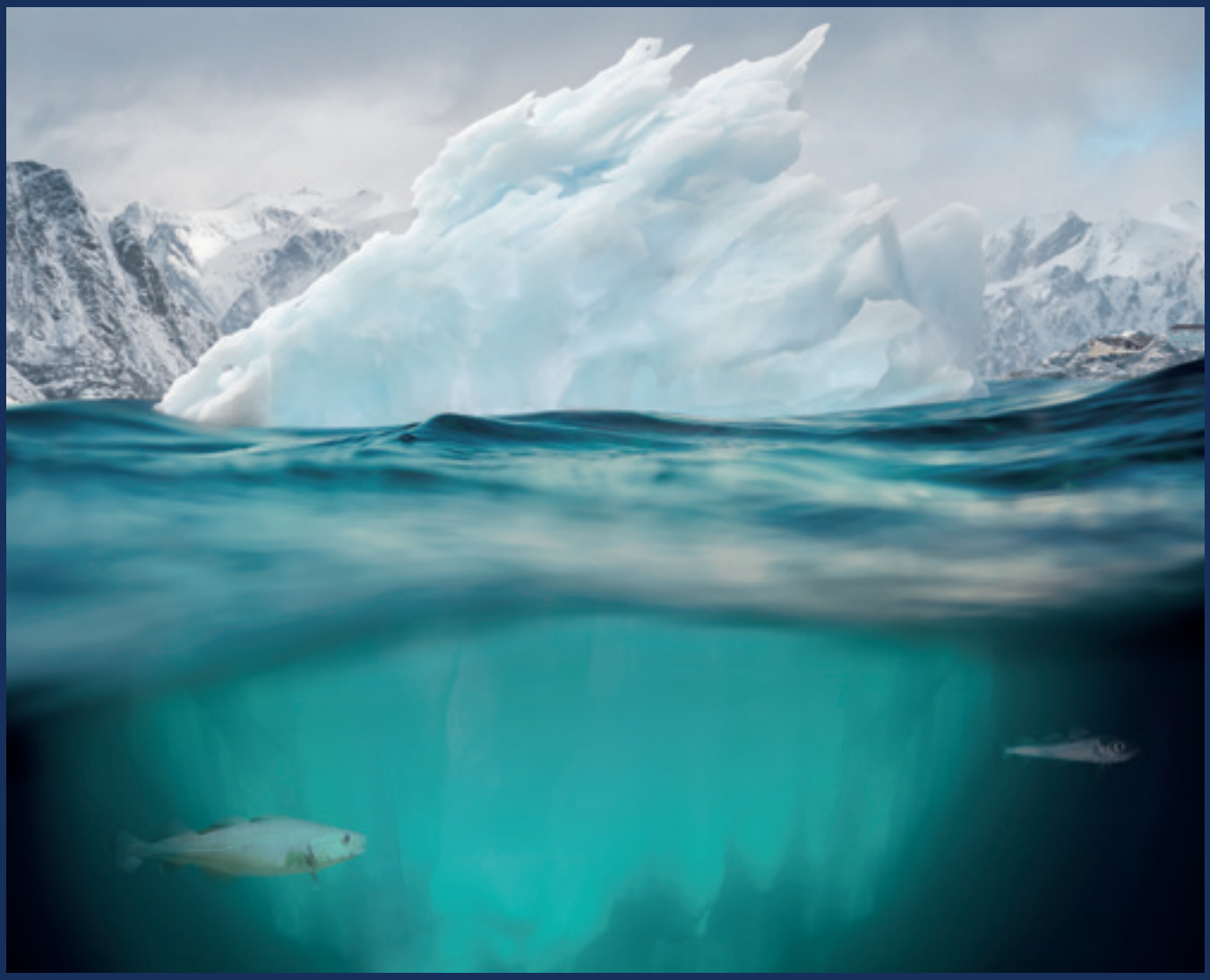
ipcc
الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

المحيطات والغلاف الجليدي في ظل مناخ متغير

التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

ملخص لمقرري السياسات



WMO UNEP

WG I WG II

المحيطات والغلاف الجليدي في ظل مناخ متغيّر

تقرير خاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

ملخص لصانعي السياسات

حرر هذا التقرير:

Hans-Otto Pörtner
الرئيس المشارك للفريق العامل الثاني

Debra C. Roberts
الرئيس المشارك للفريق العامل الثاني

Valérie Masson-Delmotte
الرئيس المشارك للفريق العامل الأول

Panmao Zhai
الرئيس المشارك للفريق العامل الأول

Melinda Tignor
رئيس وحدة الدعم الفني (TSU) التابعة للفريق العامل الثاني

Elvira Poloczanska
المستشار العلمي للفريق العامل الثاني

Katja Mintenbeck
مدير الرئيسين المشاركين للعلوم ووحدة الدعم الفني (TSU)

Andrés Alegría
المسؤول عن الرسومات البيانية

Maike Nicolai
موظف الاتصالات

Andrew Okem
مسؤول علمي

Jan Petzold
مسؤول علمي

Bardhyl Rama
مدير العمليات

Nora M. Weyer
مسؤول علمي

وحدة الدعم الفني (TSU) التابعة للفريق العامل الثاني

الإخراج الفني والإخراج العام للغلافين الأمامي والخلفي: Stefanie Langsdorf

© 2019 Intergovernmental Panel on Climate Change

طُبع في حزيران/ يونيو 2020، الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، سويسرا. السياسات على الموقع الشبكي للهيئة (IPCC): website www.ipcc.ch

ISBN 978-92-9169-655-0

ملخص لصانعي السياسات

SPM

ملخص لصانعي السياسات

فريق الصياغة:

Nerilie Abram (أستراليا)، Carolina Adler (سويسرا/أستراليا)، Nathaniel L. Bindoff (أستراليا)، Lijing Cheng (الصين)، So-Min Cheong (جمهورية كوريا)، William W. L. Cheung (كندا) ، Matthew Collins (المملكة المتحدة)، Chris Derksen (كندا) ، Alexey Ekaykin (الاتحاد الروسي)، Thomas Frölicher (سويسرا)، Matthias Garschagen (ألمانيا)، Jean-Pierre Gattuso (فرنسا)، Bruce Glavovic (نيوزيلندا)، Stephan Gruber (كندا/ألمانيا)، Valeria Guinder (الأرجنتين)، Robert Hallberg (الولايات المتحدة الأمريكية)، Sherilee Harper (كندا) ، Nathalie Hilmi (موناكو/فرنسا)، Jochen Hinkel (ألمانيا)، Yukiko Hirabayashi (اليابان)، Regine Hock (الولايات المتحدة الأمريكية)، Anne Hollowed (الولايات المتحدة الأمريكية)، Helene Jacot Des Combes (فيجي)، James Kairo (كينيا)، Alexandre K. Magnan (فرنسا)، Valérie Masson-Delmotte (فرنسا)، J.B. Robin Matthews (المملكة المتحدة)، Kathleen McInnes (أستراليا)، Michael Meredith (المملكة المتحدة)، Katja Mintenbeck (ألمانيا)، Samuel Morin (فرنسا)، Andrew Okem (جنوب أفريقيا/نيجيريا)، Michael Oppenheimer (الولايات المتحدة الأمريكية)، Ben Orlove (الولايات المتحدة الأمريكية)، Jan Petzold (ألمانيا)، Anna Pirani (إيطاليا)، Elvira Poloczanska (المملكة المتحدة/استراليا)، Hans-Otto Pörtner (ألمانيا)، Anjal Prakash (نيبال/ الهند)، Golam Rasul (نيبال)، Evelia Rivera-Arriaga (المكسيك)، Debra C. Roberts (جنوب أفريقيا)، Edward A.G. Schuur (الولايات المتحدة الأمريكية)، Zita Sebesvari (هنغاريا/ألمانيا)، Martin Sommerkorn (النرويج/ألمانيا)، Michael Sutherland (ترينيداد وتوباغو)، Alessandro Tagliabue (المملكة المتحدة)، Roderik Van De Wal (هولندا)، Phil Williamson (المملكة المتحدة)، Rong Yu (الصين)، Panmao Zhai (الصين)

فريق المساهمين في الصياغة:

Andrés Alegria(هندوراس)، Robert M. DeConto (الولايات المتحدة الأمريكية)، Andreas Fischlin (سويسرا)، Shengping He (النرويج/الصين)، Miriam Jackson (النرويج)، Martin Künsting (ألمانيا)، Erwin Lambert (هولندا)، Pierre-Marie Lefeuvre (النرويج/فرنسا)، Alexander Milner (المملكة المتحدة)، Jess Melbourne-Thomas (أستراليا)، Benoit Meyssignac (فرنسا)، Maike Nicolai (ألمانيا)، Hamish Pritchard (المملكة المتحدة)، Heidi Steltzer (الولايات المتحدة الأمريكية)، Nora M. Weyer (ألمانيا)

وينبغي الاستشهاد بهذا الملخص لصانعي السياسات بوصفه:

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2019: ملخص لصانعي السياسات. في: *التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بشأن المحيطات والغلاف الجليدي في ظل مناخ متغير* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. [Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. قيد الطبع.

مقدمة

أُعد هذا التقرير الخاص بشأن المحيطات والغلاف الجليدي[1] في ظل مناخ متغير (SROCC) في أعقاب اتخاذ الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) قرارا في عام 2016 بأن تعدّ بإعداد ثلاثة تقارير خاصة وذلك في إطار دورة التقييم السادسة[2]. وبتقييم المؤلفات العلمية الجديدة[3]، يستجيب التقرير (SROCC) [4] لمقترحات الحكومات والمنظمات المراقبة. ويأتي هذا التقرير (SROCC) في أعقاب التقريرين الخاصين بشأن الاحترار العالمي بمقدار 1.5 درجة سلسيوس (SR1.5) وبشأن تغيّر المناخ والأراضي (SRCCL) [5]، وتقرير التقييم العالمي للمنتدى الحكومي الدولي لعلم وسياسة التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية (IPBES) بشأن التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية.

ويجمّع هذا الملخص لصانعي السياسات (SPM) الاستنتاجات الرئيسية للتقرير، وهو منظَّم في ثلاثة أجزاء: SPM.A: التغيرات والآثار الملحوظة، و SPM.B: التغيرات والمخاطر المتوقعة، و SPM.C: تنفيذ تدابير الاستجابة لتغير المحيطات والغلاف الجليدي. وللمساعدة على تصفّح التقرير (SPM)، تبيّن الأيقونات الموضع الذي يمكن العثور فيه على المحتوى. ويُبلغ عن الثقة في الاستنتاجات الرئيسية باستخدام لغة الهيئة (IPCC) المعايرة[6] ويشار إلى الأساس العلمي الذي يستند إليه كل استنتاج رئيسي بإحالات إلى أقسام التقرير الأساسي.

مفتاح الأيقونات للإشارة إلى المحتوى

---

[1] يُعرّف الغلاف الجليدي في هذا التقرير (المرفق الأول: مسرد المصطلحات) بأنه مكونات نظام الأرض فوق وتحت سطح الأرض والمحيط التي تكون مجمّدة، وتشمل الغطاء الثلجي، والمجلدات، والصفائح الجليدية، والجبال الجليدية، والجليد البحري، والجليد البحيري، والجليد النهري، والتربة الصقيعية، والتربة المجمّدة موسمياً.

[2] اتُخذ قرار إعداد تقرير خاص بشأن تغيّر المناخ والمحيطات والغلاف الجليدي في الدورة الثالثة والأربعين للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) في نيروبي، كينيا، 11-13 نيسان/أبريل 2016.

[3] المواعيد النهائية: 15 تشرين الأول/أكتوبر 2018 لتقديم المخطوطات، و 15 أيار/مايو 2019 للموافقة على الطبع.

[4] أُعد التقرير (SROCC) تحت القيادة العلمية للفريق العامل الأول والفريق العامل الثاني. وتماشيا مع المخطط الأولي المعتمد، لم تقيّم خيارات التخفيف (الفريق العامل الثالث) باستثناء إمكانات التخفيف المرتبطة بالكربون الأزرق (النظم الإيكولوجية الساحلية).

[5] العنوانان الكاملان لهذين التقريرين الخاصين هما: "الاحترار العالمي بمقدار 1.5 درجة مئوية. تقرير خاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بشأن آثار الاحترار العالمي بمقدار 1.5 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل العصر الصناعي، والمسارات العالمية ذات الصلة لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، في سياق دعم التصدي العالمي لخطر تغير المناخ، والتنمية المستدامة، وجهود القضاء على الفقر"؛ و "تغير المناخ والأراضي: تقرير خاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بشأن تغير المناخ، والتصحر، وتدهور الأراضي، والإدارة المستدامة للأراضي، والأمن الغذائي، وتدفقات غازات الاحتباس الحراري في النظم الإيكولوجية الأرضية".

[6] يستند كل استنتاج إلى تقييم للأدلة التي يقوم عليها والاتفاق بشأنه. ويعبّر عن مستوى الثقة باستخدام خمس صفات هي: منخفضة جدا، ومنخفضة، ومتوسطة، وعالية، وعالية جدا، وتُكتب بأحرف مائلة، مثلا، *ثقة متوسطة*. وقد استُخدمت المصطلحات التالية للإشارة إلى الأرجحية المقدّرة لنتيجة أو محصِّلة ما: شبه مؤكدة (99 إلى 100 في المائة)، ومرجحة جداً (90 إلى 100 في المائة)، ومرجحة (60 إلى 100 في المائة)، وتقارب أرجحية حدوثها أرجحية عدمه (33 إلى 66 في المائة)، وغير مرجحة (0 إلى 33 في المائة)، وغير مرجحة إلى حد كبير (0 إلى 10 في المائة)، وغير مرجحة بشكل استثنائي (0 إلى 1 في المائة). وتُكتب الأرجحية المقدّرة بأحرف مائلة، مثلاً، *مرجحة جداً*. وهذا يتسق مع تقرير التقييم الخامس (AR5) وتقارير التقييم السادس (AR6) الخاصة الأخرى. ويجوز أيضا استخدام مصطلحات إضافية (مرجحة للغاية) (95 إلى 100 في المائة)، وتجاوز أرجحية حدوثها أرجحية عدمه (أكثر من 50 إلى 100 في المائة)، ويزيد عدم أرجحيتها عن أرجحيتها (0 إلى أقل من 50 في المائة)، وغير مرجحة للغاية (0 إلى 5 في المائة) عند الاقتضاء. ويستخدم هذا التقرير أيضاً مصطلح *'النطاق المرجح' أو 'النطاق المرجح جدا'* للإشارة إلى أن الأرجحية المقدّرة لنتيجة تندرج ضمن إطار الاحتمال الذي يتراوح من 17 إلى 83 في المائة أو 5 إلى 95 في المائة. {1.9.2، والشكل 1.4}

إطار البداية: أهمية المحيطات والغلاف الجليدي للناس

يعتمد جميع الناس الذين يعيشون على كوكب الأرض اعتماداً مباشراً أو غير مباشر على المحيطات والغلاف الجليدي. فمحيطات العالم تغطي 71 في المائة من سطح الأرض وتحتوي على حوالي 97 في المائة من مياه الأرض. ويشير الغلاف الجليدي إلى المكونات المتجمدة لنظام الأرض[1]. وحوالي 10 في المائة من مساحة اليابسة على الأرض تغطيها مجلدات أو صفائح جليدية. وتعد المحيطات والغلاف الجليدي موطنا لموائل فريدة، وترتبط بمكونات أخرى للنظام المناخي من خلال التبادل العالمي للمياه والطاقة والكربون. والاستجابات المتوقعة من المحيطات والغلاف الجليدي لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري البشرية المنشأ السابقة والحالية والاحترار العالمي المستمر تشمل التأثيرات التفاعلية للمناخ، والتغيرات على مدى عقود إلى آلاف السنين التي لا يمكن تجنّبها، وعتبات تغيّر مفاجئ، واللاعكوسية. {الإطار 1.1 و 1.2}

والمجتمعات البشرية المرتبطة ارتباطا وثيقاً بالبيئات الساحلية، والجزر الصغيرة (بما في ذلك الدول الجزرية الصغيرة النامية (SIDS)، والمناطق القطبية، والجبلية العالية[7] عُرضة بوجه خاص لتغيّر المحيطات والغلاف الجليدي، من قبيل ارتفاع مستوى سطح البحر، ومستوى سطح البحر المتطرف، وانكماش الغلاف الجليدي. كما أن المجتمعات الأخرى الأبعد عن السواحل معرّضة أيضاً لتغيرات في المحيطات، مثلاً من خلال ظواهر الطقس المتطرفة. وحالياً، يعيش زهاء 4 ملايين شخص بصفة دائمة في المنطقة القطبية الشمالية، يشكل السكان المحليون 10 في المائة منهم. وتؤوي المناطق الساحلية المنخفضة[8] حالياً زهاء 680 مليون شخص (كانوا يشكلون 10 في المائة تقريباً من سكان العالم في سنة 2010)، ومن المتوقع أن يتجاوز عددهم بليون شخص بحلول عام 2050. وتؤوي الدول الجزرية الصغيرة النامية 65 مليون شخص. ويعيش زهاء 670 مليون شخص (كانوا يشكلون 10 في المائة من سكان العالم في سنة 2010)، من بينهم شعوب أصلية، في مناطق جبلية عالية في جميع القارات باستثناء المنطقة القطبية الجنوبية. وفي المناطق الجبلية العالية، من المتوقع أن يتراوح عدد السكان ما بين 740 و 840 مليوناً بحلول عام 2050 (بحيث يشكلون نسبة تتراوح بين 8.4 و 8.7 في المائة من عدد سكان العالم المتوقع). {3.1, 2.1, 1.1، والإطار 9 المشترك بين الفصول، والشكل 2.1}

وتشمل الخدمات التي تقدمها المحيطات و/أو الغلاف الجليدي للناس، إضافة إلى دورها داخل النظام المناخي، من قبيل امتصاص وإعادة توزيع ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الطبيعي والبشري المنشأ (CO_2) والحرارة ، فضلا عن دعم النظم الإيكولوجية، إمدادات الغذاء والماء، والطاقة المتجددة، والفوائد للصحة والرفاه، والقيم الثقافية والسياحة، والتجارة، والنقل. وتتفاعل حالة المحيطات والغلاف الجليدي مع كل جانب من جوانب الاستدامة المنعكسة في أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة (SDGs). {1.5, 1.2, 1.1}

---

[7] تشمل المناطق الجبلية العالية جميع المناطق الجبلية التي تُعتبر فيها المجلدات أو الثلوج أو التربة الصقيعية سمات بارزة من سمات المنظر الطبيعي. وللاطلاع على قائمة المناطق الجبلية العالية التي يشملها هذا التقرير، انظر الفصل 2. ويُحسب عدد السكان في المناطق الجبلية العالية فيما يتعلق بالمساحات التي تبعد مسافة تقل عن 100 كيلومتر عن المجلدات أو التربة الصقيعية في المناطق الجبلية العالية التي يرد تقييمها في هذا التقرير. {2.1} وتبيّن إسقاطات عام 2050 نطاق عدد السكان في هذه المناطق عبر جميع المسارات السوسيوقتصادية المشتركة الخمسة. {الإطار ا المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1}

[8] يتم حساب عدد السكان في المنطقة الساحلية المنخفضة الارتفاع يالمناطق الساحلية التي ترتفع مسافة تقل عن 10 أمتار فوق مستوى سطح البحر ، بما في ذلك الدول الجزرية الصغيرة،. {الإطار 9 المشترك بين الفصول} وتبين إسقاطات عام 2050 نطاقاً لعدد السكان في هذه المناطق المقدرة عبر جميع المسارات السوسيوقتصادية المشتركة الخمسة. {الإطار 1 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1}

A. التغيّرات والآثار الملحوظة

التغيّرات الفيزيائية الملحوظة

A.1 لقد أدى الاحترار العالمي، خلال العقود الأخيرة، إلى انكماش الغلاف الجليدي على نطاق واسع، مع فقدان كُتل من الصفائح الجليدية والمجلدات *(ثقة عالية جدا)*، وحدوث انكماشات في حجم الغطاء الثلجي *(ثقة عالية)* وفي رقعة الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية وسماكتها *(ثقة عالية جدا)*، وتزايد درجة حرارة التربة الصقيعية *(ثقة عالية جدا)*. {3.4, 3.3, 3.2, 2.2، والشكلان SPM.1 و SPM.2}

A.1.1 فقد تقلصت كتلة الصفائح الجليدية والمجلدات على نطاق العالم *(ثقة عالية جدا)*. ففي خلال الفترة ما بين عامي 2006 و 2015، فقدت الصفيحة الجليدية في غرينلاند[9] كتلة جليدية بمعدل بلغ في المتوسط 278 ± 11 غيغاطن سنويا (ما يعادل ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر بمقدار 0.77 ± 0.03 ملم سنويا)[10] ، ويرجع ذلك في معظمه إلى الذوبان السطحي *(ثقة عالية)*. وفي الفترة 2006-2015، فقدت الصفيحة الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية كتلة بمعدل بلغ في المتوسط 155 ± 19 غيغاطن سنوياً (ما يعادل ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار 0.43 ± 0.05 ملم سنوياً)، وكان ذلك يرجع في معظمه إلى سرعة انكماش وتراجع المجلدات التصريفية الرئيسية التي تصرّف مياه الصفيحة الجليدية الموجودة في غرب المنطقة القطبية الجنوبية *(ثقة عالية جدا)*. وفقدت المجلدات الموجودة على نطاق العالم خارج غرينلاند والمنطقة القطبية الجنوبية كتلة بمعدل بلغ في المتوسط 220 ± 30 غيغاطن سنويا (ما يعادل ارتفاع مستوى سطح البحر بما يبلغ 0.61 ± 0.08 ملم سنوياً) في الفترة 2006-2015. {4.2.3, 3.3.1، والتذييل A.2، والشكل SPM.1}

A.1.2 وانخفضت رقعة الغطاء الثلجي على اليابسة في المنطقة القطبية الشمالية في حزيران/يونيو بمقدار 13.4 ± 5.4 في المائة كل عقد من الزمان خلال الفترة من عام 1967 إلى عام 2018، بحيث تأهزت الخسارة الكلية 2.5 مليون كلم مربع، نتيجة بالأساس لتزايد درجة حرارة الهواء السطحي *(ثقة عالية)*. وفي المناطق الجبلية العالية كلها تقريباً، انخفض عمق الغطاء الثلجي ورقعته ومدته خلال العقود الأخيرة، لا سيما على المناطق الأقل ارتفاعا *(ثقة عالية)*. {3.4.1, 2.2.2، والشكل SPM.1}

A.1.3 وقد ارتفعت درجات حرارة التربة الصقيعية إلى مستويات قياسية (من ثمانينيات القرن الماضي حتى الوقت الحاضر) *(ثقة عالية جدا)* بما يشمل الزيادة الأخيرة التي بلغت في المتوسط 0.29 درجة مئوية ± 0.12 درجة مئوية خلال الفترة من عام 2007 إلى عام 2016 على نطاق المناطق القطبية والجبلية العالية عالميا. وتحتوي التربة الصقيعية الموجودة في المنطقة القطبية الشمالية والتربة الصقيعية الشمالية على ما بين 1460 و 1600 غيغاطن من الكربون العضوي، وهو ما يقرب من ضعف الكربون الموجود في الغلاف الجليدي *(ثقة متوسطة)*. وهناك *أدلة متوسطة* مع وجود *اتفاق منخفض* بشأن ما إذا كانت المناطق الشمالية من التربة الصقيعية تنبعث منها حاليا كمية إضافية من الميثان وثاني أكسيد الكربون الصافيين نتيجة للانصهار. وقد أدى انصهار التربة الصقيعية وتراجع المجلدات إلى نقصان استقرار منحدرات الجبال العالية *(ثقة عالية)*. {3.4.3, 3.4.1, 2.3.2, 2.2.4، والشكل SPM.1}

A.1.4 وخلال الفترة ما بين عامي 1979 و 2018، *من المرجح جداً* أن رقعة الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية قد تناقصت في جميع شهور السنة. *ومن المرجح جداً* أن نسبة الانكماشات في الجليد البحري في أيلول/سبتمبر تبلغ 12.8 ± 2.3 في المائة كل عقد. وهذه التغيرات في الجليد البحري في أيلول/سبتمبر *من المرجح* أنها غير مسبوقة منذ 1000 سنة على الأقل. وقد انكمش الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية، بالتزامن مع الانتقال إلى جليد أحدث: فخلال الفترة ما بين عامي 1979 و 2018، انخفضت نسبة مساحة الجليد المتعدد السنوات الذي يبلغ عمره خمس سنوات على الأقل بما يناهز 90 في المائة *(ثقة عالية جدا)*. وساهمت التأثيرات التفاعلية من فقدان الجليد البحري الصيفي والغطاء الثلجي الربيعي على اليابسة في مضاعفة الاحترار في المنطقة القطبية الشمالية *(ثقة عالية)* حيث *من المرجح* أن درجة حرارة الهواء السطحي زادت بأكثر من ضعف المتوسط العالمي خلال العقدين الأخيرين. وتنطوي التغيرات في الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية على إمكانية التأثير في الطقس على خطوط العرض المتوسطة *(ثقة متوسطة)*، ولكن هناك ثقة منخفضة بخصوص اكتشاف هذا التأثير فيما يتعلق بأنواع محددة من الطقس. أما رقعة الجليد البحري في المنطقة القطبية الجنوبية فلا يوجد لها اتجاه هام إحصائيا بوجه عام (1979-2018) نتيجة لتضارب العلامات الإقليمية والتقلبية الكبيرة بين سنة وأخرى *(ثقة عالية)*. {6.3.1, 3.2.1، والإطار 3.2؛ و A1.2، والشكلان SPM.1 و SPM.2}

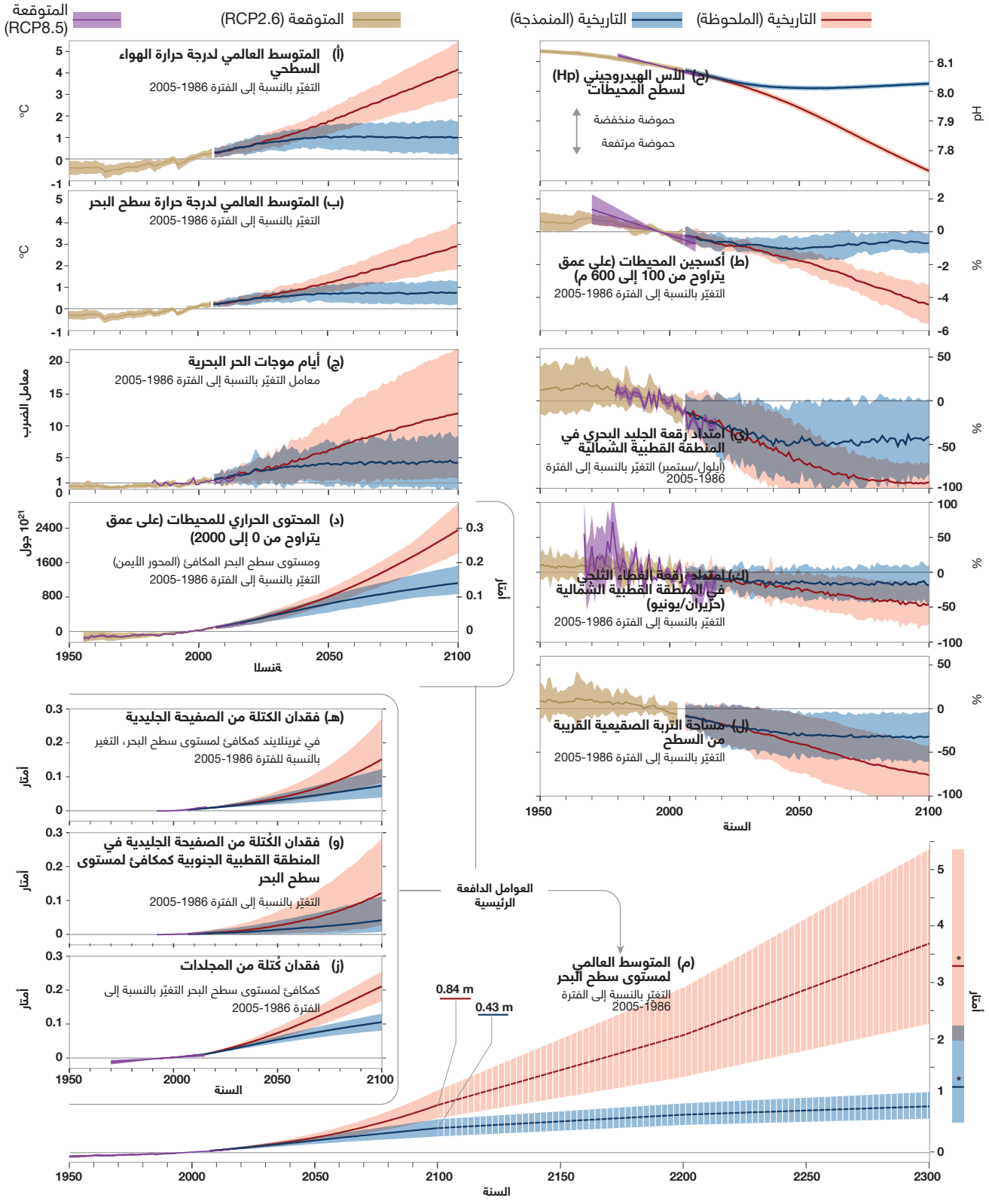
---

[9] بما يشمل المجلدات الطرفية.

