا أعباء أمراض الإسهال وغيرها من الأمراض المعدية في بعض الدول الجزرية الصغيرة. [WGII 16.4.5]

5.8.2.4 الزراعة

وتشمل التأثيرات المُسقطَة لتغير المناخ فترات جفاف ممتدة من ناحية، ومن ناحية أخرى فقدان خصوبة التربة وتدهورها نتيجة لزيادة الهطول وكلاهما سيؤثر سلبياً على الزراعة والأمن الغذائي. وتبين للبنك الدولي (2000) في دراسته عن الآثار الاقتصادية والاجتماعية لتغير المناخ وتقليبه بالنسبة لجزر مختارة في المحيط الهادئ أنه في غيبة إجراءات للتكيف فإن جزيرة عادية من مثل Viti Levu، فيجي، يمكن أن تصاب بأضرار تبلغ قيمتها ما يتراوح بين 23 و52 مليون من دولارات الولايات المتحدة سنوياً بحلول عام 2050 (وهو ما يعادل من 2 إلى 3% من الناتج المحلي الإجمالي لفيجي في عام 2002)، بينما قد تواجه مجموعة من الجزر المنخفضة من مثل تاراوا، كيريباتي، أضراراً تزيد قيمتها على ما يتراوح بين 8 ملايين و16 مليوناً من دولارات الولايات المتحدة سنوياً (وهو ما يعادل من 17 إلى 18% من الناتج المحلي الإجمالي لكيريباتي في عام 2002) في إطار سيناريوهات التقرير الخاص SRES ألف 2 (A2)، وباء 2 (B2). وفي جزر كثيرة في منطقة البحر الكاريبي، فإن الاعتماد على الواردات الزراعية التي تشمل هي ذاتها المياه المستخدمة في إنتاج هذه الواردات في بلدان المنشأ يشكل نسبة تصل إلى 50% من الإمدادات الغذائية. [WGII 16.4.3]

5.8.2.5 التنوع الأحيائي

يبين Burke and Maidens (2002) و Burke and Maidens (2004) أن نحو 50% من الشعب المرجانية في جنوب شرق آسيا و45% منها في منطقة البحر الكاريبي تصنف على أنها فئة تتعرض لمخاطر تتراوح بين العالية والعالية جداً (انظر أيضاً Graham وآخرون، 2006). إلا أن هناك اختلافات محلية وإقليمية هامة في نطاق ونمط التهديدات التي تتعرض لها مناطق الشعب المرجانية سواء في المناطق القارية أو في مناطق الجزر الصغيرة. [WGII 16.4.4]

وتعرضت كلتا النظم الإيكولوجية الأرضية للجزر الكبيرة، والنظم الإيكولوجية الساحلية لمعظم الجزر لتزايد التدهور والتدمير في العقود الأخيرة. فمثلاً، كشف تحليل الدراسات الاستقصائية المتعلقة بالشعب المرجانية على مدى ثلاثة عقود أن غطاء الشعب المرجانية في الشعب الكائنة في منطقة البحر الكاريبي انخفض بنسبة 80% في مجرد 30 عاماً، ويعود ذلك إلى حد كبير إلى التلوث، وعمليات الترسب، والأمراض البحرية، وفراط صيد الأسماك (Gardner وآخرون، 2003). ويمكن أن يكون للجريان من المناطق الأرضية بالإضافة إلى المدخل المباشر من المياه العذبة من خلال أحداث المطر الغزير تأثيرات هامة على نوعية الشعب المرجانية، وسرعة تأثرها بالأمراض. [WGII 16.4.4]

أن تتطلب تكيفاً، بما في ذلك توليد الطاقة الكهربائية والنقل وإدارة النفايات؛ في حين تبرز الأرقام المتعلقة بالزراعة والصحة البشرية بجلاء في الإفادات الواردة من جزر القمر (النفقات المحلية الإجمالية GDE، 2002)، وفانواتو (جمهورية فانواتو، 1999) وسانت فنسنت وغرينادين (المجلس الاستشاري الوطني بشأن البيئة، NEAB

