

---

## تغير المناخ، وموارد المياه في النظم والقطاعات

---



وجنوبي أوروبا والبحر المتوسط، والجنوب الأفريقي وغربي أستراليا. [WGII الشكل 10.18] ولتأثيرات الاحترار والتغيرات في أنماط الهطول في المناطق المدارية وشبه المدارية آثار هامة فيما يتعلق بالتنوع الأحيائي العالمي نظراً لأن تنوع الأنواع يتناقص بوجه عام مع الابتعاد عن خط الاستواء.

وسيكون من المرجح جداً أن تؤثر التغيرات في مجال الهيدرولوجيا التي وردت إسقاطاتها في تقرير التقييم الرابع الذي أعده الفريق العامل الأول فيما يتعلق بالقرن الحادي والعشرين (انظر الفرع 2) في التنوع الأحيائي في كل قارة. وقد اكتشفت فعلاً تأثيرات على الأنواع في معظم مناطق العالم. [WGII 1.3, 4.2] وتشير عملية استعراض 143 دراسة نشرتها Root وآخرون، (2003) أن الحيوانات والنباتات تُظهر بالفعل تغيرات ملحوظة تتوافق مع الاتجاهات المناخية للقرن العشرين. وتعتبر نسبة تبلغ قرابة 80% من التغيرات متسقة مع التغيرات المرصودة في درجات الحرارة، بيد أنه ينبغي الاعتراف بأن درجة الحرارة يمكن أن تمارس تأثيرها أيضاً على الأنواع من خلال التغيرات في توافر الرطوبة. [WGII 1.4.1]

وغالياً ما تنطوي استجابات النظم الإيكولوجية للتغيرات في مجال الهيدرولوجيا على تفاعلات معقدة من العمليات الأحيائية واللاأحيائية. فتجمع الأنواع في جماعات إيكولوجية خاصة يعكس حقيقة أن هذه التفاعلات والاستجابات هي في كثير من الأحيان لا خطية وتعمل على زيادة صعوبة التقديرات المسقطة للنتائج الإيكولوجية المحددة. ونظراً لأن توقيت الاستجابات ليس متزامناً دائماً مع الأنواع من مختلف المجموعات التصنيفية فقد يكون هناك نوع من فك الارتباط بين الأنواع ومصادر أغذيتها، واختلال العلاقات التكافلية أو التعاضدية بين الأنواع، وتغيرات في المزامنة بين الأنواع. وبسبب الجمع بين استجابات تفاضلية بين الأنواع والتفاعلات التي يمكن أن تحدث من الناحية النظرية في أي بقعة من شبكة الأغذية فإنه، يمكن لبعض المجتمعات المحلية الإيكولوجية القائمة اليوم أن تنتشلت بسهولة في المستقبل (Root و Schneider، 2002؛ Burkett وآخرون، 2005). [WGII 1.3.5.5, 4.2.2, 4.4]

وبسبب تضافر آثار درجات الحرارة والإجهاد المائي، تشير الإسقاطات إلى انقراض بعض الحيوانات والنباتات البرمائية وغيرها من الأنواع المائية في كوستاريكا وإسبانيا وأستراليا (Pounds وآخرون، 2006). [WGII الجدول 4.1] وسوف يؤثر جفاف الأراضي الرطبة في منطقة الساحل على نجاح هجرة الطيور التي تستخدم الأراضي الرطبة الساحلية كمناطق توقف في هجرتها إلى مواقع تكاثرها في نصف الكرة الأرضية الشمالي. وفي الجنوب الأفريقي، من المنتظر حدوث مستويات غير مسبوق من عمليات الانقراض في أنواع النباتات والحيوانات على السواء. [WGII الجدول 9.1] وفي غابات المناطق الجبلية، يعتمد كثير من الأنواع على الشابورة كمصدر للمياه: وسوف يعمل الاحترار العالمي على زيادة قاعدة السحب ويؤثر على الأنواع المعتمدة على هذا المورد. [WGII 13.4.1]. ومع ذلك ومن بين جميع النظم الإيكولوجية يبدو أن النظم الإيكولوجية المائية ذات المياه العذبة تضم أعلى نسبة من الأنواع المهددة بالانقراض بسبب تغير المناخ (تقييم النظام الإيكولوجي للألفية، 2005b). [WGII 3.5.1]

## 4.1 النظم الإيكولوجية والتنوع الأحيائي

### 4.1.1 السياق

تعتبر نُظم درجات الحرارة والرطوبة من بين المتغيرات الأساسية التي تحدد توزيع النباتات والحيوانات ونموها وإنتاجيتها وتكاثرها. ويمكن للتغيرات في الهيدرولوجيا أن تؤثر على الأنواع بطرق شتى. بيد أن معظم العمليات المفهومة تماماً هي تلك العمليات التي تربط توافر الرطوبة مع العتبات الجوهرية التي تنظم عمليات الأيض والتكاثر (Burkett وآخرون، 2005). وسيكون للتغيرات المتوقعة في المناخ في العقود القادمة آثار مختلفة على توافر الرطوبة، تتراوح بين التغيرات في توقيت وحجم تدفق المجاري المائية وانخفاض مستويات المياه في كثير من الأراضي الرطبة، والتوسع في بحيرات مناطق الأحجار الجيرية الحرارية ذات المجاري المائية في المنطقة المتجمدة الشمالية، والانخفاض في توافر مياه الشابورة في الغابات الجبلية المدارية.

ويرد في الفصل 3 من تقرير التقييم الرابع الذي أعده الفريق العامل الأول موجز للاتجاهات العالمية المرصودة فيما يتعلق بهطول المطر، والرطوبة، والجفاف، والجريان خلال القرن الماضي. ورغم أن التغيرات في الهطول أثناء القرن الماضي تشير إلى تغير إقليمي كبير [WGI الشكل 3.14]، فإنها تكشف أيضاً عن بعض الاتجاهات الهامة نوعاً ما، والهامة بدرجة عالية. فقد ازداد الهطول بوجه عام في نصف الكرة الأرضية الشمالي في الفترة من 1900 إلى 2005 لكن الاتجاه نحو اتساع انتشار الجفاف قد ازداد على نحو متزامن في كثير من المناطق المدارية الواسعة وفي نصف الكرة الأرضية الجنوبي، وخصوصاً في الساحل الأفريقي والجنوب الأفريقي وأمريكا الوسطى وجنوب آسيا وشرقي أستراليا. [WGI 3.3.5]

### 4.1.2 التغيرات المسقطة في مجال الهيدرولوجيا وآثارها على التنوع الأحيائي العالمي

تتباين التقديرات الواردة في تقرير التقييم الرابع الذي أعدته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بشأن الاحترار العالمي في نطاق يتراوح بين 0.5 درجة مئوية في نصف الكرة الأرضية الجنوبي ودرجتين مئويتين في المنطقة القطبية الشمالية بحلول سنة 2030 فيما يتعلق بسيناريوهات التقرير الخاص SRES B1 و A1 و A2 والسيناريو B1 وهي المنطقة التي تحدث فيها أعلى درجة من الاحترار. ولئن كانت النماذج تحاكي متوسط الزيادات العالمية في الهطول، فإن هناك اختلافاً كبيراً من حيث المكان والزمان. وتشير الإسقاطات في نماذج الدوران العام إلى وجود زيادة في الهطول في خطوط العرض العليا، رغم أن مقدار تلك الزيادة يتباين بين النماذج، وينخفض الهطول فوق كثير من المناطق شبه المدارية والمناطق الوسطى من خطوط العرض في نصف الكرة الشمالي، ونصف الكرة الجنوبي. [WGII الشكلان 10.8 و 10.12] وتشير الإسقاطات إلى أن الهطول سيكون أثناء العقود القادمة أكثر تركيزاً في ظواهر أكثر شدة تتخللها فترات أطول تنسم بدرجة هطول أقل. [WGII 10.3.6.1] وتشير الإسقاطات إلى أن الزيادة في عدد الأيام الجافة المتتالية هي الأهم في أمريكا الشمالية وأمريكا الوسطى ومنطقة البحر الكاريبي وشمال شرق وجنوب غرب أمريكا الجنوبية

### 4.1.3 تأثيرات التغيرات في مجال الهيدرولوجيا على أنماط النظم الإيكولوجية الرئيسية

#### 4.1.3.1 البحيرات والمجاري المائية

تشمل تأثيرات الاحترار العالمي على البحيرات امتداد فترة النمو في مناطق خطوط العرض العليا، واشتداد تنضد الصخور الطباقية، وفقدان المغذيات من المياه السطحية، وانخفاض الأوكسجين في المناطق من البحيرات الكائنة تحت طبقة الهبوط الحراري (أي دون التباين الحراري والملحي) في البحيرات العميقة ذات الطبقات المترسبة، وتوسع نطاق كثير من الأعشاب المائية الغازية. ومن المتوقع أن تزداد مستويات المياه في البحيرات الكائنة في مناطق خطوط العرض العليا حيث تشير نماذج المناخ إلى زيادة هطول المطر، في حين تشير الإسقاطات إلى توقع انخفاض مستويات المياه في المناطق الوسطى من خطوط العرض والمناطق المنخفضة منها. أما البحيرات الداخلية (الطرفية أو المغلقة) فهي أشدها تأثراً بالتغير في المناخ بسبب حساسيتها للتغيرات في رصيد التدفقات المائية الداخلة والتبخر. ويمكن أن يكون للتغيرات في التدفقات المائية الداخلة في هذه البحيرات آثار كبيرة جداً، ويمكن في ظل بعض الظروف المناخية أن تختفي البحيرات كلية. وعلى سبيل المثال، أخذ مستوى المياه في بحر آرال في الانخفاض بدرجة كبيرة جداً بسبب زيادة عمليات ضخ المياه للري في أعلى مجرى النهر؛ وانكسبت بحيرة كينغاي في الصين عقب انخفاض هطول المطر في مستجمعات المياه. [WGII تقرير التقييم الثالث (4.3.7)]

وانخفضت فترة بقاء الغطاء الثلجي في البحيرات والأنهار في مناطق خطوط العرض المتوسطة إلى العليا بحوالي أسبوعين أثناء القرن الماضي في نصف الكرة الأرضية الشمالي. [WGI تقرير التقييم الثالث، ملخص لصانعي السياسات] ويمكن للزيادات في درجة حرارة المياه في الصيف أن تزيد من نقص أوكسجين الأنسجة في البحيرات ذات التكوين الطباقية، وأن تزيد معدل انطلاق الفسفور من الطبقات الرسوبية في قاع البحيرات، وأن تسبب تكاثر الطحالب التي تعيد تشكيل شبكة الأغذية المائية. [WGII 4.4.8] وتسبب أي زيادة بالوحدات في درجة الحرارة في البحيرات المدارية فارقاً أعلى في الكثافة على نحو تناسبي بالمقارنة مع البحيرات الأبرد في المناطق المعتدلة المناخ. ومن ثم، تشير الإسقاطات الخاصة بدرجات الحرارة في المناطق المدارية [WGI، الفصلان 10 و 11] إلى أنها ستؤدي إلى ترسب طبقات حرارية قوية، تسبب نقص أوكسجين الأنسجة في الطبقات العميقة من البحيرات ونضوب المغذيات من مياه البحيرات الضحلة. كما أن انخفاض تركيزات الأوكسجين سوف يُخفف بوجه عام أنواع الكائنات المائية، وخصوصاً في الحالات التي تتردى فيها نوعية المياه بسبب وفرة المغذيات. [مركز الكيمياء الأرضية الحيوية الساحلية (CCB) 4.4]

وتميل تركيزات الأوكسجين المنخفضة إلى تغيير التجمعات الحيوية والكيمياء الأرضية الأحيائية والإنتاجية الشاملة للبحيرات والمجاري المائية. ويعتبر الوضع الحراري الأمثل لكثير من أنواع المياه الباردة في مناطق خطوط العرض الوسطى إلى العليا أقل من 20 درجة مئوية. ومن المتوقع حدوث انقراض لبعض الأنواع عندما تعمل درجات الحرارة المرتفعة في الصيف ونقص أوكسجين الأنسجة على القضاء على مكامن المياه الباردة العميقة. وفي السهول الجنوبية العظيمة من الولايات المتحدة الأمريكية، تقترب درجات حرارة المياه فعلاً من الحدود المهلكة

لكثير من الأسماك المحلية في المجاري المائية المحلية. وتزداد معدلات تحلل المواد العضوية مع درجة الحرارة، وبالتالي تعمل على تقصير المدة التي تتوافر فيها فتات الصخور للافقاريات المائية. [مركز الكيمياء الأرضية الحيوية الساحلية (CCB) 6.2] وتمثل الأنواع الغريبة الغازية تهديداً كبيراً للتنوع الأحيائي المحلي في النظم الإيكولوجية المائية. [WGII 4.2.2] وسوف يميل الارتفاع في درجة الحرارة العالمية إلى الامتداد نحو القطب في نطاقات كثير من النباتات المائية الغازية، مثل نبات أيش هورنيا (Eichhornia) وسالفينيا (Salvinia). [تقرير التأثيرات الإقليمية لتغير المناخ (RICC) 2.3.6]

وقد تكون آثار الاحترار على النظم النهريّة أقوى ما تكون في المناطق الرطبة، حيث تكون التدفقات أقلّ تغيراً والتفاعلات البيولوجية تتحكم في توافر الكائنات الحية. ويمكن لجفاف قيعان المجاري المائية والبحيرات لفترات ممتدة أن يخفف إنتاجية النظام الإيكولوجي بسبب التقييد المفروض على الموئل المائي، الذي يصبحه انخفاض في نوعية الماء من خلال زيادة نقص الأوكسجين وتركزات الملوثات. وفي المناطق شبه الفاحلة من العالم، يمكن أن ينتج عن الانخفاض في تدفق المجاري المائية الفصليّة والجفاف الكامل للبحيرات (مثلما في منطقة الساحل الأفريقيّة) آثار عميقة على خدمات النظم الإيكولوجية، بما في ذلك على الحفاظ على التنوع الأحيائي. [مركز الكيمياء الأرضية الحيوية الساحلية (CCB) 6.7]

وحالياً يعتبر ثراء الأنواع في أعلى معدل له في نظم المياه العذبة في وسط أوروبا. وينخفض في الشمال والجنوب بسبب حالات الجفاف الدورية وتملح التربة (Declerck وآخرون، 2005). وتشير مجموعة تجارب نموذج المناخ العالمي فيما يتعلق بتقرير التقييم الرابع الذي أعدته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إلى التناقض ما بين الجنوب والشمال في الهطول، بحدوث زيادات في الشمال ونقصان في الجنوب. [WGI 11.3.3.2] وأي زيادة في التقديرات المسقط للجران وانخفاض مخاطر الجفاف يمكن أن يفيد مجموعة حيوانات النظم المائية في المناطق الشمالية من أوروبا، في حين يمكن أن يكون لتناقص توافر المياه في الجنوب الأثر العكسي (Álvarez Cobelas وآخرون، 2005). [WGII 12.4.6]

#### 4.1.3.2 الأراضي الرطبة ذات المياه العذبة

يرجع ارتفاع درجة التقلبية في بنية نظم الأراضي الرطبة أساساً إلى الهيدرولوجيا الخاصة التي تنفرد بها، حيث تتباين من مستنقعات أراضي الخث في غابات الشمال في مناطق خطوط العرض العليا، إلى الأراضي الرطبة المدارية التي تهب عليها الرياح الموسمية (على سبيل المثال الأراضي الرطبة في كاكادو، أستراليا)، إلى الأراضي الرطبة في خطوط العرض العليا في جبال التبت وجبال الأنديز. وسوف يترك تغير المناخ آثاره على الأراضي الرطبة الداخلية للمياه العذبة من خلال تغير الهطول وزيادة تواتر ظواهر الاضطراب الشديد (حالات الجفاف، العواصف، الفيضانات). ويمكن لأية زيادات صغيرة نسبياً في تقلبية الهطول أن تؤثر تأثيراً كبيراً على نباتات وحيوانات الأراضي الرطبة في مختلف مراحل دورة حياتها (Keddy، 2000). [WGII 4.4.8]. ومن المتوقع بوجه عام، أن يبدأ الاحترار المناخي باتجاه نحو الجفاف في النظم الإيكولوجية للأراضي الرطبة. وسيكون لتأثير تغير المناخ الذي يعتبر غير مباشر إلى حد كبير والمؤدي إلى تغيرات في مستوى المياه هو العامل الأساسي في تغير النظم الإيكولوجية في الأراضي الرطبة وسوف يقلل من أهمية تأثيرات ارتفاع درجة الحرارة وفصول النمو الأطول في الشمال في

تنتج من ذوبان الجليد الأرضي في منطقة تسند إلى تربة صقيعية، أن تؤدي إلى نزوح الكائنات الحية للمنطقة المتجمدة الشمالية من خلال إما التشبع المفرط بالمياه أو الجفاف (Hinzman وآخرون، 2005؛ وWalsh وآخرون، 2005). وقد اكتشف انتشار واسع للترموكارست في أمريكا الشمالية قرب Council، ألاسكا (Hinzman وYoshikawa، 2003) وفي وسط ياكوتيا (Gavriliev وEfremov، 2003). [WGI 4.7.2.3] ومن الناحية المبدئية، يشكّل ذوبان التربة الصقيعية منخفضات لأراض رطبة ومستنقعات تترايط من خلال سمات صرف جديدة. وحيث يزداد ذوبان التربة الصقيعية، تُصرف المياه السطحية إلى نظم المياه الجوفية مما يؤدي إلى خسائر في موئل المياه العذبة. [WGII 15.4.1.3] وربما يكون الاحترار قد تسبب فعلاً في خسارة مساحة من الأراضي الرطبة مثل البحيرات في دلتا يوكون التي اتسعت أثناء القرن الماضي (Coleman وHuh، 2004). [WGII 15.6.2]

ويمكن لزيادات صغيرة في التقلبية في نظم هطول المطر أن تؤثر تأثيراً هاماً على نباتات وحيوانات الأراضي الرطبة (Keddy، 2000؛ Burkett وKusler، 2000). ويمكن أن يتأثر التنوع الأحيائي في الأراضي الرطبة الفصلية مثل المستنقعات الربيعية النضرة تأثيراً قوياً بالتغيرات في هطول المطر ورطوبة التربة (Bauder، 2005). وفي مناطق الرياح الموسمية، تعمل فترات الجفاف الممتدة على تعزيز السكنى في الأراضي الرطبة، على النحو المشاهد في المحمية الوطنية في كيولاديو (Gopal وChauhan، 2001). [WGII 4.4.8]

#### 4.1.3.3 السواحل ومصاب الأنهار

سوف تؤثر التغيرات في توقيت وحجم جريان المياه العذبة على الملوحة، وتوافر الترسيبات والمواد المغذية، ونظم الرطوبة في النظم الإيكولوجية الساحلية. ويستطيع تغير المناخ أن يؤثر في كل من هذه المتغيرات بتغيير الهطول والجريان الساري محلياً أو، وهو الأهم، الجريان من مستجمعات المياه التي تصب في المنطقة الساحلية. [WGII 6.4.1.3] وللهدرولوجيا تأثير قوي على توزيع مجموعات النباتات في الأراضي الرطبة الساحلية، التي تتدرج عادة نحو الداخل من المياه المالحة إلى الماء الأخضر (المالح نوعاً ما) وصولاً إلى أنواع المياه العذبة. [WGII 6.4.1.4]

وتتباين آثار ارتفاع مستوى سطح البحر على أشكال الأراضي الساحلية فيما بين المناطق الساحلية لأن معدل ارتفاع سطح البحر ليس موحداً من حيث المكان [WGI 5.5.2] ولأن بعض المناطق الساحلية تشهد ارتفاعاً أو هبوطاً بسبب عمليات تعتبر مستقلة عن تغير المناخ. وتشمل هذه العمليات سحب المياه الجوفية، واستخراج النفط والغاز، وتوازن القشرة الأرضية (تكثف سطح الأرض على نطاقات زمنية جيولوجية مع التغيرات في كتلة السطح؛ على سبيل المثال، بسبب التغيرات في كتلة الصحائف الجليدية عقب ذوبان الجليد الأخير). وإضافة إلى التغيرات في الارتفاع على طول الساحل، يمكن للعوامل الناشئة داخل البلد أن تؤثر على صافي تأثير ارتفاع سطح البحر على النظم الإيكولوجية الساحلية. وقد تجزأت النظم الإيكولوجية الطبيعية داخل مستجمعات المياه وتعطل تدفق المياه في اتجاه مجرى النهر والترسب والمواد المغذية إلى الساحل (Nilsson وآخرون، 2005). ونتج عن التغير في استخدام الأراضي وعن التعديلات الهيدرولوجية تأثيرات في اتجاه مجرى النهر، بالإضافة إلى تأثيرات محلية الطابع، من بينها التنمية البشرية على الساحل. وقد عمل التحات على زيادة حمل الترسيب الذي وصل إلى الساحل؛ وعلى سبيل

أراضي الخث الواقعة قرب المنطقة المتجمدة الشمالية (Gorham، 1991). وعلى الأرجح سوف تتأثر مناطق الرياح الموسمية بظواهر من المطر الغزير خلال فصول مطيرة أقصر أمداً، مما يؤدي إلى استفحال مخاطر الفيضانات والتحات في المستجمعات المائية وفي الأراضي الرطبة ذاتها. [WGII، تقرير التقييم الثالث، 5.8.3]

ويعتمد معظم عمليات الأراضي الرطبة على الهيدرولوجيا الكائنة على مستوى مستجمعات المياه، التي يمكن أن تتحول بفعل التغيرات في استخدام الأراضي وممارسات إدارة موارد المياه السطحية. [WGII، تقرير التقييم الثالث 5 ملخص تنفيذي] وتعتبر تغذية نظم المياه الجوفية المحلية والإقليمية، وموقع الأراضي الرطبة بالنسبة إلى الطبوغرافيا المحلية، وتدرج نظم المياه الجوفية الإقليمية الأوسع نطاقاً من العوامل الحاسمة أيضاً في تحديد التقلبية واستقرار تخزين الرطوبة في الأراضي الرطبة في المناطق المناخية حيث لا يتجاوز الهطول التخزين بدرجة كبيرة (Woo وWinter، 1990). وقد تكون التغيرات في التغذية الخارجية للأراضي الرطبة هامة لمصير الأراضي الرطبة التي تمر بها ظروف مناخية متغيرة، مثلما هو الحال فيما يتعلق بالتغيرات في الهطول المباشر والتبخّر على الأراضي الرطبة نفسها (Woo وآخرون، 1993). [WGII، تقرير التقييم الثالث 5.8.2.1] ومن ثم قد يكون من الصعب جداً، إن لم يكن من المستحيل، التكيف مع نتائج التغيرات المسقطّة في توافر المياه. [WGII، تقرير التقييم الثالث 5.8.4] وتعتبر الأراضي الرطبة، بسبب قدرتها المحدودة إلى حد ما على التكيف، من بين النظم الإيكولوجية الأسرع تأثيراً بالمخاطر الناجمة عن تغير المناخ. [WGII 4.4.8]