[10] كمية الجليد البالغة 360 غيغاطناً تقابل ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر بمقدار مليمتر واحد.

التغيرات السابقة والمستقبلية في المحيطات والغلاف الجليدي

التغيرات التاريخية (الملحوظة والمنمذجة) والإسقاطات بحسب مسار التركيز النموذجي RCP2.6 ومسار التركيز النموذجي RCP8.5 فيما يتعلق بالمؤشرات الرئيسية



الشكل SPM.1: | التغيرات التاريخية الملحوظة والمنمذجة في المحيطات والغلاف الجليدي منذ سنة 1950 [11]، والتغيرات المستقبلية المتوقعة بحسب سيناريو هيّ انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المنخفضة (RCP2.6) والمرتفعة (RCP8.5). {الإطار SPM.1}

[11] لا يعني هذا أن التغيرات بدأت في سنة 1950. فقد حدثت التغيرات في بعض المتغيرات منذ ما قبل العصر الصناعي.

الشكل SPM.1 (continued): وتبيَّن التغيرات فيما يتعلق بـ(أ) التغير في المتوسط العالمي لدرجة حرارة الهواء السطحي بنطاق *مرجح*. {الإطار SPM.1، والإطار 1 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1} و**التغيرات المتصلة بالمحيطات** بنطاقات *مرجحة جدا* فيما يتعلق بـ(ب) التغيّر في المتوسط العالمي لدرجة حرارة سطح البحر {الإطار 5.1، و 5.2.2}؛ و (ج) معامل التغيّر في أيام موجات الحر البحرية في سطح المحيطات {6.4.1}؛ و (د) التغيّر في المحتوى الحراري للمحيطات في العالم (على عمق يتراوح من 0 إلى 2000 متر). ويبيَّنن مكافئ تقريبي تجسّمي لمستوى سطح البحر بالمحور الأيمن بواسطة ضرب المحتوى الحراري للمحيطات في المتوسط العالمي لمعامل التمدد الحراري ($0.125 \approx \varepsilon$ م لكل 10^{24} جول)[12] فيما يتعلق بالاحترار الملحوظ منذ سنة 1970 {الشكل 5.1}؛ و (ح) المتوسط العالمي للأس الهيدروجيني السطحي (على النطاق الكلي). الاتجاهات المقيمة تم استنتاجها من مواقع بالمحيطات المفتوحة ذات سلاسل زمنية من الرصدات أطول من 15 سنة {الإطار 5.1، والشكل 5.6، و 5.2.2}؛ و (ط) التغيّر في المتوسط العالمي لأكسجين المحيطات (على عمق يتراوح من 100 إلى 600 م). وتغطي الاتجاهات المقدّرة من خلال الرصدات الفترة 1970-2010 مع التركيز على سنة 1996 {الشكل 5.8، و 5.2.2}. **والتغيرات في مستوى سطح البحر** بنطاقات *مرجحة* فيما يتعلق بـ (م) التغيّر في المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر. ويعكس التظليل ذو علامات البعثرة *ثقة منخفضة* في إسقاطات مستوى سطح البحر بعد سنة 2100 وتعكس الأعمدة عند سنة 2300 استنتاج الخبراء بشأن نطاق التغيّر المحتمل في مستوى سطح البحر {4.2.3، والشكل 4.2}؛ والمكونات من (هـ، و ف) فقدان كُتلة من الصفائح الجليدية في غرينلاند والمنطقة القطبية الجنوبية {3.3.1}؛ و (ز) فقدان كتلة من المجلدات {الإطار 6 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 2، والجدول 4.1}. **ذ1ذالتغيرات المتصلة بالغلاف الجليدي الإضافية** بنطاقات *مرجحة جداً* فيما يتعلق بـ (ي) التغيّر في رقعة الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية في أيلول/سبتمبر[13] {3.2.2, 3.2.1، والشكل 3.3}؛ و (ك) التغير في الغطاء الثلجي في المنطقة القطبية الشمالية في حزيران/يونيو (مناطق اليابسة الواقعة شمال °60 شمالاً) {3.4.2, 3.4.1، والشكل 3.10}؛ و (ل) التغير في مساحة التربة الصقيعية القريبة من السطح (في حدود 3 إلى 4 م) في نصف الكرة الأرضية الشمالي {3.4.2, 3.4.1، والشكل 3.10}. ولا تتوافر تقييمات للتغيرات المتوقعة في إطار السيناريوهات الوسيطة للمسارين RCP4.5 و RCP6.0 فيما يتعلق بجميع المتغيرات قيد النظر هنا، ولكن يمكن حيثما تتوافر العثور عليها في التقرير الأساسي. {فيما يتعلق بالمسار RCP4.5 انظر: 2.2.2، والإطار 6 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 2، و 4.2.3, 3.4.2, 3.2.2, 2 ، وفيما يتعلق بالمسار RCP6.0 انظر الإطار 1 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1}

الإطار SPM.1: استخدام سيناريوهات تغير المناخ في التقرير الخاص بشأن المحيطات والغلاف الجليدي في ظل مناخ متغير (SROCC)

إن تقييمات التغيرات المستقبلية المتوقعة الواردة في هذا التقرير تستند إلى حد كبير إلى إسقاطات نماذج CMIP5[14] المناخية باستخدام مسارات التركيز النموذجية (RCPs). ومسارات التركيز النموذجية هي سيناريوهات تتضمن سلاسل زمنية لانبعاثات وتركيزات المجموعة الكاملة من غازات الاحتباس الحراري (GHGs) والأهباء الجوية والغازات النشطة كيميائياً، فضلاً عن تلك المتعلقة باستخدام الأراضي/ غطاء الأراضي. ولا توفر المسارات RCPs إلا مجموعة واحدة من سيناريوهات ممكنة كثيرة من شأنها أن تؤدي إلى مستويات مختلفة من الاحترار العالمي. {المرفق الأول: مسرد المصطلحات}

ويستخدم هذا التقرير أساسا المسارين RCP2.6 و RCP8.5 في تقييمه، مما يعكس المؤلفات المتاحة. ويمثل المسار RCP2.6 مستقبلا يتسم بانبعاثات منخفضة لغازات الاحتباس الحراري وتدابير تخفيفية كبيرة، تتيح في عمليات المحاكاة في CMIP5 احتمال اثنين من ثلاثة لقصر الاحترار العالمي على ما يقل عن درجتين مئويتين بحلول عام 2100.[15] ومقارنةً بالمجموعة الكاملة من السيناريوهات، يقابل السيناريو RCP8.5 المسار ذا أعلى انبعاثات لغازات الاحتباس الحراري. وتشير الفصول الأساسية أيضا إلى سيناريوهات أخرى، من بينها RCP4.5 و RCP6.0 اللذان يتسمان بمستويات وسيطة من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ويؤديان إلى مستويات وسيطة من الاحترار. {المرفق الأول: مسرد المصطلحات، والإطار 1 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1}

وترد في الجدول SPM.1 تقديرات لمجموع الاحترار منذ ما قبل العصر الصناعي في إطار أربعة مسارات مختلفة لفترات التقييم الرئيسية المستخدمة في التقرير الخاص بشأن المحيطات والغلاف الجليدي في ظل مناخ متغير (SROCC). وقد قدّر أن الاحترار من الفترة 1850-1900 حتى الفترة 1986-2005 بلغ °0.63 درجة مئوية (يتراوح النطاق *المرجح* من 0.57 إلى 0.69 درجة مئوية) وذلك باستخدام رصدات درجة حرارة الهواء قرب سطح المحيطات وفوق اليابسة[16]. واتساقا مع النهج المتبع في تقرير التقييم الخامس(AR5)، تضاف التغيرات المستقبلية المنمذجة في المتوسط العالمي لدرجة حرارة الهواء السطحي بالنسبة إلى الفترة 1986-2005 إلى هذا الاحترار الملحوظ. {الإطار 1 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1}

الجدول SMP.1 | التغيّر المتوقع في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية بالنسبة إلى الفترة 1850-1900 فيما يتعلق بفترتين زمنيتين في إطار أربعة سيناريوهات (RCPs)[16]. {الإطار 1 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1}

	الأجل القريب: 2031-2050		نهاية القرن: 2081-2100	
السيناريو	المتوسط (بالدرجة المئوية)	*النطاق المرجح (بالدرجة المئوية)*	المتوسط (بالدرجة المئوية)	*النطاق المرجح (بالدرجة المئوية)*
RCP2.6	1.6	1.1 إلى 2.0	1.6	0.9 إلى 2.4
RCP4.5	1.7	1.3 إلى 2.2	2.5	1.7 إلى 3.3
RCP6.0	1.6	1.2 إلى 0.2	2.9	2.0 إلى 3.8
RCP8.5	2.0	1.5 إلى 4.2	4.3	3.2 إلى 5.4

[12] يتباين معامل المقياس هذا (المتوسط العالمي لتمدد المحيطات عند ارتفاع مستوى سطح البحر بالأمتار لكل وحدة حرارة) بحوالي 10 في المائة بين النماذج المختلفة، وسيزيد بشكل منتظم بحوالي 10 في المائة بحلول عام 2100 في إطار قسر المسار RCP8.5 نتيجة لزيادة احترار المحيطات متوسط معامل التمدد الحراري. {5.2.2, 4.2.2, 4.2.1}.

[13] لا يُبيَّن هنا الجليد البحري في المنطقة القطبية الجنوبية بسبب *الثقة المنخفضة* في إسقاطات المستقبل. {3.2.2}.

[14] CMIP5 هي المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة (المرفق الأول: مسرد المصطلحات).

[15] لم يكن مسار ذو انبعاثات أقل (RCP1.9)، وهو مسار من شأنه أن يقابل مستوى أقل من الاحترار المتوقع مقارنة بالمسار RCP2.6، جزءا من CMIP5.

[16] يقيّم هذا التقرير في بعض الحالات التغيرات بالنسبة إلى الفترة 2006-2015. وقد قدّر الاحترار من الفترة 1850-1900 حتى الفترة 2006-2015 بما يبلغ °0.87 درجة مئوية (يتراوح النطاق المرجح من 0.75 إلى °0.99 درجة مئوية). {الإطار ١ المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1}

A.2 من المؤكد تقريباً أن محيطات العالم حدث فيها احترار بلا هوادة منذ عام 1970 وأنها امتصت أكثر من 90 في المائة من الحرارة الزائدة في النظام المناخي *(ثقة عالية)*. فمنذ عام 1993، زاد معدل احترار المحيطات بأكثر من الضعف *(مرجح)*. ومن *المرجح جدا* أن موجات الحر البحرية قد تضاعف تواترها منذ عام 1982 وتتزايد شدتها. *(ثقة عالية جدا)*. من خلال امتصاص المزيد من ثاني أكسيد الكربون ، خضع المحيط لزيادة تحمض السطح (شبه مؤكدة).وانخفض محتوى الأكسجين بين السطح وحتى عمق 1000 متر *(ثقة متوسطة)*. {6.7 ,6.4 ,5.2 ,3.2 ,1.4، والشكلان SPM.1 و SPM.2}

A.2.1. فقد استمر اتجاه احترار المحيطات الموثق في تقرير التقييم الخامس (AR5) للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). فمنذ عام 1993 زاد معدل احترار المحيطات ومن ثم امتصاصها للحرارة بأكثر من الضعف *(مرجح)* من 3.22 ± 1.61 ZJ سنويا (على عمق يتراوح من 0 إلى 700 متر) و 0.97 ± 0.64 ZJ سنويا (على عمق يتراوح من 700 إلى 2000 متر) خلال الفترة ما بين عامي 1969 و 1993 إلى 6.28 ± 0.48 ZJ سنويا (على عمق يتراوح من 0 الى 700 متر) و 3.86 ± 2.09 ZJ سنويا (على عمق يتراوح من 700 إلى 2000 متر) خلال الفترة ما بين عامي 1993 و 2017[17] ، ويعزى ذلك إلى القسر البشري المنشأ *(مرجح جدا)*. {5.2.2, 1.4.1، والجدول 5.1، والشكل SPM.1}

A.2.2 وكان المحيط الجنوبي يمثل نسبة تتراوح من 35 إلى 43 في المائة من الزيادة الكلية في الحرارة في طبقة الـ 2000 متر العلوية من محيطات العالم خلال الفترة ما بين عامي 1970 و 2017 *(ثقة عالية)*. فقد زادت حصته إلى ما يتراوح من 45 إلى 62 في المائة خلال الفترة ما بين عامي 2015 و 2017 *(ثقة عالية)*. أما أعماق المحيطات تحت 2000 متر فقد حدث احترار فيها منذ عام 1992 *(مرجح)*، لا سيما في المحيط الجنوبي. {3.2.1, 1.4, 5.2.2، والجدول 5.1، والشكل SPM.2}

A.2.3 وعالمياً، زادت الظواهر المرتبطة بالحرارة البحرية؛ فقد تضاعفت موجات الحر البحرية[18]، التي حُددت عندما تجاوزت درجة الحرارة اليومية لسطح البحر المئين التاسع والتسعين المحلي خلال الفترة من عام 1982 إلى عام 2016، من حيث تواترها وأصبحت تستمر لمدة أطول وبشدة أكثروعلى نطاق أوسع *(مرجح جدا)*. ومن *المرجح جدا* أن نسبة تتراوح من 84 إلى 90 في المائة من موجات الحر البحرية التي حدثت خلال الفترة ما بين عامي 2006 و 2015 تعزى إلى الزيادة البشرية المنشأ في درجات الحرارة. {الجدول 6.2، و 6.4؛ والشكلان SPM.1 و SPM.2}

A.2.4 وزاد تطبق الكثافة[19] في طبقة الـ 200 متر العلوية من المحيطات منذ عام 1970 *(مرجح جدا)*. فالاحترار الملحوظ في سطح المحيطات وإضافة مياه عذبة من خطوط العرض المرتفعة يجعلان سطح المحيطات أقل كثافة بالنسبة إلى الأجزاء الأعمق من المحيطات *(ثقة عالية)* ويعوقان الامتزاج بين المياه السطحية والمياه الأعمق *(ثقة عالية)*. فقد زاد متوسط تطبق الكثافة في طبقة الـ 200 متر العلوية بمقدار 2.3 ± 0.1 في المائة *(نطاق مرجح جدا)* من متوسط الفترة 1971-1990 إلى متوسط الفترة 1998-2017. {5.2.2}

A.2.5 وقد امتصت المحيطات نسبة تتراوح من 20 إلى 30 في المائة *(مرجح جدا)* من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الكلية، البشرية المنشأ، منذ ثمانينيات القرن الماضي مسببة زيادة تحمض المحيطات. فقد انخفض الأس الهيدروجيني pH لسطح المحيطات المفتوحة (بنطاق *مرجح جدا*) يتراوح بين 0.017 و 0.027 وحدة pH كل عقد منذ أواخر الثمانينيات[20]، مع كون الانخفاض في الأس الهيدروجيني لسطح المحيطات من *المرجح جدا* أنه نشأ من التقلبية الطبيعية الأساسية فيما يتعلق بأكثر من 95 في المائة من مساحة سطح المحيطات. {5.2.2 ;3.2.1؛ والإطار 5.1؛ والشكلان SPM.1 و SPM.2}

---

[17] ZJ تعني زيتاجول وتساوي 10^{21}. ويتطلب احترار المحيط بأكمله بمقدار درجة مئوية واحدة 5500 ZJ تقريباً؛ ومن شأن 144 ZJ أن تؤدي إلى احترار طبقة الـ 100 متر العلوية بمقدار درجة مئوية واحدة تقريبا.

[18] موجة الحر البحرية هي فترة من درجات الحرارة القصوى بالقرب من سطح البحر تستمر من أيام إلى أشهر ويمكن أن تمتد إلى آلاف الكيلومترات (المرفق الأول: مسرد المصطلحات).

[19] يعرَّف في هذا التقرير تطبق الكثافة بأنها تناقص الكثافة بين الطبقات الأقل عمقا والطبقات الأكثر عمقا. وتحد زيادة تكوُّن الطبقات من التبادل الرأسي للحرارة والملوحة والأكسجين والكربون والمغذيات.

[20] استناداً إلى سجلات في الموقع تغطي مدة أطول من خمسة عشر عاماً.

A.2.6 وتبين مجموعة البيانات التي تغطي الفترة 1970-2010 أن المحيطات المفتوحة قد فقدت كمية من الأكسجين (بنطاق مرجح جدا) يتراوح من 0.5 إلى 3.3 في المائة في طبقة الـ 1000 متر العلوية، إلى جانب زيادة *مرجحة* تتراوح بين 3 و 8 في المائة في حجم مناطق الحد الأدنى للأكسجين *(ثقة متوسطة)*. ويرجع فقدان الأكسجين أساسا إلى تزايد تطبق المحيطات، مما يغيّر التهوية والكيمياء الجيولوجية الأحيائية *(ثقة عالية)*. {5.2.2؛ والشكلان SPM.1 و SPM.2}

A.2.7 وتشير عمليات الرصد، سواء في الموقع (2004-2017) أو المستندة إلى عمليات استنباط درجة حرارة سطح البحر، إلى أن الدوران الانقلابي الجنوبي في المحيط الأطلسي (AMOC) [21] قد اعتراه الضعف مقارنة بالفترة 1850-1900 *(ثقة متوسطة)*. ولا توجد بيانات كافية لتحديد حجم الضعف تحديدا كميا، أو لعزوه بشكل صحيح إلى قسر بشري المنشأ، وذلك بسبب محدودية طول سجل الرصد. ومع أن العزو ليس ممكنا حالياً، تُظهر عمليات المحاكاة باستخدام النماذج في CMIP5 للفترة 1850-2015 ، في المتوسط، ضعف الدوران الانقلابي الجنوبي في المحيط الأطلسي (AMOC) عندما يكون مدفوعاً بقسر بشري المنشأ. {6.7}

A.3 إن المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر (GMSL) آخذ في الارتفاع، وتسارع في العقود الأخيرة بسبب تزايد معدلات فقدان الجليد من الصفيحتين الجليديتين في غرينلاند والمنطقة القطبية الجنوبية *(ثقة عالية جداً)*، وكذلك استمرار فقدان كتلة من المجلدات والتمدد الحراري للمحيطات. فقد أدت الزيادات في رياح الأعاصير المدارية وأمطارها، والزيادات في الأمواج المتطرفة، المقترنة بارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر، إلى تفاقم ظواهر مستوى سطح البحر المتطرفة والأخطار الساحلية *(ثقة عالية)*. {6.8; 6.3; 6.2; 4.2; 3.3؛ والأشكال SPM.1 و SPM.2 و SPM.4 و SMP.5}

A.3.1 فالارتفاع الكلي في المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر (GMSL) للفترة 1902-2015 يبلغ 0.16 متر (يتراوح النطاق *المرجح* من 0.12 إلى 0.21 متر). ومعدل ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر (GMSL) للفترة 2006-2015، البالغ 3.6 ملم سنويا (يتراوح النطاق المرجح جدا من 3.1 إلى 4.1 ملم سنوياً)، غير مسبوق خلال القرن المنصرم *(ثقة عالية)*، ويمثل حوالي 2.5 أضعاف معدل الفترة 1901-1990 البالغ 1.4 ملم سنوياً (يتراوح النطاق المرجح جداً من 0.8 إلى 2.0 ملم سنويا). ومجموع مساهمات الصفائح الجليدية والمجلدات خلال الفترة 2006-2015 هو المصدر المهيمن لارتفاع مستوى سطح البحر (البالغ 1.8 ملم سنوياً، والذي يتراوح نطاقه المرجح جدا من 1.7 إلى 1.9 ملم سنويا)، وهو ما يتجاوز تأثير التمدد الحراري لمياه المحيطات (البالغ 1.4 ملم سنوياً، والذي يتراوح نطاقه المرجح جدا من 1.1 إلى 1.7 ملم سنويا) [22] *(ثقة عالية جداً)*. والسبب المهيمن لارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر منذ عام 1970 هو القسر البشري المنشأ *(ثقة عالية)*. {4.2.2, 4.2.1، والشكل SPM.1}

A.3.2 وقد تسارع ارتفاع مستوى سطح البحر *(المرجح للغاية)* بسبب زيادة فقدان الجليد من الصفيحتين الجليديتين في غرينلاند والمنطقة القطبية الجنوبية على السواء *(ثقة عالية جداً)*. ففقدان الكتلة من الصفيحة الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية خلال الفترة 2007-2016 زاد بمقدار ثلاثة أمثال بالنسبة إلى الفترة 1997-2006. وفيما يتعلق بغرينلاند، تضاعف فقدان الكتلة خلال الفترة نفسها *(مرجح، ثقة متوسطة)*. {3.3.1؛ والأشكال SPM.1، و SPM.2؛ و SPM A1.1}

A.3.3 ويُلاحظ تسارع تدفق الجليد وتراجعه في المنطقة القطبية الجنوبية، الذي بمقدوره أن يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بعدة أمتار في غضون بضعة قرون، في منطقة الخليج المغلق لبحر أموندسن في غرب المنطقة القطبية الجنوبية وفي ويلكس لاند، بشرق المنطقة القطبية الجنوبية *(ثقة عالية جدا)*. وقد تكون هذه التغيرات بداية عدم استقرار لا عكوسي[23] في صفائح الجليد. وينشأ عدم اليقين المتعلق ببداية عدم استقرار صفائح الجليد من محدودية عمليات الرصد، وقصور تمثيل النماذج لعمليات صفائح الجليد، ومحدودية فهم التفاعلات المعقدة بين الغلاف الجليدي والمحيطات و صفائح الجليد. {3.3.1، والإطار 8 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 3، و 4.2.3}

A.3.4 والارتفاع في مستوى سطح البحر ليس موحداً عالمياً ويتباين إقليمياً. وتنشأ الاختلافات الإقليمية، في حدود ±30 في المائة من المتوسط العالمي لارتفاع مستوى سطح البحر، نتيجة لفقدان الجليد الأرضي والتباينات في احترار المحيطات ودورانها. وقد تكون الاختلافات عن المتوسط العالمي أكبر في مناطق تحرُّك الأرض العمودي السريع بما في ذلك نتيجة للأنشطة البشرية المحلية (مثلاً، استخراج المياه الجوفية). *(ثقة عالية)* {4.2.2, 6.8.2, 6.3.1, 6.2.2, 5.2.2، والشكل SPM.2}

---

[21] الدوران الانقلابي الجنوبي في المحيط الأطلسي (COMA) هو النظام الحالي الرئيسي في جنوب وشمال المحيط الأطلسي (المرفق الأول: مسرد المصطلحات).

[22] يتجاوز المعدل الكلي لارتفاع مستوى سطح البحر مجموع مساهمات الغلاف الجليدي والمحيطات وذلك بسبب أوجه عدم اليقين في تقدير تخزين المياه الأرضية.

[23] يبلغ مقياس مدة التعافي مئات إلى آلاف السنين (المرفق الأول: مسرد المصطلحات).