الجدول 5.8: التغير المسقط في الهطول على الجزر الصغيرة، حسب المناطق (بالنسبة المئوية). النطاقات الزمنية مستمدة من سبعة نماذج مقارنة للوران العام بين الغلاف الجوي والمحيطات والجليد البحري AOGCMs في إطار سيناريوهات الانبعاثات، سيناريوهات التقرير الخاص SRES باء 1 (B1) وباء 2 (B2) وألف 2 (2A) وسيناريوهات الوقود الأحفوري المركز [WGII الجدول 16.2]

المناطق	2009-2070	2069-2040	2010-2039
البحر الأبيض المتوسط	61.0- إلى 6.2+	52.6- إلى 38.3+	35.6- إلى 55.1+
البحر الكاريبي	49.3- إلى 28.9+	36.3- إلى 34.2+	14.2- إلى 13.7+
المحيط الهندي	9.8- إلى 14.7+	6.9- إلى 12.4+	5.4- إلى 6.0+
شمال المحيط الهادئ	2.7- إلى 25.8+	19.2- إلى 21.3+	6.3- إلى 9.1+
جنوب المحيط الهادئ	14.0- إلى 14.6+	8.23- إلى 5.7+	3.9- إلى 3.4+

(2000). وفي هذه الحالات لا يُنظر إلى ارتفاع مستوى سطح البحر باعتباره أكثر العوامل أهمية، وإن كان هو كذلك بالفعل في دول الجزر المرجانية المنخفضة من مثل كيريباتي وتوفالو وجزر مارشال وملديف. [WGII 16.4.2]

5.8.2.2 الطاقة

يعد الحصول على الطاقة الموثوقة وبتكلفة محتملة عنصراً حيوياً في معظم الجزر الصغيرة حيث يعتبر ارتفاع تكاليف الطاقة بمثابة عائق أمام هدف تحقيق التنمية المستدامة. وتعتمد الجزر الصغيرة مثل دومينيكا في منطقة البحر الكاريبي على الطاقة الكهربائية فيما يتعلق بجزء هام من تزودها بالطاقة. ويمكن لأنشطة البحث والتطوير فيما يتعلق بتحقيق كفاءة الطاقة، والخيارات الملائمة للجزر الصغيرة من مثل خيارات الطاقة الشمسية والرياح أن تساعد في كلتا إستراتيجيات التكيف والتخفيف وأن تعزز في الوقت نفسه إمكانيات تحقيق النمو المستدام. [WGII 16.4.6, 16.4.7]

5.8.2.3 الصحة

تقع جزر صغيرة كثيرة في مناطق مدارية أو شبه مدارية ذات طقس يؤدي إلى سريان أمراض من مثل الملاريا، وحمى الدنك، وداء الخيطيات، والبلهارسيا، والأمراض المنقولة بالأغذية وبالمياه. وتزايد معدلات الإصابة بكثير من هذه الأمراض في الجزر الصغيرة لعدد من الأسباب، تشمل ضعف الممارسات المتعلقة بالصحة العمومية، وعدم كفاية البنى الأساسية، وضعف ممارسات إدارة النفايات، وتزايد السفر العالمي، وتغير الأحوال المناخية (منظمة الصحة العالمية، 2003). وفي منطقة البحر الكاريبي، تزداد نسبة الإصابة بحمى الدنك أثناء سنوات دورات ظاهرة النينو ENSO الدافئة (Rawlins وآخرون، 2005). ونظراً لأن أكبر مخاطر سريان حمى الدنك يحدث أثناء