وتعتبر الأراضي الرطبة في كثير من الأحيان هي البؤر الساخنة للتنوع الأحيائي. ويحظى كثير منها بوضع الأراضي التي ينبغي الحفاظ عليها في العالم (مواقع رامسار، مواقع التراث العالمي). ويمكن أن يؤدي فقدانها إلى عمليات انقراض هامة للحيوانات والنباتات البرمائية والزواحف المائية، خصوصاً. [WGII 4.4.8]. وحدد تقرير التقييم الثالث المنطقة المتجمدة الشمالية والمناطق القريبة من المنطقة المتجمدة الشمالية ومستنقعات الخث التي تغذيها الأمطار جنوبي المنطقة المتجمدة الشمالية والأراضي الرطبة الواقعة في المنخفضات وذات المستجمعات المائية الصغيرة هي أكثر النظم المائية من حيث سرعة التأثر بمخاطر تغير المناخ. [WGII TAR 5.8.5] ومع ذلك، يشير تقرير التقييم الرابع الأحدث عهداً إلى وجود درجة عالية جداً من سرعة التأثر بالنسبة لكثير من أنواع الأراضي الرطبة الإضافية، مثل الأراضي الرطبة المعرضة للرياح الموسمية في الهند وأستراليا، ومستنقعات أراضي الخث الشمالية، والأراضي الرطبة ذات الحفر الدائرية في براري أمريكا الشمالية والأراضي الرطبة في منطقة البحيرات العظمى الإفريقية. [WGII 4.4.8، 4.4.10] وسيتعين تغيير أنماط وطرق الهجرة الموسمية لكثير من الأنواع التي تعيش في الأراضي الرطبة؛ وبغير ذلك، سوف تتعرض بعض الأنواع للانقراض [WGII 4.4.8] وفيما يتعلق بالموائل الأساسية، ربما يكون بالإمكان إعادة التجديد على نطاق صغير، إذا ما توافرت كميات كافية من المياه. [WGII، تقرير التقييم الثالث 5.8.4]

وبسبب التغيرات في مجال الهيدرولوجيا المرتبطة بالاحترار في الغلاف الجوي، ازدادت مساحة موائل الأراضي الرطبة في بعض المناطق. ففي المنطقة المتجمدة الشمالية، يساعد ذوبان تربة الصقيعية على نشوء أراضٍ رطبة جديدة. [WGII 1.3] ويمكن لسمات الترموكارست، التي

العذبة في مصاب الأنهار على متوسط الوقت الذي تبقى فيه جزيئات الماء في حيزها المحدد، وعلى إيصال المواد المغذية، وعلى الترافف الطبقي الرأسي، والملوحة، والتحكم في معدلات نمو العوالق (Moore وآخرون، 1997). وسوف تؤدي التغيرات في تصريف الأنهار في البيئات البحرية الضحلة قرب الشاطئ إلى تغيرات في التعرر والملوحة والترافف الطبقي وتوافر المواد المغذية (Justic وآخرون، 2005). [WGII 6.4.1.3]

#### 4.1.3.4 النظم الإيكولوجية الجبلية

تحدد مناطق النظم الإيكولوجية عبر التدرجات الجبلية من خلال درجة الحرارة ورتوية التربة. وأظهرت الدراسات الأخيرة (Williams وآخرون، 2003؛ Pounds وPuschendorf، 2004؛ Andreone وآخرون، 2005؛ Pounds وآخرون، 2006) المخاطر غير المتناسبة لعمليات الانقراض في النظم الإيكولوجية الجبلية، وبوجه خاص، بين الأنواع المتوطنة. [WGII 4.4.7] وكثير من أنواع الحيوانات والنباتات البرمائية، والثدييات الصغيرة، والأسماك، والطيور والنباتات معرض بدرجة كبيرة لخطر التغيرات الجارية والمسقط في المناخ التي سوف تغير مجالها الجبلي المتخصص بدرجة عالية. [WGII 1.3.5.2، 4.4.7، 9.4.5]

وفي كثير من مستجمعات المياه التي تسودها الثلوج الدائبة، عملت زيادة درجة الحرارة على تغيير حجم وتوقيت الظواهر الهيدرولوجية. وقد لوحظ اتجاه نحو حدوث تدفق المجاري المائية في ذروتها في الربيع وزيادة التدفقات الأساسية في الشتاء في أمريكا الشمالية وأوراسيا. [WGII 1.3.2] ويسقط جزء كبير من الهطول السنوي في شكل أمطار أكثر منه في شكل ثلوج في 74% من محطات الطقس التي جرت دراستها في الجبال الغربية من الولايات المتحدة الأمريكية في الفترة بين 1949 و 2004 (Knowles وآخرون، 2006). ومنذ سبعينيات القرن العشرين، تناقص عمق الثلوج في الشتاء والغطاء الثلجي في الربيع في كندا، وخصوصاً في الغرب، حيث تزايدت درجات حرارة الهواء بشكل مستمر (Brown وBraaten، 1998) ويتناقص الغطاء الثلجي في فصلي الربيع والصيف في المناطق الغربية من الولايات المتحدة الأمريكية (Groisman وآخرون، 2004). وقد تناقص المكافئ المائي للثلج (SWE) في الأول من نيسان/ أبريل بنسبة تتراوح بين 15 و 30 في المائة منذ سنة 1950 في الجبال الغربية من أمريكا الشمالية، وخصوصاً في المرتفعات المنخفضة في الربيع، الأمر الذي يعود أساساً إلى الاحترار أكثر منه إلى التغيرات في الهطول (Mote وآخرون، 2005). وقد حدثت فترات ذروة تدفقات المجاري المائية في الجبال الغربية التي تسودها الثلوج الدائبة في الولايات المتحدة الأمريكية في عام 2002 في وقت أبكر بما يتراوح بين أسبوع وأربعة أسابيع من وقت حدوثها في عام 1948 (Stewart وآخرون، 2005). [WGII 14.2.1]

وارتبطت فترة بقاء الغطاء الثلجي وعمقه في كثير من الأحيان بمتوسط درجة حرارة وهطول مطر متوسطين (Keller وآخرون، 2005؛ Monson وآخرون، 2006) وهذا عامل أساسي في كثير من النظم الإيكولوجية في جبال الألب (Körner، 1999). ويعرض عدم وجود غطاء ثلجي النباتات والحيوانات للصحيق، ويؤثر على إمدادات المياه في الربيع (Keller وآخرون، 2005). فإذا تعرضت عمليات تنقل الحيوانات للاختلال والاضطراب بسبب تغير أنماط الثلوج، كما تبين في كولورادو (Inouye وآخرون، 2000)، فإن ذلك يمكن أن يؤدي إلى زيادة نفوق الأحياء البرية نتيجة عدم التوافق بين الأحياء البرية والبيئة. [WGII 4.4.7] وفيما يتعلق بكل زيادة قدرها درجة مئوية واحدة في درجة الحرارة، من

المثال، ازدادت الحمولات والشحنات العالقة في نهر هوانغي (الأصفر) بمقدار 2 إلى 10 أضعاف خلال الـ 2000 سنة الماضية (Jiongxin، 2003). وعلى النقيض من هذا، أدى بناء السدود والقنوات إلى تخفيض كبير في إمدادات الترسيبات من أنهار أخرى إلى الساحل نتيجة لاستبقاء الترسيبات في داخل السدود (Syvitski وآخرون، 2005)، ومن المحتمل أن يسود هذا التأثير خلال القرن الحادي والعشرين. [WGII 6.4]

وتشير تجارب Milly وآخرون (2005) بخصوص مجموعة نماذج المناخ إلى أن تغير المناخ أثناء فترة السنوات الـ 50-100 التالية سوف يزيد التصريف إلى المياه الساحلية في المنطقة المتجمدة الشمالية، وفي شمالي الأرجنتين وجنوبي البرازيل وفي أجزاء من شبه القارة الهندية والصين، في حين يشار إلى حدوث تصريف منخفض إلى المياه الساحلية في جنوبي الأرجنتين وشيلي، وغربي أستراليا، والغرب والجنوب الأفريقيين، وحوض البحر الأبيض المتوسط. [WGII 6.3.2؛ انظر الشكل 2.10 في هذا المجلد] وإذا نقص تصريف الأنهار، من المتوقع أن تزداد ملوحة مصاب الأنهار الساحلية والأراضي الرطبة وتتنخفض كمية الترسيبات والمواد المغذية المحمولة إلى الساحل. وفي المناطق الساحلية حيث ينخفض تدفق المجاري المائية، سوف تميل الملوحة إلى التقدم إلى أعالي المجرى، وبالتالي تغير مناطق وجود أنواع النباتات والحيوانات وكذلك توافر المياه العذبة اللازمة للاستخدام البشري. وقد ساهمت زيادة ملوحة المياه الساحلية منذ سنة 1950 في تدهور غابات Cabbage palm في فلوريدا (Williams وآخرون، 1999) وغابات السرو الجرداء في لوزيانا (Krauss وآخرون، 2000). ولعبت الملوحة المتزايدة أيضاً دوراً في توسع غابات المنغروف في المستنقعات الملحية المتاخمة في منطقة فلوريدا (Everglades) إيفر غليدس (Ross وآخرون، 2000) وفي أرجاء جنوب شرق أستراليا خلال الـ 50 سنة الماضية (Williams وSaintilan، 1999). [WGII 6.4.1.4] ومن المتوقع أن يعمل اقترام المياه المالحة نتيجة لمجموعة من عوامل ارتفاع مستوى سطح البحر ونقص تدفقات الأنهار وزيادة تواتر حالات الجفاف على تغيير مصائد الأسماك الساحلية المعتمدة على مصاب الأنهار خلال هذا القرن في أجزاء من أفريقيا وأستراليا وآسيا. [WGII 6.4.1.3.9.4.4، 10.4.1، 11.4.2]

وتعتبر سواحل الدلتا معرضة بوجه خاص لخطر التغيرات في الجريان وانتقال الترسيبات، التي تؤثر على قدرة أي دلتا على مواجهة التأثيرات المادية لتغير المناخ. وفي آسيا، حيث أدت الأنشطة البشرية إلى زيادة أحمال الترسيبات في الأنهار الرئيسية في الماضي، عمل إنشاء السدود في أعالي الأنهار على نضوب الإمدادات من الترسيبات لكثير من أنواع الدلتا، مع زيادة التحات الساحلي الذي يغدو واسع الانتشار. (Li وآخرون، 2004؛ Syvitski وآخرون، 2005؛ Ericson وآخرون، 2006) [WGII 6.4.1، 6.2.3] وفي السهل الهابط في دلتا نهر الميسيسيبي في جنوب شرق لوزيانا، حدث نقص شديد في المواد المترسبة بسبب تدخل الإنسان في عمليات الدلتا وصاحبت ذلك زيادات في الملوحة ومستويات المياه في الأهوار الساحلية وتم ذلك بشكل سريع لدرجة أن 1 565 كيلومتراً مربعاً من الأهوار الساحلية الكائنة في مناطق المد والجزر والأراضي الواطئة الساحلية المتاخمة تحولت إلى مياه مكشوفة في الفترة بين 1978 و 2000 (Barras وآخرون، 2003). [WGII 6.4.1]

وربما ينتج بعض أكبر التأثيرات الممكنة لتغير المناخ على مصاب الأنهار من التغيرات في خصائص الاختلاط المادي التي تسببها التغيرات في جريان المياه العذبة (Scavia وآخرون، 2002). وتؤثر تدفقات المياه

الكربون سوف تعتمد على توافر المياه. [WGII 4.4.3] ويمكن أن يكون للآثار الأعلى مستوى للتخصيب بثاني أكسيد الكربون في الغابات ومناطق السافانا تأثيرات تفاعلية هامة على موارد المياه. وعلى سبيل المثال، يمكن أن يكون للتخصيب بثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي آثار سلبية على القيمة الغذائية لنشارة الأوراق والأغصان الميتة والفضلات المبعثرة في المجاري المائية (Tuchman وآخرون، 2003)، ويمكن أن يتأثر رصيد مياه التربة بشكل قوي بارتفاع معدلات ثاني أكسيد الكربون في معظم أنواع الأراضي العشبية. [WGII 4.4.10] وتتسم إنتاجية هذه الأراضي والسافانا بحساسيتها الشديدة للتقلبية في هطول المطر. وفي تقديرات إنتاجية البراري ذات الأعشاب الطويلة، على سبيل المثال، كانت زيادة تقلبية الأمطار أهم من مقدار سقوط الأمطار فقد أدت إلى زيادة في الفترة التي تستغرقها حالة الجفاف بنسبة 50%، تسببت في انخفاض بنسبة 10% في صافي الإنتاجية الأولية (Fay وآخرون، 2003a). [WGII 4.4.3]

## 4.2 الزراعة والأمن الغذائي واستخدام الأراضي والحراجة

### 4.2.1 السياق

تتوقف إنتاجية النظم الزراعية ونظم الحراجة ومصائد الأسماك بشكل حاسم على التوزيع الزمني والمكاني لهطول المطر والتبخر، كما تتوقف إلى جانب ذلك وخاصة فيما يتعلق بالمحاصيل، على توافر موارد المياه العذبة اللازمة للري. [WGII 5.2.1] وتواجه نظم الإنتاج في المناطق الحدية فيما يتعلق بالمياه زيادة في سرعة التأثير بالتقلبية المناخية والمخاطر التي ينطوي عليها تغير المناخ، بسبب عوامل تشمل، على سبيل المثال، تدهور موارد الأراضي من خلال تحات التربة، والإفراط في استخراج المياه الجوفية وما يرتبط بذلك من تملح، وكذلك الإفراط في الرعي في الأراضي الجافة (منظمة الأغذية والزراعة، 2003). [WGII 5.2.2] وتتسم بسرعة التأثير بصفة خاصة زراعات صغار المزارعين في هذه المناطق الحدية حيث تتعرض لتغير المناخ وتقلبيته، وغالبا ما نتفقم عوامل الإجهاد الاجتماعي - الاقتصادي ظروف بيئية صعبة بالفعل. [WGII 5.2.2، الجدول 5.2، الإطار 5.3] وفي الغابات، اتضح أن تفشي الحرائق والحشرات المرتبط بتواتر الظواهر المتطرفة يزيد من سرعة التأثير بالمناخ. وفي مصائد الأسماك، يزيد تلوث المياه والتغيرات في موارد المياه أيضا سرعة التأثير والمخاطر. [WGII 5.2.2]

#### 4.2.1.1 الزراعة والأمن الغذائي

يؤدي الماء دورا حاسما في إنتاج الغذاء على المستوى الإقليمي، وعلى نطاق العالم، فمن ناحية، هناك ما يزيد على 80% من الأراضي الزراعية على المستوى العالمي تغذيها الأمطار؛ وفي هذه المناطق، تعتمد إنتاجية المحاصيل فحسب على هطول ما يكفي من المطر لمواجهة كميات التبخر وما يرتبط بها من توزيع رطوبة التربة (منظمة الأغذية والزراعة، 2003). [WGII 5.4.1.2] وحيثما تكون هذه المتغيرات محدودة بفعل المناخ، مثلما يحدث في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في المناطق المدارية وشبه المدارية، وكذلك في المناطق من نمط البحر الأبيض المتوسط في أوروبا، وأستراليا، وأمريكا الجنوبية، يعتبر الإنتاج الزراعي عرضة للتأثير الشديد بتغير المناخ (منظمة الأغذية والزراعة، 2003). ومن ناحية أخرى، يعتمد إنتاج الأغذية على النطاق العالمي على المياه ليس فقط

المتوقع أن تتخفف فترة بقاء الغطاء الثلجي عدة أسابيع في المرتفعات الوسطى من جبال الألب الأوروبية. ومن المؤكد فعلا أن النباتات في الجبال الأوروبية سوف تشهد تغيرات رئيسية استجابة لتغير المناخ، وأن تكون التغيرات في فترة بقاء الغطاء الثلجي عاملاً دافعا أكثر أهمية من الآثار المباشرة لدرجة الحرارة على عملية التمثيل العضوي للحيوانات. [WGII 12.4.3]

وتغير الجريان من ذوبان الأنهار الجليدية له آثار هامة على خدمات النظم الإيكولوجية. وتتعرض الكائنات الحية في مجاري المستجمعات المائية الصغيرة التي يكفل لها ذوبان الجليد سبل البقاء بدرجة عالية للاستئصال. [WGII 1.3.1, 3.2, 3.4.3]

#### 4.1.3.5 الغابات والسافانا والأراضي العشبية

يعتبر توافر المياه عاملاً رئيسياً في إعادة تجديد نظم الغابات والأراضي العشبية حيثما يزداد احتراق المناخ. فالمعروف هو أن تغير المناخ يغير أرجحية زيادة حجم وتواتر حرائق البراري، وفي الوقت نفسه يستحث الإجهاد في الأشجار أيضا، مما يفاقم بشكل غير مباشر من آثار هذه الاختلالات. و تتزايد سرعة تأثير كثير من النظم الإيكولوجية للغابات في المناطق المدارية، وخطوط العرض العليا بالجفاف وما يصاحبه من تغيرات فيما يتعلق بالحرائق والآفات والأمراض. [WGII، الفصل، 13.4، 5.1.2] وأشارت التقديرات إلى أن نسبة تبلغ قدرها 40% من غابات الأمازون يمكن أن تتأثر حتى بانخفاضات طفيفة في هطول المطر (Moore و Rowell، 2000). وتبين عمليات المحاكاة المتعددة النماذج لنموذج المناخ العالمي بشأن تغيرات هطول المطر في أمريكا الجنوبية خلال الـ 100 سنة القادمة حدوث انخفاض كبير (بنسبة 20% أو أكثر) في هطول المطر في شهور حزيران/يونيو وتموز/يوليو وأب/أغسطس في حوض الأمازون، لكن مع حدوث زيادة طفيفة (تبلغ حوالي 5%) في كانون الأول/ديسمبر، وكانون الثاني/يناير وشباط/فبراير. [WGI 11.6.3.2] وتقترن هذه التغيرات المسقطه في هطول المطر، بدرجة حرارة متزايدة، تنذر بأن تحل محل بعض غابات الأمازون نظم إيكولوجية أكثر مقاومة للإجهادات المتعددة التي تسببها زيادة درجة الحرارة وحالات الجفاف والحرائق. [WGII 13.4.2]

وتشير الإسقاطات إلى أن زيادات في الجفاف في عدة مناطق (أوروبا، وأجزاء من أمريكا اللاتينية) أثناء فصل النمو ستصحب تزايدا في درجات الحرارة في الصيف وانخفاضات في هطول المطر، مع آثار واسعة الانتشار على صافي إنتاجية النظم الإيكولوجية من الغابات. وتشمل آثار الجفاف على الغابات حدوث وفيات بسبب المرض وإجهاد الجفاف والآفات؛ وانخفاض في المرونة إزاء التكيف؛ وتأثيرات تفاعلية في الكائنات الحية التي تختلف من موقع إلى موقع. [WGII 4.4.5] وفي بعض المناطق، تشير الإسقاطات إلى أن الغابات سوف تحل محل أنواع أخرى من النباتات، مثل التندرا، والأراضي العشبية كما يمكن أن يكون توافر المياه بنفس أهمية آثار درجة الحرارة وتخصيب ثاني أكسيد الكربون على عملية التمثيل الضوئي. [WGII 4.4.3, 4.4.5]

وقد تضمنت دراسات عديدة تقييماً للتأثير المباشر للتخصيب بثاني أكسيد الكربون وآثار الاحتراق على الأنواع السائدة من الغابات والأراضي العشبية. وتشير الدراسات التي تشمل نطاقاً واسعاً من الأنواع الخشبية والعشبية إلى أن عمليات التعزيز في التمثيل الضوئي بسبب التخصيب المسقط بثاني أكسيد

الأراضي، وهي مساحة يمكن مقارنتها بتلك المستخدمة في زراعة المحاصيل والمراعي مجتمعة. ومن هذه الأراضي، يُستخدم حوالي 200 مليون هكتار للإنتاج التجاري الحراجي على النطاق العالمي (منظمة الأغذية والزراعة، 2003). [WGII 4.4.5, 5.1.1, 5.4.5]

وتعتبر الغابات من العوامل الرئيسية المحددة لإمدادات المياه ونوعيتها وكميتها، في البلدان النامية والمتقدمة النمو على السواء. وقد تزداد أهمية الغابات ومستجمعات المياه بشكل كبير خلال العقود القليلة القادمة، حيث تزايد ندرة موارد المياه العذبة، وخصوصاً في البلدان النامية (جدول أعمال الجبال، 1997؛ Liniger و Weingartner، 1998). [استخدام الأراضي وتغيير استخدام الأراضي والحراجة [WGII 4.1.1؛ LULUCF 2.5.1.1.4]

وتساهم الغابات في الدورة الإقليمية للمياه بأثار محتملة كبيرة على التغير في استخدام الأراضي في المناخات المحلية والإقليمية (Harding، 1992؛ Lean وآخرون، 1996). ومن ناحية أخرى، يمكن أن تتسبب حماية الغابات في حالة من الجفاف وفوائد ناتجة عن تخفيف الفيضان، وخصوصاً في المناطق المدارية (Kramer وآخرون، 1997؛ Pattanayak و Kramer، 2000). [استخدام الأراضي وتغيير استخدام الأراضي والحراجة [LULUCF 2.5.1.1.6]

وقد يعمل التشجير وإعادة التشجير على زيادة الرطوبة، وتقليل درجة الحرارة وزيادة سقوط المطر في المناطق المتأثرة بذلك (Harding، 1992؛ و Blythe وآخرون، 1994)؛ ويمكن أن تؤدي إزالة الغابات بدلاً من ذلك إلى انخفاض سقوط الأمطار المحلية وزيادة درجة الحرارة. ففي منطقة حوض الأمازون وآسيا، قد تؤدي إزالة الغابات إلى أحوال مناخية جديدة غير مناسبة للنجاح في تجديد أنواع الغابات المطيرة (Chan، 1986؛ Gash و Shuttleworth، 1991؛ Meher-Homji، 1992). [استخدام الأراضي وتغيير استخدام الأراضي والحراجة [LULUCF 2.5.1.1.6]

وتتسم النظم الإيكولوجية للغابات بحساسيتها المتفاوتة لتغير المناخ (على سبيل المثال Kirschbaum و Fischlin، 1996؛ Sala وآخرون، 2000؛ Gitay وآخرون، 2001)، حيث تكون المناطق الأحيائية ذات الحرارة المحدودة حساسة لتأثير الاحترار، والمناطق الأحيائية المحدودة المياه حساسة لتزايد مستويات الجفاف. وقد تتغير بعض النظم الإيكولوجية، مثل تلك المعتمدة على الحرائق، بشكل سريع استجابة للمناخ والتغيرات البيئية الأخرى (Scheffer وآخرون، 2001؛ Sankaran وآخرون، 2005). [WGII 4.1, 4.4.5]

وربما تتعرض النظم الإيكولوجية للغابات، والتنوع الأحيائي المرتبط بها، للمخاطر بصفة خاصة في أفريقيا، ويرجع ذلك إلى تضافر ضغوط اجتماعية - اقتصادية، وعوامل خاصة باستخدام الأراضي وتغير المناخ. [WGII 4.2] وبحلول سنة 2001، ربما تسبب التأثيرات السلبية في حوالي 25% من أفريقيا (خصوصاً المناطق الجنوبية والغربية من أفريقيا) انخفاضاً في نوعية المياه والسلع والخدمات التي يكفلها النظام الإيكولوجي. [WGII 4، ملخص تنفيذي، 4.4.8] وقد اكتشِف فعلاً في

في شكل هطول، بل وبشكل حاسم في شكل توافر الموارد المائية اللازمة للري. وفي الواقع، تنتج الأراضي المروية، التي تمثل مجرد 18% من الأراضي الزراعية على المستوى العالمي، بليون طن من الحبوب سنوياً، أو حوالي نصف إجمالي العرض من الحبوب في العالم؛ وهذا لأن المحاصيل المروية تنتج ما يزيد في المتوسط بمقدار مرتين إلى ثلاث مرات عن المحاصيل البعلية التي تُروى بمياه الأمطار<sup>19</sup> (منظمة الأغذية والزراعة، 2003).