A.3.5 وقد زادت الارتفاعات المتطرفة للأمواج، التي تساهم في الظواهر المتطرفة لمستوى سطح البحر ، وتجات السواحل، والفيضانات، في المحيط الجنوبي والمنطقة الشمالية من المحيط الأطلسي بما يناهز 1.0 سم سنوياً و 0.8 سم سنوياً خلال الفترة 1985-2018 *(ثقة متوسطة)*. وأدى أيضاً فقدان الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية إلى زيادة ارتفاع الأمواج خلال الفترة 1992-2014 *(ثقة متوسطة)*. {6.8 ,6.3 ,6.2 ,4.2.2، والإطار 6.1}

A.3.6 وأدى التغير المناخي البشري المنشأ إلى زيادة الهطول الملحوظ *(ثقة متوسطة)*، و الرياح *(ثقة منخفضة)*، وظواهر مستوى سطح البحر المتطرفة *(ثقة عالية)* المرتبطة ببعض الأعاصير المدارية، التي أدت إلى زيادة شدة ظواهر متطرفة متعددة وما يرتبط بها من آثار متسلسلة *(ثقة عالية)*. فلربما يكون التغير المناخي البشري المنشأ، قد أسهم، في العقود الأخيرة، في انتقال الحد الأقصى لشدة الأعاصير المدارية في اتجاه القطب، في غرب المنطقة الشمالية من المحيط الهادئ، المرتبطة بالامتداد المداري الناجم عن القسر البشري المنشأ *(ثقة منخفضة)*. وثمة أدلة ناشئة على حدوث زيادة في النسبة العالمية السنوية للأعاصير المدارية من الفئة 4 أو 5 في العقود الأخيرة *(ثقة منخفضة)*. {6.2، والجدول 6.2، و 6.3، و 6.8، والإطار 6.1}

الآثار الملحوظة على النُظم الإيكولوجية

A.4 لقد أثّرت التغيرات في الغلاف الجليدي وما ارتبط بها من تغيرات هيدرولوجية على الأنواع والنظم الإيكولوجية الأرضية الخاصة بالمياه العذبة في المناطق الجبلية العالية والمناطق القطبية من خلال ظهور أرض كانت مغطاة سابقا بالجليد، وحدوث تغيرات في الغطاء الثلجي، وذوبان التربة الصقيعية. وقد ساهمت هذه التغيرات في تغيير الأنشطة الموسمية، ووفرة وتوزيع أنواع النباتات والحيوانات الهامة إيكولوجيا وثقافيا واقتصاديا، والاضطرابات الإيكولوجية، وأداء النظم الإيكولوجية لوظائفها *(ثقة عالية)*. {3.4.3, 3.4.1, 2.3.3, 2.3.2، والإطار 3.4، والشكل SPM.2}

A.4.1 ففي خلال القرن الأخير زادت وفرة بعض أنواع النباتات والحيوانات، وتغيّر نطاق تلك الأنواع، وترسّخت في مناطق جديدة مع انحسار المجلدات وزيادة طول مدة الموسم الخالي من الثلوج *(ثقة عالية)*. وقد أدت هذه التغيرات، إلى جانب الاحترار، إلى زيادة عد الأنواع الموجودة في الجبال العالية على الصعيد المحلي، مع هجرة أنواع موجودة على ارتفاع أقل أعلى المنحدر *(ثقة عالية جدا)*. وانخفضت وفرة بعض الأنواع المتكيفة مع البرد أو المعتمدة على الثلوج، مما أدى إلى زيادة خطر انقراضها، لا سيما على قمم الجبال *(ثقة عالية)*. وفي المناطق القطبية والجبلية، غيّرت أنواع كثيرة أنشطتها الموسمية لا سيما في أواخر الشتاء وفي فصل الربيع *(ثقة عالية)*. {2.3.3، والإطار 3.4}

A.4.2 وأدت زيادة حرائق الغابات وانصهار التربة الصقيعية المفاجئ، وكذلك التغيرات في هيدرولوجيا المنطقة القطبية الشمالية والهيدرولوجيا الجبلية إلى تغيير تواتر وشدة اضطرابات النظم الإيكولوجية *(ثقة عالية)*. وتضمّن ذلك آثاراً إيجابية وسلبية على الغطاء النباتي والأحياء البرية من قبيل الرنّة والسلمون *(ثقة عالية)*. {2.3.3, 3.4.1, 3.4.3}

A.4.3 وعبْر التوندرا، تبيّن الرصدات الساتلية اخضراراً بوجه عام، مما يشير في كثير من الأحيان إلى زيادة إنتاجية النباتات *(ثقة عالية)*. وتشير بعض المناطق المتحولة إلى اللون البني في التوندرا والغابات الشمالية إلى أن الإنتاجية قد تناقصت *(ثقة عالية)*. وقد أثّرت هذه التغيرات تأثيراً سلبياً على توفير المؤن، والخدمات التنظيمية والثقافية التي توفرها النظم الإيكولوجية، مع بعض الآثار الإيجابية العابرة أيضاً فيما يتعلق بخدمات توفير المؤن، في الجبال العالية *(ثقة متوسطة)* والمناطق القطبية *(ثقة عالية)* على السواء. {3.4.3, 3.4.1, 2.3.3, 2.3.1، والمرفق الأول: مسرد المصطلحات}

A.5 منذ عام 1950 تقريباً تعرّضت أنواع بحرية كثيرة على نطاق مجموعات شتى لتحولات في النطاق الجغرافي والأنشطة الموسمية استجابةً لاحترار المحيطات، وتغيّر الجليد البحري، والتغيرات الكيميائية الجيولوجية الأحيائية، من قبيل فقدان الأكسجين، في موائلها *(ثقة عالية)*. وقد أسفر ذلك عن حدوث تحولات في تكوين الأنواع ووفرتها وإنتاج النظم الإيكولوجية للكتلة الأحيائية، بدءاً من خط الاستواء إلى القطبين. كما أدى تغيّر التفاعلات بين الأنواع إلى آثار متسلسلة على هيكل النظم الإيكولوجية وأدائها لوظائفها *(ثقة متوسطة)*. وفي بعض النظم الإيكولوجية البحرية تتأثر الأنواع بتأثيرات صيد الأسماك والتغيرات المناخية على السواء *(ثقة متوسطة)*. {3.2.4, 3.2.3، والإطار 3.4، و 5.4.1, 5.3, 5.2.3، والشكل SPM.2}

A.5.1 فمعدلات التحولات في اتجاه القطب في التوزيعات على نطاق الأنواع البحرية المختلفة منذ خمسينيات القرن الماضي تبلغ 52 ± 33 كم كل عشر سنوات و 29 ± 16 كم لكل عشر سنوات (نطاقات *مرجحة جدا*) للكائنات الحية الموجودة في الطبقة البحرية العلوية (طبقة الـ 200 متر العلوية من سطح البحر) والنظم الإيكولوجية الموجودة في قاع البحر، على التوالي. ومعدل واتجاه التحولات الملحوظة في التوزيعات تشكلها درجة الحرارة المحلية، والأكسجين، وتيارات المحيطات عبر منحنيات العمق وخط العرض وخط الطول *(ثقة عالية)*. وأدت امتدادات نطاقات الأنواع الناجمة عن الاحترار إلى تغيّر هيكل النظم الإيكولوجية وأدائها لوظائفها، مثلاً في شمال المحيط الأطلسي، وشمال شرق المحيط الهادئ، والمنطقة القطبية الشمالية *(ثقة متوسطة)*. {5.3.6, 5.3.2, 5.2.3، والإطار 3.4، والشكل SPM.2}

A.5.2 وفي العقود الأخيرة، زاد الإنتاج الأولي الصافي في المنطقة القطبية الشمالية في المياه الخالية من الجليد *(ثقة عالية)*. ويحدث ازدهار العوالق النباتية الربيعي في وقت مبكر في السنة استجابة لتغيّر الجليد البحري وتوافر المغذيات مع حدوث عواقب إيجابية وسلبية على النظم الإيكولوجية البحرية تختلف مكانياً *(ثقة متوسطة)*. ففي المنطقة القطبية الجنوبية، تتسم هذه التغيرات بعدم تجانسها مكانياً كما ارتبطت بالتغير البيئي المحلي السريع ، بما في ذلك التراجع في الأنهار الجليدية وتغير الجليد البحري *(ثقة متوسطة)*. وترتبط بالتغيرات البيئية المتصلة بالمناخ تغيّرات في الأنشطة الموسمية، وإنتاج وتوزيع بعض العوالق الحيوانية في المنطقة القطبية الشمالية، والتحوّل تجاه الجنوب في توزيع مجموعات كريل بالمنطقة القطبية الجنوبية في جنوب المحيط الأطلسي (ثقة متوسطة). وفي المناطق القطبية، تعرّضت الثدييات والطيور البحرية المرتبطة بالجليد لانكماش موائلها المرتبط بحدوث تغيرات في الجليد البحري *(ثقة عالية)* وتأثيرها على نجاح البحث عن الطعام بسبب تأثيرات المناخ على توزيعات الفرائس *(ثقة متوسطة)*. وكان للتأثيرات المتسلسلة لعوامل متعددة متصلة بالمناخ على العوالق الحيوانية القطبية تأثيرا على هيكل ووظيفة الشبكة الغذائية، والتنوع الأحيائي، فضلاً عن مصائد الأسماك *(ثقة عالية)*. {3.2.4, 3.2.3، والإطار 3.4، و 5.2.3، والشكل SPM.2}

A.5.3 ونُظم ارتفاع مياه الأعماق إلى السطح الخاصة بالحدود الشرقية (EBUS) هي من بين أكثر النظم الإيكولوجية الموجودة في المحيطات إنتاجاً. وقد أثّر تزايد تحمّض المحيطات وفقدان الأكسجين تأثيرا سلبياً على اثنين من تلك النظم الرئيسية هما: تيار كاليفورنيا وتيار همبولت *(ثقة عالية)*. فقد أدى تحمّض المحيطات وانخفاض مستوى الأكسجين في نظام صعود مياه الأعماق إلى السطح في تيار كاليفورنيا إلى تغيير هيكل النظم الإيكولوجية، مع وجود آثار سلبية مباشرة لذلك على إنتاج الكتلة الأحيائية وتكوين الأنواع *(ثقة متوسطة)*. {الإطار 5.3، والشكل SPM.2}

A.5.4 وساهم احترار المحيطات في القرن العشرين وبعده في حدوث انخفاض عام في أقصى إمكانات الصيد (ثقة متوسطة)، مما ضاعف الآثار الناجمة عن الإفراط في صيد بعض الأرصدة السمكية *(ثقة عالية)*. وفي أقاليم كثيرة، نجد أن التدنيات في وفرة مخزونات الأسماك والصدفيات نتيجة للتأثيرات المباشرة وغير المباشرة للاحترار العالمي والتغيرات الكيميائية الجيولوجية الأحيائية قد ساهمت بالفعل في انخفاض مصيد مصائد الأسماك *(ثقة عالية)*. وفي بعض المناطق، ساهم تغيّر أحوال المحيطات في توسّع الموئل الملائم لبعض الأنواع و/أو حدوث زيادات في وفرتها *(ثقة عالية)*. وقد اقترنت بهذه التغيرات تغيرات في تكوين أنواع مصيد مصائد الأسماك منذ سبعينيات القرن الماضي في كثير من النظم الإيكولوجية *(ثقة متوسطة)*. {5.4.1, 3.2.3، والشكل SPM.2}

A.6 تتأثر النظم الإيكولوجية الساحلية باحترار المحيطات، بما في ذلك موجات الحر البحرية المكثفة، والتحمض، وفقدان الأكسجين، وتسرب المياه المالحة، وارتفاع مستوى سطح البحر، بالاقتران مع التأثيرات السلبية الناجمة عن الأنشطة البشرية على المحيطات واليابسة *(ثقة عالية)*. وتلاحظ الآثار بالفعل على مساحة الموائل وعلى التنوع البيولوجي، فضلا عن أداء النظم الإيكولوجية وخدماتها *(ثقة عالية)*. {4.3.2, 4.3.3, 5.3, 5.4.1, 6.4.2، والشكل SPM.2}

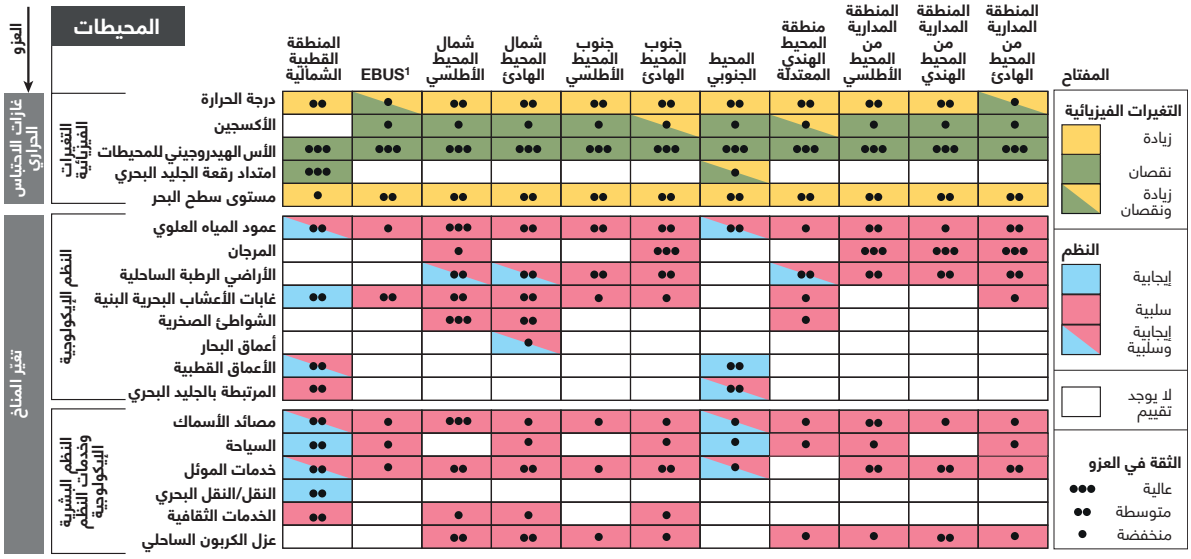
A.6.1 فالنظم الإيكولوجية الساحلية ذات الغطاء النباتي تحمي السواحل من العواصف والتحات وتساعد على الوقاية من آثار ارتفاع مستوى سطح البحر. وقد فُقد ما يناهز 50 في المائة من الأراضي الرطبة الساحلية خلال السنوات المائة الأخيرة، نتيجة للتأثيرات الإجمالية للضغوط البشرية المحلية، وارتفاع مستوى سطح البحر، والاحترار، والظواهر المناخية المتطرفة *(ثقة عالية)*. والنظم الإيكولوجية الساحلية ذات الغطاء النباتي هي مستودعات هامة للكربون؛ وفقدانها مسؤول عن الانبعاث الحالي لكمية من الكربون تتراوح من 0.04 إلى 1.46 غيغاطن سنويا *(ثقة متوسطة)*. واستجابة للاحترار، تتسع نطاقات توزيع مروج الأعشاب البحرية وغابات الأعشاب البنية البحرية عند خطوط العرض العالية وتتقلص في خطوط العرض المنخفضة منذ أواخر سبعينيات القرن العشرين *(ثقة عالية)*، وتحدث في بعض المناطق نوبات من الخسائر في أعقاب موجات الحر *(ثقة متوسطة)*. وموت أشجار المنغروف على نطاق كبير المرتبط بالاحترار منذ ستينيات القرن الماضي قد عوّض عنه جزئياً امتداد تلك الأشجار إلى المستنقعات الملحية دون المدارية نتيجة لتزايد درجة الحرارة، الأمر الذي تسبب في فقدان مساحات مفتوحة ذات نباتات عشبية توفر الغذاء والموئل للحيوانات المعتمدة عليها *(ثقة عالية)*. {4.3.3, 5.3.2, 5.3.6, 5.4.1, 5.5.1، والشكل SPM.2}

A.6.2 وقد أدى تزايد تسرّب مياه البحار إلى مصبات الأنهار نتيجة لارتفاع مستوى سطح البحر إلى إعادة توزيع الأنواع البحرية أعلى المجرى *(ثقة متوسطة)*، وتسبب في حدوث انخفاض في عدد الموائل الملائمة للمجموعات التي تعيش في مصبات الأنهار *(ثقة متوسطة)*. وأدى تزايد أحمال المغذيات والمواد العضوية في مصبات الأنهار منذ سبعينيات القرن الماضي جراء التنمية البشرية المكثفة والأحمال النهرية الكثيفة إلى تفاقم الآثار المحفزة لظاهرة احترار المحيطات على تنفس البكتيريا، مما أدى إلى حدوث توسّع في مناطق الأكسجين المنخفض *(ثقة عالية)*. {5.2.1}

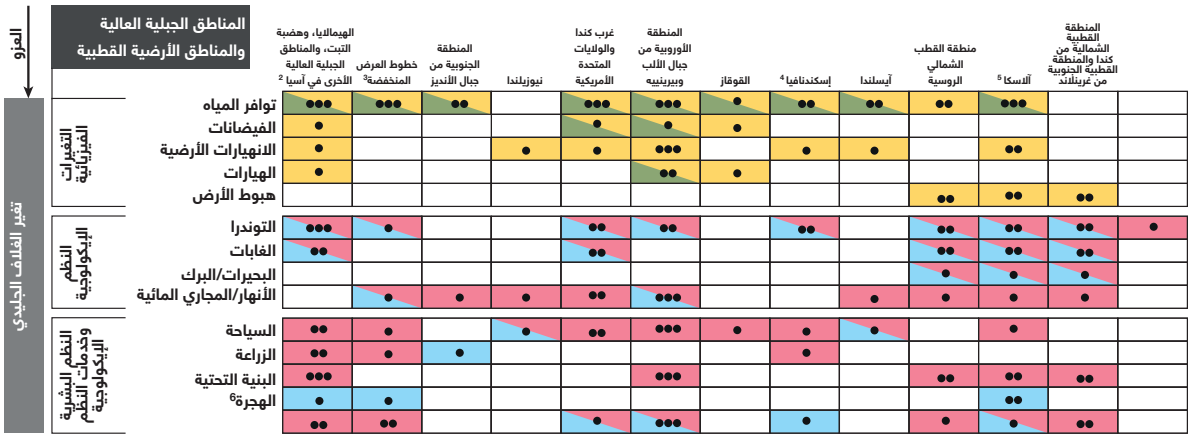
A.6.3 وتشمل آثار ارتفاع مستوى سطح البحر على النظم الإيكولوجية الساحلية تقلص الموائل، و والتحول الجغرافي للأنواع المرتبطة بها ، وكذا فقدان التنوع البيولوجي ووظائف النظم الإيكولوجية. وتتفاقم الآثار الناجمة عن التعكيرات البشرية المباشرة، حيث تحول الحواجز البشرية المنشأ دون حدوث تحوّل في الأهوار وأشجار المنغروف في اتجاه الأرض (وهو ما يسمى حشْر السواحل) *(ثقة عالية)*. وتبعا للمورفولوجيا الجيولوجية المحلية وإمدادات الرواسب يمكن أن تنمو الأهوار وأشجار المنغروف رأسياً بمعدلات تعادل الارتفاع الحالي في متوسط مستوى سطح البحر *(ثقة عالية)*. {4.3.2, 4.3.3, 5.3.2, 5.3.7, 5.4.1}

A.6.4 وتتأثر حالياً الشعاب المرجانية الموجودة في المياه الدافئة والشواطئ الصخرية التي تهيمن عليها كائنات حية غير متنقلة، ومتكلسّة (مثلاً، التي تنتج صدفات وهياكل عظمية) من قبيل المرجانيات والبرنقيل وبلح البحر، بدرجات الحرارة المتطرفة وبتحمّض المحيطات *(ثقة عالية)*. وقد أسفرت موجات الحر البحرية بالفعل عن ظواهر ابيضاض المرجان على نطاق كبير وبوتيرة متزايدة *(ثقة عالية جداً)* مسببة تدهوراً في الشعاب المرجانية على نطاق العالم منذ عام 1997، ويتسم التعافي بالبطء (يستغرق أكثر من 15 عاما) لو حدث *(ثقة عالية)*. وتشكل الفترات المطولة من ارتفاع درجة حرارة البيئة وجفاف الكائنات الحية خطراً شديداً على النظم الإيكولوجية الموجودة في الشواطئ الصخرية *(ثقة عالية)*. {6.4.2.1, 5.3.5, 5.3.4؛ SR1.5 ، والشكل SPM.2}

الآثار الإقليمية الملحوظة الناجمة عن التغيرات في المحيطات والغلاف الجليدي



1 نُظم ارتفاع المياه من الأعماق إلى السطح في الحدود الشرقية (تيار بنغويلا، وتيار الكناريا، وتيار كاليفورنيا، وتيار همبولت)؛ (الإطار 5.3)



الشكل SPM.2 | ملخص تجميعي للأخطار والآثار الإقليمية الملحوظة في المحيطات[24] (الجزء العلوي) والمناطق الجبلية العالية ومناطق الأراضي القطبية (الجزء السفلي) الوارد تقييمها في التقرير الخاص بشأن المحيطات والغلاف الجليدي في ظل مناخ متغير (SROCC). وتبيَّن، فيما يتعلق بكل منطقة، التغيرات الفيزيائية، والآثار على النظم الإيكولوجية الرئيسية، والآثار على النظم البشرية ووظائف وخدمات النظم الإيكولوجية. وفيما يتعلق بالتغيرات الفيزيائية، يشير اللون الأصفر/ اللون الأخضر إلى زيادة/ نقصان، على التوالي، في كمية أو تواتر المتغير المقيس. وفيما يتعلق بالآثار على النظم الإيكولوجية والنظم البشرية وخدمات النظم الإيكولوجية، يبيّن اللون الأزرق أو الأحمر ما إذا كان أثر ملحوظ إيجابيا (مفيداً) أو سلبيا (مناوئا)، على التوالي، بالنسبة للنظام المعيّن أو الخدمة المعيّنة. وتشير الخلايا التي تخصص لها 'زيادة ونقصان' إلى أنه داخل تلك المنطقة، توجد زيادة ويوجد نقصان على السواء في التغيرات الفيزيائية، ولكن تلك الزيادة وذلك النقصان ليسا متساويين بالضرورة؛ ويصدق الشيء نفسه على الخلايا التي تبيّن آثاراً 'إيجابية وسلبية' يمكن عزوها. وفيما يتعلق بمناطق المحيطات، يشير مستوى الثقة إلى الثقة في عزو التغيرات الملحوظة إلى التغيرات في القسر الناجم عن غازات الاحتباس الحراري فيما يتعلق بالتغيرات الفيزيائية وإلى تغيّر المناخ فيما يتعلق بالتغيرات الفيزيائية وإلى تغيّر المناخ فيما يتعلق بالنظم الإيكولوجية، والنظم البشرية، وخدمات النظم الإيكولوجية. وفيما يتعلق بالمناطق الجبلية العالية ومناطق الأراضي القطبية يبيّن مستوى الثقة في عزو التغيرات والآثار الفيزيائية جزئيا على الأقل إلى تغيّر في الغلاف الجليدي. أما عدم وجود تقييم فهو يعني: لا ينطبق، أو لم يقيّم على النطاق الإقليمي، أو عدم كفاية الأدلة للتقييم. وتعرّف التغيرات الفيزيائية في المحيطات بأنها: تغيّر درجة الحرارة في الطبقة 0-700 متر من المحيطات باستثناء المحيط الجنوبي (0-2000) متر والمحيط القطبي الشمالي (وطبقة المزج العليا والأفرع الرئيسية المتدفقة إلى الداخل)؛ والأكسجين في الطبقة 0-1200 متر أو طبقة الحد الأدنى من الأكسجين؛ والأس الهيدروجيني للمحيطات بوصفه الأس الهيدروجيني السطحي (يقابل تناقص الأس الهيدروجيني تزايد تحمّض المحيطات). والنظم الإيكولوجية في المحيطات: يشير المرجان إلى الشعاب المرجانية الموجودة في المياه الدافئة والمرجانيات الموجودة في المياه الباردة. وتشير فئة 'عمود المياه العلوي' إلى المنطقة البحرية العلوية فيما يتعلق بجميع مناطق المحيطات باستثناء المناطق القطبية، حيث الآثار على بعض الكائنات الحية البحرية في المياه المفتوحة الأعمق من المائتي متر العلوية مشمولة. وتشمل الأراضي الرطبة الساحلية المستنقعات الملحية؛ وأشجار المنغروف، والأعشاب البحرية. أما غابات الأعشاب البحرية البنيّة (Kelp) فهي موائل لمجموعة محددة من الطحالب الضخمة. كما أن الشواطئ الصخرية موائل ساحلية تهيمن عليها كائنات حية متكلسة غير متنقلة من قبيل بلح البحر والبرنقيل. وأعماق البحار هي النظم الإيكولوجية الموجودة على عمق يتراوح من 3000 إلى 6000 متر. ويشمل الجليد البحري المرتبط النظم الإيكولوجية الموجودة في الجليد البحري وعليه وتحته. وتشير خدمات الموئل إلى الهياكل والخدمات الداعمة (مثلاً، الموئل، والتنوع البيولوجي، والإنتاج الأولي). ويشير احتجاز الكربون الساحلي إلى امتصاص وتخزين الكربون بواسطة النظم الإيكولوجية للكربون الأزرق الساحلي.

[24] لا تقيّم البحار الحافيّة فردياً مثل مناطق المحيطات في هذا التقرير.

الشكل SPM.2 (continued): النظم الإيكولوجية الأرضية: تشير التوندرا إلى التوندرا ومروج منطقة الألب وتشمل النظم الإيكولوجية الأرضية الموجودة في المنطقة القطبية الجنوبية. وتشير الهجرة إلى زيادة أو نقصان صافي الهجرة، لا إلى القيمة المفيدة/ المناوئة. وتشير الآثار على السياحة إلى ظروف تشغيل قطاع السياحة. وتشمل الخدمات الثقافية الهوية الثقافية، والإحساس بالوطن، والقيم الروحية والمتأصلة والجمالية، وكذلك المساهمات من آثار المجلدات. وترد المعلومات الأساسية لمناطق الأراضي في الجداول SM2.6، و SM2.7، و SM2.8، و SM3.8، و SM3.9، و SM3.10، بينما ترد المعلومات الأساسية فيما يتعلق بمناطق المحيطات في الجداول SM5.10، و SM5.11، و SM3.8، و SM3.9، و SM3.10. {2.3.7, 2.3.6, 2.3.5, 2.3.4, 2.3.3, 2.3.2, 2.3.1، والشكل 2.1، و 3.5.2; 3.4.3; 3.4.1; 3.3.3; 3.2.4; 3.2.3; 3.2.1؛ والإطار 3.4، و 5.6, 5.4, 5.3.3, 5.2.3, 5.2.2, 4.2.2, 3.4، والشكل 5.24، والإطار 5.3}

الآثار الملحوظة على الناس وخدمات النظم الإيكولوجية

A.7 منذ منتصف القرن العشرين، أدى تقلص الغلاف الجليدي في المنطقة القطبية الشمالية والمناطق الجبلية العالية إلى آثار سلبية في الغالب على الأمن الغذائي، وموارد المياه، ونوعية المياه، وسُبل العيش، والصحة والرفاه، والبنية التحتية، والنقل، والسياحة، والترفيه، وكذلك ثقافة المجتمعات البشرية، خاصة بالنسبة للشعوب الأصلية *(ثقة عالية)*. وقد كانت التكاليف والفوائد موزعة توزيعا متفاوتا عبر السكان والمناطق . واستفادت الجهود المبذولة في مجال التكيف من إدراج معارف الشعوب الأصلية والمعارف المحلية *(ثقة عالية)*. {1.1, 1.5, 1.6.2, 2.3, 2.4, 3.4, 3.5، والشكل SPM.2}

A.7.1 فقد تأثر سلبا الأمن الغذائي والمائي بالتغيرات في الغطاء الثلجي، وجليد البحيرات والأنهار، والتربة الصقيعية في كثير من المناطق القطبية الشمالية *(ثقة عالية)*. وقد أحدثت هذه التغيرات خللاً في الوصول إلى مناطق الرعي وصيد الحيوانات وصيد الأسماك والجني، ونقصا في توافر الغذاء داخل تلك المناطق، مما ألحق ضرراً بسُبل العيش والهوية الثقافية لسكان منطقة القطب الشمالي ومن بينهم السكان الأصليون *(ثقة عالية)*. وساهم تراجع المجلدات وتغيرات الغطاء الثلجي في حدوث انخفاضات محلية في الغلات الزراعية في بعض المناطق الجبلية العالية، ومن بينها منطقة هندو كوش في جبال الهيمالايا والمنطقة المدارية من جبال الأنديز *(ثقة متوسطة)*. {2.3.7 ,2.3.1.، والإطار 2.4، و 3.5.2 ,3.4.3 ,3.4.2 ,3.4.1 ,2.4، والشكل SPM.2}

A.7.2 وفي المنطقة القطبية الشمالية، شملت الآثار السلبية لتغيّر الغلاف الجليدي على الصحة البشرية تزايد خطر الأمراض المنقولة عن طريق الأغذية والمياه، وسوء التغذية، والإصابة، والتحديات المتعلقة بالصحة العقلية لا سيما في أوساط الشعوب الأصلية *(ثقة عالية)*. وفي بعض المناطق الجبلية العالية، تأثرت نوعية المياه بالملوثات، لا سيما الزئبق، المنبعث من انصهار المجلدات وذوبان التربة الصقيعية *(ثقة متوسطة)*. وتتراوح جهود التكيف المتصلة بالصحة في المنطقة القطبية الشمالية من النطاق المحلي إلى النطاق الدولي، وارتكزت النجاحات على معارف الشعوب الأصلية *(ثقة عالية)*. {1.8، والإطار 4 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1 و 2.3.1 و 3.4.3}