5.8.3 التكيف، وسرعة التأثر، والاستدامة

كثيراً ما تُذكر التنمية المستدامة باعتبارها هدفاً لإستراتيجيات الإدارة الخاصة بالجزر الصغيرة. ومؤلفات قليلة نسبياً هي التي بحثت بوضوح ماذا تعني التنمية المستدامة للجزر في سياق تغير المناخ (Kerr، 2005). ومن المعروف منذ وقت طويل أن مشاكل الحجم الصغير والعزلة للاقتصادات المتخصصة، وكذلك القوى المتعارضة للعولمة والمحلية قد تعني أن تصبح التنمية الجارية في الجزر الصغيرة غير مستدامة في الأجل الطويل. [WGII 16.6]

ويرتبط هذا الخطر بتضييق نطاق خيارات التكيف مع التأثيرات المتوقعة لتغير لمناخ في ظل عدم اليقين من التأثيرات المادية المحتملة بفعل المناخ. ويُلخص الجدول 5.9 نتائج عدة دراسات عن التأثيرات قائمة على سيناريوهات خاصة بالبيئات الجزرية من الفترة الحالية وحتى عام 2100، أي أن بعض التأثيرات يحدث بالفعل. ويتضمن الجدول السياق الخاص بتأثيرات المناخ المحتملة الأخرى التي يمكن أن تقاوم حالات الإجهاد المتعلقة بالمياه. فالعقبات قد تنشأ من عمليات اجتماعية وعمليات بيئية كذلك. وبالإضافة إلى ذلك، يتمثل التحدي المطروح في فهم إستراتيجيات التكيف التي اعتمدت في الماضي وفوائدها وحدودها بالنسبة للتخطيط والتنفيذ في المستقبل. [WGII 16.5]

ولئن كان أحرز تقدم كبير في الإسقاطات الإقليمية لمستوى سطح البحر منذ تقرير التقييم الثالث، فإن هذه الإسقاطات لم يُنتفع بها انتفاعاً كاملاً في الجزر الصغيرة بسبب القدر الأكبر من عدم اليقين المرتبط بتجلياتها المحلية مقارنة بالإسقاطات العالمية. وإن الإسقاطات الموثوقة والمعقولة المستندة إلى مخرجات ذات استبانة أدق، بالإضافة إلى البيانات المحلية، لازمتان لتزويد عملية وضع سيناريوهات موثوقة لتغير المناخ خاصة بالجزر الصغيرة. ويمكن أن تؤدي هذه النهج إلى تحسين عمليات تقييم سرعة التأثر، وتحديد خيارات أكثر ملاءمة على نطاق الجزر، وعبر النطاقات الزمنية للتأثيرات المناخية. [WGII 16.7.1]

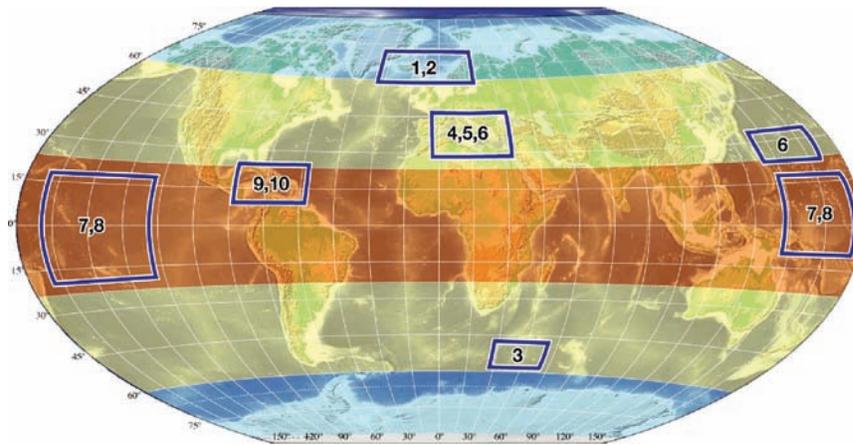
وتُظهر الدراسات المتعلقة بسرعة التأثر التي أجريت بالنسبة لجزر صغيرة مختارة (Nurse وآخرون، 2001) أن تكاليف البنى الأساسية وحماية المستوطنات تمثل نسبة هامة من الناتج المحلي الإجمالي غالباً ما تتجاوز إلى حد كبير الموارد المالية لمعظم الدول الجزرية الصغيرة؛ وهي مشكلة لا تشارك فيها دائماً الجزر التابعة للبلدان القارية. وحددت الدراسات الأحدث عهداً مجالات تكيف رئيسية تشمل موارد المياه، وإدارة مستجمعات المياه، وصون الشعب المرجانية، والإدارة الزراعية وإدارة الغابات، وصون التنوع الأحيائي، وتحقيق أمن الطاقة، وزيادة تنمية الطاقة المتجددة، وتحقيق أمثل استهلاك للطاقة. وإن وضع إطار يبحث سرعة التأثر المجتمعية الحالية وفي المستقبل، ويشمل منهجيات تنمى علم المناخ والعلوم الاجتماعية والاتصالات يوفر الأساس لبناء