وبينما تؤدي ندرة المياه إلى سرعة تأثر الإنتاج، فإن كثرة المياه على نحو أكثر من اللازم يمكن أن تكون لها أيضاً آثار ضارة بإنتاجية المحاصيل، إما بشكل مباشر، على سبيل المثال، بالتأثير على خواص التربة، وبإلحاق الضرر بنمو النباتات، وإما بشكل غير مباشر، على سبيل المثال، من خلال الإضرار بعمليات الزراعة الضرورية أو تأجيلها. فظواهر الهطول الغزير، ورطوبة التربة المفرطة، والفيضان تعطل جميعاً إنتاج الأغذية وسبل المعيشة في المناطق الريفية على نطاق العالم (Rosenzweig وآخرون، 2002). [WGII 5.4.2.1]

ويؤدي الماء، من خلال التأثير بالغ الأهمية على إنتاجية المحاصيل وإنتاج الأغذية، بالإضافة إلى كونه ضرورة لازمة في عمليات إعداد الأغذية، دوراً حاسماً في الأمن الغذائي. ويوجد حالياً 850 مليون شخص في العالم ما زالوا يعانون من نقص التغذية (منظمة الأغذية والزراعة، 2003). [WGII 5.3.2.1, 5.6.5] وسوف تؤدي الضغوط الاجتماعية - الاقتصادية خلال العقود العديدة القادمة إلى زيادة المنافسة بين احتياجات الري والطلب من القطاعات غير الزراعية، التي يمكن أن تخفّض توافر نوعية موارد المياه اللازمة للأغذية. [WGII 3.3.2] وتشير الدراسات الحديثة العهد إلى أنه من غير المرجح أن يتحقق الهدف الإنمائي للألفية فيما يتعلق بالجوع بحلول سنة 2015. [WGII 5.6.5] وفي الوقت نفسه، قد يعمل تغير المناخ خلال هذا القرن، على زيادة خفض توافر المياه اللازمة لإنتاج الأغذية على الصعيد العالمي، نتيجة للتغيرات المسقطه بشأن متوسط التغيرات في نظم الحرارة والهطول، وكذلك بسبب الزيادات المسقطه في تواتر الظواهر المتطرفة، مثل نوبات الجفاف والفيضانات (Rosenzweig وآخرون، 2002). [WGII 5.6.5]

وتعتمد التقييمات الخاصة بتأثير المناخ على إنتاج الأغذية اعتماداً بالغاً بوجه عام، على الخصائص المميزة لإسقاطات الهطول الخاصة بنموذج الدوران العام (GCM). [WGII 5.4.1.2] وتتوافر حالياً طائفة عريضة من سيناريوهات الهطول. وبوجه عام، تُسفر التقييمات باستخدام سيناريوهات الهطول الإقليمي المنخفض، كما هو معهود عن إشارات سلبية لإنتاج المحاصيل، والعكس بالعكس. فالإسقاطات بشأن زيادة الجفاف والقحولة في البيئات العديدة من نوع بيئة البحر الأبيض المتوسط (في أوروبا وأستراليا وأمريكا الجنوبية)، وكذلك في المناطق المدارية الهامشية القاحلة وشبه القاحلة، وخصوصاً جنوبي الصحراء الكبرى في أفريقيا، تبدو قوية عبر النماذج (انظر الشكل 2.10). وتزداد سرعة تأثر هذه المناطق في ظل تغير المناخ، على النحو المبين في الشكل 4.1. [WGII 5.3.1]

#### 4.2.1.2 استخدام الأراضي والنظم الإيكولوجية للغابات

تشغل النظم الإيكولوجية للغابات حوالي أربعة بلايين هكتار من

<sup>19</sup> انظر الفرع 1.3، للاطلاع على مناقشة عن أوجه الترابط بين الري وتغير المناخ وتغذية المياه الجوفية. وهذا مذكور أيضاً في الفرع 5.1.3 (عن أفريقيا) وفي الفرع 5.2.3 (عن آسيا).

الكربون على النباتات. وعلى سبيل المثال، فإن ارتفاع درجات الحرارة خلال فترة تفتح الأزهار قد يقلل من تأثيرات ثاني أكسيد الكربون من خلال تخفيض عدد وحجم ونوعية الحبوب (Thomas وآخرون، 2003؛ Baker وآخرون، 2004؛ Caldwell وآخرون، 2005). وبالمثل، فإن زيادة الطلب على الماء في ظل الاحترار قد تحدّ من الآثار الإيجابية المتوقعة لثاني أكسيد الكربون. فالقمح الذي ينمو على سقوط الأمطار بمعدل 450 جزءاً من المليون من ثاني أكسيد الكربون، يظهر زيادات في غلات الحبوب مع حدوث زيادة في الاحترار تصل إلى 0.8 درجة مئوية، لكن الغلات تنخفض عندئذ بعد تجاوز الاحترار 1.5 درجة مئوية حيث تلزم كميات ري إضافية لمقابلة هذه الآثار السلبية. [WGII 5.4.1.2]

وأخيراً، يدرك خبراء فسيولوجيا النبات وخبراء نماذج المحاصيل أيضاً أن تأثيرات زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون، بقياسها في إطارات تجريبية ومنفذة في نماذج، قد تؤدي إلى المغالاة في تقدير الاستجابات الميدانية الفعلية والاستجابات على مستوى المزارع. ويرجع هذا إلى كثير من العوامل المقيدة التي تبين أنها تعمل في العادة على المستوى الميداني، مثل الآفات والحشائش الضارة والمنافسة على الموارد، ومياه التربة ونوعية الهواء. وهذه العوامل الحاسمة لم تبحر بحثاً جيداً في إطارات تجريبية واسعة النطاق، وهي بالتالي غير مدرجة في النماذج الرئيسية لنمو النباتات. ولا يزال فهم الديناميات الأساسية التي تتسم بها تفاعلات زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون مع المناخ والتربة ونوع المياه، والآفات والأعشاب الضارة والأمراض، وتقلبية المناخ، وسرعة تآثر النظم الإيكولوجية يشكل إحدى الأولويات من أجل فهم تأثيرات تغير المناخ في المستقبل على النظم الخاضعة للإدارة. [WGII 5.4.1, 5.8.2]

#### 4.2.3 الإسقاطات

سوف تؤثر التغييرات في الطلب على الماء وتوافره في إطار تغير المناخ تأثيراً كبيراً على الأنشطة الزراعية والأمن الغذائي، وعلى الحراجة ومصايد الأسماك في القرن الحادي والعشرين. فمن ناحية سوف تعمل التغييرات في معدلات التبخر بالنسبة إلى هطول المطر على تعديل الطلب على الماء اللازم للنباتات فيما يتعلق بخطط أساس وذلك بدون تغير في المناخ. ومن ناحية أخرى، سوف تغير الأنماط المعدلة لدورات الهطول والتخزين على نطاق مستجمعات المياه المعدلات الفصلية والسنوية، ومعدلات ما بين السنوات لتوافر المياه اللازمة للنظم الإيكولوجية الزراعية الأرضية والمائية (منظمة الأغذية والزراعة، 2003). وتعمل تغييرات المناخ على زيادة الطلب على الري في غالبية مناطق العالم بسبب الجمع بين نقصان هطول الأمطار وزيادة التبخر الناجمة عن ارتفاع درجات الحرارة. [WGII 5.8.1]

ومن المتوقع أن تكون للتغيرات المسقط في تواتر وشدة الظواهر المناخية المتطرفة، مثل ازدياد تواتر الإجهاد الحراري، ونوبات الجفاف والفيضانات، عواقب هامة على الغذاء والحراجة (وخطر نشوب حرائق الغابات) وإنتاج النظم الإيكولوجية الزراعية الأخرى، بالإضافة إلى آثار التغييرات في متوسط المتغيرات وحدها. [WGII 5، الملخص التنفيذي] وعلى وجه الخصوص، تشير التنبؤات فيما يزيد على 90% من عمليات المحاكاة إلى زيادة حالات الجفاف في المناطق شبه المدارية في نهاية القرن الحادي والعشرين [WGI،

الواقع، حدوث تغييرات في طائفة متنوعة من النظم الإيكولوجية وجرى توثيقها، وخصوصاً في الجنوب الإفريقي. [WGII 9.2.1.4]

#### 4.2.2 الرصدات

##### 4.2.2.1 تأثيرات المناخ، والمياه

رغم أن المعروف هو أن الزراعة والحراجة تعتمدان اعتماداً كبيراً على المناخ، فإن من الصعب العثور على أدلة لتغيرات مرصودة تتصل بتغييرات مناخية إقليمية، تتصل بالتحديد بالمياه. فالزراعة والحراجة تتأثران متأثراً قوياً بعوامل غير مناخية، وخصوصاً بممارسات الإدارة والتغييرات التكنولوجية (Easterling، 2003) على النطاقات المحلية والإقليمية، وكذلك بالأسعار السوقية وسياساتها ذات الصلة بالإعانات المالية. [WGII 1.3.6]

ومع أنه يصعب في النظم البشرية تحديد الاستجابات التي حدثت مؤخراً لتغير المناخ، بسبب عوامل دافعة عديدة غير مناخية، ووجود عملية التكيف، فإنه أمكن اكتشاف آثار في الحراجة وفي بضعة نظم زراعية. وقد ارتبطت التغييرات في جوانب عديدة من نظام الصحة البشرية بالاحترار الذي حدث مؤخراً. وبدأت عملية التكيف مع هذا الاحترار تدعم بالوثائق بشكل منهجي. وبالمقارنة مع عوامل أخرى، أصبح للاحترار الذي حدث مؤخراً أثر محدود في مجالي الزراعة والحراجة. ومع ذلك، لوحظ حدوث تقدّم هام في ظواهر الفينولوجيا الطبيعية، فيما يتعلق بالزراعة والحراجة في بقاع واسعة من نصف الكرة الأرضية الشمالي، مع حدوث استجابات محدودة في إدارة المحاصيل. وأسهم امتداد فصل النمو في زيادة مرصودة في إنتاجية الغابات في كثير من المناطق، في حين تعتبر أحوال ازدياد الحرارة والجفاف مسؤولة إلى حد ما عن انخفاض إنتاجية الغابات، وزيادة حرائق الغابات في أمريكا الشمالية وفي حوض البحر الأبيض المتوسط. وقد اتسمت الزراعة والحراجة معاً بسرعة التأثير إزاء الاتجاهات الحديثة في الموجات الحرارية ونوبات الجفاف والفيضانات. [WGII 1.3.6, 1.3.9, 5.2]

##### 4.2.2.2 ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وديناميات المياه

قد تترتب على آثار زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي على وظيفة النباتات مقتضيات هامة فيما يتعلق بموارد المياه، نظراً لأن كفاءة استخدام المياه على مستوى أوراق الأشجار، تزداد بسبب زيادة المقاومة المسامية بالمقارنة مع التراكبات الحالية. وفيما يتعلق بأنواع النباتات (C3) (بما في ذلك معظم محاصيل الأغذية)، قد يكون تأثير ثاني أكسيد الكربون أكبر نسبياً فيما يتعلق بالمحاصيل التي تخضع لإجهاد الرطوبة، مقارنة بالمحاصيل المرورية جيداً. [WGII، تقرير التقييم الثالث، 5.3.3.1]

ومع ذلك، فإن التأثيرات الواسعة النطاق للتفاعلات بين ثاني أكسيد الكربون والماء (على سبيل المثال في الأجزاء الأعلى المتغصنة من الغابة، أو على المستوى الميداني والإقليمي) تعتبر غير يقينية بدرجة عالية. ومن المعترف به بوجه عام، أن الآثار الإيجابية لزيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون على علاقات النبات والماء من المتوقع أن تقابلها زيادة في عملية التبخر في ظل ارتفاع درجات الحرارة. [WGII، تقرير التقييم الثالث، 5.3.3.1]

وتؤكد دراسات حديثة كثيرة وتوسع نطاق الاستنتاجات التي توصل إليها تقرير التقييم الثالث أن التغييرات في درجة الحرارة وهطول المطر في العقود المقبلة سوف تعدل، وغالباً تحدّ، من التأثيرات المباشرة لثاني أكسيد

والتشتت سوف يثير نوبات جفاف شديدة علاوة على الإشارة المناخية، مما يؤدي إلى زيادة مخاطر نشوب الحرائق. [WGII 5.3.2.2]

#### 4.2.3.1 المحاصيل

لأن كان الاحترار المعتدل في مناطق خطوط العرض العليا بوجه عام، يعود بالفائدة على غلات المحاصيل والمراعي فإنه، حتى الاحترار الطفيف في مناطق خطوط العرض المنخفضة أو المناطق التي تعتبر جافة على النطاق الفصلي، يكون له تأثير ضار بغلات المحاصيل. وتبين نتائج نمذجة طائفة من المواقع أن الزيادات المعتدلة إلى المتوسطة في مناطق خطوط العرض العليا في درجات الحرارة (بين درجة واحدة وثلاث درجات مئوية)، إلى جانب ما يرتبط بذلك من زيادات في ثاني أكسيد الكربون وتغيرات في سقوط الأمطار يمكن أن يكون لها تأثيرات صغيرة مفيدة على غلات المحاصيل. ومع ذلك، فإن الزيادة المعتدلة في درجات الحرارة في مناطق خطوط العرض المنخفضة (بين درجة واحدة ودرجتين مؤبطين) من المرجح أن تكون لها آثار سلبية على غلات المحاصيل فيما يتعلق بالغلل الرئيسية. وتوجد لزيادة الاحترار آثار سلبية بدرجة متزايدة في جميع المناطق. [WGII 5، الملخص التنفيذي]

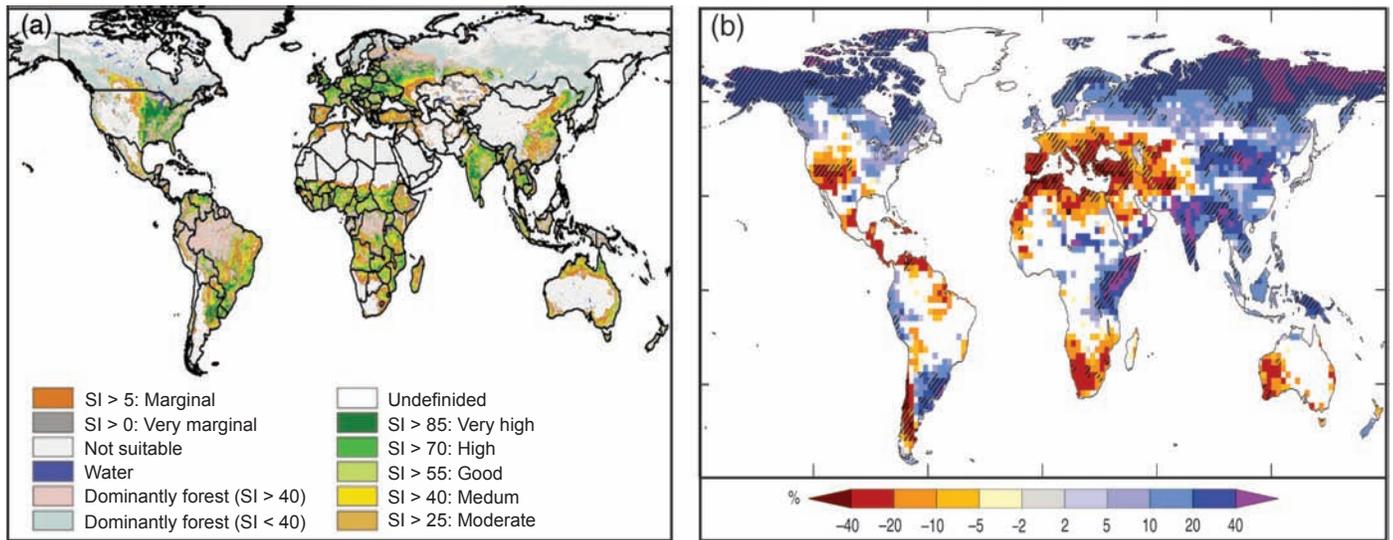
أما المناطق التي تعتبر الزراعة فيها حالياً نشاطاً هامشياً، الأمر الذي يعود إلى حد كبير إلى اجتماع عوامل أنواع التربة الرديئة وندرة المياه والفقير في المناطق الريفية، فإنها قد تعاني بدرجة متزايدة نتيجة لتأثيرات تغير المناخ على الماء. ونتيجة لذلك، فإنه حتى التغيرات الصغيرة في المناخ سوف تزيد عدد الأشخاص المعرضين لمخاطر الجوع، نظراً لكبر حجم التأثير إلى حد كبير في المناطق الكائنة جنوب الصحراء الكبرى في أفريقيا. [WGII 5، الملخص التنفيذي]

ويمكن للزيادات في تواتر الظواهر المناخية المتطرفة أن تؤدي إلى تخفيض غلات المحاصيل على نحو يتجاوز تأثيرات متوسط تغير المناخ. وتم في دراسات المحاكاة التي أجريت منذ تقرير التقييم الثالث بحث جوانب محددة لتزايد تقلبية المناخ في إطار سيناريوهات تغير المناخ. وقام

ملخص لصانعي السياسات]، في حين تشير الإسقاطات الخاصة بزيادة الظواهر المتطرفة في الهطول في مناطق الإنتاج الزراعي الرئيسية الواقعة في جنوب وشرقي آسيا، وشرقي أستراليا وشمال أوروبا. [WGI 11.3, 11.4, 11.7] ويجدر بالذكر أن نماذج تأثير تغير المناخ فيما يتعلق بالأغذية ومنتجات الغابات والألياف لا تشمل بعد هذه النتائج الأخيرة بشأن الأنماط المسقط لتغير الهطول؛ وتشير الإسقاطات إلى أن الآثار السلبية ستكون أسوأ مما يُحتسب حالياً، بمجرد إدراج آثار الظواهر المتطرفة على الإنتاجية. [WGII 5.4.1, 5.4.2]

وتدل التغيرات في النسبة المئوية لمتوسط الجريان السنوي على متوسط توافر المياه اللازمة للغطاء النباتي. وتبين الإسقاطات المتعلقة بالتغيرات في الفترة من الآن وحتى سنة 2100 [WGII، الفصل 3] بعض الأنماط الثابتة: زيادات في خطوط العرض العليا والمناطق المدارية الرطبة، وانخفاضات في المناطق الوسطى من خطوط العرض وبعض أجزاء المناطق المدارية الجافة (الشكل 4.1b). وتعتبر الانخفاضات في توافر الماء دليلاً يشير إلى زيادة الإجهاد المائي، ويشير بصفة خاصة إلى حدوث تدهور في المناطق التي يعتبر فيها الماء اللازم للإنتاج سلعة نادرة بالفعل (على سبيل المثال، في حوض البحر الأبيض المتوسط، وأمريكا الوسطى، والمناطق شبه المدارية في أفريقيا وأستراليا، انظر الشكل 4.1b). [WGII 5.3.1]

وأخيراً، قد يكون من الأهمية بمكان الاعتراف بأن نظم الإنتاج وموارد المياه سوف تتشكل بشكل حاسم في العقود القادمة من خلال التفاعلات الملازمة للعوامل الدافعة الاجتماعية - الاقتصادية والمناخية. وعلى سبيل المثال، فإن ازدياد الطلب على مياه الري في مجال الزراعة سوف يعتمد على الأحوال المناخية المتغيرة وعلى زيادة الطلب على الغذاء بسبب النمو السكاني؛ إضافة إلى ذلك، سوف يعتمد توافر المياه اللازمة لإنتاجية الغابات على العوامل الدافعة المناخية وعلى التأثيرات الحاسمة بفعل الإنسان، وخصوصاً إزالة الغابات في المناطق المدارية. وفي حوض نهر الأمازون، على سبيل المثال، فإن الجمع بين إزالة الغابات وزيادة التجزؤ



الشكل 4.1: (أ) الملاءمة الحالية للمحاصيل البعلية المطرية (باستثناء النظم الإيكولوجية للحراثة) نقلاً عن Fischer وآخرين (2002)؛ [WGII Figure 5.1a] مؤشر الملاءمة = Suitability index = SI؛ (ب) التغير المسقط في النسبة المئوية لمتوسط المجموعات فيما يتعلق بالمتوسط السنوي للجريان بين الفترة الحاضرة (1980-1999) والفترة 2009-2099. [استناداً إلى الشكل 3.5 في التقرير التجميعي (SYR)]

زيادة تقلبية الهطول اليومي، ولذلك، قد تكون هناك مغالاة في تقدير غلات الزراعة البعلية المعتمدة على المطر. [WGII 3.5.1]

وفيما يتعلق بالبلدان النامية، هناك توقع حدوث زيادة بنسبة 14% في سحب مياه الري بحلول سنة 2030، وقد ورد هذا التوقع في دراسة أعدتها منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو) ولم تأخذ في الاعتبار آثار تغير المناخ (Bruinsma, 2003). ومع ذلك، تتضمن السيناريوهات الأربعة لتقييم النظم الإيكولوجية للألفية إسقاطات تشير إلى حدوث زيادات أصغر بكثير في مسحوبات للمياه الري على النطاق العالمي، حيث إنها تقترض أن المنطقة الخاضعة للري لن تزيد إلا بما يتراوح بين 0% و6% بحلول سنة 2030؛ وبين 0% و10% بحلول سنة 2050. [WGII 3.5.1]

ومن المرجح أن تحدث زيادات هائلة في استخدام المياه في القطاعات المنزلية والصناعية، مع مسحوبات للمياه تزيد بما يتراوح بين 14% و83% بحلول سنة 2050 (تقييم النظم الإيكولوجية للألفية، 2005a, b). ويستند هذا الوضع إلى الفكرة التي مؤداها أن قيمة الماء ستكون أعلى بكثير في الاستخدامات المنزلية والصناعية، وهو ما يعتبر صحيحاً بصفة خاصة في ظروف الإجهاد المائي. [WGII 3.5.1]

وعلى الصعيد المحلي، قد تواجه الزراعة المروية مشاكل جديدة ترتبط بالتوزيع المكاني والزمني لتدفق المجاري المائية. وعلى سبيل المثال، قد يسبب ذوبان الثلوج المبكر في مناطق خطوط العرض المنخفضة، وخصوصاً في جنوب شرق آسيا، فيضانات في الربيع، وقد يؤدي إلى نقص في مياه الري في الصيف. [WGII 5.8.2]