A.7.3 وقد عدّل سكان المنطقة القطبية الشمالية؛ لا سيما الشعوب الأصلية، توقيت أنشطتهم للتصدي للتغيرات التي تطرأ على موسمية وسلامة الأراضي، والجليد، وظروف انتقال الثلوج. وبدأت البلديات والصناعة في معالجة أوجه فشل البنية التحتية المرتبطة بالفيضانات وذوبان التربة الصقيعية، وخططت بعض المجتمعات الساحلية لإعادة التوطين *(ثقة عالية)*. وكانت محدودية التمويل والمهارات والقدرات والدعم المؤسسي للانخراط بشكل هادف في عمليات التخطيط تمثل تحديات للتكيف *(ثقة عالية)*. {3.5.2,3.5.4، والإطار 9 المشترك بين الفصول}

A.7.4 وقد زاد النقل الصيفي القائم على السفن في القطب الشمالي (بما في ذلك السياحة) خلال العقدين الماضيين تزامناً مع حدوث انخفاضات في الجليد البحري *(ثقة عالية)*. ولهذه الزيادة آثار على التجارة العالمية والاقتصادات المرتبطة بممرات النقل البحري التقليدية، كما تشكل خطرا على النظم الإيكولوجية البحرية في المنطقة القطبية الشمالية والمجتمعات الساحلية *(ثقة عالية)*، مثل الأنواع الغازية والتلوث المحلي. {5.4.2, 3.5.4, 3.2.4, 3.2.1, ، والشكل SPM.2}

A.7.5 وفي العقود الماضية، زاد تعرّض الناس والبنية التحتية للمخاطر الطبيعية نتيجة للنمو السكاني، والسياحة، والتنمية الاجتماعية والاقتصادية *(ثقة عالية)*. وارتبطت بعض الكوارث بالتغيرات في الغلاف الجليدي، مثلاً في منطقة جبال الأنديز، والمنطقة الجبلية العالية في آسيا، وجبال القوقاز، وجبال الألب الأوروبية *(ثقة متوسطة)*. {2.3.2، والشكل SPM.2}

A.7.6 وأدت التغيرات في الثلوج والمجلدات إلى تغيير كمية وموسمية الجريان السطحي وموارد المياه في أحواض الأنهار التي تهيمن عليها الثلوج وتغذيها المجلدات *(ثقة عالية جداً)*. وتعرضت مرافق الطاقة الكهرومائية لتغيرات في الموسمية ولزيادات وانخفاضات على السواء في المدخلات المائية من المناطق الجبلية العالية، على سبيل

المثال، في وسط أوروبا، وآيسلندا، وغربي الولايات المتحدة الأمريكية/كندا، ومنطقة الأنديز المدارية *(ثقة متوسطة)*. بيد أن هناك *أدلة* محدودة فقط على الآثار الناتجة عن ذلك على العمليات وإنتاج الطاقة. {B1.4، و 2.3.1}

A.7.7 وقد تأثرت الجوانب الجمالية والثقافية للمناطق الجبلية العالية تأثراً سلبيا بتقلص المجلدات والغطاء الثلجي (مثلاً، في الهيمالايا، وشرق أفريقيا، والمنطقة المدارية من جبال الأنديز) *(ثقة متوسطة)*. وقد تأثرت سلبا أيضا السياحة والأنشطة الترفيهية، بما في ذلك سياحة التزلج وسياحة المجلدات، والمشي، وتسلق الجبال في كثير من المناطق الجبلية *(ثقة متوسطة)*. وفي بعض الأماكن، أدى صنع الثلوج الاصطناعية إلى الحد من الآثار السلبية على سياحة التزلج *(ثقة متوسطة)*. {2.3.5 ,2.3.6، والشكل SPM.2}

A.8 أثرت التغيّرات في المحيطات على النظم الإيكولوجية البحرية وخدمات النظم الإيكولوجية مع تحقيقها نتائج متباينة إقليميا، مما يشكل تحديًا لحوكمتها *(ثقة عالية)*. وتنتج آثار إيجابية وسلبية على السواء فيما يتعلق بالأمن الغذائي من خلال مصائد الأسماك *(ثقة متوسطة)*، والزراعات المحلية، وسُبل العيش *(ثقة متوسطة)*، والسياحة والأنشطة الترفيهية *(ثقة متوسطة)*. وللآثار على خدمات النظم الإيكولوجية عواقب سلبية على الصحة والرفاه *(ثقة متوسطة)*، وكذا على الشعوب الأصلية والمجتمعات المحلية المعتمدة على مصائد الأسماك *(ثقة عالية)*. {5.4.2 ,5.4.1 ,3.2.1 ,1.5 ,1.1، والشكل SPM.2}

A.8.1 فقد كانت للتغيرات التي حدثت في التوزيع المكاني لبعض مخزونات الأسماك والأسماك الصدفية ووفرتها نتيجة للاحترار آثار إيجابية وسلبية على المصيد، والفوائد الاقتصادية، وسُبل العيش، والثقافة المحلية *(ثقة عالية)*. وثمة عواقب سلبية على الشعوب الأصلية والمجتمعات المحلية التي تعتمد على مصائد الأسماك *(ثقة عالية)*. وأدت التحولات في عمليات توزيع الأنواع ووفرتها إلى صعوبة الحوكمة الدولية والوطنية للمحيطات ومصائد الأسماك، خاصة في المنطقة القطبية الشمالية، وشمال المحيط الأطلسي، والمحيط الهادئ، من حيث تنظيم الصيد لضمان سلامة النظم الإيكولوجية وتقاسم الموارد بين كيانات الصيد *(ثقة عالية)*. {5.5.2 ,5.4.2 ,3.5.3 ,3.2.4، والشكل SPM.2}

A.8.2 وتبدي عمليات انتشار الطحالب الضارة توسعاً في نطاقها وزيادة في تواتر ذلك الانتشار في المناطق الساحلية منذ ثمانينات القرن الماضي استجابة لكل من العوامل المناخية وغير المناخية الدافعة من قبيل زيادة تدفق المغذيات النهرية *(ثقة عالية)*. والاتجاهات الملحوظة في انتشار الطحالب الضارة تعزى جزئياً إلى تأثيرات احترار المحيطات، وموجات الحر البحرية، وفقدان الأكسجين، والتأجن، والتلوث *(ثقة عالية)*. ولانتشار الطحالب الضارة آثار سلبية على الأمن الغذائي، والسياحة، والاقتصاد المحلي، والصحة البشرية *(ثقة عالية)*. والمجتمعات البشرية الأكثر عُرضة لهذه الأخطار البيولوجية هي تلك المناطق التي لا توجد فيها برامج رصد ونُظم إنذار مبكر مخصصة ومستدامة بشأن انتشار الطحالب الضارة *(ثقة متوسطة)*. {الإطار 5.4، و 5.4.2، و 6.4.2}

A.9 تتعرض المجتمعات الساحلية لأخطار متعددة مرتبطة بالمناخ، من بينها الأعاصير المدارية، والارتفاع المتطرف في مستويات سطح البحر وحدوث فيضانات متطرفة، وموجات الحر البحرية، وفقدان الجليد البحري، وذوبان التربة الصقيعية *(ثقة عالية)*. وقد نُفذت مجموعة متنوعة من تدابير الاستجابة لذلك على نطاق العالم، معظمها بعد حدوث ظواهر متطرفة ، ولكن اتُخذ بعضها أيضا تحسباً للارتفاع في مستوى سطح البحر في المستقبل، مثلاً في حالة البنية التحتية الكبيرة. {6.8 ,6.4.2 ,6.2 ,5.4.2 ,4.4.2 ,4.3.4 ,4.3.3 ,4.3.2 ,3.4.3 ,3.2.4، والإطار 6.1، والإطار 9 المشترك بين الفصول والشكل SPM.5}

A.9.1 ولا يزال عزو الآثار الساحلية الحالية على الأشخاص إلى ارتفاع مستوى سطح البحر أمرًا صعباً في معظم الأماكن نظراً لتفاقم الآثار بسبب العوامل غير المناخية التي يسببها الإنسان ، من قبيل هبوط الأرض (ومن هذه العوامل مثلاً استخراج المياه الجوفية)، والتلوث، وتدهور الموئل، واستخراج الشعاب والرمال *(ثقة عالية)*. {4.3.2, 4.3.3}

A.9.2 وحماية السواحل من خلال تدابير مادية، من قبيل المصدات الصخرية والأسوار البحرية وحواجز العرام، واسعة الانتشار في كثير من المدن والدلتات الساحلية. وتتزايد على نطاق العالم شعبية النُهج القائمة على النظم الإيكولوجية والمختلطة التي تجمع بين النظم الإيكولوجية والبنية التحتية المشيّدة. وللزحف الساحلي، الذي يشير إلى إيجاد أرض جديدة ببناء حدود بحرية (مثلا، استصلاح الأراضي)، تاريخ طويل في معظم المناطق التي توجد فيها كثافة سكانية ساحلية ونقص في الأراضي. ويُلاحظ أيضا تراجع السواحل، الذي يشير إلى توقف الاستيطان البشري للمناطق الساحلية، ولكنه يقتصر عموماً على مجتمعات بشرية صغيرة أو يحدث لإنشاء موئل أراضٍ رطبة ساحلية. ويرد تقييم

فعالية تدابير الاستجابة لارتفاع مستوى سطح البحر في الشكل SPM.5. {6.9.1, 6.3.3, 4.4.2, 4.3.3, 3.5.3، والإطار 9 المشترك بين الفصول}

B. التغيرات والمخاطر المتوقعة

التغيّرات الفيزيائية المتوقعة[25]

B.1 من المتوقع أن يستمر فقدان كتلة من المجلدات، وذوبان التربة الصقيعية، وتقلص الغطاء الثلجي ورقعة الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية على المدى القريب (2031-2050) نتيجة لزيادات في درجة حرارة الهواء السطحي *(ثقة عالية)*، مع وجود عواقب لذلك لا يمكن تجنبها فيما يتعلق بجريان الأنهار والأخطار المحلية *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن تفقد الصفائح الجليدية في غرينلاند والمنطقة القطبية الجنوبية كتلة بمعدل متزايد طيلة القرن الحادي والعشرين وبعده *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن تزيد معدلات وأحجام هذه التغيرات في الغلاف الجليدي بدرجة أكبر من ذلك في النصف الثاني من القرن الحادي والعشرين في سيناريو انبعاثات عالية لغازات الاحتباس الحراري *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن تؤدي التخفيضات الشديدة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في العقود القادمة الى تقليل التغيرات الإضافية بعد عام 2050 *(ثقة عالية)*. {2.3, 2.2، والإطار 6 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 2، و 3.3، 3.4، والشكل SPM.1، والإطار SPM.1}

B.1.1 فالانكماشات المتوقعة في كتلة المجلدات خلال الفترة ما بين عامي 2015 و 2100 (باستبعاد صفائح الجليد) تتراوح من 18 ± 7 في المائة *(النطاق المرجح)* في حالة السيناريو RCP2.6 إلى 36 ± 11 في المائة (النطاق *المرجح*) في حالة السيناريو RCP8.5، وهو ما يقابل مساهمة في ارتفاع مستوى سطح البحر قدرها 94 ± 25 ملم (النطاق المرجح) في حالة السيناريو RCP2.6، و 200 ± 44 ملم (النطاق *المرجح*) في حالة السيناريو RCP8.5 *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن تفقد المناطق التي توجد في معظمها مجلدات أصغر (مثلاً، وسط أوروبا، والقوقاز، وشمال آسيا، واسكندنافيا، والمنطقة المدارية من جبال الأنديز، والمكسيك، وشرق أفريقيا، وإندونيسيا) أكثر من 80 في المائة من كتلة الجليد الموجودة لديها حالياً بحلول عام 2100 بحسب السيناريو RCP8.5 *(ثقة متوسطة)*، ومن المتوقع أن تختفي مجلدات كثيرة بصرف النظر عن الانبعاثات التي ستحدث في المستقبل *(ثقة عالية جدا)*. {الإطار 6 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 2، والشكل SPM.1}

B.1.2 وفي عام 2100، ستبلغ المساهمة المتوقعة لصفيحة الجليد الموجودة في غرينلاند في ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر (GMSL) 0.07 متر (يتراوح النطاق *المرجح* من 0.04 إلى 0.12 متر) في السيناريو RCP2.6، و 0.15 متر (يتراوح النطاق *المرجح* من 0.08 إلى 0.27 متر) في السيناريو RCP8.5. وفي عام 2100، من المتوقع أن تساهم صفيحة الجليد الموجودة في المنطقة القطبية الجنوبية بـ 0.04 متر (يتراوح النطاق *المرجح* من 0.01 إلى 0.11 متر) في السيناريو RCP2.6، و 0.12 متر (يتراوح النطاق *المرجح* من 0.03 إلى 0.28 متر) في السيناريو RCP8.5. وتساهم صفيحة الجليد الموجودة في غرينلاند حاليا مساهمة أكبر من مساهمة صفيحة الجليد الموجودة في المنطقة القطبية الجنوبية في ارتفاع مستوى سطح البحر *(ثقة عالية)*. ولكن المنطقة القطبية الجنوبية يمكن أن تصبح أكبر مساهم بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين نتيجة للتراجع السريع (ثقة منخفضة). وبعد عام 2100، ستكون لتزايد التباين بين المساهمة النسبية لغرينلاند والمساهمة النسبية للمنطقة القطبية الجنوبية في ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر في إطار السيناريو RCP8.5 عواقب هامة فيما يتعلق بوتيرة الارتفاع النسبي لمستوى سطح البحر في نصف الكرة الأرضية الشمالي. {3.3.1, 4.3.3, 4.2.5, 4.2.3، والإطار 8 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 3، والشكل SPM.1}

B.1.3 ومن المتوقع أن يقل الغطاء الثلجي الخريفي والربيعي في المنطقة القطبية الشمالية بنسبة تتراوح من 5 إلى 10 في المائة، مقارنةً بالفترة 1986-2005، على المدى القريب (2031-2050)، ولن يعقب ذلك مزيد من الخسائر في السيناريو RCP2.6، ولكن ستحدث خسارة إضافية تتراوح نسبتها من 15 إلى 25 في المائة بحلول نهاية القرن في السيناريو RCP8.5 *(ثقة عالية)*. وفي المناطق الجبلية العالية، من *المرجح* أن تبلغ الانخفاضات المتوقعة في متوسط عمق الثلوج الشتوية على الارتفاعات المنخفضة، مقارنة بالفترة 1986-2005، ما يتراوح من 10 إلى 40 في المائة بحلول الفترة 2031-2050، بصرف النظر عن سيناريو الانبعاثات *(ثقة عالية)*. وفيما يتعلق بالفترة 2081-2100 من *المرجح* أن يتراوح هذا الانخفاض المتوقع من 10 إلى 40 في المائة في السيناريو RCP2.6 ومن 50 إلى 90 في المائة في السيناريو RCP8.5. {3.4.2, 3.3.2, 2.2.2، والشكل SPM.1}

[25] يستخدم هذا التقرير أساسا السيناريوهين RCP2.6 و RCP8.5 للأسباب التالية: يمثل هذان السيناريوهان إلى حد كبير مجموعة المواضيع المتناولة في هذا التقرير والتي جرى تقييمها؛ كما أنهما يمثلان إلى حد كبير ما هو متناول في المؤلفات التي جرى تقييمها، استنادا إلى CMIP5؛ ويتيحان وجود سرد متسق بشأن التغيرات المتوقعة. أما السيناريوهان RCP4.5 و RCP6.0 فهما ليسا متوافرين فيما يتعلق بجميع المواضيع المتناولة في التقرير. {الإطار SPM.1}

B.1.4 ومن المتوقع ذوبان التربة الصقيعية على نطاق واسع في هذا القرن *(ثقة عالية جداً)* وبعده. وبحلول عام 2100، تبدي المساحة المتوقعة للتربة الصقيعية القريبة من السطح (في حدود 3 إلى 4 أمتار) انخفاضا بنسبة قدرها 24 ± 16 في المائة (النطاق *المرجح*) في السيناريو RCP2.6، وبنسبة قدرها 69 ± 20 في المائة (النطاق *المرجح*) في السيناريو RCP8.5. ويؤدي السيناريو RCP8.5 إلى الانبعاث التراكمي لعشرات إلى مئات البلايين من أطنان (GtC) كربون التربة الصقيعية كثاني أكسيد الكربون[26] والميثان في الغلاف الجليدي بحلول عام 2100 مع إمكانية أن يؤدي ذلك إلى تفاقم تغيّر المناخ *(ثقة متوسطة)*. وسيناريوهات الانبعاثات الأقل توهن استجابة انبعاثات الكربون من منطقة التربة الصقيعية *(ثقة عالية)*. ويساهم الميثان بنسبة صغيرة من الانبعاث الإضافي الكلي للكربون ولكنه هام بسبب قدرته الأكبر على التسبب في الاحترار. ومن المتوقع أن تعيد زيادة نمو النباتات التزويد بكربون التربة جزئياً، ولكن ذلك النمو لن يضاهي انبعاثات الكربون على المدى الطويل *(ثقة متوسطة)*. {3.4.3, 3.4.2, 2.2.4، والشكل SPM.1، والإطار 5 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1}

B.1.5 وفي كثير من المناطق الجبلية العالية، من المتوقع أن يؤدي تراجع المجلدات وذوبان التربة الصقيعية إلى حدوث مزيد من الانخفاض في استقرار المنحدرات، وسيستمر تزايد عدد بحيرات المجلدات ومساحتها *(ثقة عالية)*. كما أن الفيضانات التي تحدث نتيجة لثوران بحيرات المجلدات أو سقوط الأمطار على الثلوج، والانهيارات الأرضية، والانهيارات الثلجية من المتوقع أن تحدث أيضا في أماكن جديدة أو مواسم مختلفة *(ثقة عالية)*. {2.3.2}

B.1.6 ومن المتوقع أن يتغير جريان الأنهار في أحواض الجبال العالية التي تغلب عليها الثلوج أو التي تغذيها المجلدات بصرف النظر عن سيناريو الانبعاثات *(ثقة عالية جداً)*، مع حدوث زيادات في متوسط الجريان الشتوي *(ثقة عالية)*، وبلوغ مستويات الذروة في وقت أبكر من فصل الربيع *(ثقة عالية جداً)*. ففي جميع سيناريوهات الانبعاثات، من المتوقع أن يبلغ متوسط الجريان السنوي والصيفي من المجلدات ذروة في نهاية القرن الحادي والعشرين أو قبلها *(ثقة عالية)*، مثلاً، قرب منتصف القرن في المناطق الجبلية العالية في آسيا، يعقبها انخفاض في الجريان من المجلدات. وفي المناطق ذات غطاء المجلدات القليل (مثلاً، المناطق المدارية من جبال الأنديز، والمنطقة الأوروبية من جبال الألب) تجاوزت المجلدات في معظمها هذه الذروة بالفعل *(ثقة عالية)*. وقد تحد الانخفاضات المتوقعة في الجريان المتعلق بالمجلدات بحلول عام 2100 (السيناريو RCP8.5) من الجريان السطحي للأحواض بنسبة قدرها 10 في المائة أو أكثر في شهر واحد على الأقل من موسم الذوبان في العديد من أحواض الأنهار الكبيرة، لا سيما في المناطق الجبلية العالية في آسيا أثناء الموسم الجاف *(ثقة منخفضة)*. {2.3.1}

B.1.7 ومن المتوقع أن يستمر فقدان الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية حتى منتصف القرن، مع حدوث اختلافات بعد ذلك تبعاً لحجم الاحترار العالمي: ففيما يتعلق بالاحترار العالمي المستقر عند 1.5 درجة مئوية يبلغ الاحتمال السنوي لكون أيلول/سبتمبر خاليا من الجليد البحري بحلول نهاية القرن 1 في المائة تقريباً، وهي نسبة ترتفع إلى ما يتراوح من 10 إلى 35 في المائة فيما يتعلق بالاحترار العالمي المستقر عند درجتين مئويتين *(ثقة عالية)*. وتوجد *ثقة منخفضة* في الإسقاطات المتعلقة بالجليد البحري في المنطقة القطبية الجنوبية {3.2.2، والشكل SPM.1}

B.2 خلال القرن الحادي والعشرين، من المتوقع أن تنتقل المحيطات إلى أحوال غير مسبوقة مع تزايد درجات الحرارة *(مؤكد تقريباً)*، وستشهد المحيطات تطبقا أكبر على المستوى القريب من السطح *(مرجح جداً)*، وتزايد التحمّض *(مؤكد تقريباً)*، وانخفاض الأكسجين *(ثقة متوسطة)*، وتغيّر صافي الإنتاج الأولي *(ثقة منخفضة)*. ومن المتوقع أن تصبح موجات الحر البحرية *(ثقة عالية جداً)*، وظواهر النينيو والنينيا المتطرفة *(ثقة متوسطة) أكثر تواتراً. ومن المتوقع أن يضعُف الدوران الانقلابي الجنوبي في المحيط الأطلسي* (AMOC) *(مرجح جداً)*. وستكون معدلات وأحجام هذه التغيرات أقل في إطار السيناريوهات ذات الانبعاثات المنخفضة لغازات الاحتباس الحراري *(مرجح جداً)*. {6.7; 6.5; 6.4; 5.2; 3.2؛ والإطار 5.1؛ والشكلان SPM.1، و SPM.3}

B.2.1 فالمحيطات ستواصل احترارها طيلة القرن الحادي والعشرين *(مؤكد تقريباً)*. وبحلول عام 2100، من المتوقع أن تمتص طبقة الألفي متر العليا من المحيطات كمية من الحرارة أكبر بما يتراوح من 5 إلى 7 مرات في السيناريو RCP8.5 (أو أكبر بما يتراوح مرتين إلى 4 مرات في السيناريو RCP2.6) من امتصاص المحيطات المتراكم الملحوظ للحرارة منذ عام 1970 *(مرجح جداً)*. ومن المتوقع أن يزيد المتوسط السنوي لتطبق الكثافة[19] في طبقة المائتي متر العليا، التي تتراوح في المتوسط من 60 درجة جنوباً إلى 60 درجة شمالاً، بنسبة تتراوح من 12 إلى 30 في المائة في السيناريو RCP8.5 وبنسبة تتراوح من 1 إلى 9 في المائة في السيناريو RCP2.6، في الفترة 2081-2100 بالنسبة إلى الفترة 1986-2005 *(مرجح جداً)*، مما يعوق التدفقات الرأسية للمغذيات والكربون والأكسجين. {5.2.2، والشكل SPM.1}

---

[26] للإحاطة علماً بالسياق، بلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون السنوية الكلية البشرية المنشأ 10.8 ± 0.8 غيغاطن كربون سنوياً (39.6 ± 2.9 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً) في المتوسط خلال الفترة 2008-2017. وبلغت انبعاثات الميثان السنوية الكلية البشرية المنشأ 0.35 ± 0.01 غيغاطن ميثان سنويا في المتوسط خلال الفترة 2003-2012 {5.5.1}

B.2.2 وبحلول الفترة 2081-2100 في السيناريو RCP8.5، من المتوقع أن ينخفض محتوى المحيطات من الأكسجين *(ثقة متوسطة)*، ومحتوى الطبقات العليا من المحيطات من النترات *(ثقة متوسطة)*، وصافي الإنتاج الأولي *(ثقة منخفضة)*، ونقل الكربون *(ثقة متوسطة)* عالمياً بنطاقات مرجحة جداً تتراوح من 3 إلى 4 في المائة، و 9 إلى 14 في المائة، و 4 إلى 11 في المائة، و 9 إلى 16 في المائة، على التوالي، بالنسبة إلى الفترة 2006-2015. وفي السيناريو RCP2.6، ستكون التغيرات المتوقعة عالمياً بحلول الفترة 2081-2100 أصغر مقارنةً بالسيناريو RCP8.5 فيما يتعلق بفقدان الأكسجين *(مرجح جداً)*، وتوافر المغذيات *(تقارب أرجحية حدوثه أرجحية عدمه)*، وصافي الإنتاج الأولي *(ثقة عالية)*. {5.2.2؛ والإطار 5.1؛ والشكلان SPM.1 و SPM.3}

B.2.3 واستمرار امتصاص المحيطات للكربون بحلول عام 2100 من المؤكد تقريباً أن يؤدي إلى تفاقم تحمّض المحيطات. فمن المتوقع أن ينخفض الأس الهيدروجيني (pH) لسطح المحيطات المفتوحة بحوالي 0.3 وحدة pH بحلول الفترة 2081-2100، مقارنةً بالفترة 2006-2015، في السيناريو RCP8.5 *(مؤكد تقريباً)*. وفيما يتعلق بالسيناريو RCP8.5، ثمة مخاطر أعلى على الأنواع الأساسية التي تشكل أصداف الأراغونيت وذلك نتيجة لتجاوز عتبة استقرار الأراغونيت على مدار السنة في المحيطات القطبية ودون القطبية بحلول الفترة 2081-2100 *(مرجح جداً)*. وفي السيناريو RCP2.6، سيجري تجنّب هذه الأحوال في هذا القرن *(مرجح جداً)*، ولكن من المتوقع أن تستمر هشاشة بعض نظم ارتفاع المياه من الأعماق إلى السطح في الحدود الشرقية *(ثقة عالية)*. {5.2.2, 3.2.3، والإطار 5.1، والإطار 5.3، والشكل SPM.1}

B.2.4 وثمة أحوال مناخية، غير مسبوقة منذ ما قبل العصر الصناعي، آخذة في التشكّل في المحيطات، مما يؤدي إلى ارتفاع المخاطر على النُظم الإيكولوجية للمحيطات المفتوحة. فقد نشأ بالفعل التحمّض والاحترار السطحيان في الفترة التاريخية *(مرجح جداً)*. ومن المتوقع أن يظهر فقدان الأكسجين على عمق يتراوح من 100 إلى 600 متر في نسبة تتراوح من 59 إلى 80 في المائة من مساحة المحيطات بحلول الفترة 2031-2050 في السيناريو RCP8.5 *(مرجح جداً)*. والوقت المتوقع لنشوء العوامل المحركة الأساسية الخمسة لتغيّر النظم الإيكولوجية البحرية (الاحترار والتحمض السطحيان، وفقدان الأكسجين، والمحتوى من النترات، وتغيّر صافي الإنتاج الأولي) هو قبل عام 2100 فيما يتعلق بأكثر من 60 في المائة من مساحة المحيطات في السيناريو RCP8.5 وأكثر من 30 في المائة من مساحة المحيطات في السيناريو RCP2.6 *(مرجح جداً)*. {المرفق الأول: مسرد المصطلحات، والإطار 5.1، والشكل 1}

B.2.5 ومن المتوقع حدوث مزيد من الزيادة في تواتر موجات الحر البحرية ومدتها ومداها المكاني وشدتها (درجة الحرارة العليا) *(ثقة عالية جداً)*. فالنماذج المناخية تتنبأ بزيادات في تواتر موجات الحر البحرية بحلول الفترة 2081-2100، مقارنةً بالفترة 1850-1900، بمقدار 50 مرة تقريبا في السيناريو RCP8.5 وبمقدار 20 مرة في السيناريو RCP2.6 *(ثقة متوسطة)*، ومن المتوقع حدوث أكبر زيادات التواتر في المنطقة القطبية الشمالية والمحيطات المدارية *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن تزيد شدة موجات الحر البحرية بمقدار 10 أمثال تقريباً في السيناريو RCP8.5 بحلول الفترة 2081-2100، مقارنةً بالفترة 185-1900. *(ثقة متوسطة)*. {6.4، والشكل SPM.1}