القدرة على التكيف. [WGII الإطار 16.7] ويقتضي هذا النهج من أفراد المجتمع تحديد ظروف المناخ الملائمة لهم وتقييم إستراتيجيات التكيف الراهنة والممكنة. وقد اختُبرت إحدى هذه المنهجيات في ساموا وحققت نتائج من قرية واحدة (Saoluafata): انظر Sutherland وآخرون، (2005). وفي هذه الحالة، حدد المقيمون المحليون عدة تدابير للتكيف تشمل بناء سور بحري، ونظام لصرف المياه، وصهاريج لحفظ المياه، وفرض حظر على قطع الأشجار، وإجراء بعض عمليات النقل، والتجديد في البنية الأساسية القائمة. [WGII 16.5]

وحدد تقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC عدة مجالات وفجوات رئيسية ناقصة التمثيل في البحوث المعاصرة بشأن تأثيرات تغير المناخ على الجزر الصغيرة. [WGII 16.7] وتشمل هذه المجالات ما يلي:

- دور النظم الإيكولوجية الساحلية من مثل أشجار المنغروف الاستوائية، والشعب المرجانية، والشواطئ في توفير سبل حماية طبيعية ضد ارتفاع مستوى سطح البحر والعواصف؛
- تحديد استجابة النظم الإيكولوجية الأرضية في الأراضي المرتفعة وأراضي الداخل للتغيرات في متوسطات درجات الحرارة وهطول المطر وفي درجات الحرارة المتطرفة وهطول المطر المتطرف؛
- بحث الكيفية التي ستتأثر بها الزراعة التجارية، والحراجة، ومصائد الأسماك، والزراعة القائمة على الكفاف، وصيد الأسماك الحرفي والأمن الغذائي بفعل قوى تغير المناخ والقوى غير المتعلقة بالمناخ؛
- زيادة المعارف المتعلقة بالأمراض التي تنسم بحساسيتها للمناخ في الجزر الصغيرة من خلال إجراء بحوث وطنية وإقليمية – ليس فقط بشأن الأمراض التي تحملها نواقل الأمراض وإنما أيضاً بشأن الأمراض الجلدية وأمراض الأجهزة التنفسية والأمراض المنقولة بالمياه؛
- القيام، نظراً لتنوع «أنماط الجزر» وأماكنها، بتحديد أشد النظم والقطاعات تأثراً وفقاً لأنماط الجزر.

وعلى العكس من المناطق الأخرى الوارد ذكرها في هذا التقييم، هناك أيضاً غياب للسيناريوهات والإسقاطات الديمغرافية، والاجتماعية – الاقتصادية الموثوقة بالنسبة للجزر الصغيرة. والنتيجة هي أن التغيرات التي ستحدث في الظروف الاجتماعية – الاقتصادية في الجزر الصغيرة في المستقبل لم تقدم على نحو جيد في التقييمات القائمة. وعلى سبيل المثال، بدون التكيف أو التخفيف على السواء، ستكون تأثيرات ارتفاع مستوى سطح البحر، وازدياد شدة العواصف والتغيرات الأخرى في المناخ [WGII 6.3.2] كبيرة مما يشير إلى أن بعض الجزر والمناطق المنخفضة قد تصبح غير صالحة للعيش فيها بحلول عام 2100. [WGII 16.5]



* الأرقام المطبوعة باللون الأسود تتعلق بالمناطق المحددة على الخريطة.