#### 4.2.3.2 المراعي والماشية

يوجد كثير من المراعي في العالم في المناطق شبه القاحلة السريعة التأثير بنقص المياه؛ وأي انخفاض آخر في موارد المياه سوف يؤثر تأثيراً كبيراً على قدرة هذه المراعي. ونتيجة لذلك، فإن زيادة تقلبية المناخ ونوبات الجفاف قد تؤدي إلى فقدان الماشية. وبالتحديد، فإن الأثر على إنتاجية الحيوانات بسبب زيادة التقلبية في أنماط الطقس من المرجح أن يكون أكبر بكثير من الآثار المرتبطة بالتغيرات في الأحوال المناخية العادية. وإن أكثر الخسائر الكارثية تواتراً وهي الخسائر الناجمة عن عدم التكيف المسبق مع ظواهر الطقس تحدث في مهاجع الماشية الحبيسة، وتؤدي إلى خسائر اقتصادية نتيجة انخفاض أداء الماشية تتجاوز الخسائر الناجمة عن وفيات الماشية بمقدار عدة أضعاف. [WGII 5.4.3.1]

ويتأثر كثير من المراعي في العالم بأحداث ظاهرة النينو/التذبذب الجنوبي (ENSO). ففي إطار نوبات الجفاف المرتبطة بظاهرة النينو/التذبذب الجنوبي توجد في المناطق الجافة مخاطر التأثيرات التفاعلية الإيجابية بين تدهور التربة والغطاء النباتي والانخفاضات في سقوط الأمطار مع ما يترتب على ذلك من آثار على فقدان الأراضي الرعوية وأراضي الفلاحة معاً. [WGII 5.4.3.1] ومع ذلك، في حين أشار تقرير التقييم الثالث الذي أعده الفريق العامل الأول إلى زيادة أرجحية تواتر ظاهرة النينو/التذبذب الجنوبي في إطار تغير المناخ، لم يجد تقرير التقييم الرابع الذي أعده الفريق العامل الأول عوامل ارتباط بين ظاهرة النينو/التذبذب الجنوبي وتغير المناخ. [WGI]، تقرير التقييم الثالث، ملخص لصانعي السياسات؛ [WGI 10.3.5.4]

Rosenzweig وآخرون، (2002) بإجراء حسابات تفيد بأنه في إطار سيناريوهات تزايد الهطول الغزير، فإن الخسائر في الإنتاج بسبب الزيادة المفرطة في رطوبة التربة (وهي تعتبر كبيرة بالفعل الآن) سوف تتضاعف في الولايات المتحدة الأمريكية لتصل إلى 3 بلايين دولار أمريكي سنوياً في سنة 2030. وفي بنغلاديش، تشير الإسقاطات إلى أن خطر الخسائر في المحاصيل سيزداد بسبب ارتفاع تواتر حدوث الفيضانات في إطار تغير المناخ. وأخيراً، تشير دراسات آثار تغير المناخ التي تدخل فيها زيادة شدة هطول الأمطار إلى حدوث زيادة في مخاطر تحات التربة؛ وفي المناطق القاحلة وشبه القاحلة، قد ترتبط شدة هطول الأمطار بإمكانية زيادة التملح، بسبب زيادة فقدان المياه فيما يتجاوز المنطقة التي تحتوي على جذور نباتات المحاصيل. [WGII 5.4.2.1]

وقد تكون تأثيرات تغير المناخ على الاحتياجات من مياه الري كبيرة. ووضع بضع دراسات جديدة كذلك تقديراً كمياً لتأثيرات تغير المناخ على الاحتياجات الإقليمية والعالمية من الري، بغض النظر عن الآثار الإيجابية لزيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون على كفاءة استخدام المياه بالنسبة للمحاصيل. ووضع Döll (2002) عند دراسة التأثيرات المباشرة لتغير المناخ على طلب التبخر الخاص بالمحاصيل، ولكن دون آثار ثاني أكسيد الكربون، تقديرات تشير إلى حدوث زيادة في صافي احتياجات الري الخاص بالمحاصيل (أي صافي الكميات المفقودة من المياه بسبب النتج) تتراوح بين 5% و8% على الصعيد العالمي بحلول سنة 2070، مع وجود علامات إقليمية أوسع نطاقاً (على سبيل المثال +15%) في جنوب شرق آسيا. [WGII 5.4.2.1]

ووضع Fischer وآخرون (2006) في دراسة تضمنت الآثار الإيجابية لثاني أكسيد الكربون على كفاءة استخدام المياه بالنسبة للمحاصيل حسابات تشير إلى حدوث زيادات في صافي الاحتياجات الخاصة من الري على الصعيد العالمي بنسبة 20% بحلول سنة 2080، مع تأثيرات أوسع نطاقاً في المناطق المتقدمة مقابل المناطق النامية، وذلك يرجع إلى زيادة نسب التبخر وطول فصول النمو في إطار تغير المناخ. ووضع Fischer وآخرون (2006) و Arnell وآخرون (2004) أيضاً إسقاطات تشير إلى حدوث زيادات في الإجهاد المائي (مقاساً بمعدل مسحوبات مياه الري إلى موارد المياه المتجددة) في الشرق الأوسط وجنوب شرق آسيا. وأكدت دراسات إقليمية حديثة أيضاً حدوث تغير في المناخ/ديناميات المياه بشكل حاسم في المناطق المروية الرئيسية، مثل شمالي أفريقيا (في شكل زيادة في احتياجات الري؛ و Abou-Hadid وآخرون، 2003) والصين (احتياجات متناقصة؛ Tao وآخرون، 2003a). [WGII 5.4.2.1]

وعلى النطاق الوطني، توجد بعض الدراسات التكميلية. ففي الولايات المتحدة الأمريكية، تتوقع دراستان للنموذج بشأن تكيف القطاع الزراعي مع تغير المناخ (أي عمليات التحول بين الإنتاج المروي والإنتاج البعلية) حدوث نقصان في المناطق المروية ومسحوبات المياه يتجاوز عام 2030 في إطار مختلف سيناريوهات المناخ (Reilly وآخرون، 2003؛ Thomson وآخرون، 2005a). ويرتبط ذلك بانخفاض في فجوة الغلات بين الزراعة المروية والزراعة البعلية المعتمدة على المطر التي تسببها إما انخفاضات في غلات المحاصيل المروية بسبب ارتفاع درجات الحرارة وإما زيادات في غلات في المحاصيل البعلية بسبب زيادة هطول المطر. ولم تأخذ هاتان الدراستان في الاعتبار

### الإطار 4.1: تغير المناخ ومصائد الأسماك في الحوض الأسفل لنهر الميكونغ - مثال للإجهادات المتعددة بسبب النشاط البشري في نظام لمصائد الأسماك في دلتا كبرى. [WGII الإطار 5.3]

تتسم مصائد الأسماك بأهميتها الأساسية لحياة الناس، وخصوصاً لفقراء الريف الذين يعيشون في البلدان الكائنة في الحوض الأسفل لنهر الميكونغ. ويعمل ثلثا سكان الحوض البالغ عددهم 60 مليون نسمة على نحو ما في مصائد الأسماك مما يحقق نحو 10% من الناتج المحلي الإجمالي لكومبوديا ولجمهورية لاو الديمقراطية الشعبية (PDR). وهناك قرابة 1000 نوع من الأسماك الشائع وجودها في هذا النهر مع أعداد كثيرة أخرى من الأسماك البحرية الجواله التي تجعل من هذا النهر إحدى أكثر مناطق وجود الحيوانات خصوبة وتنوعا في العالم (لجنة نهر الميكونغ MRC، 2003). وتشير التقديرات حديثة العهد إلى أن الكمية السنوية من الأسماك التي يتم صيدها من مصائد الأسماك وحدها يتجاوز 2.5 مليون طن (Hortle and Bush، 2003)، تسهم دلتا النهر بأكثر من 30% منها.

وتحدث التأثيرات المباشرة لتغير المناخ من جرّاء الأنماط المتغيرة لهطول الأمطار وذوبان الثلوج وارتفاع مستوى سطح البحر التي تؤثر بدورها على الهيدرولوجيا ونوعية المياه. أما الآثار غير المباشرة فتنتج عن أنماط الحياة النباتية المتغيرة التي يمكن أن تغير السلسلة الغذائية، وتزيد تحات التربة. ومن المرجح أن تكون التأثيرات البشرية على مصائد الأسماك (الناجمة عن زيادة السكان، والتخفيف من آثار الفيضانات، وزيادة ضخ المياه، والتغيرات في استخدام الأراضي/ والإفراط في صيد الأسماك) أكبر من تأثيرات المناخ لكن الضغوط من كليهما مترابطة ترابطاً قوياً.

وأشارت التقديرات الواردة في تحليل لتأثير سيناريوهات تغير المناخ على تدفق نهر الميكونغ (Hoanh وآخرون، 2004) إلى زيادة التدفقات القصوى الشهرية بنسب تتراوح بين 35 و41% في حوض النهر، وبين 16 و19% في دلتا النهر (والنسب المنخفضة خاصة بفترة السنوات 2010-2038 والنسب المرتفعة خاصة بفترة السنوات 2070-2099 مقارنة بمستويات الفترة 1961-1990). وأشارت التقديرات إلى انخفاض التدفقات الشهرية الدنيا بنسب تتراوح بين 17 و24% في حوض النهر، وبنسب تتراوح بين 26 و29% في دلتا النهر. وستؤثر زيادة الفيضانات تأثيراً إيجابياً على إنتاجية مصائد الأسماك، لكن تراجع المونل في فصل الجفاف يمكن أن يقلل حصيلة بعض الأنواع. إلا أنه يُتوقع أن يكون لعمليات التدخل المخططة لإدارة المياه، وفي المقام الأول، للسود تأثيرات مقابلة على الهيدرولوجيا، أي تخفيض تدفقات الفصل الرطب على نحو هامشي، وزيادة تدفقات الفصل الجاف زيادة كبيرة (البنك الدولي، 2004b).

وتشير النماذج إلى أنه حتى ارتفاع متواضع في مستوى سطح البحر يبلغ 20 سنتيمتراً سبب تغلغل خطوط كفاف مستويات المياه في دلتا نهر الميكونغ لمسافة 25 كيلومتراً نحو الداخل أثناء موسم الفيضان، وزيادة انتقال المياه المالحة نحو أعلى مجرى النهر (وإن كانت تنحصر في قنوات) أثناء فصل الجفاف (Wassmann وآخرون، 2004). ومن شأن انتقال المياه المالحة إلى الداخل أن يغير تشكيل الأنواع الكائنة في مصائد الأسماك تغييراً هاماً لكنه قد لا يضر بالإنتاجية الإجمالية لمصائد الأسماك.

#### 4.2.3.3 مصائد الأسماك

تشمل الآثار السيئة لتغير المناخ على تربية الأحياء المائية ومصايد الأسماك في المياه العذبة ما يلي: الإجهاد بسبب زيادة درجة الحرارة والطلب على الأوكسجين وانخفاض درجة الحموضة؛ وعدم اليقين من نوعية وحجم المياه في المستقبل؛ وظواهر الطقس المتطرفة؛ وزيادة تواتر الأمراض والظواهر السمية؛ وارتفاع مستوى سطح البحر، ونشوء نزاعات على المصالح مع احتياجات الحماية والتحصينات الساحلية؛ وعدم اليقين من الإمدادات المستقبلية من دقيق (مسحوق) السمك والزيوت من حصائل مصائد الأسماك الصناعية الصغيرة الحجم/ الحرفية والتروبيحية. وترد في الإطار 4.1 للفريق العامل الثاني [WGII 5.4.6.1] دراسة حالة عن حالات الإجهاد المتعددة التي يمكن أن تؤثر على مصائد الأسماك في البلدان النامية.

وتشمل التأثيرات الإيجابية، زيادة معدلات النمو، وكفاءة عمليات تحويل الأغذية؛ والزيادة المتطاوله الأمد لفصل النمو؛ وتوسيع النطاق؛ واستخدام مناطق جديدة بسبب تناقص الغطاء الجليدي. [WGII 5.4.6.1]

وقد أشارت دراسة استقصائية للبيانات التجريبية على نطاق العالم إلى أن حدوث احترار معتدل يزيد إنتاجية الأرض المعشوشبة الخاصة بالمراعي، وتحقق أقوى استجابات إيجابية في خطوط العرض العليا، وترتبط إنتاجية وتكوين أنواع النباتات في المراعي ارتباطاً كبيراً بهطول المطر. إضافة إلى ذلك، فإن النتائج الأخيرة الحديثة (انظر الشكل 4.1)، أسقطت انخفاضات في كميات الأمطار الهائلة في بعض مناطق الأراضي العشبية، ومناطق المراعي الرئيسية (على سبيل المثال في أمريكا الجنوبية، والجنوب والشمال الإفريقي، وغربي آسيا، وأستراليا وجنوبي أوروبا). [WGII 5.4.3.2]

وتستطيع زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أن تحدّ من نضوب مياه التربة في مختلف الأراضي العشبية المحلية وشبه المحلية المعتدلة الحرارة وفي منطقة البحر الأبيض المتوسط. ومع ذلك، يمكن لزيادة التقلبية في هطول الأمطار وارتفاع درجات الحرارة أن تؤدي بالتزامن مع تغير المناخ، إلى الحد بصورة أشد قسوة من رطوبة التربة، ومن ثم خفض الإنتاجية، بما يقابل الآثار المفيدة لثاني أكسيد الكربون. وتحدث آثار أخرى على الماشية بشكل مباشر من خلال الزيادة في الحمل الحراري. [WGII 5.4.3.2]

## 4.2.4 التكيف وسرعة التأثر والتنمية المستدامة

المزارعين رهنًا بتغير المناخ المتوقع أو الحقيقي في العقود المقبلة، وبدون تدخل و/ أو تنسيق من جانب حكومات الأقاليم والحكومات الوطنية والاتفاقات الدولية. وتحقيقاً لهذه الغاية، فإن سوء التكيف أي الضغط لزراعة أراضي حدية أو اعتماد ممارسات للزراعة لا تتوافر لها مقومات الاستمرار مع انخفاض العائدات يمكن أن يزيد تدهور الأراضي ويعرّض التنوع البيئي للخطر سواء بالنسبة للأنواع البرية أو الأليفة، ويمكن أن يعرّض للخطر القدرة المستقبلية على التصدي لمخاطر المناخ المتزايدة في فترة متأخرة من القرن. ولذلك سيلزم تحقيق تكيف مخطط بما ذلك إجراء تغييرات في السياسات العامة والمؤسسات والبنى الأساسية المخصصة من أجل تسهيل وتعظيم المنافع الطويلة الأجل الناجمة عن استجابات التكيف مع تغير المناخ. [WGII 5.5]

## 4.2.4.1 التكيف الذاتي

تتمثل الخيارات المتاحة للتكيف الذاتي إلى حد كبير في عمليات تمديد أو تكثيف إدارة المخاطر القائمة وأنشطة تعزيز الإنتاج، وهي لذلك متاحة بالفعل للمزارعين والمجتمعات المحلية. وتشمل هذه الخيارات فيما يتعلق بالمياه:

- اعتماد نوعيات مختلفة/أنواع ذات مقاومة أكبر لصدمات الحرارة والجفاف؛
- تعديل تقنيات الري بما في ذلك كمية المياه والتوقيت أو التكنولوجيا؛

تمثل إدارة المياه مكوناً بالغ الأهمية يتعين أن يتكيف مع الضغوط المناخية والضغط الاجتماعي – الاقتصادية على السواء في العقود المقبلة. وستسبب التغييرات في استخدام المياه، تأثيرات مشتركة تتمثل في: التغييرات في توافر المياه وفي الطلب على الماء من أجل الأراضي، ومن القطاعات المنافسة الأخرى، بما في ذلك القطاع الحضري، والتغييرات في إدارة المياه.

ويمكن للممارسات التي تزيد إنتاجية استخدام مياه الري - المحددة على أنها الإنتاج المحصولي لكل وحدة استخدام للمياه – أن تتيح إمكانيات هامة للتكيف لجميع نظم الإنتاج من الأراضي في ظل التغير المناخي في المستقبل. وفي الوقت ذاته، تعتبر عمليات التحسين في كفاءة الري بالغة الأهمية لضمان إتاحة المياه سواء لإنتاج الغذاء أو لتلبية الاحتياجات البشرية والبيئية المتنافسة [WGII 3.5.1]

وتشير عدة دراسات محاكاة إلى إمكانية الحصول على منافع نسبية من التكيف في قطاع الأراضي في ظروف الاحترار المنخفض إلى المعتدل، وإن كانت عدة إستراتيجيات للاستجابة يمكن أن تمارس ضغطاً إضافياً على المياه والموارد البيئية الأخرى مع تزايد الاحترار. وتعرّف إجراءات التكيف الذاتي بأنها استجابات ينفذها أحاد المزارعين، أو المجتمعات المحلية الريفية و/أو منظمات

## الإطار 4.2: إستراتيجيات التغلب على المشكلات الرعوية في شمال كينيا وجنوب إثيوبيا.

## [الإطار 5.5 WGII]

تطور النظام الرعوي الأفريقي من خلال التكيف مع البيئات القاسية التي تتسم بتقلبية مكانية وزمنية عالية جداً فيما يتعلق بهطول الأمطار (Ellis، 1995). وركزت عدة دراسات مؤخرًا (Ndikumana وآخرون، 2000؛ Hendy وMorton، 2001؛ Oba، 2001؛ McPeak وBarrett، 2001؛ Morton، 2006) على إستراتيجيات التصدي التي استخدمها الرعاة أثناء فترات الجفاف الأخيرة في شمال كينيا وجنوب إثيوبيا، وعمليات التكيف الأطول أجلاً التي تستند إليها.

- يظل التنقل هو أهم تكيف رعوي مع التغييرات المكانية والزمنية فيما يتعلق بهطول المطر، كذلك لجأت مجتمعات محلية كثيرة في سنوات الجفاف إلى الاستقادة من مناطق الرعي التي لا تستخدم في فصول الجفاف «العادية» بسبب بُعد المسافة، والقيود المتعلقة بحيازة الأراضي، والمشاكل الناجمة عن إصابة الحيوانات بالأمراض أو عن النزاعات. إلا أن التعدي على أراضي الرعي المشاعية والإنفراد بمساحات منها، والرغبة في الاستقرار من أجل الحصول على خدمات إنسانية ومعونة غذائية قد قيّد بصورة قاسية عمليات الانتقال من أجل الرعي.
- وينفذ الرعاة عملية «تجميع للقطعان» وتشير معظم الأدلة حالياً إلى أن هذه العملية تمثل شكلاً رشيداً للتأمين ضد الجفاف.
- أن نسبة صغيرة من الرعاة تحتفظ حالياً ببعض ثروتها في حسابات مصرفية، ويستخدم آخرون آليات إيداع وانتمان غير نظامية من خلال أصحاب المتاجر.
- كما يستخدم الرعاة أغذية إضافية للمواشي، تُسحب أو تقطع من الأشجار باعتبارها إستراتيجية تصدي؛ وهم يكتفون إدارة مكافحة أمراض الحيوانات من خلال تقنيات محلية وعلمية؛ ويدفعون المال من أجل الحصول على المياه من الآبار المحفورة التي تعمل بالطاقة الكهربائية.
- يتخذ تنوع سبل المعيشة بعيداً عن الرعي في هذه المنطقة أساساً شكل عمليات تحول إلى وظائف منخفضة الدخل أو لا تتوافر لها مقومات الاستمرار بيئياً من مثل إنتاج الفحم النباتي بدلاً من تنفيذ إستراتيجية تكيف للحد من سرعة التأثر المسببة.
- إن عدداً من الآليات داخل المجتمعات المحلية توزع سواء منتجات المواشي، أو الاستقادة من الحيوانات الحية على المعوزين، لكن يبدو أن هذه الآليات أخذت في الإخفاق بسبب المستويات العالية للمخاطر الناجمة عن التغييرات داخل المجتمعات المحلية.

نطاق واسع، نظراً للطبيعة المعقدة لصنع القرارات؛ وتنوع الاستجابات عبر المناطق؛ والتباطؤ الزمني في التنفيذ؛ وما يمكن أن يكون هناك من حواجز اقتصادية ومؤسسية وثقافية أمام إحداث التغيير.

وعلى سبيل المثال، تعتبر القدرة على التكيف التي يمكن تحقيقها للمجتمعات المحلية الفقيرة التي تعيش على الكفاف من الزراعة/الرعي، منخفضة جداً بوجه عام. وبالمثل، يمارس على مناطق واسعة من الغابات حد أدنى من الإدارة البشرية المباشرة يحد من فرص التكيف. وحتى في الغابات المدارة بطريقة أكثر كثافة حيث تكون أنشطة التكيف أكثر قابلية للتحقيق، فإن طول الفترات الزمنية الفاصلة بين الزرع والحصاد يمكن أن يعقد اعتماد إستراتيجيات تكيف فعالة. [WGII 5.1.1]

#### 4.2.4.2 التكيف المخطط

ينبغي للحلول القائمة على التكيف المخطط أن تركز على وضع بنى أساسية وسياسات عامة ومؤسسات جديدة تدعم وتسهل وتنسق وتُعظم منافع الإدارة الجديدة وترتيبات استخدام الأراضي. ويمكن تحقيق ذلك بوجه عام من خلال تحسين الإدارة الرشيدة، بما في ذلك تناول مسألة تغير المناخ في إطار البرامج الإنمائية؛ وزيادة الاستثمار في البنية الأساسية للري والتكنولوجيات التي تتسم بالكفاءة فيما يتعلق باستخدام المياه؛ وضمان نشوء بنية أساسية ملائمة للنقل والتخزين؛ ومراجعة ترتيبات حيازة الأراضي (بما في ذلك الاهتمام بالتحديد الجيد لحقوق الملكية)؛ وإنشاء أسواق للمنتجات والمدخلات (بما في ذلك نظم تسعير الماء) والخدمات المالية (بما في ذلك التأمين) يمكن الوصول إليها وتعمل على نحو تتوافر فيه الكفاءة. [WGII 5.5]

وقد يكون التكيف المخطط وتنسيق السياسات العامة عبر مؤسسات متعددة أمراً ضرورياً لتسهيل التكيف مع تغير المناخ، بوجه خاص عندما يمارس انخفاض المحاصيل ضغطاً على زراعة الأراضي الحدية أو يؤدي إلى اعتماد ممارسات زراعية لا تتوافر لها مقومات الاستمرار وتزيد من تدهور الأراضي واستخدام الموارد بما في ذلك المياه، على السواء. [WGII 5.4.7]

ويبين عدد من تقييمات التكيف على النطاق العالمي أو الوطني أو على نطاق أحواض الأنهار أن أحواض الأنهار شبه القاحلة والقاحلة تكون هي بوجه عام أشد الأحواض تأثراً فيما يتعلق بالإجهاد المائي. وإذا تناقص هطول الأمطار فإن الطلب على مياه الري يجعل من المستحيل تلبية جميع الطلبات الأخرى. وتبين التغيرات المسجلة بشأن السريان الانسيابي لأحواض أنهار ساكرامنتو – جواكين وكولورادو أنه لا يمكن تلبية مستوى الطلب الحالي على المياه بحلول عام 2020، حتى مع تنفيذ ممارسات إدارة متكيفة. ومن شأن زيادة استخدام الري أن يخفض كلا الجريان وتدفق التيار في اتجاه المصب (Tornil و Eheart، 1999). [WGII 3.5.1]

وتشكل السياسات الرامية إلى مكافأة التحسينات في كفاءة الري من خلال آليات السوق أو زيادة التنظيم وتحسين الإدارة الرشيدة على السواء أدوات هامة لتعزيز القدرة على التكيف على النطاق الإقليمي. ويمكن أن تكون العواقب غير المقصودة لذلك هي زيادة الاستخدام الاستهلاكي للمياه في اتجاه أعلى المجرى مما ينتج عنه حرمان المستعملين في اتجاه أسفل المجرى من المياه التي كانت لولا ذلك ستعاود الدخول في المجرى كندفق عائد (Huffaker، 2005). [WGII 3.5.1]

- اعتماد تكنولوجيات تتوافر فيها الكفاءة بشأن المياه «من أجل جمع» المياه، والمحافظة على رطوبة التربة (مثلاً: استبقاء بقايا المحاصيل)، والحد من التغيرين وتداخل/اقتحام المياه المالحة؛
- تحسين إدارة المياه لمنع التشبع بالمياه والتحات وغسل التربة؛
- تعديل مواعيد زراعة المحاصيل، أي توقيت أو مكان الأنشطة الزراعية؛
- تنفيذ التنبؤ بالمناخ الفصلي.