B.2.6 ومن المتوقع حدوث زيادة مرجحة في تواتر حدوث ظواهر النينيو والنينيا المتطرفة في القرن الحادي والعشرين ومن المرجح أن تؤدي إلى زيادة حدّة الأخطار القائمة، مع حدوث بظروف أكثر جفافاً أو أكثر رطوبة في العديد من الأقاليم عبر العالم. فمن المتوقع أن تحدث ظواهر النينيو المتطرفة بمعدل يقارب ضعف المعدل المعتاد في السيناريو RCP2.6 والسيناريو RCP8.5 كليهما في القرن الحادي والعشرين عند مقارنتها بما كانت عليه في القرن العشرين *(ثقة متوسطة)*. وتشير الإسقاطات أيضاً إلى تزايد وتيرة الظواهر المتطرفة للقطبية الثنائية للمحيط الهندي *(ثقة منخفضة)*. {6.5؛ والشكلان 6.5 و 6.6}

B.2.7 ومن المتوقع أن يعتري الدوران الانقلابي الجنوبي في المحيط الأطلسي (AMOC) الضَعْف في القرن الحادي والعشرين حسب جميع السيناريوهات (RCPs) *(مرجح جداً)*، وإن كان حدوث انهيار في ذلك الدوران غير مرجح إلى حد كبير *(ثقة متوسطة)*. واستناداً إلى إسقاطات المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة (CMIP5)، تتساوى أرجحية حدوث انهيار في ذلك الدوران مع أرجحية عدم حدوثه بحلول عام 2300 في سيناريوهات الانبعاثات العالية ومن غير *المرجح إلى حد كبير* حدوثه في سيناريوهات الانبعاثات الأقل *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن يتسبب أي ضعف كبير يعتري ذلك الدوران في حدوث انخفاض في الإنتاجية البحرية في شمال المحيط الأطلسي *(ثقة متوسطة)*، ومزيد من العواصف في شمال أوروبا *(ثقة متوسطة)*، وسقوط أمطار صيفية أقل في منطقة الساحل *(ثقة عالية)* وفي منطقة جنوب آسيا *(ثقة متوسطة)*، وانخفاض عدد الأعاصير المدارية في المحيط الأطلسي *(ثقة متوسطة)*، وحدوث زيادة في المستوى الإقليمي لسطح البحر على طول الساحل الشمالي الشرقي لأمريكا الشمالية *(ثقة متوسطة)*. وستكون هذه التغيرات إضافة إلى علامة الاحترار العالمي. {6.7؛ والأشكال 6.8 إلى 6.10}

B.3 يستمر ارتفاع مستوى سطح البحر بمعدل متزايد. ومن المتوقع حدوث ظواهر مستوى سطح البحر المتطرفة النادرة تاريخيا (مرة كل قرن في الماضي القريب) بشكل متواتر (مرة كل سنة على الأقل) في أماكن كثيرة بحلول عام 2050 في جميع سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية (RCPs)، لا سيما في المناطق المدارية *(ثقة عالية)*. وقد تكون لتزايد تواتر ارتفاع منسوب المياه آثار شديدة في أماكن كثيرة تبعاً للتعرّض *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن يستمر ارتفاع مستوى سطح البحر بعد عام 2100 في جميع سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية (RCPs). وفي سيناريو الانبعاثات العالية (RCP8.5)، فإن إسقاطات ارتفاع مستوى سطح البحر العالمي بحلول عام 2100 أكبر مما كانت عليه في الإسقاطات الواردة في تقرير التقييم الخامس (AR5) نتيجة لزيادة المساهمة من الصفيحة الجليدية الموجودة في المنطقة القطبية الجنوبية *(ثقة متوسطة)*. وبحسب السيناريو RCP8.5، من المتوقع في القرون القادمة، أن يتجاوز ارتفاع مستوى سطح البحر معدلات عدة سنتيمترات سنوياً مما يؤدي إلى ارتفاعه بعدة أمتار *(ثقة متوسطة)*، في حين من المتوقع في السيناريو RCP2.6 أن يقتصر ارتفاع مستوى سطح البحر على متر واحد تقريباً في عام 2300 *(ثقة منخفضة)*. وستتفاقم مستويات سطح البحر المتطرفة والأخطار الساحلية بسبب الزيادات المتوقعة في شدة الأعاصير المدارية وفي التساقطات المطرية *(ثقة عالية)*. وتتباين محلياً التغيرات المتوقعة في الأمواج والمد والجزر من حيث ما إذا كانت تضاعف هذه الأخطار أو تخفف منها *(ثقة متوسطة)*. {الإطار 5 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1؛ والإطار 8 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 6.3.1, 5.2.2; 4.2; 4.1 و 3؛ والأشكال SPM.1، وSPM.4، و SPM.5}

B.3.1 فمن المتوقع أن يبلغ المتوسط العالمي لارتفاع مستوى سطح البحر (GMSL) 0.39 متر (يتراوح النطاق *المرجح* من 0.26 إلى 0.53 متر) في الفترة 2081-2100، وأن يبلغ 0.43 متر (يتراوح النطاق *المرجح* من 0.29 إلى 0.59 متر) في عام 2100 بالنسبة إلى الفترة 1986-2005 في السيناريو RCP2.6. أما في السيناريو RCP8.5، فإن الارتفاع المقابل في المتوسط العالمي لارتفاع مستوى سطح البحر (GMSL) يبلغ 0.71 متر (يتراوح النطاق *المرجح* من 0.51 إلى 0.92 متر) للفترة 2081-2100 ويبلغ 0.84 متر (يتراوح النطاق *المرجح* من 0.61 إلى 1.10 متر) في عام 2100. وإسقاطات ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر أعلى بمقدار 0.1 متر مقارنةً بتقرير التقييم الخامس (AR5) في السيناريو RCP8.5 (في عام 2100، ويتجاوز النطاق *المرجح* متراً واحداً في عام 2100 بسبب فقدان متوقع أكبر للجليد من صفيحة الجليد في المنطقة القطبية الجنوبية *(ثقة متوسطة)*. ودرجة عدم اليقين في نهاية القرن تحددها بصفة رئيسية الصفائح الجليدية، لا سيما في المنطقة القطبية الجنوبية. {4.2.3؛ والشكلان SPM.1 و SPM.5}

B.3.2 وتبين إسقاطات مستوى سطح البحر وجود اختلافات إقليمية حول المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر (GMSL). و تعتبر العمليات غير المدفوعة بالتغيرات المناخية الأخيرة ، من قبيل الهبوط المحلي الناجم عن العمليات الطبيعية والأنشطة البشرية، مهمة للتغيرات النسبية لمستوى سطح البحر على الساحل *(ثقة عالية)*. وبالرغم أنه من المتوقع أن تزيد، مع مرور الوقت، الأهمية النسبية لارتفاع مستوى سطح البحر الناتج عن المناخ ، فإنه من اللازم أن تؤخذ في الاعتبار العمليات المحلية، في الإسقاطات، وآثارها على مستوى سطح البحر *(ثقة عالية)*. {SPMA3.4، و 4.2.1، و 4.2.2، والشكل SPM.5}

B.3.3 ومن المتوقع أن يبلغ معدل المتوسط العالمي لارتفاع مستوى سطح البحر 15 ملم سنوياً (يتراوح النطاق *المرجح* من 10 إلى 20 ملم سنوياً) في السيناريو RCP8.5 في عام 2100، وأن يتجاوز عدة سنتيمترات سنوياً في القرن الثاني والعشرين. وفي السيناريو RCP2.6، من المتوقع أن يبلغ المعدل 4 ملم سنوياً (يتراوح النطاق *المرجح* من 2 إلى 6 ملم سنوياً) في عام 2100. وتشير دراسات النماذج إلى حدوث ارتفاع بمقدار عدة أمتار في مستوى سطح البحر بحلول عام 2300 (يتراوح النطاق من 2.3 إلى 5.4 متر في السيناريو RCP8.5 ويتراوح من 0.6 إلى 1.07 متر في السيناريو RCP2.6 *(ثقة منخفضة)*، مما يشير إلى أهمية خفض الانبعاثات للحد من ارتفاع مستوى سطح البحر. وقد تؤدي عمليات التحكّم في توقيت فقدان الجرف الجليدي في المستقبل ومدى عدم استقرار الصفائح الجليدية إلى زيادة مساهمة المنطقة القطبية الجنوبية في ارتفاع مستوى سطح البحر إلى قيَم أعلى بكثير من النطاق *المرجح* على مدى قرن وفترات زمنية أطول *(ثقة منخفضة)*. ونظراً لما يترتب على ارتفاع مستوى سطح البحر من عواقب في حالة انهيار أجزاء من الصفحة الجليدية الموجودة في المنطقة القطبية الجنوبية، فإن هذا التأثير يستحق الاهتمام الشديد. {الإطار 5 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1، والإطار 8 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل3، و 4.1، و 4.2.3}

B.3.4 وسيؤدي ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر إلى زيادة تواتر ظواهر مستوى سطح البحر المتطرفة في معظم الأماكن. فإنه من المتوقع أن مستويات سطح البحر المحلية التي شوهدت تاريخيا مرة كل قرن (الظواهر المئوية التاريخية) ستحدث سنوياً على الأقل في معظم الأماكن بحلول عام 2100 وذلك حسب جميع السيناريوهات (RCPs) *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن تتعرض العديد من المدن الضخمة المنخفضة والجزر الصغيرة (ومن بينها الدول الجزرية الصغيرة النامية) لظواهر مئوية تاريخية سنوياً على الأقل بحلول عام 2050 في السيناريوهات RCP2.6 و RCP4.5 و RCP8.5. والسنة التي تصبح فيها الظاهرة المئوية التاريخية ظاهرة سنوية في مناطق خطوط العرض الوسطى تأتي في أقرب سنة في السيناريو RCP8.5، وتأتي بعد ذلك في السيناريو RCP4.5 وتأتي في السنة الأبعد في السيناريو RCP2.6. ويمكن أن تكون للتزايد في تواتر ارتفاع مناسيب المياه آثار شديدة في أماكن كثيرة تبعاً لمستوى التعرض *(ثقة عالية)*. {4.2.3; 6.3؛ والشكلان SPM.4 و SPM.5}

B.3.5 ومن المتوقع أن يزيد ارتفاع الأمواج الهامة (متوسط الارتفاع، من الأقصى للثلث الأعلى من الأمواج) على نطاق المحيط الجنوبي والمنطقة الشمالية المدارية من المحيط الهادئ *(ثقة عالية)* وبحر البلطيق *(ثقة متوسطة)* وأن ينخفض في شمال المحيط الأطلسي وفي البحر الأبيض المتوسط في السيناريو RCP8.5 *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن تتغير النطاقات والأنماط المديّة الساحلية بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر وتدابير التكيف الساحلي (مرجح جداً). والتغيرات المتوقعة في الأمواج نتيجة للتغيرات في أنماط الطقس، والتغيرات في أمواج المد والجزر الناجمة عن ارتفاع مستوى سطح البحر، يمكن أن تعزز أو تخفف محلياً من الأخطار الساحلية *(ثقة متوسطة)*. {6.3.1, 5.2.2}

B.3.6 ومن المتوقع أن يزيد متوسط شدة الأعاصير المدارية، ونسبة الأعاصير المدارية من الفئتين 4 و 5، ومتوسط معدلات الهطول المرتبط بها في حالة ارتفاع درجة الحرارة العالمية بمقدار درجتين مئويتين فوق أي فترة مرجعية *(ثقة متوسطة)*. وسيساهم ارتفاع متوسط مستوى سطح البحر في زيادة ارتفاع مستويات سطح البحر المتطرفة المرتبطة بالأعاصير المدارية *(ثقة عالية جداً)*. وستتفاقم الأخطار الساحلية بحدوث زيادة في متوسط شدة الأعاصير المدارية، وحجم عرام عواصفها، ومعدلات الهطول الخاصة بها. والزيادات المتوقعة في السيناريو RCP8.5 أكبر من تلك المتوقعة في السيناريو RCP2.6 بدءاً من منتصف القرن تقريباً إلى عام 2100 *(ثقة متوسطة)*. وهناك ثقة منخفضة في التغيرات التي ستحدث في تواتر الأعاصير المدارية في المستقبل على النطاق العالمي. {6.3.1}

المخاطر المتوقعة على النظم الإيكولوجية

B.4 ستواصل التغيرات المستقبلية في الغلاف الجليدي الأرضي تغيير النظم الإيكولوجية الأرضية والخاصة بالمياه العذبة في المناطق الجبلية العالية والمناطق القطبية مع حدوث تحولات رئيسية في توزيعات الأنواع مما يؤدي إلى حدوث تغيرات في هيكل النظم الإيكولوجية وأدائها لوظائفها وإلى فقدان تنوع بيولوجي فريد عالميا في نهاية المطاف *(ثقة متوسطة)*. فمن المتوقع أن تزيد حرائق الغابات زيادة كبيرة في بقية هذا القرن في معظم مناطق التوندرا والمناطق الشمالية، وأيضا في بعض المناطق الجبلية *(ثقة متوسطة)*. {2.3.3، والإطار 3.4، و 3.4.3}

B.4.1 ففي المناطق الجبلية العالية، سيؤدي حدوث مزيد من هجرة الأنواع التي تعيش على ارتفاعات أقل إلى أعلى المنحدر، وعمليات انكماش النطاقات، وزيادة النفوق إلى انخفاضات في أعداد الكثير من أنواع منطقة الألب، لا سيما الأنواع المعتمدة على المجلدات أو الثلوج *(ثقة عالية)*، مع فقدان أنواع محلية وكذلك انواع عالمية في نهاية المطاف *(ثقة متوسطة)*. فاستمرار أنواع منطقة الألب والنظم الإيكولوجية الداعمة لها يتوقف على اتخاذ تدابير الحفظ والتكيّف المناسبة *(ثقة عالية)*. {2.3.3}

B.4.2 وفيما يتعلق بالجليد البري في المنطقة القطبية الشمالية، من المتوقع حدوث فقدان التنوع البيولوجي الفريد من نوعه على مستوى العالم بسبب محدودية ملاذات بعض أنواع أعالي المنطقة القطبية الشمالية وبالتالي تتفوق عليها الأنواع الأكثر اعتدالا *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع حدوث توسّع في الجنبات العشبية والأشجار لتغطي نسبة تتراوح من 24 إلى 52 في المائة من توندرا المنطقة القطبية الشمالية بحلول عام 2050 *(ثقة متوسطة)*، كما أنه من المتوقع أن تمتد الغابة الشمالية عند حدّها الشمالي، بينما تنكمش عند حدّها الجنوبي حيث تحل محلها غابات/أراضٍ عشبية ذات كتلة أحيائية أقل *(ثقة متوسطة)*. {3.4.3، والإطار 3.4}

B.4.3 وسيؤثر ذوبان التربة الصقيعية ونقصان الثلوج على هيدرولوجيا المنطقة القطبية الشمالية والمناطق الجبلية وحرائق الغابات فيهما، مع تركهما آثارا على الغطاء النباتي والحياة البرية *(ثقة متوسطة)*. فما يناهز 20 في المائة من التربة الصقيعية البرية في المنطقة القطبية الشمالية معرضة للذوبان المفاجئ ولهبوط الأرض، وهو أمر من المتوقع أن يؤدي إلى زيادة مساحة البحيرات الصغيرة بأكثر من 50 في المائة بحلول عام 2100 بحسب السيناريو RCP8.5 *(ثقة متوسطة)*. وحتى مع توقّع أن تتكثف دورة المياه الإقليمية بوجه عام، بما يشمل زيادة الهطول والتبخر النتحي وتصريف الأنهار في المحيط القطبي الشمالي، قد يؤدي التناقص في الثلوج والتربة الصقيعية إلى جفاف التربة مع وجود عواقب لذلك على إنتاجية النظم الإيكولوجية وحدوث اختلالات في تلك النظم *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن تزيد حرائق الغابات في بقية هذا القرن في معظم مناطق التوندرا والمناطق الشمالية، وكذلك في بعض المناطق الجبلية، في حين ستؤثر التفاعلات بين المناخ والغطاء النباتي المتحول على شدة الحرائق وتواترها في المستقبل *(ثقة متوسطة)*. {3.4.3, 3.4.2, 3.4.1, 2.3.3، والشكل SPM B1}

B.5 من المتوقع حدوث انخفاض في الكتلة الأحيائية العالمية لمجموعات الحيوانات البحرية وإنتاجها وكمية المصيد المحتمل لمصائد الأسماك، وحدوث تحوُّل في تكوين الأنواع خلال القرن الحادي والعشرين في النُظم الإيكولوجية البحرية من السطح إلى قاع البحار في جميع سيناريوهات الانبعاثات *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن يبلغ معدل الانخفاض وحجمه أقصى درجاتهما في المناطق المدارية *(ثقة عالية)*، في حين تظل الآثار متباينة في المناطق القطبية (ثقة متوسطة) وتزيد في سيناريوهات الانبعاثات المرتفعة. وينطوي تحمّض المحيطات *(ثقة متوسطة)*، وفقدان الأكسجين *(ثقة متوسطة)*، وتقلص رقعة الجليد البحري *(ثقة متوسطة)*، فضلاً عن الأنشطة البشرية غير المناخية *(ثقة متوسطة)*، على إمكانية أن تؤدي إلى تفاقم هذه الآثار الناجمة عن الاحترار على النظم الإيكولوجية {5.4.1, 5.2.4, 5.2.3, 5.2.2, 3.3.3, 3.2.3، والشكل SPM.3}

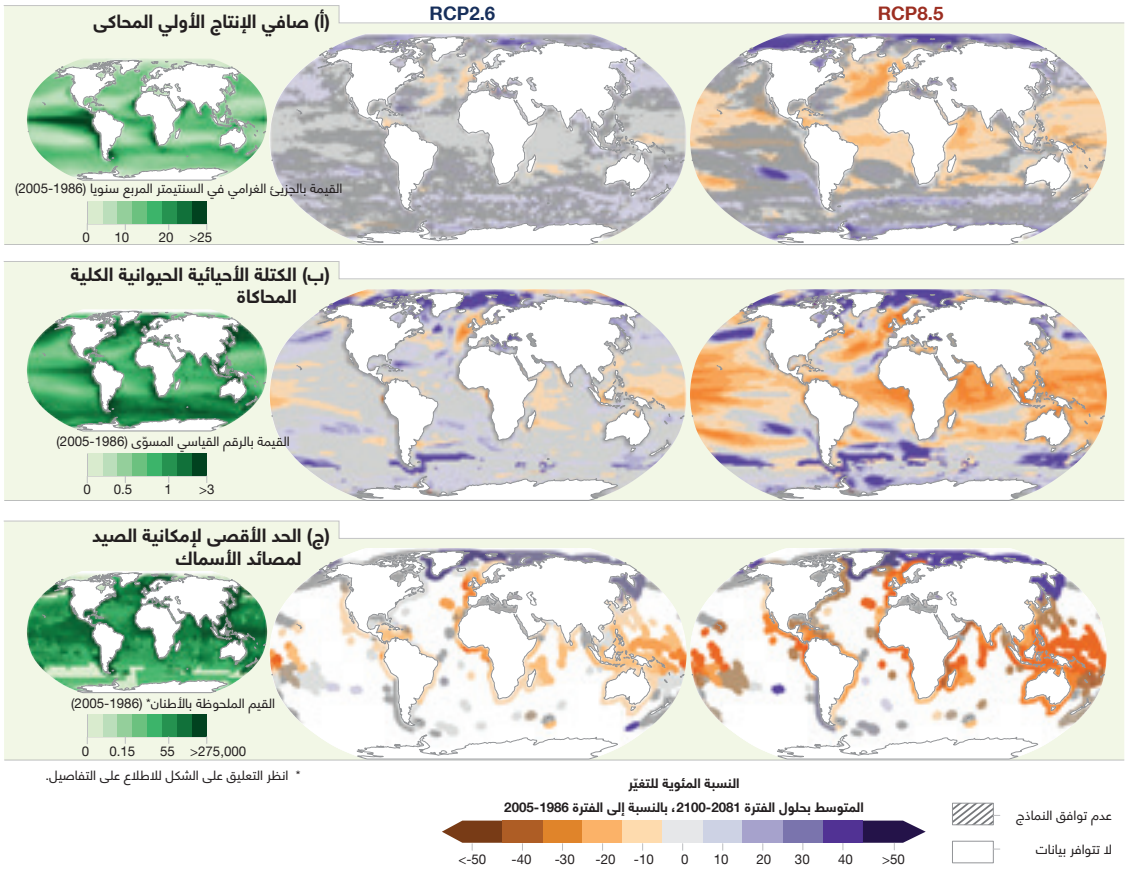
B.5.1 فاحترار المحيطات المتوقع والتغيرات المتوقعة في صافي الإنتاج الأولي يغيّر الكتلة الأحيائية والإنتاج وبنية مجموعات النظم الإيكولوجية البحرية. ومن المتوقع أن تنخفض الكتلة الأحيائية للحيوانات البحرية في الشبكة الغذائية على نطاق العالم بمقدار 15.0 ± 5.9 في المائة (نطاق *مرجح جداً*) وأن ينخفض الحد الأقصى المحتمل لكمية مصيد مصائد الأسماك بنسبة تتراوح من 20.5 إلى 24.1 في المائة بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين بالنسبة إلى الفترة 1986-2005 بحسب السيناريو RCP8.5 *(ثقة متوسطة)*. ومن *المرجح جداً* أن تكون هذه التغيرات أكبر في السيناريو RCP8.5 بمقدار أربعة أمثال عنها في السيناريو RCP2.6. {5.4.1, 5.2.3, 5.2.2, 3.3.3, 3.2.3، والشكل SPM.3}

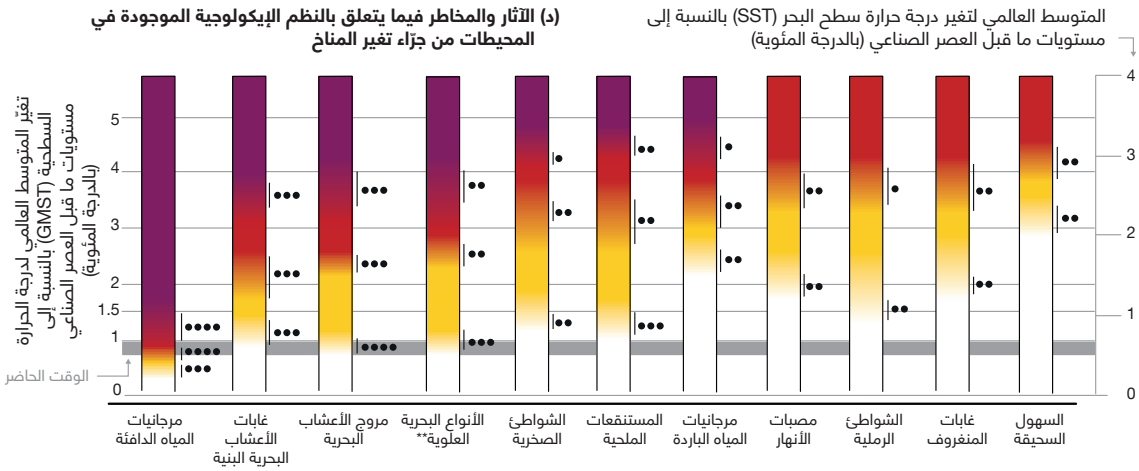
B.5.2 وفي ظل تعزُّز التطبق ، من المتوقع أن يؤدي انخفاض إمدادات المغذيات إلى انخفاض صافي الإنتاج الأولي للمحيطات المدارية بنسبة تتراوح من 7 إلى 16 في المائة (نطاق *مرجح جداً*) في السيناريو RCP8.5 بحلول الفترة 2081-2100 *(ثقة متوسطة)*. وفي المناطق المدارية، من المتوقع أن تنخفض الكتلة الأحيائية والإنتاج الحيوانيان البحريان أكثر من المتوسط العالمي في ظل جميع سيناريوهات الانبعاثات في القرن الحادي والعشرين *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن يؤدي الاحترار والتغيرات في الجليد البحري إلى زيادة صافي الإنتاج الأولي البحري في المنطقة القطبية الشمالية *(ثقة متوسطة)* وحول المنطقة القطبية الجنوبية *(ثقة منخفضة)*، معدلاً بتغيّر إمدادات المغذيات نتيجة للتحولات في ارتفاع مياه الأعماق إلى السطح وتكوُّن طبقات. على الصعيد العالمي ، من المتوقع أن يقل التدفق الهابط للمادة العضوية من الطبقة العليا للمحيطات، ويرتبط ذلك إلى حد كبير بسبب التغيرات في صافي الإنتاج الأولي *(ثقة عالية)*. ونتيجة لذلك، من المتوقع أن تتعرض نسبة تبلغ 95 في المائة أو أكثر من النظم الإيكولوجية المرجانية في أعماق البحار (على عمق يتراوح من 3000 إلى 6000 متر) ومناطق باطن أرض المحيطات والمياه الباردة لانخفاضات في الكتلة الأحيائية القاعية في السيناريو RCP8.5 *(ثقة متوسطة)*. {5.2.4 .5.2.2، 3.2.3، والشكل SMP.1}

B.5.3 ومن المتوقع أن يؤثر الاحترار وتحمض المحيطات وانكماش رقعة الجليد البحري الموسمي واستمرار فقدان الجليد البحري المتعدد السنوات على النظم الإيكولوجية البحرية القطبية من خلال التأثيرات المباشرة وغير المباشرة على الموائل وأعداد المجموعات وقدرتها على البقاء *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن ينكمش النطاق الجغرافي للأنواع البحرية في القطب الشمالي ومن بينها الثدييات البحرية والطيور والأسماك، في حين من المتوقع أن يتسع نطاق بعض مجموعات أسماك المنطقة القطبية الشمالية، مما يؤدي إلى زيادة الضغط على الأنواع الموجودة في أعلى المنطقة القطبية الشمالية *(ثقة متوسطة)*. وفي المحيط الجنوبي، من المتوقع أن ينكمش موئل كريل في المنطقة القطبية الجنوبية، وهو نوع رئيسي تقتات عليه طيور البطريق والفقمات والحيتان، حسب السيناريوهين RCP2.6 و RCP8.5 كليهما *(ثقة متوسطة)*. {5.2.3, 3.2.3, 3.2.2}

B.5.4 ومن المتوقع أن يلحق احترار المحيطات، وفقدان الأكسجين، والتحمض، وانخفاض تدفق الكربون العضوي من السطح إلى أعماق المحيطات ضرراً بمرجانيات المياه الباردة التي تشكّل موائل تدعم التنوع البيولوجي الكبير جزئياً من خلال تناقص التكلّس، وتزايد انحلال الهياكل العظمية، والتآكل الأحيائي *(ثقة متوسطة)*. وتبلغ الهشاشة والمخاطر أعلى درجاتهما حيثما ومتى تبلغ أحوال درجة الحرارة والأكسجين كليهما قيَما خارج نطاقات تحمُّل الأنواع *(ثقة متوسطة)*. {الإطار 5.2، والشكل SPM.3}

التغيرات والآثار والمخاطر المتوقعة فيما يتعلق بالنظم الإيكولوجية في المحيطات نتيجة لتغير المناخ





مستوى الثقة في التحول

- عالية جدا = ••••
- عالية = •••
- متوسطة = ••
- منخفضة = •
- نطاق التحول = |

**** انظر التعليق على الشكل للاطلاع على التعريف**

مستوى الآثار/المخاطر المضافة

اللون الأرجواني: احتمالية عالية جداً لوجود آثار/مخاطر شديدة ووجود لا عكوسية كبيرة أو استمرار الأخطار المرتبطة بالمناخ، المقرونة بمحدودية القدرة على التكيف بسبب طابع الأخطار أو الآثار/المخاطر