الجدول 5.9: مدى التأثيرات المستقبلية في الجزر الصغيرة ومواطن سرعة تأثيرها. [WGII الإطار 16.1]

المنطقة* والنظام المعرض لمخاطر	السيناريو والمرجع	البارامترات المتغيرة	التأثيرات وسرعة التأثير
1- أيسلندا وجزر Svalbard المعزولة في المنطقة القطبية الشمالية وجزر Faroe: النظام الإيكولوجي البحري وأنواع النباتات	سيناريوهاالتقرير الخاص SRES ألف (A1) وباء (B2) (2005) (تقييم تأثير المناخ على أركتيكا ACIA)	ارتفاع مسقط في درجة الحرارة	يؤدي الاختلال نتيجة لفقدان الأنواع وعمليات الإحلال إلى خسارة أولية في التنوع ويؤدي التوسع نحو الشمال للشجيرات القزمية والغطاء النباتي الذي تغلب عليه الأشجار في المناطق الغنية بالأنواع المستوطنة النادرة، إلى فقدانها. يؤدي الانخفاض الكبير في أعداد سلالة أسماك الكابلين capelin الأيسلندية أو حتى انهيارها الكامل إلى تأثيرات سلبية كبيرة على معظم سلالات الأسماك التجارية والحيتان والطيور البحرية.
2- جزر خطوط العرض العالية (جزر Faroe): أنواع النباتات	سيناريو II: زيادة/نقصان درجة الحرارة بمقدار درجتين مئويتين Fosaa وآخرون (2004)	تغيرات في درجة حرارة التربة والغطاء الثلجي ودرجات النمو اليومية	السيناريو I: الأنواع التي تتأثر أكبر تتأثر بالاحترار محصورة في الأجزاء العليا من الجبال. وبالنسبة للأنواع الأخرى، سيكون الأثر أساساً هو الهجرة نحو الارتفاعات الأعلى. السيناريو II: الأنواع التي تتأثر بالبرودة هي الأنواع الكائنة في ارتفاعات أخفض.
3- جزر ماريون في منطقة شمال Antarctic الساحلية: النظام الإيكولوجي	سيناريوهات خاصة Smith (2002)	تغيرات مسقط في درجات الحرارة والهطول	ستؤثر التغيرات تأثيراً مباشراً على الكائنات الحية الأصلية. بل ويتمثل خطر أكبر في أن تؤدي زيادة دفء المناخ إلى زيادة في السهولة التي يمكن بها لأنواع أجنبية غزو الجزر.
4- 5 جزر في حوض البحر الأبيض المتوسط: النظم الإيكولوجية	سيناريوها التقرير الخاص SRES والسيناريو (A1F1) وباء (B1) 1 Gritti وآخرون (2006)	غزو نباتات أجنبية في إطار السيناريوهات المناخية وسيناريو الاضطراب	تأثيرات تغير المناخ ضئيلة القيمة في كثير من النظم الإيكولوجية البحرية التي جرت محاكاتها. يصبح الغزو في النظم الإيكولوجية للجزر مشكلة متزايدة. وفي الأجل الأطول، ستسود النباتات الأجنبية في النظم الإيكولوجية بغض النظر عن معدلات الاضطراب.
5- البحر الأبيض المتوسط: الطيور المهاجرة (pied flycatchers صائد الذباب الأرقط - Ficedula hypoleuca)	لا شيء النموذج الخطي العام (GLM/STATISTICA) Sanz وآخرون (2003)	ارتفاع درجة الحرارة، تغيرات في مستويات المياه، ومؤشر الغطاء النباتي	تعاني بعض عناصر الملاءمة لصائد الذباب الأرقط من تغير المناخ في تجمعين من تجمعات الإنسال الأوروبية الكائنة في أقصى الجنوب، وتترتب على ذلك تأثيرات معاكسة على الناتج الإنجابي لصائد الذباب الأرقط.
6- المحيط الهادئ والبحر الأبيض المتوسط: الأعشاب السامية الضارة (Chromolaena odorata)	لا شيء (نموذج CLIMEX للتنبؤ بآثر تغير المناخ على توزيع الأنواع) Kriticos وآخرون (2005)	زيادة في الرطوبة، والبرد، والإجهاد الحراري وإجهاد الجفاف	تعرض جزر المحيط الهادئ لمخاطر غزو الأعشاب السامية الضارة. ويتنبأ بأن تكون مناخات البحر الأبيض المتوسط شبه القاحلة والمعتدلة غير مناسبة لغزو هذه الأعشاب.
7- جزر المحيط الهادئ الصغيرة: التحات الساحلي، موارد المياه والمستوطنات البشرية	سيناريوها التقرير الخاص SRES وألف 2 (A2) وباء 2 (B2) البنك الدولي (2000)	تغيرات في درجة الحرارة والمطر وارتفاع مستوى سطح البحر	تحات ساحلي معجل، واقتحام المياه المالحة للمياه العذبة السطحية وتسبب زيادة الفيضانات من البحر آثاراً كبيرة على المستوطنات البشرية. انخفاض معدل المطر المقترن بالارتفاع المتسارع في مستوى سطح البحر يؤدي إلى تفاقم المخاطر على موارد المياه؛ وانخفاض في متوسط هطول المطر تبلغ نسبته 10% بحلول عام 2050 يرجح أن يطابق نسبة انخفاض في كمية المياه العذبة السطحية تبلغ 20% في جزيرة تاراوا