ويمكن أن تشمل إستراتيجيات تكيف إضافية إجراء تغييرات في استخدام الأراضي تستفيد من الأحوال الزراعية - المناخية المعدلة. [WGII 5.5.1]

وتبين دراسات محاكاة قليلة أهمية مياه الري كتقنية تكيف للحد من تأثيرات تغير المناخ. إلا أن الإسقاطات تشير بوجه عام إلى أن أكبر منفعة نسبية من التكيف يمكن كسبها في ظروف الاحترار المنخفض إلى المعتدل، وأن ممارسات التكيف التي تشمل زيادة استخدام مياه الري يمكن في الواقع أن تشكل ضغطاً إضافياً على موارد المياه والموارد البيئية مع تزايد الاحترار والتبخّر. [WGII 5.8.1]

واستكشفت أيضاً إستراتيجيات تكيف كثيرة في قطاعات الإنتاج الرئيسية الأخرى غير الزراعة المحصولية، وإن كانت بدون تركيز مباشر على مسائل الماء. وتشمل إستراتيجيات التكيف التي تؤثر مع ذلك على استخدام المياه بالنسبة لنظم تربية الماشية: تغير تناوب المراعي، وتغيير أوقات الرعي، وتغيير العلف وأنواع/سلالات الحيوانات، وتغيير التكامل داخل النظم المختلطة للمواشي/المحاصيل، بما في ذلك استخدام محاصيل علف ملائمة والاهتمام بتوفير إمدادات مياه كافية، واستخدام أغذية ومواد مركزة إضافية. وتناقش إستراتيجيات التغلب على المشكلات الرعوية في الأراضي شبه القاحلة والقاحلة في كينيا وجنوب إثيوبيا في الإطار 4.2 [WGII 5.4.7]

ويمكن أن تشمل إستراتيجيات التكيف الخاصة بالحراثة إحداث تغييرات في كثافة الإدارة، ونهاجن الأنواع، وفترات التناوب، والتلاوم اللازم مع تغير حجم الغابات ونوعيتها، وتحقيق تكيف نظم إدارة مكافحة الحرائق. [WGII 5.5.1]

وفيما يتعلق بالنظم الإيكولوجية البحرية، وباستثناء تربية الأحياء المائية وبعض مصائد الأسماك في المياه العذبة، فإن استغلال تجمعات الأسماك الطبيعية يحول دون ذلك النوع من تكيف الإدارة مع تغير المناخ، المقترح بالنسبة لقطاعات المحاصيل والمواشي والغابات. ولذلك فإن خيارات التكيف تتركز على تغيير كمية السمك المصطاد، والجهود المبذولة من أجله. ويتزايد تقييد نطاق التكيف الذاتي مع بدء نفاذ قوانين جديدة تنظم استغلال مصائد الأسماك والنظم الإيكولوجية البحرية. [WGII 5.5.1]

وإذا اعتمدت على نطاق واسع إستراتيجيات التكيف في نظم الإنتاج فإنها تتطوي على إمكانيات كبيرة لتعويض التأثيرات السلبية لتغير المناخ، والاستفادة من التأثيرات الإيجابية. إلا أنه لم يجر سوى تقييم ضئيل للكيفية التي يمكن بها لعمليات التكيف هذه أن تكون فعالة، وأن تعتمد على

لنقص هطول الأمطار أن يقلل بصورة هائلة من إنتاجية المحاصيل وأعداد رؤوس الماشية، على السواء في المناطق المدارية شبه القاحلة. وسيزداد تفاقم انعدام الأمن الغذائي، وفقدان سبل المعيشة بفعل فقدان الأراضي المزروعة، ومواقع تفرخ الأسماك الساحلية نتيجة للغمر والإغراق والتحات الساحلي في مناطق الأراضي المنخفضة. [WGII 5.6.5]

ويمكن أن يؤثر تغير المناخ أيضاً على استخدام الأغذية من خلال التأثيرات التي تحدث على الموارد البيئية الأمر الذي تترتب عليه عواقب صحية إضافية هامة. [WGII الفصل 8]. وعلى سبيل المثال، تنجم عن نقص توافر الماء في المناطق الشحيحة المياه بالفعل، خصوصاً في المناطق شبه المدارية، آثار سلبية مباشرة بالنسبة لتجهيز الأغذية واستهلاكها على السواء. وعلى العكس من ذلك، يمكن لزيادة مخاطر الفيضان في المستوطنات البشرية في المناطق الساحلية من جراء ارتفاع مستويات سطح البحر وزيادة الهطول الغزير للأمطار على السواء، أن تزيد تلوث الأغذية وانتشار الأمراض وتخفيض أنماط الاستهلاك. [WGII 5.6.5]

#### 4.2.4.4 المسائل المتعلقة بجودة المياه

تتسم النوعية الميكروبيولوجية للمياه في البلدان النامية برداءتها بسبب نقص المرافق الصحية والافتقار إلى أساليب المعالجة السليمة للمياه وتردي الظروف الصحية (Lipp وآخرون، 2001؛ Jimenez، 2003؛ Maya وآخرون، 2003؛ منظمة الصحة العالمية، 2004). ويمكن أن يفرض تغير المناخ إجهاداً إضافياً على جودة المياه وخصوصاً في البلدان النامية (Magaza، 2000؛ Kashyap، 2004؛ Dachauri، 2004). وحتى الآن، لا توجد دراسات تتعلق بالبلدان النامية وتركز على دورات عمر الكائنات الحية المجهرية في إطار تغير المناخ، بما في ذلك التركيز الذي تمس الحاجة إليه كثيراً على آثار استعمال المياه المستعملة المعالجة معالجة سيئة في الري، وارتباط ذلك بالنفسي المزمّن لداء الديدان الطفيلية (منظمة الصحة العالمية/اليونيسيف، 2000). [WGII 3.4.4]

ويستهلك نحو 10% من سكان العالم محاصيل مروية بمياه مستعملة غير معالجة أو معالجة معالجة سيئة، ومعظم هؤلاء السكان في البلدان النامية في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية. ويُتوقع أن يزداد هذا الرقم مع زيادة السكان والطلب على الغذاء. [WGII 8.2.5] ولذلك تشكل زيادة استخدام المياه المستعملة المعالجة معالجة سليمة في الري إستراتيجية لازمة لمكافحة شح المياه وبعض المشاكل الصحية المرتبطة به. [WGII 3.4.4]

#### 4.2.4.5 المجتمعات المحلية الريفية، والتنمية المستدامة والمنازعات على الماء

من المسلم به أن التعاون العابر للحدود بشأن المياه يشكل سياسة فعالة وأداة إدارية ترمي إلى تحسين إدارة المياه عبر مناطق واسعة تتقاسم موارد مشتركة. وسيمثل تغير المناخ والطلب المتزايد على المياه في العقود المقبلة تحدياً إضافياً لهذه الاتفاقات الإطارية مما يزيد من إمكانيات نشوء منازعات على المستوى المحلي. وعلى سبيل المثال، يمكن أن تؤدي التدابير أحادية الجانب للتكيف مع نقص المياه بسبب تغير المناخ إلى زيادة المنافسة على موارد المياه. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤدي التغيرات في إنتاجية الأراضي إلى مجموعة من النظم الزراعية الجديدة أو المعدلة الضرورية للمحافظة على الإنتاج بما في ذلك ممارسات التكثيف الزراعي. ومن الممكن أن يؤدي هذا التكثيف

وبالإضافة إلى التقنيات المتاحة بالفعل حالياً للمزارعين ومدبري الأراضي، يتعين إتاحة خيارات تقنية جديدة من خلال تخصيص الجهود في مجال البحث والتطوير، وتخطيطها وتنفيذها حالياً بغية زيادة القدرة الإجمالية على الاستجابة لتغير المناخ في العقود المقبلة. وتشمل الخيارات التكنولوجية من أجل تعزيز البحث والتطوير، الإنسال التقليدي والتكنولوجيا الأحيائية من أجل تحسين مقاومة المحاصيل والعلف والمواشي والغابات وأنواع مصائد الأسماك لصنوف الإجهاد المناخية من مثل نوبات الجفاف والفيضانات (الإطار 4.3).

### الإطار 4.3: هل ستساعد التكنولوجيا الأحيائية التكيف الزراعي وتكيف الغابات؟ [WGIII الإطار 5.6]

يمكن أن تساعد التكنولوجيا الأحيائية وسبل الإنسال التقليدية في استحداث أنواع مستنبتة أو مخلقة جديدة ذات سمات معززة وأنسب للتكيف مع ظروف تغير المناخ. وتشمل هذه السمات مقاومة الإجهاد الناجم عن الجفاف ودرجات الحرارة؛ ومقاومة الآفات والأمراض، والملوحة والتشبع بالمياه. وتشمل الفرص الإضافية لاستحداث أنواع مستنبتة جديدة لإحداث تغيرات في الفينولوجيا (علم علاقة الكائنات الحية بالطقس) أو الاستجابات المعززة لمستويات ثاني أكسيد الكربون المرتفعة. وفيما يتعلق بالمياه، وثق عدد من الدراسات، التعديلات الجينية المدخلة على أنواع محاصيل رئيسية (مثل الذرة وفول الصويا) التي زادت من التفاوت المسموح به في نقص المياه (حسبما استعرضه Drennen وآخرون، 1993؛ Kishor وآخرون، 1995؛ Pilon-Smits وآخرون، 1995؛ Cheikh وآخرون، 2000)، وإن كان ذلك قد لا يشمل الطائفة الأوسع من النباتات المحصولية. ولا يُعرف حالياً إلا القليل بوجه عام، عن الكيفية التي تعمل بها السمات المرغوبة المتحققة نتيجة لإجراء التعديل الجيني في التطبيقات الواقعية للزراعة والحراجة (Sinclair و Purcell، 2005).

#### 4.2.4.3 الأمن الغذائي وسرعة التأثر

يحتمل أن تتأثر بتغير المناخ جميع الأبعاد الأربعة للأمن الغذائي: وهي تيسر الأغذية (الإنتاج والتجارة)، والحصول على الغذاء، واستقرار الإمدادات الغذائية، واستخدام الأغذية (العمليات الفعلية المنفذة فيما يتعلق بإعداد الأغذية واستهلاكها). والأمر الهام هو أن الأمن الغذائي لن يتوقف فقط على التأثيرات المناخية والاجتماعية – الاقتصادية على إنتاج الغذاء، وإنما سيتوقف أيضاً (وبصورة حاسمة كذلك) على التغيرات في التدفقات التجارية والمخزونات والسياسة العامة المتعلقة بالمعونات الغذائية. وبوجه خاص، ستنتج عن تغير المناخ تأثيرات مختلطة ومتنوعة جغرافياً بالنسبة لإنتاج الغذاء، وبالتالي بالنسبة للحصول على الغذاء. وقد تكون البلدان المدارية النامية سريعة التأثر بوجه خاص بتغير المناخ إذ يفقر كثير منها إلى الموارد من الأراضي والمياه، ويواجه بالفعل عدم أمن غذائي خطير. [WGII 5.6.5]

وستؤثر التغيرات في تواتر وشدة نوبات الجفاف والفيضانات على استقرار الإمدادات الغذائية البالغة الأهمية وعلى الوصول إليها. ويمكن

ومتعددة الأطراف. وفي أفريقيا شبه القاحلة، يمثل الرعي النشاط الاقتصادي الرئيسي وتشمل المجتمعات المحلية الرعية المهاجرين عبر الحدود الوطنية بحثاً عن مراعي موسمية جديدة. وفي نوبات الجفاف، يمكن أن تنشأ نزاعات بين هؤلاء الرعاة والمزارعين العاملين في النظم الزراعية المستقرة. [WGII TAR 10.2.1.2]

وتهيمن آسيا على تربية الأحياء المائية في العالم، بينما تنتج الصين وحدها نحو 70 في المائة من جميع الأسماك والجمبري والقشريات المنتجة في مزارع تربيخ الأسماك (منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة FAO، 2006). ويمثل السمك الذي يعتبر مصدراً هاماً للبروتين الغذائي مورداً بالغ الأهمية لتحقيق الأمن الغذائي في بلدان كثيرة في آسيا وخصوصاً في المجتمعات المحلية الفقيرة في المناطق الساحلية. وتتطلب تربية الأسماك توافر أراضٍ ومياه، وهما موردان ينقصان بالفعل في بلدان كثيرة في آسيا. وقد أدى تحويل المياه إلى البرك الخاصة بتربية الجمبري إلى خفض مستويات المياه الجوفية بصورة ملحوظة في مناطق تايلند الساحلية. [WGII TAR 11.2.4.4]

ويوجد في آسيا 14 مستجماً لمياه الأمطار التي تغذي الأنهار. وتمثل إدارة هذه المستجمعات تحدياً في البلدان ذات الكثافة السكانية العالية والمسؤولة غالباً عن استخدام حتى أكثر المناطق هشاشة وعدم ملاءمة، الكائنة في هذه المستجمعات في أغراض الزراعة والأنشطة السكنية وغيرها من الأنشطة الكثيفة. ونتيجة لذلك، وفي بلدان كثيرة، وخصوصاً في بنغلاديش ونيبال والفلبين وإندونيسيا وفيت نام تعاني مستجمعات مياه كثيرة معاناة شديدة من إزالة الأحراج والتحويل اللاتمييزي للأراضي، والتحات المفرط للتربة، وانخفاض إنتاجية الأراضي. ونظراً لعدم وجود إستراتيجيات تكيف ملائمة، تتسم مستجمعات المياه هذه بالضعف الشديد إزاء تغير المناخ. [WGII TAR 11.2.3.2]

#### 4.2.4.6 التخفيف

يمكن للاستجابات الخاصة بالتكيف والأعمال المتعلقة بتخفيف آثار تغير المناخ أن تحدث على نحو متزامن للقطاع الزراعي وقطاع الحراجة؛ وتتوقف فعاليتها على أنماط تغير المناخ المتوقعة في عقود مقبلة. وغالباً ما تستعمل التفاعلات المرتبطة بهذه العوامل (تغير المناخ، التكيف، وتخفيف الآثار) موارد المياه. [WGII 8.5، الجدول 8.9]

ويمكن لإستراتيجيات التكيف وتخفيف الآثار إما أن تظهر أوجه تآزر حيث تعزز إجراءات كل منها بعضها بعضاً، وإما أن تأتي كل منها للأخرى بعكس النتيجة المرجوة منها. وفيما يتعلق بالمياه، فإن الأمثلة على إستراتيجيات التكيف التي تحد من خيارات التخفيف، تشمل بصورة واسعة الري فيما يتعلق بتكاليف الطاقة اللازمة لتوفير إمدادات المياه، والانبعثات الإضافية لغاز الدفيئة التي يمكن أن ترتبط بممارسات زراعية معدلة. إلا أن استخدام وسائل الطاقة المتجددة لاستخراج المياه وتوفيرها يمكن مع ذلك أن يستبعد حدوث هذا التنازع. وبالمثل، يمكن أن تكون لبعض إستراتيجيات التخفيف عواقب سلبية على التكيف من مثل زيادة الاعتماد على محاصيل إنتاج الطاقة التي يمكن أن تتنافس على موارد المياه، وتحد من التنوع الأحيائي، وتزيد بالتالي من سرعة التأثير بالأحوال المناخية المتطرفة. [WGII 12.1.4، 12.1.4]

بدوره إلى ضغوط بيئية إضافية ينجم عنها فقدان الموئل، والحد من التنوع الأحيائي والتغير وتحات التربة وتدهورها. [WGII 5.7]

ويمكن أيضاً توقع حدوث تأثيرات على التجارة والتنمية الاقتصادية والتطور البيئي واستخدام الأراضي من التدابير المنفذة من أجل الاستعاضة عن أنواع الوقود الأحفوري بأنواع الوقود الأحيائي من مثل التدابير المنفذة في إطار خطة العمل الأوروبية بشأن الكتلة الأحيائية. ويثير إنتاج الوقود الأحيائي على نطاق واسع أسئلة تتعلق بعدة مسائل تشمل الاحتياجات من الأسمدة ومبيدات الآفات، ودورة المغذيات، وتوازن الطاقة، وتأثيرات التنوع الأحيائي، والهيدرولوجيا والتحات، والنزاعات الناشئة عن إنتاج الأغذية، ومستوى الإعانات المالية اللازمة. والواقع، أن التحديات الناشئة في العقود المقبلة تشمل إيجاد التوازن فيما يتعلق بالمنافسة على الأراضي والمواد الخام الأولية من أجل قطاعات الأغذية والحراجة والطاقة، مثل استنباط حلول تضمن الحقوق في الغذاء والتنمية المحلية الريفية، وفي الوقت نفسه تعظم الطاقة إلى أقصى حد، والاحتياجات المتعلقة بتخفيف آثار المناخ. [lulucf 4.5.1]

وفي أمريكا الشمالية، يمكن أن يزداد الجفاف في المناطق الداخلية من القارة، ويمكن أن تتحول مناطق الإنتاج نحو الشمال (Mills، 1994)، خصوصاً بالنسبة للذرة وفول الصويا (Brklacich وآخرون، 1997). [WGII TAR 15.2.3.1]. وفي المكسيك، تشكل نوبات الجفاف السبب الأساسي للخسائر في الإنتاج نظراً لتناقص المناطق الزراعية – الإيكولوجية المناسبة لزراعة الذرة (Conde وآخرون، 1997). [WGII TAR 14.2.2.1] ويشكل الجفاف مسألة هامة في جميع أنحاء أستراليا وذلك لأسباب اجتماعية وسياسية وجغرافية وبيئية. ومن شأن حدوث تغير في المناخ نحو ظروف أكثر جفافاً نتيجة لانخفاض معدل هطول الأمطار وزيادة التبخر في إطار المخططات الحالية للسياسة الأسترالية تجاه الجفاف إلى إصدار إعلانات عن نوبات جفاف أكثر تواتراً أو أطول أمداً. [12.5.6 تقرير التقييم الثالث WGII TAR]

وتشكل موارد المياه موطن ضعف رئيسي في أفريقيا بالنسبة للأسر المعيشية والاستخدامات الزراعية والصناعية. وفي أحواض الأنهار المشتركة، تلزم بروتوكولات للتعاون الإقليمي من أجل التقليل إلى أدنى حد من التأثيرات المعاكسة ومن إمكانات نشوء نزاعات، على حد سواء. فمثلاً، تنتوع مساحة منطقة بحيرة تشاد من 20000 كيلومتر مربع أثناء فصل الجفاف إلى 50000 كيلومتر مربع أثناء فصل الأمطار، ولئن كانت الحدود قد رُسمت بشكل دقيق بين تشاد ونيجيريا والكاميرون والنيجر، فإن القطاعات من هذه الحدود الكائنة في أحواض الأنهار التي تصرف مياهها في بحيرة تشاد لم تحدد على الإطلاق، وتتشأ تعقيدات إضافية نتيجة للفيضانات وانحسار الماء، على حد سواء. وأدت مشاكل مماثلة في نهر كوفانغو بين بوتسوانا وناميبيا إلى مواجهة عسكرية. [WGII TAR 10.2.1.2]

وإن تزايد ندرة المياه، وتزايد السكان، وتدهور النظم الإيكولوجية للماء العذب المشترك، والطلبات المتنافسة على الموارد الطبيعية الشحيحة الموزعة على مساحات ضخمة تشمل بلدانا كثيرة جداً، تنطوي جميعاً على احتمالات التسبب في نشوء منازعات ثنائية

وفي المناطق سريعة التأثير، يمكن لتركز المخاطر نتيجة انعدام الأمن الغذائي والمائي على السواء أن يجعل تأثير أي ظواهر طقس متطرفة (على سبيل المثال الفيضانات والجفاف) قاسية بصورة خاصة بالنسبة إلى الأسر المعيشية المتأثرة. [WGII 9.2.2]

ويمكن للتغيرات في الأحوال المناخية المتطرفة أن تسبب تأثيرات قاسية على الصحة البشرية. ويُتوقع أن يصبح الفيضان أكثر شدة مع تغير المناخ، مما يُحدث آثاره على الصحة البشرية وتقل سرعة التأثير بالفيضانات عندما تتوافر بنية أساسية تزيل النفايات الصلبة، وتدير المياه المستعملة، وتوفر مياه الشرب النقية. [WGII 8.2.2]

وإن عدم توافر المياه اللازمة للنظافة الصحية مسؤول حالياً عن عبء كبير للأمراض على النطاق العالمي. ويمكن أن تُعزى نسبة صغيرة وغير مقاسة كميًا لهذا العبء إلى تقليبية المناخ والظواهر المناخية المتطرفة. وتتجم عن «ندرة الماء» نتائج صحية سلبية متعددة، بما في ذلك الأمراض المرتبطة بالماء الملوث بالمواد البرازية، والمواد الأخرى التي تنطوي على مخاطر (على سبيل المثال الطفيليات).