الأحمر: آثار/ مخاطر كبيرة وواسعة النطاق

الأصفر: الآثار/المخاطر يمكن اكتشافها ويمكن عزوها إلى تغير المناخ بثقة متوسطة على الأقل

الأبيض: الآثار/المخاطر يتعذر اكتشافها

الشكل SPM.3 | التغيرات والآثار والمخاطر المتوقعة فيما يتعلق بمناطق المحيطات والنظم الإيكولوجية فيها: أ) صافي

الشكل SPM.3 (continued): الإنتاج الأولي مدمج على طول العمق (NPP) من CMIP5.[27]، و ب) الكتلة الأحيائية الكلية (مدمجة على طول العمق ، بما يشمل الأسماك واللافقاريات من FISHMIP)[28]. و ج) الحد الأقصى لمصيد مصائد الأسماك المحتمل، و (د) الآثار والمخاطر على النظم الإيكولوجية الساحلية وتلك الموجودة في المحيطات المفتوحة. وتمثل اللوحات اليسرى الثلاث متوسط القيم المحاكاة (أ)، و (ب) والملحوظة و (ج) متوسط القيم فيما يتعلق بالماضي القريب (1986-2005)، وتمثل اللوحتان الوسطى واليمنى التغيرات المتوقعة (٪) بحلول الفترة 2081-2100بالنسبة إلى الماضي القريب بحسب سيناريو انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المنخفضة (RCP2.6) والمرتفعة (RCP8.5) {الإطار SPM.1}، على التوالي. وتمثل الكتلة الأحيائية الحيوانية الكلية في الماضي القريب (ب، اللوحة اليسرى) الكتلة الحيوانية الكلية المتوقعة حسب كل وحدة مكانية بالنسبة إلى المتوسط العالمي. ج) *متوسط مصيد مصائد الأسماك الملحوظ في الماضي القريب (استناداً إلى بيانات من قاعدة بيانات مصائد أسماك العالم "البحار المحيطة بنا")؛ وتستند التغيرات المتوقعة في الحد الأقصى لمصيد مصائد الأسماك المحتمل في البحار الجرفية إلى متوسط الإنتاج من نموذجين لمصائد الأسماك والنظم الإيكولوجية البحرية. ولتوضيح مناطق عدم اتساق النماذج، تمثل المساحات المظللة المناطق التي تختلف فيها النماذج من حيث اتجاه التغير فيما يتعلق بأكثر من: أ) و ب) 3 من 10 إسقاطات للنماذج، و ج) واحد من نموذجين. والتغير المتوقع في المنطقتين القطبية الشمالية والقطبية الجنوبية في ب) الكتلة الأحيائية الحيوانية الكلية و ج) مصيد مصائد الأسماك المحتمل يتسم، مع أنه غير مظلل، *بثقة منخفضة* نتيجة لأوجه عدم اليقين المرتبطة بنمذجة عدة عوامل دافعة واستجابات متفاعلة للنظم الإيكولوجية. والإسقاطات المعروضة في ب) و ج) مدفوعة بالتغيرات في الأحوال الفيزيائية والكيميائية الجيولوجية الإحيائية للمحيطات، ومنها مثلاً درجة الحرارة ومستوى الأكسجين وصافي الإنتاج الأولي، المسقطة من نماذج نظام الأرض الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج (CMIP5). ** تشير الطبقة البحرية العلوية إلى الجزء الأعلى من المحيط ذات العمق الأقل من 200 متر من السطح والذي يتلقى ما يكفي من أشعة الشمس للسماح بالتمثيل الضوئي. د) تقييم المخاطر على النظم الإيكولوجية الساحلية والنظم الإيكولوجية الخاصة بالمحيطات المفتوحة استناداً إلى الآثار المناخية الملحوظة والمتوقعة على بنية النظم الإيكولوجية وأدائها لوظائفها وتنوعها الأحيائي. وتبيَّن الآثار والمخاطر فيما يتصل بالتغيرات في المتوسط العالمي لدرجات الحرارة السطحية (GMST) بالنسبة إلى ما قبل العصر الصناعي. ونظراً لأن تقييمات المخاطر والآثار تستند إلى المتوسط العالمي لدرجة حرارة سطح البحر (SST)، تبيّن مستويات درجة حرارة سطح البحر (SST) المقابلة.[29] ويرد تقييم التحولات في المخاطر في الأقسام 5.2 و 5.3 و 5.2.5 و 5.3.7 من الفصل 5 والمواد التكميلية SM5.3 والجدولين SM5.6 و SM5.8 وأجزاء أخرى من التقرير الأساسي. ويبين الشكل المخاطر التي جرى تقييمها على مستويات الاحترار التقريبية وتزايد الأخطار المرتبطة بالمناخ في المحيطات: احترار المحيطات، والتحمض، وإزالة الأكسجين، وزيادة تكوّن طبقات الكثافة، والتغيرات في تدفقات الكربون، وارتفاع مستوى سطح البحر، وتزايد تواتر و/أو شدة الظواهر المتطرفة. ويأخذ التقييم في الاعتبار قدرة النظم الإيكولوجية الطبيعية على التكيف، وتعرّضها، وهشاشتها. ولا تؤخذ في الاعتبار في مستويات الآثار والمخاطر استراتيجيات الحد من المخاطر من قبيل التدخلات البشرية، أو التغيرات المستقبلية في العوامل الدافعة غير المناخية. وقد جرى تقييم المخاطر على النظم الإيكولوجية من خلال النظر في الجوانب البيولوجية والكيميائية الجيولوجية الأحيائية والجيومورفولوجية والفيزيائية. وتشمل المخاطر الأعلى المرتبطة بالتأثيرات المضاعفة للأخطار المناخية فقدان الموئل والتنوع البيولوجي، وحدوث تغيرات في تكوين الأنواع ونطاقات توزيعها، والآثار/ المخاطر على بنية النظم الإيكولوجية وأدائها لوظائفها، بما يشمل تغيرات في الكتلة الأحيائية للحيوانات/ النباتات وكثافتها، والإنتاجية، وتدفقات الكربون، وانتقال الرواسب. وكجزء من التقييم، تم تجميع مؤلفات واستخلاص بيانات في جدول موجز. وجرى القيام بعملية استخلاص لآراء خبراء في جولات متعددة مع إجراء تقييم مستقل للرأي الذي يمثل العتبة، واتخاذ قرار نهائي بتوافق الآراء. ويرد مزيد من المعلومات عن الأساليب والمؤلفات الأساسية في الفصل 5 القسمين 5.2 و 5.3 وفي المواد التكميلية. {5.3.7, 5.2.5, 5.3, 5.2, 5.2.4, 3.2.3, و SM5.6، و SM5.8، والشكل 5.16، والجدول CCB1 في الإطار ا المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1}

B.6 من المتوقع أن تكون مخاطر الآثار الشديدة على التنوع البيولوجي، وهيكل النظم الإيكولوجية الساحلية ووظائفها، في أعلى مستوياتها في ظل درجات الحرارة المرتفعة بحسب سيناريوهات الانبعاثات المرتفعة مقارنة بسيناريوهات الانبعاثات المنخفضة في القرن الحادي والعشرين وما بعده. وتشمل الاستجابات المتوقعة للنظم الإيكولوجية خسائر في موئل الأنواع وتنوعها، وتدهورا في وظائف النظم الإيكولوجية. وقدرة الكائنات الحية والنظم الإيكولوجية على التأقلم والتكيف أعلى في سيناريوهات الانبعاثات المنخفضة *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع نشوء مخاطر عالية على النظم الإيكولوجية الحساسة من قبيل مروج الأعشاب البحرية وغابات الأعشاب البنيّة في حالة تجاوز الاحترار العالمي درجتين مئويتين فوق درجة حرارة ما قبل العصر الصناعي، اقترانا مع أخطار أخرى مرتبطة بالمناخ *(ثقة عالية)*. ومرجانيات المياه الدافئة معرضة لمخاطر عالية بالفعل ومن المتوقع أن تتعرض لمخاطر عالية جدا حتى لو اقتصر الاحترار العالمي على 1.5 درجة مئوية *(ثقة عالية جداً)*. {5.5, 5.3, 4.3.3، والشكل SPM.3}

B.6.1 فمن المتوقع أن تواجه جميع النظم الإيكولوجية الساحلية، التي جرى تقييمها، تزايدا في مستوى المخاطر، يتراوح من مخاطر متوسطة إلى عالية في السيناريو RCP2.6 إلى مخاطر عالية إلى عالية جداً في السيناريو RCP8.5 بحلول عام 2100. ومن المتوقع أن تتعرض النظم الإيكولوجية للشواطئ الصخرية المديّة لمخاطر عالية بحلول عام 2100 في السيناريو RCP8.5 *(ثقة متوسطة)* نتيجة التعرض للاحترار، لا سيما أثناء موجات الحر البحرية، وكذلك نتيجة للتحمض، وارتفاع مستوى سطح البحر، وفقدان أنواع التكلس والتنوع البيولوجي *(ثقة عالية)*. ويمثل تحمض المحيطات مشكلة بالنسبة لهذه النظم الإيكولوجية ويزيد من الحد من ملاءمة لموائلها (ثقة متوسطة)، ويحول دون انتعاشها من خلال الحد من التكلس وتعزيز التآكل الأحيائي. ومن المتوقع أن يستمر تقلص غابات الأعشاب البنية في المناطق المعتدلة نتيجة للاحترار، لا سيما في ظل الإشتداد المتوقع لموجات الحر البحرية ، مع وجود مخاطر عالية لحدوث حالات انقراض محلية في السيناريو RCP8.5 *(ثقة متوسطة)*. {6.4.2, 5.3.7, 5.3.6, 5.3.5, 5.3، والشكل SPM.3}

B.6.2 كما أن مروج الأعشاب البحرية والمستنقعات المالحة ومخازن الكربون المرتبطة بها معرّضة لخطر متوسط عند الاحترار العالمي بمقدار 1.5 درجة مئوية، وهي مخاطر تزيد مع زيادة الاحترار *(ثقة متوسطة)*. و على الصعيد العالمي ، من المتوقع أن تُفقد بحلول عام 2100 نسبة تتراوح من 20 إلى 90 في المائة من الأراضي الرطبة الساحلية الموجودة حاليا ، تبعاً للارتفاع المتوقع في مستوى سطح البحر، والاختلافات الإقليمية، وأنواع الأراضي الرطبة، لا

---

[27] صافي الإنتاج الأولي (NPP) مقدّر من المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة (CMIP5)

[28] الكتلة الأحيائية الكلية للحيوانات مستمدة من مشروع مقارنات نماذج مصائد الأسماك والنظم الإيكولوجية البحرية (FISHMIP).

[29] يستند التحويل بين GMST و SST إلى معامل مقياسي قدره 1.44 مشتق من التغيرات في مجموعة عمليات محاكاة خاصة بالسيناريو RCP8.5؛ وللمعامل المقياسي هذا عدم يقين يبلغ حوالي 4 في المائة بسبب الاختلافات بين السيناريوهان RCP2.6 و RCP8.5. {الجدول SPM.1}

سيما حينما يكون النمو الرأسي مقيدا بالفعل بسبب انخفاض إمدادات الرواسب والهجرة في اتجاه اليابسة مقيدة بشدة التضاريس أو التغيير البشري للخطوط الساحلية *(ثقة عالية)*. {5.3.2, 4.3.5، والشكل SPM.3، و SPM A6.1}

B.6.3 ومن المتوقع أن يؤدي احترار المحيطات، وارتفاع مستوى سطح البحر، وتغيرات المد والجزرإلى اتساع نطاق التملّح ونقص الأكسجة في مصبّات الأنهار *(ثقة عالية)* مع وجود مخاطر عالية على بعض الكائنات الحية، تفضي إلى الهجرة، وانخفاض القدرة على البقاء، والانقراض المحلي في ظل سيناريوهات الانبعاثات العالية *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن تكون هذه الآثار أوضح في مصبات الأنهار المتأجنة والضحلة والأكثر هشاشةً مع وجود نطاق منخفض في المد والجزر في مناطق خطوط العرض المعتدلة والعالية *(ثقة متوسطة)*. {5.3.1, 5.2.2، والشكل SPM.3}

B.6.4 ومن المتوقع أن تتعرض الشعاب المرجانية الموجودة في المياه الدافئة جميعها تقريبا لخسائر كبيرة في المساحة ولعمليات انقراض محلية، حتى لو اقتصر الاحترار العالمي على 1.5 درجة مئوية *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن يختلف تكوين أنواع مجموعات الشعاب المرجانية الباقية وتنوعها عن الشعاب الموجودة حاليا *(ثقة عالية جداً)*. {5.4.1, 5.3.4، والشكل SPM.3}

المخاطر المتوقعة بالنسبة للناس والنظم الإيكولوجية

B.7 من المتوقع أن تؤثر تغيرات الغلاف الجليدي في المستقبل على موارد المياه واستخداماتها، من قبيل إنتاج الطاقة الكهرومائية *(ثقة عالية)*، والزراعة المروية في المناطق الجبلية العالية وفي اتجاه مجراها *(ثقة متوسطة)*، وكذلك سُبل العيش في المنطقة القطبية الشمالية *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن تؤدي التغيرات في الفيضانات والانهيارات الثلجية، والانهيارات الأرضية، وتزعزع الأرض، إلى زيادة المخاطر على البنية التحتية، والأصول الثقافية، والسياحة، والأصول الترفيهية *(ثقة متوسطة)*. {2.3, 2.3.1, 3.4.3}

B.٧,١ فمن المتوقع أن تزيد مخاطر الكوارث بالنسبة للمستوطنات البشرية وخيارات سبل العيش في المناطق الجبلية العالية وفي المنطقة القطبية الشمالية *(ثقة متوسطة)*، نتيجة للتغيرات المستقبلية في المخاطر مثل الفيضانات والحرائق والانهيارات الأرضية والانهيارات الجليدية والأحوال غير الموثوقة للجليد والثلوج وزيادة تعرّض الناس والبنية التحتية *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن تكون النُهج والتقنيات الحالية للحد من المخاطر أقل فعالية مع تغيّر طابع الأخطار *(ثقة متوسطة)*. وتساعد الاستراتيجيات الهامة للحد من المخاطر والتكيف معها على تجنّب زيادة الآثار الناجمة عن أخطار الفيضانات والانهيارات الأرضية الجبلية نظراً لتزايد التعرض والهشاشة في مناطق جبلية كثيرة خلال هذا القرن *(ثقة عالية)*. {2.3.2, 3.4.3, 3.5.2}

B.7.2 ومن المتوقع أن يؤثر هبوط سطح الأرض الناجم عن ذوبان التربة الصقيعية على البنية التحتية الحضرية والريفية للاتصالات والنقل الموجودة فوقها في المنطقة القطبية الشمالية وفي المناطق الجبلية العالية *(ثقة متوسطة)*. فغالبية البنية التحتية في المنطقة القطبية الشمالية موجودة في مناطق من المتوقع أن يشتد فيها ذوبان التربة الصقيعية بحلول منتصف القرن. وينطوي تحسين البنية التحتية وإعادة تصميمها على إمكانية خفض التكاليف الناجمة عن ذوبان التربة الصقيعية وما يتصل به من آثار تغير المناخ بمقدار النصف بحلول عام 2100 *(ثقة متوسطة)*. {2.3.4, 3.4.1, 3.4.3}

B.7.3 ومن المتوقع أن تتأثر سلباً السياحة والأصول الترفيهية والثقافية في المناطق الجبلية العالية بالتغيرات التي ستحدث مستقبلا في الغلاف الجليدي *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن تكون التكنولوجيات الحالية لصُنع الثلوج أقل فعالية في الحد من المخاطر على سياحة التزلج في مناخ أحز في معظم أنحاء أوروبا وأمريكا الشمالية، واليابان، لا سيما عند بلوغ الاحترار العالمي درجتين مئويتين أو أكثر *(ثقة عالية)*. {2.3.6, 2.3.5}

B.8 من المتوقع أن تؤثر التحولات المستقبلية، في توزيع الأسماك وانخفاض وفرة الصيد والثروة السمكية المحتملة نتيجة لتغير المناخ على دخل المجتمعات المعتمدة على الموارد البحرية وعلى سُبل عيشها وأمنها الغذائي *(ثقة متوسطة)*. ففقدان النظم الإيكولوجية البحرية وتدهورها على المدى الطويل يهددان دور المحيطات في القيم الثقافية والترفيهية والقيم الجوهرية المهمة للهوية البشرية ولرفاهية الإنسان (ثقة متوسطة). {3.2.4, 3.4.3, 5.4.1, 5.4.2, 6.4}

B.8.1 والتحولات الجغرافية المتوقعة والنقصان في الكتلة الأحيائية الحيوانية البحرية ومصيد الأسماك المحتمل على مستوى العالم أكثر وضوحًا في السيناريو RCP8.5 بالنسبة إلى السيناريو RPC2.6 مما يرفع مستوى الخطر على دخل المجتمعات البشرية المعتمدة عليها وسُبل عيشها، لا سيما في المناطق الهشة اقتصاديا *(ثقة متوسطة)*. وتؤدي إعادة التوزيع المتوقعة للموارد والوفرة إلى زيادة مخاطر حدوث نزاعات في مصائد الأسماك أو بين السلطات أو المجتمعات المحلية *(ثقة متوسطة)*. وصعوبات حوكمة مصائد الأسماك واسعة النطاق في السيناريو RCP8.5 مع وجود بؤر ساخنة إقليمية من قبيل المنطقة القطبية الشمالية والمنطقة المدارية من المحيط الهادئ (ثقة متوسطة). {3.5.2, 5.4.1, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3, 6.4.2، والشكل SPM.3}

B.8.2 والتدنّي في حجم الشعاب المرجانية الموجودة في المياه الدافئة، من المتوقع أن يعرّض الخدمات التي تقدمها تلك الشعاب للمجتمع، لخطر كبير، من قبيل توفير الغذاء *(ثقة عالية)*، وحماية السواحل *(ثقة عالية)*، والسياحة *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن تؤدي الزيادات في المخاطر بالنسبة لأمن المأكولات البحرية *(ثقة متوسطة)* المرتبطة بانخفاض توافر المأكولات البحرية إلى زيادة المخاطر على الصحة الغذائية في بعض المجتمعات التي تعتمد على المأكولات البحرية اعتماداً كبيراً *(ثقة متوسطة)*، من قبيل تلك الموجودة في المنطقة القطبية الشمالية، وغرب أفريقيا، والدول الجزرية الصغيرة النامية. وتؤدي هذه الآثار إلى تفاقم أي مخاطر من التحولات الأخرى في النظم الغذائية ونظم الأغذية الناجمة عن التغيرات الاجتماعية والاقتصادية وتغير المناخ فوق اليابسة *(ثقة متوسطة)*. {3.4.3, 5.4.2, 6.4.2}

B.8.3 ويعرّض الاحترار العالمي سلامة المأكولات البحرية للخطر *(ثقة متوسطة)* من خلال التعرض البشري للتراكم الأحيائي المرتفع للملوثات العضوية الثابتة وللزئبق في النباتات والحيوانات البحرية *(ثقة متوسطة)*، مما يؤدي إلى زيادة انتشار مسببات الأمراض (Vibrio)المنقولة بالمياه *(ثقة متوسطة)*، وزيادة أرجحية انتشار الطحالب الضارة *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن تكون هذه المخاطر كبيرة على وجه الخصوص بالنسبة للمجتمعات البشرية التي تستهلك كميات كبيرة من المأكولات البحرية، بما في ذلك مجتمعات الشعوب الأصلية الساحلية *(ثقة متوسطة)*، وللقطاعات الإقتصادية من قبيل مصائد الأسماك، وتربية الأحياء المائية، والسياحة *(ثقة عالية)*. {3.4.3, 5.4.2، والإطار 5.3}

B.8.4 وتعرّض آثار تغير المناخ على النُظم الإيكولوجية البحرية وخدماتها الأبعاد الثقافية الرئيسية للحياة وسُبل العيش للخطر *(ثقة متوسطة)*، بما في ذلك من خلال التحولات في توزيع أو وفرة الأنواع التي تُجنى وتضاؤل إمكانية الوصول إلى مناطق صيد الأسماك أو صيد الحيوانات. ويتضمن هذا فقدانا، يمكن أن يكون سريعا ولا عكوسيا، للثقافة والمعرفة المحلية ومعرفة الشعوب الأصلية، وآثاراً سلبية على النظم الغذائية التقليدية والأمن الغذائي، والجوانب الجمالية، والأنشطة الترفيهية البحرية *(ثقة متوسطة)*. {3.4.3, 3.5.3, 5.4.2}

B.9 من المتوقع أن يؤدي تزايد مستوى سطح البحر وسطح البحر المتطرف، إلى جانب احترار المحيطات وتحمضها، إلى تفاقم المخاطر بالنسبة للمجتمعات البشرية في المناطق الساحلية المنخفضة *(ثقة عالية)*. ومن المتوقع أن تكون المخاطر متوسطة إلى عالية في المجتمعات البشرية الموجودة في المنطقة القطبية الشمالية التي لا تخضع لرفع سريع للأرض، وفي الجزر المرجانية الحضرية، حتى في سيناريو انبعاثات منخفضة (RCP2.6) *(ثقة متوسطة)*، بما يشمل بلوغ حدود التكيف *(ثقة عالية)*. وفي سيناريو انبعاثات عالية (RCP8.5)، من المتوقع أن تتعرض مناطق الدلتا والمدن الساحلية الغنية بالموارد لمستويات متوسطة إلى عالية من المخاطر بعد عام 2050 في ظل التكيف الحالي *(ثقة متوسطة)*. ومن المتوقع أن يحد التكيف الطموح، الذي يشمل حوكمة تحويلية، من المخاطر *(ثقة عالية)*، ولكن مع تحقيق فوائد خاصة بالسياق المحدد. {6.9.2, 4.3.4, 4.3.3، والإطار 9 المشترك بين الفصول، و SM4.3، والشكل SPM.5}

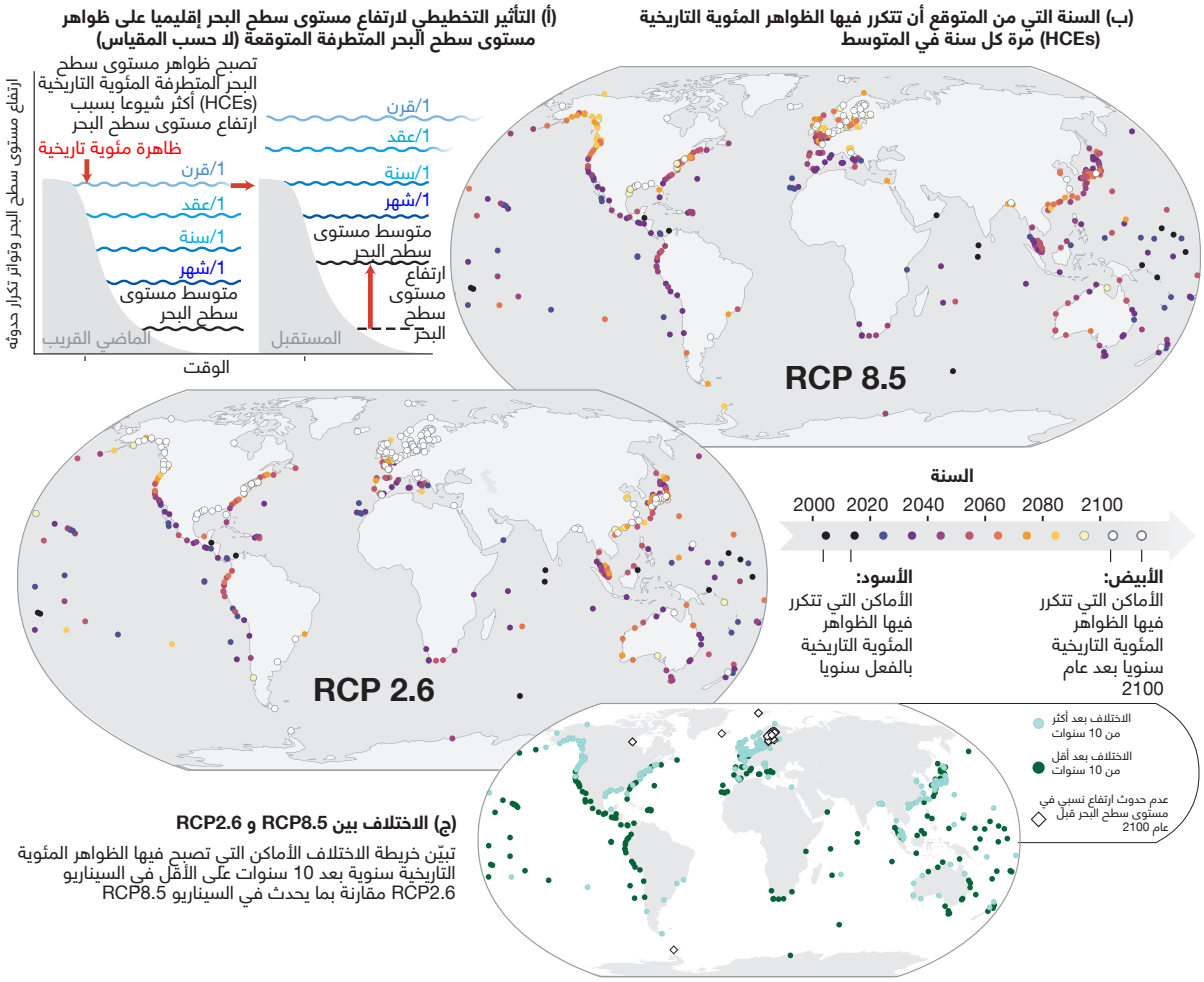
B.9.1 ففي ظل غياب جهود التكيف أكثر طموحاً مقارنةً بما هو موجود حالياً، وفي ظل الاتجاهات الحالية المتمثلة في زيادة تعرّض المجتمعات الساحلية وهشاشتها، من المتوقع أن تزيد المخاطر إلى حد كبير ، من قبيل التعرية وفقدان الأراضي، والفيضانات، والتملح، والآثار المتسلسلة الناجمة عن ارتفاع متوسط سطح البحر وظواهر سطح البحر المتطرفة طيلة هذا القرن في جميع سيناريوهات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (*ثقة عالية* جداً). وفي إطار نفس الافتراضات، من المتوقع أن تزداد الأضرار الناجمة عن الفيضانات الساحلية السنوية بمقدار مرتين إلى ثلاث مرات بحلول عام 2100 مقارنةً بالحالة الراهنة *(ثقة عالية)*. {4.3.4, 4.3.3؛ والإطار 6.1؛ و 6.8؛ و SM4.3؛ والشكلان SPM.4 و SPM.5}

B.9.2 وتقترب المجتمعات المحلية الهشة في بيئات الشعاب المرجانية، والجزر المرجانية الحضرية، والأماكن المنخفضة في المنطقة القطبية الشمالية، من التعرض لمخاطر عالية إلى عالية جدا من جراء ارتفاع مستوى سطح البحر قبل نهاية هذا القرن في حالة سيناريوهات الانبعاثات العالية. وهذا يترتب عليه بلوغ حدود التكيف، وهي النقاط التي لا يمكن عندها تأمين أهداف جهة فاعلة (أو احتياجات نظام) من مخاطر لا يمكن احتمالها من خلال الإجراءات التكيفية *(ثقة عالية)*. ويتوقف بلوغ حدود التكيف (مثلاً، الفيزيائية الأحيائية، والجغرافية، والمالية، والتقنية، والاجتماعية - السياسية، والمؤسسية) على سيناريو الانبعاثات وتحمّل المخاطر الخاصة بكل سياق على حدة، ومن المتوقع أن يمتد إلى مزيد من المناطق بعد عام 2100، بسبب حتمية ارتفاع مستوى سطح البحر الطويلة الأجل *(ثقة متوسطة)*. ومن المرجح أن تصبح بعض الدول الجزرية غير صالحة للسكن بسبب تغيّر المحيطات والغلاف الجليدي المرتبط بالمناخ *(ثقة متوسطة)*، ولكن من الصعوبة بمكان تقييم عتبات الصلاحية للسكن. {5.5.2, 4.4.3, 4.4.2, 4.3.4، والإطار 9 المشترك بين الفصول، و SM4.3، و SPM C1، ومسرد المصطلحات، والشكل SPM.5}

B.9.3 و على الصعيد العالمي ، يتيح المعدل الأبطأ لتغيّر المحيطات والغلاف الجليدي المرتبط بالمناخ فرصاً أكبر للتكيف *(ثقة عالية)*. وفي حين توجد *ثقة عالية* في أن التكيف الطموح، بما في ذلك الحوكمة من أجل التغيير التحويلي، ينطوي على إمكانية الحد من المخاطر في أماكن كثيرة، وقد تتباين الفوائد بين الأماكن. وعلى المستوى العالمي، يمكن أن تحد حماية السواحل من مخاطر الفيضانات بمقدار مرتين إلى ثلاث مرات أثناء القرن الحادي والعشرين، ولكنها تتوقف على استثمارات تتراوح من عشرات إلى عدة مئات من بلايين الدولارات الأمريكية سنوياً *(ثقة عالية)*. ولئن كانت هذه الاستثمارات تتسم عموما بفعالية التكلفة فيما يتعلق بالمناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية، قد يكون من الصعب على المناطق الريفية والأكثر فقرا تحمل مثل هذه الاستثمارات بتكاليف سنوية تبلغ عدة نقاط مئوية من الناتج المحلي الإجمالي لبعض الدول الجزرية الصغيرة *(ثقة عالية)*. وحتى مع بذل جهود كبيرة في مجال التكيف، من المتوقع أن تظل هناك مخاطر متبقية وخسائر مرتبطة بها *(ثقة متوسطة)*، لكن يظل من الصعب تقييم حدود التكيف والمخاطر المتبقية الخاصة بكل سياق على حدة. {6.9.1, 4.4.3, 4.3.4., 4.3.2, 4.3.1, 4.2.2.4, 4.1.3, 6.9.2، والإطاران 1 و 2 المشتركان بين الفصول والواردان في الفصل 1، و SM4.3، والشكل SPM.5}

ظواهر مستوى سطح البحر المتطرفة

نتيجة للارتفاع المتوقع في المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر (GMSL)، من المتوقع أن تصبح مستويات سطح البحر المحلية التي كانت تحدث تاريخيا مرة كل قرن (الظواهر المئوية التاريخية، HCEs) ظواهر سنوية على الأقل في معظم الأماكن أثناء القرن الحادي والعشرين. ويتباين ارتفاع مستوى سطح البحر في الظواهر المئوية التاريخية تباينا واسعا، وقد يؤدي بالفعل إلى آثار شديدة تبعا لمستوى التعرض. وقد تستمر الآثار في التزايد مع اتساع تواتر الظواهر المئوية التاريخية (HCEs).