المنطقة* والنظام المعرضان لمخاطر	السيناريو والمرجع	البارامترات المتغيرة	التأثيرات وسرعة التأثير
8- جزيرة ساموا الأمريكية: 15 جزيرة أخرى في المحيط الهادئ: أشجار المنغروف الاستوائية	ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار 0.88 م حتى عام 2100 Gilman وآخرون (2006)	ارتفاع مسقط في مستوى سطح البحر	فقدان 50% من المنطقة المغطاة بأشجار المنغروف الاستوائية في ساموا الأمريكية؛ وانخفاض بنسبة 12% في المساحة المغطاة بأشجار المنغروف في 15 جزيرة أخرى في المحيط الهادئ.
9- منطقة البحر الكاريبي (Bonaire، جزر الأنتيل الهولندية): تحت الشواطئ والموانئ التي تؤوي السلاحف البحرية	سيناريوهات التقرير الخاص SRES وألف 1 (A1) و (A1FI) و ألف 2 (A2) و (B2)2 Fish وآخرون (2005)	ارتفاع مسقط في مستوى سطح البحر	يمكن في المتوسط فقدان نسبة تصل إلى 38% ($\pm 24\%$ SD) من إجمالي الشواطئ الحالية نتيجة لارتفاع يبلغ 0.5 متر في مستوى سطح البحر، وتكون أشد الشواطئ تآثراً هي أخفضها ارتفاعاً وأضيقتها مساحة مما يخفض توافر موئل السلاحف البحرية بنسبة الثلث.
10- منطقة البحر الكاريبي (Bonaire، بربادوس): السياحة	لا شيء Uyarra وآخرون (2005)	تغيرات في الأحياء البرية البحرية، والصحة، والتضاريس الأرضية والظروف البحرية	تتأثر صناعة السياحة القائمة على الشواطئ في بربادوس، وصناعة السياحة الإيكولوجية القائمة على الغطس البحري في Bonaire كلتاهما تآثراً سلبياً بتغير المناخ من خلال تحت الشواطئ في بربادوس و ابيضاض الشعب المرجانية في Bonaire.