وتظل معدلات وفيات الأطفال والمرضاة بسبب الإسهال في البلدان المنخفضة الدخل، وخصوصاً في البلدان الأفريقية جنوب الصحراء الكبرى عالية على الرغم من التحسينات المتحققة في مجال الرعاية الصحية واستخدام العلاج بالإمهاة الفموية. ومن المتوقع أن يزيد تغير المناخ من ندرة المياه، لكن من الصعب تقييم ماذا يعني ذلك على مستوى الأسر المعيشية فيما يتعلق بإتاحة المياه وبالتالي بالنسبة إلى الصحة وتنفيذ مبادئ الصحة والنظافة. وهناك نقص في المعلومات التي تربط بين النمذجة الواسعة النطاق لتغير المناخ والتأثيرات الصغيرة النطاق على مستوى السكان أو الأسرة المعيشية. وبالإضافة إلى ذلك، يتعين بالنسبة لأي تقييمات للتأثيرات الصحية المستقبلية بسبب التغيرات في توافر المياه أن تأخذ في اعتبارها التحسينات التي تتحقق في المستقبل فيما يتعلق بالحصول على الماء «المأمون». [WGII 8.2.5, 8.4.2.2]

#### 4.3.1.1 الآثار المترتبة بالنسبة لجودة مياه الشرب

تتسم العلاقة بين هطول الأمطار وتدفقات الأنهار وتلوث إمدادات المياه بتعقيدها الشديد حسبما يناقش أدناه سواء بالنسبة لإمدادات المياه بالأنابيب أو فيما يتعلق بالاتصال المباشر بالمياه السطحية. وإذا انخفضت تدفقات الأنهار نتيجة لنقص هطول الأمطار، فإن قدرة هذه الأنهار على تخفيف النفايات السائلة تقل أيضاً - مما يؤدي إلى زيادة العوامل المسببة للأمراض أو التحميل الكيميائي. ويمكن أن يمثل ذلك زيادة في تعرض البشر للإصابة أو يسبب في الأماكن التي تُوفّر فيها إمدادات المياه بالأنابيب زيادة التحديات التي تواجه مرافق معالجة المياه. وأثناء الصيف الذي اتسم بالجفاف في عام 2003، أدى انخفاض التدفقات في هولندا إلى تغيرات ظاهرة في جودة المياه (Senhorst and Zwolsman، 2005). وارتبطت الموسمية الملحوظة لتفشي الكوليرا في منطقة الأمازون بانخفاض تدفق النهر في الفصل الجاف (Gerolmo and Penna، 1999)، ربما بسبب التركيزات العالية في البرك للعوامل المسببة للأمراض. [WGII 8.2.5]

وتعتبر إدارة مياه الصرف والمياه الناجمة عن العواصف هامة في المجتمعات المحلية الحضرية المنخفضة الدخل لأن الصرف المعوق

ومن ناحية أخرى، فإن كثيراً من ممارسات تنحية أيونات الكربون تشمل الحد من حراثة الأرض، وزيادة محاصيل التغطية (التي تدعى أيضاً السماد العضوي الأخضر (green manure) وتنفيذ نظم تناوب محسنة، تشكل من الناحية الجوهرية - كما أنها نشأت في الواقع أصلاً باعتبارها - «ممارسة جيدة» للحراثة الزراعية تؤدي إلى نظم للإنتاج أكثر مرونة إزاء تقلبية المناخ، وتوفر بالتالي تكيفاً جيداً إزاء الضغوط المتزايدة على موارد المياه والتربة [WGII 5.4.2; WGIII 8.5]. (2007، Rosenzweig and Tubiello)

### 4.3 الصحة البشرية

#### 4.3.1 السياق

تعتمد الصحة البشرية التي تشمل الرفاه المادي والاجتماعي والنفسي على التزود الكافي بمياه الشرب النقية وتوافر بيئة مأمونة. ويتعرض البشر لتغير المناخ مباشرة من خلال أنماط الطقس (ظواهر الطقس المتطرفة الأكثر شدة وتواتراً)، ويتعرضون لتغير المناخ بشكل غير مباشر من خلال التغيرات في جودة وكمية الماء والهواء والغذاء، والنظم الإيكولوجية، والزراعة، وسبل المعيشة، والبنى الأساسية. [WGII 8.1.1] وبسبب إمكانية تأثير عدد كبير جداً من الناس، قد يكون سوء التغذية وندرة المياه هما أهم العواقب الصحية لتغير المناخ (انظر الفرعين 4.2 و4.4). [WGII 8.4.2.3]

لقد تحسنت صحة السكان تحسناً مشهوداً على مدى الخمسين عاماً الأخيرة لكن لا تزال هناك صنوف انعدام مساواة أساسية فيما يتعلق بالأحوال الصحية داخل البلدان وفيما بينها. ومن غير المحتمل أن يتسنى التوصل في بعض البلدان النامية إلى تحقيق الهدف الإنمائي للألفية (MDG) المتمثل في الحد من وفيات الأطفال الذين تقل أعمارهم عن خمس سنوات بنسبة الثلثين بحلول عام 2015. ويؤدي سوء الحالة الصحية إلى زيادة سرعة التأثير بتغير المناخ، ويحد من قدرة الأفراد والجماعات على التكيف مع هذا التغير. والسكان الذين ترتفع معدلات إصابتهم بالأمراض والعجز هم أقل السكان نجاحاً في التصدي لجميع أنواع الإجهاد بما في ذلك تلك المتعلقة بتغير المناخ. [WGII 8.1.1]

وتشير التقديرات الحالية لبرنامج المراقبة المشترك بين منظمة الصحة العالمية (WHO) واليونيسيف إلى أن 1.1 بليون نسمة (أي 17% من سكان العالم) يفتقرون إلى سبل الوصول إلى موارد المياه حيث يعرف هذا الوصول بأنه إتاحة 20 لتراً على الأقل من الماء لكل شخص يومياً من مصدر محسن للماء ضمن مسافة كيلومتر واحد. والمصدر المحسن للماء هو المصدر الذي يوفر ماءً «مأموناً» من مثل توصيلات الأنابيب التي تحمل المياه إلى الأسرة المعيشية أو الآبار المحفورة. وقرابة ثلثي السكان الذين لا تتوافر لهم سبل الوصول إلى المياه يعيشون في آسيا. وفي أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، لا تتوافر لنسبة 42% من السكان سبل الوصول إلى المصادر المحسنة للمياه. وتشير تقديرات منظمة الصحة العالمية إلى أن العبء الإجمالي للأمراض الناجم عن عدم كفاية إمدادات الماء وسوء مرافق الصحة والأحوال والعادات المفضية إلى الصحة يتمثل في 1.7 مليون حالة وفاة سنوياً. وتعد النتائج الصحية المتعلقة بإمدادات المياه والمرافق الصحية محور اهتمام رئيسي فيما يتعلق بتغير المناخ في بلدان كثيرة.

ويمكن أن تؤدي الفيضانات وهطول الأمطار الغزيرة إلى تلوث المياه بالمواد الكيميائية وبالمعادن الثقيلة أو بالمواد الخطيرة الأخرى إما من تخزين هذه المواد أو من المواد الكيميائية الكائنة بالفعل في البيئة (من مثل مبيدات الآفات). ومن شأن الزيادة في كثافة السكان أو في التنمية الصناعية على حد سواء في المناطق التي تتعرض للكوارث الطبيعية أن تزيد احتمال حدوث كوارث في المستقبل، واحتمالات تعرض البشر على نطاق واسع لمواد خطرة أثناء هذه الأحداث. [WGII 8.2.2].

#### 4.3.1.3 الجفاف والأمراض المعدية

هناك ارتباط ثابت بين أمراض معدية قليلة، وهطول الأمطار لا يتصل باستهلاك مياه الشرب (من حيث الجودة أو الكمية) أو بنواقل أمراض الفشريات المفصلية. فالتوزيع المكاني، وشدة، وموسمية الإصابة بالمكورة السحائية (البوتانية) لالتهاب السحايا في منطقة الساحل الأفريقية يرتبط بعوامل مناخية وبيئية، وخصوصاً بالجفاف، وإن كانت الآلية السببية للإصابة بالمرض غير مفهومة جيداً في هذا الصدد. وقد توسع التوزيع الجغرافي لالتهاب السحايا في غرب أفريقيا في السنوات الأخيرة الأمر الذي يمكن أن يُعزى إلى تغيرات بيئية تدفعها التغيرات في استخدام الأراضي وتغير المناخ الإقليمي، على حد سواء. [WGII 8.2.3.1]

#### 4.3.1.4 العواصف الترابية

يمكن أن يؤثر التراب المثار بفعل هبوب الرياح الناشئ في المناطق الصحراوية في أفريقيا وشبه الجزيرة العربية ومنغوليا وآسيا الوسطى والصين على جودة الهواء وصحة السكان في المناطق النائية. وإذا قورن التراب بأحوال الطقس غير الترابية فإنه يمكن أن يحمل تركيزات كبيرة من الجسيمات الدقيقة التي يمكن تنفسها؛ وعناصر ضئيلة يمكن أن تؤثر على الصحة البشرية؛ مثل البوغات الفطرية؛ والبكتيريا. [WGII 8.2.6.4]

#### 4.3.1.5 الأمراض المحمولة بالنواقل

يؤثر المناخ على التوزيع المكاني للأمراض وعلى شدة نقل وموسمية الأمراض المحمولة بالنواقل (مثل الملاريا) والأمراض التي تنتشر من قواقع مائية باعتبارها حاضناً وسيطاً للمرض (مثل البلهارسيا). [WGII 8.2.8] وأثناء فترة الجفاف، يقل نشاط البعوض، لكن إذا انخفض سريان نواقل المرض انخفاضاً كبيراً فإن عدد الأفراد الذين لا يتلقون تحصيماً يمكن أن يزداد. وفي الأجل الطويل، يتناقص حدوث الأمراض التي ينقلها البعوض من مثل الملاريا بسبب تناقص تجمعات البعوض، وإن كان يمكن للأوبئة أن تحدث عندما تتوافر ظروف مناخية مناسبة. [WGII 8.2.3.1]

ويتأثر توزيع البلهارسيا باعتبارها مرضاً طفيلياً يتعلق بالمياه ذا قواقع مائية تعتبر بمثابة حاضنات وسيطة، بالعوامل المناخية في بعض الأماكن، وعلى سبيل المثال، يمكن للتغير الملحوظ في توزيع الإصابة بالبلهارسيا في الصين على مدى العقد الماضي أن يعكس جزئياً اتجاه الاحترار الحديث العهد. وتبين أيضاً أن نظم الري تزيد معدل الإصابة بالبلهارسيا عندما لا تنفذ تدابير مكافحة ملائمة للمرض. [WGII 8.2.8.3]

#### 4.3.2 ملاحظات

هناك طائفة واسعة من القوى الدافعة التي يمكن أن تؤثر على تأثيرات تغير المناخ على النتائج المتعلقة بصحة البشر وأن تعدل هذه التأثيرات. فبسبب تعقد الارتباط بين العوامل المناخية والأمراض لا يمكن في

يمكن أن يسبب فيضان المياه وزيادة سريان الأمراض التي تحملها نواقل الأمراض (Parkinson and Butler، 2005). ويمكن للمدن التي تتسم بالتدفق المفرط للمجاري أن تشهد زيادة في تلوث مياه المجاري أثناء الفيضانات. [WGII 8.2.5]

وفي البلدان المرتفعة الدخل، يمكن لظواهر هطول الأمطار وجريان المياه أن تزيد الحمل الميكروبي الإجمالي في مجاري المياه وفي مستودعات مياه الشرب، وإن كان ارتباطها بحالات الأمراض البشرية أقل تأكيداً بسبب تخفيف تركيزات المواد الملوثة. ويمكن للتلوث الموسمي للمياه السطحية في أوائل الربيع في أمريكا الشمالية وأوروبا أن يفسر بعض الموسمية في حالات متفرقة للإصابة بالأمراض المنقولة بالماء من مثل داء البويغات المستخفية campylobacteriosis وداء العطائف cryptosporidiosis. وترتبط نسبة هامة من تفشيات الأمراض الملحوظة المنقولة بالماء بظواهر هطول الأمطار الغزيرة الذي يقترن غالباً بالنقص في معالجة المياه. [WGII 14.2.5، 8.2.5]

وينتج تكاثر الطحالب الضار (HABS) في المياه العذبة مواداً سمية يمكن أن تسبب أمراضاً للبشر. ويمكن أن يزداد حدوث هذا التكاثر في المياه السطحية (في الأنهار والبحيرات) بسبب ارتفاع درجات الحرارة. إلا أن الخطر الذي يتهدد صحة البشر محدود للغاية نظراً لأن الاتصال المباشر بالطحالب محدود بوجه عام. ومستوى مخاطر تلوث إمدادات الماء بتوكسينات الطحالب مستوى منخفض، بيد أن آثار ذلك على الصحة البشرية غير يقينية بعد. [WGII 8.2.4، 3.4.4]

وفي المناطق ذات البنية الأساسية الرديئة الخاصة بإمدادات المياه، يصل نقل العوامل المسببة لأمراض الأمعاء إلى الذروة أثناء الفصل الممطر. وبالإضافة إلى ذلك، ظهر أن ارتفاع درجات الحرارة يرتبط بزيادة الإصابة بأمراض الإسهال (Checkley وآخرون، 2000؛ Singh وآخرون، 2001؛ Vasilev، 2003؛ Lama وآخرون، 2004). وترتبط الأسباب الأساسية للإصابة بهذه الأمراض إلى رداءة ظروف الصحة والنظافة، وافتقار سبل الوصول إلى الماء المأمون. [WGII 8.2.5]

#### 4.3.1.2 الكوارث، بما في ذلك عواصف الرياح والفيضانات

تضمنت الأقسام السابقة وصفاً للكيفية التي سيؤثر بها تغير المناخ على مخاطر الكوارث المتعلقة بالمياه، بما في ذلك الفيضانات المفاجئة للبحيرات الجليدية (GLOFs) وزيادة شدة عرام العواصف، والتغيرات في مخاطر الفيضانات (انظر القسم 3.2) بما في ذلك الفيضانات الخاطفة، والفيضانات في المناطق الحضرية مع حدوث بعض الانخفاض في المخاطر الناجمة عن فيضانات الربيع الناجمة عن ذوبان الثلوج. [WGII 3.4.3] وتؤثر الفيضانات تأثيراً كبيراً على الصحة البشرية من حيث عدد حالات الوفاة وأعباء الأمراض على حد سواء/ ومن حيث الإضرار بالبنية الأساسية الخاصة بالصحة. [WGII 8.2.2] ولئن كانت مخاطر الأمراض المعدية عقب حدوث الفيضانات منخفضة بوجه عام في البلدان المرتفعة الدخل، فإن السكان الذين يعانون من نقص البنى الأساسية، والأعباء العالية للأمراض المعدية، يعانون غالباً من زيادة معدلات الإصابة بأمراض الإسهال بعد أحداث الفيضانات. وثمة أدلة متزايدة على التأثير الذي تسببه الكوارث المتعلقة بالمناخ على الصحة العقلية ذلك أن الناس الذين يكابدون آثار الفيضانات يعانون من حالات القلق والاكتئاب الطويلة الأجل. [WGII 8.2.2، 16.4.5]

من مثل داء الديدان الطفيلية عن طريق محاصيل استهلاكية مروية بمياه ملوثة أو بمياه مستعملة، كذلك في المناطق الريفية والمناطق شبه الحضرية لمعظم البلدان المنخفضة الدخل يشكل استعمال مياه المجاري والمياه المستعملة في الري، وهو ممارسة شائعة، مصدراً لنقل الأمراض البرازية - الفموية. وفي الوقت الحالي، يستهلك عُشر سكان العالم على الأقل محاصيل مروية بمياه مستعملة. إلا أنه من شأن تزايد ندرة الماء والطلب على الغذاء المقترنين بقلّة مرافق النظافة الصحية أن يسهّل استعمال المياه ذات النوعية المنخفضة. وإذا أُريد مكافحة هذه المشاكل يتعين وضع برامج لمعالجة المياه المستعملة والتخطيط لإعادة استعمال المياه المستعملة. [WGII 8.6.4, 3.4.4]

#### 4.4 إمدادات المياه ومرافق النظافة الصحية

نوقشت بالتفصيل في الفرعين 4.2 و 4.3 الآثار الملحوظة لتغير المناخ على كمية وجودة موارد المياه. ويخص هذا الفرع النقاط الرئيسية في هذا الصدد، ويصف آثارها على إمدادات المياه وخدمات النظافة الصحية.

##### 4.4.1 السياق

قدمت بالفعل في الفرع 4.3.1 الإحصاءات المتعلقة بالوصول إلى الماء المأمون في الفترة الراهنة. ويعتبر الوصول إلى الماء المأمون في الوقت الحالي حقاً من حقوق الإنسان على النطاق العالمي، إلا أن العالم يشهد مشاكل متزايدة فيما يتعلق بتوفير خدمات المياه، وخصوصاً في البلدان النامية. وهناك عدة أسباب لذلك لا ترتبط بالضرورة بتغير المناخ. فنقص توافر المياه، وزيادة الطلب على المياه، وعدم التكافؤ في طلبه الناجم عن زيادة السكان في المناطق كثيفة السكان، وزيادة التوسع الحضري، وزيادة الاستخدام المكثف للمياه من أجل تحسين الرفاه العام، والتحدي المتمثل في تحسين إدارة المياه هي جميعاً متغيرات تطرح بالفعل تحدياً ضخماً فيما يتعلق بتوفير خدمات مريحة بشأن المياه. وفي هذا السياق، يمثل تغير المناخ ببساطة عبئاً إضافياً على مرافق المياه أو على أي مؤسسات أخرى توفر خدمات المياه فيما يتعلق بتلبية احتياجات الزبائن. ومن الصعب تحديد آثار تغير المناخ على مستوى محلي، لكن الآثار الملحوظة المقترنة بإسقاطات، توفر أساساً مفيداً للتأهب للمستقبل.

##### 4.4.2 ملاحظات

يلخص الجدول 4.1 الصلات المحتملة بين تغير المناخ والخدمات المتعلقة بالمياه.

##### 4.4.3 الإسقاطات

يمكن أن ينجم انخفاض توافر المياه عما يلي:  
 أ - انخفاض التدفقات في الأحواض التي تغذيها الأنهار الجليدية الآخذة في التقلص وزيادة تطاول أمد فصول الجفاف وزيادة تواترها،  
 ب - نقصان هطول الأمطار في الصيف يؤدي إلى نقصان الماء المخزون في الخزانات التي تغذيها الأنهار الفصليّة (du Plessis et al., 2003)،

أكثر الأحيان أن تنسب التغيرات في أنماط أمراض محددة إلى تغيرات ملحوظة في المناخ. وبالإضافة إلى ذلك، يندر توافر سلاسل بيانات صحية ذات نوعية وطول كافيين من أجل إجراء هذه الدراسات. ولا توجد دراسات منشورة عن التأثيرات على الصحة المتعلقة بالمياه تصف أنماط الأمراض التي تُعزى بقوة إلى تغير ملحوظ في المناخ. إلا أن هناك عدة تقارير بشأن استجابات تكيفية في قطاع المياه ترمي إلى الحد من تأثيرات تغير المناخ. [WGII Chapter 7]

وتناقش في فرع آخر الاتجاهات الملحوظة في الكوارث المرتبطة بالمياه (الفيضانات، وعواصف الرياح) والدور الذي يؤديه تغير المناخ. [WGII 1.3]

#### 4.3.3 إسقاطات

يُتوقع أن تترتب على تغير المناخ مجموعة من الآثار الضارة بالسكان عندما تكون المياه والبنية الأساسية للمرافق الصحية غير كافية لتلبية الاحتياجات المحلية. وتظل مسألة الحصول على الماء المأمون قضية صحية عالمية بالغة الأهمية. فأكثر من بليون نسمة تعيش في المناطق الجافة في العالم، ويعاني هؤلاء الناس أكثر من غيرهم من سوء التغذية ووفيات الرضع والأمراض المرتبطة بتلوث المياه أو عدم كفايتها. وتشكل ندرة الماء عائقاً خطيراً أمام التنمية المستدامة (Rockstrom، 2003). [WGII 8.2.5, 8.4.2.2]

#### 4.3.4 التكيف، وسرعة التأثر والتنمية المستدامة

يسهم ضعف نظم الصحة العمومية ومحدودية سبل الوصول إلى الرعاية الصحية الأولية، على حد سواء، في ارتفاع مستويات سرعة تأثر مئات الملايين من الناس، وضعف قدرتهم على التكيف. [WGII 8.6] وثمة قيود أساسية في هذا المجال في البلدان المنخفضة الدخل حيث تتوقف صحة السكان على إجراء تحسينات في قطاعات الصحة والمياه والزراعة والنقل والطاقة والإسكان. ويشكل الفقر وضعف الحكم أخطر عقبتين أمام التكيف الفعال. وعلى الرغم من النمو الاقتصادي، من المرجح أن تظل البلدان منخفضة الدخل ضعيفة في الأجل المتوسط وذات خيارات أقل مما هو متاح في البلدان المرتفعة الدخل فيما يتعلق بالتكيف مع تغير المناخ. ولذلك، إذا أُريد أن تكون إستراتيجيات التكيف فعالة، فإنها ينبغي أن تصمم في سياق سياسات التنمية والبيئة والصحة القائمة في المنطقة المستهدفة. وتتسم خيارات كثيرة يمكن استخدامها للحد من سرعة التأثر في المستقبل بأنها خيارات ذات قيمة فيما يتعلق بالتكيف مع المناخ الحالي، كما يمكن استخدامها في تحقيق أهداف بيئية واجتماعية أخرى. [WGII 8.6.3]

وينبغي تقييم الآثار الضارة المحتملة بالصحة لأي إستراتيجية تكيف قبل تنفيذ هذه الإستراتيجية. فقد تبين على سبيل المثال، أن سداً بالغ الصغر وبرامح للري يتسببان في زيادة الوفيات المحلية بسبب الملاريا. [WGII 8.6.4] وللتدابير المتخذة لمكافحة ندرة المياه من مثل إعادة استعمال المياه المستعملة غير المعالجة أو المعالجة جزئياً في الري آثار أيضاً على الصحة البشرية. وبعد الري حالياً أحد العوامل المحددة الأكثر أهمية في انتشار الأمراض المعدية من مثل الملاريا والبلهارسيا (Sutherst، 2004). وتوضع مبادئ توجيهية صارمة بخصوص نوعية المياه من أجل الري بالمياه المستعملة للحيلولة دون التسبب في مخاطر على الصحة من الكائنات المسببة للأمراض، ولضمان جودة المحاصيل (Steenvoorden and Endreny، 2004). وتنقل بعض الأمراض

الجدول 4.1: الآثار المرصودة لتغير المناخ وتأثيراته المرصودة/ المحتملة على الخدمات المتعلقة بالمياه. [الفصل 3 WGII]

الآثار المرصودة	التأثيرات المرصودة/الممكنة الحدوث
زيادة في درجة حرارة الغلاف الجوي	• حدوث انخفاض في توافر المياه في الأحواض التي تغذيها الأنهار الجليدية التي تنقلص حسيماً لوحظ في بعض المدن الكائنة في مناطق جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية (Ames، 1998؛ Kaser and Osmaston، 2002)
زيادة في درجة حرارة المياه السطحية	• حدوث انخفاض في محتوى الأوكسجين المذاب، وأنماط المزج، والقدرة الذاتية على التنقية
ارتفاع مستوى سطح البحر	• حدوث زيادة في تكاثر الطحالب
حدوث تغيرات في أنماط الهطول	• تملح مستودعات المياه الجوفية الساحلية
حدوث زيادات فيما بين السنوات	• حدوث تغيرات في توافر المياه بسبب التغيرات في هطول المطر والظواهر الأخرى المرتبطة به (مثلاً تغذية المياه الجوفية، والتبخّر - النتج)
زيادة التبخّر - النتج	• تزايد صعوبة التحكم في الفيضانات، واستخدام الخزانات أثناء موسم الفيضان
أحداث متطرفة أكثر تواتراً وشدة	• خفض توافر المياه
	• تملح موارد المياه
	• انخفاض مستويات المياه الجوفية
	• تؤثر الفيضانات على جودة المياه وسلامة بنيتها الأساسية، وتزيد التحات النهري مما يؤدي إلى تسرب أنواع مختلفة من المواد الملوثة إلى موارد المياه
	• تؤثر نوبات الجفاف على توافر المياه وجودتها

أسوأ إذا اضطرت الناس إلى استخدام مزيد من المياه الجوفية نتيجة لنقص مصادر المياه السطحية الموثوقة. [WGII 3.4.4]

ومن المرجح أن يؤدي تزايد ندرة المياه مع زيادة الطلب على الغذاء و/أو استخدام المياه في الري نتيجة لارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة إعادة استعمال المياه. وقد يتبين أن المناطق التي تعاني من نقص التغطية بمرافق النظافة الصحية تمارس إعادة استعمال المياه غير المراقبة (كنشاط جديد أو بدرجة أكبر) (ويعاد استعمال المياه عن طريق استعمال مياه ملوثة أو حتى مياه مستعملة). [WGII 3.3.2, 8.6.4]

تدهور جودة المياه نتيجة لتغير التدفقات. حيثما يُتوقع حدوث انخفاض في موارد المياه، فإن زيادة تركيز المواد الملوثة في الماء سينجم عن انخفاض القدرة على التخفيف. [WGII 3.4.4, 14.4.1] وفي الوقت ذاته، فإن زيادة تدفقات الماء سوف تنقل مختلف المركبات من التربة إلى موارد المياه من خلال التحات النهري. [WGII 3.4]

ومن المتوقع بالمثل، حدوث زيادة في معدلات المراضة والوفيات من الأمراض المنقولة بالمياه في كلا السيناريوهين الأكثر رطوبة والأكثر جفافاً على السواء بسبب عدم كفاية إمدادات المياه الصالحة للشرب (Kovats وآخرون 2005؛ Ebi وآخرون، 2006)، وتزايد وجود العوامل المسببة للأمراض التي تنقلها زيادة تدفقات المياه أثناء هطول الأمطار المتطرف. ويمكن أن ينتج عن زيادة الهطول أيضاً زيادة التعرّك بالمواد العالقة والتحميلات المغذية في الماء. وقد حددت مرافق المياه في مدينة نيويورك أحداث هطول الأمطار الغزيرة باعتبارها

ج - تقلبية الهطول فيما بين السنوات والتغيرات الفصلية في تدفق مجاري المياه،

د - حدوث نقصان في مستويات المياه الجوفية في الداخل،  
هـ - حدوث زيادة في التبخّر - النتج نتيجة لارتفاع درجات حرارة الهواء مما يؤدي إلى إطالة أمد موسم النمو وزيادة استخدام مياه الري،  
و - التملح (Chen وآخرون، 2004).