الشكل SPM.4 | تأثير ارتفاع مستوى سطح البحر على الصعيد الإقليمي على ظواهر مستوى سطح البحر المتطرفة في أماكن ساحلية. أ) تصوير تخطيطي لظواهر مستوى سطح البحر المتطرفة ومتوسط تكرار حدوثها في الماضي القريب (1985-2005) وفي المستقبل. ونتيجة لارتفاع متوسط مستوى سطح البحر، من المتوقع أن تتكرر ظواهر مستويات سطح البحر المحلية التي كانت تحدث تاريخيا مرة كل قرن (الظواهر المئوية التاريخية، HCSs) بشكل أكثر تواترا في المستقبل. ب) السنة التي من المتوقع أن تتكرر فيها الظواهر المئوية التاريخية مرة كل سنة في المتوسط بحسب السيناريو RCP8.5 وفي السيناريو RCP2.6، في فرادى الأماكن الساحلية البالغ عددها 439 والتي تكفي فيها سجلات الرصد. ولا يشير عدم وجود دائرة إلى غياب التعرّض والمخاطرة ولكنه يدل على عدم القدرة على إجراء تقييم بسبب الافتقار إلى البيانات . وكلما كانت الدائرة داكنة بدرجة أكبر، كلما كان من المتوقع حدوث هذا التحول في وقت أبكر. ويبلغ النطاق *المرجح* ±10 سنوات فيما يتعلق بالأماكن التي من المتوقع ان تشهد حدوث هذا التحول قبل عام 2100. وتشير الدوائر البيضاء (33 في المائة من الأماكن في السيناريو RCP2.6 و 10 في المائة في السيناريو RCP8.5) إلى أنه ليس من المتوقع أن تتكرر الظواهر المئوية التاريخية (HCEs) مرة كل سنة قبل عام 2100. ج) إشارة إلى الأماكن التي من المتوقع أن يحدث فيها تحوُّل الظواهر المئوية التاريخية إلى ظواهر سنوية بعد أكثر من 10 سنوات في السيناريو RCP2.6 مقارنة بالسيناريو RCP8.5. ونظرا لأن السيناريوهات تفضي إلى اختلافات صغيرة بحلول عام 2050 في أماكن كثيرة، فإن النتائج لا تبيّن هنا فيما يتعلق بالسيناريو RCP4.5 ولكنها متاحة في الفصل 4. {4.2.3، والشكل 4.10 والشكل 4.12}

C. تنفيذ تدابير الاستجابة لتغيّر المحيطات والغلاف الجليدي

التحديات

C.1 تمثّل آثار التغيرات في المحيطات والغلاف الجليدي المرتبطة بالمناخ تحدياً متزايدا للجهود الحالية في مجال الحوكمة فيما يتعلق بوضع وتنفيذ تدابير للاستجابة التكيفية من النطاق المحلي إلى النطاق العالمي، وتدفع في بعض الحالات تلك الجهود إلى حدودها. وكثيراً ما يكون الأشخاص الذين يعانون من أعلى درجات التعرض والهشاشة هم الأقل قدرة على الاستجابة *(ثقة عالية)*. {1.5, 1.7، والإطاران 2 و 3 المشتركان بين الفصول والواردان في الفصل 1، و 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.4, 3.2.4, 3.4.3, 3.5.2, 3.5.3, 4.1, 4.3.3, 4.4.3, 5.5.2, 5.5.3, 6.9}

C.1.1 والنطاقات الزمنية لآثار تغير المناخ في المحيطات والغلاف الجليدي وعواقبها المجتمعية تعمل على آفاق زمنية أطول من الآفاق الزمنية لترتيبات الحوكمة (مثلاً، دورات التخطيط، ودورات صنع القرارات العامة وقرارات الشركات، والأدوات المالية). وتمثل هذه الاختلافات الزمنية تحدياً لقدرة المجتمعات على التهيؤ والاستجابة على نحو كافٍ للتغيرات الطويلة الأجل ومن بينها التحولات في تواتر وشدة الظواهر المتطرفة *(ثقة عالية)*. ومن بين الأمثلة تغيّر الانهيارات الأرضية والفيضانات في المناطق الجبلية العالية، والمخاطر التي تهدد الأنواع والنظم الإيكولوجية الهامة في المنطقة القطبية الشمالية، فضلا عن الدول والجزر المنخفضة، والدول الجزرية الصغيرة، وغيرها من المناطق الساحلية والنظم الإيكولوجية للشعاب المرجانية. {2.3.2, 3.5.2, 3.5.4, 4.4.3, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 6.9}

C.1.2 وترتيبات الحوكمة (مثلاً، المناطق المحمية البحرية، والخطط المكانية، ونظم إدارة المياه) ، في العديد من السياقات ، مجزأة للغاية عبر الحدود الإدارية والقطاعات بحيث لا يمكن أن توفر استجابات متكاملة للمخاطر المتزايدة والمتسلسلة الناشئة عن التغيرات في المحيطات و/أو الغلاف الجليدي المرتبطة بالمناخ *(ثقة عالية)*. وقد تعززت مؤخراً قدرة نظم الحوكمة في المناطق القطبية ومناطق المحيطات على التصدي لآثار تغير المناخ، ولكن هذا التطور ليس سريعاً أو قوياً بدرجة تكفي للتصدي على نحو كافٍ لنطاق المخاطر المتوقعة المتزايدة *(ثقة عالية)*. وفي المناطق الجبلية العالية والمناطق الساحلية والجزر الصغيرة، هناك أيضاً صعوبات في تنسيق تدابير الاستجابة للتكيف مع المناخ، بسبب التفاعلات الكثيرة للعوامل الدافعة للمخاطر المناخية وغير المناخية (من قبيل عدم إمكانية الوصول، والاتجاهات الديمغرافية واتجاهات الاستيطان، وهبوط الأرض الناجم عن الأنشطة المحلية) عبر النطاقات والقطاعات ومجالات السياسات *(ثقة عالية)*. {2.3.1, 3.5.3, 4.4.3, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3، والإطار 5.6، و 6.9، والإطار 3 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1}

C.1.3 وهناك مجموعة واسعة من معوقات وحدود التكيف مع تغير المناخ في النظم الإيكولوجية تم تحديدها *(ثقة عالية)*. ومن بين المعوقات الحيز الذي تحتاج إليه النظم الإيكولوجية، والعوامل الدافعة غير المناخية، والآثار البشرية التي تلزم معالجتها كجزء من تدابير الاستجابة من أجل التكيف، وانخفاض القدرة التكيفية للنظم الإيكولوجية بسبب تغيّر المناخ، وكون معدلات تعافي النظم الإيكولوجية أبطأ بالنسبة إلى تكرار حدوث الآثار المناخية، وتوافر التكنولوجيا والمعرفة والدعم المالي، وترتيبات الحوكمة القائمة *(ثقة متوسطة)*. {3.5.4, 5.5.2}

C.1.4 وهناك معوقات مالية وتكنولوجية ومؤسسية وأخرى تحول دون تنفيذ تدابير الاستجابة للآثار السلبية الحالية والمتوقعة للتغيرات في المحيطات والغلاف الجليدي المرتبطة بالمناخ، مما يعوق بناء القدرة على التحمل وتدابير الحد من المخاطر *(ثقة عالية)*. وما إذا كانت تلك الحواجز تحد من فعالية التكيف أو تقابل حدود التكيف هي مسألة تتوقف على الظروف الخاصة بالسياق المحدد، ومعدل ونطاق التغيرات المناخية، وعلى قدرة المجتمعات على تحويل قدرتها على التكيف إلى تدابير استجابية فعالة للتكيف . ولا تزال القدرة على التكيف مختلفة بين المجتمعات المحلية والمجتمعات الأعم وكذلك داخلها *(ثقة عالية)*. والناس الأكثر تعرضاً للأخطار الحالية والمستقبلية من تغيرات المحيطات والغلاف الجليدي وأكثرهم هشاشة إزاءها هم أيضا في كثير من الأحيان أولئك الأقل قدرة على التكيف ، لا سيما في الجزر والسواحل المنخفضة والمنطقة القطبية الشمالية والمناطق الجبلية العالية ذات التحديات الإنمائية *(ثقة عالية)*. {2.3.7, 2.3.2, 2.3.1، والإطار 2.4، و 6.9, 5.5.2, 4.4.3, 4.4.2, 4.3.4, 3.5.2، والإطاران 2 و 3 المشتركان بين الفصول والواردان في الفصل 1، والإطار 9 المشترك بين الفصول}

تعزيز خيارات الاستجابة

C.2 يمكن دعم الخدمات والخيارات البعيدة المدى التي تقدمها النظم الإيكولوجية المرتبطة بالمحيطات والغلاف الجليدي بواسطة الحماية، والترميم، والإدارة الاحترازية القائمة على النظم الإيكولوجية لاستخدام الموارد المتجددة ، والحد من التلوث وعوامل الإجهاد الأخرى *(ثقة عالية)*. وتؤدي نُهج الإدارة المتكاملة للمياه *(ثقة متوسطة)* والتكيف القائم على النظم الإيكولوجية *(ثقة عالية)* إلى الحد من المخاطر المناخية محلياً وتوفير فوائد مجتمعية متعددة. بيد أن هناك معوقات إيكولوجية ومالية ومؤسسية و معوقات خاصة بالحوكمة تقف في طريق تلك الإجراءات *(ثقة عالية)*، وفي كثير من السياقات لن يكون التكيف القائم على النظم الإيكولوجية فعالا إلا في ظل أدنى مستويات الاحترار *(ثقة عالية)*. {5.5.2, 5.5.1, 5.4.2, 5.2.2, 4.4.2, 3.5.4, 3.5.2, 3.2.4, 2.3.3, 2.3.1، والشكل SPM.5}

C.2.1 وتساعد شبكات المناطق المحمية على الحفاظ على خدمات النظم الإيكولوجية، بما في ذلك امتصاص الكربون وتخزينه، كما أنها تمكّن إجراءات التكيف المستقبلية القائمة على النظم الإيكولوجية بتيسير تنقلات الأنواع والمجموعات والنظم الإيكولوجية في اتجاه القطب ونحو أماكن مرتفعة التي تحدث استجابة للاحترار وارتفاع مستوى سطح البحر *(ثقة متوسطة)*. وتحد الحواجز الجغرافية، وتدهور النظم الإيكولوجية، وتجزؤ الموائل، والحواجز التي تحول دون التعاون الإقليمي من قدرة تلك الشبكات على دعم التحولات المستقبلية في نطاق الأنواع في المناطق البحرية والجبلية العالية والمناطق الأرضية القطبية *(ثقة عالية)*. {5.5.2, 3.5.4, 3.3.2, 3.2.3, 2.3.3، والإطار 3.4}

C.2.2 ويمكن أن يكون ترميم الموائل الأرضية والبحرية، وأدوات إدارة النظم الإيكولوجية من قبيل مساعدة الأنواع على الانتقال والبستنة المرجانية، فعالة محلياً في تعزيز التكيف القائم على النظم الإيكولوجية *(ثقة عالية)*. وتبلغ هذه الإجراءات أقصى درجات نجاحها عندما تكون مدعومة من المجتمع ومستندة إلى العلم مع استخدام المعرفة المحلية ومعرفة الشعوب الأصلية أيضا، وعندما تحظى بدعم طويل الأجل يشمل الحد من عوامل الإجهاد غير المناخية أو إزالتها، في ظل أدنى مستويات الاحترار *(ثقة عالية)*. فعلى سبيل المثال، قد لا تكون خيارات ترميم الشعاب المرجانية فعالة إذا تجاوز الاحترار العالمي 1.5 درجة مئوية لأن المرجانيات معرّضة بالفعل لخطر مرتفع *(ثقة عالية جداً)* عند المستويات الحالية للاحترار. {5.5.2, 5.5.1, 5.3.7, 4.4.2, 2.3.3، والإطار 5.5، والشكل SPM.3}

C.2.3 ويحد تعزيز النُهج الإحترازية، من قبيل إعادة بناء مصائد الأسماك التي تعرضت لاستغلال مفرط أو للاستنزاف، والاستجابة لاستراتيجيات إدارة المصايد الحالية تقلل من الآثار السلبية لتغير المناخ على مصائد الأسماك، مع تحقيق فوائد للاقتصادات وسبل العيش الإقليمية *(ثقة متوسطة)*. فإدارة مصائد الأسماك التي تقوم بانتظام بتقييم وتحديث التدابير على مر الزمان بناءً على تقييمات اتجاهات النظم الإيكولوجية في المستقبل تحد من المخاطر التي تواجه مصايد الأسماك *(ثقة متوسطة)* ولكن قدرتها على التصدي لتغير النظم الإيكولوجية محدودة. {3.2.4, 5.5.3, 5.5.2, 5.4.2, 3.5.2، والشكل SPM.5}

C.2.4 ويمكن أن يحقق ترميم النظم الإيكولوجية الساحلية المغطاة بالنباتات، من قبيل أشجار المنغروف والمستنقعات المدّية ومروج الأعشاب البحرية (نُظم 'الكربون الأزرق' الإيكولوجية الساحلية)، تخفيفاً من تغيّر المناخ من خلال زيادة امتصاص الكربون وتخزين حوالي 0.5 في المائة من الانبعاثات العالمية الحالية سنوياً *(ثقة متوسطة)*. كما أن تحسين الحماية والإدارة يمكن أن يحد من انبعاثات الكربون من هذه النظم الإيكولوجية. ولهذه الإجراءات، جميعها، فوائد أخرى متعددة أيضاً، من قبيل توفير الحماية من العواصف، وتحسين نوعية المياه، وتحقيق فوائد للتنوع البيولوجي ولمصائد الأسماك *(ثقة عالية)*. وسيحد تحسين التحديد الكمي لتخزين الكربون ولتدفقات غازات الاحتباس الحراري الخاصة بهذه النظم الإيكولوجية الساحلية من أوجه عدم اليقين الحالية التي تحيط بعمليات القياس والإبلاغ والتحقق *(ثقة عالية)*. {الإطار 4.3، و 5.4، 5.5.1 و 5.5.2، والمرفق الأول: مسرد المصطلحات}

C.2.5 ويمكن أن تدعم طاقة المحيطات المتجددة عمليات التخفيف من تغير المناخ، ويمكن أن تشمل استخراج الطاقة من الرياح البحرية، وعمليات المد والجزر، والأمواج، والتدرج الحراري والملوحة والوقود الحيوي المشتق من الطحالب. ومن المتوقع أن تتيح الحاجة الناشئة إلى مصادر بديلة للطاقة فرصا اقتصادية لقطاع طاقة المحيطات المتجددة *(ثقة عالية)*، على الرغم من أن إمكاناتها قد تتأثر أيضًا بتغير المناخ *(ثقة منخفضة)*. {5.5.1, 5.4.2، والشكل 5.23}

C.2.6 ومن الممكن أن تكون نُهج الإدارة المتكاملة للمياه على نطاقات متعددة فعالة في معالجة الآثار والاستفادة من الفرص التي تتيحها تغيرات الغلاف الجليدي في المناطق الجبلية العالية. وتدعم هذه النُهج أيضا إدارة موارد المياه من خلال تطوير وتحسين التخزين متعدد الأغراض وإطلاق المياه من الخزانات *(ثقة متوسطة)*، مع مراعاة الآثار السلبية المحتملة على النظم الإيكولوجية والمجتمعات المحلية. ويدعم تنويع أنشطة السياحة على مدار العام التكيف في اقتصادات المناطق الجبلية العالية *(ثقة متوسطة)*. {2.3.5, 2.3.1}

C.3 تواجه المجتمعات المحلية الساحلية خيارات صعبة في وضع تدابير للاستجابة خاصة بالسياق المحدد ومتكاملة إزاء ارتفاع مستوى سطح البحر، والتي توازن التكاليف والفوائد والمفاضلات من الخيارات المتاحة والتي يمكن تعديلها بمرور الوقت *(ثقة عالية)*. وبإمكان جميع أنواع الخيارات، بما في ذلك الحماية، والإيواء، والتكيف القائم على النظم الإيكولوجية، وزحف السواحل وتراجعها، أن تؤدي أدوارا هامة في تدابير الاستجابة المتكاملة هذه *(ثقة عالية)*. {6.9.1, 4.4.4, 4.4.3, 4.4.2، والإطار 9 المشترك بين الفصول؛ والشكل SPM.5}

C.3.1. فكلما كان ارتفاع مستويات سطح البحر أعلى كلما كانت حماية السواحل أصعب، ويرجع ذلك أساسا إلى المعوقات الاقتصادية والمالية والاجتماعية وليس بسبب الحدود الفنية *(ثقة عالية)*. وفي العقود المقبلة، يشكل الحد من العوامل المحلية الدافعة للتعرض والهشاشة من قبيل التحضّر الساحلي والهبوط الناجم عن النشاط البشري استجابات فعالة *(ثقة عالية)*. وحيثما كان الحيّز محدوداً، وقيمة الأصول المعرّضة مرتفعة (مثلاً، في المدن)، من المرجح أن تكون الحماية المادية (مثلا، الحواجز الصخرية) خياراً من خيارات الاستجابة يتسم بفعالية التكاليف أثناء القرن الحادي والعشرين مع مراعاة خصائص السياق *(ثقة عالية)*، ولكن المناطق ذات الموارد المحدودة قد لا تكون قادرة على توفير استثمارات من هذا القبيل. أما حيثما كان الحيز متاحاً، فإن التكيف القائم على النظم الإيكولوجية يمكن أن يحد من المخاطر الساحلية ويحقق فوائد أخرى متعددة من قبيل تخزين الكربون، وتحسين نوعية المياه، وحفظ التنوع البيولوجي، ودعم سُبل العيش *(ثقة متوسطة)*. {4.4.2, 4.3.2، والإطار 4.1، والإطار 9 المشترك بين الفصول، والشكل SPM.5}

C.3.2 وبعض التدابير المتعلقة بأماكن الإقامة في المناطق الساحلية، من قبيل أنظمة الإنذار المبكر وتحصين المباني ضد الفيضانات، كثيراً ما تكون منخفضة التكلفة ومتسمة بدرجة عالية من فعالية التكلفة على السواء في ظل مستويات سطح البحر الحالية *(ثقة عالية)*. ولكن في ظل الارتفاع المتوقع في مستوى سطح البحر وزيادة الأخطار الساحلية تصبح بعض هذه التدابير أقل فعالية ما لم تقترن بها تدابير أخرى *(ثقة عالية)*. وبإمكان جميع أنواع الخيارات، بما في ذلك الحماية، وأماكن الإقامة، والتكيف القائم على النظم الإيكولوجية، وزحف السواحل، والانتقال المخطط له، في حالة توافر أماكن محلية بديلة، أن تؤدي أدوارا هامة في تدابير الاستجابة المتكاملة هذه *(ثقة عالية)*. وحيثما كان المجتمع المحلي المتأثر صغيرا، أو في أعقاب حدوث كارثة، يجدر النظر في الحد من المخاطر بواسطة عمليات النقل الساحلية المخطط لها إذا كانت تتوافر أماكن محلية بديلة مأمونة. وهذا النقل المخطط يمكن أن يكون مقيّداً اجتماعيا وثقافيا ومالياً وسياسياً *(ثقة عالية جداً)*. {4.4.2، والإطار 4.1، والإطار 9 المشترك بين الفصول، والشكل SPM B3}

C.3.3 وتطرح تدابير الاستجابة لارتفاع مستوى سطح البحر والحد من المخاطر المرتبطة به تحديات بالغة للمجتمع من حيث الحوكمة، تنتج عن عدم اليقين بشأن حجم ومعدل ارتفاع مستوى سطح البحر في المستقبل، ومعاوضات محيرة بين الأهداف المجتمعية (مثلاً، السلامة، والحفظ ، والتنمية الاقتصادية، والتكافؤ بين أبناء الجيل الواحد وفيما بين الأجيال)، والموارد المحدودة، والمصالح والقيم المتعارضة لدى الجهات المعنية المختلفة *(ثقة عالية)*. ويمكن التخفيف من هذه التحديات باستخدام مجموعات مناسبة محلياً من تحليل القرارات، وتخطيط استخدام الأراضي، والمشاركة العامة، والنُظم المعرفية المختلفة، ونُهج تسوية النزاعات التي يجري تعديلها على مر الزمن حسب تغيّر الظروف *(ثقة عالية)*. {الإطار 0 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1، و 4.4.3، و 4.4.4، و 6.9}

C.3.4 وعلى الرغم من أوجه عدم اليقين الكبيرة التي تحيط بحجم ومعدل ارتفاع مستوى سطح البحر بعد عام 2050، يجري الآن اتخاذ قرارات ساحلية كثيرة ذات آفاق زمنية تمتد من عقود إلى أكثر من قرن (مثلا، البنية التحتية الحيوية، وأشغال حماية السواحل، وتخطيط المدن) ويمكن تحسينها بمراعاة الارتفاع النسبي في مستوى سطح البحر، وتحييذ تدابير الاستجابة المرنة (أي تلك التي يمكن تكييفها بمرور الوقت) والمدعومة بنظم رصد لإصدار إشارات للإنذار المبكر، تعدّل القرارات دورياً (أي صنع القرارات الخاصة بالتكيف)، باستخدام نُهج قوية لصنع القرارات، ورأي الخبراء، ووضع سيناريوهات، ونظم المعرفة المتعددة *(ثقة عالية)*. ويتوقف نطاق ارتفاع مستوى سطح البحر الذي يجب مراعاته عند تخطيط وتنفيذ تدابير استجابة ساحلية، على قدرة الجهات المعنية على تحمّل المخاطر. فالجهات

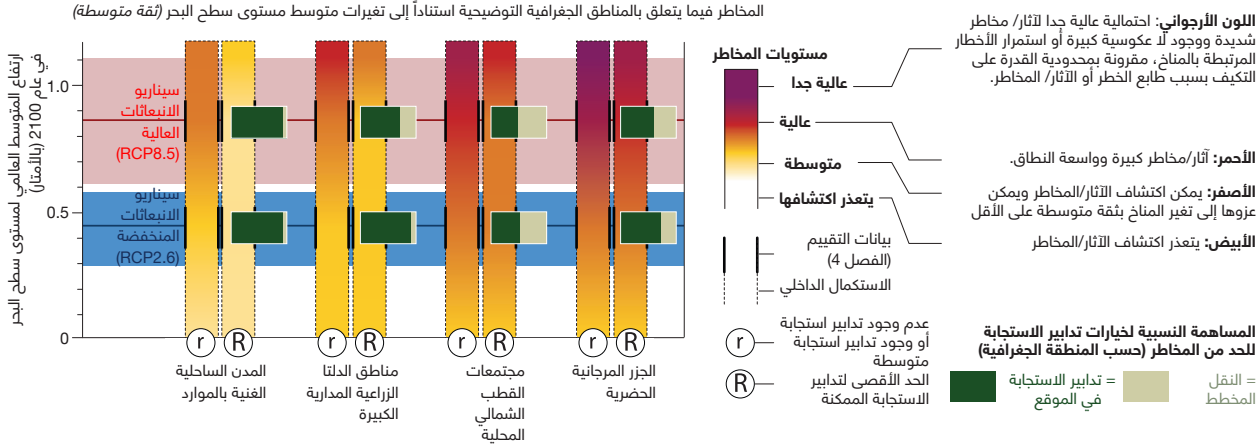
المعنية القادرة على تحمّل مخاطر أعلى (مثلاً، تلك التي تخطط لاستثمارات يمكن تكييفها بسهولة شديدة حسب الأحوال غير المتوقعة) كثيراً ما تفضل استخدام نطاق الإسقاطات *المرجح*، في حين تأخذ الجهات المعنية ذات القدرة الأقل على تحمّل المخاطر (مثلاً، تلك التي تتخذ القرارات بشأن البنية التحتية الحيوية) في الاعتبار أيضا المتوسط العالمي والمحلي لمستوى سطح البحر الذي يتجاوز الطرف الأعلى للنطاق *المرجح* (الذي يبلغ عالمياً 1.1 متر في السيناريو RCP8.5 بحلول عام 2100) وتتبع أساليب تتسم بثقة أقل من قبيل استنتاجات الخبراء. {4.4.4, 4.2.3, 1.9.2, 1.8.1، والشكل 4.2، والإطار 5 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1، والشكلان SPM.5 و SPM B3}

مخاطر ارتفاع مستوى سطح البحر وتدابير الاستجابة

يُستخدم مصطلح "الاستجابة" هنا بدلاً من التكيف، لأن بعض تدابير الاستجابة، من قبيل التراجع، قد تُعتبر أو لا تُعتبر تكيّفاً.

(أ) المخاطر في عام 2100 بحسب السيناريوهات المختلفة لارتفاع مستوى سطح البحر وتدابير الاستجابة

المخاطر فيما يتعلق بالمناطق الجغرافية التوضيحية استناداً إلى تغيرات متوسط مستوى سطح البحر *(ثقة متوسطة)*

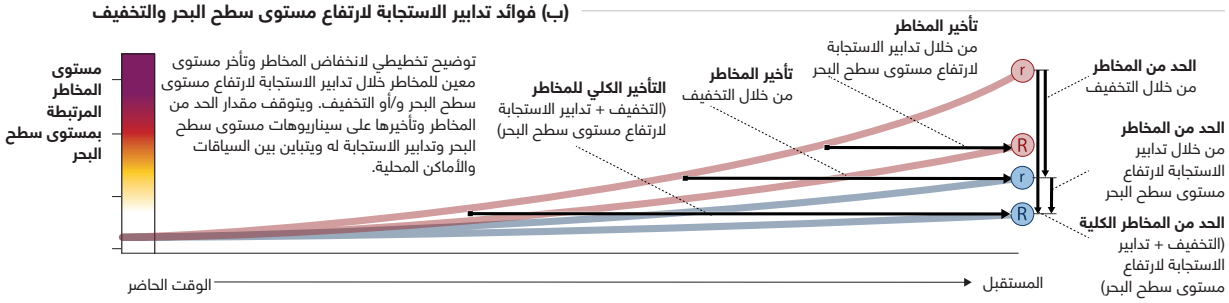


وفي هذا التقييم، يشير مصطلح الاستجابة إلى تدابير الاستجابة في الموقع لارتفاع مستوى سطح البحر (الدفاعات الساحلية الهندسية الصلبة، وترميم النظم الإيكولوجية المتدهورة، والحد من هبوط الأرض) والنقل المخطط. ويشير النقل المخطط في هذا التقييم إلى التراجع أو إعادة التوطين المدارة الاستباقية على نطاق محلي فقط، ووفقا لخصائص السياق المعين (مثلا، في الجزر المرجانية الحضرية: داخل الجزيرة، أو في جزيرة مجاورة، أو في جزر مرفوعة اصطناعيا). ولا يؤخذ في الاعتبار في هذا التقييم النزوح القسري والهجرة الدولية.

وتستند المناطق الجغرافية الإيضاحية إلى عدد محدود من الدراسات الإفرادية التي تناولتها المؤلفات الغاضعة لاستعراض الأقران. وسيتوقف تحقق المخاطر على خصوصيات السياق.

سيناريوهات ارتفاع مستوى سطح البحر: لا يؤخذ السيناريو RCP4.5 و RCP6.0 في الاعتبار في تقييم المخاطر هذا لأن المؤلفات التي يرتكز عليها هذا التقييم لا تتوافر إلا للسيناريو RCP2.6 والسيناريو RCP8.5.

(ب) فوائد تدابير الاستجابة لارتفاع مستوى سطح البحر والتخفيف



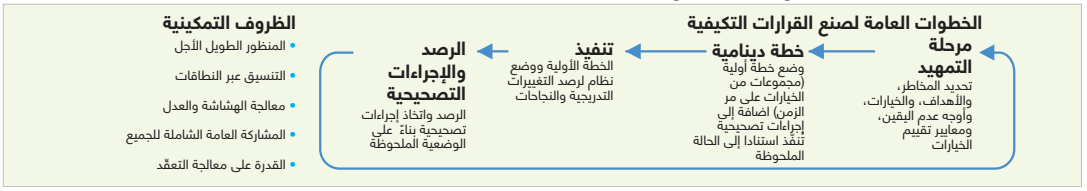
الشكل SPM.5 | a, b

(ج) تدابير الاستجابة لارتفاع متوسط مستويات سطح البحر ومستوياته المتطرفة

يصور الجدول تدابير الاستجابة وخصائصها. والجدول ليس شاملا وتتوقف مسألة ما إذا كان تدبير من تدابير الاستجابة قابلا للتطبيق على المنطقة الجغرافية والسياق.
مستويات الثقة (المقدرة للفعالية): •••• = عالية جدا ••• = عالية •• = متوسطة • = منخفضة

تدابير الاستجابة		الفعالية المحتملة من حيث الحد من مخاطر ارتفاع مستوى سطح البحر (SLR) (الحدود الفنية/الفيزيائية الأحيائية)	المزايا (التي تتجاوز الحد من المخاطر)	الفوائد المشتركة	السلبيات	الكفاءة الاقتصادية	تحديات الحوكمة
الحماية المادية		حتى عدة أمتار في ارتفاع مستوى سطح البحر ب {4.4.2.2.4} •••	مستويات من السلامة يمكن التنبؤ بها {4.4.2.2.4}	السدود المتعددة الوظائف من قبيل تلك التي تقام لأغراض الترفيه، أو استخدام آخر للأراضي {4.4.2.2.5}	تدمير الموائل من خلال الضغط الساحلي والفيضانات والتحات والانجراف إلى أسفل، والانحباس، والعواقب الكارثية في حالة فشل الدفاعات {4.3.2.4, 4.4.2.2.5}	عالية إذا كانت قيمة الأصول التي تستند إليها الحماية عالية، مثلما نجد في الكثير من المناطق الحضرية والمناطق الساحلية الكثيفة السكان {4.4.2.2.7}	غير ميسورة التكلفة في الغالب بالنسبة للمناطق الفقيرة. التعارضات بين الأهداف (مثلا: الحفظ، والسلامة، والسياحة)، والنزاعات بشأن توزيع الميزانيات العامة، والافتقار إلى التمويل {4.3.3.2,4.4.2.2.6}
الحماية القائمة على الرواسب		فعالة ولكنها تتوقف على توافر الرواسب {4.4.2.2.4} •••	مرونة عالية {4.4.2.2.4}	الحفاظ على الشواطئ من أجل السياحة الترفيهية {4.4.2.2.5}	تدمير الموائل، التي يُحصل منها على الرواسب {4.4.2.2.5}	عالية إذا كانت عائدات السياحة عالية {4.4.2.2.7}	نزاعات بشأن توزيع الميزانية العامة {4.4.2.2.6}
التكيف القائم على النظم الإيكولوجية	**حفظ المرجان وترميم المرجان**	فعال حتى ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار 0.5 .. سم سنويا. ويحد منه بشدة احترار المحيطات وتحمضها. ويكون مقيّدا عند حدوث احترار بمقدار 1.5 درجة مئوية ويُفقد عند الاحترار بمقدار 2 درجة مئوية في أماكن كثيرة {4.3.3.5.2, 4.4.2.3.2,5.3.4} •••	إتاحة فرصة لإشراك المجتمع المحلي {4.4.2.3.1}	زيادة في الموائل، والتنوع البيولوجي، وعزل الكربون، وإدرار دخل من السياحة، وتعزّز إنتاجية مصائد الأسماك، وتحسّن نوعية المياه، وتوفير الغذاء والدواء والوقود والأخشاب والفوائد الثقافية {4.4.2.3.5}	تتوقف الفعالية الطويلة الأجل على درجة احترار المحيطات وتحمضها و سيناريوهات الانبعاثات {4.3.3.5.2., 4.4.2.3.2}	توجد أدلة محدودة على النسب بين الفوائد والتكاليف؛ وتتوقف على الكثافة السكانية وتوافر الأراضي {4.4.2.3.7}	من الصعب الحصول على تصاريح من أجل التنفيذ، والافتقار إلى تمويل، والافتقار إلى إنفاذ سياسات الحفظ وعدم إمكانية خيارات التكيف القائم على النظم الإيكولوجية (EbA) بسبب المصالح الاقتصادية القصيرة الأجل، وتوافر الأراضي {4.4.2.3.6}
	حفظ الأراضي الرطبة وترميم الأراضي الرطبة (المستنقعات وأشجار المنغروف)	فعال حتى بلوغ الارتفاع في مستوى سطح البحر ما يتراوح من 0.5 إلى 1 سم سنويا •• ويقل عند بلوغ الاحترار 2 درجة مئوية {4.3.3.5.1, 4.4.2.3.2,5.3.7} •••			انخفاض إمكانية التنبؤ بمستويات السلامة، وعدم تحقُّق الفوائد الإنمائية {4.4.2.3.2,4.4.2.3.5}		
					انخفاض إمكانية التنبؤ بمستويات السلامة، والحاجة إلى مساحة كبيرة من الأراضي، وضرورة إزالة الحواجز التي تحول دون توسع النظم الإيكولوجية في اتجاه اليابسة {4.4.2.3.2, 4.4.2.3.5}		
زحف السواحل		حتى أمتار متعددة من ارتفاع مستوى سطح البحر {4.4.2.2.4} •••	إمكانية التنبؤ بمستويات السلامة {4.4.2.2.4}	يدر إيرادات من الأراضي وبيع الأراضي يمكن استخدامها في تمويل التكيف {4.4.2.4.5}	تملّح المياه الجوفية، وزيادة التحات، وفقدان النظم الإيكولوجية والموائل الساحلية {4.4.2.4.5}	عالية جداً إذا كانت أسعار الأراضي مرتفعة كما هي في كثير من السواحل الحضرية {4.4.2.4.7}	كثيراً ما تكون غير ميسورة التكلفة فيما يتعلق بالمناطق الأكثر فقرا. ونزاعات اجتماعية بخصوص الحصول على الأراضي الجديدة وتوزيعها {4.4.2.4.6}
أماكن الإقامة الساحلية (مبانٍ محصّنة ضد الفيضان، ونظم إنذار مبكر بظواهر الفيضان، وغير ذلك)		فعالة جدا في حالة ارتفاع مستوى سطح البحر بدرجة قليلة {4.4.2.5.4} •••	التكنولوجيا الناضجة؛ والرواسب التي تتخلف أثناء الفيضانات يمكن أن تؤدي إلى زيادة مستوى الارتفاع {4.4.2.5.5}	تحافظ على تواصل المناظر الطبيعية {4.4.2.5.5}	لا تمنع الفيضان/الآثار {4.4.2.5.5}	عالية جدا فيما يتعلق بنظم الإنذار المبكر والتدابير التي تتخذ على نطاق المباني {4.4.2.5.7}	تقتضي نظم الإنذار المبكر وجود ترتيبات مؤسسية فعالة {4.4.2.6.6}
التراجع	**النقل المخطط**	فعال في حالة توافر أماكن محلية مأمونة بديلة {4.4.2.6.4} •••	إمكانية القضاء على مخاطر مستوى سطح البحر من منشئها {4.4.2.6.4}	الحصول على خدمات محسّنة (الصحة والتعليم والإسكان) وفرص العمل والنمو الاقتصادي {4.4.2.6.5}	فقدان التماسك الاجتماعي، والهوية الثقافية، والرفاه. وتدني الخدمات (الصحة، والتعليم، والإسكان)، وفرص العمل والنمو الاقتصادي {4.4.2.6.5}	أدلة محدودة {4.4.2.6.7}	التوفيق بين المصالح المتباينة الناجمة عن نقل الناس من النقطة الأصلية وجهة المقصد {4.4.2.6.6}
	النزوح القسري	لا يعالج سوى المخاطرة الفورية في المكان الأصلي	لا ينطبق	لا ينطبق	نطاق يتراوح من فقدان الحياة إلى فقدان سبل العيش والسيادة {4.4.2.6.5}	لا ينطبق	يثير مسائل إنسانية معقدة بشأن سبل العيش، وحقوق الإنسان، والعدل {4.4.2.6.6}

(د) اختيار وتمكين تدابير الاستجابة لارتفاع مستوى سطح البحر



الشكل SPM.5 | c, d

الشكل SPM.5 | مخاطر ارتفاع مستوى سطح البحر وتدابير الاستجابة. ويُستخدم مصطلح الاستجابة هنا بدلاً من التكيّف لأن بعض تدابير الاستجابة، من قبيل التراجع، قد تُعتبر أو لا تُعتبر تكيّفاً. اللوحة أ) تبيّن المخاطر الإجمالية للفيضانات الساحلية والتحات والتملّح لأغراض الجغرافيا التوضيحية في عام 2100، التي ترجع إلى تغيّر مستوى سطح البحر ومستويات سطح البحر المتطرفة في السيناريوهين 6.2PCR و 5.8PCR وفي سيناريوهين لتدابير الاستجابة. ولم تقيَّم المخاطر في السيناريوهين 4.5 RCPs و 6.0 بسبب الافتقار إلى مؤلفات تخص المناطق الجغرافية المقيّمة. ولا يأخذ التقييم في الاعتبار التغيرات في المستويات المتطرفة لسطح البحر التي تتجاوز تلك الناجمة مباشرة عن ارتفاع متوسط مستوى سطح البحر؛ وقد تزيد مستويات المخاطر إذا أخذت في الاعتبار تغيرات أخرى في مستويات سطح البحر المتطرفة (مثلاً، تلك التي ترجع إلى تغيرات في شدة الأعاصير). وتأخذ اللوحة أ) في الاعتبار سيناريو اجتماعياً واقتصادياً يتسم بكثافة سكانية ساحلية مستقرة نسبياً خلال القرن. {SM4.3.2}. وقد جرى تقييم المخاطر للمناطق الجغرافية التوضيحية استناداً إلى التغيرات النسبية في مستوى سطح البحر المتوقعة لمجموعة من الأمثلة المحددة: مدينة نيويورك وشنغهاي وروتردام فيما يتعلق بالمدن الساحلية الغنية بالموارد التي تشمل طائفة واسعة من تجارب تدابير الاستجابة؛ وساوث تاراوا وفونغافليه وماليه فيما يتعلق بالجزر المرجانية الحضرية؛ وميكونغ وغانغيز - براهما بوترا ميغنا فيما يتعلق بمناطق الدلتا الزراعية المدارية الكبيرة؛ وبيكوفسكي وشيشماريف وكيفالينا وتوكتوكياتوك وشينغل بوينت فيما يتعلق بمجتمعات القطب الشمالي الموجودة في مناطق بعيدة عن التكيف السريع للتضاغط الجليدي. {4.2, 4.3.4, SM4.2} ويميز التقييم بين سيناريوهين متناقضين لتدابير الاستجابة: "عدم وجود تدابير الاستجابة أو وجود تدابير معتدلة" وهو ما يصف الجهود حتى وقتنا الحاضر (أي عدم اتخاذ إجراءات كبيرة إضافية أو عدم اتخاذ أنواع جديدة من الإجراءات). ويمثل "الحد الأقصى لتدابير الاستجابة الممكنة" مجموعة من تدابير الاستجابة المنفذة إلى حدّها الأقصى الكامل وبالتالي بذل جهود إضافية كبيرة مقارنةً بما يُبذل حالياً، بافتراض وجود حد أدنى من المعوقات المالية والاجتماعية والسياسية. وقد أُجري التقييم فيما يتعلق بكل سيناريو لارتفاع مستوى سطح البحر وتدابير الاستجابة له، على النحو الذي تبيّنه الالوان المتدرجة في الشكل؛ أما مستويات المخاطر البينية فهي مستكملة مكانيا. {4.3.3} وتشمل معايير التقييم التعرّض والهشاشة (كثافة الأصول، ومستوى تدهور النظم الإيكولوجية العازلة الأرضية والبحرية)، والأخطار الساحلية (الفيضانات، وتحات الخط الساحلي، والتملّح)، وتدابير الاستجابة في الموقع (الدفاعات الساحلية الهندسية المادية، أو ترميم النظم الإيكولوجية، أو إنشاء مناطق حواجز طبيعية جديدة، وإدارة هبوط الأرض) والنقل المخطط. ويشير النقل المخطط إلى التراجع المدار أو إعادة التوطين على النحو الموصوف في الفصل 4، أي اتخاذ تدابير استباقية وعلى نطاق محلي للحد من المخاطر بنقل السكان والأصول والبنية التحتية. ولا يؤخذ في الاعتبار في هذا التقييم النزوح القسري. وتُبرز اللوحة أ) أيضا المساهمتين النسبتين لتدابير الاستجابة في الموقع والنقل المخطط في الحد الإجمالي من المخاطر. وتصور اللوحة ب) تصويراً تخطيطياً للحد من المخاطر (الأسهم العمودية) وتأخير المخاطر (الأسهم الأفقية) عن طريق التخفيف و/أو تدابير الاستجابة لارتفاع مستوى سطح البحر. وتلخص اللوحة ج) وتقيّم تدابير الاستجابة لارتفاع مستوى سطح البحر من حيث فعاليتها وتكاليفها وفوائدها المشتركة وسلبياتها وكفاءتها الاقتصادية وتحديات الحوكمة المرتبطة بها. {4.4.2} وتبيّن اللوحة د) الخطوات العامة لنهج تكيفي في صنع القرار، وكذلك الظروف الرئيسية التي تمكّن من اتخاذ تدابير الاستجابة لارتفاع مستوى سطح البحر. {4.4.4; 4.4.5}

الظروف التمكينية

C.4 يتوقف تمكين القدرة على في مواجهة المناخ وتحقيق التنمية المستدامة بدرجة كبيرة، على تحقيق تخفيضات عاجلة وطموحة في الانبعاثات مقرونة بإجراءات للتكيف تكون متواصلة ومنسقة وطموحة بشكل متزايد *(ثقة عالية جدا)*. وتشمل عوامل التمكين الرئيسية لتنفيذ تدابير فعالة للاستجابة للتغيرات المرتبطة بالمناخ في المحيطات والغلاف الجليدي، تكثيف التعاون والتنسيق بين سلطات الإدارة عبر النطاقات المكانية وآفاق التخطيط. ومن الضروري أيضا التثقيف والإلمام بالمعارف المناخية، والمراقبة والتنبؤ، واستخدام جميع مصادر المعرفة المتاحة، وتقاسم البيانات والمعلومات والمعارف، والتمويل، ومعالجة الهشاشة الاجتماعية والتكافؤ الاجتماعي، وتوافر الدعم المؤسسي. وهذه الاستثمارات تمكّن من بناء القدرات والتعلم الاجتماعي والمشاركة في التكيف الخاص بالسياق المحدد، فضلا عن التفاوض على المعاوضات وتحقيق المنافع المشتركة في الحد من المخاطر قصيرة الأجل وبناء القدرة على الصمود والاستدامة على المدى الطويل. *(ثقة عالية)*. ويعكس هذا التقرير حالة علم المحيطات والغلاف الجليدي فيما يتعلق بالمستويات المنخفضة من الاحترار العالمي(1.5 درجة مئوية)، كما تم تقييمه أيضا في تقارير سابقة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) والمنتدى الحكومي الدولي لعلم وسياسة التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية (IPBES). {2.4 ,2.3.2 ,2.3.1 ,1.8.3 ,1.5 ,1.1، والشكل 2.7، و 5.2.2 ,4.4 ,3.5.4 ,3.5.2 ,2.5، والإطار 6.9 ,6.8 ,6.5.3 ,6.4.3 ,5.5.2 ,5.4.2 ،5.3، والإطار 9 المشترك بين الفصول، والشكل SPM.5}

C.4.1 ففي ضوء التغيرات الملحوظة والمتوقعة في المحيطات والغلاف الجليدي، ستواجه العديد من الدول تحديات في التكيف ، حتى في ظل التخفيف الطموح *(ثقة عالية جداً)*. ففي سيناريو انبعاثات عالية، من المتوقع أن تواجه العديد من المجتمعات المعتمدة على المحيطات والغلاف الجليدي حدوداً للتكيف (مثلاً، فيزيائية أحيائية، وجغرافية، ومالية، وفنية، واجتماعية، وسياسية، ومؤسسية) خلال النصف الثاني من القرن الحادي والعشرين. أما مسارات الانبعاثات المنخفضة فهي، لأغراض المقارنة، تحدّ من المخاطر الناجمة عن تغيرات المحيطات والغلاف الجليدي في هذا القرن وما بعده، وتمكّن من وضع تدابير أكثر فعالية للاستجابة *(ثقة عالية)*، مع خلق فوائد مشتركة أيضًا. وسيمكّن التغيير التحولي العميق،الاقتصادي والمؤسسي، في بناء مسارات إنمائية صامدة في مواجهة المناخ في سياق المحيطات والغلاف الجليدي *(ثقة عالية)*. {1.7–1.4 ,1.1، والأطر 1 إلى 3 المشتركة بين الفصول والواردة في الفصل 1، و 2.4 ,2.3.1، والإطار 3.2، والشكل 3.4، والإطار 7 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 3، و 3.4.3, 6.9.2 ,5.5.3 ,5.4.2 ,4.4.6 ,4.4.3 ,4.4.2 ,4.3.4 ,4.2.3 ,4.2.2، والإطار ٩ المشترك بين الفصول، والشكل SPM.5}

C.4.2 وقد يمكّن تكثيف التعاون والتنسيق بين السلطات الإدارية عبر النطاقات والسلطات القضائية والقطاعات والمجالات السياسات وآفاق التخطيط، من اتخاذ تدابير فعالة للاستجابة للتغيرات في المحيطات والغلاف الجليدي ولارتفاع مستوى سطح البحر *(ثقة عالية)*. وبإمكان التعاون الإقليمي، بما يشمل المعاهدات والاتفاقيات، دعم

تدابير التكيف؛ بيد أن مدى تمكين تدابير الاستجابة للآثار والخسائر الناجمة عن التغيرات في المحيطات والغلاف الجليدي من خلال أطر السياسات الإقليمية محدود حاليا *(ثقة عالية)*. والترتيبات المؤسسية التي توفر روابط قوية متعددة النطاقات مع المجتمعات المحلية ومجتمعات الشعوب الأصلية تفيد التكيف *(ثقة عالية)*. ويمكن للتنسيق والتكامل بين السياسات الوطنية والسياسات الإقليمية العابرة للحدود أن يدعم الجهود الرامية إلى التصدي للمخاطر على أمن وإدارة الموارد، من قبيل المياه ومصائد الأسماك *(ثقة متوسطة)*. {2.4 ,2.3.2 ,2.3.1، والإطار 3.5.3, 3.5.2, 2.5, 2.4، 3.5.4, 4.4.4, 4.4.5، والجدول 6.9.2 ,5.5.2 ،4.9}

C.4.3 إن الخبرة المكتسبة حتى الآن - مثلا في تدابير الاستجابة لارتفاع مستوى سطح البحر، والمخاطر المرتبطة بالمياه في بعض المناطق الجبلية العالية، ومخاطر تغير المناخ في المنطقة القطبية الشمالية - تكشف أيضا عن ميزة الأخذ بمنظور طويل الأجل عند اتخاذ قرارات قصيرة الأجل، يراعي صراحة عدم يقين المخاطر الخاصة بالسياق المحدد بعد عام 2050 *(ثقة عالية)*، وبناء قدرات الحوكمة لمعالجة المخاطر المعقدة *(ثقة متوسطة)*. {2.3.1, 3.5.4,، 4.4.5 ,4.4.4، والجدول 6.9 ,5.5.2 ،4.9، والشكل SPM.5}

C.4.4 كما أن الاستثمارات في التعليم وبناء القدرات على مستويات ونطاقات شتى تيسّر التعلم الاجتماعي والقدرة طويلة الأجل على اتخاذ تدابير للاستجابة، تبعا للسياق، للحد من المخاطر وتعزيز المرونة (ثقة عالية). وتشمل الأنشطة المحددة استخدام نظم معرفية متعددة والمعلومات المناخية الإقليمية في عملية صنع القرار، وتشارك المجتمعات المحلية والشعوب الأصلية والجهات المعنية صاحبة المصلحة في ترتيبات الحوكمة التكيفية وأطر التخطيط *(ثقة متوسطة)*. وتعزيز الإلمام بالمعارف المناخية والاستفادة من نظم المعرفة المحلية ونظم معرفة الشعوب الأصلية ونظم المعرفة العلمية يمكّن الوعي العام والفهم والتعلم الاجتماعي بشأن المخاطر المحلية الخاصة وإمكانات الاستجابة للتعامل معها *(ثقة عالية)*. ويمكن لهذا النوع من الاستثمارات أن يساعد في تطوير المؤسسات الموجودة وتحويلها في كثير من الحالات وتعزيز الحوكمة المستنيرة والتفاعلية والتكيفية (ثقة عالية). {2.3.2, 1.8.3، والشكل 2.7، والإطار 4.4.5 ,4.4.4 ,3.5.4 ,3.5.2 ,2.4 ,2.4و ،2.4، والجدول 6.9 ,5.5.2 ،4.9}

C.4.5 ومراقبة التغيرات في المحيطات والغلاف الجليدي والتنبؤ بها، في السياق الخاص، يستنير بهما تخطيط التكيف وتنفيذه، وييسران اتخاذ قرارات قوية بشأن المعاوضات بين المكاسب القصيرة الأجل والمكاسب الطويلة الأجل *(ثقة متوسطة)*. وتساعد المراقبة المستدامة الطويلة الأجل، وتبادل البيانات والمعلومات والمعرفة، وتحسين التنبؤات المحددة السياق، بما في ذلك نظم الإنذار المبكر لزيادة التنبؤ بظواهر النينيو والنينيا المتطرفة والأعاصير المدارية وموجات الحر البحرية، على إدارة الآثار السلبية الناجمة عن تغيرات المحيطات من قبيل الخسائر في مصائد الأسماك، والآثار الضارة على الصحة البشرية، والأمن الغذائي، والزراعة، والشعاب المرجانية، وتربية الأحياء المائية، وحرائق الغابات، والسياحة، والحفظ، والجفاف، والفيضان *(ثقة عالية)*. {2.4, 2.5, 3.5.2, 4.4.4, 5.5.2, 6.3.1, 6.3.3, 6.4.3, 6.5.3, 6.9}

C.4.6 و إعطاء الأولوية للتدابير الرامية إلى معالجة الهشاشة والتكافؤ الاجتماعيين يدعم الجهود الرامية إلى تعزيز القدرة العادلة والمنصفة على المرونة في مواجهة المناخ وتحقيق التنمية المستدامة *(ثقة عالية)*، ويمكن المساعدة على ذلك من خلال تهيئة بيئة مجتمعية آمنة للمشاركة العامة الفعالة والمداولات وتسوية النزاعات *(ثقة متوسطة)*. {الإطار 4.4.5 ,4.4.4 ،2.4، والجدول 4.9، والشكل SPM.5}

C.4.7 ويكشف هذا التقييم للمحيطات والغلاف الجليدي في ظل مناخ متغير عن فوائد التخفيف الطموح والتكيف الفعال لتحقيق التنمية المستدامة، ويكشف، على العكس من ذلك، تصاعد تكاليف ومخاطر التأخير في اتخاذ الإجراءات. وتتباين إمكانية رسم مسارات للتنمية المرنة في مواجهة تغير المناخ داخل مناطق المحيطات والمناطق الجبلية العالية والمناطق الأرضية القطبية وفيما بينها. ويتوقف تحقيق هذه الإمكانات على التغيير التحويلي. وهذا يسلط الضوء على الضرورة الملحة لإعطاء أولوية لاتخاذ إجراءات حسنة التوقيت وطموحة ومنسقة ودائمة. *(ثقة عالية جداً)* {1.1، و 1.8، والإطار 1 المشترك بين الفصول والوارد في الفصل 1، و 4.3.4, 4.2.2, 4.2.1, 3.5, 2.4, 2.3, 4.4، والجدول 6.9 ,5.5 ،4.9، والإطار 9 المشترك بين الفصول، والشكل SPM.5}