ووفقاً للإسقاطات، سيكون عدد الناس الذين يتهددهم خطر تزايد إجهاد المياه بين 0.4 بليون و1.7 بليون نسمة بحلول عشرينات القرن الحادي والعشرين، وبين 1.0 بليون و2.0 بليون بحلول خمسينات القرن ذاته، وبين 1.1 بليون و3.2 بليون بحلول ثمانينات القرن ذاته (Arnell، 2004)، ويعود الاختلاف في المدى إلى اختلاف سيناريوهات التقرير الخاص (SRES) التي بُحثت. [WGII 3.2, 3.5.1]

وفي بعض المناطق، سيؤدي انخفاض مستوى توافر المياه إلى إفراط استغلال المياه الجوفية بما يصحبه من تزايد تكاليف الإمداد بالمياه بالنسبة لأي استخدام نتيجة لضرورة ضخ المياه من مستويات أكثر عمقاً وبعداً. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي الإفراط في استغلال المياه الجوفية في بعض الحالات إلى تدهور نوعية المياه. وفي بعض مناطق الهند وبنغلاديش والصين وشمال أفريقيا والمكسيك والأرجنتين، هناك أكثر من 100 مليون نسمة تعاني من التسمم بالزرنيخ والتسمم بالفلور (وهو مرض يصيب الأسنان أو العظام بسببه الاستهلاك المفرط للفلوريد في مياه الشرب) (الأمم المتحدة، 2003)؛ بل ويمكن أن ينجم عن ذلك وضع

وجنوب آسيا وشمال الصين وأستراليا والولايات المتحدة الأمريكية ووسط المكسيك وشمالها، وشمال شرق البرازيل والساحل الغربي لأمريكا الجنوبية. أما السكان الذين سيتعرضون للمخاطر بصفة خاصة فهم السكان الذين يعيشون في الحواضر الكبرى وفي المناطق الريفية التي تعتمد اعتماداً شديداً على المياه الجوفية، وفي الجزر الصغيرة وفي أحواض الأنهار التي تغذيها الأنهار الجليدية أو يغذيها ذوبان الثلوج (أكثر من سدس سكان العالم يعيشون في أحواض يغذيها ذوبان الثلوج). وستكون المشاكل بالغة الحدة في المناطق الكاسدة اقتصادياً حيث سيزداد الإجهاد المائي بفعل العوامل الاجتماعية – الاقتصادية (Alcarno and Henrichs، 2002؛ Ragab and Prudhomme، 2002). [WGII 3.3.2, 3.5.1]

#### 4.4.4 التكيف، وسرعة التأثير، والتنمية المستدامة

نظراً للمشاكل المذكورة أعلاه، من المهم لمراقبي المياه الكائنة في مناطق مهددة بمخاطر أن تخطط عملها وفقاً لذلك. ويستطيع معظم النظم الخاصة بإمدادات المياه التصدي بصورة جيدة للتغيرات الصغيرة نسبياً في متوسط درجات الحرارة وهطول الأمطار التي يُتوقع حدوثها في العقود المقبلة، باستثناء التغيرات في المناطق الحدية حيث يتطلب التغير في المتوسط تغييراً في تصميم النظام أو التكنولوجيا المستخدمة؛ على سبيل المثال حينما يجعل نقص هطول الأمطار بناء مستودعات إضافية أمراً ضرورياً (Harman وآخرون، 2005)، أو يؤدي إلى اقتحام ملحي في الألسنة الدنيا لنهر ما، أو يتطلب نظم معالجة جديدة من أجل إزالة الأملاح. ويتجسد مثل حديث العهد للتكيف في الجنوب الأفريقي (Ruosteenoja وآخرون، 2003)، في مدينة بيريا في موزامبيق حيث تقوم بالفعل بتمديد أنبوب ضخها الرئيسي البالغ طوله 50 كيلومتراً لمسافة 5 كيلومتراً أخرى داخل البلد للتيقن من الحصول على الماء العذب. [WGII 7.4.2.3.1]

وتقدم الخدمات المتعلقة بالمياه عادة من خلال نظم هندسية. وتصمم هذه النظم على أساس توفير عوامل السلامة، ويتراوح عمرها المتوقع بين 20 و50 عاماً (بل ويمكن أن يكون أطول من ذلك بالنسبة لمستودعات التخزين). وقد جرت عمليات استعراض مرونة إمدادات المياه، وأداء البنية الأساسية للمياه عادة بالاستناد إلى الظروف الملحوظة وحدها. وينبغي أيضاً النظر في استخدام إسقاطات المناخ، خصوصاً في الحالات التي تتعلق بأنظمة تتناول الفيضانات والجفاف.

التناقص في توافر المياه: باستثناء عدد قليل من البلدان الصناعية، يتزايد استخدام المياه على النطاق العالمي بسبب تزايد السكان والنمو الاقتصادي والتغيرات في أساليب المعيشة وتوسع نظم إمدادات المياه. [WGII 3.3] ومن المهم تنفيذ برامج تتسم بالكفاءة فيما يتعلق باستخدام المياه في المناطق التي من المرجح أن يتناقص فيها توافر المياه، إذ قد تلزم استثمارات ضخمة لضمان تحقيق إمدادات كافية سواء من خلال بناء مستودعات تخزين جديدة أو من خلال استخدام مصادر مياه بديلة. ويمكن لانخفاض مستويات استخدام المياه أن يبرجئ أو حتى أن يستبعد الحاجة إلى بنية أساسية إضافية. وأحد أسرع السبل لزيادة توافر المياه هو من خلال تقليل خسائر المياه إلى أدنى حد في الشبكات الحضرية، وفي نظم الري. وتشمل بدائل أخرى لتقليل الحاجة إلى إمدادات مياه جديدة، جمع مياه المطر والتحكم في إعادة استعمال المياه. [WGII 3.5, 3.6]

تدني نوعية المياه بسبب التغيرات في التدفق. تشكل حماية موارد المياه

إحدى شواغلها الرئيسية فيما يتعلق بتغير المناخ لأنها يمكن أن تزيد مستويات تعكر المياه في بعض خزانات المياه الرئيسية في المدينة بنسبة تزيد 100 مرة عن الحد القانوني اللازم لضمان جودة مياه المصدر في مسارب المرفق الأمر الذي يتطلب معالجة إضافية كبيرة، وتكاليف للمراقبة (Miller and Yates، 2006). [WGII 3.5.1]

ازدياد الجريان. سيتاح في بعض المناطق مزيد من المياه مما يعتبر نظراً للحالة العالمية للمياه في الوقت الحالي أمراً نافعاً بوجه عام، إلا أنه ينبغي وضع أحكام ملائمة لاستعمال هذه المياه لصالح العالم. وعلى سبيل المثال، بينما يتوقع ازدياد الجريان في شرق آسيا وجنوبها نتيجة لتغير المناخ، فإن نقص المياه في هذه المناطق قد لا تتم معالجته نظراً لنقص الموارد اللازمة للاستثمار في قدرات التخزين الجديدة الضرورية للاحتفاظ بالمياه الإضافية والتمكين من استعمالها أثناء فصل الجفاف. [WGII 3.5.1]

ويمكن لزيادة الهطول في المدن أن تؤثر على أداء نظم المجاري؛ ويمكن للحمل الزائد غير المتحكم فيه أن يؤدي إلى إدخال ملوثات ميكروبية وكيميائية إلى موارد المياه يكون من الصعب معالجتها من خلال استخدام العمليات التقليدية لمعالجة مياه الشرب. وأظهرت عدة دراسات أن نقل العوامل المسببة للأمراض الأمعاء، والمقاومة للكlorure من مثل داء البويغات المستخفية يكون عالي الدرجة أثناء الفصل الممطر (Nchito et al., 1998; Kang et al., 2001). ومثل هذا الوضع يمكن أن يتفاقم في البلدان النامية بسبب تدني مستويات الصحة وارتفاع محتوى العوامل المسببة للأمراض في المياه المستعملة (Jiménez، 2003). وبالإضافة إلى ذلك، يؤدي هطول الأمطار المتطرف إلى فيضانات تعرض البنية الأساسية للمياه للخطر. وأثناء الفيضانات، تكون مرافق معالجة المياه والمياه المستعملة غالباً خارج الخدمة مما يترك السكان بدون حماية من حيث سبل النظافة الصحية. [WGII 3.2, 3.4.4, 8.2.5]

تردي نوعية المياه نتيجة لارتفاع درجات الحرارة. فدرجات الحرارة الأدفأ إذا اقترنت بارتفاع التراكيز الفوسفورية في البحيرات والخزانات تؤدي إلى تعزيز تكاثر الطحالب الذي ينال من جودة المياه من خلال الألوان والروائح والمذاق غير المرغوب فيها، وربما السمية للبشر والمواشي والأحياء البرية. وتكلفة معالجة هذه المياه الملوثة تكلف كبيرة بالتكنولوجيا المتاحة حتى بالنسبة لمرافق المياه في البلدان المتقدمة (Environment Canada، 2001). ومن شأن ارتفاع درجات حرارة الماء أن يزيد أيضاً نقل المواد الملوثة المتطايرة وشبه المتطايرة (الأمونيا، والزنك، وPCBs ثنائي الفينيل متعدد الكلور) والديوكسينات، ومبيدات الآفات) من المياه والمياه المستعملة إلى الغلاف الجوي. [WGII 3.4.4]

زيادة التملح. يشكل تملح إمدادات المياه من مستودعات المياه الجوفية الساحلية بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر قضية هامة نظراً لأن نحو ربع سكان العالم يعيشون في مناطق ساحلية تتسم بوجه عام بندرة المياه وبازدياد السكانية المتسارعة (Small and Nicholls، 2003؛ تقييم النظام الإيكولوجي للألفية، 2005). ويمكن للتملح أن يؤثر أيضاً على مستودعات المياه الجوفية في الداخل بسبب النقص في تغذية المياه الجوفية (Chen وآخرون، 2004). [WGII 3.2, 3.4.2]

والسكان الذين سيتأثرون أكبر تأثر بتغير المناخ فيما يتعلق بالخدمات الخاصة بالمياه هم السكان القاطنون في الأحواض التي تعاني من الإجهاد المائي بالفعل في أفريقيا ومنطقة البحر الأبيض المتوسط والشرق الأدنى

قدر أكبر من التقليدية في إتاحة المياه ستؤدي إلى نزاعات بين مستعملي المياه (الزراعة، الصناعات، النظم الإيكولوجية، والمستوطنات). وستلعب المؤسسات النازمة لتوزيع المياه دوراً رئيسياً في تحديد التأثير الاجتماعي الإجمالي لأي تغير في إتاحة المياه، وفي توزيع المكاسب والخسائر عبر مختلف قطاعات المجتمع. ويتعين على الأوساط المؤسسية أن تجد سبلاً أفضل لتوزيع المياه تطبيق فيها مبادئ – من مثل الإنصاف والكفاءة – التي قد يكون من الصعب تنفيذها سياسياً من الناحية العملية. ويتعين على هذه الأوساط أيضاً أن تبحث إدارة الأحواض الدولية والأحواض السطحية وأحواض المياه الجوفية. [WGII 3.5.1]

ولمواجهة الإجهاد الإضافي الذي يستحثه تغير المناخ، من الضروري تحقيق المشاركة العمومية في التخطيط للمياه، وخصوصاً فيما يتعلق بتغيير الآراء المتعلقة بقيمة المياه، والأهمية والدور اللذين ستؤديهما إعادة استعمال المياه في المستقبل، والمساهمة التي يكون المجتمع على استعداد لتقييمها من أجل التخفيف من التأثيرات المتعلقة بالمياه.

ومن أجل تنفيذ سياسة عامة تستند إلى مبادئ الإدارة المتكاملة للمياه، ينبغي السعي لتحسين التنسيق بين مختلف الكيانات الحكومية، وينبغي مراجعة الأطر المؤسسية والقانونية لتسهيل تنفيذ تدابير التكيف. ويشعر بتغير المناخ جميع أصحاب المصلحة المشاركين في عملية إدارة المياه، بمن في ذلك مستعملوها. ولذلك ينبغي أن يدرك الجميع تأثيراتها الممكنة على النظام بغية اتخاذ القرارات الملائمة والاستعداد لدفع التكاليف المتكبدة. وفي حالة القواعد المتعلقة بالتخلص من المياه المستعملة، على سبيل المثال، قد يتعين إعادة النظر في الإستراتيجية الإجمالية المنفذة طالما أنها تستند إلى القدرة الذاتية على تنقية المياه السطحية التي ستقل بفعل ارتفاع درجات الحرارة. [WGII 3.4.4]

البلدان المتقدمة. تتلقى مياه الشرب في البلدان المتقدمة معالجة شاملة قبل أن يزود بها المستهلك، كما أن معالجة المياه المستعملة ذات مستوى عالٍ. وينبغي المحافظة على هذه المنافع وتوفير الحماية السليمة لمصادر المياه في إطار التغير المناخي المستقبلي حتى إذا تم تكبد تكاليف إضافية، على سبيل المثال، من خلال إدراج متطلبات إضافية تتعلق بمعالجة المياه. وبالنسبة للمجتمعات المحلية الصغيرة أو المناطق الريفية يمكن أن تشمل التدابير التي يتعين بحثها حماية مصادر المياه باعتبارها خياراً أفضل من حيث نسبة المنافع إلى التكاليف.

البلدان النامية. قد لا تتوفر لبعض البلدان للأسف موارد اقتصادية كافية لمواجهة التحديات التي يطرحها تغير المناخ. فالبلدان الفقيرة تحتاج بالفعل إلى موارد إضافية للتغلب على مشاكل عدم كفاية البنية الأساسية، ومن ثم ستكون أسرع تضرراً بالتأثيرات المتوقعة على جودة المياه إلا إذا أتاحت لها خيارات منخفضة التكلفة، وخيارات مالية محتملة التكلفة.

ونظراً لأن بعض خيارات التكيف والتخفيف التي حُددت بالفعل لا يمكن ببساطة تطبيقها عملياً، فإن المتوقع هو أنه يتعين على البلدان النامية التكيف من خلال تطبيق ممارسات غير مستدامة من مثل زيادة فرط استغلال المياه الجوفية أو إعادة استعمال كمية أكبر من المياه المستعملة غير المعالجة. وتتسم هذه «الحلول» بجاذبيتها إذ يمكن بسهولة تنفيذها على مستوى فردي أو شخصي. ولذلك، يتعين استحداث خيارات منخفضة التكلفة ومأمونة لا تنطوي بالضرورة على حلول تقليدية، وخصوصاً من أجل توفير الخدمات

إستراتيجية هامة وفعالة بالقياس إلى التكلفة من أجل مواجهة المشاكل المستقبلية المتعلقة بجودة المياه. ولئن كانت هذه الممارسة شائعة في بعض البلدان، فإنه يلزم اتباع نهج جديدة ومبتكرة إزاء إدارة جودة المياه على النطاق العالمي. ويتمثل أحد هذه النهج في تنفيذ خطط تكفل مأمونية المياه (WSP) من أجل إجراء تقييم شامل للمخاطر وإدارتها بدءاً من مستجمع المياه وصولاً إلى المستهلك، حسبما اقترحت منظمة الصحة العالمية (2005). كذلك، ينبغي بصفة دورية استعراض تصميم وعمل مرافق معالجة المياه والمياه المستعملة، وخصوصاً في المناطق سريعة التأثير من أجل ضمان موثوقية هذه المرافق وزيادة هذه الموثوقية وزيادة قدرتها على التصدي للتغيرات غير اليقينية في التدفقات.

إزالة الملوحة. تمثل أساليب معالجة المياه خياراً لمعالجة تزايد المحتوى الملحي في الأماكن المهدة من مثل المناطق الساحلية الحضرية بدرجة عالية والتي تعتمد على مستودعات المياه الجوفية وتتسم بحساسيتها إزاء الاقتحام الملحي. ويستند معظم التكنولوجيات المتاحة في الوقت الحالي إلى الأغشية وهي أكثر تكلفة من الأساليب التقليدية لمعالجة إمدادات المياه العذبة. وتقدر تكلفة إزالة ملوحة ماء البحر بحوالي 1 دولار من دولارات الولايات المتحدة لكل متر مكعب، وبالنسبة للماء الأخصم، أي المالح نوعاً ما، تقدر التكلفة بـ 0.60 من دولارات الولايات المتحدة لكل متر مكعب (Zhou and Tol, 2005)، وتبلغ تكاليف معالجة المياه العذبة بالكولور 0.02 من دولارات الولايات المتحدة لكل متر مكعب. ولحسن الحظ فإن تكلفة إزالة الملوحة أخذت في الانخفاض، وإن كانت لا تزال تتطلب قدراً كبيراً من الطاقة. ويتعين مقارنة تكاليف إزالة الملوحة بتكاليف تمديد خطوط الأنابيب، وربما نقل أحواض معالجة المياه من أجل الوصول إلى المياه العذبة. وكقاعدة عمل نسبية، تبلغ تكلفة بناء وحدات الضخ والمعالجة، ووحدة الضخ الرئيسية لإمدادات المياه اللازمة لمستوطنة حضرية نحو نصف تكلفة شبكة بأكملها. [WGII 7.5] إلا أن تكلفة إزالة الملوحة لا تزال باهظة في المناطق الساحلية كثيفة السكان في مصر والصين وبنغلاديش والهند وجنوب شرق آسيا. [WGII 3.5.1] وإذا ازداد استخدام إزالة الملوحة في المستقبل سيتعين معالجة الآثار البيئية الجانبية من مثل تعديلات وحدات إزالة ملوحة مياه البحر على الكائنات العضوية البحرية وسحبها، والتخلص المأمون من المياه المالحة عالية التركيز التي يمكن أن تحتوي أيضاً على مواد كيميائية أخرى. [WGII 3.3.2]

نهج إضافية ومختلفة لمعالجة المياه المستعملة. بالنسبة للمجاري ووحدة معالجة المياه المستعملة، ثمة حاجة إلى إستراتيجيات لمواجهة زيادة التدفقات وتقليبتها. وتشمل هذه النهج، نهجاً جديدة من مثل استخدام النظم اللامركزية، وبناء مجاري منفصلة، والمعالجة المشتركة لفوائض المجاري (أي خليط المياه المستعملة والجريان في المدن)، وحقن ماء المطر في التربة الجوفية. ونظراً لعلو تكلفة زيادة قدرات وحدات معالجة المياه المستعملة في المناطق الحضرية، ينبغي وضع مخططات ممولة تمويلياً ملائمة لدراسة الظروف المحلية. وبالنسبة للمناطق الريفية، تكون التغطية بمرافق النظافة الصحية ضعيفة للغاية بوجه عام، ويتعين صياغة خطط العمل المحلية باستعمال تكنولوجيات منخفضة التكلفة بالاعتماد على المنطقة المحلية وبإشراك المجتمع المحلي. [WGII 7.4.2.3]

إدارة أفضل لموارد المياه. مثلما بُحثت تدابير التكيف التي نوقشت آنفاً، فإن الإدارة المتكاملة للمياه التي تشمل تغير المناخ باعتبارها متغيراً إضافياً ينبغي بحثها باعتبارها أداة تتسم بالكفاءة. فنقص التقليدية أو زيادتها أو حدوث

نتيجة لأحداث الفيضانات أو أوجه عدم الاستقرار الهيكلية التي يسببها التحات بفعل هطول الأمطار أو التغيرات في المنسوب المائي الجوي، وكذلك التأثيرات على أداء وتكلفة وكفاية المرافق التي لم تصمم للظروف المناخية المُسقط أن تسود في المستقبل. [WGII 3.4.3, 3.5, 7.4.2.3]

#### 4.5.1 المستوطنات

تفتقر مستوطنات بشرية كثيرة في الوقت الحالي إلى سبل الوصول إلى إمدادات المياه الكافية والمأمونة. وتشير تقديرات منظمة الصحة العالمية إلى أن 1.1 بليون نسمة على النطاق العالمي لا تتوافر لها سبل الوصول إلى مياه الشرب المأمونة، و2.4 بليون نسمة لا تتوافر لها سبل الوصول إلى مرافق النظافة الصحية (WHO/UNICEF، 2000). ولا تتوافر للأسر المعيشية الفقيرة في المناطق الحضرية غالباً سبل الوصول إلى شبكات إمدادات المياه، وهي لذلك سريعة التأثير بوجه خاص بارتفاع تكاليف مياه الشرب (UN-HABITAT، 2003; UNCHS، 2003). فمثلاً في جاكرتا، تنفق بعض الأسر المعيشية التي لا تتوافر لها خدمة منتظمة لتوفير المياه ما يصل إلى 25% من دخلها على الماء، وأثناء فصل الصيف الحار عام 1998 في عمان، الأردن، دفع المقيمون في مخيمات اللاجئين وغير الموصولين بشبكة المياه التابعة للبلدية أسعاراً أعلى بكثير للمياه من الأسر المعيشية الأخرى (Faruqui وآخرون، 2001). ومن المرجح جداً أن تؤدي تأثيرات تغير المناخ على توافر المياه ونوعية مياه البناييع إلى تزايد صعوبة مواجهة هذه المشاكل، وخصوصاً في المناطق التي يتوقع أن يزداد فيها الإجهاد المائي بسبب تناقص الجريان المقترن بتزايد السكان. [WGII 3.5.1]

وتعتبر المستوطنات الأخذة في النمو السريع في المناطق شبه القاحلة في البلدان النامية، وخصوصاً في المجتمعات المحلية الفقيرة ذات القدرة المحدودة على التكيف، سريعة التأثير بوجه خاص بالنقص في إتاحة المياه وما يصاحبه من زيادات في تكاليف تأمين إمدادات المياه الموثوقة (Millennium Ecosystem Assessment، 2005b). [WGII 7.4]

وفي البلدان المتقدمة والبلدان النامية على حد سواء، سيؤدي الاستمرار المتوقع للنمو السكاني السريع في المدن الساحلية إلى زيادة التعرض البشري لأضرار الفيضانات والأضرار الناجمة عن العواصف من مثل عواصف الهاريكين والعواصف الساحلية الأخرى. [WGII 7.4.2.4]

ويسهم ذلك التطور بالذات في فقدان أراضي الدلتا الرطبة التي يمكن أن تشكل مصداً أمام تأثيرات العواصف. [WGII 6.4.1.2]

وبالإضافة إلى ذلك، فإن الجزء الأكبر من النمو السكاني يحدث في المناطق الساحلية التي تعاني من ندرة المياه نسبياً مما يفاقم الاختلال بين الطلب على المياه ومدى توافرها (Small and Nicholls، 2003). (Millennium Ecosystem Assessment، 2005b).

#### 4.5.2 البنية الأساسية

##### 4.5.2.1 شبكات النقل

تشكل الفيضانات الناجمة عن ارتفاع مستوى سطح البحر والزيادة في شدة أحداث الطقس المتطرفة (من مثل العواصف وعواصف الهاريكين) مخاطر على شبكات النقل في بعض المناطق. وتشمل هذه المخاطر غمر الشوارع بمياه الفيضان وكذلك شبكات أنفاق المواصلات، والأضرار التي تلحق بالجسور والطرق والسكك

المتعلقة بالمياه للمجتمعات المحلية الفقيرة التي لا تتوافر لها حتى مرافق المياه الرسمية في حالات كثيرة. وللأسف، فإن الدراسات المتاحة بشأن هذه المسألة دراسات قليلة. [WGII 3.4.3, 8.6.4]

وباختصار، يمكن أن يكون لتغير المناخ تأثيرات إيجابية وسلبية على الخدمات المتعلقة بالمياه. ولذلك، من المهم إدراك نتاجه على المستوى المحلي والقيام بالتخطيط بناء على ذلك. وفي الوقت الحالي، فإن بعض مرافق المياه في عدد قليل من البلدان، بما في ذلك هولندا والمملكة المتحدة وكندا والولايات المتحدة الأمريكية، بدأت في النظر في آثار تغير المناخ في سياق مكافحة الفيضانات وإدارة إمدادات المياه. [WGII 3.6]

#### 4.5 المستوطنات والبنية الأساسية

من المتوقع أن تؤدي التغيرات في توافر المياه، ونوعية المياه، وسمات الهطول، وأرجحية أحداث الفيضانات وحجمها دوراً رئيسياً في إحداث تأثيرات تغير المناخ على المستوطنات البشرية والبنية الأساسية (Shephere وآخرون، 2002؛ Klein وآخرون، 2003؛ London Sherbinin، 2004؛ limate hange Partnership وآخرون، 2006). وستختلف هذه التأثيرات اختلافاً كبيراً باختلاف الأقاليم. وبالإضافة إلى ذلك، ستعتمد التأثيرات إلى حد كبير على الوضع الجيوفيزيائي، ومستوى التنمية الاجتماعية – الاقتصادية، ومؤسسات توزيع المياه، وطبيعة القاعدة الاقتصادية المحلية، وسمات البنية الأساسية، وعوامل الإجهاد الأخرى. وتشمل هذه العوامل التلوث، وتدهور النظام الإيكولوجي والهبوط الأرضي (إما بسبب فقدان التربة الصقيعية، أو العمليات الطبيعية متوازنة التضاعط، أو الأنشطة البشرية من مثل استعمال المياه الجوفية) وزيادة السكان (UNWWAP، 2003، 2006؛ Faruqui وآخرون، 2001؛ UNDP، 2006). وتتمثل الأماكن التي تهددها مشاكل إمدادات المياه العذبة إلى أكبر حد بسبب تغير المناخ في الجزر الصغيرة، والبلدان النامية القاحلة وشبه القاحلة، والمناطق التي تزود المياه العذبة فيها أنهار يغذيها ذوبان الأنهار الجليدية أو ذوبان الثلوج الفصلي، والبلدان ذات النسبة العالية من الأراضي الساحلية المنخفضة، والحواسر الساحلية الكبرى، وخصوصاً في منطقة آسيا والمحيط الهادئ (Alcamo and Henrichs، 2002؛ Ragab and Prudhomme، 2002). [WGII 6.4.2, 20.3]

ومن المرجح جداً أن يؤدي تزايد الكثافة السكانية في المناطق المعرضة لمخاطر كبيرة من مثل المناطق الساحلية والمناطق المشاطنة للأنهار إلى زيادة سرعة التأثير بتأثيرات تغير المناخ المتصلة بالمياه، بما في ذلك الفيضانات والأضرار التي تسببها العواصف وتردي نوعية المياه نتيجة للاقتحام الملحي. [WGII 6.4.2, 7.4.2.4]

ومن المرجح أن تكون المستوطنات التي ترتبط اقتصاداتها ارتباطاً وثيقاً بنشاط قائم على الماء ويتسم بالحساسية إزاء المناخ من مثل الزراعة المروية، والسياحة المتعلقة بالمياه، والتزلج على الثلج سريعة التأثير بوجه خاص بتأثيرات تغير المناخ المتعلقة بموارد المياه (Elsasser and Burki، 2002؛ Hazhoe وآخرون، 2004). [WGII 7.4.3, 12.4.9]

وتشمل البنية الأساسية المرتبطة بالمستوطنات مبان وشبكات نقل ومرافق ساحلية وبنية أساسية للإمداد بالمياه والمياه المستعملة، ومرافق للطاقة. وتشمل تأثيرات البنية الأساسية سواء الأضرار المباشرة، مثلاً

ارتفاع مستوى سطح البحر، وغالباً ما كانت هذه التكاليف كبيرة. وعلى سبيل المثال، في بولندا تبلغ تقديرات تكاليف الأضرار الناجمة عن إمكان حدوث ارتفاع في مستوى سطح البحر بمقدار متر واحد بحلول عام 2100 بمبلغ 30 بليون من دولارات الولايات المتحدة بسبب التأثيرات المتوقعة على المناطق الحضرية والمجاريب والموانئ وغيرها من الأبنية الأساسية (Zeidler، 1997). وقدرت الدراسة ذاتها أن ارتفاعاً متوقعاً في مستوى سطح البحر بمقدار متر واحد في فييت نام سيعرض 17 مليون شخص للفيضانات، ويسبب أضراراً تصل قيمتها إلى 17 بليون من دولارات الولايات المتحدة، بما يترتب على ذلك من تأثيرات كبيرة تتغلغل داخل البلد فيما وراء المنطقة الساحلية. [WGII 6.3، 6.4، 6.5]

#### 4.5.2.4 البنية الأساسية للطاقة

ستؤثر التغيرات الهيدرولوجية تأثيراً مباشراً على الناتج المحتمل للمرافق الهيدروكهربائية – سواء تلك القائمة منها حالياً أو المشاريع التي يمكن تنفيذها في المستقبل. وهناك اختلافات إقليمية كبيرة في مدى تطور الطاقة الكهربائية المائية. ففي أفريقيا التي لم تتطور فيها إمكانيات الطاقة الكهربائية المائية فإن عمليات المحاكاة المتعلقة بتغير المناخ بالنسبة لمشروع الطاقة الكهربائية المائية في خانق باتوكا على نهر زامبيزي توقعت حدوث انخفاض هام في تدفقات النهر (على سبيل المثال انخفاض في متوسط التدفق الشهري من  $10^9 \times 3.21$  متر مكعب إلى  $10^9 \times 2.07$  متر مكعب) وانخفاض في إنتاج الطاقة (على سبيل المثال، انخفاض في متوسط الإنتاج الشهري من 780 جيغاواط في الساعة إلى 613 GWh Harrison and Whittington، 2002). ومن المتوقع أيضاً حدوث انخفاض في الطاقة الكهربائية المائية في أماكن أخرى حيثما يتوقع وأينما يتوقع أن تقل التدفقات النهرية (على سبيل المثال، Whittington and Gundry، 1998؛ Magadza، 2000). وفي بعض المناطق الأخرى، يتوقع زيادة توليد الطاقة الكهربائية المائية. وعلى سبيل المثال، تبين التقديرات الخاصة بسبعينات القرن الحادي والعشرين وفي إطار سيناريو الانبعاثات الذي عُرض في عام 1992، IC92a أن إمكانيات إنتاج الكهرباء من محطات الطاقة الكهربائية القائمة في نهاية القرن العشرين ستزيد بما يتراوح بين 15% و30% في اسكندنافيا وشمال روسيا، حيث ستنتج نسبة تتراوح بين 19% (فنلندا) وتقريباً 100% (النرويج) من الكهرباء بفضل الطاقة الكهربائية (Lehner وآخرون، 2005). [WGII 3.5] ويمكن أن تكون أبنية أساسية أخرى للطاقة من مثل خطوط نقل الطاقة الكهربائية، وأجهزة الحفر البحرية، وخطوط الأنابيب سريعة التأثير بالأضرار الناجمة عن الفيضانات وعن أحداث العواصف الشديدة. [WGII 7.5] وبالإضافة إلى ذلك، يمكن للمشاكل الناجمة عن مدى توافر مياه التبريد (بسبب نقص كمية المياه أو ارتفاع درجة حرارتها) أن تخل بإمدادات الطاقة من خلال تأثيرها الضار على إنتاج الطاقة في محطات إنتاج الطاقة الحرارية والنوية (الوكالة الأوروبية للبيئة EEA، 2005).

#### 4.5.3 التكيف

ويمكن تخفيف تأثير التغيرات المتعلقة بتواتر الفيضانات ونوبات الجفاف أو بكمية ونوعية المياه المتوافرة أو توقيتها الفصلي من خلال إجراء استثمارات ملائمة في البنية الأساسية، ومن خلال إجراء تغييرات في إدارة المياه واستخدام المياه. ويمكن أن يكون التخطيط المنسق ذا قيمة، إذ إن هناك نقاطاً كثيرة تتفاعل فيها التأثيرات على مختلف البنى الأساسية. فمثلاً يمكن أن يؤدي انهيار التحصينات الرامية إلى الحماية من الفيضانات

الحديدية من جراء الانهيارات الأرضية. فمثلاً في لندن التي لديها أقدم شبكة أنفاق مترو تحت سطح الأرض، يتنبأ بأن تؤدي زيادة شدة أحداث الهطول إلى زيادة مخاطر غمر شبكات الأنفاق تحت سطح الأرض، وطرق السيارات العامة بالمياه. ويتطلب هذا الوضع إدخال تحسينات على أنظمة الصرف في هذه الشبكات (Arkell and Darch، 2006). وبالمثل، ورد تنبؤ في بحث أجري مؤخراً بشأن نظام النقل السطحي في منطقة بوسطن العاصمة مؤداه أن زيادة الغمر بمياه الفيضان سيسبب زيادة في تأخير الرحلات وإلغائها مما سينتج عنه فقدان أيام عمل ومبيعات وإنتاج (Suarez وآخرون، 2005). إلا أن تلك التكاليف تعتبر محدودة إذا قورنت بالأضرار الناجمة عن الفيضان التي لحقت بالبنية الأساسية للنقل في بوسطن (Kirshen وآخرون، 2006). [WGII 7.4.2.3.3] ويتجسد مثال لسرعة التأثير هذه الأيام الذي يمكن أن تفاقمه زيادة شدة الهطول في أن سكك حديد كونكان في الهند تعاني سنوياً من أضرار تكلفها زهاء مليون من دولارات الولايات المتحدة بسبب الانهيارات الأرضية التي تحدث أثناء الفصل الممطر (Shukla وآخرون، 2005). [WGII 7.4.2.3.3]

#### 4.5.2.2 البنية المبنية

تشكل الفيضانات والانهيارات الأرضية والعواصف الشديدة (من مثل عواصف الهاريكين) أكبر المخاطر التي تلحق الأضرار بالمباني في البلدان المتقدمة والبلدان النامية على حد سواء نظراً لتزايد إقامة المساكن وغيرها من الأصول في المناطق الساحلية وعلى المنحدرات، وفي الوهاد العميقة وفي المواقع الأخرى المعرضة للمخاطر (Bigio، 2003؛ UN-HABITAT، 2003). وتتسم المستوطنات غير النظامية الكائنة في المناطق الحضرية لمدن البلدان النامية بقابليتها للتأثر بشكل خاص إذ إنها تبنى في مواقع معرضة للمخاطر نسبياً، وتهددها مخاطر الفيضانات والانهيارات الأرضية وغيرها من الكوارث المتصلة بالمناخ (Cross، 2001؛ UN-HABITAT، 2003). [WGII 7.4.2.4]

وتشمل التأثيرات الأخرى على المباني احتمالات التجوية المتسارعة بسبب زيادة شدة هطول المطر وتواتر العواصف (مثلاً Graves and Phillipson، 2000)، وزيادة الأضرار البنوية بسبب انخفاض المنسوب المائي الجوي وهبوط الأراضي (مثلاً Sanders and Phillipson، 2003)، أو بسبب تأثيرات ارتفاع المنسوب المائي الجوي (Kharkina، 2004). [WGII 3.5]

وثمة مجال آخر للاهتمام هو الأداء المستقبلي لنظم صرف المياه الناجمة عن العواصف. ففي المناطق التي تتأثر بالعواصف المتزايدة الشدة، يتعين زيادة قدرات هذه الأنظمة من أجل توقي حدوث فيضانات محلية، وما ينجم عنها من إلحاق أضرار بالمباني والهياكل الأساسية الأخرى (UK Water Industrz Research، 2004). [WGII 7.6.4]

#### 4.5.2.3 البنية الأساسية الساحلية

تتسم البنية الأساسية للمناطق الساحلية المنخفضة بسرعة التأثير من جراء الأضرار التي يتسبب فيها ارتفاع مستوى سطح البحر، وتتسبب فيها الفيضانات وأعاصير الهاريكين وغيرها من العواصف وتتزايد أصول وموجودات البنية الأساسية الساحلية المهتدة تزايداً سريعاً نتيجة لاستمرار نمو المدن الساحلية وتوسع نشاط السياحة في منطقة من مثل مناطق البحر الكاريبي (مثلاً Hareau وآخرون، 1999؛ Lewsey وآخرون، 2006). وفي بعض المناطق، أجريت تقديرات لتكاليف الأضرار الناجمة عن

تكلفة هي التي تتسبب فيها الفيضانات. فتكلفة عمليات التأخير وإلغاء الرحلات تكلفة صغيرة نسبياً مقارنة بالأضرار التي تلحق بالبنية الأساسية والممتلكات الأخرى (Kirshen وآخرون، 2006). وفي السنوات العشر الأخيرة، حدثت أربع حالات تسببت فيها الفيضانات التي غمرت شبكات أنفاق السكك الحديدية الحضرية الكائنة تحت سطح الأرض في إحق أضرار بلغت قيمتها أكثر من 10 ملايين يورو (13 مليوناً من دولارات الولايات المتحدة) وثمة حالات عديدة حدثت فيها أضرار أقل (Compton وآخرون، 2002). [WGII 7.4.2.3.3]

ويعتقد بوجه عام أن القطاعات الصناعية أقل ضعفاً إزاء تأثيرات تغير المناخ من قطاعات كالزراعة. ومن الاستثناءات الرئيسية في هذا الصدد المرافق الصناعية الكائنة في المناطق التي تنسم بحساسيتها إزاء المناخ (من مثل السهول الفيضية) (Ruth وآخرون، 2004) والمناطق التي تعتمد على السلع الأساسية التي تنسم بحساسيتها إزاء المناخ من مثل وحدات تجهيز الأغذية. [WGII 7.4.2.1]

وكان لا بد أن تتشكل التغطية المحددة بالتأمين ضد المخاطر المتاحة حالياً داخل أي بلد بفعل تأثير الكوارث الماضية. فنظراً للتركز الكبير للخسائر بسبب كوارث الفيضانات، فإن التأمين ضد الفيضانات الذي يضطلع به القطاع الخاص يكون بوجه عام مقيداً (أو حتى غير متاح)، ولذلك وضعت الحكومات في عدة بلدان مخططات بديلة للتأمين ضد الفيضانات تدعمها الدولة (Swiss Re، 1998). [WGII 7.4.2.2.4]

وبالنسبة للقطاع المالي، يتم بصورة متزايدة بحث المخاطر المرتبطة بتغير المناخ بالنسبة لقطاعات «حساسة» محددة من مثل المشاريع الكهرومائية، ومشاريع الري والزراعة والسياحة (مركز المعلومات الدولي GRID-Arendal التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة 2002، UNEP). [WGII 7.4.2.2]

وتشمل آثار تغير المناخ على السياحة التغيرات التي تحدث في توافر المياه والتي يمكن أن تكون إيجابية أو سلبية (Braun وآخرون، 1999؛ Uyarra وآخرون، 2005). وتتيح المناخات الأدفاً إمكانية تمديد نطاق البيئات الغريبة (من مثل أشجار النخيل في أوروبا الغربية)، التي يمكن أن يعتبرها بعض السياح بمثابة عمل إيجابي لكنها يمكن أن تؤدي إلى تمديد مكاني، وإلى زيادة الإصابة بالأمراض المنقولة بالماء وبنواقل الأمراض. ويمكن أن يؤدي الجفاف وتوسع البيئات القاحلة (وآثار أحداث الطقس المتطرفة) إلى إحجام السياح عن السياحة، وإن كان من غير الواضح تماماً ما الذي يعتبره السياح أمراً غير مقبول في هذا الصدد. [WGII 7.4.2.2.3] وتعتبر المناطق التي تعتمد على تيسر الثلج (على سبيل المثال بالنسبة للسياحة الشتوية) من بين أكثر المناطق تأثراً بالاحترار العالمي. [WGII 11.4.9, 12.4.9, 14.4.7]

ويمكن أن يتعطل نقل شحن السوانب في المجاري المائية الداخلية من مثل نهر الراين أثناء الفيضانات وفترات الجفاف (Parry، 2000). [WGII 7.4.2.2]

ويضطلع التأمين بتصنيف المخاطر ويساعد في تنفيذ التكيف، في حين أن إدارة أموال التأمين آثاراً على التخفيف. [WGII 15.5] وقد قيّمت تكاليف ومنافع التكيف على نحو أكثر محدودية فيما يتعلق بالبنية الأساسية للنقل (Dore and Burton، 2001). [WGII 17.2.3]

إلى انقطاع إمدادات الطاقة الكهربائية الأمر الذي يؤدي بدوره إلى أن تصبح محطات ضخ المياه والمياه المستعملة خارج الخدمة.

ومن شأن تحسين إدراج مسألة تقلبية المناخ الحالية في الإدارة المتعلقة بالمياه أن يجعل التكيف مع تغير المناخ في المستقبل أسهل (ثقة عالية جداً). [WGII 3.6] وعلى سبيل المثال، فإن إدارة مخاطر الفيضانات الحالية من خلال المحافظة على المناطق الخضراء، والمناطق الطبيعية العازلة حول المجاري المائية في الأوساط الحضرية سيساعد أيضاً في الحد من التأثيرات الضارة لمياه الأمطار الناتجة عن حدوث عواصف أشد في المستقبل. إلا أن أياً من هذه الاستجابات ستستتبعه تكاليف ليس فقط من الناحية النقدية وإنما أيضاً من حيث التأثيرات المجتمعية، بما في ذلك الحاجة إلى إدارة المنازل التي يحتمل أن تنشأ بين مختلف جماعات المصالح. [WGII 3.5]

## 4.6 الاقتصاد: التأمين، والسياحة، والصناعة، والنقل

### 4.6.1 السياق

يؤثر المناخ وموارد المياه على عدة قطاعات اقتصادية تشمل القطاع الثاني والقطاع الثالث من مثل التأمين والصناعة والسياحة والنقل. ويمكن أن تكون تأثيرات المناخ غير المتعلقة بالمياه في هذه القطاعات إيجابية أو سلبية، لكن ظواهر المناخ المتطرفة وغيرها من التغيرات المفاجئة تؤثر على الأجهزة البشرية تأثيراً أشد قسوة من التغيرات التدريجية، الأمر الذي يعود جزئياً إلى أنها تتيح وقتاً أقل لإحداث التكيف اللازم. [WGII 7.1.3]

وتظهر الخسائر العالمية، التكاليف الآخذة في الارتفاع السريع نتيجة للأحداث المرتبطة بظواهر الطقس المتطرفة منذ السبعينات. وتبين إحدى الدراسات أنه لئن كان المؤشر الغالب يظل مؤشر يبنى بحدوث زيادات هامة في قيم التعرض للمخاطر، فإنه بمجرد تسوية الخسائر الناجمة عن التعرض، يظل هناك اتجاه صعودي كامن للمخاطر. وبالنسبة لمناطق ومخاطر محددة، بما في ذلك أشد الفيضانات تطرفاً لبعض أكبر الأنهار، هناك أدلة على حدوث تزايد في معدل حدوث هذه الفيضانات. [WGII 1.3.8.5]

ولإظهار التأثير الكبير لتقلبية المناخ على خسائر التأمينات، فإن الفيضانات تعد مسؤولة عن 10% من خسائر التأمينات المتعلقة بالطقس على النطاق العالمي. وللجفاف أيضاً تأثيره؛ وتبين البيانات المتأتمية من المملكة المتحدة وجود علاقة دائمة بين تكلفة المطالبات بالتأمينات المتعلقة بهبوط الأراضي و(انخفاض) هطول الأمطار في الصيف. إلا أنه في البلدان النامية، تقاس الخسائر التي تعزى إلى أحداث الطقس المتطرفة من حيث فقدان الأرواح البشرية أكثر مما تقاس من حيث خسائر التأمينات. وعلى سبيل المثال، لا يؤثر الجفاف في منطقة الساحل على الرغم من قسوته الشديدة إلا تأثيراً محدوداً فقط على القطاع المالي الرسمي بسبب قلة انتشار التأمينات. [8.2.3 تقرير التقييم الثالث WGII TAR]

### 4.6.2 التكاليف الاجتماعية – الاقتصادية، التخفيف، التكيف، سرعة التأثر، التنمية المستدامة

من بين جميع التأثيرات الممكنة المتصلة بالمياه على النقل، فإن أكبر

